

DIN EN 60068-3-13

ICS 19.040

Einsprüche bis 2012-03-09

Entwurf**Umweltprüfungen –
Teil 3-13: Ergänzende Unterlagen und Anleitung zur Prüfung T: Löten
(IEC 91/994/CD:2011)**

Environmental testing –
Part 3-13: Supporting documentation and guidance on test T: Soldering
(IEC 91/994/CD:2011)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-12-19 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 als Datei per E-Mail an dke@din.de 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: 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 48 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Einführung	6
4.1 Faktoren, die die Fähigkeit zum Löten beeinflussen	6
4.2 Physik der Oberflächenbenetzung	6
4.3 Qualität und Zuverlässigkeit von Lötverbindungen	8
5 Verarbeitbarkeit von Bauelementen in Lötprozessen/durch Löten	9
5.1 Allgemeine Betrachtungen	9
5.2 Lot	11
5.3 Einteilung der Lötbedingungen in Gruppen	11
5.4 Eignung zum Löten	12
5.5 Feuchtigkeitsempfindlichkeit der Bauelemente	12
5.6 Zusammenhang zwischen Lagerungszeit / Lagerungsbedingungen und Lötbarkeit	12
5.7 Stellung der Lötprüfungen im Rahmen der Prüfung	15
6 Lötprüfungen – Allgemein	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Lot	17
6.3 Flussmittel	17
6.4 Prüfausrüstungen	18
6.5 Bewertungsmethoden	18
6.6 Abnahmekriterien	18
7 Lötprüfungen - Methoden	18
7.1 Allgemeine Prinzipien	18
7.2 Überblick über die Prüfmethoden	19
7.3 Lotbadprüfung	21
7.4 Aufschmelzprüfung	22
7.5 LötKolbenprüfung	22
7.6 Lötbarkeit, Beständigkeit gegen Auflösung der Metallisierung und Lötwärmebeständigkeit der oberflächenmonierbaren Bauteile (SMD), IEC 60068-2-58: Prüfung Td	22
7.7 Prüfung mit der Benetzungswaage	23
8 Anforderungen und statistischer Charakter der Ergebnisse	24
9 Abkürzungen	25
 Bild 1 – Ruhender Lottropfen auf oxidiertem Kupfer	7
Bild 2 – Ruhender Tropfen Lot mit Flussmittel auf sauberem Kupfer	7
Bild 3 – Gleichgewichtskräfte am ruhenden Tropfen	7

	Seite
Bild 4 – Typische Lötprozesse.....	10
Bild 4 – Benetzungszeit einer lötbaren Substratoberfläche in Abhängigkeit von der Alterungszeit.....	14
Bild 5 – Lötprüfungen für Geräte mit Anschlussleitungen	20
Bild 6 – Lötprüfungen für SMD	21
Tabelle 1 – Lötprozessgruppen	11

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 91/994/CD:2011 „Environmental testing – Part 3-13: Supporting documentation and guidance on test T: Soldering“ (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 91 „Electronics assembly technology“ 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 diesen Norm-Entwurf 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.

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.

Umweltprüfungen – Teil 3-13: Ergänzende Unterlagen und Anleitung zur Prüfung T: Löten

1 Anwendungsbereich

Der Zweck dieses Dokumentes ist es, Autoren und Nutzern von Spezifikationen für elektrische und elektronische Bauelemente Hintergrundinformationen und Empfehlungen zu geben, es enthält Bezugnahmen auf die Prüfnormen IEC 60068-2-20, IEC 60068-2-54, IEC 60068-2-69 und IEC 60068-2-83 sowie auf die IEC-Norm, in der die Forderungen für die Spezifikationen oberflächenmontierbarer Bauelemente definiert sind, die IEC 61760-1.

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 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-54, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ta: Soldering - Solderability and testing by the wetting balance method*

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Td: Solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of Surface Mounting Devices (SMD)*

IEC 60068-2-69, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Te: Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wet balance method*

IEC 60068-2-83, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Tf: Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wetting balance method using solder paste*

IEC/TR 60068-3-12, *Environmental testing – Part 3 - 12 - Supporting documentation and guidance - Method to evaluate a possible lead-free solder reflow temperature profile*

IEC 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

IEC 62137-3, *Electronics assembly technology – Part 3: Selection guide of environmental and endurance test methods for solder joints*

3 Begriffe

3.1

Lötbarkeit

Eignung der Anschlüsse oder Elektroden eines oberflächenmontierbaren Bauelements, während des Lötvorgangs bei der niedrigsten angenommenen Temperatur innerhalb des Löttemperaturbereichs der Lotlegierung von Lötmedium benetzt werden zu können

ANMERKUNG Lötbarkeit sollte nicht mit dem Terminus „Eignung zum Löten“ verwechselt werden (siehe 4.1, 5.1.1).

3.2

Lötwärmebeständigkeit

Eignung des Bauelements, während des Lötvorgangs der höchsten Temperaturbelastung im Hinblick auf Temperaturgradient, Spitzentemperatur und Dauer des Lötvorgangs innerhalb des gültigen Temperaturbereiches der Lotlegierung standzuhalten

3.3

Benetzbarkeit

Die dem Material des Anschlusses innewohnende Eigenschaft, mit dem Lot eine Legierung zu bilden. Diese hängt von dem Grundmaterial ab, das zur Herstellung des Anschlusses verwendet wird, oder, bei einem metallisierten Anschluss, vom Zustand und dem Material, das zur Metallisierung des Grundmaterials verwendet wird.

4 Einführung

4.1 Faktoren, die die Fähigkeit zum Löten beeinflussen

Die Bedingungen, von denen die problemlose Herstellung und die Zuverlässigkeit einer Lötverbindung abhängen, können in drei Gruppen wie folgt eingeteilt werden:

- a) Die Ausführung der Verbindung, bestimmt durch die Wahl der beiden zu verbindenden metallischen Elemente (deren Form, Größe, Zusammensetzung etc.) und der Fertigungsmethode (relative Lage, anfängliche Befestigung etc.).
- b) Die Benetzbarkeit der zu verbindenden Oberflächen.
- c) Die für den Lötvorgang angenommenen Bedingungen (Temperatur, Flussmittel, Lotlegierung, Ausrüstungen etc.).

Die Wahl der Bedingungen der Klassen (a) und (c) betrifft den Hersteller der Ausrüstungen oder Baugruppen, der die Wichtigkeit von jeder der Bedingungen und die Grenzen ihrer Abweichung kennen muss. Bedingung (b) hängt größtenteils von dem Hersteller der Bauelemente ab, außer in Fällen unüblichen Umgangs oder ungewöhnlicher Lagerbedingungen durch den Hersteller der Ausrüstungen. Die Benetzbarkeit der Oberflächen muss mit dem Genauigkeitsgrad definiert werden, der es dem Ausrüstungshersteller ermöglicht, Bedingungen von Klassen (a) und (c) entsprechend dieser Benetzbarkeit auszuwählen. Andererseits wird durch eine zufrieden stellende Oberflächenqualität der Bauelemente nicht verhindert, dass aufgrund von Fehlern bei der Verbindungsausführung oder den Verbindungsbedingungen zurück zu weisende Verbindungen entstehen.

Diese oftmals komplexe Überlappung von Verantwortlichkeiten zwischen den Herstellern der Bauelemente und den Herstellern der Ausrüstungen macht es notwendig, die Benetzbarkeit von Bauelementeanschlüssen oder, allgemeiner, die Lötbarkeit von Bauelementen mit erheblicher Genauigkeit zu bestimmen zu können.

4.2 Physik der Oberflächenbenetzung

Um eine Benetzung zwischen dem Substrat und dem geschmolzenen Lot zu erreichen, muss das Zinn im Lot mit dem Substrat reagieren, so dass eine Legierung entsteht. Diese Legierung wird gebildet, wenn das Zinn und das Substrat in molekularen Kontakt kommen. Dies wird nur erreicht, wenn sowohl die Oberfläche des geschmolzenen Lotes als auch des Substrates frei von Verunreinigungen sind.

Um besser zu verstehen, wie sich geschmolzenes Lot über ein Substrat ausbreitet und was die Lötbarkeit bestimmt, muss die Eigenschaft der Oberflächenspannung des Lotes untersucht werden.

Ein Tropfen geschmolzenen Lotes bildet im freien Raum eine Kugel, so wie ein Tropfen Wasser eine sphärische Form bildet. Der Tropfen wird durch die Kraft der Oberflächenspannung des geschmolzenen Lotes in dieser Form gehalten. Die Atome im Innern dieses Tropfens sind gleichmäßig von anderen Atomen umgeben, und die resultierende Kraft auf sie ist Null, wenn die Wärmebewegung ignoriert wird. An der Oberfläche besteht ein Ungleichgewicht der interatomaren Anziehungskräfte, da auf die Atome an der Oberfläche eine resultierende Kraft zum Innern des Tropfens hin wirkt.

Das gesamte System versucht, eine Form anzunehmen, die über ein Minimum an freier Energie verfügt, d.h. ein minimales Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Diese Situation wird erreicht, wenn das geschmolzene Lot sich zu einer Kugel formt. Die Stärke der Oberflächenspannungskraft wird durch die Bindungsenergien zwischen den Atomen innerhalb des geschmolzenen Lots bestimmt.

Wenn die geschmolzene Lotkugel auf eine erhitzte, oxidierte Kupferplatte aufgebracht wird, drückt die Schwerkraft auf die Form der Kugel und es wird ein ruhender Tropfen gebildet, wie in Bild 1 unten gezeigt.

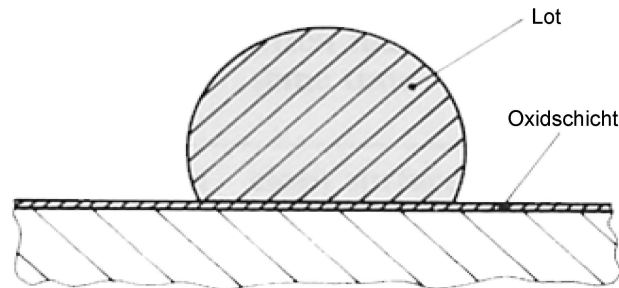


Bild 1 – Ruhender Lottropfen auf oxidiertem Kupfer

Wenn auf den ruhenden Tropfen auf dem oxidierten Kupfer ein geeignetes Flussmittel gegeben wird, wird die Oxidschicht vom Kupfer entfernt und das Zinn im Lot reagiert mit dem Kupfer, es wird eine intermetallische Schicht gebildet und das Lot kann sich ausbreiten, wie in Bild 2 unten gezeigt.

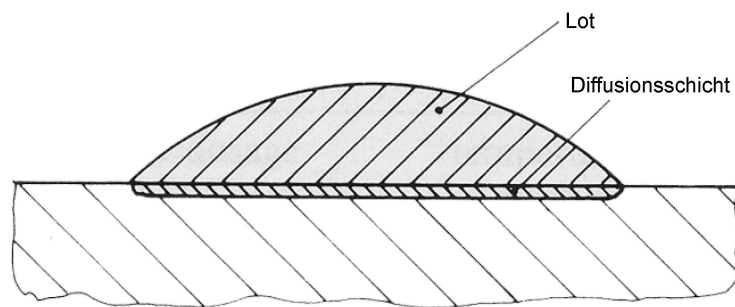


Bild 2 – Ruhender Tropfen Lot mit Flussmittel auf sauberem Kupfer

Die endgültige Form des sich ausbreitenden Lots hängt von der Oberflächenspannung ab, die an den Grenzschichten wirkt. Auf feste und fest-flüssige Grenzflächen wirken ebenfalls Oberflächenspannungskräfte, und diese versuchen, ihre Oberflächen auf ein Minimum zu reduzieren, um ein Minimum an freier Energie zu erreichen. Im Ergebnis stellt sich ein Gleichgewicht ein, wobei die resultierende Kraft an der vordringenden Lotkante Null ist.

Bild 3 zeigt die Kräfte, die an der vordringenden Lotkante wirken. Die Oberflächenspannung des festen Kupfers in Luft wird durch die Oberflächenspannung zwischen dem flüssigen Lot und der Luft, und dem flüssigen Lot und dem festen Kupfer ausgeglichen.

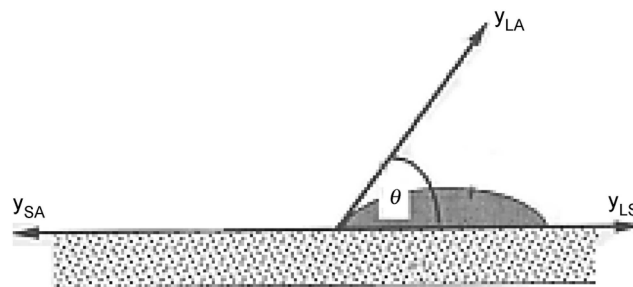


Bild 3 – Gleichgewichtskräfte am ruhenden Tropfen

Die resultierenden Kräfte an der vordringenden Lotkante können folgendermaßen dargestellt werden:

$$Y_{SA} = Y_{LS} + Y_{LA} \cos \theta$$

Y_{SA} = Oberflächenspannung zwischen festem Kupfer und Luft

Y_{LS} = Oberflächenspannung zwischen flüssigem Kupfer und festem Kupfer

Y_{LA} = Oberflächenspannung zwischen flüssigem Kupfer und Luft

Diese Gleichung ist als Youngsche Gleichung bekannt; der Kontaktwinkel θ kann als Maß für den Grad der Ausbreitung verwendet werden. Je kleiner der Kontaktwinkel, desto größer die Verteilung und desto besser die Benetzung.

Wenn die Kohäsionskräfte innerhalb des Lotes größer sind als die Adhäsionskräfte zwischen dem Lot und dem Kupfer, dann bleibt das Lot ein sich nicht verteilender ruhender Tropfen und der Kontaktwinkel ist größer als 90° . Wenn die Adhäsionskräfte größer sind als die Kohäsionskräfte, dann ist es energetisch günstig für das Lot mit dem Kupfer zu reagieren und sich auszubreiten, wobei sich der Kontaktwinkel unter 90° verringert.

Die Oberflächenspannung zwischen Flüssigkeit und Feststoff - y_{SA} - ist hoch, wenn der Feststoff frei ist von Oxiden, Sulfiden, Chloriden, Kohlenwasserstoffen und anderen Verunreinigungen der Oberfläche, die die Oberflächenspannung reduzieren.

Damit die Oberflächenspannung zwischen Flüssigkeit und Feststoff - y_{LS} - niedrig ist, muss eine zwischen dem Zinn und dem Substrat intermetallische Verbindung entstehen.

Die Oberflächenspannung zwischen dem flüssigen Lot und der Luft oder dem Flussmittelfilm hängt von der Lotlegierung, der Löttemperatur und dem Flussmittel ab, die zum Löten der Teile verwendet werden. Die Oberflächenspannung der Legierung kann durch Verunreinigungen im Lot merklich beeinträchtigt werden. Sehr niedrige Grade von Verunreinigung können einen großen Einfluss auf die Oberflächenspannung haben, da die Oberflächenspannung durch die Zusammensetzung der Oberfläche des Lotes und nicht durch die Zusammensetzung der Hauptmasse des Lotes bestimmt wird. Verunreinigungen mit niedrigen Oberflächenenergien setzen sich schnell an der Oberfläche der Flüssigkeit ab und reduzieren dabei die Oberflächenspannung y_{LA} .

Verunreinigungen in der Lotlegierung und Änderungen der Zusammensetzung der Legierung können ebenfalls die Oberflächenspannung zwischen der Flüssigkeit und dem Feststoff beeinflussen, wodurch sich die intermetallische Verbindung ändert. Dies kann auch auf die Oberflächenspannung zwischen dem Feststoff und der Luft Auswirkungen haben, was den Diffusionsprozess am Feststoff vor der Flüssigkeitsfront beeinflusst.

Zusätze zur Lotlegierung und Änderungen der Zusammensetzung der Legierung können durch Änderung der Viskosität des flüssigen Lotes ebenfalls die Ausbreitung und Benetzungseigenschaften einer Legierung beeinflussen

4.3 Qualität und Zuverlässigkeit von Lötverbindungen

Die Qualität von Lötverbindungen ist durch den benetzten Bereich, den Benetzungswinkel, Poren, Fehlstellen und spezielle visuelle Kriterien gekennzeichnet.

Die Zuverlässigkeit mikroelektronischer Bauelemente und Baugruppen kann als Ausdruck der Funktionalität der Lötverbindungen betrachtet werden. Die Funktionen stehen in engem Zusammenhang mit der Mikrostruktur der Lötverbindungen, die das Ergebnis des Einflusses des Temperaturgradienten des Lötvorgangs auf das System, der Lotlegierung/Lotpaste, der Anschlüsse/Pins der elektronischen Bauelemente und der Anschlussflächenbehandlungen der Leiterplatten sind. Folglich kann die Zuverlässigkeit der Lötverbindungen nicht nur unter Berücksichtigung der verschiedenen internen Parameter des dreigliedrigen Elementes, Anschlussfläche-Lot-Pin, korrekt bewertet werden, sondern sie steht auch in Zusammenhang mit der komplexen Reaktion an der Grenzfläche zwischen ihnen und der Wechselbeziehung mit den Lötprozessparametern.

Die Zuverlässigkeit der Lötverbindungen kann nicht nur unter Berücksichtigung der internen Parameter des dreigliedrigen Elementes Anschlussfläche-Lot-Pin korrekt bewertet werden, sondern auch die komplexe

Daher können die Lötverbindungen als Ergebnis einer komplexen Funktion der vier vorher definierten Elemente betrachtet werden.

Die IEC 62137-3 gibt eine Orientierung zu den Prüfmethoden für die Bewertung der Zuverlässigkeit von Lötverbindungen unter Berücksichtigung der vier oben beschriebenen Elemente.

5 Verarbeitbarkeit von Bauelementen in Lötprozessen/durch Löten

5.1 Allgemeine Betrachtungen

5.1.1 Eignung der Bauelemente zum Löten

Es ist nicht ausreichend, dass ein Bauelement Anschlüsse hat, die zum Löten geeignet sind (durch geschmolzenes Lot benetzt zu werden können). Gegenwärtig werden bei der Herstellung elektronischer Ausrüstungen verschiedene Arten von Lötprozessen und Lotlegierungen verwendet. Aufgrund der Einführung von bleifreiem Lot können die Verarbeitungstemperaturen heutzutage in einem Bereich von mehr als 100 Grad variieren und eine Dauer von Sekunden bis zu Minuten haben. Die typischen Lötprozesse und dazugehörigen Prozessbedingungen sind zum Beispiel in IEC 61760-1 beschrieben.

Wegen der großen Vielfalt der Prozessbedingungen kann ein Bauelement nicht einfach mehr als geeignet für z. B. „Schwalllöten“ oder „Reflow-Löten“ oder „bleifreies Löten“ klassifiziert werden. Besondere Aufmerksamkeit sollte der Tatsache beigemessen werden, dass die Eignung eines Bauelementes zum „bleifreien Löten“ wegen der Vielfalt bleifreier Lotlegierungen und Prozessbedingungen nicht angegeben werden kann.

Um für einen bestimmten Lötprozess geeignet zu sein, muss ein Bauelement folgende Anforderungen erfüllen:

- a) Material und Oberfläche des Bauelementeanschlusses müssen für das Löten mit der Lotlegierung und der Lötmethode geeignet sein;
- b) Es muss thermische Kennwerte („Wärmebedarf“) haben, die niedrig genug sind, damit eine Temperatur, die ausreichend höher ist als der Liquidus der verwendeten Lotlegierung, für die Länge der auftretenden Benetzungszeit erreicht und aufrecht erhalten wird;
- c) Es muss den mit dem Lotzyklus verbundenen thermischen Belastungen (einschließlich Überarbeitung und eventuelle Reparatur mittels LötKolben) ohne kurzfristige oder langfristige Änderung standhalten;
- d) Es muss den mechanischen und chemischen Belastungen, die mit den Reinigungsoperationen zur Beseitigung von Flussmittelresten einhergehen, ohne kurzfristige und langfristige Schäden standhalten;

Daher müssen bestimmte Bauelemente, die geschmierte mechanische Teile enthalten (z. B. Schalter) oder die nicht abgedichtet oder empfindlich sind gegen Verschmutzung (z.B. Relais, Potentiometer) oder die Kunststoffmaterial mit schlechtem Wärmewiderstand enthalten (z.B. bestimmte Kondensatoren mit thermoplastischen Dielektrikum), aufgrund dessen, dass sie nicht in der Lage sind, einer oder mehrerer der mit dem Prozess verbundenen Belastungen standzuhalten, für Komplettlötvorgänge sorgfältig ausgewählt werden.

Aus diesem Grund muss sorgfältig unterschieden werden zwischen der Verarbeitbarkeit des Bauelementes (Eignung zum Löten), die sich auf die gesamte Eignung für das industrielle Löten bezieht, und der Benetzbarkeit des Anschlusses, die sich nur auf die Leichtigkeit des Überziehens des Anschlusses mit Lot bezieht. Leider werden diese Konzepte im normalen Sprachgebrauch oft durcheinander gebracht, und solch ein Durcheinander kann den reibungslosen Verlauf der Produktion verhindern.

Außerdem bedeutet die Nichteignung eines Bauelementes zum Löten gemäß den aufgeführten allgemeinen Bedingungen (siehe unten) nicht, dass dessen Anschlüsse nicht an eine Leiterplatte oder eine andere Auflage angelötet werden können; es bedeutet nur, dass es erforderlich ist, besondere Vorkehrungen in Abhängigkeit von der Bedingung zu treffen, die es nicht erfüllt, so zum Beispiel eine thermisch empfindliche Isolation zu haben oder Inkompatibilität mit einigen oder allen Lösungsmitteln. Nur fehlende Benetzbarkeit

der Anschlüsse verhindert die Verwendung von Lot zur Montage des Bauelementes; diese Eigenschaft ist von größter Wichtigkeit, schließt jedoch die Berücksichtigung der anderen nicht aus.

Die genormten Prüfungen, auf die hier Bezug genommen wird, sind alle auf die Simulation eines Teils der Auswirkungen dieser Reihe von Bedingungen gerichtet.

Die entsprechende Auswahl einer Gruppe dieser Prüfungen in Verbindung mit elektrischen und mechanischen Messungen ermöglicht die Beantwortung der Frage „Ist dieses Bauelement durch die normalerweise in der Elektronik angewandten Methoden lötfähig?“. Dies ist eine der Fragen, die der Hersteller von Ausrüstungen sich stellen muss, bevor er ein Bauelement in eine Lötlinie aufnimmt.

Das Prinzip jeder genormten Prüfung und der Grad der Information, den diese liefert, sind in Satz 7 definiert.

Auf diese Weise kann derjenige, der das Bauelement spezifiziert, mit voller Kenntnis der Gründe die Anzahl und Art der Prüfungen auswählen, die benötigt werden, um das Verhalten des Bauelementes während des Lötens festzustellen; und die Anforderungen, die er in jedem Fall festlegt, spiegeln die allgemeinen Forderungen der Herstellungsmethode wider.

Gleichermaßen wird derjenige, der die Prüfungen leitet, den Umfang an Informationen, die er dadurch erhält, zu schätzen wissen.

5.1.2 Lötprozesse

Bild 4 zeigt typische Lötprozesse, nach Arten gruppiert.

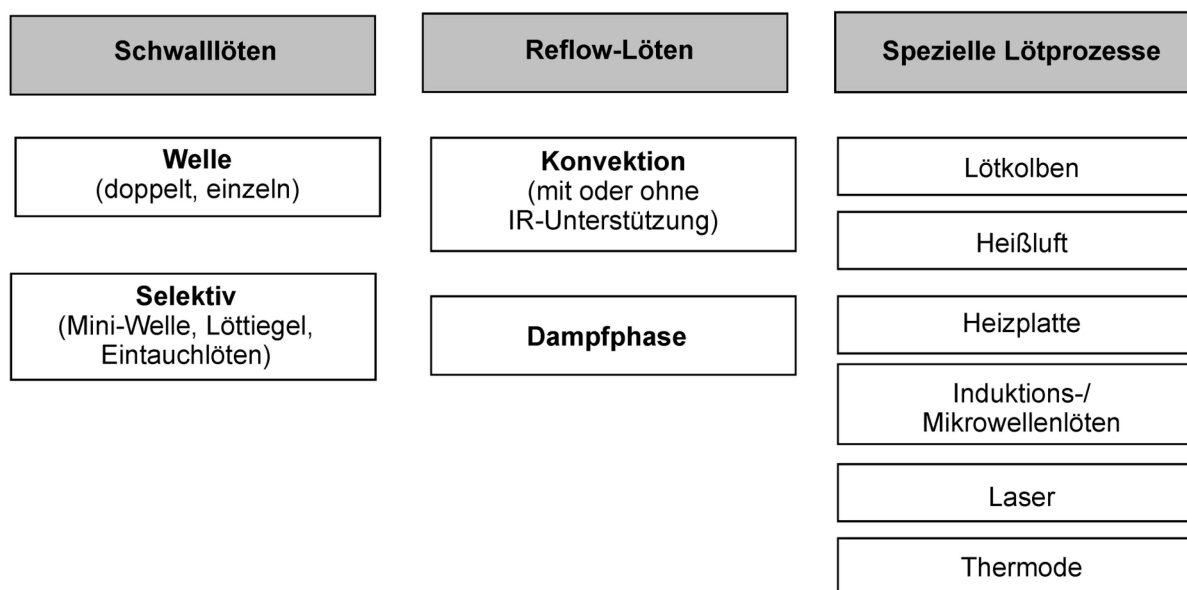


Bild 4 – Typische Lötprozesse

5.1.3 Typische Lötfehler

- Nichtbenetzung
- Grabsteineffekt
- Versatz
- Dochtwirkung
- Brückenbildung
- Fehlstellen

Faktoren, die das Lötergebnis negativ beeinflussen können:

Geometrische Faktoren

- Ausführung der Anschlussflächen für die Lötmontage
- Geometrie der Bauelemente
- Geometrie der Bauelementeanschlüsse
- Runder Ring

Prozessfaktoren

- Zeit-Temperatur-Profil
- Temperaturverteilung (verschiedene Temperaturen an den Lötverbindungen)
- Atmosphäre (Luft, Stickstoff)

Materialfaktoren

- Lotpaste, Lotlegierung
- Flussmittelaktivität

5.2 Lot

Die Zusammensetzung der Lotlegierung beeinflusst die Oberflächenspannung des flüssigen Lots. Relativ kleine Konzentrationen von Verunreinigungen im Lot können einen merklichen Einfluss auf die Benetzungseigenschaften des Lots haben. Daher ist die Lotlegierung, die für das Löten und für die Prüfungen verwendet wird, in der entsprechenden Spezifikation zu beschreiben.

5.3 Einteilung der Lötbedingungen in Gruppen

Die Schmelztemperaturen von bleifreien Lotlegierungen, die für industrielle Prozesse ausgewählt werden, unterscheiden sich beträchtlich von denen von Weichlotlegierungen. Außerdem unterscheiden sich die Schmelztemperaturen von derzeitigen Lotlegierungen voneinander, können jedoch in Gruppen zusammengefasst werden. Die Fähigkeit der SMD, den typischen Temperatur- und Verweilzeitbedingungen standzuhalten, muss den Prozesstemperaturgruppen bei Verwendung der ausgewählten Legierung entsprechen.

Die folgenden Gruppen von Lötprozessen in Tabelle 1 sind als Richtlinie zur Auswahl der Schärfegrade für die Benetzungs- und Lötwärmebeständigkeitsprüfungen gegen das spezifizierte Lötwärmeprofil angegeben.

Tabelle 1 – Lötprozessgruppen

Prozesstemperatur- gruppe	1 Niedrig	2 Mittel	3 Mittelhoch	4 Hoch
Typische Lot- legierungsfamilie	Sn-Bi	Sn-Pb	Sn-Ag-Cu	Sn-Cu
Flussmittel	-	(235-250)°C	(250-260)°C	(250-260)°C
Reflow	(170-210)°C	(210-240)°C	(235-250)°C	-

5.4 Eignung zum Löten

5.4.1 Lötbarkeit von Bauelementen

Die Bestimmung der Lötbarkeit kann zum Zeitpunkt der Herstellung, bei Annahme der Bauelemente durch den Nutzer oder direkt vor der Montage und dem Löten erfolgen.

5.4.2 Wärmebedarf

Die Verbindungsfläche muss auf Löttemperatur gebracht werden. Es ist möglich, dass die Ausführung der Bauelemente eine Abführung der an der Verbindungsfläche zugeführten Wärme in den Bauelementekörper zulässt und damit bewirkt, dass die Temperatur an der Verbindungsstelle zu niedrig wird um eine hinreichende Lötverbindung zu bilden.

5.4.3 Lötwärmebeständigkeit

Das Bauelement muss der thermischen Belastung des Lötprozesses ohne Verlust der Funktionalität standhalten können. Dies ist besonders wichtig bei den gegenwärtigen Montageverfahren, bei denen die Bauelemente schnelle Änderungen des Wärmegradienten erfahren.

Im Ergebnis dieser Definition ist eine Matrix von Lötprüfnormen entstanden, bei denen einige oder alle drei Eigenschaften oder, in einigen Fällen, eine Kombination der ersten beiden Eigenschaften gemessen wird.

Aufgrund der Definition wurde eine Matrix von Lötbarkeitsrichtlinien entwickelt, bei der eine oder alle drei Eigenschaften einzeln oder - in einigen Fällen - eine Kombination der ersten beiden Eigenschaften gemessen wird

5.5 Feuchtigkeitsempfindlichkeit der Bauelemente

Die entsprechende Spezifikation kann ein Feuchtigkeitsempfindlichkeitsverfahren vorschreiben, um die Empfindlichkeit eines Bauteils gegenüber dem Einfluss von Feuchtigkeit auf den Bauelementekörper während der Lagerung zu bestimmen.

Anmerkung: Im Unterschied zur Feuchtigkeitsempfindlichkeit wird die Empfindlichkeit der Oberfläche der Bauelementeanschlüsse durch die beschleunigte Alterung beschrieben (siehe 5.6.4).

Typische Aufnahmebedingungen: 85°C/60% relative Feuchte, 60°C/60% relative Feuchte, 30°C/60% relative Feuchte.

Die Dauer der Feuchtigkeitsempfindlichkeit hängt von der Diffusionsgeschwindigkeit des Wassers und den Absorptionseigenschaften des Materials ab. Daher ist eine spezielle Untersuchung erforderlich.

Anmerkung: Beispiele für geeignete Feuchtigkeitsempfindlichkeitsverfahren für Halbleiterbauelemente sind in IEC 60749-20 oder J-STD-020 zu finden. Gültige Vortrocknungs- und Feuchtigkeitsempfindlichkeitsbedingungen für andere Arten von Bauelementen stehen zur Diskussion. Siehe auch IEC 61760-4 (in Vorbereitung)

5.6 Zusammenhang zwischen Lagerungszeit / Lagerungsbedingungen und Lötbarkeit

Alterung ist ein natürlicher Vorgang, durch den die Lötbarkeit eines Bauelements mit der Zeit sinkt. Die Korrelation zwischen natürlicher Alterung und beschleunigten Bedingungen („beschleunigte Alterung“) ist schwer zu bestimmen und kann nicht verallgemeinert werden.

Die Mehrheit der Bauelementeanschlüsse sind aus einem Grundmaterial gefertigt, auf das eine lötbare Schicht aufgetragen wird um die Lötbarkeit des Anschlusses zu erhalten. Es ist üblich, eine Trennschicht auf dem Grundmaterial aufzumetallisieren bevor die Lotschicht aufgetragen wird, insbesondere wenn das Grundmaterial eine hohe Löslichkeit in Lot aufweist.

5.6.1 Oxidation

Zinn bildet mit der Atmosphäre das Oxid SnO , welches eine Schutzschicht auf dem Substrat bildet. Der Oxidationsgrad wird durch Temperatur und Feuchtigkeit in der Atmosphäre beschleunigt.

Blei bildet ebenfalls mit der Atmosphäre das Oxid PbO , aber im Allgemeinen wird SnO bevorzugt gebildet, da das Zinn eine größere Affinität zu Sauerstoff hat.

Der Schwefelgehalt in der Atmosphäre ist im Allgemeinen niedrig, und Zinn und Blei reagieren bei niedrigen Konzentrationen sehr wenig mit Schwefel. Silber jedoch reagiert mit Schwefel bei sehr niedriger Konzentration und bildet schwarze Sulfidschicht, was die Lötbarkeit des Substrats verringert.

Stickstoffoxid (NO_2) und Chlor reagieren beide mit Zinn und Blei und bilden Bleinitrat (PbNO_3) und Zinn- und Bleichloride (SnCl_2) (PbCl_2). Bleinitrat bildet eine nicht schützende Schicht, der schwer zu löten ist. Beide Chloride sind ebenfalls nicht schützend und mindern nochmals die Lötbarkeit (obwohl das Bleichlorid normalerweise zu Bleinitrat reduziert wird, welches nicht mit normalen elektronischen Flussmitteln gelötet werden kann).

5.6.2 Wachstum intermetallischer Schichten

Die große Mehrheit Anschlüsse elektronischer Bauelemente sind mit Zinn oder Zinn-Blei beschichtet, und daher enthalten die meisten intermetallischen Schichten Zinn. Wie oben aufgeführt, bildet sich, während das Lot schmilzt, kontinuierlich eine intermetallische Schicht, während die Beschichtung aufgelöst wird. Im festen Zustand findet die Migration des Zinns im Lot hin zu der intermetallischen Schicht weiterhin statt, verbunden mit der Diffusion des Substrats durch die intermetallische Schicht und führt zu einem Ansteigen der Dicke der intermetallischen Schicht in die Lotbeschichtung hinein.

Dieser Vorgang geschieht proportional zur Quadratwurzel der Temperatur und ist sogar bei Raumtemperatur erheblich. Bild 4 unten zeigt die Benetzungszeit eines mit Lot beschichteten Bauelementanschlusses in Abhängigkeit von der Alterungszeit.

5.6.3 Auswirkung der Alterung auf die Benetzungskennwerte

Typische Alterungsauswirkungen sind:

- Abbau der metallischen Schichten (Oxidation)
- Abbau organischer Bestandteile galvanischer Überzüge
- Wachstum der intermetallischen Phase durch die lötbare Oberfläche hindurch
- Reißen der lötbaren Oberfläche

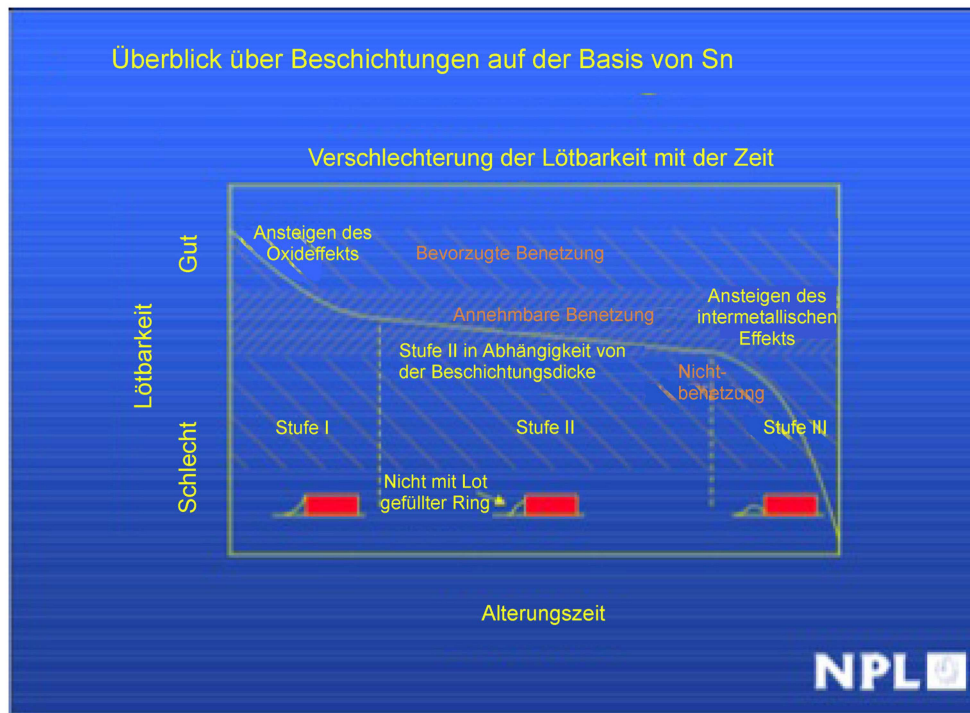


Bild 4 – Benetzungszeit einer lötbaren Substratoberfläche in Abhängigkeit von der Alterungszeit

Bild 4 oben zeigt drei verschiedene Phasen. Zunächst beginnt die Benetzungszeit anzusteigen, während die Lötbarkeit durch Bildung von Oxiden oder Korrosionsprodukten auf der Lotoberfläche reduziert wird. Danach folgt eine Phase, in der keine weitere Verschlechterung eintritt, da die Lotoxidschicht das Lot durch Minderung der Diffusion durch die Oxidschicht und eine chemische Passivierung der Oberfläche vor weiterer Oxidation schützt. In der dritten Phase ist die intermetallische Schicht durch die Oberfläche der Lotbeschichtung gedrungen und die Benetzungszeit beginnt wieder anzusteigen.

Intermetallisches Wachstum ist ein Hauptfaktor bei der Verschlechterung der Lötbarkeit eines lötbaren Substrats, aber die anfängliche Verschlechterung ist auf die Reaktion der lötbaren Beschichtung mit der Atmosphäre zurück zu führen.

5.6.4 Prüfbedingungen für beschleunigte Alterung

Der natürliche Alterungsprozess eines Bauelementes ist ein sehr komplizierter Vorgang, der unmöglich für jedes Bauelement genau zu reproduzieren wäre, da man in der Lage sein müsste, die Lagerungsbedingungen, Umgebung und Temperatur, für einen langen Zeitraum vorherzusagen. Daher muss der Alterungsprozess in einen viel kürzeren Zeitraum zu komprimiert werden, so dass vorhergesagt werden kann, wie die Bauelemente altern werden, wenn sie in die Produktion kommen.

Es ist eindeutig unmöglich eine Alterungsmethode zu produzieren, die dieselben Alterungsmechanismen hat wie die natürliche Alterung. Die internationalen Lötbarkeitsbestimmungen beinhalten eine Anzahl von Methoden zur Beschleunigung des Alterungsprozesses und liefern Daten parallel zur natürlichen Alterung, obwohl der exakte Mechanismus nie derselbe sein wird.

Typische Alterungsbedingungen sind (siehe IEC 60068-2-20):

- Trockene Hitze: bei 155°C für 2, 4, 16 Stunden
- Feuchte Hitze: bei 40°C, 93 % relativer Feuchte für 4, 10 Tage
- Dampf: in Dampf für 1 Stunde, 4 Stunden

Diese Methoden beeinflussen entweder die Lotoberfläche durch Feuchtigkeit oder einer korrosiven Atmosphäre oder beschleunigen das intermetallische Wachstums durch hohe Temperaturen. Beim Einsatz

dieser Methoden muss vorsichtig vorgegangen werden, da bereits festgestellt wurde, dass unterschiedliche Verschmutzungen in der Atmosphäre verschiedene Änderungen auf der Löttoberfläche produzieren.

Das Ziel der Methode der beschleunigten Alterung ist es, ein oder zwei Jahre natürlichen Alterns auf ein paar Stunden zu reduzieren. Es hat sich gezeigt, dass dies nicht möglich ist, da der Mechanismus des Alterungsprozesses sich ändert, wenn wir die Temperatur erhöhen um die Reaktionsgeschwindigkeiten zu erhöhen. Das Simulieren der Lagerungsbedingungen ist ebenfalls sehr schwierig, insbesondere ist die Beschleunigung der Auswirkungen der atmosphärischen Verschmutzungen und die Vorhersage der Verschmutzungen, die angetroffen werden, fast unmöglich.

ANMERKUNG Um einen ähnlichen Mechanismus wie den des natürlichen Alterns zu produzieren, wäre es erforderlich, ein Verfahren mit durchschnittlichen Bedingungen, wie 40°C, 93 % relative Feuchte, zu verwenden, was sehr ähnliche Auswirkungen auf die natürliche Alterung von Zinn-Blei hat. Verschiedene Alterungsprozesse wirken auf verschiedene Metallisierungsmaterialien durch unterschiedliche Mechanismen. Trockene Hitze von 155°C zum Beispiel beschleunigt die intermetallische Wachstumsgeschwindigkeit auf einem mit Zinn und Blei beschichteten Bauelement, hat jedoch wenig Einfluss auf ein Silber-Palladium-Bauelement, das bereits während seines Herstellungsprozesses bei 800°C gebrannt wurde. Die Lötbarkeit eines mit Silber-Palladium metallisierten Bauelementes wird durch den Grad der Verschmutzungen in der Luft - insbesondere Schwefel - beeinflusst, und das Simulieren der natürlichen Alterung für ein Bauelement dieses Typs ist sehr viel schwieriger als für ein Zinn-Blei beschichtetes Bauelement.

Beschleunigte Alterungsprozesse können nur eine Orientierungshilfe dafür sein, wie sich die Lötbarkeit eines Bauelementes während der Lagerung ändert und bewirken nicht dieselben physikalischen und chemischen Bedingungen wie natürliches Altern.

5.7 Stellung der Lötprüfungen im Rahmen der Prüfung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde die genaue Bedeutung der Prüfungen untersucht, um zu zeigen, wie sie verwendet werden können um die Frage zu beantworten: „Ist das Bauelement in der Praxis durch normale Methoden lötbar?“ Unter Berücksichtigung dessen, dass die Lotbadprüfung ("eintauchen und schauen") nicht notwendigerweise ein Nachweis für die Eignung für Reflow-Lötprozesse ist.

Lötbarkeit ist jedoch nur ein Element bei der Beschreibung eines Bauelements; Leistungsfähigkeit, Robustheit, erwartete Lebensdauer etc. spielen ebenso eine Rolle.

Wenn die Reihenfolge der Prüfungen in den Lötprüfungsspezifikationen nicht speziell angegeben ist, kann das Ergebnis durch die Bedingungen, denen das Bauelement während der vorherigen Prüfungen ausgesetzt war, beeinflusst werden.

Daher ist es erforderlich, sehr vorsichtig bei der Einordnung der Lötprüfungen in die Prüfungsreihenfolge zu sein.

Die Missachtung dieser Tatsache kann zu falschen Ergebnisse für die Lötbarkeit führen und gleichermaßen die Resultate anderer Prüfungen auf Eigenschaften des Bauelements verfälschen.

BEISPIELE:

- Wenn in einer Abfolge von Prüfungen eine Langzeit-Schwitzwasser- oder Korrosionsprüfung vor einem Benetzungstest gefordert wird, könnte ein Bauelement zurückgewiesen werden sogar wenn, wie im Lieferzustand geprüft, die Benetzbarkeit vollkommen akzeptabel ist.

Sicherlich werden die elektronischen Bauelemente in der Praxis immer an Ort und Stelle in den Ausrüstungen gelötet bevor sie der Umgebung ausgesetzt werden, die durch feuchte Wärme oder Salzspray simuliert wird.

- Wenn umgekehrt die Prüfung auf Lötwärmebeständigkeit TB vor der Prüfung auf Robustheit der Anschlüsse durchgeführt wird, die richtigerweise vorgesehen ist um die Montage der Bauelemente auf der Platine zu prüfen, werden Abdichtungsfehler, die durch die letztere Prüfung verursacht werden könnten, dem Temperaturschock nicht ausgesetzt, wobei sich in der Praxis die kumulativen mechanischen und chemischen Belastungen schwerwiegend auf das Bauelement auswirken können.