

DIN EN IEC 60749-37



ICS 31.080.01

EntwurfEinsprüche bis 2023-03-20
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60749-37:2008-08

**Halbleiterbauelemente –
Mechanische und klimatische Prüfverfahren –
Teil 37: Prüfverfahren Fall der Leiterplatte unter Verwendung eines
Beschleunigungs-Messgerätes
(IEC 47/2651/CDV:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60749-37:2020**

Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods –
Part 37: Board level drop test method using an accelerometer
(IEC 47/2651/CDV:2020);
German and English version prEN IEC 60749-37:2020

Dispositifs à semiconducteurs –
Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –
Partie 37: Méthode d'essai de chute au niveau de la carte avec utilisation d'un
accéléromètre
(IEC 47/2651/CDV:2020);
Version allemande et anglaise prEN IEC 60749-37:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-01-20 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 42 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 60749-37:2020-10 „Halbleiterbauelemente – Mechanische und klimatische Prüfverfahren – Teil 37: Prüfverfahren Fall der Leiterplatte unter Verwendung eines Beschleunigungs-Messgerätes“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 47/2651/CDV:2020-10 „Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 37: Board level drop test method using an accelerometer“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 60749-37:2020-10 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 IEC/TC 47 „Semiconductor devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, 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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten 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.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60749-37:2008-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Diese Ausgabe enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe: Korrektur vorheriger Fehler;
- b) Aktualisierungen zur Berücksichtigung technologischer Verbesserungen.

**Halbleiterbauelemente – Mechanische und klimatische
Prüfverfahren – Teil 37: Prüfverfahren Fall der Leiterplatte
unter Verwendung eines Beschleunigungs-Messgerätes**

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich und Zweck.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	6
4 Prüfgeräte und Bauelemente.....	7
4.1 Prüfgerät.....	7
4.2 Prüfkomponenten.....	8
4.3 Prüfleiterplatte.....	8
4.4 Bestückung der Prüfleiterplatte.....	8
4.5 Anzahl der Bauelemente und Probenumfang.....	9
5 Erzeugen statistisch ausreichender Daten. Prüfverfahren.....	9
5.1 Prüfeinrichtung und Einstellwerte.....	9
5.2 Anfangsmessungen.....	11
5.3 Fallbeanspruchung.....	13
6 Ausfallkriterien und Ausfallanalyse.....	13
7 Zusammenfassung.....	14
Anhang A (informativ) Empfehlungen für Aufbau, Werkstoffe, Entwurf und Layout der Leiterplatte.....	16
A.1 Empfehlungen für Aufbau, Werkstoffe und Entwurf der Leiterplatte.....	16
A.2 Empfehlungen für Größe, Layout und Bestückpositionen der Prüfleiterplatte.....	18
Literaturhinweise.....	21
Bilder	
Bild 1 – (a) Typisches Fallprüfungsgerät, (b) Vorcharakterisierungsaufbau ohne Prüfleiterplatte, (c) Montageaufbau mit Leiterplatte und (d) ein Aufbau eines Proben-Abstandhalters.....	10
Bild 2 – Berechnung der Geschwindigkeitsänderung.....	11
Bild 3 – Grafische Darstellung und Gleichungen eines üblichen Halbsinus-Schockimpulses.....	12
Bild A1 – Leiterplatten-Footprint und BGA-Layout für 4 Bauelemente (a) und ein Bauelement (b).....	19
(a).....	19
(b).....	19
Bild A2 – Prüfstück mit 4 platzierten Bauelemente (Oberseite - links) und 1 Bauelement in der Mitte (Unterseite - rechts).....	20
Tabellen	
Tabelle 1 – Anzahl der für die Prüfung erforderlichen Prüfleiterplatten und Bauelemente.....	9
Tabelle A.1 – Lagenaufbau (Stack-up) und Werkstoffe der Prüfleiterplatte.....	16
Tabelle A.2 – Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der isolierenden Werkstoffe.....	17
Tabelle A.3 – Empfohlene Padgrößen der Prüfleiterplatte und Öffnungen der Lötstopmmaske.....	18

Einleitung

Tragbare elektronische Geräte (Handhelds) gehören in die Marktsegmente für Endverbraucher und tragbare Anwendungen. Die tragbaren elektronischen Geräte umfassen Kameras, Taschenrechner, Mobiltelefone, Pager (Funkrufempfänger), Palms (Palmtop-PCs), Karten der Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA-Cards), Chipkarten (Smart-Cards), persönliche digitale Assistenten (PDAs) und andere elektronische Geräte, welche bequem in einer Jackentasche verstaut und während des Betriebs in der Hand des Anwenders gehalten werden können.

Diese tragbaren elektronischen Geräte sind wegen ihrer Größe und Masse prädestiniert, während ihrer nutzbaren Lebensdauer herunterzufallen. Dieses Ereignis des (Herunter-)Fallens kann nicht nur mechanisch bedingte Ausfälle im Gehäuse des Gerätes verursachen, sondern es kann auch auf den bestückten Leiterplatten (PCB; en: printed circuit board), welche innerhalb des Gerätes montiert wurden, elektrisch bedingte Ausfälle durch den Energietransfer über die Haltevorrichtungen der Leiterplatte geben. Die elektrisch bedingten Ausfälle können durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden wie beispielsweise Risse (Cracks) in der Leiterplatte, Risse (Cracks) in den Leitern auf der Leiterplatte, Risse (Cracks) in den Lötstellen zwischen Bauelement und Leiterplatte sowie Risse (Cracks) in den Bauelementen selbst. Die Hauptausfallursache ist das übermäßige Durchbiegen der Leiterplatte infolge der auf die Leiterplatte wirkenden Beschleunigung, welche durch das Herunterfallen des tragbaren elektronischen Gerätes erzeugt wird. Das Durchbiegen der Leiterplatte verursacht eine Relativbewegung zwischen der Leiterplatte und den auf ihr montierten Bauelementen, wodurch Ausfälle in den Bauelementen, den Lötstellen oder der Leiterplatte auftreten. Der Ausfall ist abhängig von der Kombination aus Design (Layout), konstruktivem Aufbau, Werkstoffen, Dicke und Oberflächenfinish der Leiterplatte, von den Verbindungswerkstoffen (Loten) und dem Stand-off sowie der Größe der Bauelemente.

Eine Korrelation zwischen den Prüf- und Feldbedingungen ist noch nicht vollständig abgeschlossen. Folgerichtig ist das Prüfverfahren gegenwärtig eher für Vergleiche hinsichtlich des Bauelementeverhaltens anzuwenden als für eine Gut/Schlecht-Beurteilung. Die Prüfergebnisse sollten vielmehr dazu verwendet werden, die existierenden Daten zu verbessern oder eine Grundlage für potenzielle Entwicklungsvorhaben in den Gehäuse- und Leiterplattentechnologien aufzubauen.

Die Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Prüforten, Datenerhebungsarten und Leiterplattenherstellern ist auf Basis der existierenden Daten nicht in vollem Umfang nachweisbar. Als ein Resultat dessen müssen beim Verwenden der Daten für den direkten Vergleich von Bauelementen hinsichtlich der Leistungs- und Funktionsfähigkeit als Erstes Untersuchungen zur Kompatibilität durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Prüfdaten tatsächlich bei unterschiedlichen Prüforten und Prüfbedingungen vergleichbar sind.

Dieses Prüfverfahren ist nicht geeignet, eine vollständige Beanspruchungscharakterisierung zu ersetzen, denn eine solche könnte wesentlich umfangreichere Probenumfänge und eine größere Anzahl von Fallbeanspruchungen erfordern. Infolge der hier festgelegten begrenzten Probenumfänge und der Anzahl der Fallbeanspruchungen ist es möglich, dass nicht in jedem Fall genügend Ausfalldaten für eine vollständige statistische Analyse erzeugt werden.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Teil von IEC 60749 legt ein Prüfverfahren fest, mit dem man in der Lage ist, das Verhalten von oberflächenmontierbaren Bauelementen für Anwendungen in tragbaren elektronischen Geräten (Handhelds) bei Beanspruchungen durch einen freien Fall einzuschätzen und zu vergleichen, wobei unter beschleunigenden Prüfbeanspruchungen durch das übermäßige Durchbiegen einer Leiterplatte Geräteausfälle verursacht werden. Der Zweck besteht in einer Vereinheitlichung der Prüfleiterplatte und der Prüfdurchführung, um eine reproduzierbare Einschätzung des Verhaltens von oberflächenmontierbaren Bauelementen bei Beanspruchungen durch freien Fall zu erhalten, indem die gleichen Ausfallursachen nachgebildet werden, welche normalerweise während einer Beanspruchung auf Geräteebeane zu beobachten sind.

Der Zweck dieser Norm ist die Beschreibung einer standardisierten Durchführung von Prüfbeanspruchung und Auswertung. Sie ist nicht geeignet für eine Bauelemente-Qualifikationsprüfung und sie ist auch kein Ersatz für irgendeine Fallprüfung des gesamten Gerätes, welche notwendig sein könnte, um ein bestimmtes tragbares elektronisches Gerät zu qualifizieren. Diese Norm ist nicht geeignet, jene Fallbeanspruchungen zu behandeln, welche erforderlich sind, um die Schockbeanspruchungen zu simulieren, welche beim Verpacken und Handling von elektronischen Bauelementen oder bestückten Leiterplatten auftreten. Diese Prüfanforderungen sind bereits in Prüfverfahren wie beispielsweise IEC 60749-10 festgelegt. Das vorliegende Prüfverfahren kann bei oberflächenmontierbaren Bauelementen mit Bauelementanschluss-Ausführungen sowohl in Area-Array-Technologie (flächige Matrixanordnung der Pins) als auch in Perimeter-Lead-Technologie (an den Gehäusesseiten angeordnete Pins) angewandt werden.

Bei diesem Prüfverfahren wird ein Beschleunigungsmessgerät (Akzelerometer) verwendet, um die Dauer und Amplitude der ausgeübten mechanischen Stoßbelastung (Schock) zu messen, wobei der Schock proportional zu einer Beanspruchung bei einem gegebenen Bauelement ist, das auf eine Standard-Prüfleiterplatte montiert wurde. Bei dem Prüfverfahren nach IEC 60749-40 wird ein Dehnungsmessgerät verwendet, um die Dehnung und Dehnungsrate einer Leiterplatte in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem montierten Bauelement zu messen. In der Detailspezifikation wird dargelegt, welches Prüfverfahren zu benutzen ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60749-10:2002, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-20, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20: Resistance of plastic-encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat*

IEC 60749-20-1, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20-1: Handling, packing, labelling and shipping of surface-mount devices sensitive to the combined effect of moisture and soldering heat*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Bauelement

Halbleiterbauelement in einem Gehäuse

3.2

einseitig bestückte Leiterplatte

bestückte Leiterplatte, bei der die Bauelemente nur auf eine Seite der Leiterplatte montiert werden

3.3

zweiseitig bestückte Leiterplatte

bestückte Leiterplatte, wobei die Bauelemente sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite der Leiterplatte montiert werden

3.4

tragbares elektronisches Gerät

Handheld

Gerät, welches bequem in einer Jackentasche (ausreichender Größe) verstaut und zum Betrieb in der Hand des Anwenders gehalten werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Tragbare elektronische Geräte umfassen Kameras, Taschenrechner, Mobiltelefone, Pager (Funkrufempfänger), Palms (Palmtop-PCs, früher „Pocket-Organizer“ genannt), Karten der Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA-Cards), Chipkarten (Smart-Cards), schnurlose Telefone, persönliche digitale Assistenten (PDAs) und andere Kommunikationsgeräte.

3.5

Spitzenbeschleunigung

Höchstwert der Beschleunigung während der dynamischen Bewegung der Prüfeinrichtung

3.6

Impulsdauer

Beschleunigungsintervall

Dauer (Zeitintervall) zwischen dem Zeitpunkt, bei dem die Beschleunigung 10 % ihres festgelegten Höchstwertes (Spitzenbeschleunigung) erreicht hat, und dem Zeitpunkt, bei dem die Beschleunigung zum ersten Mal wieder auf 10 % des festgelegten Höchstwertes abgesunken ist, nachdem sie den Höchstwert (Spitzenbeschleunigung) erreicht hatte

3.7

Tisch-Fallhöhe

notwendige Höhe, aus welcher der Falltisch frei fällt, um die festgelegte Spitzenbeschleunigung und die Impulsdauer zu erreichen

3.8

Ausfallereignis

elektrische Unterbrechung mit einem Widerstandswert von größer 1 000 Ω bei mindestens 1 μ s Dauer

3.9

Ereignisdetektor

(Strom-)Durchgangsmessgerät, das in der Lage ist, elektrische Unterbrechungen mit einem Widerstandswert von 1 000 Ω bei mindestens 1 μ s Dauer festzustellen

4 Prüfgeräte und Bauelemente

4.1 Prüfgerät

Die Schock-Prüfeinrichtung muss in der Lage sein, Schockimpulse auf dem Bauelementekörper bei einer Änderungsgeschwindigkeit zwischen 1 250 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ bis 5 430 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ zu erzeugen, und zwar bis zu einer Spitzenbeschleunigung von 2 900 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ bei einer Impulsdauer zwischen 0,3 ms und 8,0 ms. Für Prüfungen im betriebsfreien Klarzustand ist eine Geschwindigkeitsänderung von 1 250 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ bis 5 430 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ und eine Pulsdauer zwischen 0,3 ms und 2,0 ms ausreichend. Für die Prüfung im eingebauten Zustand ist dagegen ein Gerät ausreichend, das eine Geschwindigkeitsänderung von 1 000 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ bis 5 430 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ und eine Impulsdauer zwischen 5,0 ms und 8,0 ms auf den Körper des Bauelements ausübt.

Die Form des Beschleunigungsimpulses muss halbsinusförmig sein und die erlaubte Abweichung von der vorgegebenen Spitzenbeschleunigung darf nicht größer als $\pm 10\%$ sein. Die Änderungsgeschwindigkeit der Prüfbeanspruchung muss innerhalb von $\pm 10\%$, bezogen auf den festgelegten Prüfwert, gehalten werden. Die Impulsdauer muss zwischen den Zeitpunkten gemessen werden, in denen die Beschleunigung

während der Anstiegszeit und während der Abfallzeit jeweils den 10-%-Wert, bezogen auf die festgelegte Spitzenbeschleunigung, hat. Die absoluten Grenzwertabweichungen der Impulsdauer müssen innerhalb von $\pm 15\%$, bezogen auf die festgelegte Impulsdauer, sein. Der Messwertumwandler der Prüfeinrichtung muss eine fünffach höhere Eigenfrequenz gegenüber der Frequenz des Schockimpulses haben, welcher erzeugt und über einen Tiefpassfilter gemessen wird, wobei der Tiefpass eine größere Bandbreite als das Fünffache der Frequenz des erzeugten Schockimpulses hat. Anstelle eines guten Messaufbaus und einer guten Messdurchführung darf nicht gefiltert werden.

Vor Beginn jeder Prüfung muss eine geeignete Gerätekalibrierung durchgeführt werden.

4.2 Prüfkompontenten

Diese Norm ist anwendbar auf alle Halbleiterbauelemente in oberflächenmontierbaren Gehäusen der Anschlussstechnologien Area-Array und Perimeter-Lead wie beispielsweise Ball-Grid-Arrays (BGA), Land-Grid-Arrays (LGA), Chip-Scale-Gehäuse (CSP; en: chip scale package), Thin-Small-Outline-Gehäuse (TSOP; en: thin small outline package) und Quad-Flat-no-Lead-Gehäuse (QFN; en: quad flat no lead package), welche alle üblicherweise in Handhelds verwendet werden. Die maximale Größe des in dieser Norm behandelten Bauelementkörpers beträgt im Allgemeinen 15 mm x 15 mm. Ein größerer Körper kann für ein spezielles Leiterplattenlayout verwendet werden, wie in Abschnitt 4.3 ausführlich beschrieben. Alle für dieses Prüfverfahren verwendeten Bauelemente müssen nach dem Daisy-Chain-Prinzip verbunden sein. Das Daisy-Chain-Prinzip wird direkt auf dem Chip oder durch das Aufbauen von Daisy-Chain-Verbindungen auf dem Trägerstreifen oder dem Substrat realisiert. Im Falle eines Chips, welcher nicht in Daisy-Chain-Technik aufgebaut ist, muss ein mechanischer Dummy-Chip im Bauelemente-Gehäuse eingesetzt werden, um die tatsächliche Konstruktion des Gehäuses zu simulieren. Die Fläche und die Dicke des Chips müssen ähnlich zu der funktionalen Chipgröße sein, welche in der Anwendung eingesetzt wird. Die Werkstoffe, Maße und die Montageprozesse der Bauelemente müssen repräsentativ für typische real gefertigte Bauelemente sein.

4.3 Prüfleiterplatte

Das Beanspruchungsverhalten bei einem freien Fall ist eine Funktion der bei dieser Untersuchung verwendeten Prüfleiterplatte, deshalb sind in dieser Norm die Konstruktion, Maße und Werkstoffe, welche repräsentativ für Leiterplatten in Handheld-Anwendungen sind, für eine bevorzugte Prüfleiterplatte festgelegt. Falls andere Leiterplatten-Konstruktionen/Werkstoffe eine bestimmte Anwendung repräsentieren, müssen Konstruktion, Werkstoffe und Maße dokumentiert werden. Die Prüfdaten, welche beim Verwenden einer solchen Prüfleiterplatte erzeugt werden, müssen mindestens einmal mit den Prüfdaten abgeglichen werden, welche bei dem gleichen Bauelement unter Verwendung der in dieser Norm festgelegten bevorzugten Prüfleiterplatte entstehen (siehe Anhang A für die Empfehlungen).

4.4 Bestückung der Prüfleiterplatte

Bevor die Leiterplatte bestückt wird, müssen alle Bauelemente hinsichtlich fehlender Balls oder verbogener Anschlüsse untersucht werden. Dicke und Wölbung der Leiterplatte sowie deren Padgrößen müssen auf Basis eines Stichprobenplans ebenfalls vermessen werden. Eine Sichtprüfung muss bei allen Prüfleiterplatten hinsichtlich der Lötmasken-Registrierung, Verunreinigungen und der Daisy-Chain-Verbindungen durchgeführt werden. Es wird empfohlen, die Prüfleiterplatten in Übereinstimmung mit einer relevanten nationalen oder internationalen Norm zu prüfen und anzunehmen. Eine Prüfleiterplatte muss auch verwendet werden, um mechanische Kenngrößen (Elastizitätsmodul und Glasübergangstemperatur T_g) zu messen, und zwar mithilfe der dynamisch-mechanischen Analyse (DMA) sowie der thermo-mechanischen Analyse (TMA) auf der Leiterplatte an den Stellen der Bauelementepositionen. Es wird dringend empfohlen, auch den Wärmeausdehnungskoeffizienten (CTE; en coefficient of thermal expansion) auf der Leiterplatte in X-, Y- und Z-Richtung zu messen. Die Messungen der mechanischen Kenngrößen sind nicht für jedes Los von Leiterplatten erforderlich, falls weder Herstellungsprozess, Werkstoffe noch die Lieferanten von Los zu Los geändert wurden.

Bevor die Leiterplatte bestückt wird, müssen die Bauelemente entsprechend IEC 60749-20 und IEC 60749-20-1 wärmegetrocknet werden (Baking). Die Prüfleiterplatten müssen entsprechend den am besten bekannten Verfahren der Leiterplattenmontage, welche für Fertigungsverfahren repräsentativ sind, gefertigt werden. Mindestens eine Prüfleiterplatte muss verwendet werden, um den Leiterplatten-Montageprozess mit Lotpastendruck, Bauelementebestückung und Reflow-Lötprofil einzustellen. Alle montierten Leiterplatten

müssen einseitig aufgebaute Leiterplatten sein, abgesehen von dem Fall, dass das Bauelement für eine spiegelseitige Leiterplattenbestückung vorgesehen ist. In diesem Fall müssen die Bauelemente auf beiden Seiten der Leiterplatte montiert werden.

Es wird eine 100-%ige Röntgeninspektion der montierten Einheiten empfohlen, um diese auf Unterbrechungen (Voids), Kurzschlüsse (Shorts) und andere Unregelmäßigkeiten zu überprüfen. Eine elektrische Durchgangsprüfung muss ebenfalls an allen montierten Prüfeinheiten durchgeführt werden, um irgendwelche Unterbrechungen oder Kurzschlüsse festzustellen.

4.5 Anzahl der Bauelemente und Probenumfang

Das im Anhang A empfohlene Leiterplattendesign erlaubt bis zu 4 Bauelemente-Bestückpositionen (Einbauplätze), und es wird empfohlen, alle 4 Bauelemente zu montieren. Da die Leiterplatte völlig symmetrisch aufgebaut ist, wird davon ausgegangen, dass alle 4 Bauelemente dem gleichen Fallverhalten ausgesetzt sind, so dass die Prüfergebnisse als eine einzige Gruppe behandelt werden. Es wird eine statistische Analyse der Datenäquivalenz vorgeschlagen, um sicherzustellen, dass die Schwankungen im Verhalten der Bauelemente unbedeutend sind, bevor umfassende Daten oder eine vollständige Qualifikation angestrebt werden. Um gute, statistisch aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, werden insgesamt 6 Leiterplatten oder 24 Bauelemente als Mindestmenge je Entwurf empfohlen.

Weil die Anzahl und die Größe der auf der Leiterplatte montierten Bauelemente das dynamische Antwortverhalten der bestückten Prüfleiterplatte bei einer Fallbeanspruchung beeinflussen können, ist es beim Verwenden der 1er-Bestückungskonfiguration erforderlich, zusätzliche Daten bereitzustellen. Diese zusätzlichen Daten müssen in direkter Weise den Effekt der optionalen Bauelementebestückung (1er-Konfigurationsfall) mit der empfohlenen 4er-Bestückungskonfiguration vergleichbar machen. Diese Vergleichsergebnisse müssen angegeben werden, und zwar für ein Bauelement ähnlicher Größe (innerhalb einer Abweichung von 20 % sowohl in der Länge als auch der Breite) in Bezug auf das Bauelement, welches mittels der 1er-Leiterplattenkonfiguration geprüft wurde.

Im Fall der 1er-Konfiguration der auf der Leiterplatte montierten Bauelemente muss die Tabelle 1 verwendet werden, um sowohl die erforderliche Mindestanzahl der für die Prüfung bestückten Leiterplatten als auch die Gesamtzahl der zu prüfenden Bauelemente zu bestimmen. Es können auch größere als die unten angegebenen Probenumfänge verwendet werden, um statistisch ausreichende Daten zu erhalten.

Tabelle 1 – Anzahl der für die Prüfung erforderlichen Prüfleiterplatten und Bauelemente

Anzahl der Bauelemente je Leiterplatte	Lage	Anzahl der Leiterplatten		Gesamtanzahl der Bauelemente
		Montage auf Seite A (Via-in-Pad)	Montage auf Seite B (kein Via-in-Pad)	
4	U1, U2, U3 und U4	6	6	48
1	Mitte der Leiterplatte	16	16	32

5 Erzeugen statistisch ausreichender Daten. Prüfverfahren

5.1 Prüfeinrichtung und Einstellwerte

Die Schock-Prüfeinrichtung muss auf einem robusten Labortisch oder einer äquivalenten Unterlage aufgebaut werden und vor der Anwendung ausgerichtet werden. An der Prüfeinrichtung müssen Zusatzeinrichtungen (wie etwa automatische Bremsmechanismen) vorhanden sein, welche ein Überspringen unterdrücken oder mehrfache Schockbeanspruchungen der Leiterplatte verhindern. In Bild 1 wird eine übliche Fall-Prüfeinrichtung gezeigt, bei der sich der Falltisch an Führungsschienen entlang nach unten bewegt und dann auf eine starre Auflage (Aufprallbock) aufschlägt. Diese starre Auflage ist oben mit etwas Formwerkstoff bedeckt, um den

festgelegten Impuls und die festgelegten Beschleunigungswerte zu erhalten. Die Unterseite des Falltisches ist üblicherweise leicht gewölbt, um eine sehr kleine Kontaktfläche mit der Aufschlagoberfläche sicherzustellen.

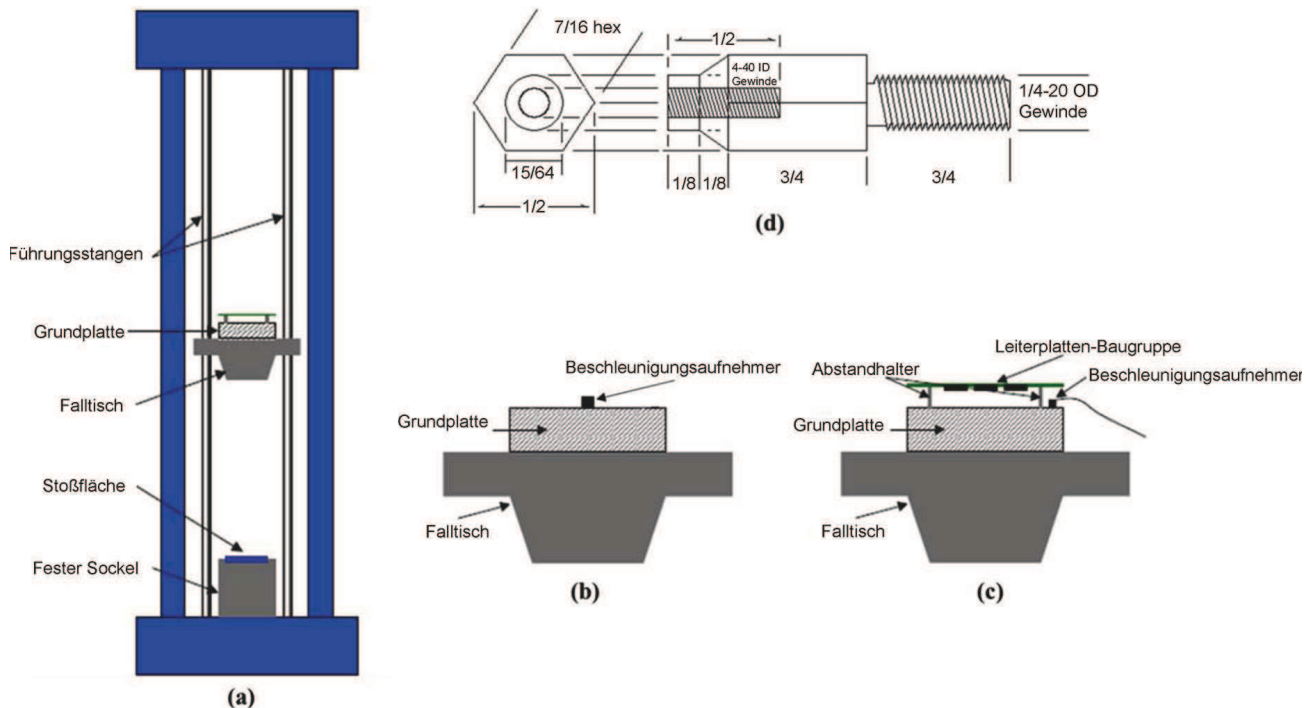


Bild 1 – (a) Typisches Fallprüfungsgerät, (b) Vorcharakterisierungsaufbau ohne Prüfleiterplatte, (c) Montageaufbau mit Leiterplatte und (d) ein Aufbau eines Proben-Abstandhalters.

Auf dem Falltisch muss eine Grundplatte mit geeigneten Abstandsbolzen starr montiert werden. Die Dicke und Befestigungspunkte der Grundplatte müssen so gewählt werden, dass es während der Fallbeanspruchung zu keiner Relativbewegung zwischen dem Falltisch und irgendeinem Teil der Grundplatte kommt. Diese Grundplatte wird als Aufnahmevorrichtung für die montierten Leiterplatten verwendet. Das ist als Prinzipdarstellung im Bild 1 zu sehen. Die bestückte Leiterplatte muss an ihren Ecken mittels vier Schrauben auf den Abstandsbolzen der Grundplatte befestigt werden. Die Leiterplatte muss mit vier geeigneten Präzisions-Ansatzschrauben (z. B. M3 × 0,5) befestigt werden. Prüfergebnisse deuten darauf hin, dass die Abweichungen der Antwortbeschleunigung und Beanspruchung, abhängig von der Wahl der Schrauben, signifikant reduziert werden. Weil die Länge einer Ansatzschraube standardisiert ist, muss eine Anzahl von Unterlegscheiben (normalerweise mit 1,0 mm Dicke) zwischen Schraubenkopf und Oberseite der Leiterplatte eingelegt werden, um jegliche Lücke zwischen dem Oberteil des Abstandsbolzens und der Leiterplattenunterseite zu vermeiden. Eine kleine Lücke ist wegen der Summierung von Toleranzen möglich, wobei diese Lücke allerdings 50 µm nicht überschreiten darf. Die Verwendung von Ansatzschrauben erübrigt die Notwendigkeit des wiederholten Anziehens der Schrauben zwischen den Fallbeanspruchungen. Die Schrauben müssen in diagonaler Weise angezogen werden, und zwar in der Reihenfolge der Leiterplattecken Südwest, Nordost, Südost und Nordwest. Die Schrauben müssen solange angezogen werden, bis der Ansatzschaft der Schraubenunterseite vollständig über dem Abstandsbolzen liegt. Die Anzahl der verwendeten Unterlegscheiben muss bei allen vier Schraubverbindungen dieselbe sein. Eine anwenderspezifische Leiterplattenhalterung darf anstelle der direkten Grundplattenmontage verwendet werden.

Erfahrungen mit unterschiedlichen Orientierungen der Leiterplatte deuten darauf hin, dass die horizontale Orientierung der Leiterplatte mit nach unten zeigenden Bauelementen (Facing-down) zur größten Durchbiegung der Leiterplatte führt und somit die Worst-Case-Orientierung hinsichtlich Ausfallursache ist. Aus diesem Grund ist es nach dieser Norm erforderlich, die Leiterplatte in horizontaler Lage mit nach unten zeigenden Bauelementen zu beanspruchen. Fallbeanspruchungen mit anderen Leiterplattenorientierungen sind nicht erforderlich, dürfen allerdings durchgeführt werden, sofern dies notwendig erscheint. Allerdings ist das

dann eine zusätzliche Beanspruchungsoption und kein Ersatz für die Beanspruchung in der festgelegten Orientierung.

Für die bestückte Leiterplatte ist nach dieser Norm die Prüfbeanspruchung/Schärfegrad B ($1\,500\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; 0,5 ms Dauer; Halbsinus-Impuls) entsprechend Tabelle 1 in IEC 60749-10 als Eingangs(Primär)-Schockimpuls erforderlich. Die Grundplatte ist mit diesem Schockimpuls zu beanspruchen, wobei dieser Impuls mit einem Beschleunigungsmessgerät, welches entweder in der Mitte der Grundplatte oder nahe den Befestigungspunkten der Leiterplatte angebracht ist, gemessen werden muss. Die Geschwindigkeitsänderung des Fallimpulses muss ebenfalls kontrolliert und bei 4,67 m/s gehalten werden. Die Berechnung der Geschwindigkeitsänderung wird durch den effektiven Impuls bestimmt, wobei die Beschleunigung gleich oder größer als $1\,500\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ sein muss, wie in Bild 2 dargestellt. Bei dieser Berechnung sind keine Rückpralleffekte zulässig.

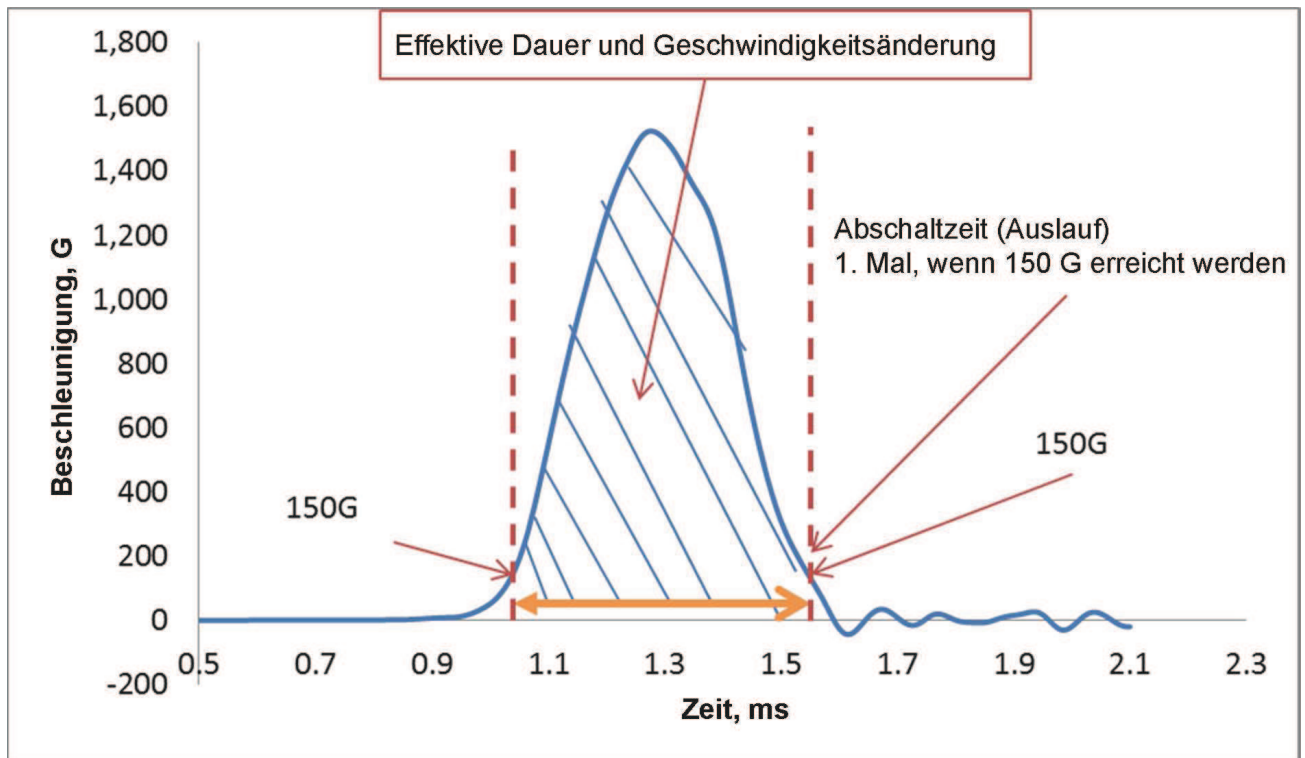


Bild 2 – Berechnung der Geschwindigkeitsänderung

5.2 Anfangsmessungen

Eine Leiterplatte zum Einstellen der Werte (Set-up-Board) mit montierten Bauelementen muss verwendet werden, um die Kennwerte der Fallbeanspruchung und die Beanspruchungsantwort der Leiterplatte einzustellen bzw. einzumessen. In der Mitte der Montageplatte wird ein leichter Beschleunigungsmesser (mit geeignetem Klebstoff) befestigt. Da das Gewicht der Leiterplatte im Vergleich zur Montageplatte vernachlässigbar ist, wird die Charakterisierung des Aufbaus ohne eine Prüfleiterplatte die Ergebnisse nicht verändern. Sowohl der Beschleunigungsmesser als auch der Dehnungsmessstreifen müssen an ein Datenerfassungsgerät angeschlossen werden, mit dem man in der Lage ist, Signale mit einer Breite von 16 bit bei Abtastfrequenzen von 20 kHz und größer zu messen. Zusätzliche Dehnungsmessstreifen können an unterschiedlichen Stellen auf der Leiterplatte befestigt werden, um eine vollständige Charakterisierung des Dehnungsverhaltens der Leiterplatte zu erhalten.

Die bestückte Leiterplatte muss dann auf der Fallprüf-Aufnahmevorrichtung mittels vier Schrauben befestigt werden. Die Schrauben müssen in diagonaler Weise angezogen werden, und zwar in der Reihenfolge der Leiterplattenenecken Südwest, Nordost, Südost und Nordwest. Ein zusätzliches Akzelerometer darf auf der bestückten Leiterplatte in der Nähe eines Leiterplatten-Befestigungspunktes montiert werden, um sicherzustellen, dass der Eingangsimpuls von der Grundplatte auf die Leiterplatte verzerrungsfrei übertragen wird. Der Falltisch muss dann auf eine Fallhöhe gebracht werden, welche erforderlich ist, um der

Prüfbeanspruchung B nach Tabelle 1 in IEC 60749-10 zu entsprechen, und man lässt den Falltisch auf die Aufschlagsfläche fallen, wobei Beschleunigung (G-Wert), Impulsdauer und Impulsform gemessen werden.

Der Beschleunigungsimpuls muss einer Halbsinuskurve mit einer Spitzenbeschleunigung von $1\,500\text{ m s}^{-2}$ bei jedem Fall folgen, wie in Bild 2 dargestellt. Es können mehrere Fallbeanspruchungen erforderlich sein, um die Fallhöhe und die Aufschlagsfläche so einzustellen, dass sowohl die festgelegte Spitzenbeschleunigung als auch die Geschwindigkeitsänderung ($1\,500\text{ m s}^{-2}$ bzw. $4,67\text{ m/s}$) erreicht werden. Die Schwankungen der Spitzenbeschleunigung und der Geschwindigkeitsänderung müssen bei jeder einzelnen Messung innerhalb einer Toleranz von 10 % und bei 20 Wiederholungsmessungen im Durchschnitt innerhalb einer Toleranz von 5 % gehalten werden. Die Geschwindigkeitsänderung ist der gesamte Bereich, der vom Beschleunigungsimpuls und der Zeitachse umschlossen wird. Es wird eine effektive Geschwindigkeitsänderung gezählt, bei der nur eine Beschleunigung gleich oder größer als $1\,500\text{ m s}^{-2}$ berücksichtigt wird, und alle Rückpralleffekte nach dem Abfallen der Beschleunigung auf unter $1\,500\text{ m s}^{-2}$ vom Spitzenwert werden bei der Berechnung ignoriert. Die Dauer für die Definition des Bereichs der effektiven Geschwindigkeitsänderung wird als effektive Impulsdauer bezeichnet und muss ebenfalls bei 0,5 ms innerhalb einer Toleranz von 15 % gehalten werden, was der Norm IEC 60749-10 entspricht. Die Prüfeinrichtung und der Messwertumwandler müssen eine fünffach höhere Eigenfrequenz gegenüber der Frequenz des Schockimpulses haben, welcher erzeugt und über einen Tiefpassfilter gemessen wird, wobei der Tiefpass eine größere Bandbreite als das Fünffache der Frequenz des erzeugten Schockimpulses hat; zu Einzelheiten siehe IEC 60749-10. Zu Vergleichszwecken müssen jedoch sowohl ungefilterte als auch gefilterte Beschleunigungsprofile angegeben werden. Es muss beachtet werden, dass diese Impulsparameter nicht nur Funktionen der Fallhöhe, sondern auch der Aufschlagfläche sind. Bei derselben Fallhöhe können abhängig von der Aufschlagsoberfläche unterschiedliche Beschleunigungswerte und Impulsdauern auftreten. Die zum Erreichen einer entsprechenden Beschleunigung erforderliche Fallhöhe kann theoretisch mithilfe der Gleichungen (1) und (2) sowie des dazugehörigen Bildes 3 bestimmt werden, wobei H die Fallhöhe und C der Antwortkoeffizient (1,0 für keine Antwort, 2,0 für vollständige Antwort) ist. Allerdings wird bei dieser Gleichung der Einfluss der Aufschlagsoberfläche nicht berücksichtigt.

Prüfungen mit unterschiedlichen Aufschlagsoberflächen können erforderlich werden, um die festgelegte Spitzenbeschleunigung und Impulsdauer zu erhalten.

$$A(t) = A_0 \sin\left(\frac{\pi t}{t_w}\right) \quad (1)$$

$$\sqrt{2gH} = A_0 \sin\left(\frac{2A_0 t_w}{C\pi}\right) \quad (2)$$

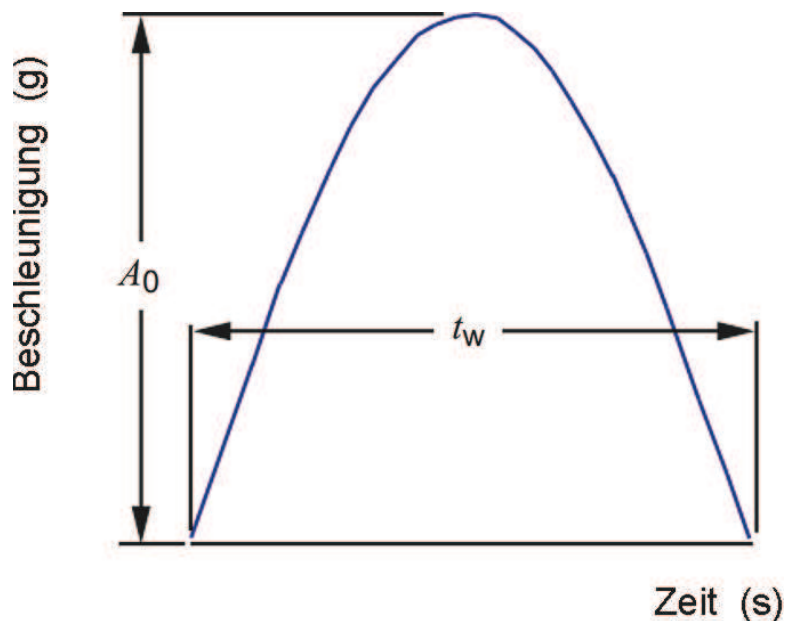


Bild 3 – Grafische Darstellung und Gleichungen eines üblichen Halbsinus-Schockimpulses

Nachdem die festgelegten Kennwerte der Fallbeanspruchung erreicht wurden (Beschleunigungswert, Impulsdauer und -form), müssen sowohl die Antwortbeschleunigung als auch die Dehnung der Leiterplatte gemessen werden. Die Dehnungsrate muss ebenfalls berechnet werden, indem der Wert der Dehnungsänderung durch die Dauer, in welcher die Änderung stattfindet, dividiert wird. Die charakteristischen Kenngrößen zum Antwortverhalten der Leiterplatte (Beschleunigung, Dehnung, Dehnungsrate) und deren Werteabweichungen müssen aufgezeichnet und zusammen mit den Prüfergebnissen angegeben werden. Obwohl empfohlen wird, diese Charakterisierung für Bauelemente durchzuführen, welche noch nicht beansprucht wurden, braucht diese Empfehlung nicht beachtet werden, falls solche Charakterisierungsdaten für ein Bauelement vergleichbarer Größe vorliegen.

5.3 Fallbeanspruchung

Die bestückten Prüfliterplatten müssen für die Fallbeanspruchung vorbereitet werden, nachdem die Prüfkenngrößen eingestellt und das Antwortverhalten der Leiterplatte charakterisiert wurde. Dies umfasst das Anlöten von Leitungen an die durchkontaktierten Vias an einem Ende der Leiterplatte, das Befestigen der Leiterplatte mittels der Halterung auf der Falleinrichtung, wobei die Bauelemente nach unten zeigen (Face-down), und das Anschließen der Leitungen an den (Ausfall-)Ereignisdetektor/Datenlogger. Es wird empfohlen, keine Steckverbinder zu verwenden, sondern die Leitungen direkt auf die Prüfliterplatte zu löten, weil das dynamische Antwortverhalten der Leiterplatte infolge der Masse und der Versteifungswirkung eines Steckverbinders beeinflusst wird.

Der Widerstands-Schwellenwert des Ereignisdetektors muss auf weniger als 1 000 Ω eingestellt werden. Das für solche Ereigniserfassungen verwendete System muss eine Abtastrate von 55 MHz oder ein Ereigniserkennungsfenster von 0,2 μ s (oder weniger) haben. Eine entsprechende Dehnungsentspannung sollte bezüglich der Anschlussleitungen/Verdrahtung vorgesehen werden, um Ausfälle durch die Leitungen zur Beschaltung der Leiterplatte auszuschließen. Alle Anschlussleitungen müssen vom Fallweg entfernt werden. Für jede bestückte Leiterplatte muss der (Anfangs-)Widerstand von deren elektrischem Netzwerk gemessen und protokolliert werden, bevor die Fallbeanspruchung durchgeführt wird. Die Fallbeanspruchung muss dann gestartet werden, indem der Falltisch bei der voreingestellten Höhe entriegelt wird. In-situ-Messung des elektrischen Widerstands von jedem Netzwerk während jeder Fallbeanspruchung, wobei alle Ausfälle protokolliert werden müssen. Die Leiterplatte muss so oft herunterfallen, bis der festgelegte Höchstwert der Anzahl von Fallbeanspruchungen oder ein festgelegter prozentualer Anteil ausgefallener Bauelemente erreicht ist, je nachdem, welche Bedingung eher eintritt. Der Höchstwert der Fallbeanspruchungen bzw. der Prozentanteil der ausgefallenen Bauelemente muss bei jeder Prüfanwendung gleich sein. Die Höchstzahl der Fallbeanspruchungen muss unabhängig sein von der Leiterplattenbestückung, ein- oder zweiseitig. Im Falle einer zusätzlich zum geforderten Schärfegrad B verwendeten Prüfbedingung muss die Höchstzahl der Fallbeanspruchungen bestimmt werden, und zwar unter Verwendung des Beschleunigungsfaktors zwischen diesen beiden Prüfbedingungen für ähnlich große Bauelemente. Dieser Beschleunigungsfaktor muss in den Prüfaufzeichnungen angegeben werden.

Der Schockimpuls muss für jede Fallbeanspruchung während der Prüfdurchführung gemessen werden, um sicherzustellen, dass der Eingangsimpuls innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegt. Sofern der Impuls von dieser Festlegung abweicht, muss eine neue Fallhöhe eingestellt oder die Aufschlagsfläche ersetzt werden.

Tabelle 1 muss verwendet werden, um abhängig von der Anzahl der Bauelemente je Leiterplatte die Anzahl der Leiterplatten (Probenumfang) zu bestimmen, welche je Bauelementart zu prüfen sind.

6 Ausfallkriterien und Ausfallanalyse

Bei jeder Fallbeanspruchung ist ein elektrisches In-situ-Monitoring des Daisy-Chain-Netzwerkes hinsichtlich von Ausfallereignissen notwendig. Die elektrische Unterbrechungsfreiheit aller Netzwerke muss entweder mithilfe eines Zustandsdetektors oder mit einem Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungssystem bestätigt werden. Der Zustandsdetektor muss in der Lage sein, jede intermittierende Unterbrechung mit einem Widerstandswert größer 1000 Ω und einer Dauer größer - gleich 1 μ s zu erkennen. Das Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungssystem muss in der Lage sein, den Widerstand mit einer Abtastrate von größer - gleich 50 000 Messungen je Sekunde zu messen.