

DIN EN 60706-2



ICS 03.100.40; 29.020

Ersatz für
DIN IEC 60706-2:2001-04
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Instandhaltbarkeit von Geräten –
Teil 2: Instandhaltbarkeitsanforderungen und Studien in der
Entwicklungsphase (IEC 60706-2:2006);
Deutsche Fassung EN 60706-2:2006**

Maintainability of equipment –

Part 2: Maintainability requirements and studies during the design and development phase
(IEC 60706-2:2006);

German version EN 60706-2:2006

Maintenabilité de matériel –

Partie 2: Exigences et études de maintenabilité pendant la phase de conception et de
développement (CEI 60706-2:2006);

Version allemande EN 60706-2:2006

Gesamtumfang 52 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2006-05-01 angenommene EN 60706-2 gilt als DIN-Norm ab 2006-12-01.

Daneben darf DIN IEC 60706-2:2001-04 noch bis 2009-05-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60706-2:2003-07.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 132 „Zuverlässigkeit“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60706-2:2001-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Behandlung von Instandhaltbarkeitstätigkeiten in verschiedenen Stadien des Lebenszyklus;
- b) Behandlung von Instandhaltbarkeitsanforderungen für ein Instandhaltbarkeitsprogramm;
- c) Zusammenstellungen für Entwicklungskriterien, Prüflisten und Entwicklungsbewertungen.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60706-2: 2001-04

Instandhaltbarkeit von Geräten –
Teil 2: Instandhaltbarkeitsanforderungen und Studien in der Entwicklungsphase
(IEC 60706-2:2006)

Maintainability of equipment –
Part 2: Maintainability requirements and studies
during the design and development phase
(IEC 60706-2:2006)

Maintenabilité de matériel –
Partie 2: Exigences et études de maintenabilité
pendant la phase de conception et de
développement
(CEI 60706-2:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-05-01 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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

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

Ref. Nr. EN 60706-2:2006 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/1090/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60706-2, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-05-01 als EN 60706-2 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2007-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-05-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60706-2:2006 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

- IEC 60300-1 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 60300-1:2003 (nicht modifiziert).
- IEC 60300-2 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 60300-2:2004 (nicht modifiziert).
- IEC 60300-3 ANMERKUNG Harmonisiert in der Reihe EN 60300-3 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
3.1 Allgemeines	8
3.2 Abkürzungen	8
4 Allgemeine Vorgehensweise	9
5 Grundlagen der Instandhaltbarkeit	10
6 Instandhaltbarkeitstätigkeiten im Lebenszyklus	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Konzept- und Definitionsphase	10
6.3 Entwicklungsphase	11
6.4 Fertigungs- und Installationsphase	12
6.5 Betriebs- und Instandhaltungsphasen	12
6.6 Entsorgungsphase	12
7 Festlegung von Instandhaltbarkeitsanforderungen	12
7.1 Angabe der Instandhaltbarkeitsanforderungen	12
7.2 Instandhaltbarkeitsmerkmale	13
7.3 Randbedingungen	16
7.4 Anforderungen an ein Instandhaltbarkeitsprogramm	16
7.5 Verifizierung	17
8 Instandhaltbarkeitsstudien in der Entwicklungsphase	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Ziele	17
8.3 Instandhaltbarkeitsstudien während der Entwicklung	18
8.4 Analyseverfahren und Werkzeuge	22
9 Entwicklungsunterstützung	29
9.1 Zuarbeit	29
9.2 Entwicklungskriterien und Prüflisten	29
9.3 Entwicklungsbewertungen	30
Anhang A (informativ) Instandhaltbarkeitsaufteilung	32
A.1 Einführung in die Instandhaltbarkeitsaufteilung	32
A.2 Begriffe und Abkürzungen	32
A.2.1 Begriffe	32
A.2.2 Abkürzungen	33
A.3 Voraussetzungen und Verfahren der Instandhaltbarkeitsaufteilung	33
A.3.1 Voraussetzungen	33

	Seite
A.3.2 Verfahren	33
A.4 Verfahren zur Aufteilung der Instandhaltbarkeit	33
A.4.1 Schritt 1	33
A.4.2 Schritt 2	34
A.4.3 Schritt 3	34
A.4.4 Schritt 4	34
A.4.5 Schritt 5	34
A.4.6 Schritt 6	34
A.5 Beispiel	35
Anhang B (informativ) Beispiel für eine Instandhaltbarkeitsaufteilung	39
B.1 Grundlegende Aufgabe der Instandhaltbarkeitsaufteilung	39
B.2 Zahlenbeispiel	40
Anhang C (informativ) Beispiel für die Aufteilung der Zuverlässigkeitswerte und Wahl der Instandhaltungsstrategie für ein System mit nicht konstanten Ausfallraten	42
C.1 Allgemeines	42
C.2 Systembeschreibung	42
C.2.1 Liste der Formelzeichen und geschätzter Kosten	42
C.2.2 Elektronikmodul	43
C.2.3 Motor	44
C.2.4 Motor von Lieferant A	44
C.2.5 Motor von Lieferant B	44
C.2.6 Wahl des Motorlieferanten und des Instandhaltungsprogramms	45
C.3 Getriebe und Kupplung	45
C.3.1 Getriebe und Kupplung – keine Wartung	45
C.3.2 Getriebe und Kupplung – Wartung bei B5	46
C.3.3 Getriebe und Kupplung – Wartung bei B1	46
C.3.4 Wahl eines Instandhaltungsprogramms für Getriebe und Kupplung	46
C.4 Schlussfolgerung	47
Literaturhinweise	49
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	50
Bilder	
Bild 1 – Instandhaltbarkeitsstudien in der Entwicklungsphase	20
Bild 2 – Instandhaltbarkeits-Blockdiagramm auf Hardwareebene	24
Bild 3 – Grundschrte der Instandhaltbarkeitsvorhersage	26
Bild A.1 – $\frac{ACMT_{50}}{MACMT} = f \left\{ \frac{ACMT_{95}}{MACMT} \right\}$	37
Bild A.2 – Instandhaltbarkeitsaufteilung in der Ebene der Untereinheiten	38
Bild B.1 – Funktionsebenenendiagramm	40
Bild C.1 – Weibull-Diagramm der Systemkomponenten	48

Tabellen

Tabelle 1 – Beispiele quantitativer Instandhaltbarkeitsanforderungen	14
Tabelle 2 – Detaillierung der Aufgaben von Instandhaltbarkeitsstudien	21
Tabelle A.1 – Instandhaltbarkeitsaufteilung in der Ebene der Untereinheiten	36
Tabelle B.1 – Aufteilungstabelle	41
Tabelle C.1 – Kostenvergleich	47

Einleitung

Instandhaltbarkeit ist ein Merkmal, das beschreibt, wie eine Einheit während ihrer Verwendungsdauer auf möglichst einfache Weise in Stand gehalten und unterstützt werden kann. Instandhaltbarkeit muss während der Entwicklungsphase in eine Einheit hineinentwickelt werden; somit ist es wichtig, dass Instandhaltbarkeitsanforderungen als Teil der Ausgangsspezifikation aufgestellt werden.

Die internationale Normenreihe IEC 60706 leitet Entwickler dazu an, wie ein hohes Maß an Instandhaltbarkeit am besten in ein Produkt hineinentwickelt werden sollte, damit die Instandhaltungskosten auf ein annehmbares Maß beschränkt werden. Weiterhin ist es wichtig, dass die für einen sicheren Betriebszustand des Produktes notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden können und es mit seiner geforderten Leistung betrieben werden kann.

Diese Internationale Norm führt in die Konzeption der Instandhaltbarkeit ein, sie leitet dazu an, wie Instandhaltbarkeit in Spezifikationen und Verträge aufgenommen werden kann und wie Instandhaltbarkeit als Teil des Entwicklungsprozesses behandelt werden sollte. Sie ist wie nachfolgend beschrieben Teil einer hierarchisch aufgebauten Normenreihe zur Zuverlässigkeit.

IEC 60300-1 und IEC 60300-2 sind IEC-Normen der obersten Ebene, in ihnen wird dazu angeleitet, wie man Zuverlässigkeit in herzustellende Produkte hineinentwickelt. Die oberste Norm zur Instandhaltbarkeit ist IEC 60300-3-10, in ihr wird zur Realisierung der Instandhaltbarkeit angeleitet, sie ist Teil der Normenreihe IEC 60300-3. Sie kann dazu verwendet werden, ein Instandhaltbarkeitsprogramm umzusetzen, welches die Anfangsphase, die Entwicklungsphase und die Verwendungsphase von Produkten abdeckt; diese Aufgaben sind Teil der in IEC 60300-2 beschriebenen Aufgaben. Des Weiteren leitet vorliegende Norm dazu an, wie bei den einzelnen Aufgaben die Gesichtspunkte der Instandhaltung so behandelt werden sollten, dass eine optimale Instandhaltbarkeit erzielt werden kann.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der Internationalen Norm IEC 60706 werden mögliche Anforderungen an die Instandhaltbarkeit und dabei zu beachtende Entwicklungstätigkeiten und Einsatzbedingungen untersucht sowie einige Tätigkeiten vorgestellt, die zum Erzielen der geforderten Instandhaltbarkeitsmerkmale nötig sind, und es werden Hinweise zur diesbezüglichen Planung der Instandhaltung gegeben. Es wird eine allgemeine Vorgehensweise beschrieben, wie diese Zielsetzungen erreicht werden können und wie Instandhaltbarkeitsmerkmale in einer schriftlichen Anforderung oder einem Vertrag festgelegt werden sollten.

Diese Norm soll kein vollständiger Leitfaden sein, wie Instandhaltbarkeit spezifiziert oder in Verträgen festgelegt wird. Falls Instandhaltbarkeitsmerkmale als Anforderungen an die Entwicklung oder an die Beschaffung von Einheiten vorgegeben sind, soll diese Norm zu den dann notwendigen Überlegungen anleiten.

In dieser Norm werden Instandhaltbarkeitsstudien beschrieben, die in den frühen Entwurfsphasen und während der detaillierten Entwicklung durchgeführt werden; deren Verknüpfung mit anderen, in zugehörigen Normen beschriebenen Aufgaben zur Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsunterstützung wird dargestellt. Im Rahmen von Entwicklungsbewertungen zu beachtende Fragen der Instandhaltbarkeit werden ebenfalls behandelt.

Mit dieser Norm soll Käufern von Geräten und Ausrüstungen dabei geholfen werden, ihre Zielsetzungen und die zugehörigen Programme zur Instandhaltbarkeit festzulegen.

2 Normative Verweisungen

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

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

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

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

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

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 60300-3-14, *Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support*.

IEC 60706-3, *Guide on maintainability of equipment – Part 3: Sections Six and Seven – Verification and collection, analysis and presentation of data*¹.

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)*.

¹ Eine zweite Ausgabe wird in Kürze mit dem überarbeiteten Titel „*Maintainability of equipment – Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data*“ veröffentlicht werden.

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

IEC 61160, *Design review*.

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

3 Begriffe und Abkürzungen

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

3.1 Begriffe

3.1.1

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 IEC 191-13-01).

[IEV 191-02-07:1990]

3.1.2

Instandhaltbarkeitsmaß

Wahrscheinlichkeit, dass unter festgelegten Bedingungen und bei Anwendung festgelegter Verfahren und Mittel eine geforderte aktive Instandhaltungsmaßnahme an einer unter gegebenen Anwendungsbedingungen genutzten Einheit innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls ausgeführt werden kann

ANMERKUNG Im Englischen wird „maintainability“ auch verwendet, um die Eignung zur Instandhaltung zu bezeichnen, die mit dieser Wahrscheinlichkeit quantifiziert wird (siehe IEC 191-02-07:1990).

[IEV 191-13-01:1990]

3.1.3

Instandhaltung

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

[IEV 191-07-01:1990]

3.1.4

Instandsetzungskonzeption

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

3.1.5

Instandhaltungsstrategie

allgemeiner Ansatz für die Vorsorge zur Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung auf der Basis der Ziele und Strategien von Eignern, Anwendern und Kunden

3.2 Abkürzungen

BITE interne Prüfeinrichtung (en: built-in test equipment)

FMEA	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse ^{N1}
FTA	Fehlzustandsbaumanalyse (en: fault tree analysis) ^{N2}
ILS	integrierte logistische Unterstützung (en: integrated logistic support)
LCC	Lebenszykluskosten (en: life cycle cost)
LRU	auswechselbare Hardware-Einheit (en: line replaceable unit)
LSA	logistische Unterstützungsanalyse (en: logistic support analysis)
MART	mittlere aktive Instandsetzungsdauer (en: mean active repair time)
MTTR	mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (en: mean time to repair)
RCM	auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (en: reliability centred maintenance)
SSI	Software-signifikante Einheit (en: software significant item)

4 Allgemeine Vorgehensweise

Bei der Verwendung einer Einheit stellen die Mittel, die insgesamt aufgewendet werden müssen, um die Einheit in einem zufriedenstellenden Zustand zu halten oder sie dorthin wieder zurückzubringen, ein wichtiges Kostenelement dar. Dieser gesamte Aufwand hängt von der Anzahl dieser Aufgaben, deren Komplexität und Dauer ab.

Bei der Entwicklung einer Einheit müssen drei Dinge sichergestellt werden, nämlich,

- a) dass die von ihr geforderte Leistung erbracht wird,
- b) dass sie zuverlässig funktioniert und
- c) dass sie dabei instand haltbar ist.

Das zweite und das dritte dieser Merkmale wirken sich direkt auf den aufzubringenden Instandhaltungsaufwand aus. Dies folgt daraus, dass sich aus der erreichten Zuverlässigkeit (Funktionsfähigkeit) die Häufigkeit ungeplanter Instandhaltungsmaßnahmen ergibt und die Instandhaltbarkeit den für die Instandhaltung aufzubringenden Aufwand widerspiegelt.

Während der Entwicklung einer Einheit durchgeführte Tätigkeiten, die darauf abzielen, die Ausfallrate und die Wirkbreite und Wirtiefe von Ausfällen günstig zu beeinflussen, bedürfen in erster Linie Verfahren zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit. Dagegen bedürfen Tätigkeiten zur Beeinflussung der vorbeugenden und korrektiven Instandhaltung sowie der Dauer, den Kosten und der Unterstützung von Instandhaltungsaufgaben in erster Linie Verfahren zur Sicherstellung der Instandhaltbarkeit.

Eine leicht instand zu haltende Einheit, die von einer kompetenten und effizienten Instandhaltungsorganisation betreut wird, hat eine größere Verfügbarkeit und verursacht geringere Lebenszykluskosten als eine Einheit ohne diese Merkmale. Die für das Erzielen einer guten Instandhaltbarkeit und die Bereitstellung einer effizienten Unterstützungsorganisation erforderlichen Anstrengungen hängen von der Art des Produktes und seiner Verwendung ab und richten sich nach betrieblichen, wirtschaftlichen und Sicherheitsgesichtspunkten.

In der Entwicklungsphase müssen Verschleißteile ermittelt und deren Lebensdauer bestimmt werden; hierzu kann beispielsweise die Weibull-Analyse (IEC 61649) verwendet werden. Die Abwägung zwischen längerlebigen Teilen einerseits und den Kosten für vorbeugende und korrektive Instandhaltung andererseits

^{N1} In DIN 25448 Ausfalleffektanalyse genannt.

^{N2} Auch Störungsbaumanalyse genannt.

sollte dokumentiert werden. Auf diese Weise kann ein System minimaler Instandhaltungsaufwendungen entwickelt werden.

5 Grundlagen der Instandhaltbarkeit

In dieser Norm werden die Instandhaltbarkeit und die zugehörigen Entwicklungsaufgaben und Anwendungsbedingungen sowie einige der zum Erzielen der geforderten Instandhaltbarkeitsmerkmale notwendigen Tätigkeiten und deren Beziehung zur Instandhaltungsplanung untersucht.

Die Instandhaltbarkeit wirkt sich erheblich auf die Kosten für die Unterstützung eines Geräts und dessen Verfügbarkeit aus. Sie betrifft solche Entwicklungs-, Fertigungs- und Installationsmerkmale, die eine Auswirkung darauf haben, wie eine Einheit festgelegte Anforderungen an ihre Verwendung und ihre Instandhaltung erfüllen kann. Die Erfüllung dieser Vorgaben wird üblicherweise in qualitativen und quantitativen Begriffen gemessen.

ANMERKUNG Die in dieser Norm beschriebenen Konzeptionen können sowohl auf kleine Produkte oder auch auf ein Großprojekt angewendet werden. Daher wird der Begriff „Einheit“ (oder Betrachtungseinheit), wie er in IEC 60050(191):191-01-01:1990 definiert ist, zur Bezeichnung beispielsweise eines Teils, einer Baugruppe, eines Subsystems, einer Funktionseinheit, eines Gerät oder eines Systems verwendet, das jeweils für sich einzeln beschrieben oder betrachtet werden kann.

Die Instandhaltbarkeitsmerkmale hängen ab von:

- a) der Fähigkeit einer Einheit, in Betrieb gehalten zu werden oder wieder in Betrieb genommen zu werden (vorbehaltlich der Bereitstellung von Diagnosemitteln sowie der Zugänglichkeit zu Teilen usw.), unter Berücksichtigung aller Betriebsbedingungen. Die Instandhaltbarkeit einer Einheit hängt von diesen Umständen ab, vorbehaltlich der nachstehend in b) aufgeführten Randbedingungen;
- b) der tatsächlichen Instandhaltungsbereitschaft (Personal, Ausbildung, Ersatzteilleger, Vorrichtungen, Handbücher usw.). Die Effizienz der Instandhaltungsbereitschaft beherrscht die Gesamtdauer einer Reparatur.

6 Instandhaltbarkeitstätigkeiten im Lebenszyklus

6.1 Allgemeines

Diese Norm befasst sich im Wesentlichen mit den in der Entwicklungsphase notwendigen Instandhaltbarkeitstätigkeiten. Darüber hinaus gibt es jedoch weitere Tätigkeiten in anderen Phasen eines Lebenszyklus einer Einheit, die in Zusammenhang mit Instandhaltbarkeit und Instandhaltung stehen; deren Festlegung und Erfüllung helfen dabei, die geforderte Verfügbarkeit zu erreichen sowie ein wirtschaftliches System sicherzustellen. Diese Ziele sind nachfolgend beschrieben.

6.2 Konzept- und Definitionsphase

6.2.1 Allgemeines

Die Betriebs- und Instandhaltungsbedingungen der Einheit sind Randbedingungen für die Konzeption der Instandhaltung; diese Bedingungen müssen bei der Machbarkeitsstudie und der Vorhersage der Lebenszykluskosten berücksichtigt werden. Die wichtigsten Randbedingungen und die daraus folgenden Einschränkungen stammen aus zwei Bereichen, nämlich Betreiben und Ressourcen; deren wichtigste Bestandteile sind in 6.2.2 und 6.2.3 beschrieben.

6.2.2 Betriebsbedingungen

Während der Konzeptionsphase müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- betriebliche Anforderungen und Leistung;
- Kundenanforderungen;

- Umweltbedingungen, die sich auf Betrieb und Instandhaltung auswirken;
- Vorkehrungen zum Erkennen einer notwendigen Instandsetzung, insbesondere Ausfallerkennung und Ermitteln der Ausfallursachen (Prüfbarkeit ist in IEC 60706-5 näher beschrieben);
- aus Sicht der Instandhaltung eingeschränkter Zugang;
- menschliche Einflussfaktoren;
- aus Instandhaltungsgesichtspunkten aufzuteilende Geräte, Software und hybride Einheiten; diese Aufteilung ergibt sich aus dem Ort, der Reparaturtiefe und dem Ausbildungsgrad des Instandhaltungspersonals.

6.2.3 Ressourcen

In dieser Phase werden Ressourcen und Mittel nicht im Einzelnen betrachtet, da zunächst eine Bewertung der möglichen Verwendung vorhandener Unterstützungsmittel gemacht werden muss. Jedoch müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- vorhandene oder erforderliche Organisation, Örtlichkeit, Personal und Schulung;
- bereits zugesicherte Mittel;
- Flexibilität bei der Beschaffung neuer Mittel.

In IEC 60300-3-12 und IEC 60300-3-14 sind weitere Einzelheiten zur Bereitstellung von Mitteln für die Instandhaltungsunterstützung genannt.

6.2.4 Festlegen der Anforderungen an die Instandhaltbarkeit

In die Vorgaben zur Instandhaltbarkeit sollten Anforderungen an den Betrieb, die Funktionsfähigkeit und Sicherheit sowie Kostenbeschränkungen mit aufgenommen werden. Dies sollte in quantitative und qualitative Angaben in der Instandhaltbarkeitsspezifikation münden, in der die Instandhaltungskonzeption sowie weitere Anforderungen an die Einheit behandelt werden. Anleitungen zur Formulierung von Vorgaben zur Instandhaltbarkeit in Spezifikationen und Verträgen werden in Abschnitt 7 gegeben. In dieser Phase sollte auch der Verifizierung der Anforderungen, wie in IEC 60706-3 erklärt, Beachtung geschenkt werden.

6.3 Entwicklungsphase

6.3.1 Instandhaltbarkeitsanforderungen erfüllen

Ein wirkungsvolles Mittel zur Erfüllung der Instandhaltbarkeitsanforderungen ist die Durchführung eines Instandhaltbarkeitsprogramms, welches als ein logischer Bestandteil des ganzen technischen Programms zu gestalten ist. Eine Anleitung für ein umfassendes Instandhaltbarkeitsprogramm ist in IEC 60300-3-10 enthalten.

6.3.2 Planungsdaten für die Instandhaltungsunterstützung bereitstellen

Die Planung der Instandhaltungsunterstützung muss parallel zur Entwicklung einer Einheit laufen, damit sichergestellt wird, dass die Instandhaltungsunterstützung verfügbar sein wird, wenn die Einheit in Betrieb genommen wird. Die in einen Instandhaltungsunterstützungsplan aufzunehmenden Hauptelemente sind:

- Verfahren zur Instandhaltung der Einheit (einschließlich einer großen Überholung oder einer Aktualisierung der Software);
- Erstausrüstung mit Ersatzteilen, Einrichtungen, Prüfgeräten und Werkzeugen;
- Schulung und Verfügbarkeit des Instandhaltungspersonals;
- technische Handbücher usw.;
- Prüfbarkeit;
- System zum Erfassen von Daten zur Instandhaltung.

Der Plan sollte mit der Instandhaltungskonzeption in Einklang stehen und muss regelmäßig aktualisiert werden.

Ein System zur Aufzeichnung der analysierten Daten und ihrer Rückmeldung sollte ebenfalls eingerichtet werden. Hierfür empfohlene Verfahren sind in IEC 60706-3 enthalten.

6.4 Fertigungs- und Installationsphase

Nach der Entwicklung und vor der Betriebsaufnahme einer Einheit ist eine wichtige Instandhaltbarkeits-tätigkeit die Verifizierung, dass die in die Einheit hineinentwickelte inhärente Instandhaltbarkeit auch erreicht wurde. Dies ist eine progressive Tätigkeit, deren Umfang von der Art und der Komplexität der Einheit abhängt. Zu dieser Tätigkeit gehören Reparatur und Instandhaltung sowie Prüfungsaufgaben, die zunächst an Prototypengeräten und danach an Vorserieneinheiten durchgeführt werden, alle mit dem Ziel, sicherzustellen, dass die Instandhaltbarkeitsziele erreicht wurden. Weitergehende Anleitung zur Verifizierung und Erfassung von Daten zur Instandhaltung sind in IEC 60706-3 enthalten.

6.5 Betriebs- und Instandhaltungsphasen

Nach der Installation bzw. der Inbetriebnahme wird vorbeugende und korrektive Instandhaltung wie gefordert durchgeführt. Hierbei wichtige parallele Instandhaltbarkeitstätigkeiten sind die Erfassung, Analyse und Rückmeldung von Instandhaltungsdaten. Mit diesen Daten wird Folgendes ermöglicht:

- Die Effizienz der Instandhaltungstätigkeiten kann bewertet werden;
- Konstruktionsverbesserungen, die zu einer Modifizierung der Einheit führen können;
- Entscheidungen zur Wirksamkeit und Fortdauer der Instandhaltung und über eine mögliche Erneuerung der Einheit, einschließlich von Einheiten mit vorgegebener Lebensdauer.

6.6 Entsorgungsphase

Die Entscheidung, ein Produkt außer Dienst zu stellen und zu entsorgen, ergibt sich teilweise daraus, ob es weiterhin zufriedenstellend funktionieren kann, und hängt von seiner Zuverlässigkeit und seinen Betriebskosten ab. Diese Faktoren wiederum hängen von der anhaltenden Versorgung mit Ersatzteilen, der Unterstützung und der Verfügbarkeit gleichwertiger Ersatzgeräte ab.

Eine für die Umwelt sichere Entsorgung einer Einheit gewinnt zunehmend an Bedeutung und ist möglicherweise behördlich geregelt.

7 Festlegung von Instandhaltbarkeitsanforderungen

7.1 Angabe der Instandhaltbarkeitsanforderungen

Instandhaltbarkeit sollte so spezifiziert werden, dass Entwickler ein klares Verständnis bekommen, welche Instandhaltung benötigt wird, und es sollte angegeben werden, wie die Einheit unterstützt werden soll. Letzteres kann auch vertraglich geregelt werden. Allerdings werden nicht alle Instandhaltbarkeitsanforderungen in einen Vertrag aufgenommen werden, beispielsweise dann nicht, wenn ein neues Produkt im Hause entwickelt wird oder wenn Instandhaltbarkeitsvorgaben oder Ziele auf Unternehmensgrundsätzen oder erwarteter Einsatzumgebung beruhen. Auf jeden Fall ist es unabdingbar, dass die Anforderungen klar spezifiziert sind und verifiziert werden können.

ANMERKUNG In dieser Norm wird der Begriff „Anforderung“ (en: requirement) vom Schreiber einer Spezifikation dazu benutzt, sein beabsichtigtes Ziel vorzugeben; ob dieses Ziel später zu einer einklagbaren Forderung erhoben wird, wird dann von der jeweiligen vertraglichen Gegebenheit abhängen.

Die Instandhaltbarkeitsanforderungen in einer Spezifikation können sowohl quantitativer oder qualitativer Art oder beides sein. Die Verfahren, mit denen die Erfüllung der Anforderungen verifiziert werden können, sollten angegeben werden, auch sollte das Vorhandensein von einschränkenden Randbedingungen angegeben werden, die die Instandhaltbarkeitsmerkmale der Einheit beeinflussen könnten.

Zwischen Anforderungen, Spezifikation und Vertrag besteht wie folgt eine progressive Beziehung:

- Die Anforderung ist die erstmalige Angabe von Leistungsmerkmalen seitens eines Kunden, zu der ein möglicher Lieferant ein Angebot abgeben kann. Sie kann auch von der Organisation selbst als ein Ergebnis von Marktforschungen für ein zukünftiges Produkt herausgegeben werden;
- in der Spezifikation werden Leistungsmerkmale für die Einheit vorgeschlagen, mit denen auf die erwarteten Anforderungen reagiert wird;
- falls die Spezifikation für die vorgeschlagene Einheit akzeptiert wird, können die vereinbarten Leistungsmerkmale in einen Vertrag geschrieben werden und werden dann zu der vereinbarten Forderung. Die Instandhaltbarkeitsanforderungen sind Teil der Gesamtspezifikation und dieser Abschnitt behandelt die einzelnen Punkte, die aufgenommen werden können.

Zu einer vollständigen Angabe von Instandhaltbarkeitsanforderungen gehören folgende vier große Bereiche:

- Instandhaltbarkeitsmerkmale, die durch die entworfene Konstruktion erreicht werden sollen;
- der Einheit auferlegte Einschränkungen hinsichtlich Einsatz und Betrieb, die die Instandhaltung beeinflussen;
- vom Lieferanten gemäß dem Instandhaltbarkeitsprogramm zu erfüllende Anforderungen, durch die sichergestellt werden soll, dass die gelieferte Einheit die geforderten Instandhaltbarkeitsmerkmale besitzt;
- Vorkehrungen für die Planung der Instandhaltungsunterstützung.

In der Instandhaltbarkeitsspezifikation müssen die Instandhaltbarkeitsanforderungen im Einzelnen beschrieben und das Verfahren dargestellt werden, wie diese zu erreichen sind.

Die Spezifikation muss anhand von Instandhaltbarkeitsanforderungen formuliert werden, von denen einige als wesentlich und andere als wünschenswert festgelegt werden sollten. Die Anforderungen sollten als messbare Größen, entweder quantitativ oder qualitativ, formuliert werden und sie sollten in späteren Stufen in Übereinstimmung mit vorgegebenen Verfahren verifiziert werden können.

Eine Instandhaltbarkeitsspezifikation enthält üblicherweise Anforderungen für das Erreichen der Instandhaltbarkeit im Betrieb. Da jedoch die Instandhaltbarkeit ein Merkmal der Einheit ist und diese sich auf die Instandhaltung und Unterstützungskosten auswirkt und die Instandhaltbarkeit sogar die Instandhaltungszeiten in unterschiedlichen Instandhaltungsebenen beeinflussen kann, sollten in der Spezifikation Angaben zu benötigten Ergebnissen in allen von der Instandhaltungskonzeption betroffenen Ebenen gemacht werden.

7.2 Instandhaltbarkeitsmerkmale

7.2.1 Quantitative Instandhaltbarkeitsmerkmale

Die geforderten quantitativen Instandhaltbarkeitsmerkmale richten sich üblicherweise an die Zeit, die eine gerade in der Instandhaltung befindliche Einheit sich in einem nicht betriebsfähigen, d. h. Unklarzustand befindet. Üblicherweise wird gefordert, dass diese Zeit auf ein Minimum begrenzt wird. Es gibt eine Reihe von Kriterien, die man zur Formulierung der geforderten Merkmale bezüglich der Reparaturdauer verwenden kann; in Tabelle 1 sind einige davon aufgeführt. Sie unterscheiden sich dadurch, dass durch sie unterschiedliche Prioritäten zwischen zugehörigen Eigenschaften der Einheit ausgedrückt werden und dass sie flexibel genug sind, um später im Programm Vergleiche und Abwägungen zu erlauben. Es ist wichtig, dass solche Faktoren vor Aufnahme einer spezifischen Anforderung in die Spezifikation beachtet werden. Für vorbeugende Instandhaltungstätigkeiten müssen ggf. Grenzen festgelegt werden.

Tabelle 1 – Beispiele quantitativer Instandhaltbarkeitsanforderungen

Begriff	Statistische Bestimmungswörter	Verifizierungsverfahren
aktive Instandhaltungszeit	mittel, median (Zentralwert) oder maximal ^a	Entwicklungsbeurteilung, Nachweis oder Beurteilung im Betrieb
aktive Instandsetzungszeit	mittel, median oder maximal ^a	Entwicklungsbeurteilung, Nachweis oder Beurteilung im Betrieb
aktive Wartungszeit	mittel, median oder maximal ^a	Entwicklungsbeurteilung, Nachweis oder Beurteilung im Betrieb
Zugangszeit	Wert	Entwicklungsbeurteilung, Beurteilung im Betrieb
Anzahl der Instandsetzungsstunden je Betriebsstunde ^b	mittel	Entwicklungsbeurteilung, Beurteilung im Betrieb
Anzahl der befähigten Personen je Instandhaltungsmaßnahme ^b	mittel	Entwicklungsbeurteilung, Beurteilung im Betrieb
a) Der Maximalwert muss mit einem Quantil versehen werden – ein üblicherweise verwendeter Wert ist 95 %. b) Andere Zeitbezüge können je nach Bedarf gewählt werden, z. B. Tag, Monat, Jahr.		

Die aktive Instandhaltungszeit wird oft zur Festlegung der Instandhaltbarkeit verwendet; sie beinhaltet folgende Elemente:

- Diagnose (Ausfallerkennung, Fehlzustandserkennung und Eingrenzung, Ermitteln der Ursachen usw.);
- technische Verzögerungen (zu den üblichen technischen Verzögerungen gehören Auslaufzeit, Abkühlung, Deutung und Verwendung der Information, Deutung der Anzeigen, Auslesen);
- Wiederherstellung (Auseinanderbauen, Softwarepatch einbringen, Kontrollcode modifizieren, Wiedezusammenbauen, Justieren usw.);
- Abschlussprüfung (soweit erforderlich mittels Prüfverfahren).

Für eine Einheit können weitere Instandhaltbarkeitsmerkmale spezifiziert werden. In der Tabelle 1 sind einige andere Anforderungen aufgeführt, die mit unterschiedlichen Klassen für die Instandhaltungszeit und mit Verifizierungsverfahren verbunden sind.

Zu der Instandhaltbarkeit einer Einheit können auch weitere detaillierte Merkmale gehören, wie etwa Zugang, Einsatz von Sonderwerkzeugen und Prüfgeräten und Abhängigkeiten zu bestehender Instandhaltungsunterstützung.

Die Instandhaltbarkeit kann als eine indirekte Maßgröße für die Verfügbarkeit genommen werden. Hierzu verwendet man folgenden Ausdruck:

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Dabei ist

MTBF der mittlere Ausfallabstand und

MTTR die mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung ist.