

DIN EN 62137-3



ICS 31.190; 31.020

**Montageverfahren für elektronische Baugruppen –
Teil 3: Leitfaden für die Auswahl von Umwelt- und
(Lebens)dauerprüfungen für Lötverbindungen
(IEC 62137-3:2011);
Deutsche Fassung EN 62137-3:2012**

Electronics assembly technology –

Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints
(IEC 62137-3:2011);

German version EN 62137-3:2012

Techniques d'assemblage des composants électroniques –

Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai d'environnement et d'endurance des joints
brasés

(CEI 62137-3:2011);

Version allemande EN 62137-3:2012

Gesamtumfang 47 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2011-12-13 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2012-08-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62137-3:2009-10.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 682 „Montageverfahren für elektronische Baugruppen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 91 „Electronics assembly technology“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Montageverfahren für elektronische Baugruppen –
Teil 3: Leitfaden für die Auswahl von Umwelt- und (Lebens)dauerprüfungen für
Lötverbindungen
(IEC 62137-3:2011)

Electronics assembly technology –
Part 3: Selection guidance of environmental and
endurance test methods for solder joints
(IEC 62137-3:2011)

Techniques d'assemblage des composants
électroniques –
Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai
d'environnement et d'endurance des joints
brasés
(CEI 62137-3:2011)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2011-12-13 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2012 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62137-3:2012 D

Vorwort

Der Text des Dokuments 91/986/FDIS, zukünftige Ausgabe 1 der IEC 62137-3, erarbeitet durch IEC/TC 91 „Electronics assembly technology“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62137-3:2012 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2012-09-13
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2014-12-13

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62137-3:2011 wurde vom CENELEC ohne irgendeine Abänderung als eine Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60068-1:1988 + A1:1992	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-1:1994 (nicht modifiziert).
IEC 60068-2-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-2.
IEC 60068-2-14	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-14.
IEC 60068-2-78	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-78.
IEC 61760-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61760-1.
IEC 62137:2004	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62137:2004 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Allgemeine Bemerkungen	7
5 Vorgehensweise bei der Auswahl des geeigneten Prüfverfahrens	8
5.1 Beanspruchung von Lötverbindungen am Einsatzort und Prüfverfahren	8
5.2 Auswahl der Prüfverfahren anhand der Formen und Anschlüsse/Anschlussdrähte elektronischer Bauteile	10
6 Gemeinsame Aspekte der Prüfverfahren	12
6.1 Montage der Bauteile und verwendete Werkstoffe	12
6.2 Lötbedingungen	14
6.3 Beschleunigte Konditionierung	17
6.4 Auswahl der Prüfbedingungen und Bewertung der Prüfergebnisse	18
7 Verfahren der Nachweisprüfungen	18
7.1 Festigkeitsprüfung der Lötverbindung von SMD	18
7.2 Zyklische Biegefestigkeitsprüfung	21
7.3 Prüfung der Ermüdung bei mechanischer Scherbeanspruchung	22
7.4 Zyklische Fallprüfung und zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel	23
7.5 Festigkeitsprüfung der Lötverbindung für Bauteile zur Einsteckmontage	25
Anhang A (informativ) Bedingungen des schnellem Temperaturwechsels	27
Anhang B (informativ) Elektrische Durchgangsprüfung für Lötverbindungen	29
Anhang C (informativ) Drehscherfestigkeitsprüfung	30
Anhang D (informativ) Einfache Biegefestigkeitsprüfung	33
Anhang E (informativ) Zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel	36
Anhang F (informativ) Zugfestigkeitsprüfung	38
Anhang G (informativ) Kriechdehnungsprüfung	40
Anhang H (informativ) Bewertungsverfahren für das Abheben des Lotkegels einer Lötverbindung mit einem Bauteil zur Einsteckmontage	42
Literaturhinweise	44
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	45
Bild 1 – Verbindungsbereiche für die Zuverlässigkeitsprüfungen	7
Bild 2 – Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Verbindungen, die mit bleifreiem Lot ausgeführt sind, beeinflussen	8
Bild 3 – Beispiel für die Montageposition eines SMD für die einfache und die zyklische Biegeprüfung sowie die zyklische Fallprüfung	13
Bild 4 – Beispiel für das Temperaturprofil beim Aufschmelzlöten (Sn96,5Ag3Cu,5)	14
Bild 5 – Beispiel für das Temperaturprofil beim Aufschmelzlöten für andere Lote als Sn96,5Ag3Cu,5	15

	Seite
Bild 6 – Beispiel für das Temperaturprofil beim Wellenlöten (Sn96,5Ag3Cu,5)	16
Bild 7 – Beispiel für das Temperaturprofil beim Schwall-Löten	16
Bild 8 – Zugfestigkeitsprüfung	19
Bild 9 – Scherfestigkeitsprüfung	19
Bild 10 – Drehscherfestigkeitsprüfung	20
Bild 11 – Einfache Biegefestigkeitsprüfung	20
Bild 12 – Zyklische Biegefestigkeitsprüfung	21
Bild 13 – Aufbau der zyklischen Biegefestigkeitsprüfung	22
Bild 14 – Schematische Darstellung der Ermüdung bei mechanischer Scherbeanspruchung für Lötverbindungen	23
Bild 15 – Zyklische Fallprüfung	24
Bild 16 – Zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel	24
Bild 17 – Zugfestigkeitsprüfung	25
Bild 18 – Kriechdehnungsprüfung	26
Bild A.1 – Spannungsrelaxationskurve für eine bestehende Dehnung bei einer Lötverbindung (Sn96,5Ag3Cu,5)	27
Bild A.2 – Zeit bis zum Erreichen des stationären Zustands in der Temperaturwechselkammer	28
Bild B.1 – Beispiel eines Prüfkreises für die elektrische Durchgangsprüfung einer Lötverbindung	29
Bild C.1 – Befestigung des Substrats für die Drehscherfestigkeitsprüfung	32
Bild C.2 – Prüfvorrichtung für die Drehscherfestigkeitsprüfung und Lagejustierung	32
Bild C.3 – Drehscherfestigkeitsprüfung für einen Steckverbinder	32
Bild D.1 – Beispiel für eine Leiterplattenbiegevorrichtung	34
Bild E.1 – Zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel	37
Bild E.2 – Vergleich der zyklischen Fallprüfung und der zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel	37
Bild F.1 – Zugfestigkeitsprüfung	39
Bild G.1 – Kriechdehnungsprüfung	41
Bild H.1 – Abheben des Lotkegels bei Lötverbindungen	42
Bild H.2 – Durchgangsmessung für das Abheben des Lotkegels	43
 Tabelle 1 – Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und tatsächlicher Beanspruchung am Einsatzort	 9
Tabelle 2 – Empfohlene Prüfverfahren, die für bestimmte Formen und Anschlüsse von SMDs geeignet sind	10
Tabelle 3 – Nach der Anwendung und dem Gewicht von Bauteilen zur Einsteckmontage empfohlene Prüfverfahren	12
Tabelle 4 – Zusammensetzung der Lotlegierung	12
Tabelle 5 – Durchmesser von Durchgangsbohrungen und Anschlussflächen im Hinblick auf den Nennquerschnitt und den Nenndurchmesser des Anschlussdrahts	14
Tabelle 6 – Temperaturbedingungen für schnellen Temperaturwechsel	17

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62137 beschreibt die Auswahlmethode für ein geeignetes Prüfverfahren für die Zuverlässigkeitsprüfung von Lötverbindungen verschiedener Formen und Typen von oberflächenmontierbaren Bauteilen (surface mount devices, SMD), Bauteilen mit Anschlussmatrix und Bauteilen mit Anschlussleitungen sowie Bauteilen zur Einsteckmontage, die mit verschiedenen Legierungen von Lötwerkstoffen ausgeführt werden.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

IEC 61188-5 (alle Teile), *Printed boards and printed board assemblies – Design and use*

IEC 61249-2-7, *Materials for printed boards and other interconnecting structure – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 62137-1-1:2007, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-1: Pull strength test*

IEC 62137-1-2:2007, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-2: Shear strength test*

IEC 62137-1-3:2008, *Surface-mount technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-3: Cyclic drop test*

IEC 62137-1-4:2009, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joints – Part 1-4: Cyclic bending test*

IEC 62137-1-5:2009, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joints – Part 1-5: Mechanical shear fatigue test*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60194 und die folgenden Begriffe.

3.1

Zugfestigkeit für SMD

die für den Bruch der Verbindung zwischen einem Anschlussdraht und einem Substrat höchste aufgewendete Kraft, wenn unter Verwendung einer Ziehvorrichtung in einem Winkel von 45° zur Substratoberfläche an einem Gullwing-Anschluss eines SMD gezogen wird

[IEC 62137-1-1:2007, geändert]

3.2

Scherfestigkeit für SMD

die für den Bruch der Verbindung eines auf einem Substrat montierten SMD parallel zum Substrat und im rechten Winkel zur seitlichen Oberfläche des Prüflings höchste aufgewendete Kraft

[IEC 62137-1-2:2007, geändert]

3.3

Drehscherfestigkeit für SMD

das maximale Drehmoment am SMD, das parallel zur Substratoberfläche für den Bruch der Lötverbindung zwischen einem Anschluss/Anschlussdraht und der Anschlussfläche auf dem Substrat aufgewendet wird

3.4

einfache Biegefestigkeit für SMD

die Festigkeit der Lötverbindungen von auf einem Substrat montierten SMD, wenn das Substrat konvex zu den montierten SMDs gebogen wird; die Angabe erfolgt durch die größte Biegetiefe bis zum Bruch der Verbindungen

3.5

zyklische Biegefestigkeit für SMD

die Intensität der Kraft, ausgedrückt in der Anzahl der Zyklen zum Erreichen des Bruchs der Verbindung zwischen dem auf dem Substrat montierten SMD-Anschluss/-Anschlussdraht und der Kupferanschlussfläche des Substrats, nach zyklischem Biegen des Substrats bis zu einem bestimmten Grad, damit die Oberfläche der Bauteilseite des Substrats eine konvexe Form erhält

[IEC 62137-1-4:2009, geändert]

3.6

Ermüdungsfestigkeit bei mechanischer Scherbeanspruchung für SMD

die Ausübung einer zyklischen Scherverformung auf die Lötstellen durch mechanische Verschiebung anstelle einer relativen Verschiebung, die durch die Fehlanpassung der Wärmeausdehnungskoeffizienten bei der Temperaturwechselprüfung erzeugt wird

ANMERKUNG Die Prüfung der Ermüdung bei mechanischer Scherbeanspruchung wird solange fortgesetzt, bis die höchste Kraft auf einen bestimmten Wert sinkt, bei dem die Rissbildung beginnt oder das elektrische Widerstandsmessgerät die Unterbrechung des elektrischen Durchgangs feststellt; die Anzahl der Zyklen wird als Ermüdungslebensdauer aufgezeichnet.

3.7

zyklische Fallprüfung für SMD

die Anzahl der Fallvorgänge bis zum Bruch der Lötverbindungen zwischen einem SMD und den Anschlussflächen auf einem in einer Vorrichtung befestigten Substrat, wenn das Substrat aus einer bestimmten Höhe fallen gelassen wird

3.8

zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel für SMD

die Anzahl der Fallvorgänge bis zum Bruch der Lötverbindungen zwischen einem SMD und den Anschlussflächen auf einer Leiterplatte, wenn die Stahlkugel aus einer bestimmten Höhe auf ein Substrat fallen gelassen wird

3.9

Zugfestigkeit für Bauteile zur Einsteckmontage

die für den Bruch der Lötverbindung zwischen einem Bauteil zur Einsteckmontage und einer Anschlussfläche auf einem Substrat höchste aufgewendete Kraft, wenn unter Verwendung einer Ziehvorrichtung am Anschlussdraht gezogen wird

3.10

Kriechdehnungsfestigkeit für Steckbauteile

die Festigkeit einer Lötverbindung, die durch die Zeit bis zum Bruch der Verbindung angegeben wird, wenn eine stetige Kraft auf einen Anschlussdraht eines Bauteils zur Einsteckmontage ausgeübt wird, der an eine Anschlussfläche gelötet ist

3.11

Erscheinung des Abhebens des Lotkegels bei Bauteilen zur Einsteckmontage

die Erscheinung des Abhebens eines Lotkegels eines Anschlussdrahts von einer Anschlussfläche auf einem Substrat oder der Anschlussfläche vom Substrat (Delamination)

3.12

Verkettung

alle Reihenschaltungen von Lötverbindungen, siehe Abschnitt B.2

ANMERKUNG Bei einer Abreißprüfung werden die Anschlussflächen auf beiden Seiten des Substrats und die Anschlussleitungen in einer verketteten Schaltung durch Löten miteinander verbunden.

4 Allgemeine Bemerkungen

Bild 1 zeigt die zu bewertenden Bereiche der Verbindungen. Die hier angegebenen Prüfverfahren dienen der Bewertung der Haltbarkeit von Verbindungen eines auf eine Leiterplatte montierten Bauteils, jedoch nicht der Prüfung der mechanischen Festigkeit des Bauteils selbst.

Die Bedingungen für beschleunigte Konditionierung (schneller Temperaturwechsel und trockene Wärme) können den höchstzulässigen Temperaturbereich für ein Bauteil überschreiten.

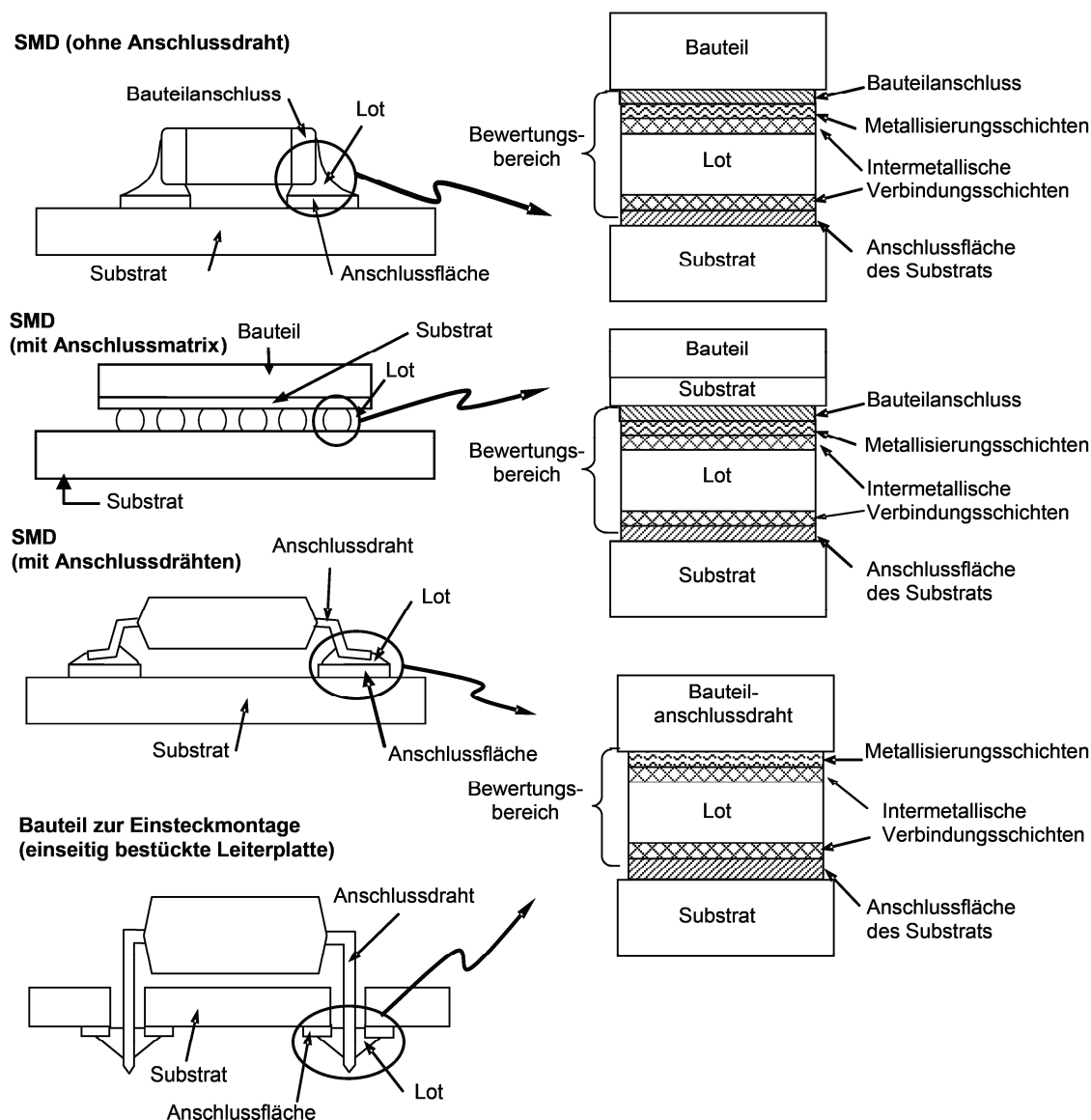


Bild 1 – Verbindungsbereiche für die Zuverlässigkeitsprüfungen

Bleifreie Lote besitzen andere Eigenschaften als das übliche eutektische oder nahezu eutektische Zinn-Blei-Lot. Die Zuverlässigkeit von Lötverbindungen, die mit bleifreiem Lot ausgeführt sind, kann durch die Zusam-

mensetzung des verwendeten Lots, die Form der Anschlüsse/Anschlussdrähte und die Oberflächenbehandlung herabgesetzt werden.

Bild 2 zeigt Beispiele für Faktoren, die die Zuverlässigkeit der Verbindung beeinflussen, wenn Sn96,5Ag3Cu,5-Lot benutzt wird. Dieses Lot besitzt eine höhere Schmelztemperatur und ist härter als eutektisches Zinn-Blei-Lot und im festen Zustand nur schwer verformbar. Folglich ist die in der Verbindung verursachte Beanspruchung größer als beim eutektischen Zinn-Blei-Lot.

Diese Eigenschaften können durch beschleunigte Konditionierung zu einem Bruch der Lötverbindung führen.

Die Oberflächenbehandlung der Anschlüsse/Anschlussdrähte der SMDs könnte nicht nur die Prüfungsergebnisse für die Fallprüfung, sondern auch für andere Prüfungen beeinflussen. Daher sollten diese bei allen Prüfungen berücksichtigt werden.

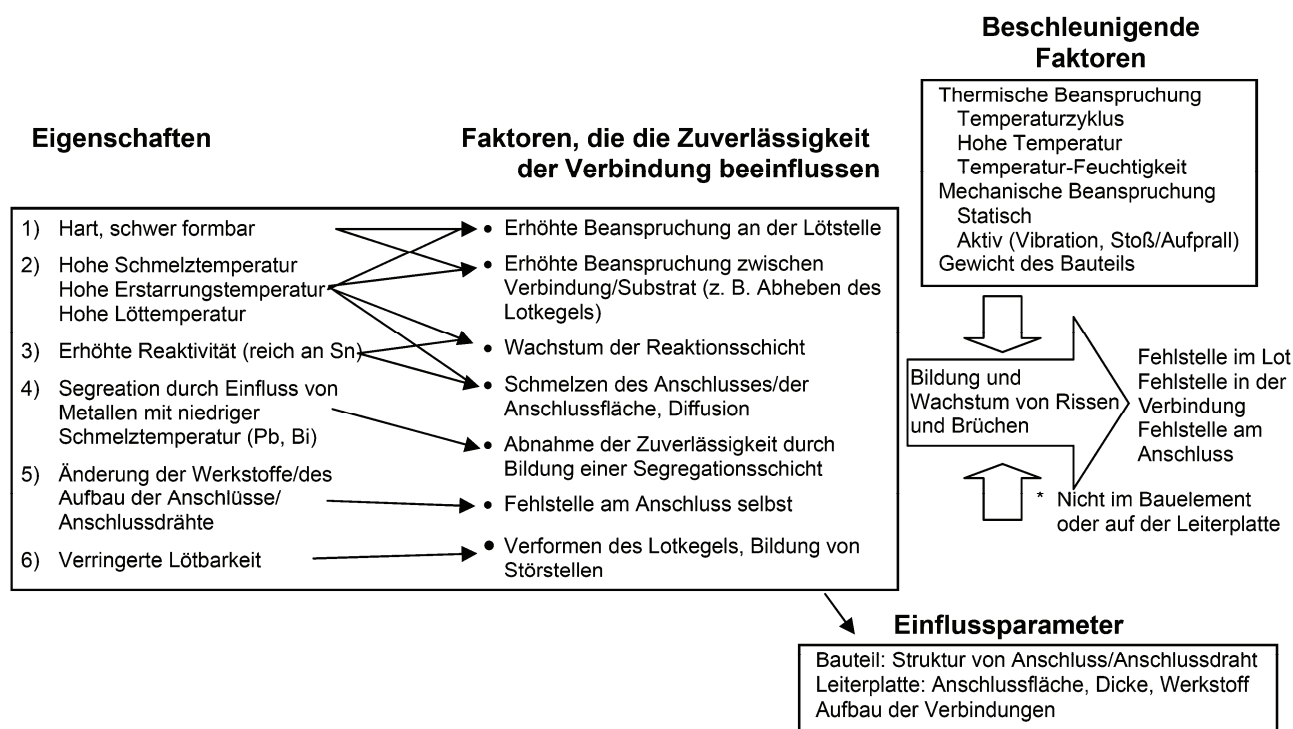


Bild 2 – Faktoren, die die Zuverlässigkeit von Verbindungen, die mit bleifreiem Lot ausgeführt sind, beeinflussen

5 Vorgehensweise bei der Auswahl des geeigneten Prüfverfahrens

5.1 Beanspruchung von Lötverbindungen am Einsatzort und Prüfverfahren

Die Zusammenhänge zwischen den Prüfverfahren und der tatsächlich auf die Bauteile wirkenden Beanspruchung ist in Tabelle 1 angegeben. Die Art des Substrats und die Formen der Anschlüsse/Anschlussdrähte, die eine Wechselwirkung zwischen den Prüfergebnissen und den tatsächlichen Spannungsbedingungen der montierten SMDs am Einsatzort bewirken, sind ebenfalls als Bezugsbedingungen angegeben. Die Auswahl eines für eine bestimmte Form und einen bestimmten Anschluss/Anschlussdraht geeigneten Prüfverfahrens ist in 5.2 beschrieben.

Tabelle 1 – Zusammenhang zwischen Prüfverfahren und tatsächlicher Beanspruchung am Einsatzort

Prüfverfahren (geltende Norm)	Beschleunigte Konditionierung	Zutreffende Leiter- platte/ Bauelemente	Beanspruchung am Einsatzort und zutreffende Produkte
Durchgangsprüfung ^{a, b} Anhang B	Schnelle Temperatur- änderung) ^c	SMD	Die anzunehmenden Beanspruchungen sind folgende:
Zugfestigkeit ^a IEC 62137-1-1	Trockene Hitze ^c Feuchte Hitze ^c	SMD (Gullwing)	a) Wiederholte thermische Beanspru- chung durch den Unterschied der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Bauteil und Substrat im ein-/ausgeschalteten Zustand der Einrichtung und/oder bei Tempera- turänderungen in der Umgebung
Scherfestigkeit ^a IEC 62137-1-2		SMD	b) Umgebung mit hoher Temperatur
Drehscherfestigkeit ^a Anhang C		SMD	c) Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit
Einfache Biegeprüfung ^a Anhang D		SMD	
Zyklische Biegefestigkeitsprüfung IEC 62137-1-4	Wiederholte Biegung der Leiterplatte	SMD	Wiederholte mechanische Bean- spruchung der Lötverbindungen und Substrate, z. B. durch Drucktasten, besonders bei tragbaren Geräten
Ermüdungsprüfung bei mechanischer Scherbeanspruchung IEC 62137-1-5	Zyklische Verformung	SMD	Wiederholte thermische Beanspru- chung durch den Unterschied der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Bauteil und Substrat im ein-/ausgeschalteten Zustand der Einrichtung und/oder bei Tempera- turänderungen in der Umgebung
Zyklische Fallprüfung ^d IEC 62137-1-3	Wiederholter Fall der Leiterplatte	SMD	In Lötverbindungen verursachter Schock, wenn das Gerät beim Gebrauch mehrmals fallen gelassen wird
Zyklische Fallprüfung mit der Stahlkugel ^d Anhang E	Wiederholter Fall einer Kugel	SMD	
Zugfestigkeitsprüfung Anhang F	Schnelle Temperatur- änderung) ^{c)}	Einseitig mit Durch- kontaktierungen/ Bauteile zur Einsteckmontage	Wiederholte thermische Beanspru- chung durch den Unterschied der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Bauteil und Leiterplatte im ein-/ausgeschalteten Zustand der Einrichtung und/oder bei Tempera- turänderungen in der Umgebung
Kriechdehnungsfestigkeitsprüfung Anhang G	Belastung durch Gewicht bei erhöhter Temperatur	Einseitig mit Durch- kontaktierungen/ Bauteile zur Einsteckmontage	Abbau der Lötverbindung, wenn eine stetige Kraft angreift
Wahrnehmbares Abheben des Lotkegels Anhang H	Nicht zutreffend ^e	Doppelseitig mit Durchkontaktierungen/ Bauteile zur Einsteckmontage	Die Erscheinung des Abhebens des Lotkegels kann zwischen der Lotlegierung und der Anschluss- metallisierung und/oder der Anschlussfläche nach dem Löten auftreten.

ANMERKUNG Die Schwingungsprüfung ist eine Haltbarkeitsprüfung bei Schwingungen, denen ein Produkt beim Transport oder beim praktischen Einsatz ausgesetzt sein kann. Es ist nicht nachgewiesen, dass mit einer Schwingungsprüfung einschließlich der Prüfung mit der strengsten zufälligen Beschleunigung der Abbau von Lötverbindungen beurteilt werden kann. Die Schwingungsprüfung wurde deshalb nicht in dieses Dokument aufgenommen.

- ^a Diese Prüfung dient der Bewertung des Abbaus der Festigkeit der Verbindung, wenn als beschleunigte Konditionierung durch schnellen Temperaturwechsel, trockene Hitze oder feuchte Hitze eine wiederholte thermische Beanspruchung in der Verbindung verursacht wird. Anhand der Merkmale des zu prüfenden Bauelements, wie der Form der Anschlussleitungen, sollte eine geeignete Prüfung ausgewählt werden.
- ^b Bei dieser Prüfung wird geprüft, ob eine Lötverbindung versagt, indem Widerstandsänderungen der Verbindung gemessen werden, ohne dass eine mechanische Beanspruchung erfolgt. Dieses Prüfverfahren wird hier als alternatives Verfahren angegeben, das besonders bei BGA und LGA sinnvoll ist.
- ^c Die beschleunigte Konditionierung von Lotlegierungen erfolgt wie unten aufgeführt:
1) schneller Temperaturwechsel: Sn-Zn, Sn-Bi und Sn-In;
2) feuchte Wärme: Sn-Zn;
3) trockene Wärme: Sn-Bi.
- ^d Die für Sn-Zn, Sn-Bi und Sn-In-Legierung anzuwendende Prüfmethode ist die Belastungsprüfung durch den zyklischen Fall der Stahlkugel
- ^e Der schnelle Temperaturwechsel wird empfohlen, wenn eine Abhebung des Lotkegels zwischen Anschlussfläche und Leiterplatte vorliegt.

5.2 Auswahl der Prüfverfahren anhand der Formen und Anschlüsse/Anschlussdrähte elektronischer Bauteile

5.2.1 Oberflächenmontierbare Bauteile

Die für bestimmte Formen und Anschlüsse/Anschlussdrähte von Bauteilen empfohlenen Prüfverfahren sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 – Empfohlene Prüfverfahren, die für bestimmte Formen und Anschlüsse von SMDs geeignet sind

	Typen und Anschlüsse/Anschlussdrähte eines Bauteils				Anwendung der beschleunigten Konditionierung					Zyklische Biegeprüfung	Zyklische Fallprüfung	Prüfung der Ermüdung bei mechanischer Scherbeanspruchung
	Anschlüsse/Anschlussdrähte		Anzahl der Anschlüsse/Anschlussdrähte	Beispiele	Zugfestigkeitsprüfung	Scherfestigkeitsprüfung	Dreh-scherfestigkeitsprüfung	Widerstandsmessung	Einfache Biegeprüfung			
Allgemeine elektronische Bauteile	Anschlüsse auf 2 Seiten (gebogene Anschlussdrähte)		2	Tantalkondensator, Spule	–	A, B	–	–	–	–	C	–
	Anschlüsse auf 3 Seiten		2	Rechteckiger Chipwiderstand/Filmkondensator	–	A, B	–	–	–	–	C	–
	Anschlüsse auf 5 Seiten (mit Kappe)		2	Schichtkondensator, Thermistor, Schichtspule, Sicherung	–	A, B	–	–	–	–	C	–
	Mehrere Anschlüsse (Anschlüsse an den Seiten)		4 oder mehr	Widerstandsmatrix, Kondensatormatrix	–	A, B	–	–	–	C	C	–
	Gullwing – 1		4 oder mehr	Transformator	A, B	C	–	–	C	–	C	–
	Gullwing – 2		bis 6	Schalter	–	B	A, B	–	–	–	C	–
	Gullwing – 3		4 oder mehr	Steckverbinder	–	A, B	A, B	–	C	–	C	–
	Anschlüsse auf der Unterseite		2	Spule, Tantalkondensator	–	A, B	B	–	–	–	C	–
	Runder Anschluss (mit Kappe)		2	MELF-Kondensator/Widerstand/Sicherung	–	A, B	B	–	–	–	C	–
Halbleiterbauteile	Anschlussdrähte an 2 Seiten (gebogene Anschlussdrähte)		2	Diode	–	A, B	C	–	–	–	C	–
	Gullwing-Anschlussdrähte		3 bis 6	Kleiner Transistor	C	B	C	–	–	–	C	–
	Gullwing-Anschlussdrähte		6 oder mehr	QFP, SOP,	A, B	–	–	C	C	C	B	B
	Ohne Anschlussdrähte		6 oder mehr	QFN, SON	–	–	–	A, B	C	B	B	B
	Kugelan Anschlüsse auf der Unterseite		mehrere	BGA, FBGA	–	–	–	A, B	C	B	B	B
	Anschlüsse ohne Kugeln auf der Unterseite		mehrere	LGA, FLGA	–	–	–	A, B	C	B	B	B

Tabelle 2 (fortgesetzt)

ANMERKUNG 1 A: Empfehlung für eine beschleunigte Konditionierung, B: Anwendbar, C: Anwendbar, wenn die Bedingung erfüllt ist, –: Nicht anwendbar. ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von der Form des zu prüfenden Bauteils ist eine der folgenden statischen mechanischen Prüfungen vor oder nach der beschleunigten Konditionierung durchzuführen: a) Zugfestigkeitsprüfung: SMD mit Gullwing-Anschlüssen; b) Scherfestigkeitsprüfung: kleines rechteckiges SMD, auf dessen Seite eine Druckvorrichtung gedrückt werden kann; c) Drehscherfestigkeitsprüfung: SMD mit einer Form, bei der eine reguläre Scherfestigkeitsprüfung nur schwer durchführbar ist, und bei großen Bauelementen mit vielen Anschlüssen oder Anschlussleitungen wie bei Halbleiterbauteilen oder Steckverbindern. ANMERKUNG 3 Die Durchgangsprüfung gilt für Bauteile, bei denen auf dem bestückten Substrat oder innerhalb des zu prüfenden Bauteils selbst eine Verkettung gebildet werden kann. Beispiele dafür sind Halbleiterbauteile ohne Anschlussleitungen wie BGA, LGA oder QFN. ANMERKUNG 4 Die einfache Biegefestigkeitsprüfung wird für Bauteile mit einer Höhe oder Größe angewendet, bei denen die Widerstandsmessung durchführbar ist und die nicht leicht verformbar sind. ANMERKUNG 5 Die zyklische Biegefestigkeitsprüfung und die zyklische Fallprüfung werden bei Bauteilen durchgeführt, die vorwiegend in tragbaren Geräten eingesetzt werden. Die Durchführung dieser Prüfungen sollte in der Produktspezifikation festgelegt werden. Die zyklische Biegefestigkeitsprüfung für Substrat ist für Halbleiterbauteile geeignet, die auf einem Substrat montiert sind. ANMERKUNG 6 Die Temperaturprüfung wird bei folgenden Legierungen angewendet: a) schneller Temperaturwechsel: Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Bi und Sn-In; b) feuchte Wärme: Sn-Zn; c) trockene Wärme: Sn-Bi. ANMERKUNG 7 Die Form des Halbleiterbauelementes ist in IEC 60191 festgelegt. Es gibt jedoch noch keine Definition für „Anschlüsse ohne Kugeln auf der Unterseite“. Der Begriff „Anschlüsse ohne Kugeln auf der Unterseite“ wird hier als Gehäuse(form) eines BGA ohne Lotkugeln definiert.
--

5.2.2 Bauteile zur Einsteckmontage

Für Bauteile zur Einsteckmontage ist die Zugfestigkeitsprüfung die Grundprüfung. Bei großen Bauteilen oder wenn anzunehmen ist, dass durch deren Aufbau dauerhaft eine äußere Kraft auf das Bauteil ausgeübt wird, sollte auch die Kriechdehnungsprüfung durchgeführt werden.

Die Auswahl der Prüfung ist in der Produktspezifikation der Bauteile anzugeben, die ausschließlich einseitig auf einem Substrat montiert werden. In vielen Fällen ist die Festigkeit der Anschlussdrähte von Bauelementen zur Einsteckmontage, die in Durchkontaktierungen montiert werden, geringer als die Festigkeit der Lötverbindung. Diese Prüfungen sind für Ausrüstungen mit dieser Art von Substraten nicht geeignet.

Die für das Gewicht des Bauteils zur Einsteckmontage, die Art der Leiterplatte und die Art der Lasteinwirkung empfohlenen Prüfverfahren sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 – Nach der Anwendung und dem Gewicht von Bauteilen zur Einsteckmontage empfohlene Prüfverfahren

Typ des Substrats	Anwendung, Bauteiltyp		Prüfung		Bewertung	
	Anwendung	Gewicht des Bauteils	Zugfestigkeitsprüfung	Prüfung der Kriechdehnung	Wahrnehmbares Abheben des Lotkegels	Durchgangsprüfung
Einseitig mit Durchkontaktierungen	Keine Dauerlast	Leicht	B	–	–	–
		Schwer	C	B	–	–
	Dauerlast	Leicht	B	–	–	–
		Schwer	C	C	–	–
Doppelseitig mit Durchkontaktierungen	Allgemeine Bauteile zur Einsteckmontage		–	–	B	C
	Bauteile zur Einsteckmontage mit Verkettung		–	–	B	B

ANMERKUNG 1 B: Anwendbar, C: Anwendbar, wenn die Bedingung erfüllt ist, –: Nicht anwendbar

ANMERKUNG 2 Für die Prüfung gelten folgende Umgebungen:

- a) Zugfestigkeitsprüfung: Raumtemperatur;
- b) Kriechdehnungsprüfung: Umgebung mit hoher Temperatur, wie in der Produktnorm vorgeschrieben;
- c) wahrnehmbares Abheben: Raumtemperatur;
- d) Durchgangsprüfung: Umgebung schneller Temperaturwechsel, wie in der Produktnorm vorgeschrieben.

ANMERKUNG 3 Für diese Prüfung sind die Lotlegierungen Sn-Ag-Cu und Sn-Zn geeignet.

ANMERKUNG 4 Bei doppelseitigen Leiterplatten mit Durchkontaktierung (TH) ist die Festigkeit der Anschlussleitungen geringer als die Festigkeit der Lötverbindung. Deshalb ist diese Art von Substrat für eine Zugfestigkeitsprüfung nicht geeignet.

ANMERKUNG 5 Die Einzelheiten der Bewertung für doppelseitige Leiterplatten mit Durchkontaktierung (TH) sind im Anhang H angegeben.

6 Gemeinsame Aspekte der Prüfverfahren

6.1 Montage der Bauteile und verwendete Werkstoffe

a) Lot

In der praktischen Anwendung werden verschiedene Zusammensetzungen von bleifreien Lotlegierungen für die Verbindung benutzt. Wenn es in der Produktspezifikation nicht anders angegeben ist, muss die bleifreie Lotlegierung aus den in Tabelle 4 angegebenen Arten ausgewählt werden.

Tabelle 4 – Zusammensetzung der Lotlegierung

Art der Lotlegierung	Legierung (Kurzname)	
Sn-Ag-Cu	Sn96,5Ag3Cu,5(A30C5)	–
Sn-Zn	Sn91Zn9(Z90)	Sn89Zn8Bi3(Z80B30)
Sn-Bi	Bi58Sn42(B580)	–
Sn-In	Sn88In8Ag3,5Bi,5(N80A35B5)	–
Sn-Cu	Sn99,3Cu,7(C7)	–

b) Prüfsubstrat

Das Prüfsubstrat muss eine kupferkaschierte, mit Glasgewebe verstärkte Epoxidharz-Laminattafel nach IEC 61249-2-7 sein. Wenn ein Substrat aus einem anderen Werkstoff benutzt wird, ist es empfehlenswert, einen bruchfesteren Werkstoff mit einem geringen thermischen Abbau und einer geringen mechanischen Verformung auszuwählen.

Bei einfachen und zyklischen Biegefestigkeitsprüfungen und zyklischen Fallprüfungen dürfen als Prüfsubstrat keine schwer verformbaren Werkstoffe wie Keramik verwendet werden.

Weitere Prüfbedingungen sind in den entsprechenden Prüfverfahren angegeben.

c) Montage der Bauteile auf dem Prüfsubstrat

Die Montage der Bauteile auf dem Prüfsubstrat erfolgt wie nachfolgend angegeben.

Prüfungen von SMDs werden durch Montage der Bauteile auf einseitigem oder nur auf einer Seite von doppelseitigem Substrat durchgeführt.

Prüfungen von Bauteilen zur Einsteckmontage sind für eine einseitige Montage auf Substrat vorgesehen. Die Prüfung von Bauteilen zur Einsteckmontage auf doppelseitigem Substrat ist nicht vorgesehen, da die Festigkeit der Lötverbindungen in diesem Fall bedeutend höher ist als die Festigkeit der Anschlussdrähte des Bauteils selbst.

Das Lötverfahren für SMDs sollte Aufschmelzlöten und das für Bauteile zur Einsteckmontage sollte Wellenlöten sein.

d) Lage der Bauteile und Anschlussflächen

Die bei der einfachen und bei der zyklischen Biegefestigkeitsprüfung und bei der zyklischen Fallprüfung zu prüfenden SMDs müssen, wie in Bild 3 dargestellt, in der Mitte des Prüfsubstrats montiert werden. Die Lage von mit anderen Prüfungen zu prüfenden Bauteilen an einer geeigneten Stelle auf dem Prüfsubstrat darf zwischen Anwender und Zulieferer vereinbart werden. Falls es in der Produktspezifikation nicht anders angegeben ist, sollten die in der Normenreihe IEC 61188-5 angegebenen Anschlussflächen benutzt werden.

Maße in Millimeter

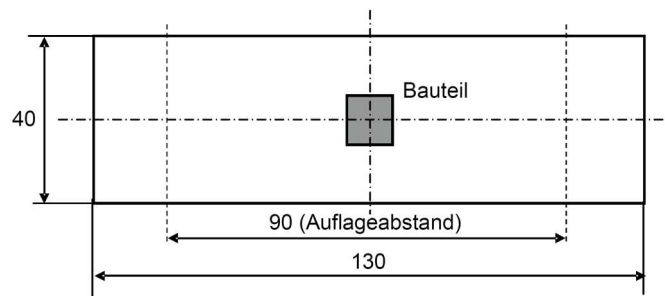


Bild 3 – Beispiel für die Montageposition eines SMD für die einfache und die zyklische Biegeprüfung sowie die zyklische Fallprüfung

Das Bauteil zur Einsteckmontage wird bei der Zugfestigkeitsprüfung und der Kriechdehnungsprüfung zum Zweck der Bewertung der Festigkeit der Lötverbindung zwischen dem Bauteil und der Anschlussfläche bei Verwendung von bleifreiem Lot geprüft. Durch die Prüfung wird die Haltbarkeit einer Lötverbindung bis zum Bruch geprüft, wenn der Anschlussdraht eines Bauteils zur Einsteckmontage an ein einseitiges Substrat durch Wellenlöten verbunden wird, während der elektrische Widerstand der Verbindung durch Einwirkung eines bestimmten Gewichts an den Anschlussdraht in einer Temperaturkammer gemessen wird. Die Zeit bis zum Bruch wird bestimmt, da der Widerstand bei Bruch der Lötverbindung ansteigt.

Der Durchmesser einer Durchgangsbohrung und der Durchmesser einer Anschlussfläche sind in Tabelle 5 angegeben.