

**Anforderungen an die Ausführungsqualität von
Lötbaugruppen**Teil 1: Allgemeines
(IEC 61192-1:2003) Deutsche Fassung EN 61192-1:2003**DIN****EN 61192-1**

ICS 31.190

Workmanship requirements for soldered electronic assemblies –
Part 1: General (IEC 61192-1:2003);
German version EN 61192-1:2003

Exigences relatives à la qualité d'exécution des assemblages
électroniques brasés – Partie 1: Généralités (CEI 61192-1:2003);
Version allemande EN 61192-1:2003

Die Europäische Norm EN 61192-1:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.

Beginn der Gültigkeit

Die EN 61192-1 wurde am 2003-03-01 angenommen.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 682 „Montageverfahren für elektronische Baugruppen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 91/151/CD:1999-03.

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2007 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

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

Fortsetzung Seite 2
und 72 Seiten EN

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

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.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Anforderungen an die Ausführungsqualität von Lötbaugruppen

Teil 1: Allgemeines
(IEC 61192-1:2003)

Workmanship requirements for soldered
electronic assemblies –
Part 1: General
(IEC 61192-1:2003)

Exigences relatives à la qualité d'exécution des
assemblages électroniques brasés –
Partie 1: Généralités
(CEI 61192-1:2003)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2003-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart, 35 B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 91/345/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61192-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 91 „Electronics assembly technology“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-03-01 als EN 61192-1 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-03-01

Diese Norm muss in Verbindung mit den folgenden Teilen von EN 61192 benutzt werden, unter dem allgemeinen Titel *Anforderungen an die Ausführungsqualität von Lötbaugruppen*.

- Teil 2: Baugruppen in Oberflächenmontage
- Teil 3: Baugruppen in Durchsteckmontage
- Teil 4: Baugruppen mit Lötstützpunkten

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.
Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61192-1:2003 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

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

IEC 60068-2-58	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-2-58:1999 (nicht modifiziert).
IEC 60326	ANMERKUNG	Steht in Beziehung zu EN 123600:1996, EN 123700:1996 und EN 123800:1996, ist aber nicht identisch.
IEC 61188-5-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61188-5-1:2002 (nicht modifiziert).
IEC 61189-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61189-2:1997 (nicht modifiziert).
IEC 61190-1-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61190-1-2:2002 (nicht modifiziert).
IEC 61190-1-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61190-1-3:2002 (nicht modifiziert).
ISO 9001	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 9001:2000 (nicht modifiziert).
ISO 9453	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN ISO 29453:1993 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich und Zweck.....	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe	9
4 Allgemeine Anforderungen	9
4.1 Rangfolge	9
4.2 Prozesslenkung	11
4.3 Einrichtungen	12
4.4 Prozessidentifikation.....	13
5 Dem Prozess vorausgehende Aktivitäten.....	15
5.1 Prüfungen des Entwurfs	15
5.2 Spezifikation und Beschaffung von Bauelementen	17
5.3 Spezifikation und Kauf von Leiterplatten	18
5.4 Spezifikation und Beschaffung von Prozessmaterialien.....	18
5.5 Prüfplan, Prüfeinrichtungen und Handhabung	19
5.6 Lagerung und Bereitstellung von Bauelementen, Leiterplatten und Materialien.....	20
5.7 Handhabung während Montage, Verpackung und Versand	21
5.8 Elektrische Prüfung.....	21
6 Vorbereitung der Bauelemente.....	22
6.1 Lötbarkeit von Bauelementeanschlüssen und -anschlussflächen.....	22
6.2 Verformung der Anschlüsse	23
6.3 Flachstauchen von Drahtanschlüssen.....	25
6.4 Beschneiden von Drahtanschlüssen	25
6.5 Koplanarität der Bauelementeanschlüsse	25
6.6 Thermischer Schock während der Nachverzinnung.....	25
6.7 Feuchtigkeits- und Gaseinschlüsse	26
7 Montageablauf und Vorbereitung der Leiterplatten	26
7.1 Vorbereitung der Oberfläche	26
7.2 Anforderungen an temporäre Abdeckmasken.....	26
7.3 Gold auf den Landeflächen von Leiterplatten für die Oberflächenmontage.....	26
7.4 Zustand der Leiterplatte.....	27
8 Auftragen der Lotpaste für die Oberflächenmontage	27
8.1 Prozessbeschreibung	27
8.2 Lagerung und Handhabung von Lotpaste	27
8.3 Siebdruck (mit Absprung)	28
8.4 Schablonendruck (Kontaktdruck)	29
8.5 Auftrag mit Dosiereinrichtungen (Dispensern)	30

	Seite
8.6 Transferauftrag von Lotformteilen.....	30
9 Auftragen und Aushärten nichtleitender Klebstoffe	31
9.1 Schablonendruck	31
9.2 Auftrag mit Dosiereinrichtungen.....	32
9.3 Pintransferauftrag	32
9.4 Aushärten des Klebstoffes	32
10 Bestückung mit oberflächenmontierbaren Bauelementen.....	33
10.1 Unbedrahtete Einzelbauelemente mit metallisierten Anschlussflächen	33
10.2 Unbedrahtete zylindrische Bauelemente, z. B. mit Metallelektrodenstirnflächen (MELFs).....	33
10.3 Gehäuse kleiner Einzelbauelemente mit herausgeführten Anschlüssen	33
10.4 IC-Gehäuse mit herausgeführten Anschlüssen	35
10.5 Feinraster-IC-Gehäuse mit herausgeführten Anschlüssen	36
10.6 Modifizierte Gehäuse für die Durchsteckmontage mit herausgeführten Anschlüssen	36
10.7 Anschlussbeinchenfreie Chipträgergehäuse	36
10.8 Bestückungseinrichtungen.....	36
11 Bestücken von Durchsteckmontage-Bauelementen.....	38
11.1 Allgemeines.....	38
11.2 Bauelemente mit Axialanschlüssen (zwei Anschlüsse).....	39
11.3 Bauelemente mit Radialanschlüssen (zwei Anschlüsse)	39
11.4 Bauelemente mit Radialanschlüssen (drei oder mehr Anschlüsse)	39
11.5 IC-Gehäuse mit vielen Anschlüssen.....	39
11.6 Pin-Grid-Array-Bauelemente (PGA)	40
11.7 Oberflächenmontage-Gehäuse, zum Einstecken modifiziert	41
11.8 Große Bauelemente.....	41
11.9 Bestückungsverfahren und Ausrüstung.....	41
11.10 Beschneiden und Umlegen der Anschlüsse	42
12 Einsetzen von Lötstützpunkten und Einpressstiften	42
12.1 Befestigung von Lötstützpunkten auf Leiterplatten.....	42
12.2 Anlöten von Drähten und Bauelementeanschlüssen an Lötstützpunkte	43
13 Aufschmelzlöten.....	44
13.1 Infrarot-Aufschmelzlöten bei Durchlauflinien	44
13.2 Konvektionsaufschmelzlöten im Durchlaufverfahren.....	46
13.3 Gemischtes Infrarot- und Konvektionsaufschmelzlöten im Durchlaufverfahren.....	46
13.4 Aufschmelzlöten in der Dampfphase	46
13.5 Laserlöten	47
13.6 Aufschmelzlöten mittels Thermode (Bügel- oder Stempellöten)	47
13.7 Heißgasaufschmelzlöten.....	48
13.8 Lokal fokussiertes Infrarot-Aufschmelzlöten	49
14 Badlötverfahren.....	49

	Seite
14.1 Allgemeine Anforderungen	49
14.2 Wellenlöten	51
14.3 Schleplöten	51
14.4 Tauchlöten	51
15 Einzelpunktlöten	52
15.1 Handlöten mit einem LötKolben	52
15.2 Aufschmelzlöten mit Heißgaslanze	53
16 Sauberkeit/Reinigung	55
16.1 Verwendung von 'no-clean'-Flussmitteln	55
16.2 Reinigungsmaterialien	55
16.3 Reinigungsverfahren	56
16.4 Bewertung der Sauberkeit	57
17 Elektrische Prüfung	58
17.1 In-circuit-Test	58
17.2 Funktionsprüfung	58
17.3 Prüfspitzen und Prüfpunkte	58
18 Nacharbeit und Reparatur	58
18.1 Allgemeines	58
18.2 Bauelemente ohne Kennzeichnung	59
18.3 Vorwärmen der Leiterplatten und empfindlicher Bauelemente	59
18.4 Wiederverwendung abgelöteter Bauelemente	59
18.5 Auswahl der Nacharbeitswerkzeuge und -ausrüstungen	59
18.6 Positionskorrektur oberflächenmontierter Bauelemente	62
18.7 Lotzugabe zu vorhandenen Lötverbindungen	62
18.8 Entfernen von überschüssigem Lot	62
18.9 Entfernen von Bauelementen	63
18.10 Austausch von Bauelementen	63
18.11 Reparatur von Feldrückläufer-Baugruppen	63
19 Baugruppenüberzüge einschließlich Lötstopplack	64
19.1 Allgemeines	64
19.2 Baugruppenschutzüberzüge	64
19.3 Beschichtung mit Lötstoppmasken	66
20 Verpackung und Versand	68
20.1 Materialien	68
20.2 Mechanischer Schutz	68
20.3 Kennzeichnung/Etikettierung	68
20.4 Handhabung	68
21 Schulung	68
21.1 Schulung von Konstrukteuren, Ingenieuren und von vorgesetzten Linien-Managern	68

	Seite
21.2 Schulung für Produktionslinienpersonal	68
Literaturhinweise	70
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	71
 Bild 1 – SM einseitig oberflächenmontierte Baugruppe, nur Aufschmelzlöten (Reflowlöten).....	13
Bild 2 – SM einseitige Baugruppe, nur Badlöten	14
Bild 3 – Baugruppe in Mischtechnologie, doppelseitig: Aufschmelz- und Tauchbad, Fließ- oder Wellenlöten	14
Bild 4 – Baugruppe in Mischtechnologie, doppelseitig: Aufschmelzlöten und manuelles Löten	14
Bild 5 – Baugruppe in Mischtechnologie, doppelseitig, nur Badlöten	14
Bild 6 – Typische Gehäuseformen passiver oberflächenmontierbarer Bauelemente.....	34
Bild 7 – Typische Gehäuseausführungen oberflächenmontierbarer Halbleiterbauelemente	35
Bild 8 – Typische Bauelemente mit Axialanschlüssen.....	38
Bild 9 – Typische zweipolige Bauelemente mit Radialanschlüssen	38
Bild 10 – Bauelement, hochgesetzt durch geformte Radialanschlüsse.....	38
Bild 11 – Typischer Transistor mit Radialanschlüssen und mit Abstandshalter	38
Bild 12 – Typische Ausführungen von IC-Gehäusen mit vielen Anschlüssen	40
Bild 13 – Typisches Pin-Grid-Array-Gehäuse	41
Bild 14 – Beispiele für verankerte Lötstützpunkte.....	43
Bild 15 – Arten der Drahtbefestigung	44
 Tabelle 1 – Empfohlene Nacharbeitsausrüstungen für allgemeine Bauelementetypen	60
Tabelle 2 – Fehlergrenzen für konforme Beschichtungen (Prozentualer Anteil auf einer Seite der Leiterplattenfläche)	65

Einleitung

Dieser Teil von IEC 61192 behandelt die allgemeinen Anforderungen an die Fertigungsqualität bei der Herstellung von gelöteten elektronischen Baugruppen, mit denen die in IEC 61191-1 und in den zugehörigen Fachspezifikationen angegebenen Anforderungen erfüllt werden können.

Die Anforderungen an Baugruppen für die Oberflächen- und die Durchsteckmontage sowie für Lötstützpunkte sind in IEC 61192-2, IEC 61192-3 und IEC 61192-4 angegeben, die getrennte, jedoch zugehörige Normen sind.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Teil von IEC 61192 legt die allgemeinen Anforderungen an die Fertigungsqualität gelöteter elektronischer Baugruppen auf Leiterplatten und ähnlichen Laminaten fest, die auf der (den) Oberfläche(n) organischer Träger aufgebracht sind.

Diese Norm schließt keine Hybridschaltungen ein, bei denen die Leitermetallisierung direkt auf einen keramischen Träger oder auf einen mit Keramik überzogenen Metallträger aufgebracht wird. Eingeschlossen sind Multichipmodule, die auf organischen Trägern aufgebaut sind, schließt sie jedoch aus, wenn das Substrat ein anorganischer Träger wie z. B. Keramik oder Silizium ist.

Zweck dieser Norm ist es:

- a) Anforderungen und Leitfäden für eine gute Fertigungsqualität und Praxis bei der Vorbereitung, beim Löten und Prüfen von elektronischen und elektrischen Baugruppen festzulegen;
- b) das Erreichen hoher Ausbeuten und einer hohen Produktqualität durch Prozesskontrolle in der Fertigung zu ermöglichen;
- c) Lieferanten und Anwender elektronischer Baugruppen in die Lage zu versetzen, die gute Fertigungspraxis als Teil eines Vertrages festzulegen.

2 Normative Verweisungen

Die nachfolgenden 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 61188-1-1, *Printed boards and printed board assemblies – Design and use – Part 1-1: Generic requirements – Flatness considerations for electronic assemblies*

IEC 61188-5-2, *Printed boards and printed board assemblies – Design and use – Part 5-2: Attachment (land/joint) considerations – Discrete components¹⁾*

IEC 61189-3, *Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies – Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)*

IEC 61190-1-1, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-1: Requirements for soldering fluxes for high-quality interconnections in electronics assembly*

IEC 61191-1, *Printed board assemblies – Part 1: Generic specification – Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies*

IEC 61191-2, *Printed board assemblies – Part 2: Sectional specification – Requirements for surface mount soldered assemblies*

IEC 61191-3, *Printed board assemblies – Part 3: Sectional specification – Requirements for through-hole soldered assemblies*

IEC 61191-4, *Printed board assemblies – Part 4: Sectional specification – Requirements for terminal soldered assemblies*

IEC 61192-2, *Workmanship requirements for soldered electronic assemblies – Part 2: Surface-mount assemblies*

¹⁾ In Vorbereitung.

IEC 61192-3, *Workmanship requirements for soldered electronic assemblies – Part 3: Through-hole mount assemblies*

IEC 61192-4, *Workmanship requirements for soldered electronic assemblies – Part 4: Terminal assemblies*

IEC 61249-8 (alle Teile), *Materials for interconnection structures – Part 8: Sectional specification set for non-conductive films and coatings*

IEC 61340-5-1, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

IEC 61340-5-2, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide*

IEC 61760-2, *Surface mounting technology – Part 2: Transportation and storage conditions of surface mounting devices (SMD) – Application guide*

ISO 9002, *Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 61192 gelten die in IEC 60194 angegebenen Definitionen und die folgende.

3.1

neuer Entwurf

Entwurf, der vorher noch nicht von diesem Hersteller gefertigt wurde

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Rangfolge

Sofern der Anwender die Erfüllung aller Forderungen (oder spezieller Punkte) des vorliegenden Dokumentes z. B. als Teil eines Liefervertrages nicht festlegt, können die betreffenden verbindlichen Abschnitte und Unterabschnitte dieses Dokumentes als Leitfaden interpretiert werden.

Strichzeichnungen in diesem Dokument sollen bei der Interpretation der schriftlichen Forderungen behilflich sein. Die schriftlichen Forderungen haben Vorrang.

4.1.1 Widersprüche

Wenn sich der Anwender entschließt, die Erfüllung einiger oder aller verbindlichen Anforderungen dieses Dokuments festzulegen:

- a) Im Fall eines Widerspruchs zwischen dem Text dieser Norm und den darin zitierten anwendbaren Dokumenten siehe IEC 61191-1 bezüglich der zutreffenden Rangfolgen und IEC 61191-2, IEC 61191-3 sowie IEC 61191-4 bezüglich der technischen Anforderungen. Gültige Gesetze und Vorschriften werden durch diese Norm nicht aufgehoben.
- b) Im Fall eines Widerspruchs zwischen den Anforderungen in dieser Norm und der (den) gültigen Baugruppenzeichnung(en) und Spezifikationen des Anwenders müssen letztere Vorrang haben. Wenn der Widerspruch zwischen den Anforderungen dieser Norm und einer Zeichnung (Zeichnungen) oder einer Spezifikation (Spezifikationen) besteht, die nicht vom Anwender genehmigt wurden, müssen letztere dem Anwender zur Genehmigung vorgelegt werden. Bei einer solchen Genehmigung muss die Annahme (oder die Änderungen) dokumentiert werden, z. B. durch einen offiziellen Änderungsvermerk oder Entsprechendes auf der (den) Zeichnung(en) oder Spezifikation(en), die dann Vorrang haben müssen.
- c) Wenn die Anforderungen der gültigen Anwenderdokumentation weniger streng sind als die gültigen verpflichtenden Punkte in IEC 61191-1, IEC 61191-2, IEC 61191-3, IEC 61191-4 oder in dieser Norm,

darf weder der Lieferant noch der Anwender die Übereinstimmung mit dieser oder irgendeiner der in diesem Abschnitt aufgeführten Spezifikationen für sich beanspruchen, ohne die spezifischen Abschnitte und diesbezüglichen Lockerungen der Anforderungen in jedem Einzelfall zu benennen.

4.1.2 Auslegung der Anforderungen

Wenn sich der Anwender dazu entschließt, Übereinstimmung mit den verpflichtenden Anforderungen dieses Dokuments festzulegen:

- a) Sofern vom Anwender nicht anders festgelegt, bezeichnet das Wort „muss“ eine verpflichtende Anforderung. Eine Abweichung von jeder „Muss“-Anforderung erfordert das schriftliche Einverständnis des Anwenders, z. B. bezüglich der Montagezeichnung, der Spezifikation oder der Vertragsbestimmungen.
- b) Die Wörter „sollten“ und „können“ geben Empfehlungen bzw. Richtlinien wieder und werden verwendet, wenn beabsichtigt ist, nicht verpflichtende Bestimmungen auszudrücken.

4.1.3 Einteilung

Die Einführung einer Produkteinteilung gestattet es dem Anwender, Forderungen an die Gebrauchsleistung entsprechend der gegebenen Endabnehmer-Anwendung auszuwählen.

Diese Norm berücksichtigt, dass elektronische und elektrische Baugruppen nach dem vorgesehenen Endgebrauch eingeteilt werden. IEC 61191-1, 4.3, kennzeichnet drei allgemeine Stufen für Endprodukte, die festgelegt wurden, um Unterschiede hinsichtlich der Herstellbarkeit, Komplexität, Forderungen an die Funktionsfähigkeit und Häufigkeit des Nachweises (Prüfung/Test) aufzuzeigen. Es sollte berücksichtigt werden, dass es hinsichtlich der Produkte Überschneidungen zwischen den Stufen geben kann.

Der Anwender der Baugruppen ist für die Festlegung der Stufe verantwortlich, zu der das Produkt gehört. Der Vertrag muss die erforderliche Stufe festlegen und alle Abweichungen oder zusätzlichen Forderungen an die Parameter, wenn zutreffend, aufführen. Die drei Stufen sind:

Stufe A – Elektronikprodukte für den allgemeinen Gebrauch; sie umfasst Konsumgüter, einige Computer und Computerperipheriegeräte und Hardware, die für Anwendungen geeignet sind, bei denen als Hauptforderung das Funktionieren der fertigen Baugruppe gestellt wird.

Stufe B – Elektronikprodukte für spezielle Anwendungen; sie umfasst Kommunikationseinrichtungen, anspruchsvolle Büromaschinen und Geräte, bei denen eine hohe Leistungsfähigkeit und eine ausgedehnte Lebensdauer gefordert sind, und bei denen ein ungestörter Betrieb wünschenswert, jedoch nicht verpflichtend ist (typischerweise würden die Umgebungsbedingungen keine Ausfälle verursachen).

Stufe C – Elektronikprodukte für höchste Anforderungen; sie umfasst alle Ausrüstungen, bei denen Dauerbetrieb oder Betrieb auf Anforderung verpflichtend ist (Ausfallzeiten der Ausrüstungen können nicht toleriert werden, die Umgebung der Endnutzung kann ungewöhnlich rau sein, und die Ausrüstungen müssen funktionieren, wenn gefordert, wie z. B. Lebenserhaltungssysteme und andere kritische Systeme).

Der Produktstatus für jede Stufe ist in drei Bedingungen für die Fertigungsqualität eingeteilt:

- a) **Anzustreben** – diese repräsentiert einen Standard von Technik und Fertigungsqualität, der das Ziel bei allen normalen Fertigungsverfahren sein muss (dies ist eine „Bestanden“-Kategorie);
- b) **Zulässig** – dieser Standard soll das Minimum sein, das an einen Anwender oder gegebenenfalls ohne Verbesserung oder Nacharbeit an das nächste Fertigungszentrum geliefert werden kann; wenn die Häufigkeit von Abweichungen innerhalb dieses Standards auf einen signifikanten Anteil der Produktion ansteigt (wie festgesetzt durch die vorher bestimmten Prozesskontrollgrenzen), sollte dies ein Grund sein, sich darum zu kümmern und Anlass für eine Korrekturmaßnahme geben (dies ist eine „Bestanden“-Kategorie).
- c) **Unzulässig** – dies stellt einen Vorfall dar, der Korrektur durch entsprechende Nacharbeit (oder Verschrottung) erfordert und der offiziell zu Qualitäts- und Prozesskontrollzwecken als ein Defekt gemeldet wird; es gilt als wahrscheinlich, dass der Prozess für unannehmbar oder als Folge davon das Produkt für unzuverlässig erklärt wird (dies ist eine „Nicht-Bestanden“-Kategorie).

Das erste Auftreten einer Nichtübereinstimmung bedeutet, dass alle anderen Bedingungen, die der Nichtübereinstimmung vorangehen, annehmbar sind. Wenn zum Beispiel eine Bedingung für die Nichtübereinstimmung als „10 % der Oberfläche oder mehr ist entnetzt“ angegeben ist, bedeutet dies, dass, wenn 9 % der Oberfläche entnetzt sind, dies für diesen Mangel bei der entsprechenden Stufe annehmbar ist.

Nichtübereinstimmung bei Stufe A bedeutet automatisch Nichtübereinstimmung bei Stufe B und Stufe C. Nichtübereinstimmung bei Stufe B bedeutet Nichtübereinstimmung bei Stufe C.

Der Hersteller muss das nichtübereinstimmende Produkt, basierend auf Entwurf, Service und Anwenderforderungen, beseitigen (nacharbeiten, reparieren, verwenden, wie es ist, oder verschrotten).

Aktuelle Messungen der spezifischen Materialmenge, der Anordnung von Bauelementen, der Lage der Bauelemente oder Lotkehlenmaße können für Schiedsfälle verwendet werden.

Der Prüfer sollte nicht selbst die Stufe für das zu prüfende Teil auswählen. Dem Prüfer sollte eine Dokumentation zur Verfügung gestellt werden, die die entsprechende Stufe für die Prüfung festlegt.

Entscheidungen bezüglich Annahme und/oder Rückweisung der Fertigungsqualität müssen auf gültiger Dokumentation wie dem Vertrag, der betreffenden Spezifikation oder diesbezüglicher Unterlagen basieren. In einigen Fällen können eingefügte Toleranzen verwendet werden, um das Risiko nachfolgender Prozessabweichungen oder Mängel zu minimieren.

4.2 Prozesslenkung

4.2.1 Mängel und Prozessabweichungsindikatoren (PDIs)

In IEC 61191-1, Tabelle 2, in IEC 61191-2, Tabelle 2, in IEC 61192-3, Tabelle 2, und in IEC 61192-4, Tabelle 3, sind typische Mängel aufgeführt, die unannehmbar sind und eine Behandlung erfordern, z. B. Nacharbeit oder Reparatur. Der Hersteller ist für die Identifizierung anderer Risikobereiche verantwortlich und für die Behandlung dieser zusätzlichen Belange. Derartige Positionen sollten auf der Baugruppenzeichnung dokumentiert werden. Andere als die aufgeführten unannehmbaren Mängel sowie Anomalien und Abweichungen aus dem Bereich „akzeptable“ Grenzen werden als Prozessabweichungsindikatoren angesehen und müssen, wenn ihr Auftreten beobachtet wird, überwacht werden. Eine Entscheidung über Prozessabweichungen, die von Prozessabweichungsindikatoren aufgedeckt werden, ist nicht erforderlich.

4.2.2 Prozesskontrolle und Anforderungen an die Prozessverbesserung

IEC 61191-1 fordert die Anwendung einer Prozesskontrollmethodik bei der Durchführung und Bewertung von Prozessen, die zur Herstellung von elektrischen und elektronischen Baugruppen verwendet werden. Vorbehaltlich der Zustimmung durch den Anwender kann der Hersteller/Baugruppenfertiger von der Durchführung spezieller Qualitätskonformitätsbewertungen und -prüfungen, die in diesem Dokument dargestellt sind, unter der Voraussetzung befreit werden, dass der objektive Nachweis eines umfassenden und aktuellen Prozessverbesserungsplanes vorhanden ist.

Die Maßnahmen zur Kontrolle des Entwurfs, der Materialien und der Qualität der Bauelemente und zur Kontrolle der Maschinenführung müssen dargelegt werden.

Pläne für die Prozessverbesserung erfordern nicht unbedingt statistische Prozesslenkungsverfahren, vorausgesetzt, eine alternative Weise der Datenerfassung, der Rückkopplung und der Verfahren und Methoden von Korrekturmaßnahmen ist vorhanden.

4.2.3 Weitergabe der Anforderungen

Die zutreffenden Anforderungen dieser Norm müssen von jedem Hersteller oder Zulieferer auf alle zutreffenden Unterverträge und Bestellungen angewendet werden. Der Hersteller oder Lieferant darf Unterverträgen oder Bestellungen keine Abweichungen von diesen Anforderungen auferlegen oder gestatten, außer solchen, die vom Anwender genehmigt worden sind.

Sofern nichts anderes festgelegt ist, gelten die Anforderungen dieser Norm nicht bei der Beschaffung von Lagerware (Katalogware). Der Hersteller dieser Ware kann diese jedoch befolgen, wenn das für angemessen erachtet wird.

4.2.4 Designs

4.2.4.1 Neue Designs

Siehe Abschnitt 3 und 5.1.

4.2.4.2 Vorhandene Designs

Die Anforderungen dieser Norm dürfen nicht die einzige Ursache für die Umkonstruktion eines derzeit gültigen Designs sein. Wenn den vorhandenen Designs jedoch Änderungen unterworfen werden, die einen Einfluss auf die Hardware-Konfiguration haben, müssen das Design überarbeitet und vom Anwender genehmigte Änderungen ausgeführt werden, die eine höchstmögliche praktische Übereinstimmung gestatten.

4.2.5 Fertigkeiten des Personals

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt sein:

- a) vor Aufnahme der Arbeiten müssen alle Ausbilder, Maschinenführer und das Prüfpersonal in der auszuführenden Arbeit bewandert sein;
- b) objektiver Nachweis, dass die Kenntnisse aufrechterhalten werden und überprüft werden können; das muss Nachweise der Schulung zu den betreffenden auszuführenden Arbeitsplatzfunktionen, der Prüfung der Anforderungen dieser Norm und die Ergebnisse periodischer Überprüfungen der Kenntnisse umfassen.

ANMERKUNG Bezüglich weiterer Informationen siehe ISO 9001 und ISO 9002. Einzelheiten zu entsprechenden Ausbildungskategorien werden in Abschnitt 21 aufgeführt.

4.2.6 Elektrostatische Entladung (ESD)

Das Programm zur Kontrolle der elektrostatischen Entladung muss IEC 61340-5-1 und IEC 61340-5-2 entsprechen. Die dokumentierten Verfahren, die Kontrolle der elektrostatischen Entladungen zum Schutz elektrischer und elektronischer Teile, Bauelemente, Baugruppen und Ausrüstungen, die empfindlich gegenüber elektrostatischer Entladung sind, müssen aufrechterhalten bleiben für, sind jedoch nicht beschränkt auf:

- a) Eingang und Prüfung eingehender Ware;
- b) Leiterplatten-, Bauelemente- und Teilelagerung und -bereitstellung;
- c) Fertigung und Nacharbeit;
- d) Prüfzyklen;
- e) Lagerung, Verpackung und Versand der fertigen Erzeugnisse;
- f) Transport und Installation.

Die Verfahren der ESD-Fehleranalyse müssen dokumentiert werden und zur Überprüfung zur Verfügung stehen.

4.3 Einrichtungen

4.3.1 Sauberkeit des Arbeitsplatzes

Der Arbeitsplatz muss folgende Anforderungen erfüllen:

- a) Sauberkeit und Umgebung in allen Arbeitsbereichen müssen auf einem Niveau gehalten werden, das der Verunreinigung und Brauchbarkeitsminderung des Lötwerkzeugs, Materials und der zu lötenden Oberfläche vorbeugt;

b) Essen, Trinken, Rauchen und Drogenkonsum müssen in Arbeitsbereichen verboten sein.

4.3.2 Überprüfung der Umgebung

Die Lötereinrichtung sollte geschlossen, temperatur- und feuchtigkeitsgeregelt sein und auf positivem Druck gehalten werden.

Für das Wohlbefinden des Bedieners und die Aufrechterhaltung der Lötbarkeit sollte die Temperatur zwischen 18 °C und 30 °C gehalten und eine relative Luftfeuchte von 70 % nicht überschritten werden. Für die Prozesslenkung könnte die Notwendigkeit engerer Temperatur- und Feuchtigkeitsgrenzen bestehen, z. B. für das Auftragen von Lotpaste und Klebstoff.

Wenn die relative Luftfeuchte auf 30 % oder weniger fällt, muss der Hersteller nachweisen, dass die Kontrolle der elektrostatischen Entladung entsprechend erfolgt, und dass ausreichend Feuchtigkeit für die Wirksamkeit des Flussmittels und den Lotpasteneinsatz vorhanden ist.

4.3.3 Beleuchtung

Die Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich beim Handlöten und an Prüfflächen muss mindestens 1 000 lm/m² betragen.

4.3.4 Feldbedingungen

Bei Außenarbeiten, wo die überwachten Umgebungsbedingungen, die in dieser Norm gefordert werden, effektiv nicht erreicht werden können, müssen spezielle Vorkehrungen getroffen werden, um die Qualität der Lötverbindungen zu maximieren und die Auswirkungen der unkontrollierten Umgebung auf die an der Hardware ausgeführten Arbeiten zu minimieren.

4.3.5 Reinräume

Die Fertigung von Elektronikprodukten kann Reinräume erforderlich machen, um die Einhaltung der Anforderungen dieser Norm in der Fertigung zu sichern. Wenn erforderlich, muss die Klasse des Reinraumes zwischen dem Anwender und dem Hersteller/Baugruppenfertiger vereinbart werden.

4.3.6 Wartung der Ausrüstungen

Maschinen, die zur Gesamtheit der Bestückungs-, Löt- und Prüfprozesse gehören, müssen gewartet werden, um abzusichern, dass ihre Leistungsfähigkeit und Effizienz im Einklang stehen mit den Herstellerspezifikationen. Wartungsverfahren und -zeitpläne müssen dokumentiert sein, um die Reproduzierbarkeit zu unterstützen.

4.4 Prozessidentifikation

4.4.1 Aufbauweisen und Prozessschritte

Auf den Bildern 1 bis 5 werden Beispiele von 5 grundlegenden Aufbauweisen, für die diese Spezifikation gültig ist, zusammen mit typischen zugehörigen Prozessschritten dargestellt.

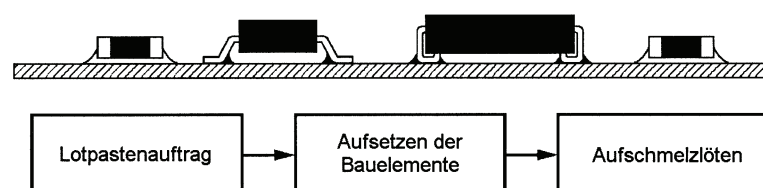


Bild 1 – SM einseitig oberflächenmontierte Baugruppe, nur Aufschmelzlöten (Reflowlöten)

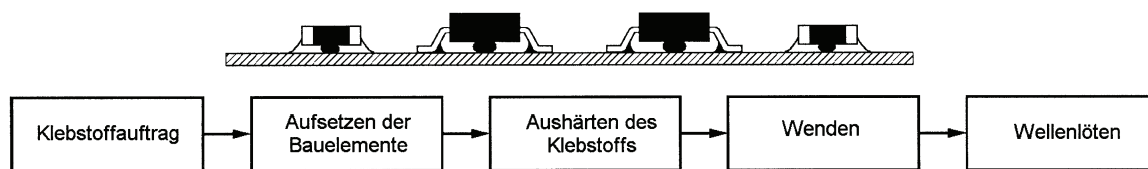


Bild 2 – SM einseitige Baugruppe, nur Badlötén

ANMERKUNG Wenn die manuelle Bestückung und Lötung von bedrahteten Bauelementen nach einem Serientauchtöten oder Wellenlötóvorgang erforderlich ist, kann es notwendig sein, die entsprechenden durchkontaktierten Bohrungen mit einer abziehbaren Lötstopmmaske abzudecken, um zu verhindern, dass diese mit Lot gefüllt werden. Siehe Abschnitt 19.

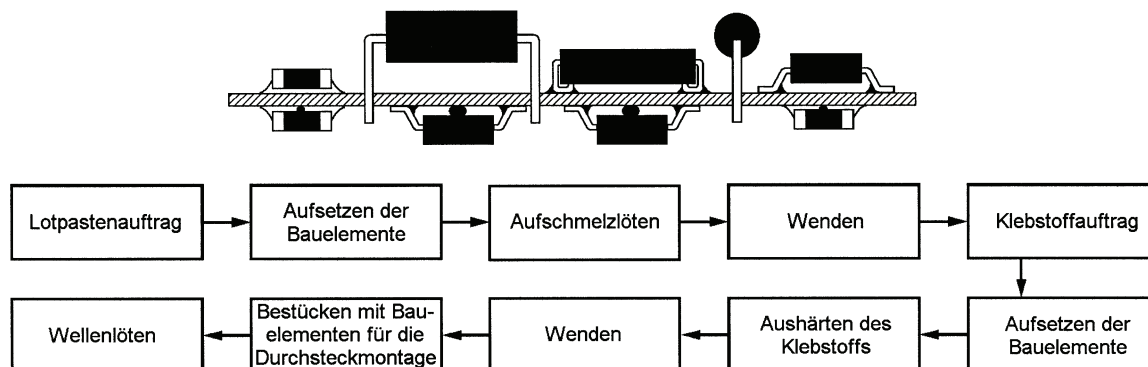


Bild 3 – Baugruppe in Mischtechnologie, doppelseitig: Aufschmelz- und Tauchbad, Fließ- oder Wellenlöten

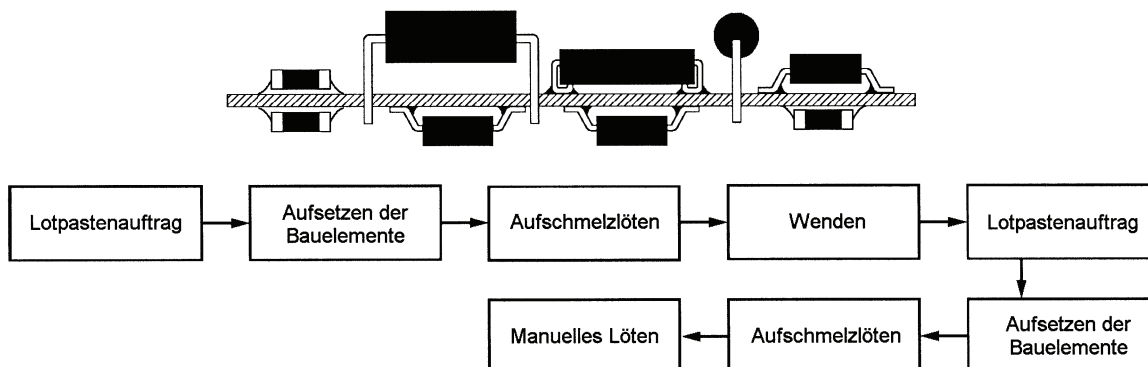


Bild 4 – Baugruppe in Mischtechnologie, doppelseitig: Aufschmelzlöten und manuelles Lötén

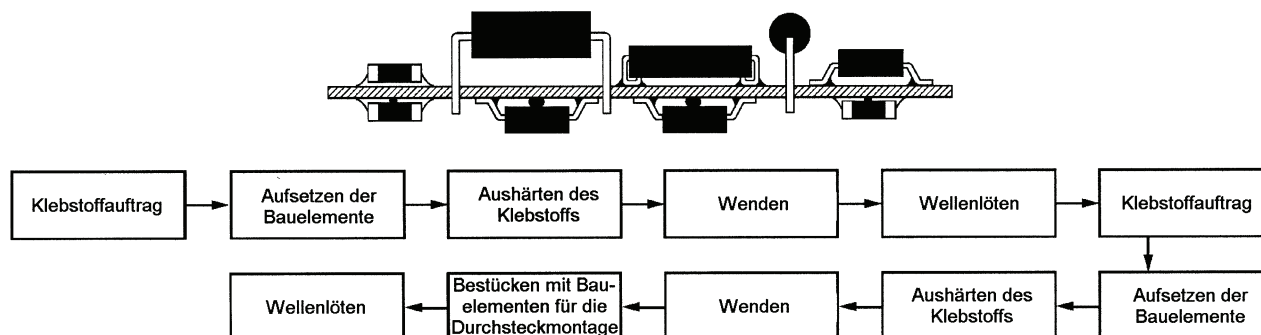


Bild 5 – Baugruppe in Mischtechnologie, doppelseitig, nur Badlötén

4.4.2 Etikettierung/Vergabe von Seriennummern

Jede einzelne Baugruppe muss mindestens in einer Weise etikettiert oder gekennzeichnet werden, die es gestattet, den festgelegten Grad der Rückverfolgbarkeit sowohl beim Hersteller als auch beim Anwender zu erreichen. Für Produkte der Stufe C müssen alle Positionen, die Teil einer Baugruppe sind, bis zu den einzelnen Waren in den Lieferaufzeichnungen zurückverfolgbar sein.

4.4.3 Konfigurationskontrolle

Um das Risiko eines Fehlers in der Fertigung zu verringern, sollten die Ausgabenummern für alle Zeichnungen und anderen Daten bezüglich der einzelnen Produkte sowie deren Modifizierungs- und Änderungsvermerke sowohl für die Produkte als auch für die zugehörige Maschinensteuerungssoftware durch eine einzige maßgebende Dienststelle im Baugruppenfertigungsbetrieb kontrolliert werden.

4.4.4 Arbeitsfortschritt

Alle Baugruppen einschließlich derartiger, die sich in einem bestimmten Herstellungsstadium befinden und solcher, die zur Überarbeitung oder vom Anwender zur Reparatur zurückgeschickt worden sind, müssen über ein Mittel zur Identifizierung ihres Status verfügen, z. B. bevorstehende Sichtprüfung, erster In-Circuit-Test nicht bestanden, bevorstehende Nacharbeit.

Für Produkte der Stufe C muss diese Identifizierung die Aufzeichnung jedes nicht erfolgreichen Bestehens von Prüfungen enthalten (sowie die Aufzeichnung der bestandenen Prüfung). Besonders die Indikatoren (z. B. farbige Lackmarkierungen entlang der Kante der Leiterplatte oder farbige Etiketten) sollten für das menschliche Auge ohne Vergrößerung leicht sichtbar sein.

4.4.5 Persönliche Sicherheit

Der Baugruppenfertigungsbetrieb muss sicherstellen, dass er vom Lieferanten alle relevanten Sicherheitsinformationen, die den Betrieb der gekauften Ausrüstungen und die Handhabung des gekauften Materials, der Bauelemente und Substrate erhält, und dass diese an diejenigen weitergeleitet werden, die sie benötigen.

5 Dem Prozess vorausgehende Aktivitäten

5.1 Prüfungen des Entwurfs

Diese Aufgabe gilt für jeden individuellen Baugruppenentwurf und umfasst die folgenden Prüfungen, die erforderlich sind, um eine zufriedenstellende Leistungsfähigkeit der mechanisierten Ausrüstungen und eine zufriedenstellende manuelle Fertigungsqualität zu sichern. Die Liste der Prüfungen soll nicht erschöpfend sein und schließt nicht alle Zuverlässigkeitsaspekte ein.

5.1.1 Überprüfungen des Entwurfs für alle Baugruppentypen

- a) Überprüfung, ob der Baugruppenentwurf die gültigen Layoutregeln für die Abstände und die Orientierung der Bauelemente für den vorgesehenen Löt- und Bestückungsprozess erfüllt und es ermöglicht, festgelegte Anforderungen der IEC 61191-Reihe bezüglich Position der Bauelemente und relevanter Lötverbindungskonturen nach dem Montageprozess zu erfüllen;
- b) Überprüfung, ob ausreichend Platz frei von Bauelementen für eine Stützvorrichtung vorgesehen wurde, um ein Durchhängen zu vermeiden, wenn die Baugruppen wellen- oder schleppgelötet werden sollen und Bauelemente tragen, die ein Vorwärmen auf 100 °C (oder weniger) unterhalb der Lötbadtemperatur benötigen (z. B. unbedrahtete Keramikvielschichtkondensatoren);
- c) Überprüfung, ob alle Landeflächendimensionierungen und die zugehörigen Leiterzüge eine thermische Trennung von verbundenen großen thermisch wirksamen Massen aufweisen, so dass manuelles Löten und Nacharbeit in einer kleinstmöglichen Zeit-Temperatur-Kombination ausgeführt werden kann;
- d) Überprüfung, ob die Leiterplatte und deren festgelegte Maße, Ebenheit, Beschichtungen und Lötstoppaufträge und die festgelegten Bauelemente zur Verwendung bei den vorgesehenen Prozessen und der

Prozessausrüstung ohne Einbußen der Zuverlässigkeit der Baugruppe geeignet sind (im Zweifelsfall ist die schriftliche Bestätigung des Lieferanten einzuholen);

- e) Überprüfung, ob die Verteilung der Kupferschichten und der Entwurf der Masseebene ausgewogen sind, um die bestmögliche Plattenebenheit nach dem Lötten zu erreichen. Wenn es durchführbar ist, sollten große Kupferflächen (z. B. Masseebenen, Stromversorgungsebenen) in eine Kreuzgitterstruktur aufgelöst werden, um Risiken der Delaminierung zu verringern;
- f) Überprüfung, ob es ausreichend freien Raum um jedes Bauelement herum gibt, um die Verwendung des geeigneten, vom Hersteller empfohlenen Werkzeugs und Verfahrens für die Nacharbeit zu ermöglichen (siehe 18.5);
- g) Überprüfung, ob alle In-circuit-Prüfnadeln und andere Prüfsonden die Baugruppe kontaktieren können, ohne eine Lötverbindung, einen Bauelementanschluss oder einen Bauelementekörper zu berühren und ob die Forderungen der zugehörigen Rahmenspezifikation erfüllt werden (siehe 17.3);
- h) Überprüfung, ob die vorhandenen In-circuit-Prüfsysteme ausreichende Prüfpunkte haben, um die Prüf-anforderungen auf der Basis der Prüfung aller geforderten Bauelemente zu ermöglichen – vorzugsweise in einem Prüfdurchlauf;
- i) Überprüfung, ob der vorgeschlagene Entwurf den Vorgaben des Standes der Technik, der rechtlichen Sicherheitsanforderungen und der zutreffenden nationalen und internationalen Sicherheitsstandards in angemessener Weise sicher sein wird, wenn die Verwendung in der Art und Weise und in der Umgebung erfolgt, für den der Entwurf vorgesehen ist.

Eine Gefahren- und Risikoanalyse ist hilfreich bei der Bewertung dieser Frage und bei einigen Anwendungen verpflichtend. Wenn erforderlich, sollten den Anwendern entsprechende Warnhinweise zur Kenntnis gegeben werden.

5.1.2 Überprüfungen des Entwurfs von Oberflächenmontage-Baugruppen

- a) Gültig sind die unter 5.1.1 aufgeführten Entwurfsüberprüfungen;
- b) Prüfen, ob es das Layout überhaupt zulässt, mit den vorgesehenen Einrichtungen Lotpaste oder Klebstoff in annehmbarer Geschwindigkeit und Qualität aufzutragen;
- c) wenn Komplettlöten durch Aufschmelzen (Reflow) vorgesehen ist: Überprüfung, dass die Landeflächen für kleine 2-, 3- und 4-polige Bauelemente ohne/mit herausgeführten Anschlüssen ausgewogene Wärmemassen- und Oberflächenspannungswirkung haben, um unerwünschte Bewegungen während des Lötens zu vermeiden;
- d) Überprüfung, ob das Layout genügend Platz vorsieht für das Absetzen der oberflächenmontierbaren Bauelemente, für die Sichtprüfung von Bauelementekörpern und Lötverbindungen vor und nach dem Lötten sowie für die Prüfung der Baugruppe mit elektrischer Kontaktierung bei der In-circuit- und/oder Funktionsprüfung;
- e) Überprüfung, ob die Lötverbindungen der oberflächenmontierten Bauelemente einen ausreichenden Abstand zu den Trennlinien beim Vereinzeln von Baugruppennutzen (Herausbrechen) haben;
- f) Überprüfung, ob die Prüfpunkte so angeordnet sind, dass robuste, zuverlässige Prüfnadeln verwendet werden können, z. B. im Abstand von nicht weniger als 2,5 mm (sicherstellen, dass die Anforderungen nach Abschnitt 17 erfüllt werden);
- g) Absichern, dass der vorgesehene Prüfadapter mit seinen Stützpunkten die Baugruppenfunktion oder -struktur nicht beeinträchtigt. Überprüfung auf zu hohe Spannungen und von den Prüfnadeln verursachte mechanische Kräfte, die die Baugruppe nicht biegen dürfen, selbst wenn die Leiterplatte verwölbt, verwunden oder gebeult ist;
- h) wo SMD-Keramikvielschichtkondensatoren verwendet werden: Überprüfung, ob ausreichende Landeflächenlängen zur Verfügung stehen, mit denen die Anforderungen nach IEC 61191-2 eingehalten werden (siehe IEC 61188-5-2);
- i) wenn eine optische Ausrichtung bei Siebdruck- oder automatischen Bestückungsmaschinen vorgesehen ist: Überprüfung, ob die auf der Leiterplatte verwendeten Passermarken hinsichtlich Größe, Form, Oberflächenausführung und Kontrast für die betreffenden Maschinen geeignet sind.

5.1.3 Überprüfungen des Entwurfs bei Baugruppen in Mischtechnologie mit automatischem Auf- und Einsetzen der Bauelemente

- a) Gültig sind die unter 5.1.1 und 5.1.2 aufgeführten Entwurfsüberprüfungen;
- b) Überprüfung, ob bei oberflächenmontierten Bauelementen ausreichender Freiraum vorhanden ist, um zu vermeiden, dass sie bei anschließenden Durchsteckmontagevorgängen und bei den Arbeitsgängen des Abschneidens und Umbiegens beschädigt werden.

5.2 Spezifikation und Beschaffung von Bauelementen

Um zu erreichen, dass die gelieferten Bauelemente für den Verwendungszweck geeignet sind und damit Nacharbeiten auf einem Minimum gehalten werden können, sollte die folgende Anforderung zur Fertigungsqualität umgesetzt werden.

5.2.1 Produktprozesse und -anwendungen

Der Einkauf sollte den Baugruppenhersteller vor Vertragsabschluss und Kauf über den Produktanwendungsbereich und über die zugehörigen Spezifikationen zur Umweltprüfung und zur mechanischen Prüfung informieren. Der Baugruppenhersteller sollte diese Informationen an seine Zulieferer weiterleiten und sie auch über den beabsichtigten Montageprozess und die betreffenden Zeit-Temperatur-Zyklen und Reinigungsverfahren, denen die Bauelemente unterzogen werden, informieren – einschließlich Nacharbeit an Lötverbindungen und über jeden anschließenden Lötvorgang, der zur Bestückung beider Oberflächen erforderlich ist.

5.2.2 Gehäusotyp der Bauelemente

Der Baugruppenhersteller sollte durch eine Spezifikation absichern, dass die Bauelemente in dem Gehäusotyp verfügbar sind, für die das Layout entworfen wurde (siehe Beispiele in Bild 6 und Bild 7), und dass sie in einer solchen Verpackungsart geliefert werden, dass die entsprechenden Fertigungseinrichtungen zum Sequenzen/Einstecken oder zum Platzieren zufrieden stellend betrieben werden können, z. B. gegurtet, auf Rollen, in Stangenmagazinen, Flachmagazinen, Schüttgutbehältern.

5.2.3 Transportverpackung der Bauelemente

Um die Aufrechterhaltung der Lötbarkeit zu optimieren, sollte die Transportverpackung von lötbaren Bauelementen so ausgeführt sein, dass sie eine relative niedrige Luftfeuchtigkeit und den Schutz vor atmosphärischer Kontamination beim Transport und irgendeiner Zwischenlagerung sicherstellt, z. B. auf dem Firmengelände eines Distributors. Der Kontakt zwischen den Materialien der Bauelemente/Landeflächen/Zuleitungsoberflächen und weichen Plastikmaterialien, wie Polyäthylen, Haftfilm und Transport oder Lagerung von Rollen, Stangen- oder anderen Magazinen, die unabgedichtet in hygroskopischem Material wie Karton verpackt sind, sollte möglichst vermieden werden.

Insbesondere sollte die Verpackung für Keramik und andere kleine Bauelemente das Aneinanderstoßen und Abreiben loser Bauelemente gegeneinander verhindern.

5.2.4 Herstellungsdatum und Stärke lötharer Überzüge

Wenn erforderlich, sollte der Anwender das Herstellungsdatum der Bauelemente und die garantierte Mindeststärke der lötharen Überzüge und die Methode des Auftragens ermitteln. Diese Information wird bei der Bestimmung ihrer Eignung für hohe Löttausbeute helfen.

Die empfohlene Mindeststärke des Lotüberzugs auf einem beliebigen Lötanschlussbeinchen beträgt 6 µm für Bauelemente, die innerhalb von 12 Monaten nach Herstellung verwendet werden, und 8 µm für einen beliebigen längeren Zeitraum. Andere Überzüge als Lotüberzüge können andere Mindeststärken erfordern.

5.3 Spezifikation und Kauf von Leiterplatten

Um zu erreichen, dass die gelieferten Substrate/Leiterplatten für den Verwendungszweck geeignet sind und die Nacharbeit auf einem Minimum gehalten werden kann, sollten die folgenden Anforderungen an die Fertigungsqualität erfüllt werden.

5.3.1 Spezifizierung von Leiterplatten

Zusätzlich zu den Maß- und Genauigkeitsangaben für Leiterplattengröße, Leiterbahnen, Landeflächen, Lötäugen und Bohrungen sollte die Spezifikation mindestens das erforderliche Grundmaterial, die Leiterstärke bei Anlieferung (insbesondere für feine Leiterbahnen), den Typ und den Stärkenbereich des Lotüberzuges sowie geeignete optische Erkennungsmarken nach Formen, Größen, Positionen und Oberflächenbehandlungen angeben; ebenso Art, Dicke und Ausrichtungsgenauigkeit der Abdeckmaske; anwendbare Schutzdeckschicht für die Oberfläche; Forderungen bezüglich der Trennhilfen für die Vereinzelung (z. B. Stegbreiten und -positionen, Kerben, Markierungslinien) und die geforderte Ebenheit der unbestückten Leiterplatte. Siehe IEC 61188-1-1.

5.3.2 Information für den Baugruppenhersteller und seine Lieferanten

Vor dem Einkauf sollte der Endnutzer den Hersteller über den Anwendungsbereich des Produktes und seine zugehörigen Umwelt- und mechanischen Prüfspezifikationen informieren. Der Hersteller sollte diese Informationen an seine Lieferanten weiterleiten und diese auch über den beabsichtigten Bestückungsprozess und die betreffenden Zeit-Temperatur-Zyklen und die Reinigungsverfahren informieren, denen das Substrat oder die Platte unterliegt, einschließlich der Nacharbeit an den Lötverbindungen und den etwaigen nachfolgenden Lötprozess, der für die Bestückung beider Seiten erforderlich ist.

5.3.3 Eignung für eine hohe Ausbeute des Baugruppenprozesses

Um zu erreichen, dass die Substrate/Leiterplatten in einem Zustand eintreffen, der geeignet ist, eine hohe Ausbeute bei den Bestückungs- und Lötvorgängen zu erzielen:

- a) sollte der Hersteller sicherstellen, dass die Spezifikationen für die Leiterplattenoberfläche und für die Lötbarkeit, die von den Lieferanten für ihre Produkte verwendet werden, für die von ihm angewendeten Bestückungs- und Lötverfahren geeignet sind;
- b) sind das Verfahren zur Herstellung des lötbaren Überzuges, der Bereich der Ebenheit und der Stärke des Lotüberzuges (wenn die Endmetallisierung Lot ist) und für das optische Abtasten die optischen Charakteristika der Oberfläche entscheidende Parameter;
- c) sollte die nutzbare Lagerzeitspanne von Oxidationsinhibitor- und Prefluxbeschichtungen nicht überschritten werden (siehe 7.4 d));
- d) sollten das Transportverpackungsmaterial und die maximale Stapelmenge mit dem Lieferanten abgestimmt und als Teil der Verträge festgelegt werden (es sollte verhindert werden, dass hygroskopische Materialien oder solche, die einen bedeutenden Anteil an freien Natrium-, Chlor- oder Schwefelionen haben, z. B. Schrumpffilm, Haftfilm, in Kontakt mit lötbaren Oberflächen gelangen).

5.4 Spezifikation und Beschaffung von Prozessmaterialien

5.4.1 Lotpasten und Kleber

Um zu erreichen, dass diese Materialien in einem Zustand eintreffen, der geeignet ist, eine hohe Ausbeute beim Aufschmelzprozess zu erreichen, sollte die Spezifikation vom Lieferer für jedes einzelne Gebinde fordern, das Herstellungsdatum der Paste oder des Klebstoffs und das Herstellungsland anzugeben. Es sollte vom Lieferer gefordert werden, dass er den Schlüssel zur Interpretation dieser Daten zur Verfügung stellt.

Um zu verhindern, dass die für das Drucken vorgesehene Lotpaste der Luft ausgesetzt wird, und somit das Risiko der Lotkugelbildung zu mindern, sollte der Einkauf vorzugsweise auf einer Pastengebindegröße basieren, die innerhalb von 36 Stunden nach dem Öffnen verbraucht wird und einen dicht wieder-verschließbaren Deckel hat.

Kartuschen sollten, obwohl sie für Transport und Lagerung in lichtundurchlässigem Material eingeschweißt werden, vorzugsweise durchsichtig sein, so dass jegliche Anzeichen einer Trennung zwischen der organischen Matrix und den Lotpartikeln gesehen werden können.

5.4.2 Lotbarren für das Badlöten

Siehe ISO 9453.

5.4.3 Reinigungsmaterialien

Normalerweise werden Reinigungsmaterialien durch die Kenndaten ihrer Hersteller spezifiziert. Die Gebinde sollten in Größen festgelegt sein, die von dem zur Verfügung stehenden Personal oder mit örtlichen Hebe- und Transporteinrichtungen (z. B. Transportkarren) sicher gehandhabt werden können. Gebinde, die brennbare, toxische oder anderweitig schädliche Materialien enthalten, müssen mit den entsprechenden genormten Gefahrenkennzeichen gekennzeichnet sein.

Ausrangierte (gebrauchte) Reinigungsmaterialien müssen in sicheren Behältern untergebracht werden, die leicht von denen unterschieden werden können, die ungebrauchte Materialien enthalten und wie oben beschriftet sind. Ihre Entsorgung sollte gleichzeitig mit dem Kauf organisiert werden.

Örtliche gesetzliche Umwelt- und Sicherheitsforderungen für den Umgang mit brennbaren, toxischen oder umweltgefährdenden Stoffen müssen eingehalten werden.

5.4.4 Schablonen und Siebe

Diese sind sehr empfindlich gegenüber mechanischer Einwirkung, und die Beschaffungsspezifikation sollte das Verpackungsverfahren und die für diesen Zweck verwendeten Materialien genau angeben. Verpackungsmaterial, das sich mit der Schablone oder dem Sieb in Kontakt befindet, sollte keine Partikel abgeben, die kleine Öffnungen verstopfen können. Die bei Wareneingangsprüfungen gemessenen Parameter und angewendeten Prüfverfahren sollten ebenfalls festgelegt werden.

5.4.5 Flussmittel

Die Flussmittel sollten so festgelegt werden, dass sie die entsprechenden Anforderungen erfüllen, die z. B. in IEC 61190-1-1 oder in der Anwenderspezifikation angegeben sind.

5.4.6 Temporäre Lötstoppmasken

Temporäre Lötstoppmasken müssen bezüglich ihrer Eignung, an dem Leiterplattenmaterial zu haften, sowie für das Bewahren ihrer Unversehrtheit, Haftfähigkeit und Flexibilität unter dem für den Lötprozess vorgesehenen Zeit-Temperatur-Profil festgelegt werden. Jede Verunreinigung, die nach ihrem Entfernen verbleibt, muss als ungefährlich bestimmt sein und darf nicht die Lötbarkeit der Oberflächen, die für ein nachfolgendes Löten vorgesehen sind, oder Reinigungsprozesse (wenn angewandt) beeinträchtigen. Siehe 19.3.

5.5 Prüfplan, Prüfeinrichtungen und Handhabung

5.5.1 Prüfplan

Probenahme und Vertrauensbereiche müssen der Qualitätsentwicklung des Lieferanten, den Anforderungen des Bestückungsprozesses und der Produktklasse angepasst sein. Ein dokumentierter Prüfplan nach ISO 9002 muss für ein Review zur Verfügung stehen.

5.5.2 Einrichtungen für die Wareneingangsprüfung

Der Anwender muss eine geeignete Handhabungsfähigkeit in der Wareneingangsprüfung vorsehen, die das Risiko mechanischer Beschädigung, chemischer oder anderer Verschmutzung und elektrostatischen

Schadens an den zu prüfenden Objekten minimiert, die zur Verwendung bei nachfolgender Fertigung erforderlich sind.

Prüfeinrichtungen für eingehende Waren müssen ebenfalls umfassen:

- a) ausreichende Beleuchtung für Sichtprüfungen, d. h. $> 1\,000\text{ lm/m}^2$ im Bereich der Tischoberseite;
- b) angemessene optische Vergrößerungen;
- c) elektrische Prüfausrüstungen für Leiterplatten und Bauelemente, die die festgelegten Anforderungen innerhalb der Prüfstrategie für die Wareneingangsprüfung erfüllen;
 - mechanische Messausrüstungen und Vorrichtungen von ausreichender Genauigkeit, um zu sichern, dass die Maße und die Form der eingehenden Teile den festgelegten Anforderungen entsprechen;
 - Zugang zu Prüfeinrichtungen für die Lötbarkeit von Leiterplatten und Bauelementen, mit denen beurteilt werden kann, ob die Produkte für das Erreichen einer hohen Ausbeute beim Löten und einer minimalen Nacharbeit in der Produktion geeignet sind.

5.6 Lagerung und Bereitstellung von Bauelementen, Leiterplatten und Materialien

5.6.1 Lagerung

- a) Alle Bauelemente, Leiterplatten und Prozessmaterialien dürfen nur unter den vom Hersteller empfohlenen Lagerbedingungen und nicht länger als für die empfohlene Lagerdauer gelagert werden (IEC 61760-2). Wenn diese Angaben nicht vorhanden sind, sollte der Baugruppenhersteller davon ausgehen, dass die Leiterplatten und Bauelemente eine konstant niedrige Luftfeuchtigkeit ($< 50\%$ relative Luftfeuchte), stabile Temperaturen (z. B. bei $+15\text{ °C}$ bis $+20\text{ °C}$) erfordern und nicht in der Nähe verunreinigender Atmosphären gelagert werden. Leiterplatten sollten flach liegend gelagert werden.
- b) Um die Koplanarität und Lötbarkeit der Anschlussdrähte zu erhalten, sollten die Bauelemente möglichst bis zu ihrer Verwendung in Gurten auf Spulen, in Stangen, Flach- oder anderen Magazinen gelagert werden, die Bauelemente sollten in ihrer versiegelten Transportverpackung verbleiben und in nicht hygroskopischen Behältern untergebracht werden. Wenn es unvermeidbar ist, die Verpackung zu öffnen, sollten die Bauelemente vorzugsweise entweder unter konstanten trockenen Bedingungen gelagert werden, z. B. bei $< 40\%$ relativer Luftfeuchte bei Raumtemperatur für kunststoffgekapselte integrierte Schaltkreise oder sie sollten erneut in dicke, wieder versiegelbare Polypropylenbeutel mit einem Trockenmittel verpackt werden.
- c) Von Gurten auf Spulen, Stangen, Flach- und anderen Magazinen sollte nicht angenommen werden, dass sie eine zur Bauelementelagerung ausreichende Atmosphäre bieten, wenn sie Feuchtigkeits- oder Temperaturniveaus außerhalb der vom Hersteller empfohlenen Lagerbedingungen ausgesetzt werden. Kleine Bauelemente in hygroskopischen, auf Papier basierenden Gurten sollten nicht über lange Zeiträume gelagert werden.
- d) Pappkartons sind hygroskopisch und werden deshalb nicht zur Verwendung für die Lagerung lötlbarer Teile empfohlen, wenn sie nicht in einer temperatur- und feuchtigkeitskontrollierten Umgebung aufbewahrt werden.
- e) In vielen Fällen können Lotpasten und/oder Klebstoffe im Kühlschrank gelagert werden, was vorteilhaft für die zulässige Lagerzeitspanne sein kann, der Hersteller sollte jedoch vorher konsultiert werden.
- f) Drucksiebe und -schablonen sollten peinlich sauber gehalten und, um das Risiko von Beschädigung zu minimieren, senkrecht (hochkant) in Schränken gelagert werden. Das Risiko mechanischer Beschädigung wird eher gemindert, wenn sie in der Nähe der Ausrüstungen gelagert werden, die verwendet werden, um diese zu reinigen, als in einem Lagerraum, der von der Produktionslinie entfernt ist.
- g) Reinigungsmaterialien sollten gemäß den Empfehlungen ihrer Hersteller gelagert und gültige Gesundheits- und Sicherheitsgesetze müssen eingehalten werden. Großmengenlagerung in einem separaten, speziell konstruierten Gebäude, das abseits vom Produktionsbereich liegt, ist die übliche Praxis. Brennbare oder toxische Materialien, die für die sofortige Verwendung in der Produktion erforderlich sind, müssen sich in entsprechend beschrifteten Behältern befinden, die eine sinnvolle Mindestgröße haben. Feuerlöscher des richtigen Typs sollten den Behältern mit brennbarer Flüssigkeit beigelegt sein, wenn diese sich auf dem Transport zum und vom Lager befinden, sowie an der Verwendungsstelle in der Fertigung vorhanden sein.

5.6.2 Bereitstellung

- a) Lagerbestände von Bauelementen, Leiterplatten, Lotpasten und Klebstoffen sollten der Reihe nach ausgegeben und auf Basis ‚Herstelldatum‘ frühester Datumscode herein/frühester Datumscode heraus (EDI/EDO) statt auf der Basis ‚Eingangsdatum‘ zuerst herein, zuerst heraus (FIFO) aus den Lagern herausgegeben werden.
- b) Wenn Bauelemente und Leiterplatten für Produktionschargen zusammengestellt werden, muss der Baugruppenhersteller die entsprechenden Schritte unternehmen, um die Sauberkeit aller lötbaren Oberflächen aufrechtzuerhalten, und Vorbeugungsmaßnahmen gegen Schäden durch elektrostatische Entladungen ergreifen.
- c) Für die Herstellung von Produkten der Stufe C sollten teilweise verbrauchte Gurte, Spulen, Stangen, Flach- oder andere Magazine am Ende eines Produktions- oder Schichtdurchlaufes in die Läger und unter die Lagerbedingungen, die für die gleichen eingehenden Waren gültig sind, zurückgebracht werden.

5.7 Handhabung während Montage, Verpackung und Versand

Der Anwender muss in allen Phasen eine geeignete Handhabungspraxis sicherstellen, die das Risiko mechanischer Beschädigung, chemischer oder anderer Verunreinigung und elektrostatischen Schadens an allen empfindlichen Teilen minimiert.

- a) Lötbar Oberflächen sollten nicht mit bloßen Händen oder Fingern gehandhabt werden.
- b) Wenn vom Personal, das mit den Baugruppen umgeht, Handcremes oder -lotions verwendet werden, müssen diese von einer Art sein, die speziell zur Verwendung in Baugruppenmontagebereichen hergestellt sind; solche, die Silikone enthalten, sollten vermieden werden.
- c) Baugruppen, die auf die nächste Bearbeitungsstufe innerhalb des Prozesses oder auf die Transportverpackung warten, sollten in Gestellen aus leitfähigem Material aufgereiht werden, die sie sicher getrennt halten, um Kontakt der Baugruppen untereinander und das Risiko der Beschädigung zu vermeiden.
- d) Geräte, Materialien und Techniken, die verwendet werden, um Teile und Bauelemente durch die Phasen des Vorheizens, der Behandlung mit Flussmittel, Löten und Abkühlen hindurch auf der Leiterplatte zu halten, müssen geeignet sein, die Positionierung der Bauelemente aufrechtzuerhalten und es ermöglichen, dass das Lot durch die durchkontaktierten Bohrungen und/oder auf die Anschlussflächen fließt. Sie dürfen keine Teile verunreinigen, beschädigen oder beeinträchtigen.
- e) Das gesamte Personal, das bei Produktion, Verpackung und Versand mit den Baugruppen umgeht, muss ausreichend geschult sein, damit es die Anforderungen der betreffenden Spezifikation erfüllt. Die ESD-Vorsichtsmaßnahmen müssen jederzeit eingehalten werden.

5.8 Elektrische Prüfung

5.8.1 Eingehende Positionen

- a) Sofern zwischen Lieferant und Anwender nicht anders schriftlich vereinbart, sollte der Anwender elektrische Prüfungen an den eingehenden Baugruppen und Bauelementen durchführen, wenn der Lieferant die erforderlichen Prüfungen nicht durchführen kann und wenn deren Durchführung kritisch durch das ordnungsgemäße Funktionieren der Prüfausrüstung beeinflusst wird.
- b) Für durchsteck- und oberflächenmontierbare vielpolige integrierte Schaltkreise ist während der Prüfung besondere Sorgfalt erforderlich, um zu verhindern, dass die Anschlüsse so verformt werden, dass ihre Ausrichtung auf die Bohrungen oder die Landeflächen auf der Leiterplatte beeinträchtigt wird. Für die Oberflächenmontage ist die Bewahrung der Koplanarität und Lötbarkeit unabdinglich.

5.8.2 In-circuit-Prüfung

Es ist das Ziel einer Produktion, eine Löttauseite zu erreichen, die hoch genug ist, um die Notwendigkeit der Nacharbeit vor der In-circuit-Prüfung zu vermeiden.

Auf die oberflächenmontierten und in Mischtechnologie hergestellten Baugruppen angewendet, ist die in der Praxis durch In-circuit-Prüfmittel ermöglichte Sofortdiagnose-Fähigkeit eher ein Mittel zum Feststellen von