

DIN EN 61163-1

ICS 29.020; 31.020

**Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung –
Teil 1: Instandsetzbare Baugruppen, losweise gefertigt
(IEC 61163-1:2006);
Deutsche Fassung EN 61163-1:2006**

Reliability stress screening –
Part 1: Repairable assemblies manufactured in lots (IEC 61163-1:2006);
German version EN 61163-1:2006

Déverminage sous contraintes –
Partie 1: Assemblages réparables fabriqués en lots (CEI 61163-1:2006);
Version allemande EN 61163-1:2006

Gesamtumfang 80 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2006-11-01 angenommene EN 61163-1 gilt als DIN-Norm ab 2007-06-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 61163-1:2003-12.

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

**Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung –
Teil 1: Instandsetzbare Baugruppen, losweise gefertigt
(IEC 61163-1:2006)**

Reliability stress screening –
Part 1: Repairable assemblies manufactured in lots
(IEC 61163-1:2006)

Déverminage sous contraintes –
Partie 1: Assemblages réparables fabriqués en lots
(CEI 61163-1:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-11-01 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

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 56/1102/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 61163-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 56 „Dependability“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-11-01 als EN 61163-1 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): 2007-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-11-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61163-1:2006 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 60068	ANMERKUNG Harmonisiert als EN 60068 (Reihe) (nicht modifiziert).
IEC 61014	ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61014:2003 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	12
4 Formelzeichen	15
5 Allgemeine Beschreibung	15
5.1 Prinzip der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	15
5.2 Ausfallkategorien	17
5.3 Ausfallzeitpunkte	17
6 Planung	17
6.1 Beanspruchungsmerkmale	17
6.2 Berechnung der ausfallfreien Periode T_M	19
6.3 Zeitdiagramme zur Ermittlung der ausfallfreien Periode	21
7 Vorbehandlung bei Pilotfertigung	26
7.1 Allgemeines	26
7.2 Informationen beschaffen	26
7.3 Beurteilung der Informationen	26
7.4 Neubeurteilung der ausfallfreien Periode T_M	28
8 Vorbehandlung bei ausgereifter Fertigung	28
8.1 Allgemeines	28
8.2 Informationen beschaffen	28
8.3 Beurteilung der Informationen	28
8.4 Behandlung nicht erwarteter Verhältnisse	28
8.5 Beenden der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	29
Anhang A (informativ) Beanspruchungsbedingungen – Allgemeine Informationen	30
A.1 Hintergrundinformation	30
A.2 Beanspruchungsarten	30
A.3 Beanspruchungsgrad	31
Anhang B (informativ) Beanspruchungsbedingungen – Temperatur	33
B.1 Konstant hohe Wärme	33
B.1.1 Definition des Beanspruchungsgrades	33
B.1.2 Auswirkungen	33
B.1.3 Übliche Beanspruchungsgrade	34
B.2 Temperaturzyklen	34
B.2.1 Definition des Beanspruchungsgrades	34
B.2.2 Auswirkungen	35
B.2.3 Übliche Beanspruchungsgrade	35

	Seite
Anhang C (informativ) Beanspruchungsbedingungen – Schwingen und Dauerschocken.....	37
C.1 Schwingen, sinusförmig, mit fester Frequenz	37
C.1.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	37
C.1.2 Auswirkung von sinusförmigem Schwingen mit fester Frequenz.....	38
C.1.3 Übliche Beanspruchungsgrade	38
C.2 Schwingen, sinusförmig mit gleitender Frequenz	38
C.2.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	38
C.2.2 Auswirkungen von sinusförmigem Schwingen mit gleitender Frequenz.....	39
C.2.3 Übliche Beanspruchungsgrade	39
C.3 Breitbandrauschen	39
C.3.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	40
C.3.2 Auswirkungen von Breitbandrauschen.....	40
C.3.3 Übliche Beanspruchungsgrade	40
C.4 Dauerschocken.....	41
C.4.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	41
C.4.2 Auswirkungen von Dauerschocken	41
C.4.3 Übliche Beanspruchungsgrade	41
Anhang D (informativ) Beanspruchungsbedingungen – Luftfeuchte.....	42
D.1 Konstant hohe Luftfeuchte und Wärme.....	42
D.1.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	42
D.1.2 Auswirkungen von feuchter Wärme	42
D.1.3 Übliche Beanspruchungsgrade	43
D.2 Hohe Luftfeuchte und Temperaturzyklen	43
D.2.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	43
D.2.2 Auswirkungen von hoher Luftfeuchte und Temperaturzyklen.....	43
D.2.3 Übliche Beanspruchungsgrade	44
Anhang E (informativ) Beanspruchungsbedingungen – Betriebliche Beanspruchung.....	45
E.1 Konstante betriebliche Beanspruchung.....	45
E.1.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	45
E.1.2 Auswirkungen	45
E.1.3 Übliche Beanspruchungsgrade	45
E.2 Zyklische betriebliche Beanspruchung.....	45
E.2.1 Definition des Beanspruchungsgrades.....	45
E.2.2 Auswirkungen	46
E.2.3 Übliche Beanspruchungsgrade	46
Anhang F (informativ) Spannungsbeanspruchung.....	47
Anhang G (informativ) Stark beschleunigte Vorbehandlung	48
Anhang H (informativ) Zweigipflige Verteilung – Weibull-Darstellung und Analyse	49
Anhang I (informativ) Berechnung der ausfallfreien Periode und der mittleren Vorbehandlungsdauer	54

	Seite
I.1 Das Baugruppenmodell.....	54
I.2 Grundlagen für die Zeitdiagramme zur Berechnung der ausfallfreien Periode	55
I.3 Schätzung der durchschnittlichen Vorbehandlungsdauer	59
Anhang J (informativ) Ausgearbeitetes Beispiel	64
J.1 Fallbeschreibung.....	64
J.2 Planung eines Prozesses der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung für Baugruppen.....	64
J.3 Überarbeitung des Prozesses der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	69
J.4 Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung während der Fertigung.....	76
Literaturhinweise	77
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	78
 Bild 1 – Der konzeptionelle Unterschied zwischen Zuverlässigkeitsvorbehandlung und Zuverlässigkeitswachstum	 8
Bild 2 – Üblicher Ablauf der Gestaltung und der Anpassung einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung für instandsetzbare Baugruppen	9
Bild 3 – Ein typischer Fluss von Hardware-Baugruppen vom Bauelementehersteller bis zum Anwender	11
Bild 4 – Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung von instandsetzbaren Baugruppen	16
Bild 5 – Abhängigkeiten der Ausfallkategorien.....	17
Bild 6 – Unterteilung der Beanspruchungsmerkmale.....	18
Bild 7 – Vorbehandlungsdauer von Baugruppen	19
Bilder 8a und 8b – Zeitdiagramme zur Bestimmung der ausfallfreien Periode.....	22
Bilder 8c und 8d – Zeitdiagramme zur Bestimmung der ausfallfreien Periode	23
Bilder 8e und 8f – Zeitdiagramme zur Bestimmung der ausfallfreien Periode.....	24
Bilder 8g und 8h – Zeitdiagramme zur Bestimmung der ausfallfreien Periode.....	25
Bild 9 – Beispiel einer experimentell bestimmten Weibull-Kurve, die bei p_s % Ausfällen abflacht	27
Bild H.1 – Die S-Kurve für eine zweigipflige (bimodale) Weibull-Verteilung, gemischt aus	
$F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{30}\right)^{1,5}}$ und $F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{60\,000}\right)^1}$ in den Anteilen von z. B. 15 % bzw. 85 %	50
Bild H.2 – Schätzung von p_s , β_1 und η_1 zum Zweck der Optimierung der Zuverlässigkeitsvorbehandlung.....	51
Bild H.3 – Verteilungsfunktionen für zweigipflige (bimodale) Exponentialverteilung.....	52
Bild H.4 – Gefährdungsratenfunktion für zweigipflige (bimodale) Exponentialverteilung	53
Bild I.1 – Basissystem	54
Bild I.2 – Eine Baugruppe überlebt die Vorbehandlungsperiode T_M , dabei verbleiben n_{RE} schwache Bauelemente	56
Bild I.3 – Mögliche Zustände, wenn ein Bauelement während der Beanspruchung ausfällt	56
Bild I.4 – Baugruppenzustände nach Ausfall und Reparatur	56
Bild I.5 – Zeitdiagramm zur Beurteilung der ausfallfreien Vorbehandlungsperiode	58

Bilder I.6a und I.6b – Durchschnittliche Vorbehandlungsdauer über der normalisierten ausfallfreien Periode $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_c = 0,0005$ und $p_c = 0,001$	60
Bilder I.6c und I.6d – Durchschnittliche Vorbehandlungsdauer über der normalisierten ausfallfreien Periode $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_c = 0,002$ und $p_c = 0,005$	61
Bilder I.6e und I.6f – Durchschnittliche Vorbehandlungsdauer über der normalisierten ausfallfreien Periode $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_c = 0,015$ und $p_c = 0,02$	62
Bilder I.6g und I.6h – Durchschnittliche Vorbehandlungsdauer über der normalisierten ausfallfreien Periode $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_c = 0,03$ und $p_c = 0,04$	63
Bild J.1 – Ableitung der ausfallfreien Periode T_M	67
Bild J.2 – Ableitung der durchschnittlichen Vorbehandlungsdauer	68
Bild J.3 – Weibull-Diagramm der beobachteten und vorhergesagten Ausfallmuster für die Baugruppen-Pilotfertigung	71
Bild J.4 – Weibull-Diagramm der zu wertenden Ausfälle und vorhergesagte S-Kurve für die Vorbehandlung während der Pilotfertigung	73
Bild J.5 – (Korrigiertes) Zeitdiagramm zur Bestimmung der ausfallfreien Periode	74
Bild J.6 – (Korrigiertes) Zeitdiagramm zur Beurteilung der Vorbehandlungsdauer	75
Tabelle A.1 – Beanspruchungsarten – Hinweise zu den Kosten	31
Tabelle J.1 – Zusammenhang von Materialschwachstellen und deren Empfindlichkeit auf die verschiedenen Beanspruchungen	66
Tabelle J.2 – Beobachtete Ordnungszahlen der Ausfälle und Dauern bis zum ersten Ausfall bei der Pilotfertigung	69
Tabelle J.3 – Überarbeitete Ordnungszahlen	72

Einleitung

Qualitätslenkung und gute Entwicklung sind Voraussetzungen für hohe Zuverlässigkeit. Falls jedoch eine Baugruppe in der Frühausfallphase eine unannehmbar niedrige Zuverlässigkeit hat, kann eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung erforderlich sein.

Eine unannehmbar niedrige Zuverlässigkeit kann von Kunde zu Kunde verschieden sein oder kann sich aus allgemeinen Markterfordernissen ergeben.

Sowohl Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung als auch Zuverlässigkeitswachstumsprogramme zielen auf eine Verbesserung der vom Anwender erlebten Zuverlässigkeit ab. Jedoch unterscheiden sich beide Verfahren im Grundsatz:

- Ein Zuverlässigkeitswachstumsprogramm ist eine Entwicklungstätigkeit, deren Zweck es ist, die inhärente Zuverlässigkeit der Baugruppen durch eine geänderte Konstruktion zu verbessern (siehe IEC 61014 und IEC 61164).
- Der Zweck einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung ist es, Materialschwachstellen zu erkennen und zu beseitigen. Dies ist Teil des Fertigungsprozesses, und man sollte nicht darauf vertrauen, damit Entwicklungsmängel aufdecken zu können.

Die beiden Verfahren wirken sich auf die Zuverlässigkeit unterschiedlich aus (siehe Bild 1). Ein Zuverlässigkeitsvorbehandlungsprogramm „schneidet“ die Frühausfallphase (oder Teile davon) ab, während ein Zuverlässigkeitswachstumsprogramm das Ausfallrateniveau insgesamt absenkt. Ein Zuverlässigkeitswachstumsprogramm kann sich auf das Erfordernis einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung auswirken, falls die Materialschwachstellen dergestalt sind, dass man deren Existenz überhaupt vermeiden kann.

Der Anwender dieser Norm sollte sich darüber im Klaren sein, dass Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung die eigentliche Zuverlässigkeit der betrachteten Baugruppen nicht verbessert und dass solch eine Vorbehandlung durch Zuverlässigkeitswachstumsprogramme und durch Qualitätslenkung überflüssig gemacht werden sollte.

In dieser Norm wird der Begriff „Einheit bzw. Betrachtungseinheit“ dann verwendet, wenn es nicht nötig ist, zwischen Bauelementen, Baugruppen und System(en) zu unterscheiden.

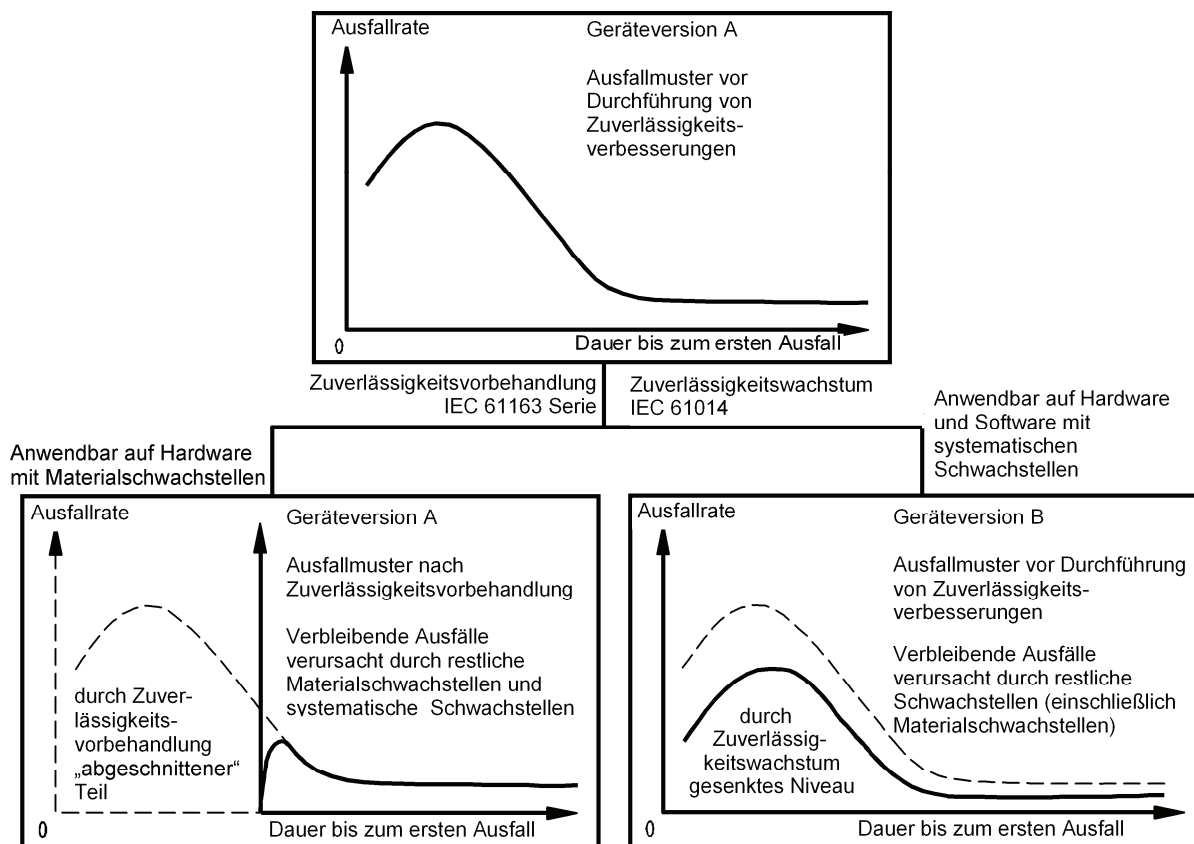
Der besondere Nutzen der Durchführung einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung liegt darin, Materialschwachstellen in Hardware-Baugruppen zu erkennen und zu entfernen, ehe diese den Kunden erreichen oder in höherrangige Produkte eingebaut werden. Falls eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung in einen Fertigungsprozess eingeführt wird, bedeutet dies im Prinzip, dass dann alle betrachteten Hardware-Baugruppen mit einbezogen werden sollten.

Zuverlässigkeitsvorbehandlung kann sich auf unterschiedliche Typen von Hardware-Baugruppen und auf unterschiedliche Ebenen des Fertigungsprozesses erstrecken. Diese Norm betrifft instandsetzbare Baugruppen. Wenn der annehmbare Anteil schwacher Baugruppen einmal festgelegt ist, dann führen die in dieser Norm beschriebenen Verfahren zum wirtschaftlichsten Vorbehandlungsprozess für losweise gefertigte Baugruppen. Dies ergibt sich daraus, dass nicht alle Baugruppentypen einem Zuverlässigkeitsvorbehandlungsprozess unterzogen werden müssen. Nur diejenigen Baugruppentypen, die wahrscheinlich eine Materialschwachstelle enthalten, sollten darin aufgenommen werden. Außerdem wird das Ausmaß (Beanspruchungsbedingungen, Dauer usw.), dem diese ausgewählten Baugruppentypen ausgesetzt werden, minimiert.

Bei der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung werden die Materialschwachstellen dadurch zum Ausfallen gebracht, dass die Baugruppen einer geeigneten Beanspruchung ausgesetzt werden, zum Beispiel Umweltbeanspruchung, Betriebsbeanspruchung oder Kombinationen hiervon. Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung wird oft Umweltbeanspruchung (en: environmental stress screening, ESS) genannt.

Wenn Informationen über das Vorhandensein einzelner schlechter (en: rogue) Bauelemente vorliegen und nachgewiesen ist, dass diese aus dem Bauelementefertigungsprozess stammen, dann ist es viel wirksamer,

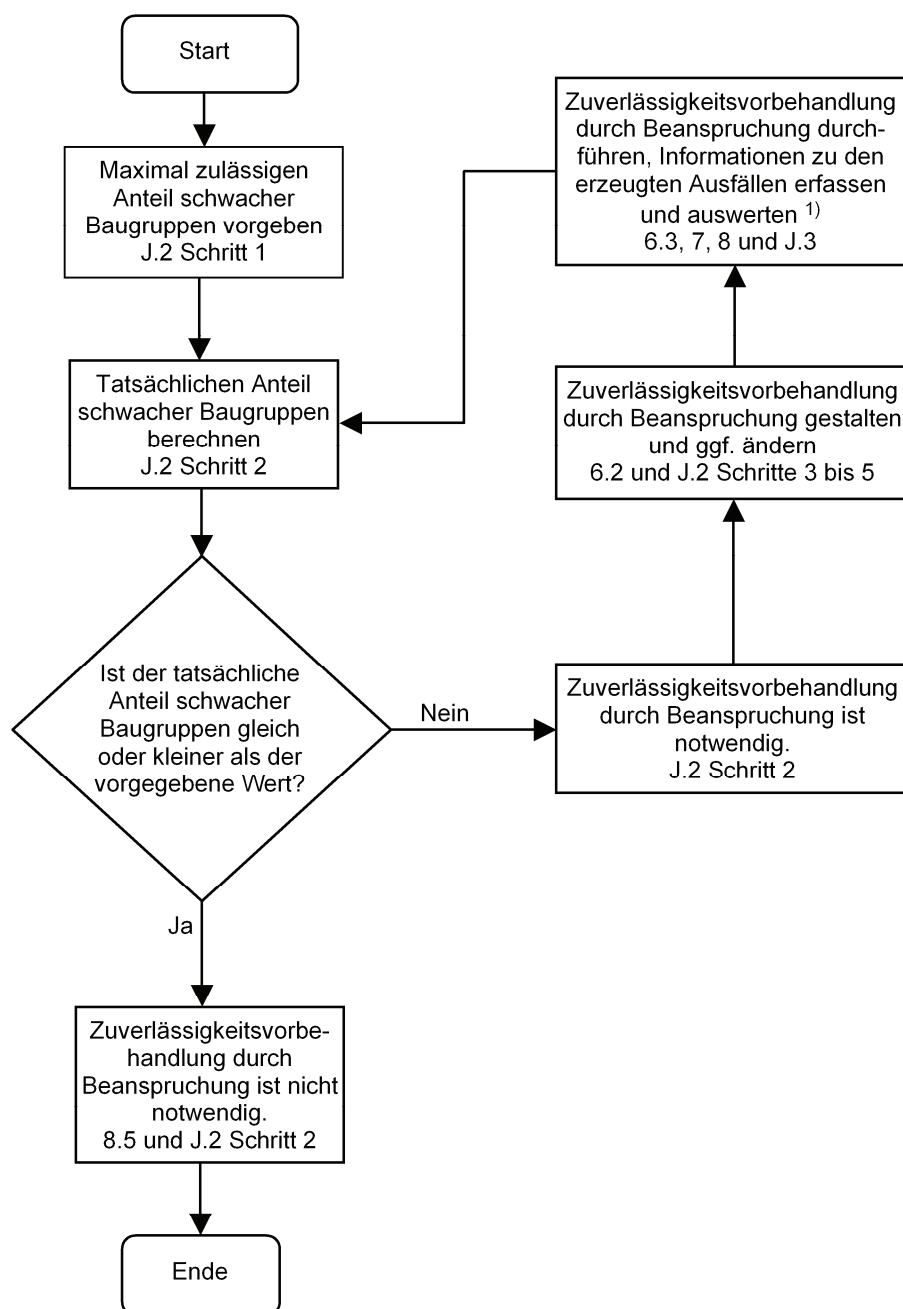
gleich die betroffenen Bauelemente vorzubehandeln (z. B. Einbrennen), als erst später die ganze Baugruppe zu behandeln. Jedoch können durch eine Vorbehandlung eines Bauelements während des Zusammenbaus der Baugruppe eingeschleppte Materialschwachstellen (z. B. Lötstellen, Handhabung (ESD) usw.) nicht beseitigt werden.



ANMERKUNG In dieser Norm wird ausschließlich die Zuverlässigkeitsvorbehandlung behandelt. Zum Zuverlässigkeitswachstum siehe IEC 61014 und IEC 61164.

Bild 1 – Der konzeptionelle Unterschied zwischen Zuverlässigkeitsvorbehandlung und Zuverlässigkeitswachstum

Die typischen Schritte einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung sind in Bild 2 dargestellt.



¹⁾ Das Ergebnis der Analyse der Ausfallursachen kann für ein Zuverlässigkeitswachstumsprogramm und zur Qualitätslenkung verwendet werden.

Bild 2 – Üblicher Ablauf der Gestaltung und der Anpassung einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung für instandsetzbare Baugruppen

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von IEC 61163 werden besondere Verfahren zur Anwendung und Optimierung von Prozessen der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung für losweise gefertigte, instandsetzbare Hardware-Baugruppen beschrieben. Diese Verfahren sind anwendbar, falls die Baugruppen eine unannehmbar niedrige Zuverlässigkeit in der Frühausfallphase haben und falls andere Verfahren, wie Zuverlässigkeitswachstumsprogramme und Qualitätslenkungstechniken, nicht anwendbar sind. Die Gründe für den Einsatz einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung können zeitliche Einschränkungen sein und/oder die eigentliche Natur der Mängel, die durch die Gestaltung der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung erfasst werden sollen.

Die Verfahren sind in jeder Stufe einer Serienproduktion instandsetzbarer Baugruppen (siehe Bild 3) anwendbar. Die vorgeschlagenen Verfahrensschritte können während der Fertigungsplanung, der Pilotfertigung und bei ausgereifter Fertigung gemacht werden.

Eine Vorbedingung für die Anwendung der Verfahren ist jedoch, dass quantitative Angaben zu den verbleibenden Materialschwachstellen in den gefertigten Einheiten gemacht werden können.

Die beschriebenen Verfahren zur Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung sind allgemeiner Art und sind dann anzuwenden, wenn in den Produktnormen keine besonderen Verfahren beschrieben sind. Sie sollen andererseits den IEC-Komitees bei der Abfassung von Produktnormen als Anleitung dienen. Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung kann Teil eines übergeordneten Zuverlässigkeitsprogramms sein (siehe IEC 60300-2).

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 (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-29, *Environmental testing – Part 2-29: Tests – Test Eb and guidance: Bump*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Test methods – Test Fh: Vibration, broad-band random (digital control) and guidance*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

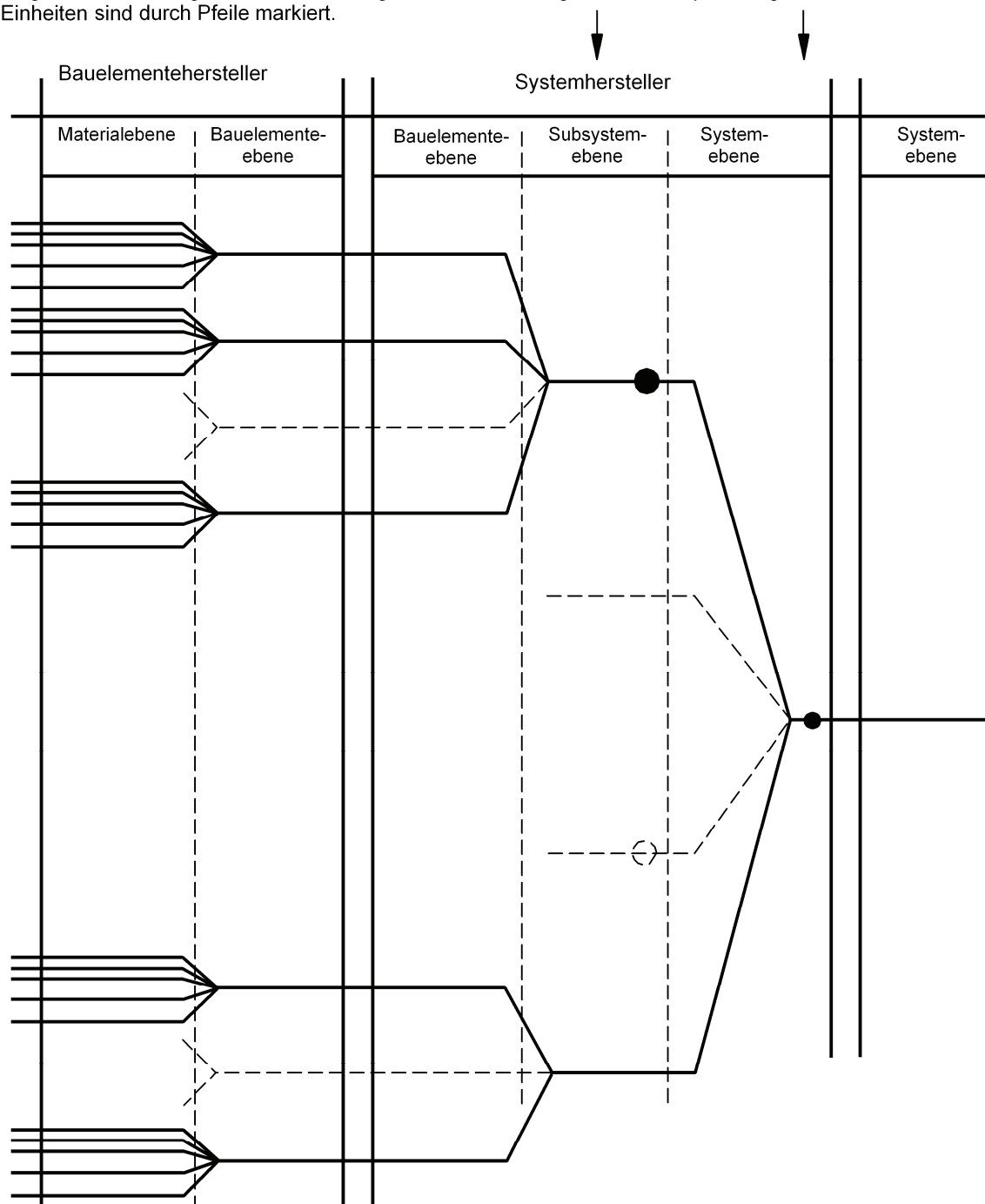
IEC 60300-2, *Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management*

IEC 61165, *Application of Markov techniques*

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

ISO 2041, *Vibration and shock – Vocabulary*

Mögliche Anwendungen einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung für instandsetzbare Einheiten sind durch Pfeile markiert.



ANMERKUNG Es kann in der Ebene der Teilsysteme (linker schwarzer Kreis und offener Kreis) oder in der Systemebene (rechter schwarzer Kreis) vorbehandelt werden.

Bild 3 – Ein typischer Fluss von Hardware-Baugruppen vom Bauelementehersteller bis zum Anwender

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 Sofern nichts anderes angegeben, stimmen die in dieser Norm verwendeten allgemeinen Zuverlässigkeitsbegriffe mit IEC 60050(191) überein.

ANMERKUNG 2 Die für die Verfahren der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung von instandsetzbaren Baugruppen wichtigen Begriffe nach IEC 60050(191) werden zitiert und die zugehörigen Nummern in eckigen Klammern angegeben. Wo gewisse Anmerkungen nicht zutreffen, wird der Zusatz „modifiziert“ verwendet. Alle Bemerkungen zu einem die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung betreffenden IEV-Begriff werden als „weitere Anmerkungen“ angegeben.

ANMERKUNG 3 Sonstige hier festgelegte Begriffe sind nur für die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung von Bedeutung.

3.1

Verbesserung der Funktionsfähigkeit (en: reliability improvement)

Erzielung von Wachstum der Funktionsfähigkeit durch Maßnahmen zur Verhütung systematischer Ausfälle und/oder Verringerung der Wahrscheinlichkeit sonstiger Ausfälle

[IEV 191-17-05]

WEITERE ANMERKUNG Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung verringert das Auftreten von anderen Ausfällen. Systematische Ausfälle versucht man grundsätzlich durch ein Zuverlässigkeitswachstumsprogramm zu erfassen; während der Zuverlässigkeitsvorbehandlung können diese jedoch ebenfalls auftreten.

3.2

Zuverlässigkeitsvorbehandlung (en: reliability screening)

Vorgang, bei dem Materialschwachstellen entdeckt und schwache Baugruppen beseitigt oder instandgesetzt werden, um rasch die während der Brauchbarkeitszeit erwartete Zuverlässigkeit zu erreichen

ANMERKUNG 1 In IEV 191-17-02 ist der Begriff „Einbrennen“ festgelegt. Dieser Begriff wird jedoch von vielen Herstellern dafür verwendet, eine so genannte „Einweichprüfung (en: soak test)“ zu beschreiben, die nur eine von vielen Möglichkeiten des Sortierens darstellt. Des Weiteren kann „Einbrennen“ Alterung beinhalten, mit dem Zweck, Parameter zu stabilisieren. Dabei treten oft keine Ausfälle auf.

ANMERKUNG 2 In IEV 191-14-09 ist der Begriff „Sortierprüfung“ festgelegt. Dieser Begriff ist jedoch zu breit festgelegt, um im vorliegenden Kontext anwendbar zu sein, da er Sortieren für alle Arten von Fehlern bzw. Nichtkonformitäten umfasst. Außerdem ist Zuverlässigkeitsvorbehandlung ein Prozess und keine Prüfung.

3.3

Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung (en: reliability stress screening)

Zuverlässigkeitsvorbehandlung, bei der mittels Umwelt- oder Betriebsbeanspruchungen Ausfälle aufgrund von Materialschwachstellen herbeigeführt werden, um so diese Materialschwachstellen erkennbar zu machen

ANMERKUNG Mit der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung beabsichtigt man nur, Materialschwachstellen so anzuregen, dass die Einheit ausfällt und diese Ausfälle und deren Ursache erkannt werden können. Eine Voralterung nur zur Stabilisierung von Parametern ist keine Zuverlässigkeitsvorbehandlung und daher außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

3.4

(Betrachtungseinheit-)Einheit

Teil, Bauelement, Gerät, Teilsystem, Funktionseinheit, Betriebsmittel oder System, das für sich alleine betrachtet werden kann

ANMERKUNG 1 Eine Betrachtungseinheit kann aus Hardware, Software oder beidem bestehen und kann in besonderen Fällen auch Personen einschließen.

ANMERKUNG 2 Im Französischen wird der Ausdruck „entité“ seiner größeren Allgemeinheit wegen gegenüber dem Ausdruck „dispositif“ bevorzugt. „Dispositif“ entspricht üblicherweise dem englischen „device“.

ANMERKUNG 3 Der Ausdruck „individu“ wird im Französischen hauptsächlich in der Statistik verwendet.

ANMERKUNG 4 Eine Anzahl von Betrachtungseinheiten, z. B. eine Grundgesamtheit oder eine Stichprobe, kann selbst wieder als Betrachtungseinheit betrachtet werden.

[IEV 191-01-01]^{N1}

WEITERE ANMERKUNG 1 In dieser Norm wird der Begriff „Einheit“ dann verwendet, wenn keine Notwendigkeit besteht, zwischen Bauelementen, Baugruppen und System(en) zu unterscheiden.

WEITERE ANMERKUNG 2 Im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeitsvorbehandlung ist nur der Hardware-Teil einer Einheit von Bedeutung. Als Beispiele kann man elektronische Bauelemente, Baugruppen, Geräte und Hardwareteile von Systemen nennen.

3.5

Baugruppe

zusammengesetzte Einheit, die ggf. repariert (instandgesetzt) wird

3.6

schwache Baugruppe

Baugruppe, die mit großer Wahrscheinlichkeit aufgrund einer Materialschwachstelle früh ausfallen wird

3.7

Bauelement

einzelne Einheit, die nicht repariert (instandgesetzt) wird

3.8

Bauelementeklasse

eine Bauelementegruppe, die durch eines oder mehrere der folgenden Merkmale gekennzeichnet ist:

- Technologie,
- Typ,
- Hersteller,
- Los

3.9

Klasse schlechter Bauelemente

Bauelementeklasse, die wahrscheinlich Bauelemente mit inhärenten oder induzierten Materialschwachstellen enthält

ANMERKUNG Die Lebensdauerverteilung einer Klasse schlechter (en: rogue) Bauelemente kann zum Zwecke der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung durch eine zweigipflige (auch bimodal genannte) Verteilung angenähert werden. Dies bedeutet, dass das einzelne Bauelement entweder schwach oder stark ist.

^{N1)} Nationale Fußnote: Im englischen Original wird noch eine frühere Definition von „Einheit“ verwendet. Die üblicherweise im internationalen (IEC) und deutschen Normenwerk verwendete Definition aus dem Jahre 2002 lautet wie folgt:

Betrachtungseinheit, f

Einheit, f

das, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann

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

3.10

zu wertender Ausfall

Ausfall, der in die Bewertung von Prüf- oder Betriebsergebnissen oder in die Berechnung des Wertes einer Maßgröße der Funktionsfähigkeit einbezogen werden sollte

ANMERKUNG Die Kriterien für die Einbeziehung sollten festgelegt sein.

[IEV 191-04-13]

WEITERE ANMERKUNG Das Kriterium für die Einbeziehung ist hier, dass der Ausfall entweder durch eine induzierte oder inhärente Materialschwachstelle verursacht ist.

3.11

Schwachstelle

bekannte oder unbekannte Unvollkommenheit einer Baugruppe, die einen oder mehrere schwächebedingte Ausfälle bewirken kann

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass Schwachstellenarten voneinander statistisch unabhängig sind.

3.12

schwachstellenbedingter Ausfall

Ausfall aufgrund einer Schwachstelle der Einheit selbst bei Beanspruchungen, welche die festgelegten Fähigkeiten der Einheit nicht überfordern

ANMERKUNG Eine Schwachstelle kann inhärent oder durch äußere Einwirkungen hervorgerufen sein.

[IEV 191-04-06, modifiziert]

3.13

Materialschwachstelle (en: flaw)

Schwachstelle in der Hardware, die zu schwachstellenbedingten Frühausfällen führt

ANMERKUNG Eine Materialschwachstelle haftet einem Bauelement oder der Wechselwirkung zwischen Bauelementen an; die Merkmale sind dann am Rande der Entwicklungsvorgaben.

3.14

inhärente Materialschwachstelle

Schwachstelle einer Baugruppe aufgrund ihrer Technologie oder ihres Herstellverfahrens

3.15

induzierte Materialschwachstelle

Schwachstelle einer Baugruppe, die durch äußere Einwirkungen, wie Bestücken, Prüfen, Handhaben oder sonstigem Handeln herrührt, nachdem die Baugruppe gefertigt war

ANMERKUNG Die äußere Einwirkung kann beim Bauelementehersteller, während des Transportes oder beim Gerätehersteller geschehen sein.

3.16

Frühausfallphase

zu einem gegebenen Zeitpunkt beginnende Frühphase in der Lebenszeit einer Baugruppe, während der eine wesentlich höhere momentane Ausfalldichte für instandzusetzende Baugruppen oder momentane Ausfallrate für nicht instandzusetzende Baugruppen existiert als in der nachfolgenden Phase

[IEV 191-10-07, modifiziert]

WEITERE ANMERKUNG Die Frühausfallphase ist die Phase, in der schwache Baugruppen ausfallen.

4 Formelzeichen

In dieser Norm werden folgende Formelzeichen angewendet.

m_{F1}	mittlere Dauer bis zum Ausfall der schwachen Bauelemente in den vereinigten Klassen schlechter Bauelemente
m_{Fs}	mittlere Dauer bis zum ersten Ausfall der schwachen Baugruppen von den betrachteten Baugruppen
N	Gesamtanzahl der Bauelemente in der Klasse schlechter Bauelemente
p_B	annehmbarer Anteil übrig gebliebener schwacher Baugruppen nach der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung
p_C	Anteil der schwachen Bauelemente in den vereinigten Klassen schlechter Bauelemente
p_s	Anteil der schwachen Baugruppen vor Beginn der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung
T_B	durchschnittliche Dauer der Zuverlässigkeitsvorbehandlung je Baugruppe
T_M	ausfallfreie Periode, die eine Baugruppe überleben muss, ehe sie in die nächste Fertigungsstufe gehen kann oder an den Kunden ausgeliefert werden darf

5 Allgemeine Beschreibung

5.1 Prinzip der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung

Das allgemeine Prinzip der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung zeigt das Ablaufdiagramm in Bild 4. Nach diesem Prinzip muss eine Baugruppe eine gewisse Zeitspanne ohne Ausfälle, T_M , überleben, ehe sie in die nächste Fertigungsstufe kommt oder an den Kunden ausgeliefert wird. Andere Vorbehandlungen sind möglich, sie sind jedoch außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

In dem Flussdiagramm werden drei Vorbehandlungsalternativen gezeigt:

- Alternative A bedeutet zwei Funktionsprüfungen, eine vor und eine nach der Beanspruchung;
- Alternative B bedeutet Funktionsüberwachung zu bestimmten Zeitpunkten, wobei die Zeitintervalle vorzugsweise in einem logarithmischen Maßstab aufeinander folgen; d. h. am Anfang der Beanspruchung wird am häufigsten geprüft und überwacht;
- Alternative C bedeutet laufende Überwachung während der gesamten Beanspruchungsdauer. Diese Alternative wird insbesondere für komplexe Produkte bevorzugt, weil
 - sie Zeit und Kosten spart;
 - sie intermittierend auftretende Ausfälle und nur während der Beanspruchung auftretende Ausfälle erkennt;
 - sie die Einheiten nach einem Ausfall nicht beansprucht.

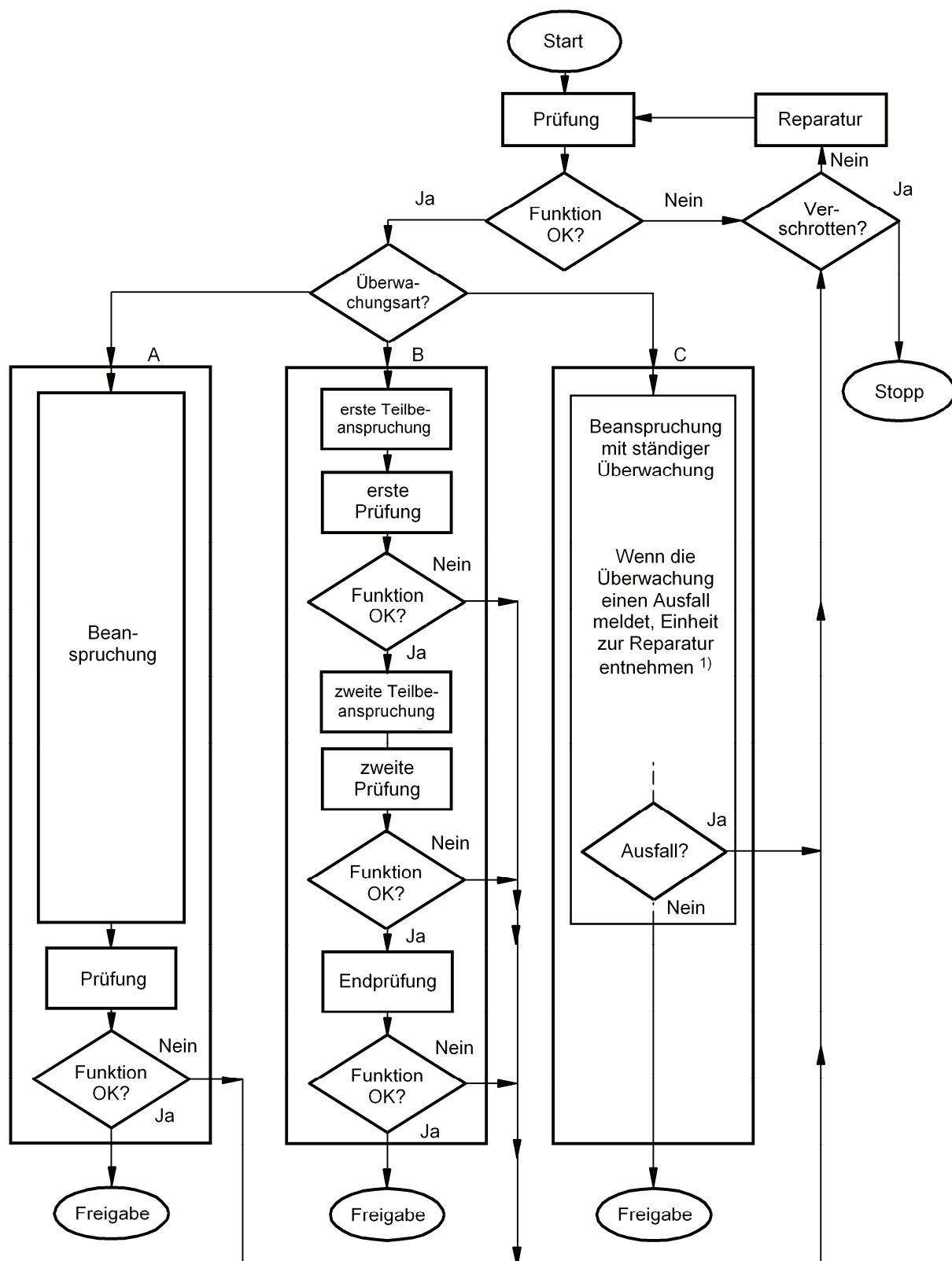
Funktionsüberwachung ist insbesondere bei der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung von Pilotfertigungen wichtig. Wird bei einer ausgereiften Fertigung eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung durchgeführt, so kann fallweise entschieden werden, die Funktionsüberwachung während der Beanspruchung auszusetzen. Die beiden Funktionsprüfungen vor und nach der Beanspruchung dürfen jedoch auf keinen Fall entfallen. Baugruppen dürfen nicht direkt und ohne Anfangsfunktionsprüfung der Beanspruchung ausgesetzt werden.

Ausmaß und Einzelheiten der Funktionsprüfungen vor, während und nach der Beanspruchung hängen stark von der Art der beabsichtigten Funktion der betrachteten Baugruppen ab. Diese Norm gibt hierzu keine Anleitung. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren gehen jedoch davon aus, dass durch Funktionsprüfungen die Ausfälle sicher erkannt werden.

Weitere Einzelheiten der Vorbehandlung hängen von den Phasen Produktentwicklung bis ausgereifte Fertigung ab. Es werden drei Stufen betrachtet:

- Planung der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung;

- Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung während der Pilotfertigung;
- Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung während ausgereifter Fertigung.



- 1) Manchmal kann es unpraktisch sein, die ausgefallenen Baugruppen zu entfernen und instandzusetzen, bevor die Periode T_M (siehe 6.1.3) abgelaufen ist.

Bild 4 – Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung von instandsetzbaren Baugruppen

5.2 Ausfallkategorien

Die während einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung ausgefallenen Baugruppen müssen sorgfältig untersucht werden, um Ausfall-Arten, -Mechanismen und andere -Ursachen festzustellen.

Um Korrekturmaßnahmen festlegen zu können, müssen die Ausfälle je nach Ergebnis dieser Untersuchungen in eine der drei folgenden Kategorien eingeordnet werden:

- a) ungenügende Produktentwicklung;
- b) inhärente Materialschwachstellen;
- c) induzierte Materialschwachstellen.

Die Einordnung kann unterschiedlich sein, je nachdem, ob die Bewertung beim Bauelementehersteller oder beim Baugruppenhersteller stattfindet, siehe Bild 5.

Ungenügende Bauelementeentwicklung und beim Bauelementehersteller induzierte Materialschwachstellen werden beim Baugruppenhersteller zu inhärenten Schwachstellen.

In den meisten Fällen können durch die Vorbehandlung nur die inhärenten und die induzierten Materialschwachstellen beseitigt werden. In manchen Fällen kann eine Vorbehandlung jedoch auch dann durchgeführt werden, wenn es gilt, Randprobleme der Entwicklung oder schwierig beherrschbare Verfahren in den Griff zu bekommen.

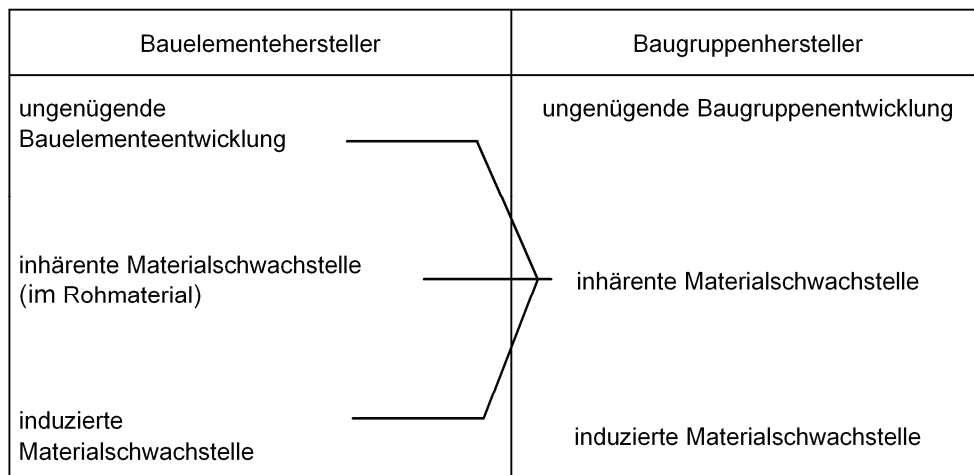


Bild 5 – Abhängigkeiten der Ausfallkategorien

5.3 Ausfallzeitpunkte

Die Ausfallzeitpunkte müssen festgehalten und beurteilt werden. Dies ist ein wesentlicher Teil des Prozesses der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung. Die Durchführung der Vorbehandlung kann auf der Grundlage dieser Daten laufend überwacht werden, und es kann sichergestellt werden, dass die anfangs für die Gestaltung des Prozesses verwendeten Ausfalldaten immer noch gültig sind.

6 Planung

6.1 Beanspruchungsmerkmale

6.1.1 Allgemeines

Beanspruchungsmerkmale sind die Vorbehandlungsdauer und die Beanspruchungsbedingungen (siehe Bild 6). Die Beanspruchungsbedingungen setzen sich aus Beanspruchungsgrad, Zyklen und Arten zusammen.

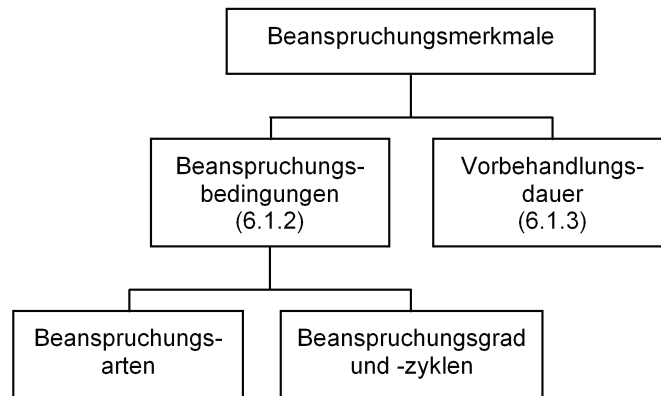


Bild 6 – Unterteilung der Beanspruchungsmerkmale

6.1.2 Beanspruchungsbedingungen

Die Beanspruchungsbedingungen sollten vorzugsweise auf die betrachteten Baugruppen zugeschnitten werden. Sie müssen darauf ausgerichtet sein, auf Materialschwachstellen beruhende Ausfallmechanismen, die wahrscheinlich im Betrieb tatsächlich Ausfälle erzeugen würden, anzuregen, ohne dabei gesunde Baugruppen oder gesunde Teile von Baugruppen wesentlich zu beeinträchtigen.

Bei der Auswahl der Beanspruchungsbedingungen ist folgendermaßen vorzugehen:

- a) Zu erwartende Betriebsbedingungen (Betriebs- und Umweltbeanspruchung) betrachten. So weit wie möglich solche Schwachstellen auflisten, die bei diesen Betriebsbedingungen wahrscheinlich zu Frühausfällen führen würden. Dabei Auslegung und Fertigungsverfahren der Baugruppen mit berücksichtigen. Die betrachteten Schwachstellen sollten nicht nur bereits früher aufgetretene Ausfälle umfassen, sondern auch Ausfallarten, die aus technischer Sicht möglich sind.
- b) Die aufgelisteten Schwachstellen in drei Gruppen einteilen:
 - 1) Schwachstellen, die kostengünstig durch Auslegungs- oder Prozessänderung beseitigt werden können; diese sollten nicht durch eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung behandelt werden.
 - 2) Schwachstellen, die kostengünstig durch Inspektionsmaßnahmen oder Prozesslenkung während der Fertigung beseitigt werden können. Diese sollten nicht durch eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung behandelt werden. Hierfür sollten Sichtprüfung, Prozesslenkung oder Sortierprüfung nach Zuverlässigkeitsmerkmalen verwendet werden.
 - 3) Verbleibende Schwachstellen sind diejenigen Materialschwachstellen, die durch eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung beseitigt werden können.

ANMERKUNG In den Fällen 1 und 2 kann so lange vorbehandelt werden, bis die Änderungen umgesetzt sind und wirken.

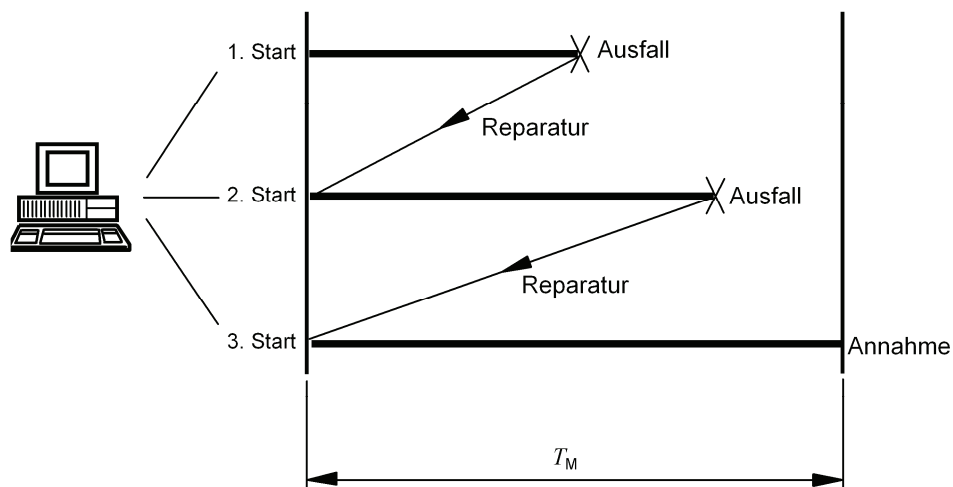
- c) Materialschwachstellen begutachten und diejenigen Betriebs- und Umweltbeanspruchungen beurteilen, die sehr wahrscheinlich diese Materialschwachstellen so anregen, dass die Baugruppe ausfällt. Hinweise zur Wirkung der verschiedenen Beanspruchungsbedingungen findet man in den Anhängen B bis G.
- d) Aus den ermittelten Beanspruchungen die wirksamsten Beanspruchungsbedingungen auswählen, einschließlich deren Reihenfolge und Kombinationen. Die ausgewählten Beanspruchungen brauchen nicht direkt Betriebsbedingungen zu entsprechen. Hinweise zu bevorzugten Beanspruchungsbedingungen und zu deren Wirksamkeit findet man in Anhang A.
- e) Für jede Beanspruchungsbedingung die maximale Beanspruchung beurteilen, bei der noch keine Bauelemente in der betrachteten Baugruppe überbeansprucht werden. Üblicherweise erfordert dies, dass die Beanspruchung innerhalb der festgelegten Grenzen für die Betriebsbedingungen der Baugruppe (und nicht der sie bildenden Bauelemente) ist. Ausnahmen hiervon müssen besonders spezifiziert werden („Vorbehandlung durch stark beschleunigte Beanspruchung“).

6.1.3 Vorbehandlungsdauer

Die Vorbehandlungsdauer ist die akkumulierte zu wertende Dauer, die eine Baugruppe den Beanspruchungsbedingungen der Vorbehandlung ausgesetzt ist. Sie ist eine variable stochastische Größe und hängt davon ab, wie oft die Baugruppe instandgesetzt werden musste, bevor sie eine vorbestimmte ausfallfreie Periode erreicht hat (siehe Bild 7).

Bei einer Baugruppe ohne Materialschwachstellen ist die Vorbehandlungsdauer wahrscheinlich eine ausfallfreie Periode.

Bei einer Baugruppe mit vielen Materialschwachstellen oder einer Baugruppe, die für induzierte Materialschwachstellen (z. B. während einer Instandsetzung) anfällig ist, wird die Vorbehandlungsdauer im Allgemeinen länger sein. Aus technischen und/oder wirtschaftlichen Gründen kann es notwendig sein, die maximale Anzahl der erlaubten Reparaturen zu begrenzen. Bei Überschreitung dieser Anzahl müssen solche Baugruppen verschrottet werden (siehe Bild 4). Ein Verfahren zur Berechnung der durchschnittlichen Vorbehandlungsdauer ist in Anhang I enthalten.



ANMERKUNG 1 Die gesamte Länge der fettgedruckten Linien entspricht der Vorbehandlungsdauer.

ANMERKUNG 2 Die Baugruppe muss eine ausfallfreie Periode T_M erreichen, bevor sie angenommen wird.

Bild 7 – Vorbehandlungsdauer von Baugruppen

6.2 Berechnung der ausfallfreien Periode T_M

6.2.1 Notwendige Informationen

Sofern genügend Informationen verfügbar sind, beispielsweise aus früheren ähnlichen Produkten, kann die ausfallfreie Periode, wie in 6.2.2 und 6.3 gezeigt, geschätzt werden. Nach der Vorbehandlung in der Pilotfertigung (siehe Abschnitt 7) wird die geschätzte Zeit T_M aktualisiert.

Sofern nicht genügend Informationen verfügbar sind, kann die Vorbehandlung in der Pilotfertigung mit einer Zeit T_M begonnen werden, die so lang ist, dass man davon ausgehen kann, dass alle Materialschwachstellen hervortreten. Die Analyse der Ergebnisse der Vorbehandlung in der Pilotfertigung wird dann zeigen, ob dies der Fall war (die Ausfallkurve ist abgeflacht – siehe Bild J.4), und erlaubt es dann, die optimale, kürzere Zeit T_M zu schätzen.

6.2.2 Sammlung von Daten

Zur Bestimmung der ausfallfreien Periode T_M wird unter anderem Folgendes benötigt:

- der Anteil der schwachen Bauelemente in jeder Klasse schlechter Bauelemente;
- die mittlere Dauer bis zum Ausfall dieser schwachen Bauelemente in jeder Klasse schlechter Bauelemente;
- Gesamtzahl N aller Bauelemente in den Klassen schlechter Bauelemente;
- der annehmbare Anteil p_B der schwachen Baugruppen, die in die nächste Fertigungsstufe gehen können oder an den Kunden ausgeliefert werden dürfen.

Im ersten Schritt müssen die Klassen schlechter Bauelemente bestimmt werden; bei einer guten Entwicklung sollten dies nur wenige sein. Frühere Erfahrungen mit Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung und Systemausfallberichte aus dem Betrieb können verwendet werden, sofern ähnliche Bauweise und Bauelementetechnologie vorliegen.

Der Anteil schwacher Bauelemente und die mittleren Dauern bis zum Ausfall der schwachen Bauelemente in den Klassen schlechter Bauelemente müssen anhand von Erfahrungswerten geschätzt werden, hierzu können auch frühere Erfahrungen (siehe oben) herangezogen werden. Die Werte der mittleren Dauern bis zum Ausfall sollten im Hinblick auf die vorgeschlagenen Beanspruchungsbedingungen der Vorbehandlung beurteilt werden. Große Genauigkeit ist hier bei der Planung nicht notwendig, da nach der Pilotfertigung oder (Serien-)Fertigung Korrekturen gemacht werden können. Sollten nicht genügend Informationen verfügbar sein, so wird empfohlen, eine lange Zeit T_M zu wählen, wie in 6.2.1 beschrieben, und die Schätzung nach der Vorbehandlung in der Pilotfertigung zu aktualisieren.

Die Zahl N wird durch Abzählen der Bauelemente in den Klassen schlechter Bauelemente der Baugruppe genau bestimmt.

Schließlich sollte der Wert von p_B entsprechend den Marktforderungen und der Kundenforderung gewählt werden.

Bei Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung in mehreren Fertigungsstufen sollte zunächst der Wert von p_B für das endgültige Produkt festgelegt werden. Die Werte für p_B in den Zwischenstufen der Fertigung sollten dann so festgelegt werden, dass der endgültige Wert erreicht werden kann.

6.2.3 Ermittlung der ausfallfreien Periode T_M

Die Analyse der Vorbehandlung in der Pilotfertigung geschieht auf Grundlage der Weibull-Verteilung. Für die erste Bestimmung der ausfallfreien Periode wird jedoch ein einfacheres Modell verwendet. In diesem Modell der Vorbehandlung wird angenommen, dass die Lebensdauerverteilung der schwachen Baugruppen exponentiell verteilt ist und dass die starken Baugruppen eine praktisch unendlich lange Lebensdauer haben. Diese Annahme ist für technische Zwecke brauchbar.

Das Verfahren zur Bestimmung der ausfallfreien Periode T_M besteht aus sechs Schritten.

Schritt 1: Die verschiedenen Klassen schlechter Bauelemente werden zu einer „anonymen“ Bauelementklasse vereinigt.

- Der Frühausfallanteil p_c wird gleich dem höchsten Wert nach 6.2.2 gesetzt.
- Die mittlere Dauer bis zum Ausfall m_{F1} der schwachen Bauelemente in dieser Klasse wird gleich dem in 6.2.2 beurteilten größten Wert gesetzt.

Schritt 2: Berechne den erwarteten Anteil p_s der schwachen Baugruppen zum Zeitpunkt 0 der Vorbehandlung mit Hilfe folgender Formel:

$$p_s = 1 - (1 - p_c)^N \quad (1)$$

Dabei ist

- p_c der Frühausfallanteil der „anonymen“ Klasse schlechter Bauelemente;
- N die Gesamtzahl der Bauelemente in der „anonymen“ Klasse schlechter Bauelemente in der Baugruppe.

Schritt 3: Vergleiche p_B mit dem in Schritt 2 bestimmten Wert von p_s .

Falls $p_B > p_s$, ist keine Vorbehandlung notwendig.

Falls $p_B < p_s$, ist Vorbehandlung notwendig. Gehe dann zu Schritt 4.

Schritt 4: Suche das Zeitdiagramm in 6.3, welches dem Frühausfallanteil p_c (siehe Schritt 1) am besten entspricht. Falls p_c in den Diagrammen nicht enthalten ist, ist der nächstgelegene Wert zu nehmen. Die Werte N im Diagramm sind dann wie folgt neu zu berechnen:

$$N_n = N' \frac{p'_c}{p_c} \quad (2)$$

Dabei sind

- N' und p'_c die gedruckten Werte in dem aktuellen Zeitdiagramm;
- N_n die neu berechneten Werte N entsprechend dem momentanen Wert von p_c .

Schritt 5: Suche den Wert für p_B auf der senkrechten Skale des ausgewählten Zeitdiagramms und ziehe eine waagerechte Linie bis zum Schnittpunkt mit der Kurve für den spezifischen Wert für N , der die Gesamtzahl der Bauelemente in der „anonymen“ Klasse schlechter Bauelemente angibt.

Schritt 6: Lies auf der waagerechten Skale unterhalb des Schnittpunktes den Wert ab. Dies ist die ausfallfreie Periode, bezogen auf m_{F1} (siehe Schritt 1). Multipliziere diesen Wert mit m_{F1} , um den Wert der ausfallfreien Periode T_M zu finden.

6.3 Zeitdiagramme zur Ermittlung der ausfallfreien Periode

Den Bildern 8a bis 8h kann man die normalisierte ausfallfreie Periode T_M als Funktion des Anteils p_B der schwachen Baugruppen entnehmen, die nach der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung übrig bleiben, und als eine Funktion der Gesamtzahl N der Bauelemente in der „anonymen“ Klasse schlechter Bauelemente.

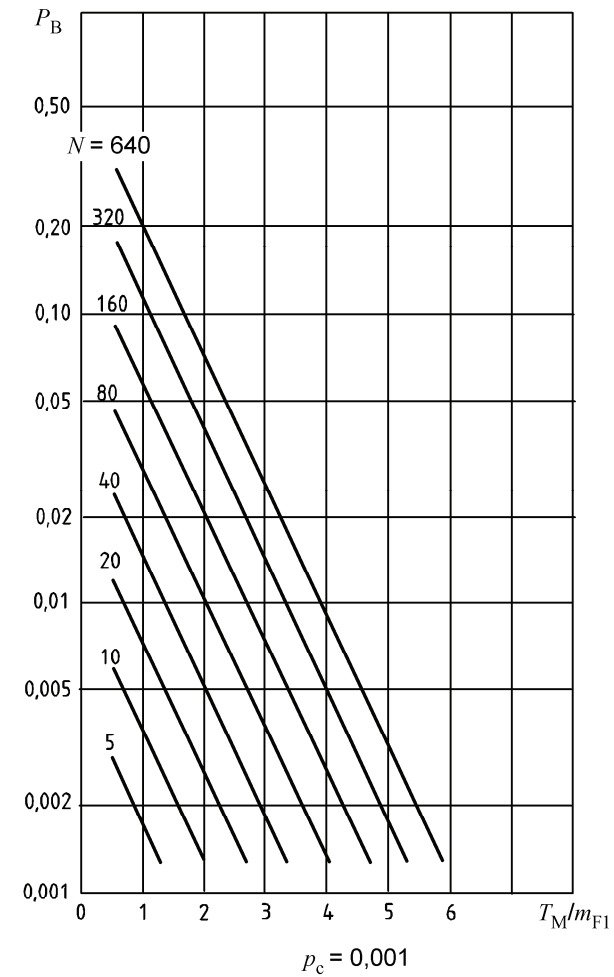
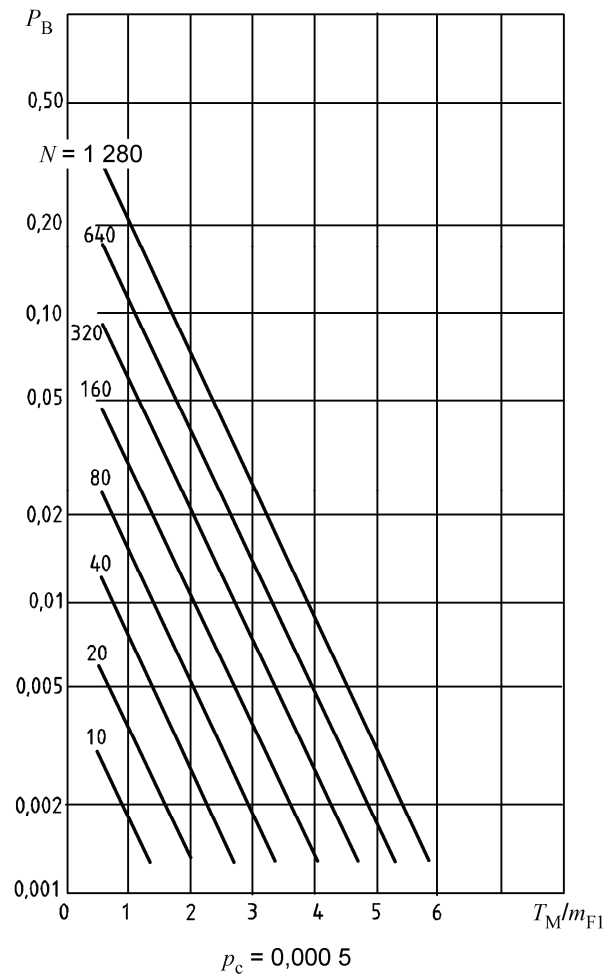
Legende

y-Achse = Anteil der übrig bleibenden schwachen Baugruppen

x-Achse = Normalisierte ausfallfreie Periode

N = Anzahl der Bauelemente in der Klasse schlechter Bauelemente

p_c = Anteil der schwachen Bauelemente in der Klasse schlechter Bauelemente



Bilder 8a und 8b – Zeitdiagramme zur Bestimmung der ausfallfreien Periode