

DIN EN 61163-2

ICS 03.120.01; 31.020

Einsprüche bis 2016-01-27

Entwurf**Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung –
Teil 2: Bauelemente
(IEC 56/1623/CD:2015)**

Reliability stress screening –
Part 2: Components
(IEC 56/1623/CD:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-11-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 71 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten	4
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	9
5 Lenkung eines Programms zur Vorbehandlung durch Beanspruchung	9
6 Gründe für eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	10
6.1 Warum und was vorbehandeln.....	10
6.2 Beginn der Vorbehandlung.....	10
6.3 Beendigung der Vorbehandlung.....	11
7 Vorbehandlungsprogramm durch Beanspruchung im Überblick.....	12
8 Definition eines Vorbehandlungsprogramms durch Beanspruchung.....	14
8.1 Zielsetzungen	14
8.2 Gestaltung eines Vorbehandlungsprozesses.....	15
8.3 Beachtung der Ausfallphysik	17
8.4 Beachtung bei der Probenahme.....	18
8.5 Festlegung einer wirksamen Vorbehandlung	19
8.6 Analyse der Daten aus einem Vorbehandlungsprozess	20
8.7 Durchführung weiterer Untersuchungen um die Ziele zu erreichen.....	21
8.8 RSS-Plan	21
9 Sortierprüfung bei stark erhöhter Belastung (HASS-Prüfung)	22
10 Literaturhinweise	23
Anhang A (informativ) Datenanalyse	25
A.1 Formelzeichen	25
A.2 Entwurf einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	26
A.3 Weibull-Analyse.....	27
Anhang B (informativ) Anwendungsbeispiele für Zuverlässigkeitsvorbehandlungen durch Beanspruchung	32
B.1 Leistungshalbleiter.....	32
B.2 Transformatoren	34
B.3 Verbinder	36

Bilder

Bild 1 – Empfohlener Prozess für Zuverlässigkeitsvorbehandlung von Bauelementen durch Beanspruchung (Zahlenangaben in den Kästen verweisen auf die Schritte im Text)	14
Bild A.1 – Nomogramm der kumulativen Binomial-Verteilung(Larson)	27

	Seite
Bild A.2 – Schätzung von η und β	28
Bild A.3 – Beispiel eines Weibull-Diagramms	30
Bild B.1 – Weibull-Diagramm der Schockprüfung	36
Bild B.2 – Weibull-Diagramm der Zugprüfung	38

Tabellen

Tabelle NA.1	5
Tabelle 1 – Beanspruchungsarten und typische Ausfallursachen	16
Tabelle 2 – Merkmale einer gut entworfenen Vorbehandlung	17
Tabelle A.1 – Ergebnisse der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung	29
Table A.2 – Ergebnisse der Prüfung für schwache Population	30

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 56/1623/CD:2015 „Reliability stress screening – Part 2: Components“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

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

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

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

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

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO 3951-1	DIN ISO 3951-1	–
–	ISO 18414	DIN ISO 18414	–
–	IEC 60050-192	a	–
–	IEC 60300-3-5	–	–
–	IEC 60605-6	DIN IEC 60605-6	–
EN 60812	IEC 60812	DIN EN 60812	–
EN 61014	IEC 61014	DIN EN 61014	–
EN 61163-1	IEC 61163-1	DIN EN 61163-1	–
EN 61649	IEC 61649	DIN EN 61649	–
EN 61709	IEC 61709	DIN EN 61709	–
EN 62402	IEC 62402	DIN EN 62402	–
EN 62506	IEC 62506	DIN EN 62506	–
EN 62740	IEC 62740	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60812, *Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)*

DIN EN 61014, *Programme für das Zuverlässigkeitswachstum*

DIN EN 61163-1, *Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung – Teil 1: Instandsetzbare Baugruppen, losweise gefertigt*

DIN EN 61649, *Weibull-Analyse*

DIN EN 61709, *Elektrische Bauelemente – Zuverlässigkeit – Referenzbedingungen für Ausfallraten und Beanspruchungsmodelle zur Umrechnung*

DIN EN 62402, *Anleitung zum Obsoleszenzmanagement*

DIN EN 62506, *Verfahren für beschleunigte Produktprüfungen*

DIN IEC 60605-6, *Prüfungen der Zuverlässigkeit von Geräten – Teil 6: Test auf Gültigkeit zeitlich konstanter Ausfallrate und Ausfalldichte sowie deren Schätzung*

DIN ISO 18414, *Annahmestichprobenverfahren anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten – Vertrauensbasiertes Stichprobensystem mit der Annahmezahl Null zur Prüfung der Ausgangs-Qualitätslage*

DIN ISO 3951-1, *Verfahren für die Stichprobenprüfung anhand quantitativer Merkmale (Variablenprüfung) – Teil 1: Spezifikation für Einfach-Stichprobenanweisungen für losweise Prüfung, geordnet nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) für ein einfaches Qualitätsmerkmal und einfache AQL*

Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung – Teil 2: Bauelemente

Einleitung

Obwohl die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung (RSS) (en: reliability stress screening) ursprünglich zur Stabilisierung bereits gefertigter Bauelemente (en: burn-in) entwickelt worden war, kann dieses Verfahren auch zur Aussonderung schwacher Bauelemente verwendet werden, sollte der Fertigungsprozess der Bauelemente schwierig zu beherrschen sein. Heutzutage werden die Fertigungsprozesse der Bauelemente viel besser beherrscht und eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung wird daher üblicherweise nur als eine vorübergehende Maßnahme eingesetzt, sofern Frühausfälle ausgesondert werden sollten. Eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung kann auch dann in Betracht kommen, wenn die Bauelemente nachselektiert (umqualifiziert) werden müssen, um auch in rauen Einsatzbedingungen betrieben werden zu können oder falls für eine bestimmte Anwendung engere Spezifikationen gefordert sind.

Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung ist ein wirksames Werkzeug zur:

- a) Ermittlung und Entfernung von Materialschwachstellen aufgrund unzureichend entwickelter Bauelemente oder aufgrund von Fertigungsmängeln;
- b) Sortierprüfung von Bauelementen, um einer enger gefassten Spezifikation als der veröffentlichten zu genügen;
- c) Rückmeldungen liefern, anhand derer Fertigungsprozesse so ausgelegt werden können, dass diese sehr enge Grenzen einhalten und so die Parameterschwankungen gering gehalten werden können.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Normenreihe IEC 61163 leitet zu den Techniken und Verfahren der Zuverlässigkeitsvorbehandlung elektronischer Bauelemente durch Beanspruchung an. Diese Norm ist nicht erschöpfend und kann dieses auch aufgrund der schnellen Entwicklung in der elektrischen Bauelementeindustrie nicht sein.

Mit dieser Norm wird beabsichtigt:

- a) den Bauelementeherstellern als Leitfaden zu dienen;
- b) den Bauelementeanwendern bei der Aushandlung der Anforderungen an die Vorbehandlung durch Beanspruchung mit den Bauelementeherstellern als Leitfaden zu dienen;
- c) aufgrund der Zuverlässigkeitsanforderungen die Planung eines Vorbehandlungsprozesses durch Beanspruchung im Haus zu ermöglichen;
- d) Unterauftragnehmern, die Vorbehandlung durch Beanspruchung als eine Dienstleistung anbieten, als Leitfaden zu dienen;
- e) die Umqualifikation von Bauelementen für spezielle, erweiterte Umweltbedingungen zu ermöglichen;

Diese Norm stellt weder Prüfpläne für spezielle Bauelemente noch Konformitätszertifikate für Bauelementelose bereit und kann auch für solche Zwecke nicht angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

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

ANMERKUNG Beteiligten von Vereinbarungen, die auf diesem Internationalen Standard basieren, wird empfohlen, die Möglichkeit zu untersuchen, die neuesten Editionen der unten angegebenen normativen Dokumente anzuwenden.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Sortierprüfung Screening

Prüfung zum Erkennen und Beseitigen fehlerhafter Einheiten oder solcher Einheiten, die möglicherweise zu Frühausfällen führen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Prüfung können repräsentative oder erhöhte Beanspruchungen verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Begriff ist zu breit angelegt um im vorliegenden Kontext angewendet werden zu können, da er das Aussortieren beliebiger Arten von Nichtkonformität umfasst. Außerdem ist Zuverlässigkeitsvorbehandlung ein Prozess und keine Prüfung.

[192-09-11]

3.2

Reliability Stress Screening RSS

Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung

Prozess, bei dem mittels Umwelt- oder Betriebsbeanspruchungen Ausfälle aufgrund von Schwachstellen herbeigeführt werden, um so diese Schwachstellen erkennbar zu machen

Anmerkung 1 zum Begriff: In IEC 60050-192 wird im Abschnitt 192-12-01^{N1)} der Begriff „Einbrennen“ beziehungsweise „Burn-in“ definiert. Dieser Begriff wird jedoch von vielen Herstellern dafür verwendet, einen sogenannten „soak-test“ zu beschreiben, der jedoch nur eine von vielen Möglichkeiten einer Sortierung ist. Des Weiteren kann der Vorgang des Einbrennens auch eine Voralterung mit einschließen. Der Grund für solch eine Voralterung ist die Stabilisierung von Parametern, dabei werden in vielen Fällen gar keine Ausfälle auftreten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei elektronischen Bauelementen gibt es keine Reparatur.

Anmerkung 3 zum Begriff: 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 lediglich zur Stabilisierung von Parametern ist keine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung und daher außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

[192-09-19]

3.3

schwache Einheit

Einheit, die mit großer Wahrscheinlichkeit in der Frühausfallphase aufgrund einer Materialschwachstelle auch tatsächlich ausfallen wird (siehe auch 3.8: Frühausfallphase)

3.4

Schwachstelle

bekannte oder unbekannte Unvollkommenheit einer Einheit, die einen oder mehrere schwächbedingte Ausfälle bewirken kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Von jeder Schwachstellenart wird angenommen, dass sie statistisch unabhängig von allen anderen solchen Arten ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Schwachstelle kann der Einheit entweder inhärent oder von außen in sie eingeführt sein.

3.5

schwachstellenbedingter Ausfall

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

3.6

Materialschwachstelle

(en: flaw)

Schwachstelle in der Einheit, die zu schwachstellenbedingten Frühausfällen führt

3.7

inhärente Materialschwachstelle

Materialschwachstelle in der Einheit aufgrund ihrer Technologie oder ihres Herstellverfahrens

3.8

Frühausfallphase

in der Frühphase der Lebensdauer beginnendes Zeitintervall, während dessen die momentane Ausfallrate einer instandsetzbaren Einheit oder die momentane Ausfallrate einer nicht instandsetzbaren Einheit mit zunehmender Zeit erheblich abnimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: „erheblich“ hängt von der Anwendung ab.

[192-02-28]

3.9

Vorbehandlungsstärke

Maß für die Fähigkeit einer Vorbehandlung, einen Ausfall in einem Los, das dieser Vorbehandlung ausgesetzt wird, zu bewirken

^{N1)} Nationale Fußnote: Im englischen Original wird irrtümlicherweise auf 192-09-11 verwiesen

Anmerkung 1 zum Begriff: Vorbehandlungsstärken werden üblicherweise hinsichtlich einer bestimmten Ausfallart angegeben, da eine bestimmte Vorbehandlung bei unterschiedlichen Ausfallarten unterschiedlich stark wirken kann.

4 Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung

Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung (RSS) ist der Prozess der Entdeckung von Materialschwachstellen in einer Gesamtheit (Population) von Einheiten, üblicherweise Bauelemente, und der anschließenden Beseitigung dieser fehlerhaften oder schwachen Einheiten aus der Population. Ziel dieser Maßnahme ist es, so schnell als möglich das erwartete Zuverlässigkeitsniveau der Population über die nutzbare Lebensdauer zu erreichen.

RSS sollte nicht als ein übliches Verfahren für die Zuverlässigkeitssicherung elektronischer Bauelemente angesehen werden, da man mit RSS die Zuverlässigkeit eines einzelnen Bauelementes nicht verbessern kann. RSS kann jedoch die aktuelle Zuverlässigkeit eines Systems verbessern, indem man schwache Bauelemente aus einem Bauelementelos entfernt, die möglicherweise einen Ausfall verursachen könnten.

Es sollte jedoch zur Kenntnis genommen werden, dass die Durchführung einer RSS für das Erreichen einer erweiterten Bauelementespezifikation zu einem logistischen Problem führen kann, sollten zu einem späteren Zeitpunkt solche ausgewählten Bauelemente nicht verfügbar sein. Diese Unwägbarkeit kann dadurch gemindert werden, dass eine RSS an einer genügend großen Zahl von Bauelementen durchgeführt wird, die für die Reparatur des Systems über seine gesamte Lebens- oder Einsatzdauer ausreicht oder dadurch, dass die Systemdokumentation für die Bauelementeschaffung ausreichend genau ist, so dass alle Ersatzbauelemente in derselben Weise selektiert werden.

5 Lenkung eines Programms zur Vorbehandlung durch Beanspruchung

Um die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung ordnungsgemäß durchzuführen, muss der RSS-Prozess richtig gelenkt werden. So erfordert ein gangbares RSS-Programm ein starkes Engagement der Unternehmensführung. Darüber hinaus muss die Unternehmensführung verantwortlich sicherstellen, dass die benötigte Unterstützung für die Durchführung des RSS verfügbar ist. Folgende Punkte sollten neben Anderen beachtet werden:

- ausreichend geschultes Personal für die Durchführung der verschiedenen Phasen einer RSS;
- Einrichtungen und zugehörige Raumausstattung für die Durchführung einer RSS (beispielsweise kombinierte Klima- und mechanische Schwingungsprüfungs-Kammern, Schwingungstische, Prüflingshaltevorrichtungen, usw.);
- Ressourcen (Produkt und Personal) für die Entwicklung geeigneter anfänglicher Vorbehandlungsprofile;
- Finanzierung und Zeitplan von Prüfungen, inwiefern Prüflinge der Belastung durch Umwelteinflüsse standhalten (EST) (en: environmental stress testing). Der hier durch eine RSS zusätzlich geschaffene Wert muss gegenüber den Kosten für die Durchführung einer RSS abgewägt werden;
- Ausfallanalyse, die erstens jeden aufgetretenen Ausfall einer bestimmten Ursache richtig zuzuweisen und die zweitens die erforderliche Korrekturmaßnahme ermitteln kann, um das wiederholte Auftreten dieser Ausfallart zu verhindern;
- Verpflichtung, Korrekturmaßnahmen durchzuführen;
- Datenerfassungssystem um in der Fertigung aufgetretene oder im Einsatz erkannte Ausfälle zu verfolgen; Auswertung dieser Daten dahingehend, ob es offensichtliche Ausfalltrends gibt die gegebenenfalls eine Überarbeitung des RSS-Prozesses erfordern könnten.

In allen Fällen ist es wichtig, das Vorbehandlungsprogramm mit der Kontaktierung des Bauelementeherstellers zu beginnen. Der Bauelementehersteller kennt seine Prozesse und die Bauelementeparameter und kann normalerweise Ratschläge für sinnvolle Vorbehandlungsprogramme geben, selbst in solchen Fällen, in denen er die Durchführung der Vorbehandlung nicht akzeptiert. Manche Bauelementehersteller diskutieren gerne darüber, wie ihre Bauelemente eingesetzt werden; für Anwender die lediglich geringe Mengen kaufen, könnte sich solch ein Dialog als schwierig erweisen. In vielen Fällen wird der Bauelementehersteller in der Lage sein, die Materialschwachstellen nach einiger Zeit zu beseitigen und so die Vorbehandlung überflüssig zu machen. Häufig führt der Bauelementehersteller die Ausfallanalyse

durch, um die Ursache für die Frühausfälle und deren eigentlichen Grund zu bestimmen; diese Aufgabe kann jedoch auch von externen Ausfallanalyselabors übernommen werden.

Die Kosten des Vorbehandlungsprozesses sollten sorgfältig bedacht werden. Wird keine Vorbehandlung gemacht, so wird es mehr Frühausfälle im Einsatz geben, wodurch es zu höheren Gewährleistungskosten und zu unzufriedenen Kunden kommt. Dies ist besonders in der Einführungsphase eines neuen Produkts von Bedeutung, in der der Markt sehr sensibel auf Frühausfälle reagiert. Andererseits kann ein RSS-Programm sehr teuer sein. Für das Programm können Investitionskosten in Vorbehandlungseinrichtungen und Personal anfallen. Außerdem ist zu beachten, dass die Vorbehandlung zeitaufwändig ist und dadurch das Projekt, Produkt oder die Fertigung verzögert wird. Weitere Kosten fallen durch die zu verschrottenden Bauelemente und die durch Handhabung beschädigten Bauelemente an (z. B. durch elektrostatische Entladung). Es wird empfohlen, ein eigenes Budget aufzustellen, an Hand dessen man ermitteln kann ob solch ein Vorbehandlungsprogramm kosteneffizient ist.

6 Gründe für eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung

6.1 Warum und was vorbehandeln

RSS richtet sich an das anfängliche Verhalten oder die anfängliche Leistung eines Produktes und an in Einheiten oder Teilen dieses Produktes rasch eintretende Ausfälle (latente Defekte). Durch die Vorbehandlung und deren Wirkung könnte die Lebensdauer der Einheit verkürzt worden sein; es ist daher sehr wichtig darauf zu achten, dass die Vorbehandlung nur eine minimale Auswirkung auf die gesamte Lebensdauer des Produkts hat.

Eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung wird eingesetzt um:

- anfängliche latente Defekte zu eliminieren oder diese auszusortieren, die im Rahmen der üblichen Produktprüfung nicht erkannt werden können;
- Defekte zu eliminieren, die sich während der Fertigung ergeben haben und die gegebenenfalls vor weiteren Prüfschritten erkannt oder beseitigt werden müssen;
- das Produkt so zu sortieren dass es bestimmte Betriebsbedingungen oder Funktionsparameter erfüllt.

Die Vorbehandlung findet in der Ebene der Einheiten statt, in vorliegendem Falle also in der Bauelementeebene; sie kann aber auch an einigen großen, aus mehreren Bauelementen gebildeten Packungen durchgeführt werden (z. B. Hybride oder ähnliches).

Nachdem mit der Vorbehandlung begonnen wurde, sollte der ermittelte Prozentsatz schwacher Bauelemente je Los oder je abgelaufener Zeit genau beobachtet werden. Geht dieser Prozentsatz zurück, kann die Dauer der RSS reduziert oder die RSS kann sogar zu einer losweisen Sortierprüfung vereinfacht werden. Nimmt dieser Prozentsatz zu, dann sollte die Dauer der RSS verlängert und es sollte eine neue optimale Dauer bestimmt werden. Durch die Überwachung der Rückläufe aus dem Betrieb / Einsatz (siehe IEC 60605-6 [2]) sollte ermittelt werden, wie viele Frühausfälle nach der RSS sich noch im Einsatz befinden.

Es ist zu beachten, dass eine Vorbehandlung keine Lebensdauerprüfung eines Produktes ist.

6.2 Beginn der Vorbehandlung

Eine RSS wird üblicherweise aufgrund einer oder mehrerer der folgenden Situationen veranlasst:

- a) In der Kundenanforderung ist die Durchführung einer Vorbehandlung vorgeschrieben;
- b) Das Betriebsverhalten des Produkts lässt ein Problem mit Frühausfällen vermuten;
- c) Der Fertigungsprozess lässt ein Problem mit latenten Defekten vermuten;
- d) Die Unsicherheit bei der Einführung eines neuen Produktes oder Prozesses soll reduziert werden;
- e) Das Leistungsverhalten der Produkte zeigt an, dass einige Teile vorbehandelt werden könnten um damit eine enger oder schärfer gefasste Spezifikation zu erreichen;
- f) Die Fertigung hinterlässt Verunreinigungen im Produkt die zunächst beseitigt werden müssen, ehe man mit Prüfungen beginnen kann.

6.3 Beendigung der Vorbehandlung

Die Rechtfertigung dafür, eine RSS zu beenden oder zu sagen, eine Vorbehandlung sei nicht nötig, sollte durch Daten untermauert sein und nicht durch irgendeine intuitiv geäußerte Behauptung oder einen fehlgeleiteten Wunsch nach Kosteneinsparung veranlasst werden.

Während es gute Gründe dafür gibt, eine einmal beschlossene Vorbehandlungen auch wieder zu beenden oder mit dieser noch früher im Fertigungsverfahren zu beginnen, hat es sich als schwierig erwiesen, für kleine Fertigungsvolumina begonnene Vorbehandlungen wieder zu beenden, weil dort eine gute Fertigungskontrolle oft schwer fassbar ist. Wegen des damit einhergehenden Aufwandes und dem Einfluss auf den Fertigungsablauf ist es verführerisch, eine Beendigung zu versuchen. Aber angesichts der erzielten und dann untersuchten Ausbeute und Leistungsdaten zeigt es sich häufig, dass es keine Rechtfertigung für solch eine Beendigung gibt. In diesen Fällen würde es die primäre Strategie sein, wirksamere und effizientere Vorbehandlungen mit einem niedrigeren Schärfegrad und kürzerer Dauer zu versuchen oder mit der Vorbehandlung früher im Prozess zu beginnen und diese besser auf mögliche Ursachen von Fertigungsfehlern auszurichten.

Für Fertigungsprozesse mit multiplen Beanspruchungen aus Gründen der Zuverlässigkeitsvorbehandlung in verschiedenen Ebenen kann das Aussetzen einiger Zwischenschritte gerechtfertigt sein, sofern eine wirksame Fertigungskontrolle etabliert werden konnte. So gesehen sollte der Vorbehandlungsprozess dynamisch auf die Qualität der Fertigungskontrolle ausgerichtet werden. Sofern eine Fertigungskontrolle erfolgreich etabliert wurde, sollte es ein konsistent gutes Ergebnis der Vorbehandlung geben (d. h. keine fertigungsbezogenen Ausfälle) und die Vorbehandlung könnte dann entfallen. Nach Entwurfsänderungen oder Lieferantenwechsel sollte die Vorbehandlung wieder aufgenommen und Daten wieder solange erfasst und ausgewertet werden, bis der Fertigungsprozess nachgewiesenermaßen wieder beherrscht wird.

Falls ein Satz von Prozessen außer Kontrolle gerät, kann eine RSS als ein Weg angesehen werden, den Kunden vor den Folgen des Kontrollverlustes zu schützen. Der tatsächliche Beweis einer funktionierenden Prozesskontrolle ist mehr als Schaubilder an der Wand. Es muss der Nachweis erbracht werden, dass leistungsverbessernde Maßnahmen durchgängig und nachhaltig erfolgt sind; dieser Nachweis bedarf Kontrollgrenzen um einen Zielwert für nicht mehr hinnehmbares Verhalten, die Leistungsschwankungen des fertigen Produktes müssen reduziert werden und somit wird von Natur aus die Zuverlässigkeit verbessert. Man versucht am besten bereits innerhalb eines Prozessschrittes lenkend einzugreifen, anstatt bis zum Ende einer Fertigungssequenz oder gar bis zur Fertigstellung einer ganzen Baugruppe zu warten, da eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung die teuerste Methode ist, eine Fertigung zu kontrollieren.

Eine optimale RSS ist eine Ausgewogenheit zwischen kurzfristigen Fertigungskosten und kumulativem Schaden einerseits und dem Risiko für den Kunden und längerfristigen Kosten aufgrund von Verlusten bei Marktanteilen und Kundenvertrauen andererseits.

Da die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung eine teure Schutz- und Kontrollmethode ist, sollte sie minimiert werden, jedoch kann sie immer noch die geeignetste Option sein. In diesem Zusammenhang ist es angebracht, die Empfehlungen in ANSI/ASQ Z1.9 [14] zu erwägen; diese leiten dazu an, wie man von 100 % Vorbehandlung zurück auf Stichproben und niedrigere Auditebenen geht, um Änderungen in den Stichproben zu rechtfertigen.

Nimmt man an, dass die RSS gut durchdacht und wirksam ist, kann deren Beendigung gerechtfertigt werden durch eine während der Vorbehandlung erfasste erhebliche Menge an ausfallfreien Beobachtungsdaten. Zeigen sich während der RSS keine neuen Probleme und gibt es Hinweise auf bessere Fertigungsprozesse, Material und Entwicklungskontrolle, dann sollte die Erwägung einer Beendigung der Vorbehandlung aufrecht erhalten bleiben. Diese Hinweise bedingen aus der Fertigungsrate stammende Daten die ein gestiegenes Vertrauen vermuten lassen. Bei geringen Fertigungsraten kann dies eine erhebliche Zeit dauern. Damit kann es bei einigen Produkten, wie beispielsweise in der Wehrtechnik, angeraten sein, auf der sicheren Seite zu bleiben und keine Beendigung zu erwägen oder sogar noch vorsichtiger zu sein. Häufig wird RSS als eine Sorgfaltspflicht angesehen. Die Beschaffung ausreichender Daten aus gut dokumentierter und nachweislich effektiver Fertigungslenkung kann eine beträchtliche Herausforderung sein; jedoch müssen intuitiv und emotional schrille Rufe nach einer Beendigung durch eine Datenanalyse abgefedert werden.

7 Vorbehandlungsprogramm durch Beanspruchung im Überblick

Der Vorbehandlungsprozess durch Beanspruchung wird durch eine Reihe von Schritten dargestellt. Bild 1 stellt die Beziehung zwischen den Schritten graphisch dar.

Schritt 1. Ehe man mit den Arbeiten zu Ausfällen beginnt, ist es nützlich eine Ausfalleffektanalyse (FMEA) durchzuführen (siehe IEC 60812 [3]). Damit kann man Ausfälle nach deren Schwere gewichten und muss sich nicht aufwendig um Ausfälle mit geringer Auswirkung kümmern.

Es ist wichtig zu bestimmen, ob beobachtete Ausfälle Frühausfälle sind. Die Information hierzu kann man den Rückmeldungen aus dem Betrieb oder dem Markt mittels der in IEC 60605-6 [2] beschriebenen M(t)-Methode erhalten. Mit dieser Methode kann der Anteil (%) der Frühausfälle als auch die charakteristische Lebensdauer der schwachen Population geschätzt werden [15].

Alternativ können auch Daten aus Tests oder Prüfungen mittels einer Weibullanalyse (siehe IEC 61649 [5]) ausgewertet werden. Sollte das Weibull-Diagramm eine schwache und eine starke Population zeigen, so kann die Bimodale-Weibullverteilung angewendet werden, um die schwache Population zu modellieren und so die charakteristische Lebensdauer zu erhalten.

Sollte es keine Frühausfälle geben, dann sollte auch keine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung gemacht werden. Gegebenenfalls müssen auftretende Ausfälle dann durch andere Methoden wie Entwurfsänderungen (siehe IEC 61014 [11]) verringert werden.

Schritt 2. Sollte der Anteil der Frühausfälle groß sein, könnte eine sofortige Verringerung solcher Ausfälle gefordert sein. Es ist allgemein bekannt, dass nach Beginn der Massenfertigung einer Einheit (eines Gerätes, Produktes) es in den ersten Produktionsmonaten eine Reihe von Frühausfällen gibt, bis Fertigungsprozess und Bauelementelieferung rund laufen.

Schritt 3. Diejenigen Ausfallarten ermitteln die zu den Frühausfällen beitragen und die Grundursache jeder signifikanten Ausfallart finden.

In dieser internationalen Norm wird nur die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung von Bauelementen beschrieben. Falls die Frühausfälle durch den Assemblierungsprozess verursacht werden, einschließlich der Handhabung (z. B. Schäden durch elektrostatische Entladungen, Verunreinigungen usw.) wird eine Vorbehandlung der Bauelemente nicht wirksam sein. In diesem Fall müsste eine RSS an der gefertigten Einheit (Gerät, Produkt) durchgeführt werden (siehe IEC 61163-1 [4]).

Schritt 4. Nachdem die Grundursache gefunden wurde, sollte untersucht werden ob die Ausfallart durch Änderungen im Entwurf und in den Prozessen beseitigt werden kann. Sollte dies zutreffen, wird eine RSS wohl nicht nötig sein. Häufig bedarf es jedoch einer gewissen Zeit, um die Änderungen im Entwurf oder in den Fertigungsprozessen umzusetzen und es können bereits beträchtliche Mengen an Bauelementen im Lager vorrätig sein. Daher kann es nötig sein, die RSS an den eingelagerten Bauelementen solange durchzuführen, bis die Entwurfsänderungen wirksam werden.

Schritt 5. Im folgenden Schritt muss bestimmt werden, ob die Frühausfälle bereits zu Beginn der Betriebszeit (Zeit Null) gefunden werden können. Sollten Materialschwachstellen bereits zur Zeit Null erkannt oder aufgedeckt werden können, dann könnte man möglicherweise einzelne schwache Bauelemente aus einem Los aussortieren und man könnte leicht erkennen, ob es in einem Los einen übermäßig hohen Anteil schwacher Bauelemente gibt.

Hierfür kann man möglicherweise bestimmte Parameter messen (wie beispielsweise 1/f Rauschen) oder Materialschwachstellen durch nicht-invasive Techniken wie Röntgenstrahlen, Schallwellenmikroskope (SAM) (en: Scanning Acoustic Microscope) und ähnliche Methoden erkennen; beispielsweise kann man Risse oder Fehlstellen in Materialien aufdecken. Bei Lötstellen kann man diese mit einem gezielten Laserstrahl erhitzen und die Abkühlungsgeschwindigkeit kann auf Materialschwachstellen im Lot hinweisen. Bei mechanischen Anordnungen kann Rauschen oder Reibung ein Hinweis auf Materialschwachstellen sein. Bei Materialschwachstellen die durch eine variierende Dicke (Stärke) einer Oxidschicht in einem Mikroprozessor gegeben sind, könnten durch einen kurzen Hochspannungsimpuls Ausfälle provoziert werden.

Schritt 6. Bei bekannten Materialschwachstellen, die zur Betriebszeit Null noch nicht erkannt werden können, sollte nach der geeigneten Belastung geforscht werden, durch die der Ausfall oder die Ausfälle ausgelöst werden können; dazu muss die erwartete mindestens notwendige Betriebsdauer ermittelt werden.

Die tatsächlich nötige Dauer der Vorbehandlung bis zum Ausfall kann durch Ausfälle im Betrieb oder aus Labortests bekannt sein oder sie kann aufgrund von Prüfungen technisch begründet geschätzt werden.

Die benannten Beanspruchungsarten sollten bewertet werden nach:

- a) ihrer Wirksamkeit, die Ausfälle auszulösen;
- b) der durch die Beschleunigung verkürzten Dauer bis zum Ausfall der Materialschwachstellen;
- c) der Auswirkung des Belastungsniveaus auf die Teile.

Schritt 7. Die Beanspruchungsdauer sollte im Anschluss an die Auswahl der geeigneten Belastung bestimmt werden. Die Beanspruchung und ihre Dauer sollten auch bezüglich ihrer Auswirkung auf die verbleibende restliche Lebensdauer der vorbehandelten Teile bewertet werden.

Bei der Bestimmung der Beanspruchungsdauer muss auch bedacht werden, wie die aktuelle Ausfallzeit durch die beschleunigte Belastung modifiziert wird oder es sollten die Ausfalldaten der schwachen Population mittels einer Weibullanalyse bewertet werden.

Verwendet man eine Weibullanalyse zur Abschätzung der notwendigen Dauer einer RSS bei beschleunigten Beanspruchungsbedingungen, so sollte eine Probe der betroffenen Bauelemente dem (oder den) geplanten Beanspruchungsprofil(en) für eine beispielsweise einem (1) Betriebsjahr äquivalente Zeit ausgesetzt werden. Die beobachteten Ausfälle werden dann in ein bimodales Weibulldiagramm eingezeichnet (siehe IEC 61649 [5]). Die geschätzte Zeit bis zur Entfernung eines gewissen Prozentsatzes schwacher Bauelemente kann dann aus der Kurve abgelesen werden. Siehe Beispiel in Anhang B.

Schritt 8. Durch technische Analysen und Prüfungen sollte verifiziert werden, dass die gewählte Kombination von Belastungsarten und Belastungsniveaus die Lebensdauer der starken Bauelemente nicht negativ beeinflusst. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass man eine Bauelementeprobe zehnmal der Dauer der geplanten RSS-Beanspruchung aussetzt.

Schritt 9. Die RSS kann nun an allen Bauelementen oder an einem Los von Bauelementen durchgeführt werden, um zu entscheiden, ob die Probe angenommen werden kann oder ob sie zurückgewiesen werden muss. Hierfür können genormte Probenahmepläne verwendet werden und diese Verfahren können so kombiniert werden, dass zurückgewiesene Proben zu 100% geprüft werden. Der Vorteil einer 100% Sortierprüfung ist, dass das Vertrauen, dass alle schwachen Bauelemente ausgesondert wurden, höher ist. Es wird allgemein empfohlen mit einer 100% Sortierprüfung zu beginnen; wenn dann im Verlauf der Vorbehandlung die Anzahl der schwachen Bauelemente zurückgeht, kann man mit Stichprobenprüfungen an Losen fortfahren.

Schritt 10. Im Verlauf der Durchführung der RSS ist es empfehlenswert den Prozentsatz der gefundenen schwachen Bauelemente über der Zeit zu registrieren und diesen beispielsweise in einem p-Diagramm (siehe ISO 3951 [12]) aufzutragen. Nimmt der Prozentsatz schwacher Bauelemente ab, kann die Dauer des RSS-Prozesses verringert und die RSS kann zu einer Stichprobenprüfung eines jeden Loses reduziert werden. Sollte andererseits der Prozentsatz schwacher Bauelemente zunehmen, so sollte die Dauer des RSS-Prozesses sofort verlängert werden (beispielsweise verdoppelt) bis die Ursache der Zunahme gefunden wurde oder bis eine neue Dauer des RSS-Prozesses mittels einer bimodalen Weibullmethode (siehe IEC 61649 [5]) geschätzt ist.

Sobald die schwachen Bauelemente entfernt wurden oder deren Anzahl erheblich reduziert wurde, sollte eine Beendigung der RSS erwogen werden, da eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung prinzipiell eine temporäre Maßnahme ist und kein permanenter Prozess sein sollte.

Lediglich in den Fällen, in denen Bauelemente auf einen besonderen Parameter (z. B. Betriebstemperatur) hin geprüft und sortiert werden müssen, und in denen die normalen Bauelemente des Lieferanten nicht die geforderten Einsatzbedingungen erfüllen, sollte eine RSS als ein permanenter Prozess akzeptiert werden. In diesem Fall sollte man in Betracht ziehen, auch die als Ersatzteile für spätere Instandsetzungen eingelagerten Bauelemente zu prüfen und zu sortieren (siehe IEC 62402 [6]).

Bild 1 zeigt den empfohlenen Prozess zur Durchführung eines RSS-Programms. In manchen Fällen kann ein iteratives Vorgehen erforderlich sein, d.h. zu einem früheren Schritt zurückgehen, sollten neue Informationen verfügbar werden.

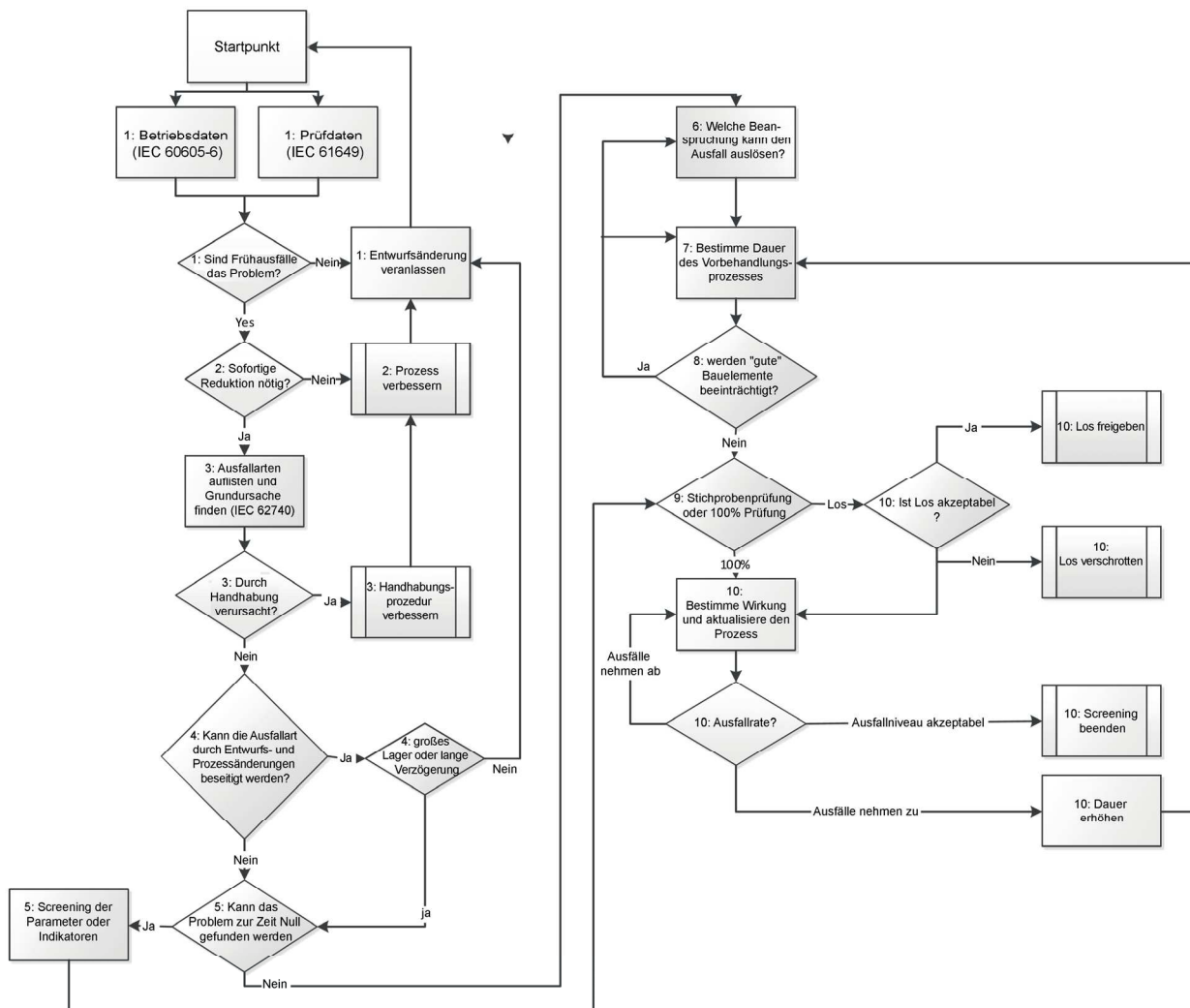


Bild 1 – Empfohlener Prozess für Zuverlässigkeitsvorbehandlung von Bauelementen durch Beanspruchung (Zahlenangaben in den Kästen verweisen auf die Schritte im Text)

8 Definition eines Vorbehandlungsprogramms durch Beanspruchung

8.1 Zielsetzungen

Die Zielsetzungen eines Vorbehandlungsprogramms unterscheiden sich leicht je nach den eigentlichen Gründen für die Durchführung einer Vorbehandlung durch Beanspruchung, es gibt dabei jedoch ein zu befolgendes grundlegendes Prinzip, nämlich Ausfälle auszulösen und diese Ausfälle müssen natürlich die richtigen sein. Die richtigen Ausfälle treten in denjenigen Einheiten auf, die in gewisser Weise nicht die in sie gesetzten Anforderungen erfüllen. Die Anzahl der vorbehandelten Einheiten wird je nach Zielsetzung schwanken. Um beispielsweise alle schwachen Einheiten eines Loses zu beseitigen, werden alle Einheiten vorbehandelt, also einer 100%-igen Sortierprüfung unterzogen. Manchmal wird eine Probe beziehungsweise ein Los einer Sortierprüfung unterzogen um auf diesem Weg die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Problemen in einer größeren Population zu untersuchen. Dies erfolgt oft als eine Vorbedingung für eine 100%-ige Sortierprüfung um anschließend fundiert entscheiden zu können, ob alle Einheiten vorbehandelt werden müssen, also ob eine 100%-ige Sortierprüfung notwendig ist. Diese Entscheidung wird von dem annehmbaren Risiko in der gegebenen Situation abhängen und dieses Risiko muss zuvor festgelegt werden, genauso wie die Beschreibung eines Ausfalls.

In manchen Fällen wird vorbehandelt um bekannte Probleme zu beseitigen, also um sicherzustellen dass Bauelemente mit bekannten Problemen nicht eingesetzt werden. Dies kann der Fall sein, wenn Probleme erkannt wurden und man Zeit für die Beseitigung der Ursachen benötigt, die Bauelemente jedoch sofort eingesetzt werden müssen.

Ein Vorbehandlungsprogramm kann auch dazu benutzt werden, Bauelemente aus einem Bauelementelos so zu selektieren, dass diese Elemente eine höhere Spezifikation als die nominell niedrigere Spezifikation erfüllen; so könnten mit einer Vorbehandlung beispielsweise Bauelemente nach ihrer Temperaturstabilität oder nach anderen Faktoren, die sich auf die Zuverlässigkeit auswirken, selektiert werden.

Dabei sollte sorgsam auf die damit verbundenen Kosten und Risiken geachtet werden, da diese die potentiell möglichen Vorteile wieder zunichtemachen könnten, weil die angelegte Belastung nachteilige Auswirkungen auf die Lebensdauer der danach noch verbleibenden Bauelemente haben könnte. So kann man in der Tat durch eine engere Kontrolle des Fertigungsprozesses größere Vorteile erzielen. In manchen Fällen kann dies jedoch nicht praktikabel sein, wenn beispielsweise vorhandene Bauelemente eine unzureichende Zuverlässigkeit aufweisen.

Sobald als möglich sollte das RSS-Programm so reduziert werden, dass nur noch auf Basis von Proben geprüft wird, ob die Materialschwachstellen eliminiert wurden; sobald dies positiv verifiziert wurde, sollte der RSS-Prozess gänzlich beendet werden. Dies bedarf der Verständigung mit dem Bauelementehersteller hinsichtlich der Identifizierung der Grundursachen (siehe IEC 62740 [1]) und dem Status und Zeitplan für Änderungen am Entwurf und den Prozessen.

8.2 Gestaltung eines Vorbehandlungsprozesses

Die Gestaltung einer wirksamen Vorbehandlung ist ein empirischer Prozess; es gibt keine standardisierte Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung oder ein standardisiertes Programm für eine Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung. Dies bedeutet nicht, dass manche Vorbehandlungen dennoch in vernünftiger Weise auch für ähnliche Produktkonfigurationen wirksam sein können. Es gilt jedoch die Regel, dass für jede zu behandelnde Einheit eine eigene Vorbehandlung durch Beanspruchung maßgeschneidert werden muss, wobei sowohl die Merkmale der Einheit als auch die erwarteten Mängel berücksichtigt werden müssen.

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Belastungsarten die mit unterschiedlichem Erfolg eingesetzt wurden. In dieser Norm werden die gängigsten Belastungsarten aus dem breiten Spektrum bekannter Mängelarten und deren mögliche Vorbehandlung beschrieben. Diese gängigsten Belastungsarten sind Temperaturwechsel, breitbandige rauschförmige Schwingbeanspruchung, Ein-/Ausschalt-Zyklen und Spannungsvariationen.

Tabelle 1 stellt in einer Übersicht die Mängelarten dar, die durch eine RSS zum Ausfallen gebracht werden können. So bedeutet beispielsweise in Tabelle 1 der Eintrag „Kombination von Temperaturwechsel und Schwingen“ dass die in der zweiten Spalte aufgeführten Mängelarten durch die in der ersten Spalte genannte Belastung oder durch Belastungskombination aufgedeckt werden können. In diesem speziellen Fall geschieht dies aus zwei Hauptgründen: (1) gewisse Mängelarten reagieren empfindlich sowohl auf Temperaturbeanspruchung als auch auf Schwingbeanspruchung und (2) besteht ein Synergieeffekt zwischen Temperaturwechsel und rauschförmiger Schwingbeanspruchung. Der Synergieeffekt kann sich zeigen wenn Temperaturwechsel und rauschförmige Schwingbeanspruchung entweder gleichzeitig (empfohlen) oder nacheinander angelegt werden. Nacheinander angelegt werden die besten Ergebnisse meistens in der Reihenfolge Temperaturwechsel-Schwingen-Temperaturwechsel erzielt.

Tabelle 1 – Beanspruchungsarten und typische Ausfallursachen

Beanspruchung, Belastung	Anwendung bei folgenden Mängeln
Temperaturwechsel	Parameterdrift im Bauelement Ausfall der hermetischen Abdichtung chemische Verunreinigung ungenügend berücksichtigter Temperaturkoeffizient Entlastung Lockerung von Verbindungen oder lose Teile Risse
Schwingen	Verunreinigung durch Partikel fehlerhafte Oszillatorkristalle schlecht verbundene interne Teile schlecht gesicherte schwere Teile mechanische Materialschwachstelle Lösung von Verbindungen oder lose Teile ungenügende Teilebefestigung
Kombination von Temperaturwechsel und Schwingen	alle Ausfallmechanismen die bei Schwingen und Temperaturwechsel auftreten können gegenseitige Beeinflussung verschiedener Ausfallmechanismen
hohe Spannung	kurzgeschlossene elektrische Verbindung (Draht, usw.)
Feuchte	ungenügende Abdichtung, Versiegelung hygroskopische Verunreinigung hochohmige Schaltkreisstabilität Korrosion
hohe Temperatur	Entlastung Leistungsabfall latente Ausfälle anregen chemische Reaktion
mechanische Krafteinwirkung	Wasserstoffversprödung Risse
Druckprüfung	ungenügende Abdichtung, Versiegelung
elektrische Lastwechsel, Ein-/Ausschalten	Einschaltstromverhalten transiente Spannungen

Das eigentliche Ziel bei der Ausarbeitung der richtigen Vorbehandlung ist es, die mangelbehaftete Einheit so zu belasten, dass die vorhandenen Mängel so angeregt werden, dass die betroffene Einheit ausfällt. Die zu erwartenden Mängelarten hängen davon ab, wie viel über die betreffende Einheit bekannt ist. Diese Kenntnis kann von bekannten, sehr spezifischen Mängeln der Einheit und dem erwarteten bekannten Reaktionsverhalten bis zu einer kompletten Unkenntnis über die angetroffene, mangelbehaftete Population und des wahrscheinlichen Reaktionsverhaltens reichen. Wie sich diese Kenntnis auf die Entwicklung des Vorbehandlungsprozesses auswirken kann, ist in den nachfolgenden Beispielen beschrieben:

- Es sind Daten über bekannte Mängelarten verfügbar, die durch die RSS angegangen werden müssen, sowie zu den anzulegenden Belastungen am Ort des Mangels um dort einen Ausfall auszulösen. Diese Daten müssen dann korreliert werden mit dem anhand von Schwellenwerten vorgegebenen Reaktionsverhalten welches das Produkt zeigen muss, damit die Mängel offen sichtbar werden. Ausgehend von diesen verfügbaren Daten bedingt der Vorbehandlungsvalidierungsprozess die Überwachung des Reaktionsverhaltens der Einheit und den Vergleich dieser Reaktionen mit den vordefinierten Schwellenwerten;
- Die Reaktion der Einheit wird aufgezeichnet und dann mit dem Reaktionsverhalten anderer Einheiten verglichen von denen bekannt ist, dass diese zufriedenstellende Abnahmetestergebnisse nach

thermischen Belastungen und/oder Schwingungsbelastungen (ESS) (en: Environmental Stress Screening) ergeben. Diese Erfahrungsdaten können durch eine Untersuchung existierender Einheiten erhoben werden, um deren Reaktionsverhalten auf Umgebungseinflüsse zu erhalten, von denen bekannt ist, dass diese zufriedenstellende Abnahmetestergebnisse ergeben. Der Erfolg dieser Methode hängt jedoch davon ab, dass das aktuell zu verbessernde Produkt dieselbe Mängelpopulation wie die Einheiten in der Erfahrungsdatenbank hat;

- Die erwartete Mängelpopulation ist bekannt, aber über die in der Einheit auszulösende Reaktion um sie zum Ausfallen zu bringen, ist nichts bekannt. Zur Umsetzung dieser Methode können platzierte Proben wirkungsvoll eingesetzt werden. Diese platzierten Proben werden dann der Belastung ausgesetzt und die Laststärke wird angepasst (erhöht oder erniedrigt), um so sicherzustellen, dass die mangelbehafteten Einheiten nach einer angemessenen Zeit zum Ausfallen gebracht werden;
- Sowohl die Mängelpopulation, als auch durch welche Belastungen die latenten Mängel zum harten Ausfallen zu bringen sind, ist nicht bekannt. In diesen Situationen ist eine Beschreibung des Entwurfs und dessen Merkmale die am besten einzuschlagende Vorgehensweise. Im Laufe der Zeit wird es Variationen oder Änderungen in der Einheit und dem Prozess geben, die sich auf die Reaktion der Einheit auf die Vorbehandlungsumgebung auswirken können. Daher sollte eine ausreichende Menge von Einheiten der Belastung ausgesetzt werden, vorzugsweise bis zum Ausfall. Wird diese Vorgehensweise eingeschlagen, muss die sich daraus ergebende Vorbehandlungsumgebung auf eine ausreichend große Menge von Einheiten angewendet werden um deren Realisierbarkeit sicherzustellen;

Tabelle 2 fasst die Merkmale einer gut entworfenen Vorbehandlung durch Beanspruchung zusammen. Diese Merkmale werden ohne zielgerichtete Bemühungen nicht erreicht werden. Die Bemühungen beginnen mit der Erwägung, welche Einheiten vorzubehandeln sind; Charakterisierung der beteiligten Einheiten; Anfangsentwurf jeder Vorbehandlung mittels stichhaltiger Techniken; Bewertung der Mängelpopulation, deren Verkleinerung das Ziel jeder einzelnen Vorbehandlung sein sollte; und Einrichten eines gut fundierten funktionalen Prüfprogramms das jede Vorbehandlung ergänzt.

Tabelle 2 – Merkmale einer gut entworfenen Vorbehandlung

trifft zu	trifft nicht zu	sollte keine
bringt Materialschwachstellen rasch zum Ausfallen	verursacht unangebrachte Entwurfsausfälle	beherrschende oder einschränkende Entwurfsbedingung sein
bringt einen adäquaten Anteil inhärenter Materialschwachstellen zum Ausfallen	führt zusätzliche Materialschwachstellen herbei	
	verbraucht einen signifikanten Prozentsatz der Produktlebensdauer (minimiert den Verbrauch der nutzbaren Lebensdauer)	

8.3 Beachtung der Ausfallphysik

Bevor man eine Vorbehandlung durch Beanspruchung beziehungsweise Sortierprüfung definieren kann, benötigt man ein detailliertes Verständnis der Art und Weise, wie eine betrachtete Einheit ausfallen kann. Hierzu sollten Angaben zu den Ausfallarten beschafft werden. Solche Angaben und Information zu den Ausfallarten sind aus verschiedenen Quellen erhältlich, die zuverlässigste Quelle ist der Bauelementehersteller selbst. Ausfallarten sind ein Ausdruck dafür, wie Ausfälle von einem Beobachter entdeckt werden können und orientieren sich hauptsächlich an den von der Einheit auszuführenden Funktionen.

Ausfallarten können definiert werden als ein absoluter Wert oder als ein relativer Wert. Beispielsweise könnte man einen elektrisch unterbrochenen Schaltkreis als eine Ausfallart definieren, dies ist ein absoluter Wert des Widerstandes, jedoch könnte in einer gegebenen Anwendung ein hoher Widerstand, der keine Schaltkreisunterbrechung ist, ebenfalls einen Ausfall verursachen. Somit könnte man in dieser gegebenen Anwendung eine Ausfallart als Attribut definieren, beispielsweise als einen Widerstandswert, der einen Grenzwert überschritten hat.

Es sollten lediglich für das Gesamtziel wichtige Ausfallarten betrachtet werden, da es kaum Gründe gibt, für das Gesamtziel unwichtige Ausfallarten auszusortieren. Bei einer Sortierprüfung schaut man nach einer bestimmten Materialschwachstelle oder Schwachstelle in der betrachteten Einheit und somit sollten nur solche Ausfallarten betrachtet werden, die im Zusammenhang mit einer bestimmten Materialschwachstelle stehen.

Jede als wichtig eingestufte Ausfallart kann auf vielfältige Weise entstehen, diese einzelnen Weisen werden mit Ausfallmechanismus bezeichnet und diese Mechanismen haben ihren Ursprung in der der Einheit zugrunde liegenden physikalischen Beschaffenheit. Zu jedem Ausfallmechanismus gibt es eine Reihe beitragender Faktoren, die den Ausfall mit einer dem Faktor eigenen Rate auslösen und eventuell zu der Ausfallart führen, die beobachtet werden kann. So führt beispielsweise Korrosion meist zu Unterbrechungen, da die elektrischen Leiterbahnen weg korrodieren. Zur Korrosion tragen gewisse Faktoren bei die präsent sein müssen um den Vorgang auszulösen, wie etwa Feuchte und ionische Verunreinigungen. Diese physikalischen Voraussetzungen sind alle durch Niveaus gekennzeichnet, die erreicht werden müssen, bevor der Mechanismus einsetzt, dabei laufen die Mechanismen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten (Raten) ab, da die Niveaus dieser beitragenden Faktoren sich ändern.

Um eine wirkungsvolle Vorbehandlung zu erzielen, müssen die Ausfallmechanismen bekannt sein und durch die Vorbehandlung solche Bedingungen geschaffen werden, dass die erforderlichen Ausfallmechanismen induziert werden; dieses sollte so schnell geschehen dass die relevante Ausfallart in einer kurzen Zeit auftritt. Man bemerke, dass die wahrscheinlich effektivsten Vorbehandlungen einen Mix aus Vorbehandlungsbedingungen erfordern und dass die Reihenfolge der angelegten Vorbehandlungen signifikant sein kann. Dies variiert natürlich je nach Bauelementetyp.

Eine willkürliche gewählte Vorbehandlung durch Belastung ist weder eine wirkungsvolle noch eine sinnvolle Strategie, da die Belastungen oder Beanspruchungen exakt auf die ermittelten Probleme ausgerichtet werden müssen. Eine Beanspruchung durch allgemeine und nichtspezifische Belastungen kann Schäden an der Einheit über das erwartete Maß hinaus verursachen und könnte im späteren Leben zu anderen Problemen führen. In solchen Fällen gilt es zu beachten, dass ein fälschlicherweise höheres und nicht begründetes Vertrauen in eine solchermaßen vorbehandelte Einheit entstehen könnte.

Möglicherweise kann man auch auf eine Simulation [16] zurückgreifen um die Wirkung einer Vorbehandlung zu modellieren, bevor man diese tatsächlich auf die Einheit anwendet; man könnte damit die Wirksamkeit der Vorbehandlung vorab beurteilen. Hierfür benötigt man jedoch die physikalischen Annahmen, die dem Ausfallmodell zugrunde liegen; existieren diese Angaben nicht, muss man auf Erfahrungen aus ähnlichen Situationen zur Gestaltung der Vorbehandlung zurückgreifen.

Um zu verstehen, welche Wirkung eine spezielle Belastung auf die Einheit haben wird, wird es nicht immer nötig sein, die physikalische Beschaffenheit dieser Einheit vollständig zu verstehen. Eine Reihe empirischer Gleichungen sind entwickelt worden anhand derer man die Wirkung einer Beanspruchung in allgemeiner Weise modellieren kann. Einige allgemeine Gleichungen sind in IEC 62506 [10] beschrieben und für elektrische Bauelemente speziellere Gleichungen sind in IEC 61709 [7] genannt.

8.4 Beachtung bei der Probenahme

Eine Vorbehandlung kann auf eine Reihe von Weisen angewendet werden, diese richten sich nach dem Zweck der Vorbehandlung.

Falls in Schritt 9 in Bild 1 durch die Vorbehandlung alle schwachen Bauelemente beseitigt werden sollen, dann muss die Probe zu 100 % komplett sein, sie muss also vollständig alle Einheiten umfassen; anders ausgedrückt, müssen alle später zu verwendenden Bauelemente vorbehandelt werden.

Falls der Zweck der Vorbehandlung eine Abnahmeprüfung ist, um mit einem gewissen Vertrauen herauszufinden ob in einem gegebenen Los oder in einer Fertigungslinie ein Problem vorhanden ist, dann muss ausgehend von dem Risiko, einen gewissen Prozentsatz nicht konformer Einheiten nicht zu entdecken, ein Probenahmeverfahren ausgewählt werden.

Probenahme ist ein genormter statistischer Lenkungsprozess der es dem Anwender ermöglicht, die Beständigkeit der Qualität erzeugter Produkte auf Grundlage geprüfter Produktproben festzustellen. Drei

Probenahmeverfahren sind hauptsächlich üblich; einfache Probenahme, doppelte Probenahme und Ketten-Probenahme (üblicherweise bekannt als Wald's Methode).

Für die Wahl eines geeigneten Probenahmeverfahrens benötigt man die Schätzung eines Populationsanteils und seines Vertrauensintervalls. Während die Wald-Methode üblicherweise zur Berechnung des Vertrauensintervalls genommen wird, ist zu bedenken, dass diese Methode gewisse Fehler haben kann und alternative Verfahren wie die Clopper-Pearson Methode oder die Wilson Score Methode ebenfalls in Betracht gezogen werden können [17], [18], [19], [20]. Siehe auch ISO 18414 [13] zu mehr Einzelheiten zur Probenahme.

8.5 Festlegung einer wirksamen Vorbehandlung

Eine wirksame Vorbehandlung liefert die erwarteten Ausfälle so schnell als möglich, ohne dass durch die Belastung weitere Ausfallmechanismen erzeugt werden, die im normalen Betrieb gar nicht auftreten würden. Die Vorbehandlung muss auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll sein. Oft muss zwischen den Kosten einer Vorbehandlung und deren Wirksamkeit abgewogen werden. Gegebenenfalls muss ein Optimierungsprozess gestartet werden, um die wirksamste Vorbehandlung zu wählen.

Jeder festgelegte und zusammengestellte Satz von Vorbehandlungsbedingungen muss eine gewisse Zeit lang angewendet werden, bis Erfolge zu sehen sein werden. Über das Belastungsniveau kann gesteuert werden, wie lange die Vorbehandlung dauern muss; je wirksamer eine Vorbehandlung ist, desto kürzer wird sie dauern müssen.

Bei einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung gilt der allgemeine Grundsatz, die schwachen Bauelemente zum Ausfallen zu bringen, daher ist es manchmal vernünftig das maximal geeignete Belastungsniveau anzulegen.

Bei der Überwachung von Prüfungen können Ausfälle nicht immer sofort und direkt erkannt werden. Daher kommen manchmal sekundäre Indikatoren zum Einsatz (Rauschen in Leitern, Erholungszeiten in Halbleitern, die Masse flüssiger Elektrolytkondensatoren usw.). Dies hängt von der physikalischen Beschaffenheit der Prüflinge ab und muss vor Prüfungsbeginn bei der Untersuchung der Ausfallphysik beachtet werden.

Auch während der Durchführung einer Vorbehandlung durch Beanspruchung sollte drauf geachtet werden, dass diese Vorbehandlung wirksam bleibt oder sie sollte nötigenfalls angepasst werden. Im Verlauf der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung kann sich der Prozentsatz der beobachteten Ausfälle ändern, dann gilt es, folgendes zu beachten:

- Nimmt der Prozentsatz der Ausfälle zu, sollte die Prüfdauer verdoppelt werden; dies sollte durch eine neue Bewertung begleitet werden [15]. Alternativ könnte die Belastung erhöht werden;
- Nimmt der Prozentsatz der Ausfälle ab, sollte eine neue Bewertung durchgeführt werden, um entscheiden zu können, ob die Prüfdauer reduziert werden kann. Alternativ könnte die Belastung reduziert werden;
- Bleibt der Prozentsatz der Ausfälle über längere Zeit konstant, sollte die Bewertung in regelmäßigen Abständen wiederholt werden.

Manchmal kann es notwendig oder nützlich sein, das Verfahren der Stufenprüfung, also einer schrittweisen Laststeigerung [22] einzusetzen. Dabei werden bei jedem Belastungsniveau die Ausfälle untersucht und die Verweildauern gegebenenfalls verkürzt. Dies geschieht häufig dann, wenn es bei niederen Belastungsniveaus zu keinen Ausfällen kommt. Der Grund hierfür kann darin liegen, dass die Belastung anfänglich nicht harsch genug war um Ausfälle zu provozieren, oder es findet gerade eine andere Ausfallart statt, die näher untersucht werden muss. Stufenprüfung mit einer schrittweisen Laststeigerung wird oft eingesetzt, um Prüfdauern zu verkürzen und um eine Vorstellung zu erhalten, mit welchen Ausfallraten man bei unterschiedlichen Belastungsniveaus zu rechnen hat.

Werden die Prüflinge (die Bauelemente) in der aktuellen Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung kontinuierlich überwacht, dann können die Daten leicht analysiert und es kann leicht entschieden werden, ob eine neue Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung erforderlich wird. Werden die Bauelemente nicht kontinuierlich überwacht, dann sollte eine getrennte Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung gemacht werden.

8.5.1 Bewertung der Vorbehandlung

Bevor man mit einer Vorbehandlung beginnt, ist es sinnvoll, den Vorbehandlungsprozess zu bewerten. Diese Bewertung wird an einer kleinen Stichprobe durchgeführt. Dabei werden die Einheiten beziehungsweise die Prüflinge der gewählten Vorbehandlung ausreichend lange ausgesetzt, so dass eine relevante Anzahl schwachstellenbedingter Ausfälle auftreten kann. Die Anzahl der während dieser Bewertung zu beobachtender Ausfälle, anhand derer man erkennen kann, dass dies eine wirkungsvolle Prüfung sein könnte, hängt von dem vermuteten Umfang der schwachen Population in der Stichprobe und dem geforderten Vertrauensniveau ab. Sollte die erwartete Anzahl von Ausfällen durch die Bewertung nicht in der erwarteten Zeit generiert werden, dann können die Belastungsniveaus modifiziert werden. Solch eine Bewertung der Vorbehandlung kann auch für die Festlegung der Prüfdauer verwendet werden.

8.6 Analyse der Daten aus einem Vorbehandlungsprozess

Die Hauptergebnisse aus einer Vorbehandlung durch Beanspruchung sind Angaben zu ausgefallenen und nicht ausgefallenen Bauelementen. Um sicher zu sein, dass die aufgetretenen Ausfälle zu den Zielen der Vorbehandlung passen ist es notwendig, eine Ausfallanalyse der Bauelemente vorzunehmen. Ausfallanalyse ist der Vorgang, durch den die wahre Grundursache des Ausfalls auf der Bauelementeebene ermittelt wird. Dazu bedarf es einer physischen Untersuchung und Prüfung des Bauelementes, um genau herauszufinden was geschehen ist. Der genaue Ablauf dieser Untersuchung ist für jeden Bauelementetyp anders, da auch die verwendeten Materialien und die Bauweise und somit auch die Ausfallmechanismen jeweils anders sind; daher kann hier keine allgemein einsetzbare Vorgehensweise genannt werden. Es existiert eine Reihe wissenschaftlicher Veröffentlichungen in denen eine Ausfallanalyse beschrieben ist [23], [24], [25], [26]. Die allgemeinen Grundlagen einer Grundursachenanalyse treffen jedoch auch hier zu (siehe IEC 62740 [1]).

In den meisten Fällen wird der Bauelementehersteller am besten wissen, wie eine Ausfallanalyse der Bauelemente vorzunehmen ist. Viele Hersteller veranlassen Ausfallanalysen ihrer Bauelemente aufgrund von Abmachungen oder stellen Angaben zur Verfügung, die solche Analysen möglich machen. Es gibt auch spezialisierte Untersuchungslabors die solche Analysen gegen Entgelt durchführen.

Es wird darauf hingewiesen, dass manchmal auch die nicht ausgefallenen Bauelemente untersucht werden; dabei interessiert, warum diese nicht ausfielen oder wie nah sie einem Ausfall waren.

Der allgemeine Zweck einer Ausfallanalyse ist die Bestätigung, dass die Bauelemente in der bei der Festlegung der Vorbehandlung erwarteten Weise ausfielen. Sollten die Bauelemente in einer anderen, unerwarteten Weise ausgefallen sein, dann sollte die Vorbehandlung daraufhin überprüft werden, ob sie für die Zielsetzung noch angebracht und geeignet ist. Es sollte überprüft werden, ob diese neue, weitere Ausfallart nicht auch in die Vorbehandlung mit aufgenommen werden sollte.

Ein weiteres Ergebnis der Vorbehandlung sind Daten. Diese Daten können Angaben zu den Dauern bis zum Ausfall der vorbehandelten Bauelemente sein, zu den Umgebungsbedingungen der Prüfung und zu sonstigen angelegten Belastungen sowie sekundäre Angaben zu Parametern. Die erfassten Daten hängen von den geprüften Bauelementen ab, der Größe des vorbehandelten Loses und der Art der Vorbehandlung. Aufgrund der möglichen Diversität der Daten ist es nicht möglich, in dieser Norm genaue Anleitungen zu geben wie die Daten zu analysieren sind, dennoch können einige allgemeine Aussagen gemacht werden.

Ausfalldaten: Daten zu den Dauern bis zum Ausfall können mittels der in IEC 60300-3-5 [8] und in IEC 61649 [5] beschriebenen Verfahren analysiert werden. Die zur Auswertung solcher Daten im Allgemeinen verwendeten Verfahren sind die üblichen statistischen Analysetechniken wie sie in vielen wissenschaftlichen Büchern zu diesem Thema beschrieben sind, wie etwa in [27], [28]. Die Komplexität der erforderlichen Analysen hängt von der Komplexität der Prüfung ab. So benötigt man beispielsweise für Prüfungen mit schrittweiser Laststeigerung und verschiedenen Belastungsniveaus eine technisch ausgefeiltere Analyse als bei nur einem Belastungsniveau. Sollten zur Situationsanalyse sekundäre Daten verwendet werden, dann müssen gegebenenfalls komplexe Beziehungen zwischen der Situation und dem Prüfling bei der Analyse mit in Betracht gezogen werden.

Weitere Verfahren, die eventuell für die Auswertung der Daten nützlich sein können sind beispielsweise Regelkarten [29], in Matrizen eingetragene Annahme- und Rückweiseverhältnisse zur Überwachung des Prozessverhaltens über der Zeit [30], Risikoanalysetechniken [31] und Parameterdriftanalyse [32].

8.7 Durchführung weiterer Untersuchungen um die Ziele zu erreichen

Der Grund für die Durchführung einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung ist die Beseitigung schwacher Bauelemente aus einem Bauelementelos; in manchen Fällen geht es aber auch darum, das Risiko zu verstehen, warum gewisse Bauelemente aus einem Bauelementelos manchmal bei einer besonderen Konstellation der Betriebsbedingungen ausfallen. Mit einer gut gestalteten Vorbehandlung durch Beanspruchung kann man dies meistens erzielen; manchmal kann es aber auch nötig sein, weitere Maßnahmen durchzuführen damit die Anforderungen erfüllt werden. Dabei gelten viele Grundsätze des in IEC 61014 [11] beschriebenen Zuverlässigkeitswachstumsprogramms. Typischerweise sind Änderungen im Entwurf, bei den Fertigungsprozessen oder bei der Verwendung der Bauelemente zu machen. Außerdem könnte es nötig sein, eine Strategie zur Vermeidung von Ausfallarten aufzubauen durch die man die Ursachen für die Ausfälle beseitigen kann oder man sollte sich wenigstens mit ihnen bei ihrem Eintritt beschäftigen, beispielsweise durch Redundanz [15].

In manchen Fällen wird die Vorbehandlung durch Beanspruchung nicht die erwarteten Ergebnisse liefern und in solchen Fällen sind weitere Untersuchungen von Nöten um das Geschehene zu verstehen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Beanspruchung Ausfälle mit Ausfallarten hervorruft, die nicht von dem erwarteten Mechanismus verursacht wurden. Dies kann der Fall sein wenn eine angelegte Belastung in einer Belastungsprüfung zu, von der anfänglichen Physik der Ausfallanalyse nicht vorhergesagten, Auswirkungen führt. In solchen Fällen wird eine besser auf das Ziel gerichtete Änderung der angelegten Belastung nötig sein.

8.8 RSS-Plan

Der RSS-Plan sollte ein lebendes Dokument sein und er sollte alle Aspekt des RSS-Prozesses umfassen und er sollte in den Fertigungsprüfplan integriert sein. Der Plan sollte ein nützliches Werkzeug für die Ermittlung der für die Durchführung einer RSS benötigten Ressourcen sein und er sollte auch die nötigen Vorkehrungen enthalten, die die Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung zu einem dynamischen Prozess machen. Der RSS-Plan sollte mindestens nachfolgende Punkte enthalten:

- Die Zielsetzungen des RSS-Prozesses, insbesondere was mit dem RSS-Prozess bewirkt werden soll und auf welche Weise man wissen wird, wann der RSS-Prozess seine Ziele erreicht haben wird;
- Flussdiagramm des gesamten RSS-Prozesses;
- einen Zeitplan mit Vorgaben zu den Zeitpunkten zu denen die RSS-Prozeduren abgeschlossen sein sollen und zum Beginn der Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung (RSS);
- welche Belastungen werden eingesetzt;
- wie werden die Belastungen an den Prüfling angelegt, also RSS-Parameter, Ablauffolge der erzwungenen Beanspruchungen, kombinierte erzwungene Beanspruchungen;
- verwendete Prüfeinrichtungen und Geräte;
- Verfahren zur Modifizierung des Vorbehandlungsprogramms aufgrund ausgefallener Prüflinge;
- Regeln für die Entscheidungsfindung bei eingetretenen Ausfällen;
- Anforderungen an Unterauftragnehmer und Lieferanten hinsichtlich der RSS;
- Verantwortlichkeiten der RSS-Organisation und der Unternehmensführung hinsichtlich der RSS;
- Nacharbeiten, Reparaturen/Instandsetzungen, Modifizierungen, Ersatzteile und Rückläufe aus dem Einsatz hinsichtlich der RSS;
- der Datenerfassungsprozess;
- Personal und deren Verantwortlichkeiten für die verschiedenen Funktionen im RSS-Prozess, beispielsweise Fertigungstechnik, Qualitätssicherung, Prüftechnik, Zuverlässigkeitstechnik usw.

Um erfolgreich zu sein, muss der Prozessablauf ein geschlossener Kreis sein. Das Ziel ist die Minimierung der Fertigungskosten und die Verbesserung der Produktivität. Diese Ziele können erreicht werden durch Rückmeldungen und daraus veranlassten Korrekturmaßnahmen am entsprechenden Fertigungsschritt. Eine Analyse der Ausfallursachen und das Verständnis, wie der Ausfall zustande gekommen ist, sind für den Erfolg der RSS von entscheidender Bedeutung. Aus dem RSS-Prozess abgeleitete Angaben und Erkenntnisse sind Ausfallberichte, Datendurchsatz und RSS-Leistungsdaten. Diese Angaben und

Erkenntnisse werden auf Trends und auf die Wirksamkeit der Sortierprüfung beziehungsweise der Vorbehandlung untersucht.

9 Sortierprüfung bei stark erhöhter Belastung (HASS-Prüfung)

Eine HASS-Prüfung (en: Highly Accelerated Stress Screening) ist eine in Verbindung mit einer stark beschleunigten Grenzlastprüfung (HALT), [20] (en: Highly Accelerated Life Testing) durchgeführte Sortierprüfung. Im Grundsatz ist der Hauptzweck einer Sortierprüfung bei stark erhöhter Belastung (HASS) einer Zuverlässigkeitsvorbehandlung durch Beanspruchung (RSS) sehr ähnlich. So zielen beide Verfahren darauf ab, schwache Bauelemente oder Einheiten daran zu hindern, bis zum Anwender/Endnutzer durchzukommen; dabei werden bei einer HASS-Prüfung genauso wie bei einer RSS-Vorbehandlung Umwelt- oder betriebliche Beanspruchungen als Mittel eingesetzt, um Materialschwachstellen in gefertigten Einheit zu erkennen, in dem man diese so provoziert, dass sie als erkennbare Ausfälle auftreten. Der Hauptunterschied zwischen RSS und HASS ist der Grund und die Motivation für deren Durchführung. Die Notwendigkeit für eine RSS ergibt sich typischerweise durch das Auftreten von Frühausfällen im Betrieb oder während einer Prüfung. Dabei wird unterstellt, dass ein Bauelement oder eine Einheit nur dann als „schwach“ angesehen wird, wenn diese ihre Spezifikationen im vorgegebenen Funktionsrahmen nicht erfüllt haben. Sollte dies nicht der Fall sein, gibt es auch keinen Anlass für eine Sortierprüfung / Vorbehandlung. Die Sortierprüfung bei stark erhöhter Belastung (HASS-Prüfung) ist dagegen als ein fortlaufender Prozess angelegt; diese Prüfung wird durchgeführt um sicherzustellen, dass gefertigte Bauelemente/Einheiten dasselbe Robustheit/Qualitätsniveau einhalten wie man dies auch bei einer beschleunigten Grenzlastprüfung (HALT-Prüfung) guter Bauelementen/Einheiten antrifft. Hier wird die Robustheit/Qualität als ein Satz von Belastungsgrenzen (die sogenannte „Betriebsgrenze“ und „Zerstörungsgrenze“) gemessen und definiert, welche die Bauelemente/Einheiten in der Prüfung zeigen; diese liegen häufig weit jenseits der vorgegebenen Funktionsrahmen.

Zusätzlich gilt für HASS-Prüfungen folgendes:

- HASS beruht auf den „Betriebsgrenzen“ die während einer HALT-Prüfung gefunden wurden (siehe IEC 62506 [10]). Die Belastungsniveaus bei einer HASS-Prüfung (ausfallende Sortierprüfung) sind die „Betriebsgrenzen“, die um eine gewisse Spanne reduziert sind, beispielsweise um 5 Grad Celsius und 5 g effektiv (siehe IEC 62506 [10]);
- eine HASS-Sortierprüfung sollte soweit als möglich kontinuierlich überwacht werden;
- sollte das Produkt während der Prüfung nicht kontinuierlich überwacht werden können, so sollte nach der ausfallenden Sortierprüfung während der Funktionsprüfung eine schwache Schwingbelastung („erkennende Sortierprüfung“) angelegt werden um intermittierende Ausfälle zu erkennen (siehe IEC 62506 [10]);
- sobald das Niveau der schwachen Bauelemente reduziert oder eliminiert wurde, sollte die Sortierprüfung bei stark erhöhter Belastung (HASS-Prüfung) wie alle anderen Sortierprüfungen auch beendet werden oder wenigstens zu einer Stichprobenprüfung reduziert werden.