

DIN EN 60706-5



ICS 29.020

Ersatz für
DIN IEC 60706-5:2002-09,
VG 95287-2:2003-08 und
VG 95287-4:2003-08
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Instandhaltbarkeit von Geräten –
Teil 5: Prüfbarkeit und diagnostisches Prüfen (IEC 60706-5:2007);
Deutsche Fassung EN 60706-5:2007**

Maintainability of equipment –
Part 5: Testability and diagnostic testing (IEC 60706-5:2007);
German version EN 60706-5:2007

Maintenabilité de matériel –
Partie 5: Testabilité et tests pour diagnostic (CEI 60706-5:2007);
Version allemande EN 60706-5:2007

Gesamtumfang 57 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Normenstelle Elektrotechnik (NE) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2007-10-01 angenommene EN 60706-5 gilt als DIN-Norm ab 2008-03-01.

Daneben dürfen DIN IEC 60706-5:2002-09, VG 95287-2:2003-08 und VG 95287-4:2003-08 noch bis 2010-10-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60706-5:2005-08.

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 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 Europäische Norm EN 60068 durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60706-5:2002-09, VG 95287-2:2003-08 und VG 95287-4:2003-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Unterscheidung zwischen diagnostischem Prüfen und Funktionsüberwachung;
- b) erweiterte Betrachtungen für
 - Konzept- und Definitionsphase,
 - Entwurfs- und Entwicklungsphase,
 - Produktions- und Instandhaltungsphase,
 - Ausmusterungsphase;
- c) zusätzliche Behandlung der Prüfbarkeit im Entwicklungsprozess;
- d) zusätzliche Behandlung von Verifikation der Prüfbarkeit;
- e) neuer Anhang A über Berechnung von Maßzahlen für die Fehlererkennung und die Fehlerlokalisierung;
- f) neuer Anhang B über Entwicklung von prüfbaren Produkten.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60706-5: 2002-09

VG 95287-2: 1976-01, 1984-12, 1990-02, 2003-08

VG 95287-4: 1976-01, 1984-12, 1990-02, 2003-08

Instandhaltbarkeit von Geräten –
Teil 5: Prüfbarkeit und diagnostisches Prüfen
(IEC 60706-5:2007)

Maintainability of equipment –
Part 5: Testability and diagnostic testing
(IEC 60706-5:2007)

Maintenabilité de matériel –
Partie 5: Testabilité et tests pour diagnostic
(CEI 60706-5:2007)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2007-10-01 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, Bulgarien, 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

© 2007 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60706-5:2007 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/1211/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60706-5, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2007-10-01 als EN 60706-5 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): 2008-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2010-10-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60706-5:2007 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 60300-3-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-3-2:2005 (nicht modifiziert).
IEC 60300-3-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-3-3:2004 (nicht modifiziert).
IEC 60300-3-12	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-3-12:2004 (nicht modifiziert).
IEC 60300-3-14	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60300-3-14:2004 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Abkürzungen	11
4 Beschreibung der Prüfbarkeit und des diagnostischen Prüfens	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Ziele der Prüfbarkeit	13
4.3 Ziele des diagnostischen Prüfens	15
4.4 Methoden zum diagnostischen Prüfen	15
4.5 Methoden für die Zustandsüberwachung	15
4.6 Prüfbarkeitskonzept	16
5 Prüfbarkeitsspezifikation	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Leistungsbeschreibung	17
5.3 Spezifikation	17
5.4 Leistungsmerkmale der Prüfbarkeit	20
5.5 Charakteristische Werte für die Beurteilung der Prüfbarkeit	21
5.6 Kriterien für die Bewertung von alternativen Diagnosekonzepten	22
6 Prüfbarkeit im Entwicklungsprozess	22
6.1 Allgemeines	22
6.2 Funktionale Zuweisung	24
6.3 Prüfgerechte Konstruktion	24
6.4 Prüfbarkeitsentwicklungsprozess	26
7 Bewertung der Prüfbarkeit	27
7.1 Allgemeines	27
7.2 Verifikation durch Analyse	27
7.3 Verifikation durch Prüfungen	27
8 Prüfbarkeitsdokumentation	27
Anhang A (informativ) Berechnung der Maßzahlen für die Fehlererkennung und die Fehlerlokalisierung	28
A.1 Formelzeichen	28
A.2 Fehlererkennung während des Betriebes	28
A.3 Fehlererkennung unter Prüfbedingungen	28
A.4 Diagnosewahrheit und Prüfabdeckung	31
A.4.1 Formelzeichen	31
A.4.2 Diagnosewahrheit	31
A.4.3 Prüfabdeckung	31
Anhang B (informativ) Entwicklung für prüfbare Produkte	32
B.1 Anforderungsanalyse	32
B.1.1 Anforderungen der Leistungsbeschreibung analysieren	32
B.1.2 Einordnung des zu entwickelnden Produktes	32
B.2 Funktionaler Entwurf	33
B.2.1 Auflistung der Funktionen und Teilfunktionen	33

	Seite
B.2.2 Modellierung der Funktionen und Anschlüsse	33
B.2.3 Festlegung der Parameter zu den Funktionen	34
B.3 Konstruktiver Entwurf	35
B.3.1 Funktionsmodell, Systemspezifikation	35
B.4 Entwicklung der Prüfbarkeit	36
B.4.1 Festlegung der Prüfschritte	36
B.4.2 Festlegung der Prüfpfade	37
B.4.3 Zuordnung zum Anteil der Prüfaufgabe	38
B.5 Fehlererkennung bewerten	39
B.5.1 Methodik für die Berechnung der Fehlererkennung	39
B.5.2 Maßzahl für die Güte der Fehlererkennung (FR) während des Betriebes	39
B.5.3 Maßzahl für die Güte der Fehlererkennung (FR) unter Prüfbedingungen	41
B.6 Bewertung der Fehlerlokalisierung	43
B.6.1 Methodik zur Berechnung der Fehlerlokalisierung	43
B.6.2 Maßzahl für die Güte der Fehlerlokalisierung (FL)	45
B.6.3 Bezug zum Fehlerort (Hardware-Einheit) und Eindeutigkeit	46
B.6.4 Möglichkeiten zur Verbesserung der Maßzahl für die Güte der Fehlerlokalisierung (FL)	48
B.7 Nachweis der Prüfbarkeit	50
B.7.1 Durchführung der Nachweise	50
B.7.2 Methodik für den Nachweis	50
B.8 Dokumente	51
B.8.1 Allgemeines	51
B.8.2 Systemanforderung (siehe Beispiel in Tabelle B.21)	52
B.8.3 Prüfspezifikation	52
B.8.4 Erweitertes Blockschaltbild (siehe Bild B.15)	53
B.8.5 Nachweisprotokoll	53
Literaturhinweise	54
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	55
 Bild 1 – Prüfbarkeit und diagnostisches Prüfen im Lebenszyklus	13
Bild 2 – Einsatzzusammenhänge	20
Bild 3 – Entwicklungsprozess im V-Modell	23
Bild 4 – Konstruktive Ebenen und deren logistische Zuordnung am Beispiel eines Flugzeuges	26
Bild B.1 – Beispiel für die Festlegung der Grunddaten	32
Bild B.2 – Modellierung der Teilfunktionen und Anschlüsse	33
Bild B.3 – Funktionsmodell mit funktionalen Zusammenhängen zwischen den Teilfunktionen	34
Bild B.4 – Funktionsmodell mit eingefügten Hardware-Einheiten	35
Bild B.5 – Funktionsmodell mit eingetragenen Stimuli- und Messpunkten	36
Bild B.6 – Funktionsmodell mit eingetragenen Prüfpfaden	37
Bild B.7 – Anteile der Prüfaufgabe	38
Bild B.8 – Funktionsmodell mit Prüfpfaden des Anteils A	40
Bild B.9 – Funktionsmodell mit Prüfpfaden der Anteile A + B + C + D	42
Bild B.10 – Funktionsmodell des Fallbeispiels 1	44
Bild B.11 – Funktionsmodell des Fallbeispiels 2	44
Bild B.12 – Anteile der Fehlerlokalisierung	46
Bild B.13 – Funktionsmodell mit zusätzlichen Stimulus- und Messpunkten	48
Bild B.14 – Auswahlkriterien für den Nachweis	51
Bild B.15 – Funktionsmodell dargestellt als erweitertes Blockschaltbild	53

	Seite
Tabelle 1 – Elemente des Betriebskonzeptes	18
Tabelle 2 – Elemente des Instandhaltungskonzeptes	19
Tabelle 3 – Prüfaufgabe	21
Tabelle 4 – Beispiel einer logistischen Zuordnung	26
Tabelle B.1 – Daten für das Dokument „Systemanforderung“	33
Tabelle B.2 – Daten für das Dokument „Prüfspezifikation“ (Zuordnung von Funktion zu Parameter)	34
Tabelle B.3 – Um Hardware-Einheiten und logistische Zuordnung ergänzter Datenbestand	35
Tabelle B.4 – Um Prüfschritte ergänzter Datenbestand	36
Tabelle B.5 – Um Prüfpfade ergänzter Datenbestand	37
Tabelle B.6 – Um die Anteile der Prüfaufgabe ergänzter Datenbestand	38
Tabelle B.7 – Bestimmung der vorhandenen Anschlüsse und Hardware-Einheiten	39
Tabelle B.8 – Abdeckungsmatrix Anschlüsse und Pfade	39
Tabelle B.9 – Bestimmung der Maßzahl für die Güte der Fehlererkennung (FR) während des Betriebes (Anteil A)	40
Tabelle B.10 – Bestimmung der Maßzahl für die Güte der Fehlererkennung (FR) unter Prüfbedingungen (Anteile A + B + C + D)	41
Tabelle B.11 – Abdeckungsmatrix	43
Tabelle B.12 – Codierung der Anschlüsse	43
Tabelle B.13 – Summenfeld	44
Tabelle B.14 – Fehlerlokalisierungsmatrix des Fallbeispiels 1	44
Tabelle B.15 – Fehlerlokalisierungsmatrix des Fallbeispiels 2	45
Tabelle B.16 – Bestimmung der Maßzahl für die Güte der Fehlerlokalisierung (FL)	45
Tabelle B.17 – Bestimmung der Lokalisierbarkeit der Hardware-Einheiten	47
Tabelle B.18 – Um den Prüfpfad 5 erweiterte Datentabelle	48
Tabelle B.19 – Bestimmung der Lokalisierbarkeit der Hardware-Einheiten mit zusätzlichem Prüfpfad 5	49
Tabelle B.20 – Nachweisprotokoll	51
Tabelle B.21 – Beispiel für das Dokument „Systemanforderung“	52
Tabelle B.22 – Beispiel für das Dokument „Prüfspezifikation“	52
Tabelle B.23 – Nachweisprotokoll	53

Einleitung

Prüfbarkeit ist eine wichtige Eigenschaft beim Betrieb und bei der Instandhaltung eines Systems oder eines Gerätes und hat einen bedeutenden Einfluss auf seine Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit. Die Diagnoseprüfung kann manuell oder mittels Prüfgerät mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad erfolgen. Die optimale Gestaltung der Prüfbarkeit setzt die enge Zusammenarbeit zwischen der Entwicklung, den Nutzern und der Instandhaltungsorganisation voraus. Diese Norm soll die verschiedenen Aspekte der Prüfbarkeit und des diagnostischen Prüfens hervorheben und deren zeitliche Realisierung unterstützen.

In dieser Norm werden Einheiten wie z. B. Systeme, Geräte oder Funktionseinheiten, welche in Bezug auf ihre Prüfbarkeit betrachtet werden und Gegenstand eines Vertrages sind, als „Produkt“ bezeichnet. Jedes Produkt muss bestimmte Funktionen erfüllen, welche in der Entwicklungs- und Produktionsphase verifiziert und über die Lebensdauer des Produktes erhalten bleiben sollen. Die Erhaltung der Funktionalität eines Produktes setzt voraus, dass im Betriebszustand für jede Teilfunktion der Funktionsstatus zu jedem Zeitpunkt bekannt ist. Tritt ein Ausfall auf, so sollten Maßnahmen ergriffen werden, die sicherstellen, dass der Fehlzustand erkannt und die fehlerhafte Einheit lokalisiert werden kann. Diese Anforderung an die Prüfbarkeit eines Produktes erscheint sehr simpel, aber wenn die Anforderung nicht zu Beginn einer Produktentwicklung gestellt wird, ist die spätere Realisierung sehr aufwendig und kostenintensiv. Liegen bereits bei Beginn der Entwicklung alle Anforderungen vor, so kann der Entwickler das Funktionsmerkmal „Prüfbarkeit“ ohne zusätzlichen Mehraufwand konzipieren und schon bei der Verifizierung der Entwicklungsnachweise eine erhebliche Kostenminderung durch Minimierung der Prüfschritte erzielen. Die Erfahrungen zeigen, dass die Mehrkosten und Aufwendungen in der Entwicklungsphase wieder herausgeholt werden können, wenn z. B. vorhandene Prüfeinrichtungen in der Produktion verwendet werden können. Sichere Fehlererkennung und geringe Instandhaltungskosten im Einsatz erhöhen den Marktwert des prüfbaren Produktes erheblich.

Da die in dieser Norm behandelten Technologien zur Anwendung auf die Produkte einen weiten Bereich abdecken, wurde die Norm hinsichtlich Technologien und Techniken neutral abgefasst. Die Norm liefert deshalb nur die Bewertungsgrundlage zur Errechnung der Prüfbarkeitsmaßzahl und die Methode zur Erreichung der geforderten Prüfbarkeit eines Produktes. Die technische Realisierung der Fehlererkennung und der Fehlerlokalisierung im Produkt obliegt dem Produktentwickler und sollte sich weitgehend am Stand der Technik zum Zeitpunkt der Entwicklung orientieren. Es ist daher nicht maßgebend, ob die geforderte Prüfaufgabe in Hardware oder Software realisiert wird. Maßgebend ist, dass alle Funktionen über Prüfpfade geprüft werden und die ermittelten Maßzahlen für die Prüfbarkeit den Anforderungen entsprechen. Bei Abweichungen von den Sollvorgaben müssen Maßnahmen zur Erreichung der Sollvorgaben eingeleitet werden. Dies sollte im frühen Stadium der Entwicklung erfolgen, bevor die Konstruktionsauslegung in Hardware fixiert ist.

1 Anwendungsbereich

Der Zweck dieses Teiles der IEC 60706 ist

- die Bereitstellung eines Leitfadens für die frühe Berücksichtigung der Prüfbarkeitsbelange in der Konstruktion und Entwicklung,
- die Unterstützung bei der Auswahl von effektiven Prüfprozeduren als integraler Teil für Einsatz und Instandhaltung.

Diese Norm ist für alle Arten von Produkten anwendbar, einschließlich handelsüblicher (en: commercial off-the-shelf (COTS)) Produkte. Damit bezieht sich die Anwendung auf alle Techniken eines Produktes, unabhängig davon, ob es sich um Mechanik, Hydraulik, Elektrik oder sonstige Technologie handelt. Die Anwendung der Norm stellt zudem sicher, dass alle Produkte so entwickelt werden, dass die erforderlichen Funktionen des Produktes verifizierbar und damit prüfbar sind.

Die Zielsetzung dieser Norm ist es, sicherzustellen, dass alle Anforderungen bezüglich der Prüfbarkeit eines Produktes vor Einleitung der Entwicklung definiert und vom Kunden niedergelegt sind sowie in der Entwicklungsphase implementiert, dokumentiert und verifiziert werden.

Diese Norm stellt auch Verfahren zur Einbringung und Bewertung der Prüfbarkeit als integralen Bestandteil der Entwicklung eines Produktes zur Verfügung. Es wird empfohlen, dass die Produkt-Prüfbarkeitsdokumentation aktuell über den gesamten Lebenszyklus des Produktes gehalten wird.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60050-191, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60706-2, *Maintainability of equipment – Part 2: Maintainability requirements and studies during the design and development phase*

IEC 60706-3, *Maintainability of equipment – Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data*

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

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

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

3.1.1

internes Prüfverfahren (en: built-in-test)

BIT

integrierte Fähigkeit eines Prüflings, die eine automatische Fehlererkennung und Fehlerlokalisierung ermöglicht

3.1.2

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

BITE

Hardware und/oder Software, welche dem Built-in-Test zuzuordnen ist

3.1.3

handelsübliches Produkt (en: commercial off-the-shelf)

COTS

auf dem Markt erhältliches fertig entwickeltes Produkt

3.1.4

Kritikalität^{N1)}

Bedeutung bezüglich des Fehlverhaltens

ANMERKUNG Die Kritikalität wird in Stufen angegeben, wobei die Einstufung umso höher ist, je gravierendere Auswirkungen bei Fehlverhalten zu erwarten sind.

3.1.5

Prüftiefe

Spezifikation der Ebene, bis zu welcher eine Einheit oder Untereinheit identifiziert werden kann

3.1.6

konstruktive Ebene (en: design level)

Zuordnung konstruktiver Elemente (funktionale oder physikalische Einheiten), wenn diese bereits vorhanden sind, zu ihrer Ebene in Bezug auf die Produkt-/Erzeugnisstruktur

ANMERKUNG In einigen Fällen wird anstelle von „design level“ auch „indenture level“ verwendet.

3.1.7

Diagnosewahrheit

Anteil der Fehler einer Einheit, die unter den gegebenen Einsatzbedingungen korrekt erkannt werden

3.1.8

diagnostisches Prüfen

Prüfablauf zum Zwecke der Fehlersuche

3.1.9

Fehlalarm

Hinweis auf einen Fehler, der nach der Fehlersuche nicht erkannt wurde

3.1.10

Fehlalarmrate

Verhältnis von Fehlalarmen zu der Gesamtzahl von erkannten Fehlern

3.1.11

Fehlererkennungszeit

Zeit zwischen dem Auftreten einer Störung und dem Erkennen des Fehlers

3.1.12

Fehlersimulation

Einbau von Fehlern auf nicht zerstörender Basis in die Hardware-Einheiten und/oder, wenn notwendig, Simulation via Software zur Verifizierung der Diagnosefähigkeiten

3.1.13

Funktion

Leistungsmerkmale, die ein Produkt benötigt

ANMERKUNG Eine Funktion ist immer an eine Einheit einer bestimmten Produkthierarchieebene gebunden, sofern sie bereits realisiert wurde.

3.1.14

Funktionsmodell

konzeptionelle Darstellung einer Einheit mit Darstellung der Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Stimuli und Messanschlüssen

ANMERKUNG Das Funktionsmodell, welches während der Entwicklung des Produktes schrittweise entsteht, ist im Prinzip ein Blockschaltbild, das die Funktionen des Produktes darstellt, ergänzt durch die vom Entwickler vorgesehenen Prüfpfade.

3.1.15

Funktionsprüfung

Prüfung aller spezifizierten Funktionen von Hardware-Einheiten zum Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit

^{N1)} Nationale Fußnote: In der IEC 60812 „FME(C)A“ wird „criticality“ als Produkt aus Bedeutung (severity) und Auftretenswahrscheinlichkeit (occurrence) definiert und mit „Kritizität“ übersetzt. Im Gegensatz dazu wird in dieser Norm hier „criticality“ mit „Kritikalität“ übersetzt, da es der „Bedeutung“ aus IEC 60812 entspricht.

3.1.16

Hardware-Einheit (HWE)

konstruktives Element, welches Funktionen und/oder Teilfunktionen als Hardware repräsentiert

3.1.17

am Produkt direkt wechselbare Einheit (en: line replaceable unit)

LRU

Hardware- oder Software-Einheit, die aus logistischer Sicht direkt am Produkt vom Nutzer oder der Instandhaltungsunterstützung ausgewechselt wird

3.1.18

Instandhaltungskonzept

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

3.1.19

Instandhaltungsstrategie

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

3.1.20

Funktionsüberwachung

automatische Überwachung der Funktionen, die für den Betrieb in einer gewählten operationellen Betriebsart erforderlich sind. Der Betrieb sollte dadurch nicht beeinflusst werden.

3.1.21

Einsatzzusammenhänge (en: operational context)

Einsatzbedingungen für ein Produkt

3.1.22

Parameter

physikalische Größe, die eine Funktion spezifiziert

3.1.23

Produkt

näher beschriebene lieferbare Ware oder Serviceleistung

ANMERKUNG 1 Das Produkt kann im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit sehr einfach, wie z. B. ein Gerät, ein Softwarealgorithmus, oder komplex, wie z. B. ein System oder ein integriertes Netzwerk, bestehend aus Hardware, Software, Servicepersonal und Einrichtungen, sein.

ANMERKUNG 2 Jedes Produkt hat seinen eigenen Lebenszyklus.

ANMERKUNG 3 Produkt hat die gleiche Definition wie Betrachtungseinheit.

3.1.24

Produktstruktur (en: product breakdown structure)

Darstellung der hierarchischen physikalischen Produktstruktur unter Einbeziehung aller Einheiten und Untereinheiten

3.1.25

am Produkt nicht direkt wechselbare Einheit (en: shop replaceable unit, SRU)

auswechselbare Hardware/Software-Einheit, welche in einer Instandsetzungseinrichtung beim Nutzer oder Lieferanten ausgewechselt wird

3.1.26

Signal

verschiedene physikalische Größen zur Darstellung von Daten

ANMERKUNG Ein Signal wird durch ein oder mehrere Parameter repräsentiert.

3.1.27

Spezifikation

detaillierte Definition der Funktionen einer Einheit auf einer festgelegten Ebene der Produktstruktur

ANMERKUNG Spezifikationen sollten von Systemanforderungen abgeleitet werden und verifizierbar sein.

3.1.28

Leistungsbeschreibung

Dokument, das die Anforderungen an die herzustellenden Waren und Dienstleistungen beschreibt

ANMERKUNG Die Leistungsbeschreibung wird vom Kunden erstellt oder akzeptiert und definiert die Arbeiten, auf die sich der Vertrag bezieht und die vom Auftragnehmer auszuführen sind. Sie stellt somit ein technisches Hauptdokument dar, an dem die Wettbewerber ihre Angebote orientieren, danach führt der Auftragnehmer die Arbeiten durch, und der Kunde nimmt die hergestellten Waren und Dienstleistungen ab.

3.1.29

Stimulus

Eingangssignal mit festgelegten Parametern zur Anregung von Funktionen

3.1.30

Teilfunktion

Unterteilung einer Funktion (siehe auch Funktion 3.1.13)

3.1.31

Anschluss

allgemeiner Ausdruck für die physikalischen Zugänge zu Signalen eines Prüflings. Beispiele für physikalische Zugänge oder relevante Ausdrücke für Synonyme sind

- Stecker,
- Anschlussstück,
- Steckverbinder,
- Prüfpunkt,
- Schnittstelle,
- Anschlussbuchse.

ANMERKUNG Im Allgemeinen erfolgt die Identifizierung eines Anschlusses durch eine eindeutige Kennung.

3.1.32

Prüfkonzept

Beschreibung der Ergebnisse der Analyse der Systemanforderungen an die Prüfbarkeit als Vorgabe für die Methode zur Erfüllung der Anforderungen

3.1.33

Prüfabdeckung (en: test coverage)

Verhältnis der Anzahl fehlerhafter Funktionen, die bei gegebener Prüfanweisung tatsächlich zur Diagnose geeignet sind, zur Gesamtzahl der Funktionen

3.1.34

Prüfmittel (en: test equipment)

Mittel (Hardware und/oder Software) zur Durchführung von Prüfungen

ANMERKUNG Sie werden aufgrund der technischen Realisierung in interne und externe Prüfmittel unterteilt.

3.1.35

Prüfanweisung

Dokument, das die Durchführung der in der Prüfspezifikation geforderten Prüfungen beschreibt

3.1.36

Prüfpfad

Beschreibung der Verbindung von Hardware-Einheiten zu ihren Anschlüssen in Bezug auf zugehörige Prüfungsschritte

ANMERKUNG Zusätzlich definiert der Prüfpfad den (funktionalen) Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsparametern.

3.1.37

Prüfsequenz

Aneinanderreihung von Prüfungsschritten

3.1.38

Prüfspezifikation

Dokument, in dem Prüfsequenzen, Parameter und Funktionen spezifiziert sind

3.1.39

Prüfschritt

kleinste Einheit einer Prüfung an einer Hardware-Einheit

3.1.40

Prüfaufgabe

Summe aller Prüfungen, die für die Erfüllung der Vorgaben für die Fehlererkennung und Fehlerlokalisierung erforderlich sind

3.1.41

Prüfbarkeit

konstruktive Eigenschaft, die bestimmt, in wie weit ein Produkt funktional unter festgelegten Bedingungen geprüft werden kann

3.2 Abkürzungen

ATE	automatische Prüfeinrichtung (en: automatic test equipment)
ATS	automatisches Prüfsystem (en: automatic testing system)
BIT	internes Prüfverfahren (en: built-in test)
BITE	interne Prüfeinrichtung (en: built-in test equipment)
COTS	handelsübliches Produkt (en: commercial off-the-shelf)
DP	Datenverarbeitung (en: data processing)
FL	Fehlerlokalisierung (en: fault localization)
FM	Funktionsüberwachung (en: functional monitoring)
FME(C)A	Fehlzustandsart-, -auswirkungs- (und -kritizitäts-) analyse ^{N2)} (en: failure mode, effects, (and criticality) analysis)
FR	Fehlererkennung (en: fault recognition)
FT	Funktionstest (en: functional test)
FTA	Fehlzustandsbaumanalyse (en: fault tree analysis)
HWE	Hardware-Einheit (en: hardware unit)
LCC	Lebenszykluskosten (en: life cycle cost)
LORA	Reparaturebenen-Analyse (en: level of repair analysis)
LRU	am Produkt direkt wechselbare Einheit (en: line replaceable unit)
PCB	Leiterplatten (en: printed circuit board)
SoW	Leistungsbeschreibung (en: statement of work)
SRU	am Produkt nicht direkt wechselbare Einheit (en: shop replaceable unit)
SF	Teilfunktion (en: sub function)
TS	Technische Spezifikation (en: technical specification)

4 Beschreibung der Prüfbarkeit und des diagnostischen Prüfens

4.1 Allgemeines

Der leistungsfähige und kosteneffektive Betrieb sowie die Instandhaltung von Produkten werden dadurch unterstützt, dass die Prüfbarkeit bei der Entwicklung und auch in allen anderen Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt wird. Anwendbare Methoden des diagnostischen Prüfens sind somit im Produkt als eine

^{N2)} Nationale Fußnote: Für die Fehlzustandsart-, -auswirkungs- (und -kritizitäts-) analyse, englisch „failure modes, effects and criticality analysis, FMECA“ wird in dieser deutschen Übersetzung, wo sinnvoll, der geläufigere Begriff „Ausfallbedeutungsanalyse“ nach DIN 25448 verwendet.

Komponente des Instandhaltungskonzeptes enthalten. Die Prüfbarkeit einschließlich Fehlersuche wird während des gesamten Lebenszyklus eines Produktes vervollständigt.

Die Lebenszykluskosten (LCC) sind im zunehmenden Maße ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung der Qualität jeder Entwicklung. Zusätzlich zu den Beschaffungskosten verlangen viele Kunden die Kontrolle der Kosten für den täglichen Betrieb, die Instandhaltung und die logistische Unterstützung. Diese Kosten werden hauptsächlich beeinflusst durch die Eigenschaften des Produktes hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsunterstützung. In diesem Zusammenhang kann die zur Anwendung kommende Prüf-/Diagnosetechnik ein bedeutender Faktor bei der Senkung bestimmter Kostenelemente der Lebenszykluskosten sein. Einschränkungen durch die Optimierung der Lebenszykluskosten sollten deshalb stets in Bezug auf die Auswirkungen der festgelegten Prüf- und Diagnoseanforderungen betrachtet werden.

Dieser internationale Standard ist geeignet, in allen Phasen des Lebenszyklus angewandt zu werden, d. h. vom Zeitpunkt des Bedürfnisses nach einem Produkt über die Entwurfs- und Entwicklungsphase bis zur Herstellungs-/Installationsphase und schlussendlich bis zur Nutzung und Instandhaltungsphase, wie nachfolgend beschrieben (siehe auch Bild 1).

a) Entwurfs- und Entwicklungsphase

Vom Konzept bis zur Realisierung eines Produktes sollten ggf. in mehreren Vorphasen die Anforderungen an das Produkt auf die Belange des Einsatzes hin angepasst werden.

b) Herstellungs- und Installationsphase

Während dieser Phase können die Diagnosetechniken des Produktes unter Verwendung der vorgesehenen Geräte verifiziert, die Wirksamkeit beurteilt, die Dokumentation erstellt und die Ausbildung für das Bedien- und Instandhaltungspersonal begonnen werden.

c) Betriebs- und Instandhaltungsphase

Sollten Prüfgeräte aufgrund von Obsoleszenz nicht mehr lieferbar sein, werden Änderungen der Prüfeinrichtungen erforderlich. Bei entsprechendem Bedarf für ihre Weiterführung sollten die Prüffunktionen für die Diagnose durch Austausch oder durch die Weiterentwicklung von Geräten kontinuierlich angepasst werden. Später sollte dann eine Nachentwicklung in einer neuen Entwicklungsphase durchgeführt werden.

Die Anwendung dieser Norm schafft die Voraussetzung, dass die erforderlichen Produktdaten/-informationen erstellt werden, nachprüfbar und über den gesamten Lebenszyklus aktuell sind.

Anhang B zeigt an einem Beispiel, wie die Prüfbarkeit im Produkt-/Systementstehungsprozess entwickelt, dokumentiert und überprüft wird.

Die Diagnoseprüfungen können beinhalten die

- Funktionsprüfungen zum Nachweis der Funktionsfähigkeit von Funktionen,
- Zustandsüberwachung zur Beobachtung des Gerätezustands und seiner zeitlichen Verschlechterung.

Die Zustandsüberwachung ist eng mit dem Konzept des diagnostischen Prüfens verbunden und sollte nicht davon getrennt werden. Die umfassende Behandlung der Zustandsüberwachung sollte jedoch nicht Bestandteil dieses Standards sein.

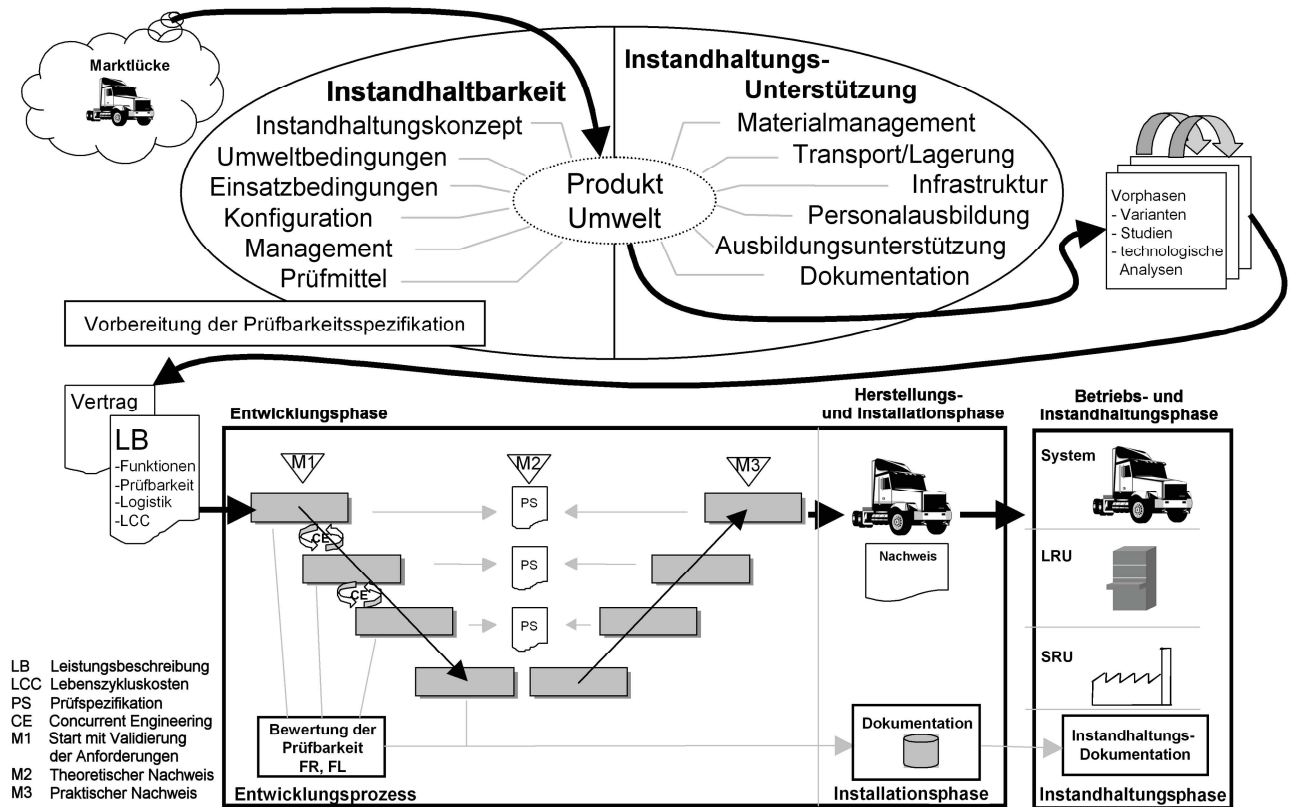


Bild 1 – Prüfbarkeit und diagnostisches Prüfen im Lebenszyklus

4.2 Ziele der Prüfbarkeit

In der Entwurfs- und Entwicklungsphase ist die Prüfbarkeit eng mit der Instandhaltbarkeit, der Verfügbarkeit und der Sicherheit verknüpft. Das Hauptziel der Prüfbarkeit ist hierbei für alle Systemfunktionen auf folgende Fragen gerichtet:

- Können Funktionsausfälle mit der Diagnoseprüfung erkannt werden? Dabei ist zu beachten, dass bestimmte sicherheitsrelevante Funktionen nicht komplett geprüft werden können, entweder aus Sicherheitsgründen oder weil die Prüfung Zerstörungen verursacht (wie z. B. der Drehzahlbegrenzer eines Rotors).
- Ist es zweckmäßig zu prüfen? Die Kritikalität des Ausfalls einzelner Funktionen, die Prüfkosten (einschließlich der Prüfmittelkosten, der Instandhaltungskosten der Prüfmittel und die Durchführungskosten der Prüfung) sowie die Anwendung besserer und billigerer Alternativen können zu der Schlussfolgerung führen, dass nicht kostengünstig geprüft werden kann.

ANMERKUNG Für die beiden Fälle in a) und b) sollten Alternativmethoden vorgesehen werden, um die Funktionsfähigkeit des Produktes während des gesamten Lebens zu erhalten. Beide Elemente tragen gemeinsam zur Prüfbedeckung bei. Ein niedriger Wert der Prüfbedeckung kann bedeuten, dass die Funktionsfähigkeit des Systems nicht vollumfänglich während seines Lebenszyklus geprüft werden kann, aber er kann auch bedeuten, dass die Instandhaltbarkeit und Instandsetzungsfähigkeit so sind, dass diese Prüfung nicht notwendig ist.

- In welchem Abschnitt des Lebenszyklus sollte die Einheit geprüft werden? Es muss bedacht werden, dass die Prüfung in jeder Phase des Lebenszyklus möglich sein könnte. Eine Funktionsprüfung kann auf der Komponentenebene möglich sein, aber auf Systemebene keinen Vorteil bringen. Dieses kann durch ein Beispiel gut erklärt werden. Betrachtet man z. B. eine Waschmaschine und ihre Funktion „Abwasser abpumpen“. Es kann aus Sicht des Anwenders nützlich sein, durch eine Vorprüfung sicherzustellen, dass die Abwasserpumpe korrekt arbeitet. (Das Prüfen während des Betriebes würde nur einen geringen Nutzen bringen.) Die Auslegung dieser Funktion benötigt aus folgenden Gründen keinen Einsatz von Prüfausrüstung zur Überprüfung dieser Funktion:

- Die Lebensdauer der Pumpe und der dazugehörigen Ausrüstungsgegenstände übersteigt die Lebensdauer des Produktes (andere Ausfälle und die Kosten für ihre Reparatur bestimmen die Lebensdauer des Produktes).
- Die Instandhaltungsaufgabe zur Beseitigung einer möglichen Blockierung ist leicht durchzuführen.

- 3) Einheiten, die diese Funktion ausführen, können vor Auslieferung vollständig auf Einheiten- und Systemebene geprüft werden.
 - 4) Durch die Festlegung der Phasen, in welchen geprüft wird, können auch die Lebenszykluskosten beeinflusst werden.
- d) Bis zu welcher Tiefe soll geprüft werden? Die Tiefe der Prüfungen ist auch ein wichtiges Kriterium und, wie im oben genannten Beispiel, eng am Instandhaltungskonzept ausgerichtet. Die Prüftiefe spezifiziert die (Instandhaltungs-)Ebene, auf der die Einheit oder Untereinheit ermittelt werden kann. Z. B. kann eine Funktionsprüfung auf Systemebene eine Hardware-Einheit (LRU) lokalisieren, aber alternativ könnte die Prüfung auch durch den Tausch einer Untereinheit (SRU) mit nur wenig oder gar keinem Mehraufwand für die Instandhaltung erfolgen. Das kann ggf. die Kosten für eine Prüfeinrichtung auf der LRU-Ebene zur Lokalisierung und zum Austausch von fehlerhaften Untereinheiten reduzieren.

Grundprinzip bei der Entwicklung der Prüfbarkeit ist, dass alle entwickelten Funktionen verifizierbar sein sollen. Es wird jedoch angemerkt, dass eine Prüfabdeckung von 100 % nicht unbedingt wünschenswert ist, wenn durch die Prüfungen Fehler erzeugt werden können, die Betriebsausfälle hervorrufen, was dann zu schlechteren Ergebnissen als ohne Prüfung führen kann, z. B. wenn Ausfälle tatsächlich durch Prüfungen hervorgerufen werden oder dadurch Fehlalarme auftreten. 100 % Prüfabdeckung kann auch nicht generell für alle sicherheitsrelevanten Funktionen empfohlen werden, wenn dadurch die Sicherheit des Systems beeinträchtigt wird. Von größerer Bedeutung ist, dass die vorgesehenen Prüfungen das Vertrauen in den Betrieb des Systems erhöhen. Um dieses zu erreichen, sollte eine Abweichung von einer 100 %-Prüfabdeckung sorgfältig begründet werden.

Nichtsdestoweniger sollten die Ziele der Prüfbarkeit nicht widersprüchlich zu übergeordneten Zielen, wie z. B. der Verfügbarkeit, sein.

- e) Wie ist mit Fehlalarmen und unbestätigten Fehlzuständen umzugehen? Die Systemprüfung erkennt und zeigt dem Anwender einen Ausfall, obwohl kein wirklicher Ausfall vorliegt. Dies kann unnötige Aktivitäten erfordern und in einem Fehlalarmbericht resultieren. Dadurch können unnötige Instandsetzungsarbeiten verursacht werden und dies führt schließlich zu einem Befund eines nicht auffindbaren Fehlers. Fehlalarmraten sollten die festgelegten Kriterien nicht überschreiten, wenn möglich sollten sie auf null reduziert werden. Methoden, welche diese Vorfälle minimieren, beinhalten Rückführungssysteme zum fortlaufenden Einschätzen des Umfeldes und zur selbstständigen Nachjustierung zur Komponenten-degradation innerhalb der definierten Kriterien. Die Wiederholung einer Prüfung zum Beseitigen eines Fehlalarmes (die Prüfbedingungen können sich zwischenzeitlich so weit verändert haben, dass kein Alarm mehr auftritt) erhöht die Prüfzeit und sollte vermieden werden.

Fehler können angezeigt werden, obwohl keine Fehler existieren. Dieses kann eine Vielzahl von Gründen haben:

- 1) Wenn ein Fehler im System gefunden wird und die Diagnose eine ausgefallene Einheit erkennt, die nach Entfernung und Prüfung der Einheit außerhalb des Systems keinen Fehler zeigt, dann muss die Prüfspezifikation des Systems mit der Prüfspezifikation der ausgefallenen Einheit auf Differenzen hin überprüft werden.
- 2) Unzureichende Diagnoseprüfungen (der Fehler kann nicht eindeutig einer Einheit zugeordnet werden).
- 3) Interfaceprobleme (z. B. ein Steckerfehler, welcher zum Tausch einer Einheit geführt hat, wobei der Fehler nach Wiedereinstecken der Einheit nicht mehr auftritt);
- 4) schlechte Prüfeinrichtung einschließlich BITE (z. B.: zeigt einen Fehler an, der nicht vorhanden ist);
- 5) intermittierender Fehlzustand (minderwertige Einheiten können manchmal Ausfälle haben, die nur bei bestimmten Bedingungen auftreten);
- 6) Probleme durch Toleranzüberschneidungen (ein Fehlzustand bei der Systemprüfung tritt nicht beim Prüfen der Einheit außerhalb des Systems auf). Minderwertige Einheiten können Extremwerte im Toleranzband haben, was dazu führt, dass laufend Störungen im System auftreten.
- 7) Softwarefehler (Ausfälle in der Anwendung durch nicht vollständige Softwareprüfungen in der Entwicklung);
- 8) unzureichende Ausbildung des Bedien- und Instandhaltungspersonals kann ebenso dazu führen, dass funktionsfähige Ersatzteile als defekt eingestuft werden. Dies führt zu langen Durchlaufzeiten und Engpässen an Ersatzteilen.

Alle oben genannten Symptome können sich ungünstig auf die Nutzung und Instandhaltung auswirken und sollten deshalb, wo immer es geht, beseitigt oder verringert werden.

- f) Kann die Systemprüfung angepasst werden? Die Systemprüfung stellt sicher, dass ein System bei definierten Eingaben in einem definierten Umfeld korrekt funktioniert. Die Prüfbarkeitsanforderungen und die Fähigkeit zur Lokalisierung von Fehlern schreiben nicht unbedingt eine bestimmte Prüfprozedur vor. Die Prüfung einer übergeordneten Funktion und, soweit erforderlich, mit später tiefer gehender Prüfung kann Zeit sparen und verbessert ggf. die Nutzerfreundlichkeit. Die Anwendung von Tools, wie FME(C)A (siehe Anhang B) und FTA kann dadurch, dass man die wahrscheinlichste, ausgefallene Teilfunktion ermittelt, helfen, die Prüfsequenzen auf niedrigerer Prüfebene festzulegen.

4.3 Ziele des diagnostischen Prüfens

Die Zielsetzung des diagnostischen Prüfens ist es, die kostengünstigste, schnellste und eindeutigste Methode zur Lokalisierung einer defekten Einheit eines Produktes in der nach dem Instandhaltungskonzept festgelegten Instandsetzungsstufe zu finden. Effektive Fehlersuche

- erhöht die Verfügbarkeit des Produktes,
- verringert die Instandhaltungskosten,
- verringert die Gefahr von Folgeschäden,
- verbessert die Sicherheit des Systems,
- optimiert den Einsatz des Produktes.

Um diese Ziele zu erreichen, sollte das interne Prüfsystem

- einen Eigentest besitzen, der sicherstellt, dass alle vorgesehenen Diagnosefunktionen betriebsbereit sind,
- katastrophale und Abnutzungsfehler erkennen,
- Fehler aufgrund ausgefallener Funktionen oder LRU lokalisieren,
- vor verschleißbedingten Fehlern durch die Auswertung des Verschleißzustandes der betrachteten Einheiten warnen,
- Daten über die Betriebs- und Instandhaltung der Einrichtungen bereitstellen.

Die grundsätzlichen Anwendungen des internen Prüfsystems sind

- die Durchführung von Funktions- und Sicherheitsprüfungen vor Inbetriebnahme des Systems,
- Funktionsüberwachung während des Betriebes,
- Erkennung und Lokalisierung von gestörten Funktionen auf System- oder LRU-Ebene in der Betriebsumgebung,
- detaillierte Lokalisierung von gestörten Funktionen in den festgelegten Instandsetzungseinrichtungen.

4.4 Methoden zum diagnostischen Prüfen

Das Spektrum für mögliche Verfahren des diagnostischen Prüfens reicht von der rein manuellen Messung und Auswertung mechanischer Größen bis zur vollautomatischen Diagnose ganzer Prozesse und Anlagen, wobei sowohl einzelne Komponenten als auch komplexe Systeme geprüft werden. Die angewandten diagnostischen Methoden lassen sich in zwei Hauptkategorien einteilen.

- Die externe Diagnose benutzt vom Produkt getrennte Prüfmittel, die nur bei Bedarf an dieses angeschlossen werden. Es können allgemein verwendbare, an den Verwendungszweck angepasste, oder speziell für den Prüfling entworfene Prüfeinrichtungen verwendet werden. Auch automatische Prüfeinrichtungen (ATE) können eingesetzt werden.
- Die interne Diagnose bedient sich interner Prüfmittel (BITE), die während des Betriebs des Systems ständig oder intermittierend arbeiten können. Spezielle Prüfungen, wenn das System im eingeschränkten Betrieb oder außer Betrieb ist, können zusätzlich vorgesehen werden.

4.5 Methoden für die Zustandsüberwachung

Ergänzend zum funktionalen diagnostischen Prüfen auf diskrete Ausfälle profitieren viele Produkte auch von der Zustandsüberwachung. Diese wird als Teil der vorbeugenden Instandhaltung implementiert, um Abnutzungserscheinungen und Leistungsabfall zu überwachen.

Die Methoden zur Zustandsüberwachung hängen von der Art des Gerätes ab und können umfassen:

- Vibrationsanalysen,
- Flüssigkeits- und Schmierstoffanalysen,
- Ultraschallerkennung,
- Thermographie,
- Alarme und Abschaltungen in Leitsystemen.

4.6 Prüfbarkeitskonzept

Prüfbarkeit ist die konstruktive Eigenschaft eines Produktes, die sicherstellt, dass dessen Funktionsfähigkeit in einer zeitgerechten und effizienten Weise beurteilt und Fehler erkannt und ggf. lokalisiert werden können. Sie ist eine wesentliche Methode zur Sicherstellung der Instandhaltbarkeit eines Produktes.

Die Diagnoseprüfung kann entsprechend dem Instandhaltungskonzept aus einer Instandhaltungstätigkeit resultieren, die im Rahmen einer vorbeugenden Instandhaltung durchgeführt wurde. Die Prüfabdeckung beschreibt den Grad, bis zu welchem die Diagnoseprüfung angewandt werden kann. Die Diagnoseprüfung beinhaltet zwei Schritte:

- Fehlzustandserkennung (en: fault recognition – FR) und
- Fehlzustandslokalisierung (en: fault localization – FL).

Die Funktion Fehlzustandserkennung zeigt an, ob eine Funktionsstörung vorliegt, und die Funktion Fehlzustandslokalisierung bestimmt die spezielle Art des Fehlzustandes.

Das diagnostische Prüfen sollte auch Abweichungen in Toleranzketten berücksichtigen. Ein jeder Parameter hat gewöhnlich eine obere und eine untere Grenze, welche die Beurteilung für „gut“ oder „fehlerhaft“ begrenzt. Eine Einheit kann ihr Toleranzfeld streng einhalten, aber integriert im System beeinflussen andere Einheiten das Toleranzfeld der Systemgesamtfunktion. Zusätzlich zu den Toleranzketten sollte die Genauigkeit der Messeinrichtung ebenfalls mit einbezogen werden, bevor das zulässige Toleranzfeld für eine Prüfung festgelegt werden kann. Die Prüfergebnisse, die während der Entwicklung erfasst werden, liefern eine Abschätzung der Prozessweite (die Summe aus Ausbeute in der Produktion und der Genauigkeit der Prüfausrüstung, einschließlich der Genauigkeit der Prüfstimuli und der Ablesegenauigkeit des Messgerätes). Diese Norm enthält bewusst keine umfassende Behandlung von Toleranzketten.

Vorgaben bezüglich Funktionalität einschließlich Prüfbarkeit in Form der Maßzahl für die Güte der Fehlzustandserkennung (FR) und der Fehlzustandslokalisierung (FL) sind funktionale Bestandteile des Produktes. Wird nach der Regel „zu entwickelnde Funktionen müssen über Parameter nachweisbar sein“ verfahren, so werden FR und FL von Beginn an als integrale Bestandteile der Funktionalität gleichzeitig mitentwickelt. Damit bleibt der kostenseitige Aufwand für das Produkt im vorgegebenen Rahmen. Bei nachträglichem Einbringen von Elementen der FR und FL ergibt sich neben erheblichen Terminverzögerungen eine verminderte Produktqualität bei extrem hohen Nachbesserungskosten.

5 Prüfbarkeitsspezifikation

5.1 Allgemeines

Angemessene vertragliche Festlegungen sind die Vorbedingung für eine wirksame Umsetzung der Anforderungen an das diagnostische Prüfen in messbare praktische Ergebnisse. Um optimale Entwürfe, Entwicklungen und Lieferungen von diagnostischen Prüfverfahren zu ermöglichen, sollte der Kunde eine genaue Spezifikation (einschließlich bestehender Einschränkungen) seiner Prüfbarkeitsanforderungen zur Verfügung stellen. Hierfür sollte er dem Lieferanten folgende Dokumente übergeben:

- Leistungsbeschreibung: Dieses Dokument enthält alle funktionalen Anforderungen in Bezug auf die Prüfungen. Hierin spezifiziert der Kunde alle von ihm erwarteten Funktionen/Funktionalitäten einschließlich der Prüfbarkeit.
- Prüfbarkeitsspezifikation: In diesem Dokument legt der Auftragnehmer (Entwickler) die Mittel (Hardware, Software) fest, mit denen die in der Leistungsbeschreibung geforderten betriebs- und prüftechnischen Funktionen und Leistungsmerkmale realisiert werden sollen.