

DIN EN 60300-3-10

ICS 29.020; 03.120.01

Einsprüche bis 2015-02-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN IEC 60300-3-10:2004-04

Entwurf

**Zuverlässigkeitsmanagement –
Teil 3-10: Anwendungsleitfaden –
Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit
(IEC 56/1573A/CD:2014)**

Dependability management –
Part 3-10: Application guide –
Maintainability and supportability
(IEC 56/1573A/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-12-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 89 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
0 Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Abkürzungen	10
4 Überblick über Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit	11
4.1 Überblick.....	11
4.2 Instandhaltbarkeit	12
4.3 Unterstützbarkeit	13
4.4 Zusammenhang mit Zuverlässigkeit.....	13
5 Beschreibung von Instandhaltung	15
5.1 Instandhaltung	15
5.2 Instandhaltungsziele.....	16
5.3 Zusammenhang von Instandhaltungsbegriffen	16
5.4 Instandhaltungsgrundsätze	17
5.5 Instandhaltungskonzept oder -strategie	17
5.6 Vorbeugende Instandhaltung und Instandsetzung.....	18
5.7 Instandhaltungspläne	20
6 Instandhaltbarkeitsprogramm.....	21
6.1 Überblick.....	21
6.2 Handhabung	21
6.3 Entwicklungskriterien.....	22
6.4 Anforderungen an ein Rahmenkonzept zur Instandhaltbarkeit.....	23
6.5 Anforderungen an die Spezifizierung von Instandhaltbarkeit.....	24
6.6 Quantitative Maße für Instandhaltbarkeit	24
6.7 Instandhaltbarkeit in der Entwicklung.....	25
6.8 Analyse der Instandhaltbarkeit	26
6.9 Datensammlung und -analyse.....	27
7 Programm zur Unterstützbarkeit	28
7.1 Überblick.....	28
7.2 Instandhaltungsplanung	29
7.3 Unterstützungsplanung.....	30
8 Kompromissstudien während des Entwurfs	31
9 Instandhaltbarkeits- und Unterstützbarkeitsinformationen	32
9.1 Allgemeines	32
9.2 Konfigurationsmanagement	33

	Seite
9.3 Dokumentenmanagement.....	33
10 Instandhaltung während der Nutzungsphase	34
10.1 Verantwortung der Leitung.....	34
10.2 Instandhaltungsmanagement.....	34
10.3 Verifizierung des Plans	34
Anhang A (informativ) Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit – Lebenszyklusaspekte	36
Anhang B (informativ) Instandhaltungs- und Betriebsfunktion	40
Anhang C (informativ) Instandhaltungsprozess	43
Literaturhinweise	47

Bilder

Bild 1 – Beziehung zwischen Zuverlässigkeitsmerkmalen und Betriebszuständen.....	15
Bild 2 – Zusammenhang von Instandhaltungsbegriffen	16
Bild 3 – Arten von Instandhaltungsaufgaben.....	19
Bild 4 – Entwicklungsprozess und instandhaltbarkeitsbezogene Entwicklungstätigkeiten	26
Bild 5 – Zusammenhang zwischen Kompromissstudien und Informationen.....	32
Bild B.1 – Arten von Instandhaltungsmaßnahmen	41
Bild C.1 – Modell des Instandhaltungsmanagements	44

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 56/1573A/CD:2014 „Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability and supportability“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

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

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

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

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

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60300-3-10:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Definitionen wurden an die neueste Ausgabe des IEC 192 angepasst;
- b) die Verbindung, wie die Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit die Verfügbarkeit beeinflussen, wurde herausgestellt;

- c) die Kompromisse zwischen Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit sowie anderen Zuverlässigkeitsmerkmalen wie der Funktionsfähigkeit und verwandten Faktoren wie der Leistungsfähigkeit und der Kosten wurden besser beschrieben;
- d) der Lebenszyklus wurde generischer gehalten.

Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 3-10: Anwendungsleitfaden – Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit

0 Einleitung

Eine entscheidende Anforderung an die Leistungsfähigkeit von Produkten und Systemen ist ein hohes Maß an Verfügbarkeit, für das, neben der Funktionsfähigkeit, die Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit eine wichtige Rolle spielen. Die Eignung solcher Systeme, den von ihnen erwarteten Nutzen zu liefern, wird erreicht durch einen Abgleich zwischen ihrer geforderten Leistungsfähigkeit, den Kosten dieser Leistungsfähigkeit und dem Niveau des zugehörigen Risikos.

Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit betreffen alle Arten und Größen von Systemen, Produkten, Bauteilen, Hardware und Software, die in der vorliegenden Norm mit der allgemeinen Benennung „Einheit“ bezeichnet werden. Diese Messgrößen sind bei instandzusetzenden Einheiten direkt anwendbar; die Entscheidung, eine nicht-instandzusetzende Einheit herzustellen bzw. zu beschaffen, erfordert jedoch, dass geeignete Kenngrößen für Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit betrachtet werden. Solche Entscheidungen für Instandsetzung sind stark vom Kontext abhängig und werden durch viele Faktoren beeinflusst, die die Wirtschaftlichkeit festlegen.

Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit betreffen die Maßnahmen, die durchgeführt werden um sicherzustellen, dass eine Einheit während ihrer gesamten Nutzungsdauer in der Lage ist, ihre geforderte Funktion auf Anforderung zu erbringen. Instandhaltbarkeit betrifft die Mühelosigkeit, Instandhaltungsmaßnahmen in einem definierten Kontext durchzuführen, und bezieht sich auf die Rechtzeitigkeit solcher Maßnahmen, im Hinblick darauf, wann sie durchgeführt werden müssen, und wie lange ihre Durchführung dauert. Unterstützbarkeit betrifft die Bereitstellung von Ressourcen, die notwendig sind, die festgelegten Instandhaltungs- und/oder damit zusammenhängende Betriebsaufgaben auszuführen; sie muss fortlaufend bewertet werden, um die kostengünstigste und brauchbarste Lösung zu erreichen. Unterstützbarkeit wird durch eine Mischung von sich ändernden Instandhaltungskenngrößen definiert, wie etwa Personal, Ersatzteilerhaltung und Ausbildung, die während der Entwicklung des Systems festgelegt werden, sowie durch die Struktur der Betriebsorganisation, die Einfluss auf die Qualität der geforderten Instandhaltung hat.

Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit sind ein integraler Bestandteil all der betrieblichen Tätigkeiten, die sich während des Lebenslaufs der Einheit ergeben. Überlegungen zu Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit müssen so früh wie möglich im Lebenslauf einer Einheit durchgeführt werden, wenn die Verfügbarkeit von Systemen festgelegt, realisiert, aufrechterhalten und fortlaufend verbessert wird, um ihr Entwurfsziel und den erwarteten Wert zu erreichen. Diese Überlegungen werden dabei helfen zu erkennen, ob Instandhaltung eine brauchbare Wahlmöglichkeit für einen entstehenden Entwurf ist, und so die Entwurfslösung beeinflussen. Das Erreichen der einem Systementwurf inhärenten Fähigkeiten erfordert, dass die nötige Unterstützungsfähigkeit ebenfalls konzipiert, wie geplant realisiert und fortlaufend weiterentwickelt wird, um mit externen und internen Änderungen im Einklang zu bleiben.

Es gibt mögliche Entwurfs-Kompromisse zwischen Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit einerseits und anderen Merkmalen der Zuverlässigkeit, insbesondere Verfügbarkeit und Funktionsfähigkeit, sowie auch Faktoren wie betriebliche Leistungsfähigkeit, Lebenszykluskosten und Risiko. Beispielsweise können Kompromisse bei der Herstellung nachteilig für die Instandhaltbarkeit sein, aber dem Hersteller Kostenersparnisse bringen. Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit können nicht isoliert gesehen werden, noch können sie ignoriert werden, wann immer Entscheidungen getroffen werden, die sich auf sie auswirken könnten.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm bietet eine Einführung in die in Zusammenhang stehenden Zuverlässigkeitsmerkmale Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit. Sie liefert einen Rahmen für detailliertere Normen, die sowohl Instandhaltbarkeit als auch Unterstützbarkeit betreffen.

Diese Norm kann zu jedem Zeitpunkt im Lebenslauf einer Einheit verwendet werden, um das Planen und Realisieren von Programmen für Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit zu steuern, die auf das Erreichen

angestrebter wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit gerichtet sind. Diese Leistungsfähigkeiten können explizit in vertraglichen Vereinbarungen und gesetzlichen Verpflichtungen auftreten, oder implizit in Verpflichtungen gegenüber anderen Beteiligten und Betroffenen. Alle solche Programme sollten zugeschnitten sein auf die Merkmale der Einheit, ihre Einsatzmöglichkeiten und den organisatorischen Kontext dieser Einsatzmöglichkeiten.

Es wird Anleitung geboten, wie Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit in jedem Stadium des Lebenszyklus angewendet werden können: bei neuen Einheiten beginnend mit dem Konzeptstadium, bis zu existierenden Einheiten, die auf dem Markt als Standardprodukte (en: Commercial-off-the-shelf (COTS)) erhältlich sind, oder für Einheiten, die schon einen Teil ihrer Betriebslebensdauer zurückgelegt haben. Es ist auch beabsichtigt, die Auswirkungen auf den Lebenszyklus eines Entwurfs zu betrachten, indem ausfallbezogene Risiken, die mit der Instandhaltungstätigkeit einhergehen, formal bewertet und gemindert werden. Solche Risiken können sich nachteilig auf die Verfügbarkeit von Gerät durch inakzeptable System-Unklarheit auswirken, die durch unzureichende Qualität bei Instandhaltung und Gestellung von Unterstützung verursacht werden.

Diese Norm beschreibt:

- die Eigenschaften von Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit;
- die Rolle von Instandhaltbarkeits- und Unterstützbarkeits-Messgrößen für das Erreichen der geforderten Verfügbarkeit einer Einheit;
- die Funktion Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit als integrale Voraussetzung für die Verfügbarkeit einer Einheit, abhängig von seinen funktionalen Anforderungen;
- die Kompromisse zwischen Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit, die während der anfänglichen Konzept- und Entwicklungsphasen des Lebenszyklus zwischen Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit eingegangen werden können;
- wie diese Kompromisse einen Ausgleich erreichen zwischen der geforderten Leistungsfähigkeit, der Verfügbarkeit dieser Leistungsfähigkeit und den Lebenszykluskosten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60300-1, *Dependability management – Part 1: Guidance for management and application*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-191 [1]¹⁾ und die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe

3.1.1

Verfügbarkeit (Kenngröße einer Einheit)

(en: availability (characteristic of an item))

Fähigkeit, in einem wie geforderten funktionsfähigen Zustand zu sein

Anmerkung 1 zum Begriff: Verfügbarkeit hängt von den zugehörigen Eigenschaften der Funktionsfähigkeit (192-01-24), Wiederherstellbarkeit (192-01-25), und Instandhaltbarkeit (192-01-27) der Einheit sowie der Instandhaltungsbereitschaft (192-01-29) ab.

¹⁾ Verweise in eckigen Klammern beziehen sich auf den Abschnitt „Literaturhinweise“.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verfügbarkeit kann anhand geeigneter Messgrößen quantifiziert werden. Siehe Abschnitt 192-08, Messgrößen der Verfügbarkeit.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-23]^{N1)}

3.1.2

korrektive Instandhaltung, Instandsetzung

(en: corrective maintenance)

Instandhaltung, ausgeführt nach einer Fehlzustandserkennung, mit der Absicht der Wiederherstellung

Anmerkung 1 zum Begriff: Korrektive Instandhaltung von Software schließt ständig irgendeine Änderung ein.

3.1.3

Zuverlässigkeit (einer Einheit)

(en: dependability (of an item))

Fähigkeit zu funktionieren, wie und wann gefordert

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Zuverlässigkeit gehören die Verfügbarkeit (192-01-23), Funktionsfähigkeit (192-01-24), Wiederherstellbarkeit (192-01-25), Instandhaltbarkeit (192-01-27), und Instandhaltungsbereitschaft (192-01-29), und in manchen Fällen weitere Merkmale wie Haltbarkeit (192-01-21) und Sicherheit.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zuverlässigkeit ist ein Gattungsbegriff für die zeitbezogenen Qualitätsmerkmale einer Einheit.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-22]

3.1.4

Einheit

(en: item)

betrachtetes Subjekt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit kann ein Einzelteil, ein Bauelement, ein Gerät, eine Funktionseinheit, ein Betriebsmittel, ein Subsystem oder ein System sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einheit kann aus Hardware, Software, Personen oder aus beliebigen Kombinationen davon bestehen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Einheit setzt sich häufig aus Elementen zusammen, die für sich selbst betrachtet werden können. Siehe Untereinheit (192-01-02) und Gliederungsebene (192-01-05).

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-01]

3.1.5

Lebenszyklus

(en: life cycle)

Abfolge identifizierbarer Stufen die eine Einheit durchläuft, von ihrer Konzeption bis zur Entsorgung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die identifizierbaren Stufen variieren abhängig von der jeweiligen Anwendung.

BEISPIEL Ein üblicher Lebenszyklus besteht aus: Konzept und Pflichtenheft; Entwurf und Entwicklung; Aufbau sowie Installation und Inbetriebnahme; Betrieb und Instandhaltung; Gebrauchswertsteigerung oder Verlängerung der Brauchbarkeitsdauer sowie Außerbetriebnahme und Entsorgung.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-09]

N1) Nationale Fußnote: Alle angegebenen Hinweise „QUELLE ...“ beziehen sich auf IEC/FDIS 60050-192:2013, Definition 192-01-xy]

3.1.6

Instandhaltbarkeit (Merkmal einer Einheit)

(en: maintainability (characteristic of an item))

Fähigkeit, unter gegebenen Anwendungs- und Instandhaltungsbedingungen in einem wie geforderten funktionsfähigen Zustand erhalten bzw. in ihn zurückversetzt werden zu können

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den gegebenen Bedingungen gehören insbesondere Gesichtspunkte mit Auswirkung auf die Instandhaltbarkeit, wie etwa: Ort der Instandhaltung, Zugänglichkeit, Instandhaltungsprozeduren und Instandhaltungsmittel.

Anmerkung 2 zum Begriff: Instandhaltbarkeit kann anhand geeigneter Messgrößen quantifiziert werden. Siehe Abschnitt 192-07- Instandhaltbarkeit und Instandhaltungslogistik: Messgrößen.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-27]

3.1.7

Instandhaltungskonzept

(en: maintenance concept)

Mittel und Ressourcen zur Instandhaltung einer Einheit bereitstellen ^{N2)}

3.1.8

Instandhaltungsgrundsätze

(en: maintenance policy)

Mittel und Ressourcen zur Instandhaltung einer Einheit bereitstellen ^{N3)}

3.1.9

Instandhaltungsunterstützung

(en: maintenance support)

Bereitstellung von Mitteln und Ressourcen zur Instandhaltung einer Einheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den Mitteln und Ressourcen gehören menschliche Ressourcen, Unterstützungseinrichtungen, Materialien und Ersatzteile, Instandhaltungseinrichtungen, Dokumentation und Information.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-28]

3.1.10

Wartung, vorbeugende Instandhaltung

(en: preventive maintenance, auch: preventative maintenance))

Instandhaltung mit der Absicht, eine etwaige Funktionsminderung zu vermeiden und die Ausfallwahrscheinlichkeit zu vermindern

3.1.11

Organisation

(en: organization)

einzelne Person oder Gruppe von Personen, die ihre eigenen Funktionen mit Verantwortung, Befugnissen und Zuordnungen hat, um ihre Ziele zu erreichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Organisation“ umfasst, ist aber nicht beschränkt auf Einzelunternehmer, Gesellschaft, Körperschaft, Firma, Unternehmen, Behörde, Partnerschaft, Wohlfahrtseinrichtung oder -institution, oder Teile oder eine Kombination daraus, egal, ob handelsgerichtlich eingetragen oder nicht, öffentlich oder privat.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für Organisationen mit mehr als einer Betriebseinheit kann eine einzelne Einheit als Organisation festgelegt werden.

3.1.12

Funktionsfähigkeit (Merkmal einer Einheit)

(en: reliability (characteristic of an item))

Fähigkeit, unter gegebenen Bedingungen und für ein gegebenes Zeitintervall wie gefordert ohne Ausfall zu funktionieren

N2) Nationale Fußnote: Offensichtlich wurde hier die Definition der Instandhaltungsunterstützung, 3.1.9, verwandt.

N3) Nationale Fußnote: Offensichtlich wurde hier die Definition der Instandhaltungsunterstützung, 3.1.9, verwandt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dauer des Zeitintervalls kann in solchen Einheiten ausgedrückt werden, die für die betreffende Einheit angebracht sind, beispielsweise Kalenderzeit, Betriebszyklen, zurückgelegte Entfernung usw. Die Maßeinheiten sollten dabei immer eindeutig angegeben werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit hängt ab von den kombinierten Kenngrößen der Funktionsfähigkeit, Wiederherstellbarkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft der Unter-Einheiten, aus denen sie besteht.^{N4)}

Anmerkung 3 zum Begriff: Zu den gegebenen Bedingungen gehören auch Gesichtspunkte, die sich auf die Funktionsfähigkeit auswirken, wie etwa: Betriebsart, Beanspruchungsniveaus, Umweltbedingungen und Instandhaltung.

Anmerkung 4 zum Begriff: Funktionsfähigkeit kann mittels geeigneter Messgrößen quantifiziert werden.^{N5)}

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-24]

3.1.13

Unterstützbarkeit (einer Einheit)

(en: supportability (of an item))

Fähigkeit, unterstützt zu werden, die geforderte Verfügbarkeit bei einem definierten Betriebsprofil mittels gegebenen Logistik- und Instandhaltungsressourcen aufrechtzuerhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Unterstützbarkeit ergänzt die inhärente Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit der Einheit, kombiniert mit Faktoren außerhalb der Einheit, die sich auf die relative Mühelosigkeit auswirken, die geforderte Instandhaltung und logistische Unterstützung zu erbringen.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-31; Anmerkung 1 ist modifiziert worden]

3.1.14

System (in der Zuverlässigkeit)

Satz von in Wechselbeziehung stehenden Einheiten, die gemeinsam eine Anforderung erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: Von einem System wird angenommen, dass es eine definierte reale oder abstrakte Grenze hat.

Anmerkung 2 zum Begriff: Externe (außerhalb der Systemgrenzen liegende) Ressourcen können für den Betrieb des Systems erforderlich sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Systemaufbau kann hierarchisch sein, d.h. System, Subsystem, Bauteil usw.

Anmerkung 4 zum Begriff: Anwendungs- und Instandhaltungsbedingungen sollten mit der Anforderung festgelegt oder in ihr impliziert sein.

[QUELLE: IEC 60050-191:2013, Definition 191-41-03]

3.2 Abkürzungen

ATE	Automatische Prüfeinrichtung (en: automatic test equipment)
BIT	Internes Prüfverfahren (en: built in test)
BITE	Interne Prüfeinrichtung (en: built in test equipment)
COTS	Auf dem Markt erhältliches Standardprodukt (en: commercial-off-the-shelf)
FMEA ^{N6)}	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (en: fault modes and effects analysis)
FMECA	Fehlzustandsart-, -auswirkungs- und -kritikalitätsanalyse (en: fault modes, effects and criticality analysis)
FTA ^{N7)}	Fehlzustandsbaumanalyse (en: fault tree analysis)

^{N4)} Nationale Fußnote: Diese Anmerkung existiert in IEC/FDIS 60050-192:2013 nicht.

^{N5)} Nationale Fußnote: Diese Anmerkung unterscheidet sich von der in IEC/FDIS 60050-192:2013.

^{N6)} Nationale Fußnote: Vgl. DIN EN 60812:2006, *Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)*.

LCC ^{N8)}	Lebenszykluskosten (en: life cycle cost)
LRU	Vor Ort tauschbare Einheit (en: line replaceable unit)
MTTM	Mittlere Instandhaltungsdauer (en: mean time to maintain (preventive tasks))
MTTR	Mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (en: mean time to repair (or restoration or recovery))
OCD	Betriebskonzept-Dokument (en: operational concept document)
RCM	Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (en: reliability centred maintenance)

4 Überblick über Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit

4.1 Überblick

Im Rahmen von Zuverlässigkeit sind sowohl Instandhaltbarkeit als auch Unterstützbarkeit eine Kombination inhärenter konstruktionsbedingter Merkmale und vom Kontext abhängige Betriebseigenschaften einer Einheit. Zusammen enthalten sie die Fähigkeit einer Einheit, bei laufendem Betrieb instand gehalten zu werden und, wenn eine Fortsetzung des Betriebs nicht länger möglich ist, aus dem Einsatz genommen und in diesen zurückgebracht zu werden. Laufender Betrieb wird beeinflusst durch vorliegendes oder mögliches Unvermögen, eine funktionale Spezifikation einschließlich der zugehörigen Instandhaltungseingriffe zu erfüllen.

Die inhärente Funktionsfähigkeit und die mögliche Entwurfslebensdauer einer Einheit können nur erreicht werden, wenn die entsprechende Instandhaltung durchgeführt wird. Falls eine Einheit als Wegwerfprodukt geplant ist, kann die Notwendigkeit zur Instandhaltung, und folglich Instandhaltbarkeit, entfallen. Allerdings sind bei den meisten Einheiten einige Ausfälle unvermeidbar, und es müssen sowohl Maßnahmen zur Instandsetzung als auch zur vorbeugenden Instandhaltung vorgesehen werden. Solche Instandhaltungsaktionen haben oft eine negative Auswirkung auf die Verfügbarkeit der Einheit. Wie auch immer, wo machbar und rentabel, sollten Merkmale der Instandhaltung geplant werden, um während jeder notwendigen Instandhaltungsmaßnahme ununterbrochenen Betrieb zu ermöglichen, sei es bei voller oder eingeschränkter Funktion.

Instandhaltbarkeit ist Bestandteil des konstruktiven Aufbaus einer Einheit und spiegelt die Mühelosigkeit, mit der Instandhaltungsarbeit getan werden kann, wider. Diese einer Einheit innewohnende Eigenschaft kann nicht geändert werden, außer die (funktionale oder technische) Entwurfskonfiguration wird geändert. Die von einem Entwurf geforderten Merkmale der Instandhaltbarkeit sollten von den erwarteten Instandhaltungsmaßnahmen und dem damit verbundenen Unterstützungsbedarf geprägt sein, die notwendig sind, die Leistungsfähigkeit, Kosten und Restrisiken der Entwurfslösung abzugleichen.

Unterstützbarkeit bezieht sich auf die Fähigkeit, die dem konstruktiven Aufbau innewohnt und sich in der Instandhaltbarkeit des Entwurfs widerspiegelt, Maßnahmen zur Instandhaltung zu ergreifen und mit den nötigen Mitteln zu versehen. Einiges dieser Unterstützbarkeit kann dem Entwurf innewohnen, aber vieles wird durch den Kontext der Organisationen bestimmt, die die Einheit besitzen, betreiben, instandhalten und weiterentwickeln.

Im Unterschied zu Merkmalen wie Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit, die durch die Konfiguration der Einheit vorgegeben sind, kann eine organisatorische Änderung, die sich auf die Unterstützbarkeit auswirkt, häufig, zufällig und oft ohne Autorisierung auftreten. Dessen ungeachtet wird die Qualität der Unterstützung, die von der verantwortlichen Organisation beigestellt wird, das Ausmaß bestimmen, in dem die inhärenten Zuverlässigkeitsmerkmale einer Entwurfslösung, also Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit, erreicht werden.

Merkmale von Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit können während des Entwurfs abgeglichen werden mit Kenngrößen der Funktionsfähigkeit, um über die Lebensdauer ausgeglichene Ergebnisse zu erhalten. Die Bedeutung von Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit hängt eng zusammen mit der Menge, der erwarteten

^{N7)} Nationale Fußnote: Vgl. DIN EN 61025:2007, *Fehlzustandsbaumanalyse*.

^{N8)} Nationale Fußnote: Vgl. DIN EN 60300-3-3:2005, *Zuverlässigkeitsmanagement – Teil 3-3: Anwendungsleitfaden – Lebenszykluskosten*.

Lebensdauer, der Anwendung und der Komplexität einer Einheit. Da die installierten Systeme, die unsere älter werdende Gesellschaft unterstützen, und die Komplexität ihres Austauschs oder ihrer Verbesserung auch zunehmen, wird ihre Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit eine zunehmend wichtige Überlegung beim Entwurf von Einheiten und deren anschließendem Einsatz.

Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit sind außerdem messbare Kenngrößen, die Anforderungen definieren, Alternativen gestalten, die Einhaltung überprüfen und den Fortschritt vorantreiben können. Herkömmlicherweise verwenden Organisationen und Industrie eine Vielzahl von Deskriptoren zur Definition des Messprozesses für Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit. Die Anwendung von festgelegten Deskriptoren wie sie im IEV definiert sind, wird empfohlen, um eine gemeinsame Anwendung und einheitliches Verständnis zum Vorteil aller zu erreichen.

Dieses Dokument gilt nicht für Einheiten, die keiner Instandhaltungsmaßnahmen bedürfen, sei es aufgrund inhärenter Merkmale oder aufgrund organisatorischer Grundsätze. Allerdings kann der mit solchen Einheiten verbundene Instandhaltungsprozess auf der nächst höheren Einheiten-Gliederungsebene auftreten und wird daher die Berücksichtigung zugehöriger Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit auf dieser Ebene während des Entwurfs erfordern.

4.2 Instandhaltbarkeit

Instandhaltbarkeit stellt die Mühelosigkeit, die Wirtschaftlichkeit, die Sicherheit und die Qualität dar, mit der die notwendige Instandhaltung einer Einheit auf wirtschaftlichste Art und Weise durchgeführt werden kann. Solche Instandhaltungsmaßnahmen können beurteilt werden hinsichtlich ihrer Fähigkeit,

- zu ermöglichen, dass eine Einheit ihren Betrieb entweder unbeeinträchtigt oder eingeschränkt fortsetzen kann. Dies stellt sicher, dass die Funktionsfähigkeit des Systems während der Instandhaltung erhalten bleibt. Beispielsweise könnte ein System, das aus mehreren, getrennten Einheiten besteht, so ausgelegt sein, dass, wenn eine der Einheiten die Instandhaltung durchläuft, das System nicht auf der höchsten Leistungsstufe arbeiten muss.
- vorbeugende Instandhaltung durchzuführen, die notwendig ist, inhärente Entwurfsziele zu erreichen. Für manche Systeme ist regelmäßiger Kundendienst eine notwendige Anforderung. Vergrößerung der Intervalle zwischen den Kundendiensten und Minimierung der Kundendienst dauern werden die Gesamt-Verfügbarkeit ebenso verbessern wie sie Kostenvorteile mit sich bringen. Falls andere Einheiten, bei denen erkannt wird, dass sie möglicherweise vor dem nächsten Kundendienst ausfallen (wie etwa bei der Verwendung von Zustandsüberwachung), während des Kundendienstes instandgehalten werden können, können weitere Verbesserungen erreicht werden.
- eine Einheit bei einem Funktionsausfall nach einer vorgegebenen Zeit wieder für den Einsatz freigeben zu können. Ausfälle von Einheiten, die den Systembetrieb unterbrechen, werden sich auf die Verfügbarkeit auswirken. Während des Entwurfs sollten Abgleiche zwischen Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit in Betracht gezogen werden, wie auch die Instandhaltungsmaßnahme so kurz wie möglich auszulegen.
- die Instandhaltung eines in Betrieb befindlichen Systems einschließlich der Bereitstellung der nötigen Ressourcen in vorgegebener Zeit durchzuführen.

Instandhaltbarkeit hat daher eine direkte Auswirkung auf die Fähigkeit einer Einheit, die von ihr geforderte Leistungsfähigkeit zu erbringen. Instandhaltung ist die Maßnahme, die ergriffen wird, diese Fähigkeit zu erhalten oder wiederherzustellen.

Wenn eine Einheit eine angemessen lange Lebensdauer hat, können die Kosten für Betrieb und Unterstützung während dieser Lebensdauer die Anschaffungskosten weit übersteigen. Der Wert, der sich für den Kunden aus optimierter Instandhaltbarkeit ergibt, sollte unmittelbar einsichtig sein. Wenn etwas Arbeits- und Kostenaufwand erbracht wird, um zu einer Einheit zu gelangen, die einfach und preiswert instandgehalten werden kann, wird dies zu signifikanten Einsparungen bei den Lebenszykluskosten führen.

Die Instandhaltungskosten einer Einheit hängen auch von der im Einsatz befindlichen Anzahl ab. Für einen großen Bestand von maschineller Ausstattung, wie etwa Lastwagen, kann selbst eine geringe Verbesserung der Instandhaltbarkeit auf lange Sicht signifikante Kosteneinsparungen erbringen. Darüber hinaus ist, wenn eine Einheit auf dem offenen Markt verkauft werden soll, das Konzept einfacher Instandhaltung bei niedrigen Kosten für den Kunden ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Auswahl von maschineller Ausstattung mit niedrigen Betriebskosten.

Beim Entwurf einer Einheit sollte der Entwickler berücksichtigen, wie das System und seine Bestandteile instandgehalten werden sollen. Instandhaltbarkeit und das Erreichen von Zielen für die Systemleistungsfähigkeit werden daher durch Konstruktionsmaßnahmen und -entscheidungen direkt beeinflusst.

Konstrukteure sollten berücksichtigen, wie die Menschen mit Einheiten aller Ebenen umgehen, und Einflussfaktoren bei der Entwurfslösung betrachten, wie beispielsweise industrielle Sicherheit, menschliche Faktoren und leichte Zugänglichkeit. Diese Faktoren werden durch ein Instandhaltbarkeits-Programm integriert und sollten betrachtet werden, wenn der Unterstützungsbedarf festgelegt wird, wie beispielsweise Ersatzteile, Mitarbeiter und Fähigkeiten, technische Informationsschriften, Schulung, maschinelle Ausstattung und Betriebsstätten für die Unterstützung. Solch ein Programm ist ein wesentlicher Teil des Zuverlässigkeitsprogramms und würde aus einem systematischen und wohlüberlegten Satz von Aufgaben für das Erreichen des Entwurfsziels bestehen.

4.3 Unterstützbarkeit

Unterstützbarkeit ist ein Gesichtspunkt, die die gesamte Lebensdauer eines Systems betrifft. Als zeitabhängiges Merkmal einer Einheit bezieht sich Unterstützbarkeit auf die Fähigkeit, unterstützt zu werden, die geforderte Verfügbarkeit bei einem definierten Betriebsprofil mittels gegebenen Logistik- und Instandhaltungsressourcen aufrecht zu erhalten.

Unterstützbarkeit bezieht sich auf die benötigte Zeit, eine Einheit auf qualitativ hochwertige Art und Weise für eine Instandhaltungstätigkeit vorzubereiten, und berücksichtigt die Menge und Qualität bereitgestellter Ressourcen. Solche Instandhaltung kann ihrem Wesen nach vorbeugend oder instandsetzend und bei ihrer Ausführung geplant oder ungeplant sein. Im Kontext von Instandhaltbarkeit nimmt Unterstützbarkeit an, dass die, für Instandhaltung charakteristische Zeiten unter Bedingungen perfekter Unterstützung, oder seit kurzem, unter festgelegten Bedingungen und unter Verwendung festgelegter Verfahren und Ressourcen verbracht werden.

Den größten Einfluss auf Instandhaltungsaufwand und -effektivität hat der ursprüngliche Entwurf, der die Instandhaltbarkeit einer Einheit festlegt. Wenn eine Einheit von einer Organisation entworfen wurde und als Teil eines größeren Systems verwendet wird oder in unterschiedlichen Anwendungen oder Umgebungen verwendet wird, muss der Entwurf des Systems sicherstellen, dass die inhärente Instandhaltbarkeit der Einheit nicht durch solche unterschiedlichen Anwendungen herabgesetzt wird.

4.4 Zusammenhang mit Zuverlässigkeit

Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion auf Anforderung zu erbringen. Zuverlässigkeit ist also die Fähigkeit einer Einheit, Geschäftserfordernisse gleichbleibend über der Zeit zu erreichen. Zuverlässigkeit schafft Werte, wenn eine Einheit ihre Leistungskenngrößen beibehält, wie gewünscht arbeitet und die Kundenbedürfnisse und -erwartungen erfüllt.

Zuverlässigkeit muss während des gesamten Lebenszyklus einer Einheit betrachtet werden. Frühzeitige Betrachtung und Realisierung relevanter Zuverlässigkeitsmaßnahmen hilft sicherzustellen, dass Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllt werden.

Zuverlässigkeit ist eng verbunden mit Verfügbarkeit, der Fähigkeit, in einem Zustand zu sein, die geforderte Funktion zu erbringen. Aus betrieblicher Sicht gibt die Verfügbarkeit einer instandzusetzenden Einheit den Anteil der Zeit wieder, in dem die Einheit in einem der drei einander ausschließenden folgenden Zustände ist:

- funktionsfähig, was durch die inhärenten Merkmale der Funktionsfähigkeit der konstruktiven Auslegung der Einheit bestimmt wird, unabhängig davon, ob die Einheit während des Betriebs der Instandhaltung unterliegt oder nicht;
- nicht funktionsfähig und in Instandsetzung befindlich oder darauf wartend, was durch die inhärenten Merkmale der Instandhaltbarkeit und der Unterstützbarkeit der Einheit und der Auslegung des Unterstützungssystems festgelegt ist;
- nicht für den Betrieb benötigt wird und daher nicht Bestandteil eines Verfügbarkeitsmaßes ist.

Das Verstehen der in gegenseitiger Beziehung stehenden Auswirkungen dieser drei zeitabhängigen Merkmale ist grundlegend dafür, dass Einheiten und ihre Organisationen auf integrierte Art und Weise

ausgelegt und betrieben werden, um während ihrer vorgesehenen Lebensdauer Werte zu erzeugen. Der Zusammenhang zwischen diesen Merkmalen ist in dem Begriffsmodell in Bild 1 gezeigt, dem eine einfache instandzusetzende Einheit zugrunde liegt, wie beispielsweise eine Armatur oder eine Pumpe auf dem niedrigsten Gliederungsniveau eines Systems.

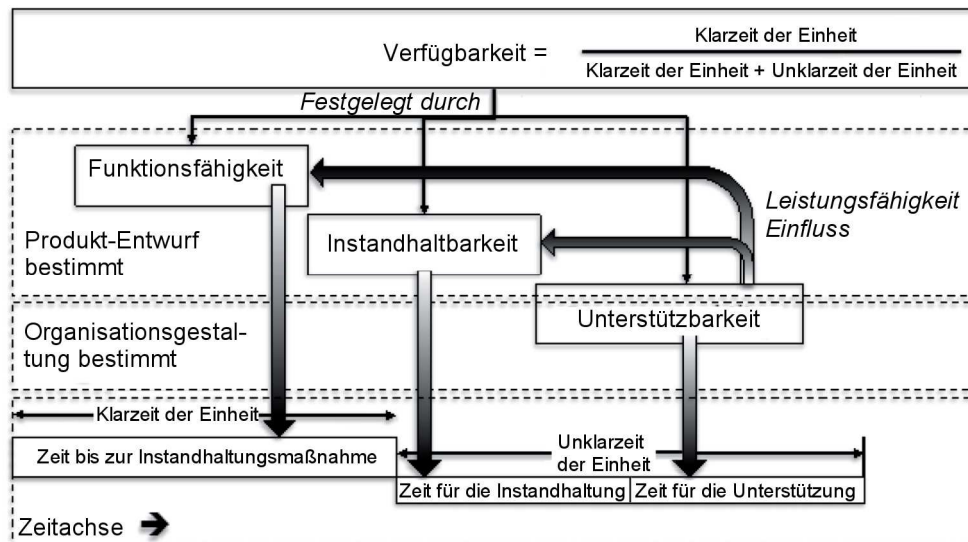


Bild 1 – Beziehung zwischen Zuverlässigkeitsmerkmalen und Betriebszuständen

Das Diagramm in Bild 1 beschreibt für eine nicht-komplexe Einheit:

- den Einfluss der drei zeitbezogenen Merkmale (Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit) auf die Klarzeit (in Betrieb) und die Unklarzeit (außer Betrieb, auf die Beendigung der Instandhaltung wartend) einer einfachen Einheit;
- den Einfluss der konstruktiven Ausführung der Einheit und der Organisationsgestaltung auf die sich daraus ergebenden Merkmale der Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit;
- den Einfluss der Unterstützbarkeit auf inhärente Fähigkeiten sowohl der Funktionsfähigkeit als auch der Instandhaltbarkeit.

Mangelhafte Organisationsgestaltung kann Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit ungünstig dadurch beeinflussen, dass versäumt wird, erforderliche Ressourcen bereitzustellen, die während des Prozesses der Analyse der Unterstützbarkeit festgelegt worden sind. Diese Ressourcen sind wichtig für das Erreichen der inhärenten Fähigkeiten der Funktionsfähigkeit und Instandhaltbarkeit, welche von der Entwurfslösung erwartet werden und notwendig sind, um das Entwurfsziel zu realisieren. Merkmale einer Organisation wie Führungsstil und Kultur können sich ebenfalls auswirken auf die Leistungsfähigkeit des Faktors Mensch beim Einsatz von Ressourcen.

Die zentrale Komponente bei der Entwurfstätigkeit sowohl von Instandhaltbarkeit als auch von Unterstützbarkeit ist Instandhaltung mit ihrer Bedeutung für das Erreichen des Entwurfsziels. Erreichen dieses Entwurfsziels erfordert ein gemeinsames Gedankenmodell aller derjenigen, die am Entwurf von Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit beteiligt sind, darüber, was Instandhaltung ist und was sie nicht ist sowie über ihre spätere Anwendung. Der nächste Abschnitt befasst sich mit diesem gemeinsam genutzten Gedankenmodell.

5 Beschreibung von Instandhaltung

5.1 Instandhaltung

Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit sind Eigenschaften, die zu Instandhaltungsmaßnahmen, die während der Nutzungsphase im Lebenszyklus durchgeführt werden, einen Beitrag leisten. Diese Phase ist bei weitem die am längsten dauernde, und sie kann als das Kernstück des Systemlebenszyklus angesehen werden. Sie beginnt, sobald eine Einheit abgenommen worden ist und in Betrieb geht und endet mit der Entscheidung, diese Einheit zu entsorgen. Während der Nutzungsdauer ist das Bestreben auf kontinuierliche Verfügbarkeit der Einheit gerichtet, eine definierte Leistung zu erbringen sowie auf die Instandhaltung und die Unterstützung jener Systeme, die eine anhaltende Leistungsfähigkeit sicherstellen sollen.

Instandhaltung ist als eine Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen definiert, Überwachungsmaßnahmen eingeschlossen, die eine Einheit in einem Zustand halten oder in ihn zurückversetzen sollen, in dem sie eine geforderte Funktion erbringen kann.

5.2 Instandhaltungsziele

Die Kern-Ziele von Instandhaltung sind:

- inhärente Niveaus von Sicherheit und Funktionsfähigkeit, die in Geräte hinein entwickelt wurden, zu erhalten;
- Sicherheit und Funktionsfähigkeit auf ihr inhärentes Niveau zurückzusetzen, wenn eine Verschlechterung eingetreten ist;
- die zur Verbesserung aller Prozesse benötigten Informationen zu erhalten, die mit der Lebensdauer der Einheit verbunden sind;
- das oben genannte bei geringsten Kosten durchzuführen.

Mit „inhärent“ sind die konstruktionsbedingten Merkmale des Gerätes gemeint. Beispielsweise bezieht sich Funktionsfähigkeit auf alle die Merkmale funktionaler Leistungsfähigkeit, die als notwendig für das Erbringen der vereinbarten geschäftlichen Leistungen festgelegt sind. Sicherheit bezieht sich auf die ungünstigen Auswirkungen, sowohl kurz- als auch langfristig, auf das Wohlergehen aller Beteiligten und Betroffenen, und umfasst daher sowohl menschliche Sicherheit (individuell und gesellschaftlich) als auch Umweltsicherheit.

Dieses Ziel muss oft in einem Kontext beachtlicher Variation von Alter, Beschaffenheit und Komplexität der zu unterstützenden Einheiten erreicht werden. Viele Einheiten können für einen längeren Zeitraum in Betrieb gewesen sein und verkörpern ältere Technik, was zur Komplexität der Aufgabe beiträgt und eine erhebliche Herausforderung für die Entscheidungsträger darstellt.

5.3 Zusammenhang von Instandhaltungsbegriffen

Grundlegende Begriffe mit Bezug auf Instandhaltung und ihr Zusammenhang sind in Bild 2 veranschaulicht.

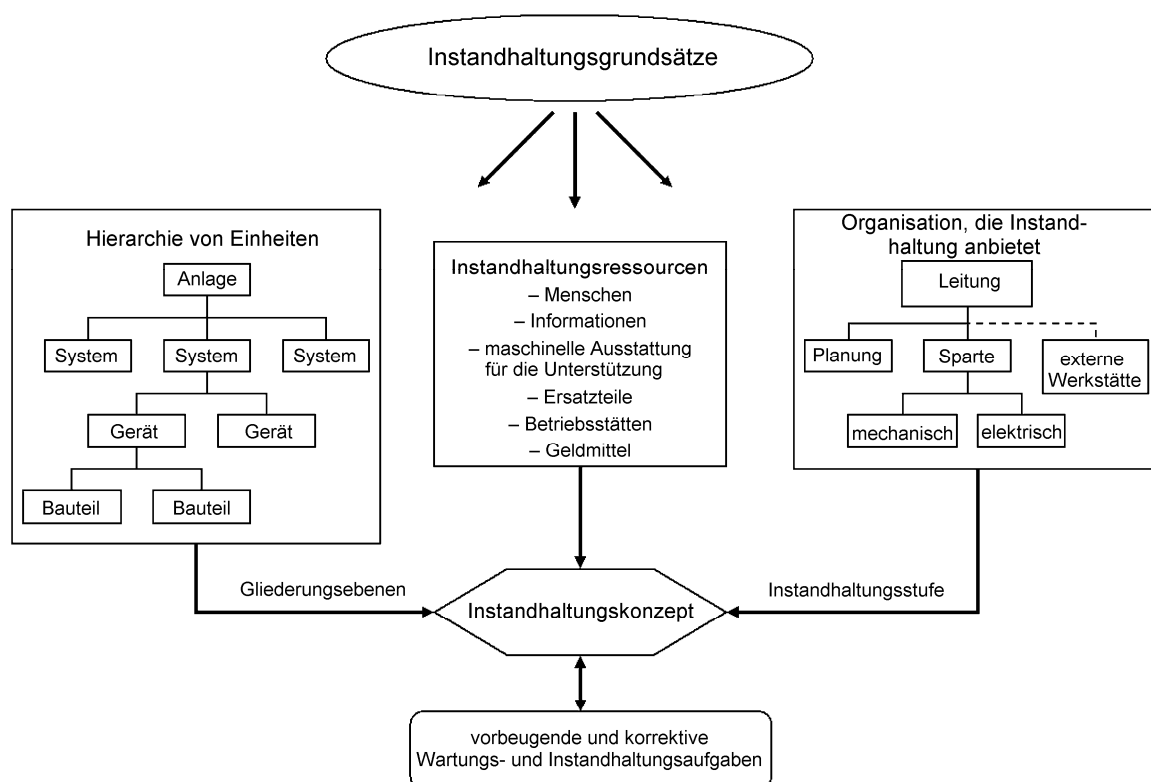


Bild 2 – Zusammenhang von Instandhaltungsbegriffen

5.4 Instandhaltungsgrundsätze

Die für Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung verantwortliche Organisation sollte Instandhaltungsgrundsätze festlegen, um die Planung, Ausführung, Bewertung, Analyse und Verbesserung von Instandhaltung und Unterstützung zu lenken. Die Strategie ist typischerweise eine kurze Aussage, die die Prinzipien darlegt, auf deren Basis die Organisation Instandhaltung festlegen und handhaben wird, um die organisatorischen Ziele zu erreichen. Sie ist üblicherweise eingebunden in eine andere, übergeordnete Strategie, wie beispielsweise eine Strategie zur Anlagenverwaltung.

Die Strategie sollte die Verpflichtungen und Erwartungen der Organisation hinsichtlich Entscheidungen, Maßnahmen und Verhaltensweisen darlegen, die das Instandhaltungsmanagement betreffen. Sie sollte abgeglichen sein mit den Zielen der Organisation und für diese Unterstützung ausdrücken. Beispielsweise könnte ein organisatorisches Ziel, die Ausgaben im Gleichgewicht zu halten, zu einer Aussage in den Instandhaltungsgrundsätzen führen, für die Instandhaltungsplanung quantitative, risikobasierte Ansätze zu fordern.

Instandhaltungsgrundsätze können Leitlinien für Instandhaltungsmaßnahmen enthalten, wie beispielsweise:

- Vorsehen von Zielen für die Bereitstellung einer Dienstleistung, um Instandhaltungsverfahren und -entscheidungen zu steuern;
- Einhaltung anzuwendender Gesetze, Rechtsvorschriften und Verordnungen;
- Vorsehen von Ressourcen, um Instandhaltungsziele einzuhalten und/oder Vorsehen der Struktur oder der Arbeitsgänge der Organisation für das Erreichen der organisatorischen Ziele;
- verwendete Entscheidungskriterien, um Instandhaltungspläne festzulegen und ihre Realisierung zu planen und zu disponieren. Beispielsweise sollen Instandhaltungsentscheidungen risikobasiert sein und Alternativen beurteilen, die Lebenszykluskosten, Vorteile und Risiken berücksichtigen;
- Berichterstattung über die Leistungsfähigkeit von Einheiten und damit verbundener Instandhaltungsleistung;
- langfristige Zielsetzungen, nachhaltige Wirkungen und/oder Anforderungen Beteiligter und Betroffener;
- ständige Verbesserung des Instandhaltungssystems und seiner Pläne.

In welcher Form auch immer, die Strategie sollte durch die Leitung autorisiert werden, um ihr Engagement zu demonstrieren, und in der Organisation kommuniziert werden.

5.5 Instandhaltungskonzept oder -strategie

Ein Instandhaltungskonzept legt den Ansatz fest für die Bereitstellung von Instandhaltung und die damit verbundene Unterstützung für eine bestimmte Einheit, basierend auf dem unternehmerischen Kontext, wie beispielsweise Zielsetzungen sowie Beteiligte und Betroffene. Das Konzept wirkt sich aus auf die beim Entwurf getroffenen Entscheidungen hinsichtlich Instandhaltungsplänen und der Bereitstellung von Mitteln quer über den Lebenszyklus einer Einheit.

Das Instandhaltungskonzept ist üblicherweise Teil dessen, was in der Systemtechnik als „Einsatzkonzept“ (en: Concept of Operations (CONOPS)) bezeichnet wird. Das Ergebnis ist ein anwenderorientiertes Dokument, das die Systemmerkmale für ein geplantes System aus Anwendersicht beschreibt. Ein Einsatzkonzept (CONOPS) beschreibt auch die Organisation des Anwenders, Aufgabe und Ziele aus einer integrierten Systemsicht, und wird verwendet, um allgemeine quantitative und qualitative Systemmerkmale Beteiligten und Betroffenen zu kommunizieren.

Im Militärbereich für das Beschaffungsmanagement komplexer Einheiten entstanden, sind solche Dokumente heute weitverbreitet in wichtigen Industriezweigen, wie Petrochemie, Transport und Datenspeicherung, um deren Definition, Entwicklung und anschließende Nutzung zu unterstützen. Einige allgemeine Zielsetzungen eines Einsatzkonzepts (CONOPS) sind:

- Beschreiben der Merkmale der Einheit aus betrieblicher Sicht;
- das Verstehen des Ziels des Gesamtsystems bei Beteiligten und Betroffenen, wie zum Beispiel Anwendern, Käufern, Realisierern, Entwurfsverfassern, Prüfern und Managern zu erleichtern;

- eine umfassende Basis zu bilden für das Planen von Langzeitbetrieb, um Anleitung zu liefern für die Entwicklung von Spezifikationen für die Produktentwicklung;
- Beurteilen von Vollständigkeit und Beschaffenheit eines Entwurfs oder der Realisierung einer Einheit.

Ein Instandhaltungskonzept innerhalb eines Einsatzkonzepts (CONOPS) kann zur Anleitung des Entwicklers einer instandsetzbaren Einheit das Folgende umfassen:

- vorgeschlagene Ausstattung zur Verringerung der Unklarzeit des Produkts (deren einzelnen Bestandteile sind in Bild 2 gezeigt)^{N9)}, wie beispielsweise die Verwendung von Zustandsüberwachung, eingebaute Prüfeinrichtung, einfache Abgleich- und Überprüfungsverfahren;
- Vereinheitlichung ähnlicher Produkttypen durch den Hersteller überall in einer Fertigungsanlage und Verwendung von Schnell-Wechsel-Moduln;
- Logistik für die Instandhaltungsunterstützung, einschließlich allgemeiner und spezifischer Anforderungen an Instandhaltungsstätten, Prüf- und Unterstützungsgerät, Ersatzteilbevorratung, Fähigkeiten und Schulung von Mitarbeitern, technische Handbücher und Unterstützungssoftware;
- Auswahl von Reparaturobenen, um eine Analyse von Reparaturobenen zu fördern.

Wie auch beim Instandhaltungskonzept liefert die Strategie Informationen darüber, wie eine Instandhaltungs- und Unterstützungsorganisation gegliedert ist, was in einem Satz von Entwurfspraktiken und -zielen, bezogen auf die Instandhaltbarkeit der entwickelten Einheiten, resultieren sollte. Die Strategie kann die Festlegung der umfassenden Ziele von Instandhaltung umfassen, wie beispielsweise:

- inhärente Niveaus von Sicherheit und Funktionsfähigkeit, die in Geräte hinein entwickelt wurden, zu erhalten;
- Sicherheit und Funktionsfähigkeit auf ihr inhärentes Niveau zurückzusetzen, wenn eine Verschlechterung eingetreten ist;
- die zur Verbesserung aller Prozesse benötigten Informationen zu erhalten, die mit dem Systemlebenszyklus der Einheit verbunden sind;
- das oben genannte bei geringsten Gesamtbetriebskosten durchzuführen.

Detaillierte Zielsetzungen für Instandhaltung werden aus Geschäftspolitik und Kundenbedürfnissen abgeleitet. Diese Zielsetzungen können Verfügbarkeit, Sicherheit, Kosten für Ausführung und Instandhaltung umfassen und sollten allen in Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung involvierten Mitarbeitern kommuniziert werden, einschließlich externer Beteiligter.

Das Instandhaltungskonzept sollte mit Fortschreiten des Entwurfs in regelmäßigen Abständen überprüft und, falls notwendig, aktualisiert werden.

5.6 Vorbeugende Instandhaltung und Instandsetzung

Instandhaltung kann auf der Grundlage des angewandten Entscheidungsprozesses in eigenständige Varianten unterteilt werden. Dies ist unten in Bild 3 gezeigt, wo die in Unterabschnitt 5.2 aufgelisteten Instandhaltungsziele durch ein Programm von Maßnahmen zur vorbeugenden Instandhaltung und zur Instandsetzung erreicht werden.

^{N9)} Nationale Fußnote: Der Text in der Klammer des englischen Originals ist so nicht nachvollziehbar.

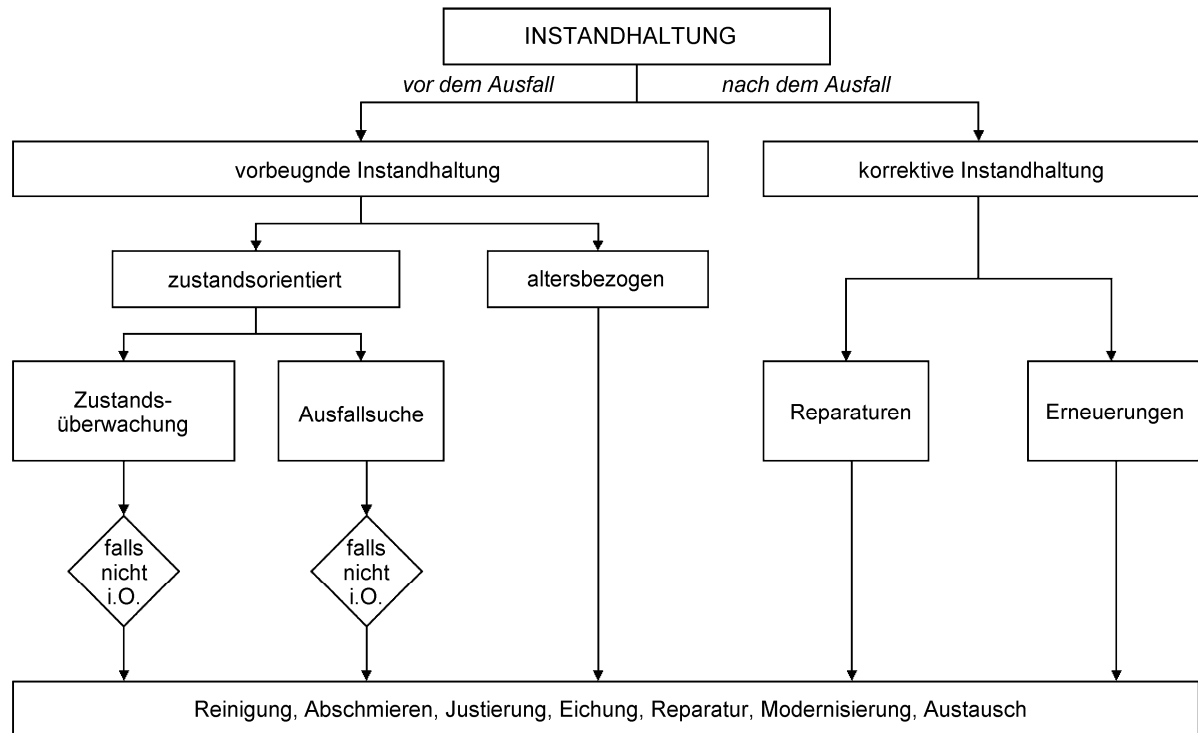


Bild 3 – Arten von Instandhaltungsaufgaben

Ein Betriebsrisiko aus Funktionsausfällen einer Einheit wird durch vorbeugende Instandhaltung gemildert, die langfristig auf Sicherheit und Funktionsfähigkeit zielt, aber nicht unbedingt auf Wirtschaftlichkeit. Vorbeugende Maßnahmen umfassen alle angesetzten (geplanten) Maßnahmen zur Instandhaltung, die eine Einheit in einem spezifizierten Zustand halten sollen. Außerdem kann vorbeugende Instandhaltung erfolgreich sein beim Sicherstellen des sicheren und wirtschaftlichen Betriebs der Einheit, abhängig von ihren Ausfallmerkmalen und -kosten sowie ihrer Ausfallkritikalität. In Fällen, in denen vorbeugende Instandhaltung wirksam und wirtschaftlich ist, kann sie die betriebliche Verfügbarkeit erhöhen und die Häufigkeit von korrektiven Instandsetzungen verringern.

Maßnahmen zur vorbeugenden Instandhaltung sind zustandsorientiert oder altersbezogen und umfassen drei grundlegende Arten von Instandhaltungsaufgaben:

- Zustandsüberwachung prüft an Bedingungen geknüpfte Werte von Parametern um zu bewerten, ob die Anlage weiterhin funktionieren wird, bis sie wieder überwacht werden kann, und enthält Maßnahmen, wie beispielsweise Prüfung von hölzernen Strommasten auf Fäulnis, visuelle Prüfung der Verkabelung von Deckenlaufkatzen auf Verschleiß, von Schmiermittelmengen, Filterprüfungen auf Verstopfung und Beschädigung sowie Prüfungen auf Wasserverunreinigung.
- Altersbezogene Instandhaltung besteht aus Geräte-Instandsetzung oder -Austausch in regelmäßigen Zeitabständen. Sie kann Maßnahmen umfassen wie das Ersetzen von Elektrolyt-Kondensatoren, von Schmiermitteln in Abhängigkeit von Verbrauch oder Haltbarkeit und von Schutzschaltern für Lichtbogenkammern nach „n“ Auslösungen.
- Maßnahmen zur Ausfallsuche werden durchgeführt, um das Funktionieren einer nicht offensichtlichen Funktion zu prüfen, um deren Betriebsbereitschaft zu bestätigen; Beispiele sind Tests von Rauchmeldern und Funktionsprüfungen von Schutzschaltern.

Instandsetzungsmaßnahmen bringen ausgefallenes oder degradiertes Gerät in einen spezifizierten betriebsfähigen Zustand zurück. Es gibt zwei Ausfallarten, üblicherweise festgelegt durch Instandhaltungsrichtlinien, die funktionale und bedingungsabhängige Grenzen abstecken, wie etwa für Schäden an bautechnischem Metall, für Niveaus von Vibration, Hitze oder für Korrosionstiefe:

- funktionale Ausfälle, die sofort (oder ggf. behelfsmäßig) behoben werden, wie beispielsweise der Ersatz von ausgefallenen Flachbaugruppen, korrodierten Bauteilen und elektrischen Steckverbindungen.

- bedingte Ausfälle, die üblicherweise als „Störung“ behandelt und für Überwachung und spätere Instandsetzung registriert werden. Grenzen für die Instandsetzung und zugehörige zeitliche Begrenzungen für das Beheben oder die Außerbetriebnahme sollten für jede Störung auf der Basis der Kritikalität und voraussichtlichen Verschlechterung festgelegt werden.

Instandsetzungsmaßnahmen umfassen zwei Arten von Tätigkeiten:

- Reparaturen, die nach vorher festgelegten Richtlinien durchgeführt werden, die entweder auf Funktion oder Erhaltungszustand bezogen sind. Solche Reparaturen betreffen bedingte Ausfälle (Störungen) oder funktionale Ausfälle und können vom Umfang her variieren vom Austausch kleiner Komponenten, wie beispielsweise Leiterplatten oder Befestigungen, bis zu substanziellen Reparaturen ausgefallener Maschinen und zugehöriger Baukörper nach einem katastrophenartigen funktionalen Ausfall. Reparaturen können ungeplant oder geplant sein. Ungeplante Reparaturen werden sofort nach der Entdeckung durchgeführt, wie etwa eine Justierung oder der Austausch ausgefallener Leiterplatten. Das kann auch vorläufige Reparaturen für eine begrenzte Zeit umfassen, die auf der Grundlage eines zugelassenen Reparaturkonzepts durchgeführt werden. Geplante Reparaturen umfassen das Erkennen von Störungen, die oft mit einer zurückgestellten Reparatur zusammengefasst werden, oder mit zukünftiger umfangreicher geplanter Arbeit, wie beispielsweise der Behebung einer Anzahl von bedingten Störungen durch ein größeres Reparatur-/Überholungsprogramm oder der Durchführung einer umfangreichen Reparatur, wie beispielsweise der Erneuerung einer Brückenfahrbahn, die zu einem geeigneten Zeitpunkt durchgeführt wird, um die Auswirkung auf den Verkehr gering zu halten.
- Erneuerungen, die sich mit der abnehmenden Kostenwirksamkeit einer gegebenen Instandhaltungsstrategie „Prüfe und repariere“ befassen, verursacht von durch Zeit oder Einsatz bedingter Verschlechterung des Zustandes einer Einheit. Diese Maßnahmen umfassen den Ersatz ganzer Einheiten, wie beispielsweise Pumpen, Filter, Motoren, usw. Diese Aktionen werden grundsätzlich durch Aufwand-Nutzen-Analysen veranlasst, die auf quantitativer Risikobeurteilung beruhen, um die niedrigsten Gesamt-Lebenszykluskosten zu erreichen.

Alle Arten von Maßnahmen werden per geplanter oder ungeplanter Instandhaltungstätigkeit durchgeführt. Geplante Maßnahmen sind üblicherweise kostenwirksamer als ungeplante. Geplante Maßnahmen bieten Gelegenheit für:

- Reduzierung von Gemeinkosten durch Zusammenfassen von Maßnahmen zu einem einzelnen Paket;
- verbesserte Qualität durch Sicherstellen des Vorhandenseins der Unterstützungs-Infrastruktur zum richtigen Zeitpunkt;
- verringerte menschliche Fehlerrate;
- verringerte Ausführungskosten durch die Nutzung normaler Arbeitszeit, durch weniger Störeinsätze und verringerte unproduktive Bereitschaft.

Geplante Maßnahmen sind jene, die die Nutzung von Gelegenheiten durch ausreichende Vorwarnzeit zwischen Maßnahmenfestlegung und Maßnahmenzuordnung ermöglichen. Ungeplante Maßnahmen sind der Restbestand und üblicherweise verbunden mit funktionalen Ausfällen oder bedingten Ausfällen mit wenig Restlaufzeit bis zu einem erwarteten funktionalen Ausfall.

Die meisten der in Bild 3 aufgelisteten Instandhaltungsarten sind geplant, mit nur wenigen Reparaturen nach rechtsverbindlichen Normen, die die Notwendigkeit für sofortige Behebung beinhalten.

5.7 Instandhaltungspläne

Gegenstand der Instandhaltungs- und Unterstützungsplanung ist, die Instandhaltungsmaßnahmen für Einheiten, die Instandhaltung benötigen, festzulegen, um die benötigten Ressourcen bereitzustellen und um sicherzustellen, dass die benötigten Informationen bei der Instandhaltung erfasst werden.

Instandhaltungspläne befassen sich damit, welche Art Instandhaltung durchgeführt wird (korrektive oder vorbeugende Instandhaltung), durch wen (Maschinenarbeiter, der Schicht zugeordnete Instandhalter, Instandhalter, die an diesem Tag Dienst haben, usw.), wo (vor Ort, in der Reparaturwerkstatt, usw.) und während welches Betriebszustandes (Betriebspause, usw.). Der Plan sieht die technische und finanzielle Zuständigkeit vor, die für die Zuweisung von Instandhaltungsmaßnahmen nötig ist.

Es ist nicht möglich, sich hinsichtlich Instandhaltungsmaßnahmen ausschließlich auf Empfehlungen des Herstellers zu verlassen, sowohl aus gesetzlichen als auch aus praktischen Gründen. Entwurfsfachleute und Maschinenarbeiter müssen bestätigen, dass die empfohlenen Instandhaltungsmaßnahmen für ihren Einsatzfall geeignet sind. Der Originalhersteller/-entwickler ist normalerweise nicht in der Lage, kontext-bezogene Faktoren vorauszusehen, wie beispielsweise geschäftsbedingte Ausfallfolgen, Sicherheitsüberlegungen, behördliche Anforderungen, Einsatz von Zustandsüberwachungstechniken, Verfügbarkeit von Ressourcen und ungewöhnliche Umgebungsbedingungen.

6 Instandhaltbarkeitsprogramm

6.1 Überblick

Die geforderten Aufgaben und Tätigkeiten eines Instandhaltbarkeitsprogramms müssen auf der Basis von Faktoren wie dem Produkttyp, der verwendeten Technik, den Budget- und Terminvorgaben für die Produktentwicklung als auch von Kundenanforderungen ausgewählt werden. Einige allgemeine Elemente sind jedoch für ein vernünftiges Instandhaltbarkeitsprogramm notwendig und um Anleitung für den Prozess der Auswahl spezifischer Maßnahmen und Tätigkeiten zu geben. Diese Elemente sind Lenkung, Spezifizierung, Entwurf und Analyse sowie Prüfdaten.

Ein Instandhaltbarkeitsprogramm gibt Anleitung dazu, wie die Instandhaltungsaspekte der Maßnahmen berücksichtigt werden sollten, damit optimale Instandhaltbarkeit erreicht wird. Es sollte beachtet werden, dass das volle in dieser Norm beschriebene Programm nur auf ein größeres komplexes Produkt mit der Möglichkeit der Langzeit-Nutzung angewendet würde.

Für weniger komplexe instandhaltbare Produkte sollte ein einfacheres Programm gewählt werden, indem das Programm so zugeschnitten wird, dass es dem Grad der Komplexität und den Anforderungen des Kunden genügt. Diese Norm verwendet andere IEC-Normen und Leitfäden, insbesondere IEC 60706, als Bezugsdokumente oder Arbeitshilfen, um mehr Einzelheiten zu bieten, wie eine Maßnahme durchgeführt werden sollte.

Verträge zwischen Kunde und Lieferant werden aufgrund von Gegebenheiten und Rahmenbedingungen in unterschiedlichen Industriezweigen sehr unterschiedlich sein. Diese Norm wurde unter der Voraussetzung verfasst, dass von einem Auftragnehmer eine Einheit entwickelt werden soll, ausgehend von einem Grobkonzept für die besonderen Anforderungen eines Nutzers. Allerdings ist in vielen Fällen, in denen ein Produkt bereits existiert und wenig oder keinen Entwicklungsaufwand benötigt, das volle Instandhaltbarkeitsprogramm, wie es in dieser Norm beschrieben wird, nicht erforderlich. Die in diesem Standard niedergelegten Grundsätze können jedoch wie gefordert angewendet werden, indem das Instandhaltbarkeitsprogramm zugeschnitten wird, um den Bedürfnissen des Projekts zu genügen.

6.2 Handhabung

Um eine einwandfreie Instandhaltbarkeit auf geplante und systematische Art zu erreichen, sollte ein Instandhaltbarkeitsprogramm zusammen mit einem Zuverlässigkeitsprogramm in den Gesamtprozess des Projektentwurfs integriert werden. Es gibt, wie bei jedem Projekt, fünf grundlegende Aufgaben in so einem Programm, die das Folgende umfassen:

- Übertragen der Verantwortung für das Instandhaltbarkeitsprogramm auf eine kompetente Person;
- angemessene Ressourcen zur Durchführung des Programms bereitstellen, einschließlich Analysewerkzeugen;
- Aufrechterhalten einer vernünftigen Kommunikation mit internen und externen Beteiligten und Betroffenen;
- Integration des Programms in die Gesamtproduktentwicklung oder -verbesserung;
- Vorsehen von Kontrollen des Programms für Zulieferer.

Solch ein Instandhaltbarkeitsprogramm sollte zumindest aus den folgenden Elementen bestehen:

- Leitungs- und organisatorische Aktivitäten, um eine wirksame und leistungsfähige Realisierung des Programms sicherzustellen;

- Ein Satz von Maßnahmen zur Analyse der Instandhaltbarkeit, die während des Entwurfsprozesses durchgeführt werden müssen;
- Unterstützungsaktivitäten von Spezialisten, um die notwendigen Informationen für das Programm bereitzustellen.

Die Zielsetzung eines solchen Programms sollte sein, den Wirkungsgrad eines Systems zu optimieren unter Berücksichtigung der folgenden Auflagen:

- Abwägen der Produktverfügbarkeit gegen mögliche Lebenszykluskosten (LCC);
- Abwägen von Anforderungen an Instandhaltung und Unterstützung gegen mögliche Lebenszykluskosten (LCC);
- Ausschalten von Sicherheitsrisiken gemäß gesetzlicher Vorschriften.

6.3 Entwicklungskriterien

Das Instandhaltbarkeitsprogramm wird für ein spezifisches Produkt oder Projekt zugeschnitten werden müssen, damit die relevanten Bedingungen, Anforderungen und die Komplexität geeignet berücksichtigt werden können. Das in den folgenden Abschnitten beschriebene vollständige Instandhaltbarkeitsprogramm würde nur auf ein umfangreiches und komplexes Produkt angewandt, das von der Konzeptphase bis zur Herstellung entwickelt wird. Für weniger komplexe Produkte oder die Nutzung vorhandener Entwürfe kann sich ein einfacheres Programm ergeben, wenn nur diejenigen Teile des Programms genutzt werden, die auf den technischen und unternehmerischen Kontext anwendbar sind.

Die Planung eines effektiven Instandhaltbarkeitsprogramms während irgendeiner der Produkt-Lebenszyklusphasen setzt die Kenntnis von Instandhaltbarkeitsprinzipien, -methoden und -techniken voraus. Sie erfordert weiterhin das Verstehen der Einheit selbst und ihrer Technologie, ihres beabsichtigten Einsatzes, ihrer verschiedenen zugehörigen Kostenfaktoren, ihrer Konstruktion und der Erwartungen des Kunden. Um effektive Ergebnisse zu erhalten, sollten Instandhaltbarkeitsaktivitäten mit den anderen Entwurfs- und Entwicklungsarbeiten zusammengefasst und nicht getrennt durchgeführt werden.

Überlegungen zur Instandhaltbarkeit hängen von Anforderungen ab, wie beispielsweise Lebensdauer der Einheit, Funktionsfähigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit, und von den finanziellen Überlegungen hinsichtlich unterschiedlicher Marktsituationen. Beispielsweise erfordern Flugsysteme und Atomkraftwerke einen hohen Grad von Sicherheit, was die Anforderungen an Instandhaltung in die Höhe treibt. Bei anderen Produkten können die auf die Betriebskosten bezogenen Instandhaltungskosten der wesentliche Faktor sein, der den Grad der erforderlichen Instandhaltbarkeit bestimmt.

Alle Programme zur Instandhaltbarkeit müssen auf ihren Kontext zugeschnitten werden. Dieses kontextbezogene Zuschneiden kann erfordern, dass die folgenden Faktoren bei der Entwicklung eines Programms zur Instandhaltbarkeit und Unterstützbarkeit berücksichtigt werden:

- Anforderungen an die Instandhaltbarkeit: Das erforderliche Niveau von Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsunterstützung, um eine spezifizierte Verfügbarkeit sicherzustellen;
- Komplexität: Die Komplexität einer Einheit wird die Komplexität der technischen Hilfsmittel zur Instandhaltungsunterstützung festlegen. Beispielsweise wird das Ausmaß eingebauter Prüfeinrichtungen (en: built-in test equipment (BITE)) abhängen von dem geforderten Niveau diagnostischer Fähigkeit;
- Ausgereiftheit: Ausgereifte Einheiten werden gut eingeführte Instandhaltungsverfahren haben, aber für weniger ausgereifte Produkte müssen der Anteil unerprobter Technik und die Notwendigkeit, geeignete Verfahren für die konstruktive Ausführung zu entwickeln, berücksichtigt werden;
- Kritikalität: Instandhaltung wird als kritisch bezeichnet, wenn Sicherheit ein Hauptanliegen ist, und nukleare Anlagen und Luftfahrzeuge sind offenkundige Beispiele sicherheitskritischer Einheiten. Betriebliche und wirtschaftliche Belange können ebenfalls kritisch sein, wie beispielsweise der Betriebsausfall einer Aufbereitungs- oder Fertigungsanlage;
- Technische Zwänge: Wenn der Entwurf von den Werten technischer oder physikalischer Parameter abhängig ist, die außerhalb der Kontrolle durch den Entwickler liegen, können komplexere Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich werden;

- Programmwänge: Enge Planungs- und Finanzierungsgrenzen können die Entwurfsfreiheit für optimale Zuverlässigkeit einschränken. Zusätzliche Instandhaltungsmaßnahmen müssen dann eventuell in Betracht gezogen werden, um die Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen;
- Bedingungen für Instandhaltungsunterstützung: Die Instandhaltungsgrundsätze und die Qualifikation der beim Betreiber vorhandenen Mitarbeiter können den Wirkungsgrad der Maßnahmen beeinflussen;
- Betriebsbedingungen: Erschwerte Umweltbedingungen, Einsatzdauer und Betriebszyklen können für die Häufigkeit der Instandhaltungsmaßnahmen maßgeblich sein;
- Lagerhaltung und Transport: Instandhaltungsmaßnahmen können vor oder nach Lagerung, Bearbeitung und Transport erforderlich sein;
- Kundenbezogene Faktoren: Die kundenseitigen Instandhaltungserfahrungen und das Ausmaß, in welchem die Mitarbeiter des Kunden Instandhaltungsmaßnahmen durchführen werden. Die Bedeutung des Produktes für den Kunden;
- Lieferantenbezogene Faktoren: Die lieferantenseitige Instandhaltungserfahrung und das Ausmaß, in welchem der Lieferant Instandhaltungsunterstützung bereitstellen wird, werden den Ort der Instandhaltungsmaßnahmen und das Niveau der Instandhaltung, die durchgeführt werden kann, bestimmen;
- Gesetzliche Anforderungen: Gesetzliche Regelungen, die von einer Regierung oder anderen Körperschaften des öffentlichen Rechtes festgelegt werden, müssen beachtet und alle dadurch verfügbaren einschlägigen Instandhaltungsmaßnahmen in das Instandhaltungsprogramm aufgenommen werden;
- Umweltermissionen: Die Instandhaltung eines Produkts muss sicherstellen, dass die vom Kunden oder durch externe Verfügung vorgegebenen Emissionsgrenzwerte auch dann eingehalten werden, wenn die maschinelle Ausstattung diesbezüglich nachlässt;
- Lebenszyklusphase: Wenn ein Produkt kein volles Entwicklungsprogramm benötigt, müssen die entscheidenden Lebenszyklusphasen betrachtet werden, und zwar mit dem Grad einer notwendigen Instandhaltbarkeitsanalyse, die die Anforderungen erfüllt.

6.4 Anforderungen an ein Rahmenkonzept zur Instandhaltbarkeit

Die Instandhaltungsgrundsätze und Unterlagen zum Instandhaltungskonzept werden dann die Grundlage für die Erarbeitung einer Spezifikation für die Instandhaltbarkeit einer Einheit bilden. Die Spezifikation der Einheit, die Leistungsbeschreibung und das ergänzende Betriebskonzept-Dokument (en: operational concept document (OCD)) sollten, soweit anwendbar, die folgenden umfassenden Anforderungen an eine zu beschaffende Einheit erfassen, wie beispielsweise:

- das für das Produkt erforderliche Qualitätsmanagementsystem, unter dem die Instandhaltung durchgeführt wird (z. B. Luftfahrtstandards);
- vorgesehene Lebensdauer;
- Anforderungen an technische Instandhaltungshandbücher;
- Eignung des Produktes, hochgerüstet oder modifiziert zu werden;
- Entsorgungsmethode am Ende seiner Lebensdauer;
- Auswirkung, die ein Ausfall oder Produkt-Nichtverfügbarkeit voraussichtlich auf das operative Geschäft des Kunden oder Anwenders haben werden, einschließlich der wirtschaftlichen Konsequenzen;
- Kostenobergrenzen.

Der Auftraggeber sollte außerdem die Anforderungen an die Instandhaltbarkeit beschreiben, indem er Informationen zu den folgenden Punkten gibt:

- Definition der verschiedenen Instandhaltungsebenen;
- Ausführlichkeit der auf jeder Instandhaltungsebene vorgesehenen korrektiven Instandsetzung;
- Umgebungsbedingungen auf jeder Ebene;
- vorhandene oder geplante Ressourcen für jede Ebene;
- Grenzen der vorbeugenden Instandhaltung;
- maximal annehmbare Ausführungszeit;

- Schulung von Instandhaltungs- und Betriebspersonals, soweit es in Instandhaltungsmaßnahmen eingebunden werden soll; und
- relevante gesetzliche oder behördliche Auflagen einschließlich Arbeitsschutz und -sicherheit sowie Umweltbelastung.

6.5 Anforderungen an die Spezifizierung von Instandhaltbarkeit

Die Instandhaltbarkeitsanforderungen in einer funktionalen Spezifikation einer Einheit liefern die Basis für das Verstehen zwischen dem Kunden und dem Lieferanten und zwischen weiteren Gruppen von Mitarbeitern (bei Lieferanten und Kunden), die an der Entwicklung des Produktes und dessen Nutzung beteiligt sind. Das Versäumnis, solche Anforderungen in einer eindeutigen, vollständigen, verifizierbaren, konsistenten und nachvollziehbaren Art und Weise zu spezifizieren, wird das Erreichen festgelegter Leistungsfähigkeit, Kosten und damit verbundenen Risikomerkmale der beschafften Einheit gefährden.

Die Entwicklung einer Spezifikation sollte mit der Festlegung der Arten von Unzulänglichkeiten beginnen, die den erfolgreichen Einsatz des Produktes beeinträchtigen werden und sollte dann fortfahren, das Folgende mittels Analyse herzuleiten.

- Quantitative Maße der Instandhaltbarkeitsleistung: Die Spezifikation der Instandhaltbarkeit der Betrachtungseinheit, zusammen mit Anforderungen an Darlegung und Sicherung, ist Bestandteil dieser Aufgabe. Die Instandhaltbarkeit eines Systems oder Subsystems sollte in Begriffen festgelegt werden, die mit den im Folgenden aufgelisteten, aus Messergebnissen abgeleiteten Maßzahlen in Zusammenhang stehen. Diese Maßzahlen können statistische Merkmale wie arithmetischer Mittelwert, Median und maximale Zeit umfassen, um Klarheit über die Gestalt der Verteilungsform zu liefern.
- Quantitative Instandhaltbarkeitsanforderungen: Dazu gehört die Festlegung der Produktfunktionen, der Fehlzustandskriterien, der Umgebungs- und Betriebsbedingungen sowie des Brauchbarkeitszeitintervalls der Einheit, in dem die Anforderungen erfüllt werden müssen. Dies kann auch weitere detaillierte Anforderungen umfassen, wie Zugänglichkeit, Einsatz von speziellen Hilfsmitteln und Prüfeinrichtungen sowie den Bezug zu jeglicher existierenden Instandhaltungsunterstützung.
- Prüfbarkeit und diagnostische Anforderungen: Prüfbarkeit bezieht sich auf ein Merkmal der Instandhaltbarkeit, das es erlaubt, den Status einer Einheit zu bestimmen und Fehlzustände in der Einheit zu isolieren, und zwar auf zeitgerechte und effiziente Art und Weise. Dies umfasst Prüffunktionen und -verfahren, Prüfgenauigkeit auf jeder Ebene des Produktes, Anforderungen an geräte-interne Prüfverfahren (en: built in test (BIT)), usw. Die Auswirkung schlechter Prüfbarkeit auf das Prüfen in Produktion und Instandhaltung kann einen separaten Plan innerhalb des Projektplanungsprozesses rechtfertigen.

6.6 Quantitative Maße für Instandhaltbarkeit

Quantitative Anforderungen an Instandhaltbarkeit sind mit denjenigen Entwurfsmerkmalen verbunden, die vom Entwickler steuerbar sind. Sie werden bestimmt durch eine Analyse der Bedürfnisse und Randbedingungen von Beteiligten und Betroffenen und umfassen:

- erwartete Betriebszeit (oder Zyklen) pro Einheit Kalenderzeit;
- maximale Unklarzeit oder Instandhaltungszeit, oder geforderte Verfügbarkeit;
- Betriebsumgebung und Einsatzprofil;
- Qualifikationsart und -niveau des Instandhaltungspersonals;
- vorhandene Arten von Fehlerdiagnose und von anderem Gerät der Instandhaltungsunterstützung, das zur Unterstützung von Produkt und Kunden zur Verfügung steht;
- Fluktuationsrate der Mitarbeiter.

Die Spezifikation jeder Anforderung sollte die Lebenszyklusphasen genau benennen, in denen die Konformität verifiziert wird, ebenso wie die Hilfsmittel und Verfahren (analytische Verfahren, Simulationen, Prüfungen, usw.), mit deren Hilfe dies durchgeführt wird. Die Wechselbeziehungen zwischen den Anforderungen sollten klar beschrieben werden.

6.7 Instandhaltbarkeit in der Entwicklung

Instandhaltbarkeitsmerkmale sind eine inhärente Eigenschaft eines Entwurfs. Die Zielsetzungen von Instandhaltbarkeit sind, die Verfügbarkeitsanforderungen an betriebliche Einrichtungen und Systeme zu erfüllen und damit sicherzustellen, dass Mehrwert geschaffen wird. Falls Instandhaltbarkeit nicht erreicht wird, kann dies, nachdem das Gerät gefertigt und ausgeliefert worden ist, zu teuren Modifizierungen führen, verbunden mit viel höheren zukünftigen Kosten, dies zu korrigieren.

Das Instandhaltbarkeitsprogramm sollte auf ein spezifisches Produkt oder Projekt zugeschnitten werden, wobei die relevanten Bedingungen, Anforderungen und Komplexität angemessen zu berücksichtigen sind. Das in den folgenden Abschnitten beschriebene vollständige Instandhaltbarkeitsprogramm würde nur auf ein umfangreiches und komplexes Produkt angewandt, das von der Konzeptphase bis zur Herstellung entwickelt wird. Für weniger komplexe Produkte oder die Weiterentwicklung vorhandener Entwürfe kann ein einfacheres Programm gewählt werden, indem nur diejenigen Teile des Programms genutzt werden, die anwendbar sind und sich für den Grad der Komplexität und die Anforderungen des Kunden eignen.

Die Planung eines effektiven Instandhaltbarkeitsprogramms während jeder der Lebenszyklusphasen eines Produktes erfordert die Kenntnis von Instandhaltbarkeits-Grundsätzen, -Verfahren und -Techniken. Sie erfordert auch ein Verständnis des Produktes selbst und seiner Technik, seines vorgesehenen Einsatzes, seiner verschiedenen zugehörigen Kostenfaktoren, seiner Gestaltung und der Erwartungen des Kunden.

Um effektive Ergebnisse zu erhalten, sollten Instandhaltbarkeitsaktivitäten mit den anderen Entwurfs- und Entwicklungsarbeiten zusammengefasst und nicht getrennt durchgeführt werden. Bei der Entwicklung eines Instandhaltbarkeitsprogramms sollten die folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

- **Entwicklungsbewertungen:** Entwicklungsbewertungen überwachen und lenken Risiko, stellen sicher, dass ein ausgewogener Entwurf entsteht, bewerten den Fortschritt, während sie zugleich zukünftige Probleme vorwegnehmen und vermeiden. Solche Bewertungen sind ein wichtiger Bestandteil des Projektplanungsprozesses.
- **Modellbildung:** Instandhaltbarkeits-Modelle sind notwendig für numerische Aufteilungen und Schätzwerte, um die Instandhaltbarkeit einer Einheit zu beurteilen, wenn die System-/Gerätekomplexität oder -bedeutung solch ein Modell rechtfertigt. Die Komplexität des Modells wird notwendigerweise entsprechend der Komplexität der zu beschaffenden Einheit variieren. Das Modell sollte mit Informationen, die sich aus Entwurfsänderungen ergeben, aktualisiert werden, ebenso wie bei Änderungen in der Konfiguration der Einheit (funktional oder technisch).
- **Aufteilung:** Sobald quantitative Anforderungen an das System festgelegt worden sind, werden sie auf niedrigere Ebenen aufgeteilt oder umgelegt. Diese Aufteilung stellt ein ausgewogenes Ziel für jede zu entwickelnde Einheit sicher und liefert Entwurfs-/Beschaffungsziele.
- **Vorhersage:** Ein Schätzwert für die Instandhaltbarkeit des Systems/Subsystems/Geräts wird benötigt, um festzustellen, ob die zugeordneten Instandhaltbarkeiten mit dem vorgeschlagenen Entwurf im Rahmen der an die Unterstützung festgelegten Anforderungen erreicht werden können. Vorhersagetechniken sollten anerkannten Standards entnommen und in die Anforderungen in der Spezifikation übernommen werden.
- **Verifizierung:** Die Einhaltung der spezifizierten Anforderungen an die Instandhaltbarkeit kann mittels eines Verifizierungsprozesses dargelegt werden, der das Instandhaltbarkeits-Modell des Vertragspartners verifiziert und fortschreibt sowie wirtschaftliche Korrekturen von Entwurfsschwächen durchführt um sicherzustellen, dass Anforderungen an die Instandhaltbarkeit erreicht und dargelegt werden, und um zunehmende Sicherheit zu geben, dass der integrierte, direkt auf Instandhaltbarkeit zielende Unterstützungsplan fundiert ist.

Bild 4 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsprozess und den auf Instandhaltbarkeit bezogenen Entwicklungstätigkeiten.

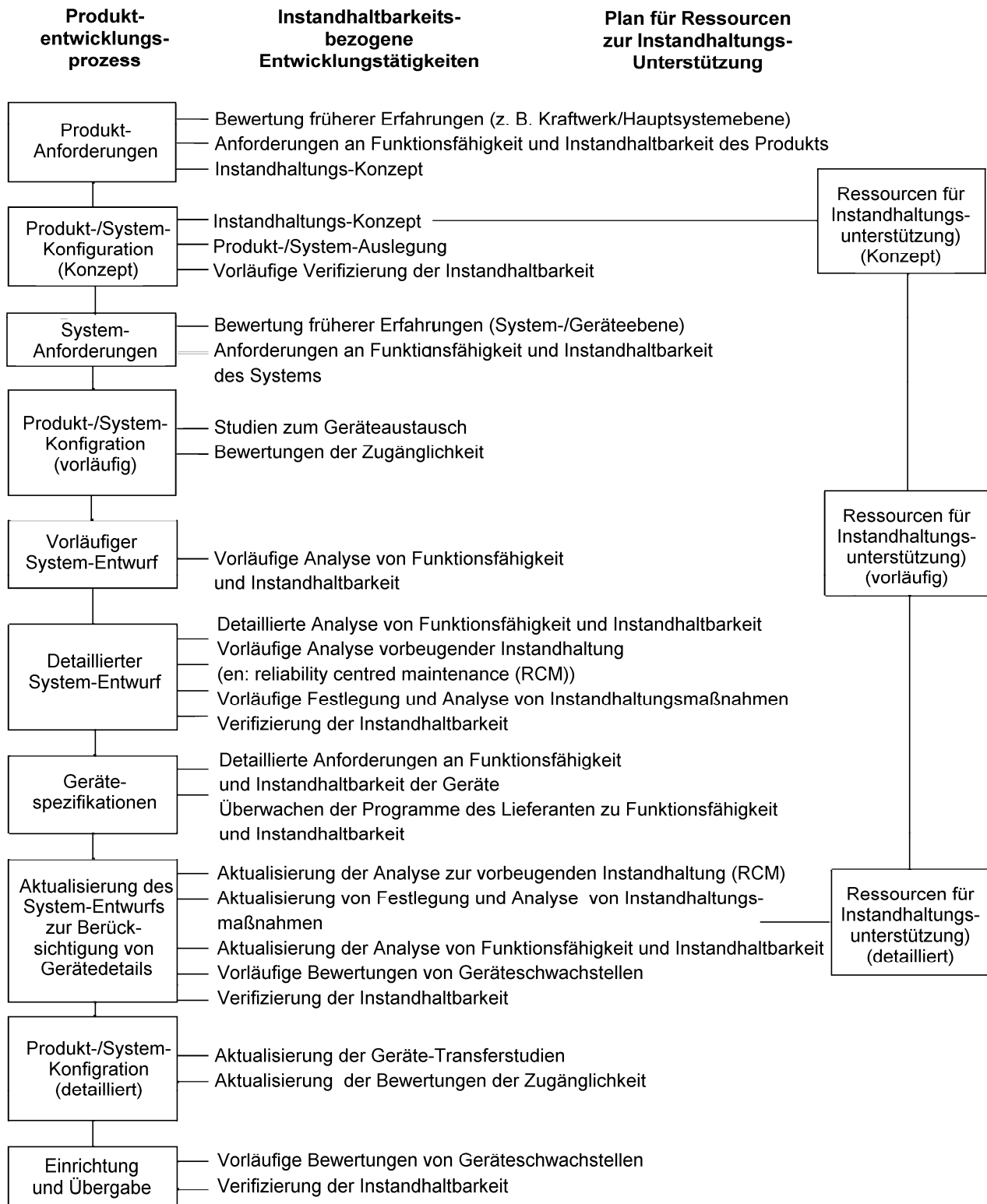


Bild 4 – Entwicklungsprozess und instandhaltbarkeitsbezogene Entwicklungstätigkeiten

6.8 Analyse der Instandhaltbarkeit

Analysen der Instandhaltbarkeit haben fünf Haupt-Ziele:

- Festlegen von Entwurfskriterien, die die notwendigen Instandhaltbarkeitsfähigkeiten bereit stellen;
- Unterstützung der Bewertung von Entwurfsalternativen und Vergleichsstudien;

- Beiträge liefern für den Prozess der Identifizierung und Quantifizierung von Anforderungen an die Unterstützung (Ersatzteile, Schulung, maschinelle Ausstattung für die Unterstützung, usw.);
- Bewerten der Wirksamkeit des Konzepts für die Unterstützung und der Grundsätze der Instandhaltung, um notwendige Änderungen an Konzept und Grundsätzen zu erkennen;
- Verifizieren, dass der Entwurf im Einklang steht mit den Anforderungen an den Instandhaltbarkeitsentwurf.

Um diese Ziele zu erreichen, können typische Ergebnisse des Analyse-Prozesses umfassen:

- Instandhaltbarkeits-Modelle;
- mittlere und maximale Reparaturdauer (auf verschiedenen Instandhaltungs-Ebenen und auf Plattform- und Anlagenebene);
- Beiträge zur Ebene der Reparatur-Analyse;
- Instandhaltungszeit oder Arbeitsstunden pro Aufgabe oder Betriebsstunde;
- Beiträge zu Anforderungen bzgl. des Instandhaltungspersonals (z. B. benötigte Anzahl, vorhandene oder besondere Fähigkeiten, usw.);
- Beiträge zu Anforderungen an Ersatzteile;
- Beiträge zu Anforderungen an die maschinelle Ausstattung für die Unterstützung;
- Fehlalarmraten, Verfahren zur Entdeckung von Fehlzuständen, und die Wirksamkeit von geräte-internen Prüfverfahren (en: built in test (BIT)).

Die verschiedenen Arten von Analysen der Instandhaltbarkeit umfassen, sind aber nicht auf die Folgenden beschränkt (eine kurze Beschreibung jeder dieser Analysen schließt sich an):

- Analyse der Geräte-Unklarzeit: Schätzt die erwartete Zeit ab, in der ein Teil eines Geräts nicht verfügbar ist. Sie ergibt sich als Summe der verstrichenen Instandhaltungszeit, der Zeit, in der auf Teile, und der Zeit, in der auf Instandhaltung gewartet wird. Sie ist ein wesentliches Maß, das den durch Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit, Unterstützbarkeit und Betrieb gegebenen Kontext berücksichtigt.
- Bewertung des Entwurfs der Instandhaltbarkeit: Analysiert die Auswirkungen der Instandhaltung eines vorgeschlagenen oder entstehenden Entwurfs und gibt frühzeitig Kommentar an den Entwickler. Ein wichtiges Ziel dieser Bewertung ist sicherzustellen, dass Instandhaltbarkeit in das Produkt hinein entwickelt wird, und zwar ab Beginn eines neuen Entwurfs oder einer Modifikation.
- FMEA: Beim Entwurf in Richtung Instandhaltbarkeit liefern die Ergebnisse eine Hauptquelle möglichen Versagens. Die Verwendung von FMEA-Daten stellt sicher, dass die Besonderheiten des Instandhaltbarkeitsentwurfs mögliche Ausfallarten und ihre Auswirkungen auf Subsysteme, Gerät und Betrieb des Produkts berücksichtigen.
- Analyse der Prüfbarkeit: Fehlzustandserkennung ist eng verbunden mit FMEA und soll solche Fehlzustände identifizieren, die zu einem erkennbaren Ausfall führen würden und außerdem dabei helfen, die Wirksamkeit des vorgeschlagenen Prüfens (mittels BIT (internes Prüfverfahren (en: built in test)) und BITE (interne Prüfeinrichtung (en: built in test equipment))) hinsichtlich der Isolierung erkannter Ausfälle zu beurteilen.
- Analyse des menschlichen Faktors: Wird durchgeführt, um Probleme zu erkennen, die sich aus dem Zusammenspiel von Instandhaltungspersonal und der Entwurfslösung bei Durchführung jeglicher Instandhaltungsaufgaben ergeben können. Die Analyse verifiziert, dass jede Instandhaltungsaufgabe mit ihren zugehörigen Hilfsmitteln und Tätigkeiten von Menschen durchgeführt werden kann. Sie ist oft mehr qualitativ als quantitativ.

6.9 Datensammlung und -analyse

Das Vertrauen in das Programm zur Instandhaltbarkeit und in die von ihm vorgeschlagenen Lösungen, die geforderte Verfügbarkeit und die Langzeit-Betriebskosten zu erreichen, hängt ab von der Verlässlichkeit der Daten und ihrer konsequenten Analyse.

Quellen für instandhaltbarkeitbezogene Daten umfassen Entwurfsanalysen ebenso wie Daten, die bei Instandhaltungsmaßnahmen gewonnen werden, sowohl während Entwicklung als auch Nutzungsdauer eines Produkts. Beim Entwurf werden Daten zur Instandhaltbarkeitsvorhersage benötigt, zur Entwicklung von