

Zuverlässigkeitsmanagement

Teil 3-11: Anwendungsleitfaden
Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung
(IEC 60300-3-11:1999)

DIN

IEC 60300-3-11

ICS 03.120.10; 29.020

Dependability management

Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance
(IEC 60300-3-11:1999)

Gestion de la sûreté de fonctionnement

Partie 3-11: Guide d'application – Maintenance basée sur la fiabilité
(CEI 60300-3-11:1999)

Die Internationale Norm IEC 60300-3-11:1999 „Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance“ ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

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

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 56/560/CDV:1998-02.

Fortsetzung Seite 2 bis 50

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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 ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm
–	IEC 60050-191:1990	IEV Kapitel 191:1995
–	IEC 60300-3-9:1995	E DIN IEC 56(Sec)410:1995-03
–	IEC 60706-4:1992	DIN IEC 60706-4:1999-06
HD 485 S1:1987	IEC 60812:1985	DIN 25448:1990-05

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

IEV Kapitel 191, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 191: Zuverlässigkeit und Dienstgüte; Identisch mit IEC 60050-191:1990.*

E DIN IEC 56(Sec)410, *Analyse des Risikos technischer Systeme – Leitfaden (IEC 56(Sec)410:1994).*

DIN IEC 60706-4, *Leitfaden zur Instandhaltbarkeit von Geräten – Teil 4: Hauptabschnitt 8: Planung der Instandhaltung und ihrer Unterstützung (IEC 60706-4:1992).*

DIN 25448, *Ausfalleffektanalyse (Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse).*

Deutsche Übersetzung

Zuverlässigkeitsmanagement

Teil 3-11: Anwendungsleitfaden

Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	5
Einführung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe und Abkürzungen	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Abkürzungen.....	12
4 Verfahren des Instandhaltungsprogramms	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Ziele des Instandhaltungsprogramms	13
4.3 Methode der Entwicklung von Programmen zur vorbeugenden Instandhaltung auf der Grundlage von RCM	14
4.4 Inhalt des Instandhaltungsprogramms	14
5 Programm zur vorbeugenden Instandhaltung auf der Grundlage von RCM – Geräte.....	15
5.1 Allgemeines	15
5.1.1 Informationssammlung	15
5.1.2 Systemanalyse	17
5.1.3 Festlegung der funktionswichtigen Einheiten (FSIs)	18
5.2 Ausfallanalyse der funktionswichtigen Einheiten.....	18
5.3 Auswahl der Instandhaltungsmaßnahmen (logische Entscheidungsbaumanalyse)	19
5.3.1 Allgemeines	19
5.3.2 Analysenebenen.....	19
5.3.3 Analyse auf der ersten Ebene (Bestimmung der Auswirkungen).....	19
5.3.4 Analyse auf der zweiten Ebene (Auswirkungskategorien)	20
5.3.5 Bestimmung von Maßnahmen	24
5.3.6 Maßnahmenhäufigkeiten/Maßnahmenintervalle	26
5.4 Instandhaltungsprogramm	26
5.4.1 Erstprogramm für die Instandhaltung	26
5.4.2 Einsatzbezogenes Instandhaltungsprogramm	27
5.4.3 Dokumentation	27
5.4.4 Programme zur Erforschung des Alterungsverhaltens	27
5.5 Zoneninspektionsprogramm	27
Anhang A (normativ) Entwicklung eines Instandhaltungsprogramms – Strukturen	28
A.1 Allgemeines	28

	Seite
A.2 Strukturen.....	28
A.3 Strukturteile mit sicherer Lebensdauer	29
A.4 Schadenstolerante Strukturteile.....	29
A.5 Schadensursachen	29
A.6 Entwicklung eines Instandhaltungsprogramms für Strukturen	30
A.6.1 Allgemeines.....	30
A.6.2 Verfahren des Strukturinspektionsprogramms	30
A.7 Klassifizierungssysteme für strukturwichtige Einheiten	34
A.7.1 Allgemeines.....	34
A.7.2 Klassifizierung von Unfallschäden	34
A.7.3 Klassifizierung von Verschlechterungen infolge von Umwelteinflüssen	34
A.7.4 Klassifizierung von Ermüdungsschäden.....	35
A.8 Forderungen an Inspektionsprogramme.....	35
A.8.1 Allgemeines.....	35
A.8.2 Inspektionsmaßnahmen.....	36
A.8.3 Erstinspektionen	36
A.8.4 Intervalle für Wiederholungsinspektionen.....	37
A.8.5 Ermüdungsbezogene Stichprobenprogramme.....	37
A.8.6 Programme zur Erforschung des Alterungsverhaltens.....	37
A.8.7 Zoneninspektionen.....	37
A.9 Berichte über Inspektionsergebnisse.....	38
A.10 Zoneninspektionsprogramm	38
A.10.1 Allgemeines	38
A.10.2 Verfahren des Zoneninspektionsprogramms.....	38
A.10.3 Intervalle von Zoneninspektionsmaßnahmen.....	38
Anhang B (informativ) Beispiele von RCM-Arbeitsblättern	39
 Tabelle 1 – Kriterien für die Maßnahmenauswahl	 25
 Bild 1 – Entwicklung eines dynamischen Instandhaltungsprogramms	 13
Bild 2 – Aufgaben bei der Entwicklung eines vorbeugenden Instandhaltungsprogramms auf RCM- Grundlage	16
Bild 3 – Logischer Entscheidungsbaum für RCM – Ebene 1 – Auswirkungen von Funktionsausfällen	21
Bild 4a – Logischer Entscheidungsbaum für RCM – Ebene 2 – Auswirkungskategorien und Maßnahmenbestimmung	22
Bild 4b – Logischer Entscheidungsbaum für RCM – Ebene 2 – Auswirkungskategorien und Maßnahmenbestimmung	23
Bild A.1 – Logischer Entscheidungsbaum für RCM – Strukturen	33

Vorwort

- 1) Die IEC (Internationale Elektrotechnische Kommission) ist eine weltweite Normungsorganisation, die alle Nationalen Elektrotechnischen Komitees (Nationale Komitees der IEC) umfasst. Die IEC hat das Ziel, die internationale Zusammenarbeit in allen Fragen der Normung auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Elektronik zu fördern. Zu diesem Zweck und neben anderen Aktivitäten veröffentlicht die IEC Internationale Normen. Mit der Vorbereitung sind die Technischen Komitees beauftragt. Jedes Nationale Komitee der IEC, das an dem behandelten Thema interessiert ist, darf an dieser Vorbereitungsarbeit teilnehmen. Internationale Organisationen, Regierungs- und Nichtregierungsstellen, die mit der IEC in Verbindung stehen, nehmen ebenfalls an diesen Vorbereitungsarbeiten teil. Die IEC arbeitet eng mit der Internationalen Organisation für Normung (ISO) nach den in der Vereinbarung zwischen beiden Organisationen festgelegten Bedingungen zusammen.
- 2) Die offiziellen Beschlüsse oder Vereinbarungen der IEC über technische Fragen, die in Technischen Komitees von Vertretern aller an dem behandelten Thema besonders interessierten Nationalen Komitees erarbeitet werden, bringen das höchstmögliche Maß internationaler Übereinstimmung für das behandelte Sachgebiet zum Ausdruck.
- 3) Sie stellen Empfehlungen zur internationalen Anwendung dar, die als Normen, Fachberichte oder Leitlinien veröffentlicht werden und als solche von den Nationalen Komitees angenommen sind.
- 4) Um die internationale Vereinheitlichung zu fördern, verpflichten sich die Nationalen Komitees der IEC, Internationale Normen der IEC so durchschaubar wie möglich in ihren nationalen und regionalen Normen anzuwenden. Jede Abweichung zwischen der IEC-Norm und der entsprechenden nationalen oder regionalen Norm muss in dieser deutlich gekennzeichnet werden.
- 5) Die IEC hat kein Verfahren für die Kennzeichnung der Konformität festgelegt und übernimmt keine Verantwortung, wenn ein Gegenstand als konform mit einer ihrer Normen erklärt wird.
- 6) Es besteht die Möglichkeit, dass Bestandteile dieser Internationalen Norm Gegenstand von Patentrechten sind. Die IEC hat nicht die Verantwortung, das Vorhandensein solcher Patentrechte festzustellen und auf deren Existenz hinzuweisen.

Diese Internationale Norm IEC 60300-3-11 wurde vom Technischen Komitee 56 „Dependability“ der IEC ausgearbeitet.

Der Text dieser Norm basiert auf folgenden Schriftstücken:

FDIS	Abstimmungsbericht
56/651/FDIS	56/656/RVD

Die vollständigen Informationen über das Abstimmungsergebnis zu dieser Internationalen Norm enthält der oben genannte Abstimmungsbericht.

Die IEC 60300 besteht aus den folgenden Teilen mit dem Haupttitel „Zuverlässigkeitsmanagement“.

Teil 1: Management von Zuverlässigkeitsprogrammen

Teil 2: Zuverlässigkeits-Programmelemente und -aufgaben

Teil 3: Eine Reihe von Anwendungsleitfäden

Der Anhang A gehört zum Norminhalt.

Der Anhang B ist nur zur Information.

Einführung

Die auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (en: reliability centered maintenance RCM) wurde Ende der 60er Jahre für die Zivilluftfahrt-Industrie entwickelt. Endergebnis war die Veröffentlichung des Schriftstücks MSG-3, das die Grundlage für die heutige Anwendung von RCM bildet. RCM ist nunmehr eine erprobte und akzeptierte Methode, die in weiten Bereichen der Industrie verwendet wird.

Die in dieser Norm beschriebene Methodik basiert größtenteils auf den erprobten und geprüften Verfahren von MSG-3, ist jedoch gleichermaßen auf eine Reihe von Geräten anderer Art als Flugzeuge anwendbar.

Es sollte beachtet werden, dass das hier vorgestellte Verfahren zur Durchführung von RCM eines der ersten ist, jedoch nicht die einzige in Gebrauch befindliche Methode. Das Schriftstück versucht, die Erklärung der wichtigsten Punkte und das Aufzeigen ihrer Nutzung mit Hilfe der MSG-3-Methodik vorzunehmen. In anderen Industriezweigen werden andere Methoden verwendet, deren detaillierte Anwendung in Normen, die speziell auf diese Industriezweige zugeschnitten sind, vorgeführt wird.

Die auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (RCM) ist eine Methode zur Aufstellung eines Programms für planmäßige vorbeugende Instandhaltung, durch das das geforderte Sicherheits- und Verfügbarkeitsniveau von Geräten und Strukturen wirkungsvoll und erfolgreich erreicht werden kann. Dies führt insgesamt zu einer Verbesserung der Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit des Betriebs.

RCM sieht die Verwendung eines logischen Entscheidungsbaumes vor, um anwendbare und wirksame Instandhaltungserfordernisse für Geräte und Strukturen entsprechend den Folgen feststellbarer Ausfälle auf Sicherheit, Betrieb und Wirtschaftlichkeit sowie entsprechend den für diese Ausfälle verantwortlichen Abnutzungsmechanismen festzulegen. Das Durchlaufen der Entscheidungslogik führt schließlich zu einer Aussage über die Notwendigkeit der Ausführung einer Instandhaltungsaufgabe.

Die grundlegenden Schritte bei der Durchführung einer RCM-Analyse sind:

- Definition der System- und/oder Untersystemgrenzen;
- Definition der Funktionen jedes Systems oder Untersystems;
- Identifizierung funktionswichtiger Einheiten (FSI);
- Identifizierung der vorherrschenden Ursachen von FSI-Funktionsausfällen;
- Vorhersage der Auswirkungen und der Auftretenswahrscheinlichkeit dieser Ausfälle;
- Anwendung eines logischen Entscheidungsbaums, um Klassen in Bezug auf die Auswirkungen der FSI-Ausfälle zu bilden;
- Festlegung anwendbarer und wirksamer Instandhaltungsmaßnahmen als Erstprogramm für die Instandhaltung;
- Neuentwurf des Geräts oder Prozesses, falls keine anwendbaren Maßnahmen benannt werden können;
- Aufstellung eines dynamischen Instandhaltungsprogramms, das aus dem Instandhaltungs-Erstprogramm und seinen überarbeiteten Fassungen durch routinemäßige und systematische Fortschreibung hervorgeht, unterstützt durch die Überwachung, Erfassung und Analyse von Betriebsdaten.

Alle Maßnahmen sind auf die Sicherheit von Personal und Umwelt sowie auf Überlegungen operationeller oder wirtschaftlicher Art ausgerichtet. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die betrachteten Kriterien von der Art des Produkts und von seiner Anwendung abhängen. So wird zum Beispiel von einem Produktionsprozess verlangt, dass er wirtschaftlich ist; dabei kann er sensitiv auf strenge Umweltbetrachtungen reagieren. Ein Verteidigungsgerät hingegen sollte erfolgreich betrieben werden können, muss aber weniger einschneidenden Sicherheits-, Wirtschaftlichkeits- und Umweltkriterien genügen. Die Bedeutung spezieller Schritte, wie z. B. die Identifizierung von als funktionswichtig eingestuften Einheiten, hängt daher vom Anwendungsfall ab.

Die erfolgreiche Anwendung von RCM erfordert ein gutes Verständnis von Gerät und Struktur, den zugehörigen Systemen, Untersystemen und Geräteeinheiten sowie den möglichen Ausfällen und deren Folgen.

Die für die Anwendung von RCM erforderlichen detaillierten Analysen des Produkts und seiner Funktionen können arbeitsintensiv und somit vergleichsweise teuer sein. Aus diesem Grund wird die RCM-Technik gewöhnlich nur dort angewendet, wo die Instandhaltung kritisch für die Sicherheit und den wirksamen Betrieb des Produkts ist und Ausfälle schwerwiegende Auswirkungen auf Sicherheit, Umwelt oder Betrieb hätten. Der Nutzen von RCM hängt daher von der Art des Produkts und von seiner Anwendung ab; die Verwendung entsprechend den Projekterfordernissen jedoch ist für Herstellerorganisationen beliebiger Größe möglich.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60300 gibt Leitlinien für die Entwicklung eines Erstprogramms zur vorbeugenden Instandhaltung von Geräten und Strukturen unter Benutzung von Methoden der Analyse der auf die Funktionsfähigkeit bezogenen Instandhaltung (RCM). Wenn in dieser Norm Bezug auf ein Instandhaltungsprogramm genommen wird, so ist damit ein Programm zur vorbeugenden Instandhaltung gemeint.

Dieser Anwendungsleitfaden ist eine Erweiterung der IEC 60706-4. Diejenigen der in der IEC 60706-4 empfohlenen Instandhaltungsmaßnahmen, die sich auf vorbeugende Instandhaltung beziehen, können durch Anwendung der Methodik der auf die Funktionsfähigkeit bezogenen Instandhaltung ausgeführt werden.

Die RCM-Analyse kann auf Einheiten wie ein Bodenfahrzeug, ein Schiff, ein Kraftwerk, ein Flugzeug usw. angewendet werden, die aus Geräten und Strukturen wie z. B. einem Gebäude, einer Flugzeugzelle oder einem Schiffskörper aufgebaut sind. Typischerweise umfasst ein Gerät eine Anzahl von elektrischen, mechanischen, Instrumentierungs- oder Steuerungssystemen und Untersystemen, die im weiteren Verlauf den Erfordernissen entsprechend in immer kleinere Baugruppen aufgegliedert werden können.

Die speziell auf Strukturen anwendbaren RCM-Methoden sind in Anhang A angegeben.

Diese Norm beschränkt sich auf die Anwendung von RCM-Methoden; Gesichtspunkte der Instandhaltungsunterstützung sind nicht darin enthalten. Diese werden in anderen Normen der Normenreihe IEC 60706 behandelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

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

IEC 60300-3-9:1995, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*.

IEC 60706-4:1992, *Guide on maintainability of equipment – Part 4 – Section 8: Maintenance and maintenance support planning*.

IEC 60812:1985, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 60300 gelten die Begriffe und Definitionen von IEC 60050(191) sowie die nachfolgenden. Einige in IEC 60050(191) aufgelistete Begriffe sind zum Zweck der besseren Lesbarkeit ebenfalls hier enthalten.

3.1.1

Unfallschaden (en.: accidental damage AD)

physikalische Verschlechterung einer Einheit, verursacht durch Kontakt oder Zusammenstoß mit einem Gegenstand oder Einfluss, der nicht Teil des Geräts ist, oder durch menschliches Versagen bei der Herstellung oder beim Betreiben des Geräts, oder bei der Instandhaltung

3.1.2

Erforschung des Alterungsverhaltens

systematische Bewertung einer Einheit aufgrund der Analyse gesammelter Informationen aus der Einsatz- erfahrung. Es wird die Widerstandsfähigkeit der Einheit gegen einen Verschlechterungsprozess infolge zunehmenden Alters beurteilt

3.1.3

Kritikalität

numerischer Index der Schwere einer Auswirkung in Kombination mit der Wahrscheinlichkeit oder erwarteten Häufigkeit ihres Auftretens

3.1.4

Schadenstolerant

eine Einheit wird als schadenstolerant beurteilt, wenn sie eine Schädigung aushalten und die Funktion wie gefordert, möglicherweise mit reduzierter Belastung oder Leistungsfähigkeit, fortsetzen kann

3.1.5

Aussondern

Außerdienststellung einer Einheit an einer festgelegten Grenze der Lebensdauer

3.1.6

direkte negative Auswirkung auf die Betriebssicherheit

direkte negative Auswirkung auf die Sicherheit

Auswirkung, die der Funktionsausfall oder der resultierende Sekundärschaden aus sich selbst, nicht in Kombination mit anderen Funktionsausfällen, haben würde (es besteht keine Redundanz, und es handelt sich um ein Primärteil, das für den sicheren Betrieb notwendig ist). Die Folgen sind extrem schwerwiegend oder möglicherweise katastrophal und könnten zum Verlust des Geräts oder zur Verletzung der Insassen oder des Bedienungspersonals führen

Betriebssicherheit

Sicherheit während der Zeitspanne, in der sich das Gerät in Betrieb befindet; dies kann die Anwesenheit von Bedienungspersonal und/oder Insassen beinhalten

3.1.7

wirtschaftliche Auswirkungen

Ausfallauswirkungen, die den Betrieb des Geräts nicht verhindern, jedoch wegen zusätzlicher Arbeits- und Materialkosten für die Instandsetzung am Gerät oder in der Werkstatt wirtschaftlich unerwünscht sind

3.1.8

Verschlechterung infolge von Umwelteinflüssen (en.: environmental deterioration ED)

physikalische Verschlechterung der Belastbarkeit einer Einheit oder ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Ausfälle infolge einer chemischen oder physikalischen Wechselwirkung mit Klima oder Umwelt

3.1.9

Ausfall

Beendigung der Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen

ANMERKUNG Wenn in einem Vertrag in Zusammenhang mit RCM der Begriff „Ausfall“ verwendet wird, sollte er wie folgt definiert werden: „Ein Ausfall ist das Vorhandensein einer unbefriedigenden Bedingung in Bezug auf eine spezifische Situation und aus der Sicht eines bestimmten Beobachters.“ Der bestimmte Beobachter sollte definiert sein.

3.1.10

Ausfallursache

die Umstände während der Entwicklung, Herstellung oder Verwendung, die zu einem Ausfall geführt haben

3.1.11

Ausfallauswirkung

unmittelbare Auswirkung jeder Ausfallart auf funktionswichtige Einheiten und auf die geforderten Funktionen der Einheit

3.1.12

Ausfallart

einer der möglichen Zustände einer ausgefallenen Einheit für eine vorgegebene geforderte Funktion

3.1.13

Ermüdungsschaden (en.: fatigue damage FD)

Einleitung eines Bruchs oder mehrerer Brüche aufgrund zyklischer Belastung und anschließender Ausweitung

3.1.14

ermüdungsbezogene Stichprobennahme

Inspektionen an spezifischen Geräten, die aus den Geräten mit dem höchsten Betriebs-/Gebrauchsalter mit der Absicht ausgewählt wurden, einen ersten Beweis für deren durch Ermüdungsschäden verursachte Zustandsverschlechterung zu erhalten

3.1.15

Funktion

normale charakteristische Tätigkeiten einer Einheit

3.1.16

Funktionsprüfung

quantitative Prüfung zur Bestimmung, ob bei einer Einheit bei der Erfüllung einer oder mehrerer Funktionen festgelegte Grenzen eingehalten werden

3.1.17

Funktionsausfall

Ausfall mit der Auswirkung, dass eine Einheit eine oder mehrere ihrer geforderten Funktionen nicht ausführt

3.1.18

funktionswichtige Einheit (en.: functionally significant item FSI)

während einer Funktionsausfallanalyse festgestellte Einheit, deren Ausfall

- a) die Sicherheit beeinträchtigen könnte und/oder
- b) im Betrieb nicht entdeckbar ist und/oder
- c) wesentlichen Einfluss auf den Betrieb haben könnte und/oder
- d) wesentlichen wirtschaftlichen Einfluss haben könnte

3.1.19

verborgene Funktion

- a) eine Funktion, die aktiv ist, und deren Beendigung sich der Bedienungsmannschaft während der Ausführung der normalen Pflichten nicht offenbart
- b) eine Funktion, die normalerweise inaktiv ist, und deren vorzeitige, früher als erforderlich bestehende Funktionsbereitschaft sich der Bedienungsmannschaft während der Ausführung der Pflichten nicht offenbart

3.1.20

inhärentes Niveau der Funktionsfähigkeit und Sicherheit

dasjenige Niveau, das in eine Einheit eingebaut und deshalb ihrem Entwurf inhärent ist. Dies ist das höchste bei wirksamer Instandhaltung von einer Einheit, einem System oder Gerät zu erwartende Niveau der Funktionsfähigkeit und Sicherheit. Wird ein höheres Niveau der Funktionsfähigkeit angestrebt, so ist im Allgemeinen eine Modifikation oder ein Neuentwurf erforderlich

3.1.21

Inspektion

Prüfung einer Einheit gegen eine spezifische Norm

3.1.22

detaillierte Inspektion

intensive Sichtprüfung eines festgelegten Details, einer Baugruppe oder Installation. Es wird nach Unregelmäßigkeiten gesucht, wobei angemessene Beleuchtung und, soweit erforderlich, Inspektionshilfen wie Spiegel, Handlinsen usw. verwendet werden. Oberflächenreinigung und fein ausgearbeitete Zugangsverfahren können erforderlich sein

3.1.23

allgemeine Sichtinspektion

Sichtprüfung, die offensichtliche unbefriedigende Zustände/Unstimmigkeiten entdeckt. Diese Inspektionsart kann das Entfernen von Füllstücken, Verkleidungen, Zugangsdeckeln/-klappen usw. erfordern. Um in die Nähe zu kommen, können Arbeitsgerüste, Leitern usw. erforderlich sein

3.1.24

spezielle detaillierte Inspektion

intensive Prüfung einer spezifischen Stelle ähnlich der detaillierten Inspektion, mit Ausnahme folgender Unterschiede: Die Prüfung erfordert spezielle Techniken, wie Techniken des nichtzerstörenden Prüfens, Farbdurchdringung, Hochleistungsvergrößerung usw., und kann Verfahren der Zerlegung erforderlich machen

3.1.25

Abschmieren und Service

jede Abschmier- und Servicetätigkeit zum Zweck der Aufrechterhaltung der inhärenten Entwurfsfähigkeiten

3.1.26

Instandhaltungsprogramm

Methoden, Verfahren und Hilfsmittel, die erforderlich sind, um die Instandhaltung einer Einheit während ihres gesamten Lebenszyklus aufrechtzuerhalten

3.1.27

Instandhaltungsmaßnahmen

zur Erzielung eines gewünschten Ergebnisses erforderliche Tätigkeit oder Tätigkeitsgruppe, durch die der einsatzbereite Zustand einer Einheit wiederhergestellt oder bewahrt wird, einschließlich Inspektion und Zustandsermittlung

3.1.28

Pflichten der Bedienungsmannschaft

normale Bedienungsmannschaft

qualifiziertes Personal im Dienst

normale Pflichten

die mit dem Routinebetrieb des Geräts verbundenen Pflichten. Dazu kann Folgendes gehören:

- a) Verfahren und Prüfungen, die während des Betriebs des Geräts durchgeführt werden
- b) Erkennen von Unregelmäßigkeiten oder Ausfällen durch die Bedienungsmannschaft durch den Gebrauch der üblichen physischen Sinne (z. B. Geruch, Lärm, Vibration, Temperatur, visuelle Schadens- oder Ausfallbeobachtung, Änderung der notwendigen Körperkraft usw.)

3.1.29**Betriebscheck**

ein Betriebscheck ist eine Maßnahme zur Feststellung, dass eine Einheit ihren beabsichtigten Zweck erfüllt. Er erfordert keine quantitativen Toleranzen; es handelt sich vielmehr um eine Maßnahme zur Ausfallentdeckung

3.1.30**betriebliche Ausfallauswirkungen**

Ausfallauswirkungen, die den Vollzug des beabsichtigten Arbeitsablaufs behindern. Diese Ausfälle verursachen Verspätungen, Einsatzannullierungen, Unklarzeit, Produktionsverringerung usw.

3.1.31**andere Struktur**

Struktur, die nicht als strukturwichtige Einheit beurteilt wird. „Andere Struktur“ wird sowohl extern als auch intern innerhalb der Zonengrenzen definiert

3.1.32**auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung**

ein systematischer Ansatz zur Festlegung von wirksamen und wirkungsvollen Maßnahmen der vorbeugenden Instandhaltung von Einheiten gemäß einem Satz spezifischer Verfahren sowie zur Festlegung der Intervalle zwischen den Instandhaltungsmaßnahmen

3.1.33**Restbelastbarkeit**

Belastbarkeit einer geschädigten Struktur

3.1.34**Wiederherstellung**

Arbeit, die erforderlich ist, um eine Einheit in einen spezifischen Normalzustand zurückzusetzen. Die Wiederherstellung kann von der Reinigung oder dem Ersetzen einzelner Teile bis zu einer vollständigen Überholung reichen

3.1.35**Struktur mit sicherer Lebensdauer**

Struktur, die nicht auf praktikable Weise schadentolerant entwickelt oder qualifiziert werden kann. Ihre Funktionsfähigkeit wird durch Aussonderungsgrenzen gesichert, an denen die Einheiten außer Dienst gestellt werden, ehe Ermüdungsbrüche erwartet werden

3.1.36**Check im Rahmen der geplanten Instandhaltung**

jeder regelmäßig durchgeführte vorgeplante Instandhaltungsanlass

3.1.37**Strukturbaugruppe**

ein oder mehrere Strukturelemente, die zusammen eine grundlegende Strukturfunktion ausführen

3.1.38**Strukturdetail**

niedrigste funktionale Ebene in einer Struktur. Diskretes Gebiet oder Bereich eines Strukturelements, oder Schnittpunkt der Grenzen zwischen zwei oder mehr Elementen

3.1.39**Strukturelement**

zwei oder mehr Strukturdetails, die zusammen eine einem identifizierten Hersteller zugeordnete Baugruppe ergeben

3.1.40**strukturwichtige Einheit**

Strukturdetail, Strukturelement oder Strukturbaugruppe, das/die wesentlich dazu beiträgt, die Betriebsbelastung, Schwerebelastung, aerodynamische oder hydrodynamische Belastung, Bodenbelastung, Druck-

oder Steuerbelastung aufzunehmen, und dessen/deren Ausfall die sicherheitskritische Struktur beeinflussen könnte

3.1.41

Prüfung

Experiment, das mit dem Ziel ausgeführt wird, ein Merkmal oder eine Eigenschaft einer Einheit zu messen, zu quantifizieren oder zu klassifizieren

3.1.42

Sichtprüfung/automatische Prüfung

eine Sichtprüfung ist eine Beobachtung zur Feststellung, dass eine Einheit ihren beabsichtigten Zweck erfüllt. Sie ist eine Maßnahme zur Ausfallentdeckung. Sie erfordert keine quantitativen Toleranzen. Diese Prüfung kann auch das Herunterladen von Ausfalldaten von einem Überwachungssystem beinhalten

3.2 Abkürzungen

AD	Unfallschaden (en.: accidental damage)
ED	Verschlechterung infolge von Umwelteinflüssen (en.: environmental deterioration)
FC	Ausfallursache (en.: failure cause)
FD	Ermüdungsschaden (en.: fatigue damage)
FE	Ausfallauswirkungen (en.: failure effects)
FF	Funktionsausfall (en.: functional failure)
FMEA	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (en.: fault modes and effects analysis)
FSI	Funktionswichtige Einheiten (en.: functionally significant items)
NDI	Nichtzerstörende Inspektion (en.: non-destructive inspection)
RCM	Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung (en.: reliability centred maintenance)
SSI	Strukturwichtige Einheit (en.: structurally significant item)

4 Verfahren des Instandhaltungsprogramms

4.1 Allgemeines

Das Instandhaltungsprogramm ist die Zusammenstellung der Aufgaben, die sich aus der RCM-Analyse ergeben. Allgemein setzen sich Instandhaltungsprogramme aus einem Erstprogramm und einem weiterführenden „dynamischen“ Programm zusammen, wie in Bild 1 dargestellt. Das Bild zeigt die grundsätzlichen Faktoren, die im Entwicklungsstadium, d. h. vor der Inbetriebnahme, betrachtet werden müssen, sowie diejenigen Faktoren, die verwendet werden, um das Programm aufgrund der Betriebserfahrung an das Produkt anzupassen, wenn es sich im Einsatz befindet.

Das Erstprogramm für die Instandhaltung, das oft von Lieferant und Benutzer gemeinsam erarbeitet wird, wird vor der Inbetriebnahme definiert und basiert auf der RCM-Methodik. Das weiterführende Instandhaltungsprogramm wird aus dem Erstprogramm entwickelt und vom Benutzer so früh wie möglich in Angriff genommen, sobald der Betrieb beginnt, und sollte auf echten Abnutzungs- oder Ausfalldaten sowie auf Fortschritten von Technologie, Werkstoffen, Instandhaltungstechniken und -werkzeugen beruhen.

Ein Erstprogramm auf RCM-Basis kann eingeführt werden, wenn das Produkt sich im Einsatz befindet, um ein existierendes Instandhaltungsprogramm, das aufgrund von Erfahrungen oder Herstellerempfehlungen ohne die Vorteile einer Standardmethode wie RCM erstellt wurde, zu erneuern und zu verbessern.

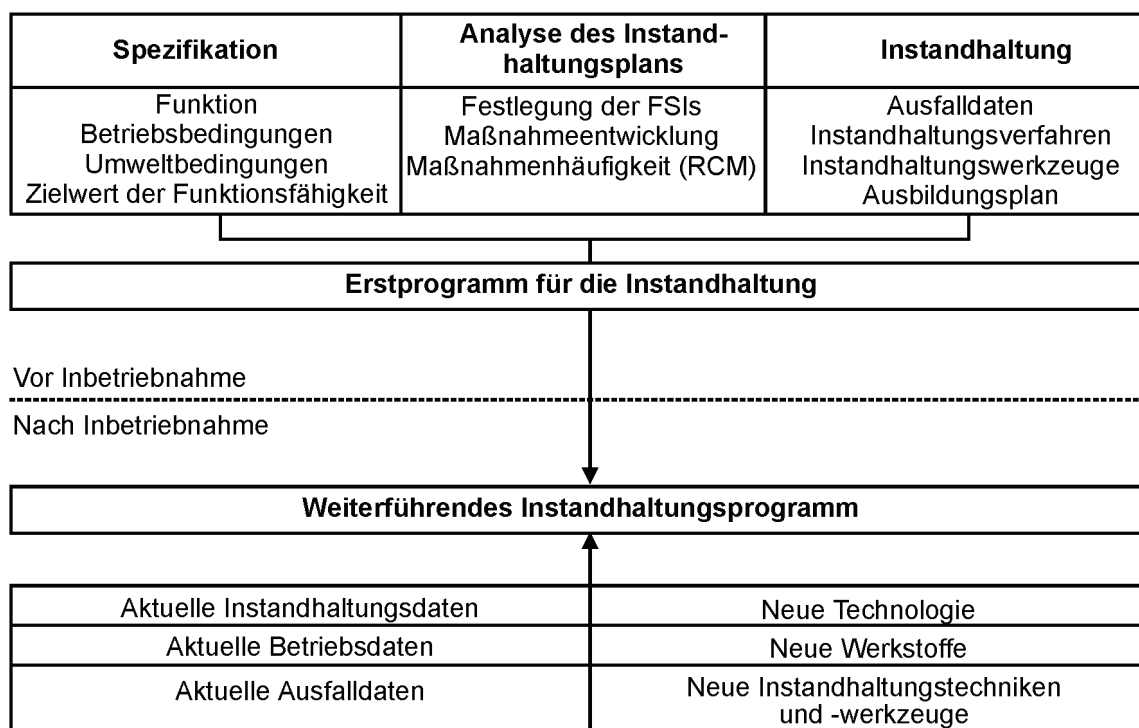


Bild 1 – Entwicklung eines dynamischen Instandhaltungsprogramms

Diese Norm beschreibt vorwiegend eine Methode zur Entwicklung eines Erstprogramms für die Instandhaltung von Einheiten, die in vorgeschriebenen Intervallen gewartet werden sollen. Für die ausgewählten Intervalle kann die Zeit, ein Nutzungsmaß oder eine Kombination von beiden als Grundlage dienen.

Zur Entwicklung eines wirkungsvollen Instandhaltungsprogramms ist Folgendes zu definieren:

- Ziele eines Instandhaltungsprogramms;
- Methode, mit der ein Instandhaltungsprogramm entwickelt werden kann;
- Inhalt eines Instandhaltungsprogramms.

4.2 Ziele des Instandhaltungsprogramms

Die Ziele eines wirkungsvollen Instandhaltungsprogramms, als Teil der Instandhaltungsphilosophie, sind:

- Aufrechterhaltung der Funktion in Form der geforderten Sicherheit;
- Aufrechterhaltung des inhärenten Sicherheits- und Funktionsfähigkeitsniveaus;
- Optimierung der Verfügbarkeit;
- Beschaffung der erforderlichen Informationen für die Entwurfsverbesserung solcher Einheiten, deren inhärente Funktionsfähigkeit sich als unzureichend erweist;
- Erreichung dieser Ziele bei kleinsten Gesamtlebenszykluskosten, einschließlich der Instandhaltungskosten und der Kosten verbliebener Ausfälle;
- Beschaffung der erforderlichen Informationen zur Aufstellung eines das Erstprogramm und dessen überarbeitete Fassungen verbessernden dynamischen Instandhaltungsprogramms durch systematische Beurteilung der Wirksamkeit von früher festgelegten Instandhaltungsmaßnahmen. Bei der Entwicklung eines dynamischen Programms sollte die Zustandsüberwachung spezifischer sicherheitskritischer oder kostenträchtiger Komponenten eine wichtige Rolle spielen.

Diese Ziele stellen in Rechnung, dass Instandhaltungsprogramme als solche Unzulänglichkeiten im inhärenten Niveau der Sicherheit und Funktionsfähigkeit von Geräten und Strukturen nicht ausgleichen können. Das Instandhaltungsprogramm kann nur die Verschlechterung minimieren und das inhärente Niveau einer Einheit wiederherstellen. Zeigt sich, dass das inhärente Niveau nicht zufrieden stellend ist, so können eine

Entwurfsmodifikation, Betriebs- oder Verfahrensänderungen (z. B. Ausbildungsprogramme) notwendig sein, um eine Verbesserung zu erhalten.

4.3 Methode der Entwicklung von Programmen zur vorbeugenden Instandhaltung auf der Grundlage von RCM

Das Programm wird mit Hilfe eines gerichteten logischen Ansatzes entwickelt. Es ist nicht instandhaltungsprozess-, sondern maßnahmenorientiert. Dadurch wird die Verwirrung vermieden, die mit in verschiedenen Industriezweigen unterschiedlichen Interpretationen von Begriffen wie Zustandsüberwachung (condition monitoring), zustandsbezogen (on-condition) oder zeitlich fixiert (hard time) usw. verbunden ist. Durch die Anwendung eines maßnahmenorientierten Konzepts ist es möglich, für eine gegebene Einheit das gesamte Instandhaltungsprogramm widergespiegelt zu sehen. Ein logischer Entscheidungsbaum (Bild 3 und Bild 4) wird verwendet, um festzustellen, welche Instandhaltungsmaßnahmen anwendbar sind. Pflege und Abschmieren sind als Teile im Logikdiagramm enthalten, weil so gewährleistet ist, dass eine wichtige Maßnahmenkategorie jedes Mal betrachtet wird, wenn eine Einheit analysiert wird.

4.4 Inhalt des Instandhaltungsprogramms

Der Inhalt des Instandhaltungsprogramms selbst besteht aus zwei Maßnahmengruppen:

- a) Eine Gruppe vorbeugender Instandhaltungsmaßnahmen, in denen Maßnahmen der Ausfallentdeckung enthalten sind und deren Durchführung zu vorgegebenen Intervallen oder je nach Zustand (auf on-condition-Basis) geplant wird. Ziel dieser Maßnahmen ist es, eine Verschlechterung der inhärenten Sicherheit und Funktionsfähigkeit zu erkennen und ihr durch eines oder mehrere der folgenden Mittel vorzubeugen:
 - 1) Abschmieren/Pflege;
 - 2) Prüfung während des Betriebs/Sichtprüfung/automatische Prüfung;
 - 3) Inspektion/Funktionsprüfung/Zustandsüberwachung;
 - 4) Wiederherstellung;
 - 5) Aussonderung.Diese Maßnahmengruppe wird durch die RCM-Analyse festgelegt, d. h. sie bildet das RCM-basierte Programm vorbeugender Instandhaltung.
- b) Eine Gruppe nicht geplanter Instandhaltungsmaßnahmen, die sich ergeben aus:
 - 1) Befunden aufgrund geplanter, zu vorgegebenen Zeit- oder Nutzungsintervallen durchgeführter Maßnahmen;
 - 2) Berichten über Fehlfunktionen oder Anzeichen bevorstehender Ausfälle (einschließlich automatischer Entdeckung).

Ziel dieser zweiten Maßnahmengruppe ist es, das Gerät in einer annehmbaren Bedingung, in der es seine geforderte Funktion ausführen kann, zu erhalten oder es dorthin zurückzusetzen.

Ein wirkungsvolles Programm ist ein Programm, in dem nur solche Maßnahmen eingeplant sind, die zur Erreichung der gegebenen Ziele erforderlich sind. Zusätzliche Maßnahmen, die die Instandhaltungskosten erhöhen, ohne dass die Erhaltung des inhärenten Niveaus der Funktionsfähigkeit dadurch entsprechend besser gesichert wird, werden nicht eingeplant.

Die Erfahrung hat klar erwiesen, dass die Funktionsfähigkeit sinkt, wenn ungeeignete oder unnötige Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, weil Instandhaltungsfehler dabei in erhöhtem Umfang auftreten.

5 Programm zur vorbeugenden Instandhaltung auf der Grundlage von RCM – Geräte

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Aufgaben (siehe Bild 2) bei der Entwicklung eines Programms zur vorbeugenden Instandhaltung auf der Grundlage von RCM, und zwar sowohl für neue als auch für bereits im Einsatz befindliche Geräte. Die Hauptwerkzeuge bei der Entwicklung eines RCM-Programms sind das gestaffelte Logikdiagramm (siehe Bild 3 und Bild 4) und die in 5.3.5 diskutierten Kriterien der Maßnahmen-Auswahl (siehe Tabelle 1). Diese gestaffelte Logik ist die Grundlage einer auf jede funktionswichtige Einheit (FSI) angewendeten Bewertungstechnik unter Verwendung der verfügbaren technischen Daten. Die Bewertungen basieren grundsätzlich auf den Funktionsausfällen der Einheit und auf den Ausfallursachen.

Die Entwicklung eines RCM-Programms wird wie folgt vorgenommen:

- a) Ermittlung der funktionswichtigen Einheiten (FSIs);
- b) Feststellung von anwendbaren und wirksamen vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen unter Verwendung des logischen Entscheidungsbaumes.

Eine funktionswichtige Einheit ist eine Einheit, deren Ausfall die Sicherheit beeinträchtigen würde oder in einem besonderen betrieblichen oder Instandhaltungszusammenhang einen signifikanten Einfluss auf Betrieb oder Wirtschaftlichkeit haben könnte. Der Vorgang der FSI-Ermittlung beruht auf den anhand eines analytischen Ansatzes und ingenieurmäßiger Beurteilung vorhergesagten Ausfallauswirkungen.

Der Vorgang der FSI-Ermittlung erfolgt von oben nach unten und wird zuerst auf Systemebene, danach auf Untersystemebene und gegebenenfalls bis hinab zur Komponentenebene durchgeführt.

Bei der FSI-Ermittlung sollte iterativ vorgegangen werden. Als erstes werden System- und Untersystemgrenzen und -funktionen festgestellt. Dies erlaubt die Auswahl kritischer Systeme für die weitere Analyse, die eine umfassendere und detailliertere Definition des Systems, der Systemfunktionen und der Funktionsausfälle des Systems beinhaltet.

In den nachstehenden Verfahren wird ein umfassender Satz von Aufgaben im Rahmen des Vorgangs der FSI-Ermittlung vorgestellt. Im Falle von komplexen oder neuen Geräten sollten alle diese Aufgaben durchgeführt werden. Im Falle von eingeführten oder einfachen Geräten jedoch, wenn Funktionen und Funktionsverschlechterungen/Funktionsausfälle bekannt sind, können die Aufgaben, die unter der Überschrift „Systemanalyse“ aufgelistet sind, sehr schnell abgehandelt werden. Allerdings sollten sie dokumentiert werden, um zu bestätigen, dass sie in Betracht gezogen wurden.

Auch die Tiefe und die Genauigkeit, mit der diese Aufgaben durchgeführt werden, ändert sich mit der Komplexität und Neuheit der Geräte. Eine detaillierte Beschreibung der anwendbaren Aufgaben wird in 5.1.1 bis 5.1.3 gegeben.

5.1.1 Informationssammlung

Die Geräteinformation liefert die Grundlage für die Bewertung; sie sollte vor Beginn der Analyse zusammengestellt und bei Bedarf ergänzt werden. Folgendes sollte enthalten sein:

- a) Forderungen an das Gerät und seine zugehörigen Systeme, einschließlich Ausführungsbestimmungen;
- b) Entwurfs- und Instandhaltungsdokumentation;
- c) Leistungsrückmeldungen einschließlich Instandhaltungs- und Ausfalldaten.

Um Vollständigkeit zu garantieren und Doppelarbeit zu vermeiden, sollte die Bewertung außerdem auf einer geeigneten und logischen Untergliederung des Geräts beruhen.