

DIN EN 61191-1

ICS 31.180

Einsprüche bis 2013-06-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61191-1:1999-06

Entwurf

**Elektronikaufbauten auf Leiterplatten –
Teil 1: Fachgrundspezifikation –
Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen
unter Verwendung der Oberflächenmontage und verwandter
Montagetechniken
(IEC 91/1089/FDIS:2013);
Deutsche Fassung FprEN 61191-1:2013**

Printed board assemblies –

Part 1: Generic specification –

Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies

(IEC 91/1089/FDIS:2013);

German version FprEN 61191-1:2013

Ensembles de cartes imprimées –

Partie 1: Spécification générique –

Exigences relatives aux ensembles électriques et électroniques brasés utilisant les techniques de montage en surface et associées

(CEI 91/1089/FDIS:2013);

Version allemande FprEN 61191-1:2013

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-04-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik 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 93 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 61191-1:2013 „Elektronikaufbauten auf Leiterplatten – Teil 1: Fachgrundspezifikation – Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen unter Verwendung der Oberflächenmontage und verwandter Montagetechniken“, (Schluss-Entwurf) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein bei IEC erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 91/1089/FDIS:2013 „Printed board assemblies – Part 1: Generic specification – Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies“ unverändert in den Schluss-Entwurf FprEN 61191-1:2013 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC/FDIS entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. 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.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61191-1:1999-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Alle Abschnitte wurden unter Berücksichtigung des gesamten Inhalts der vorherigen Ausgabe entsprechend den aktuellen Anforderungen an Form und Gestaltung überarbeitet.
- Die Begriffe und Definitionen in Abschnitt 3 wurden überarbeitet, der Begriff Prozessabweichungsmerkmal (PDI) entfällt; der Begriff Prozessindikator wurde neu eingeführt.
- Der informative Anhang D wurde durch den Abschnitt Literaturhinweise ersetzt; diese wurden überarbeitet und aktualisiert.

**Elektronikaufbauten auf Leiterplatten –
Teil 1: Fachgrundspezifikation –
Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen unter
Verwendung der Oberflächenmontage und verwandter Montagetechniken**

	Inhalt	Seite
1	Anwendungsbereich	4
2	Normative Verweisungen	4
3	Begriffe	5
4	Allgemeine Anforderungen	6
4.1	Reihenfolge	6
4.2	Auslegung der Anforderungen	6
4.3	Einteilung	6
4.4	Fehler und Verfahrensindikatoren	7
4.5	Anforderungen an die Prozesssteuerung	7
4.6	Weitergabe der Anforderungen	7
4.7	Konstruktionen	8
4.8	Visuelle Hilfsmittel	8
4.9	Fertigkeit des Personals	8
4.10	Elektrostatische Entladung (ESD)	8
4.11	Einrichtungen	9
4.12	Montagewerkzeuge und Ausrüstungen	10
5	Anforderungen an die Werkstoffe	10
5.1	Überblick	10
5.2	Lot	10
5.3	Flussmittel	10
5.4	Lotpaste	11
5.5	Lotformteile	11
5.6	Klebstoffe	11
5.7	Reinigungsmittel	11
5.8	Polymerbeschichtungen	11
5.9	Chemische Abisoliermittel	12
5.10	Aufschumpfbare Lötmittel	12
6	Anforderungen an Bauelemente und Leiterplatten	12
6.1	Allgemeines	12
6.1	Lötbarkeit	13
6.3	Erhaltung der Lötbarkeit	13
6.4	Erhaltung der Lotreinheit	14
6.5	Vorbereitung der Anschlussdrähte	15
7	Anforderungen an Montageverfahren	16

	Seite
7.1 Überblick.....	16
7.2 Reinheit.....	16
7.3 Kennzeichnungen und Bezugsbezeichnungen von Bauteilen	16
7.4 Konturen der Lötverbindungen	16
7.5 Kondensationspunkte	16
7.6 Wärmeabfuhr	17
8 Anforderungen an das Lötverfahren.....	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Allgemeines	17
8.3 Aufschmelzlöten	18
8.4 Maschinelles (Tauch-)Löten (nicht Aufschmelzen, non-reflow)	19
8.5 Manuelles Löten/Handlöten	21
9 Anforderungen an die Reinheit.....	22
9.1 Allgemeines	22
9.2 Verträglichkeit der Werkstoffe und Ausrüstungen.....	22
9.3 Reinigen vor dem Löten	22
9.4 Reinigen nach dem Löten	23
9.5 Nachweis der Reinheit.....	23
9.6 Reinheitskriterien.....	24
10 Anforderungen an Baugruppen	26
10.1 Allgemeines	26
10.2 Annahmeanforderungen.....	26
10.3 Allgemeine Anforderungen an Baugruppen	27
11 Beschichtung und Umhüllung.....	29
11.1 Einzelanforderungen	29
11.2 Beschichtung	30
11.3 Umhüllung	32
12 Nacharbeit und Reparatur	33
12.1 Allgemeines	33
12.3 Reparatur	34
12.4 Reinigung nach der Nacharbeit/Reparatur.....	34
13 Qualitätssicherung der Produkte	35
13.1 Systemanforderungen	35
13.2 Kontrollmethodik.....	35
13.3 Prozesssteuerung.....	36
14 Sonstige Anforderungen.....	37
14.1 Gesundheit und Sicherheit	37
14.2 Sonderanforderungen an die Fertigung	37

	Seite
14.3 Leitfaden für die Weitergabe der Anforderungen.....	38
15 Bestellangaben.....	38
Anhang A (normativ).....	39
Anhang B (normativ).....	41
Anhang C (normativ)	42
Literaturhinweise	44
Bild 1 – Lotkontaktwinkel.....	28
Bild 2 – Lotbenetzung bei durchmetallisierten Bohrungen ohne Anschlussdrähte	29
Bild 3 – Beschichtungsbedingungen	31
Tabelle 1 – Grenzwerte für die Lotverunreinigung; Höchste Grenzwerte für Verunreinigungen (in Gewichtsprozenten)	15
Tabelle 2 – Fehler von elektrischen und elektronischen Baugruppen	33
Tabelle 3 – Anforderungen an Vergrößerungen.....	35

1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil der IEC 61191 beschreibt Anforderungen an Werkstoffe, Verfahren und Nachweiskriterien für die Herstellung gelöteter Verbindungen und Baugruppen hoher Qualität mittels Oberflächenmontage- und verwandter Montagetechniken. Dieser Teil der IEC 61191 beinhaltet ebenfalls Empfehlungen für gute Herstellungsverfahren.

2 Normative Verweisungen

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

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

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

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

IEC 61189-1, *Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies – Part 1: General test methods and methodology*

IEC 61189-3, *Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies – Part 3: Test methods and 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 61190-1-2, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-2: Requirements for soldering pastes for high-quality interconnections in electronics assembly*

IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solders for electronic soldering applications*

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

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

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

IEC 61249-8-8, *Materials for interconnection structures – Part 8: Sectional specification set for non-conductive films and coatings – Section 8: Temporary polymer coatings*

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

IEC/TR 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*

IPC-A-610E:2010, *Acceptability of Electronic Assemblies*

3 Begriffe

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

3.1

Verwölbung

Abweichung der Ebenheit einer Platte, charakterisiert durch eine annähernd zylindrische oder sphärische Krümmung, so dass, falls das Produkt rechteckig ist, seine vier Ecken in der gleichen Ebene liegen

3.2

Hersteller

Baugruppenhersteller

Personen oder Unternehmen, die für die Beschaffung von Werkstoffen und Bauelementen, Montageverfahren und Nachweisvorgänge verantwortlich sind und sicherstellen, dass die Baugruppen diese Norm vollständig erfüllen.

3.3

Objektiver Nachweis

Die zwischen Anwender und Hersteller vereinbarte Dokumentation .

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dokumentation kann in Schriftform, in Form von Computerdaten, Computeralgorithmen, Videobändern oder anderen Datenträgern sein.

3.4

Prozessindikator

Feststellbare Anomalie, mit Ausnahme von Fehlern, die eine Änderung bei Material, Ausrüstungen, Personal, Verfahren und/oder Arbeitsausführung widerspiegelt.

3.5

Fertigkeit

Fähigkeit, Aufgaben entsprechend den in dieser Norm im einzelnen beschriebenen Anforderungen und Nachweisverfahren auszuführen.

3.6

Schattenbildung

Phenomän, bei dem Bauteile einen Schatten von Anschlüssen, Anschlussflächen oder anderen Bauteilen verursachen, was die Erwärmung beim Aufschmelzlöten oder die Lotausbreitung beim Schwalllöten verhindert

3.7

Lieferant

Personen oder Unternehmen, die gegenüber dem Baugruppenhersteller dafür verantwortlich sind, dass die Bauelemente und Ausgangsstoffe die Anforderungen und Nachweisverfahren dieser Norm vollständig erfüllen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauelement beinhalten elektronische, elektromechanische, mechanische Bauelemente, Leiterplatten usw.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ausgangsstoffe beinhalten Lot, Flussmittel, Reinigungsmittel usw.

3.8

Verdrehung

Verdrehung ist die Definition einer rechteckigen Tafel, eines Zuschnitts oder einer Leiterplatte, bei der parallel zu einer Diagonalen der Oberfläche der Effekt auftritt, dass eine der Ecken nicht in der gleichen Ebene liegt, in der die anderen drei Ecken liegen.

3.9

Anwender Besteller

Die Person, das Unternehmen oder die Agentur, die für die Beschaffung von elektrischen/elektronischen Ausrüstungen verantwortlich ist und berechtigt ist, die Ausrüstungsklassifikation sowie alle Abweichungen oder Einschränkungen der Anforderungen dieser Norm zu bestimmen

BEISPIEL Der Urheber/Verwalter des Vertrages, der diese Anforderungen im Einzelnen festlegt.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Reihenfolge

4.1.1 Allgemeine Bemerkung

Im Falle eines Widerspruchs zwischen dem Text dieser Norm und der in diesem Dokument zitierten anwendbaren Norm hat der Text dieser Norm Vorrang. Nichts in dieser Norm ersetzt jedoch gültige Gesetze und Vorschriften.

4.1.2 Widerspruch

Im Falle eines Widerspruchs zwischen den Anforderungen dieser Norm und der zutreffenden Montagezeichnung (den zutreffenden Montagezeichnungen) muss die vom Anwender genehmigte zutreffende Montagezeichnung (müssen die vom Anwender genehmigten zutreffenden Montagezeichnungen) Vorrang haben. Im Falle eines Widerspruchs zwischen den Anforderungen dieser Norm und einer nicht genehmigten Montagezeichnung (nicht genehmigten Montagezeichnungen) müssen die Abweichungen in den Unterlagen des vorgesehenen Anwenders für die Anerkennung angegeben werden. Nach einer solchen Anerkennung müssen die Festlegungen (durch einen amtlichen Überarbeitungsvermerk oder ähnliches) auf den Montagezeichnungen dokumentiert werden, die dann den Vorrang haben.

4.1.3 Dokumentation der Konformität

Falls diese Norm schriftliche Beweise zur Unterstützung der Konformitätsansprüche benötigt, muss jede Aufzeichnung für mindestens zwei Jahre ab dem Datum der Aufzeichnung für Kontrollzwecke aufbewahrt werden und verfügbar sein (siehe ISO 9001).

4.2 Auslegung der Anforderungen

Die Einführung der Produkteinteilung nach den Stufen und der Endanwendung (siehe 4.3) gestattet eine Differenzierung der Anforderungen durch den Anwender. Falls der Anwender die Übereinstimmung mit den verpflichtenden Anforderungen dieser Norm gewählt hat, gelten folgende Bedingungen:

- Wenn vom Anwender nicht anders festgelegt, bezeichnet das Wort „muss“ eine verpflichtende Anforderung.
- Abweichung von jeder „muss“-Anforderung erfordert das schriftliche Einverständnis des Anwenders, z. B. über Montagezeichnungen, Spezifikations- oder Vertragsergänzungen. Das Wort „sollte“ wird verwendet, um eine Empfehlung oder einen Leitsatz auszudrücken. Das Wort „kann“ verdeutlicht eine wahlfreie Situation. Beide Wörter, „sollte“ und „kann“, drücken nicht-verpflichtende Situationen aus. „Wollen“ drückt eine Absichtserklärung aus.

4.3 Einteilung

Diese Norm berücksichtigt, dass die elektrischen und elektronischen Baugruppen nach dem vorgesehenen Endgebrauch eingeteilt werden. Es sind drei allgemeine Endproduktstufen festgelegt worden, um Unterschiede der Produzierbarkeit, Funktionsanforderung und der Nachweis-(Kontroll/Prüfungs-)Häufigkeit wiederzugeben.

Es sollte beachtet werden, dass Überlappungen der Ausrüstungen zwischen den Stufen auftreten können. Der Anwender (siehe 3.5) der Baugruppen ist für die Festlegung der Stufe verantwortlich, in die das Produkt eingeordnet wird. Die erforderliche Stufe muss im Vertrag festgelegt werden, und es müssen alle Ausnahmen oder zusätzlichen Anforderungen für die Kenngrößen, wo zutreffend, angegeben werden.

Stufe A: Elektronische Produkte für den allgemeinen Gebrauch

Dazu gehören Konsumgüter, einige Computer und Computer-Peripheriegeräte sowie Baugruppen für Anwendungen, bei denen die Funktion des Gesamtgeräts vorrangig ist.

Stufe B: Elektronische Produkte für spezielle Anwendungen

Dazu gehören Kommunikationseinrichtungen, hochwertige Industrieelektronik, für die hohe Anforderungen und lange Lebensdauer gefordert werden und ununterbrochener Betrieb wünschenswert, aber nicht zwingende erforderlich ist. Üblich für sie ist, dass die Einsatzumgebung keine Ausfälle verursachen würde.

Stufe C: Elektronische Produkte für höchste Anforderungen

Dazu gehören alle Geräte, für die Dauerbetrieb oder Funktion im Bedarfsfall zwingend erforderlich ist. Geräteausfälle können nicht zugelassen werden. Die Einsatzumgebung kann ungewöhnlich rauh sein. Die Geräte müssen dauerhaft funktionsfähig sein, wie Lebenserhaltungssysteme und andere kritische Systeme.

4.4 Fehler und Verfahrensindikatoren

In Tabelle 2 sind die Fehler zusammengestellt, die nicht annehmbar sind und eine Beseitigung erfordern (zum Beispiel durch Nacharbeit, Reparatur usw.). Der Hersteller ist für die Kennzeichnung anderer Risikobereiche und die Behandlung solcher zusätzlicher Belange als Zusätze zu Tabelle 2 verantwortlich. Solche Angaben sollten in der Montagezeichnung dokumentiert werden. Andere als die nicht annehmbaren Fehler nach Tabelle 2, Unregelmäßigkeiten und Abweichungen von verbindlichen Anforderungen werden als Verfahrensabweichungen angesehen und müssen überwacht werden, wenn ihr Auftreten beobachtet wird. Eine Beseitigung der Verfahrensabweichungen ist nicht erforderlich.

Die Anforderungen an die Arbeitsausführung müssen mit IPC-A-610E übereinstimmen und der Stufe der Einteilung, die in 4.3 angegeben ist, entsprechen.

4.5 Anforderungen an die Prozesssteuerung

Diese Norm fordert die Anwendung von Prozesssteuerungsmethoden bei der Planung, Realisierung und Bewertung der Fertigungsverfahren für die Produktion gelöteter elektrischer und elektronischer Baugruppen. Die Grundsätze, Realisierungsstrategien, Werkzeuge und Techniken dürfen je nach dem besonderen Unternehmen, Vorgang oder der betrachteten Variablen in verschiedener Reihenfolge angewendet werden, um die Prozesssteuerung und die Fähigkeiten des Verfahrens mit den Anforderungen für das Endprodukt in Beziehung zu setzen. Der Hersteller darf bei Einvernehmen mit dem Anwender von der Durchführung bestimmter Qualitätsbewertungen und -kontrollen, die in dieser Norm im Einzelnen angegeben sind, befreit werden, sofern der objektive Nachweis für einen umfassenden und gültigen fortlaufenden Verbesserungsplan zur Verfügung steht (siehe 13.3).

4.6 Weitergabe der Anforderungen

Die zutreffenden Anforderungen dieser Norm müssen von jedem Hersteller oder Lieferanten in alle gültigen Unterverträge und Einkaufsbestellungen übernommen werden. Der Hersteller oder Lieferant darf keine anderen Abweichungen von diesen Anforderungen in Unterverträge oder Einkaufsbestellungen übernehmen oder zulassen als solche, die vom Anwender genehmigt worden sind.

Wenn nichts anderes festgelegt ist, werden die Anforderungen dieser Norm nicht für die Beschaffung von Baugruppen oder Teilen von Baugruppen ab Lager (nach Katalog) übernommen (siehe 14.3). Der Hersteller dieser Positionen darf jedoch die Anforderungen erfüllen, wenn er es für zweckmäßig ansieht.

4.7 Konstruktionen

4.7.1 Konstruktionsanforderungen

In den folgenden Abschnitten werden einige Anforderungen an die Struktur und die Layoutentwicklung dargelegt.

4.7.2 Neukonstruktionen

Das Layout von Leiterplatten und mechanische und thermische Strukturen der elektrischen/elektronischen Baugruppe sollten, wo zutreffend, auf einer geeigneten Konstruktionsnorm (z. B. IEC 61188-5-1) beruhen oder so sein, wie vom Anwender genehmigt. Wenn ein Hersteller einen objektiven Beweis hat, dass ein überarbeiteter Schaltungsentwurf eine gute Endproduktqualität ergibt, die die Anforderungen dieser Norm erfüllt, sollten der Anwender und der Hersteller den Änderungen und den entsprechenden Anpassungen des Schaltungsentwurfs zustimmen.

4.7.3 Bestehende Konstruktionen

Die Anforderungen dieser Norm dürfen nicht den einzigen Grund bilden, eine als gültig genehmigte Konstruktion neu zu entwerfen. Wenn jedoch bestehende elektrische/elektronische Konstruktionen verändert werden, die die Anordnung der Hardware beeinflussen, muss die Konstruktion überarbeitet und müssen vom Anwender genehmigte Veränderungen vorgenommen werden, die die beste praktische Erfüllung der Anforderungen ermöglichen. Jegliche vom Hersteller vorgeschlagenen Konstruktionsänderungen müssen durch den Anwender genehmigt werden; trotzdem, auch wenn die vorgeschlagenen Änderungen eine Übereinstimmung zu dieser Norm und Herstellung von Qualitätsendprodukten ergeben, ist der Anwender nicht verpflichtet, die vorgeschlagenen Überarbeitungen der Schaltung zu akzeptieren.

4.8 Visuelle Hilfsmittel

In dieser Norm sind Zeichnungen und Bilder enthalten, um die Auslegung der schriftlich formulierten Anforderungen zu unterstützen. Die schriftlich formulierten Anforderungen haben Vorrang.

4.9 Fertigkeit des Personals

4.9.1 Konstruktionsfertigkeit

Die Konstruktionsabteilung muss über eine Dokumentation verfügen, die darlegt, dass alle technischen Arbeitskräfte eine entsprechende Ausbildung erhalten haben. Die Ausbildung muss unabhängig davon erfolgen, ob dieses Personal eine direkte Verantwortung für die Konstruktion elektrischer/elektronischer Produkte besitzt (siehe ISO 9001).

4.9.2 Herstellungsfertigkeit

Vor Beginn der Arbeiten müssen alle Ausbilder, Bediener und das Prüfpersonal Fertigkeiten für die auszuführenden Aufgaben erwerben. Ein objektiver Nachweis für diese Fertigkeit ist zur Verfügung zu halten und muss für die Nachprüfung zur Verfügung stehen. Der objektive Nachweis muss Aufzeichnungen über die durchgeführten Schulungen für die betreffenden Arbeitsfunktionen, Prüfungen bezüglich der Anforderungen dieser Norm und die Ergebnisse periodischer Nachprüfungen der Fertigkeiten enthalten (siehe ISO 9001 und IPC-A-610E).

4.10 Elektrostatische Entladung (ESD)

Das ESD-Überwachungsprogramm muss der IEC 61340-5-1 und IEC/TR 61340-5-2 entsprechen. Dokumentierte Verfahren, wie z. B. die Überwachung der Entladung statischer Elektrizität für den Schutz ESD-empfindlicher elektrischer und elektronischer Bauteile, Bauelemente, Baugruppen und Ausrüstungen, müssen unterhalten werden, sind jedoch nicht beschränkt auf:

- a) Empfang und Prüfung eingehender Artikel;
- b) Lagerung und Zusammenstellung von Leiterplatten, Bauelementen und Bauteilen;
- c) Fertigung und Nacharbeit;
- d) Kontroll- und Prüfzyklen;
- e) Lagerung und Versand fertiger Produkte;
- f) Transport und Einbau.

Verfahren für die Analyse von durch ESD entstandene Ausfälle müssen dokumentiert werden und für die Nachprüfung durch das autorisierte Kontrollorgan zur Verfügung stehen.

4.11 Einrichtungen

4.11.1 Allgemeines

In allen Arbeitsbereichen müssen Reinheit und Umgebungsbedingungen auf Werten gehalten werden, die die Verunreinigungen oder Eigenschaftverschlechterungen von Lötwerkzeugen, Werkstoffen und zu lötenden Oberflächen verhindern. Essen, Trinken und der Gebrauch von Tabakprodukten oder illegalen Drogen muss in den Arbeitsbereichen verboten sein.

4.11.2 Überwachung der Umgebungsbedingungen

Der Lötbereich sollte abgeschlossen, temperatur- und feuchtegeregelt sein und unter Überdruck gehalten werden.

4.11.3 Temperatur und Luftfeuchte

Wenn die relative Luftfeuchte auf 30 % oder weniger sinkt, muss der Hersteller nachweisen, dass eine angemessene Überwachung der Entladung statischer Elektrizität erfolgt und dass ausreichend Feuchtigkeit für die einwandfreie Funktion des Flussmittels und das Auftragen der Lötpaste vorhanden ist. Für die Behaglichkeit des Bedieners und die Aufrechterhaltung der Lötbarkeit sollte die Temperatur zwischen 18 °C und 30 °C gehalten werden, und die relative Luftfeuchte sollte 70 % nicht überschreiten. Es sollte beurteilt werden, ob die Notwendigkeit engerer Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsgrenzwerte für die Prozesssteuerung besteht.

4.11.4 Beleuchtung

Die Beleuchtung auf der Arbeitsfläche von Handlöt- und Prüfarbeitsplätzen muss mindestens 1000 lm/m² betragen.

4.11.5 Feldbedingungen

Unter Feldbedingungen, wo die von dieser Norm verlangten kontrollierten Umgebungsbedingungen nicht effektiv eingehalten werden können, müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um die Qualität der Lötverbindungen zu maximieren und die unkontrollierten Umwelteinflüsse auf die an der Hardware durchgeführte Operation zu minimieren.

4.11.6 Reinräume

Die Montage moderner Elektronik kann die Benutzung von Reinräumen erforderlich machen, damit die Anforderungen der Endproduktstufe dieser Norm erfüllt werden können. Falls erforderlich, müssen sich Anwender und Hersteller über die Reinraumklasse einigen.

4.12 Montagewerkzeuge und Ausrüstungen

4.12.1 Allgemeines

Der Hersteller ist verantwortlich für die Wahl und Wartung der Werkzeuge und der Ausrüstungen, die für die Vorbereitung und Lötung der Bauelemente und/oder Leiterbahnen benutzt werden. Die eingesetzten Werkzeuge müssen so ausgewählt und gewartet werden, dass ihre Benutzung keinen Schaden verursacht. Werkzeuge und Ausrüstungen sollten vor dem Gebrauch sauber sein und während des Gebrauchs sauber und frei von Schmutz, Fett, Flussmittel, Öl und anderen Fremdstoffen gehalten werden. LötKolben, Ausrüstungen und Systeme müssen so gewählt und eingesetzt werden, dass Temperaturregelung und Trennung gegen elektrische Überlastung EOS oder ESD gewährleistet sind (siehe 4.10).

4.12.2 Prozesssteuerung

Wenn keine geeigneten Einrichtungen zur Prozesssteuerung vorhanden sind, die die Einhaltung von 4.12 und den Zweck von Anhang A verbindlich erfüllen, sind die Einzelanforderungen von Anhang A verbindlich. Lötwerkzeuge und Ausrüstungen müssen in Übereinstimmung mit einem dokumentierten Verfahren, das eine Überprüfung durch den Anwender zulässt, verwendet werden. Lötwerkzeuge und Ausrüstungen müssen Verfahrensparameter zeigen, wie in der Verfahrensdokumentation beschrieben.

5 Anforderungen an die Werkstoffe

5.1 Überblick

Die Werkstoffe, die für die in der vorliegenden Norm vereinbarten Lötverfahren eingesetzt werden, müssen der Norm entsprechen. Da die festgelegten Werkstoffe und Verfahren in einigen Kombinationen miteinander unverträglich sein können, muss der Hersteller für die Auswahl der Kombination von Werkstoffen und Verfahren verantwortlich sein, mit der annehmbare Produkte hergestellt werden können.

5.2 Lot

Es sind Lotlegierungen entsprechend IEC 61190-1-3 zu verwenden. Jede Legierung, die die Lebensdauer, Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit oder die behördlichen Anforderungen sicherstellt, darf verwendet werden, wenn alle anderen Bedingungen dieser Norm erfüllt werden und zwischen Anwender und Hersteller vereinbart wurden.

5.3 Flussmittel

Das Flussmittel muss nach IEC 61190-1-1 oder einer gleichwertigen Norm geprüft und einer der drei folgenden Gruppen zugeordnet werden:

L = geringe oder keine Flussmittel-/Flussmittelrückstandsaktivität;

M = mäßige Flussmittel-/Flussmittelrückstandsaktivität;

H = hohe Flussmittel-/Flussmittelrückstandsaktivität.

Für Lötungen an Baugruppen muss Flussmittel aus der Gruppe L oder M eingesetzt werden. Für Anwendungen, bei denen die Flussmittelrückstände nicht entfernt werden („no-clean“), wird der Gebrauch eines Flussmittels aus der Gruppe L, das die Anforderungen nach 9.6.9 ohne Reinigung (C00) erfüllt, empfohlen (siehe 9.6.3.2).

Anorganische saure Flussmittel und Flussmittel aus der Gruppe H können für die Verzinnung von Lötstützpunkten, Volldrähten und gekapselten Bauelementen benutzt werden. Anorganische saure Flussmittel dürfen nicht für die Baugruppenlötung verwendet werden. Flussmittel aus der Gruppe H dürfen für das Löten von Lötstützpunkten, Volldraht und gekapselten Bauelementen verwendet werden, wenn sie als Bestandteil eines integrierten Flussmittelauftrags-, Löt-, Reinigungs- und Reinheitsprüfsystems funktionieren und sie die folgenden Bedingungen erfüllen:

- a) Die Verwendung ist vom Anwender genehmigt.
- b) Daten, die die Erfüllung der Prüfanforderungen nach Anhang B nachweisen, sind für die Nachprüfung verfügbar.

Wenn Flussmittel aus der Gruppe H verwendet werden, ist eine Reinigung vorgeschrieben.

Wenn flüssiges Flussmittel in Verbindung mit anderen Flussmitteln benutzt wird, muss es mit den anderen Flussmitteln und Werkstoffen chemisch verträglich sein, mit denen es zusammen eingesetzt wird. Das Flussmittel von Röhrenlot muss diesem Abschnitt entsprechen. Der prozentuale Flussmittelgehalt in Röhrenlot ist wahlfrei.

5.4 Lotpaste

Lotpaste, Lotpulver und Flussmittelbestandteile müssen die Anforderungen nach 5.2 und 5.3 erfüllen und sollten nach IEC 61190-1-2 bewertet werden, damit sie den Anforderungen des Montageverfahrens entsprechen.

5.5 Lotformteile

Lotformteile müssen alle zutreffenden Anforderungen nach 5.2 und 5.3 erfüllen.

5.6 Klebstoffe

Klebstoffe, die für die Befestigung von oberflächenmontierbaren Bauelementen eingesetzt werden, müssen für die Anwendung geeignet und mit der Baugruppe verträglich sein.

5.7 Reinigungsmittel

5.7.1 Allgemeines

Reinigungsmittel für die Entfernung von Fett, Öl, Wachs, Schmutz, Flussmittel und anderen Rückständen müssen nach ihrer Fähigkeit ausgewählt werden, Flussmittelrückstände, andere Rückstände und Verunreinigungen zu entfernen. Die Reinigungsmittel sollten keine aggressiven Chemikalien enthalten und dürfen die Eigenschaften der Werkstoffe oder zu reinigenden Bauteile nicht beeinträchtigen. Der Reinigungsprozess muss es ermöglichen, dass die Baugruppe die Reinigungsanforderungen nach 9.6 erfüllt.

5.7.2 Wahl der Reinigungsmittel

Die Reinigungsmittel und Reinigungsmittelgemische müssen allen zutreffenden Spezifikationen und Verweisungen entsprechen. Reinigungsmittelgemische dürfen benutzt werden, sofern sie geeignet stabilisiert oder inhibiert sind.

Die Verwendung chlorhaltiger Lösemittel ist nicht gestattet. Wasser, Wasser/Alkohol oder Terpentine sind als erste Wahl für Reinigungsanwendungen zu betrachten. Alle Reinigungsmittel müssen die zutreffenden Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltschutzvorschriften erfüllen.

5.8 Polymerbeschichtungen

5.8.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten werden die Einzelanforderungen für Polymerwerkstoffe festgelegt.

5.8.2 Lötstopfabdeckungen und partielle Masken

Polymere Lötstopfabdeckungen gemäß IEC 61249-8-8 müssen aus einem Material bestehen, das:

- a) die Lötbarkeit, den Substratwerkstoff oder die gedruckte Schaltung nicht beeinträchtigt;
- b) das Abfließen des Lotes in den maskierten Bereich ausschließt;
- c) wenn es an Ort und Stelle belassen bleibt, verträglich mit dem Basismaterial der Leiterplatte, den leitenden Werkstoffen, dem vorgesehenen Flussmittel und den nachträglich aufgetragenen Beschichtungen ist;
- d) wenn es zeitlich begrenzt angewendet wird, leicht entfernt werden kann, ohne nach der Entfernung Restverunreinigungen zu hinterlassen, die für die Beschichtung der Leiterplatte oder die Baugruppe schädlich sind.

5.8.3 Konforme Beschichtung und Vergussmaterialien

Die Anforderungen an die Beschichtung der Baugruppe, einschließlich der Art der Beschichtung (d. h. ihres Materials), müssen wie in der genehmigten Montagezeichnung festgelegt werden. Wenn in der Montagezeichnung die Beschichtung von Kanten angegeben ist, muss sie 11.2.2.7 entsprechen. Umhüllungsmaterialien müssen für den Anwendungszweck geeignet und mit der Baugruppe verträglich sein.

5.8.4 Abstandhalter (dauerhaft und zeitweilig)

Materialien, die als mechanische Abstandhalter dienen, müssen den Lötverfahren standhalten und sollten die Sichtkontrolle der Lötflächen zulassen (siehe 13.2.2.3). Diese Forderung beinhaltet Abstandhalter, die Temperaturen standhalten sollten, die durch Selbstaufheizung der Bauelemente hervorgerufen werden. Einsatzort, Anordnung und Material der Abstandhalter müssen in den zutreffenden Unterlagen festgelegt werden.

5.9 Chemische Abisoliermittel

Chemische Lösungen, Pasten und Cremes, die für das Abisolieren von Volldrähten benutzt werden, dürfen keine Eigenschaftverschlechterung des Drahtes verursachen. Die Reinigungsmittel sollten keine aggressiven Chemikalien enthalten und dürfen die Qualität der Materialien und Bauteile, die gereinigt werden, nicht vermindern. Zusätzlich müssen die Drähte nach den empfohlenen Anweisungen des Lieferanten neutralisiert und von Verunreinigungen befreit werden und müssen nach 6.3 lötbar sein.

5.10 Aufschumpfbare Lötmittel

Aufschumpfbare Lötmittel müssen selbstdichtend sein und müssen die Lötverbindung verkapseln. Kabelanschlüsse mit geflochtener Abschirmung müssen den detaillierten Arbeitsanweisungen des Herstellers entsprechen, die zur Wiedergabe der in einer genehmigten Montagezeichnung dokumentierten Anforderungen angefertigt wurden. Diese selbstdichtenden Mittel sind von den Reinigungsanforderungen nach 9.4 ausgenommen.

6 Anforderungen an Bauelemente und Leiterplatten

6.1 Allgemeines

Elektronische/mechanische Bauelemente und Leiterplatten müssen den Anforderungen der Bestellvorschrift entsprechen; die Einhaltung der Konformität ist unter der Verantwortung des Baugruppenherstellers sicherzustellen. Für die Montage ausgewählte Bauelemente und Leiterplatten müssen mit allen Materialien und Verfahren verträglich sein, die für die Fertigung der Baugruppe angewendet werden.

ANMERKUNG Weitere Angaben siehe IEC 62326-1, IEC 62326-4, IEC 62326-4-1 und IEC/PAS 62326-7-1.

6.1 Lötbarkeit

6.2.1 Lötbarkeit von Bauteilen

Die Lötbarkeit von Bauteilen liegt in der Verantwortung des Lieferanten und muss die Anforderungen, die durch den Hersteller festgelegt und anerkannt werden, erfüllen. Die elektronischen/mechanischen Bauelemente und Drähte müssen den Lötbarkeitsanforderungen entsprechen, wenn sie in Übereinstimmung mit IEC 60068-2-20, IEC 60068-2-58 oder gleichwertigen Anforderungen geprüft werden; Leiterplatten müssen die Anforderungen erfüllen, wenn sie nach IEC 61189-3 oder gleichwertigen Anforderungen geprüft werden.

Vor der Annahme von Bauteilen zur Lagerung oder Verwendung muss der Hersteller sicherstellen, dass die zu lötfenden Bauteile nach einem Stichprobenplan auf Lötbarkeit geprüft wurden und den Anforderungen der betreffenden Lötbarkeitsspezifikation entsprechen. Der Nutzer sollte die erforderliche Lötbarkeitsspezifikation festlegen. Die Lagerungsbedingungen müssen Klasse 1K2 von IEC 60721-3-1 und IEC 61760-2 entsprechen.

6.2.2 Nachbehandlung

Wenn die Verzinnung und die Sichtkontrolle Teil des Montageprozesses sind, kann dieser Verzinnungsvorgang anstatt der Prüfung auf Lötbarkeit angewandt werden (siehe 6.3).

6.2.3 Lötbarkeitsprüfung von Keramiksubstraten

Metallisierungen auf Keramiksubstraten müssen nach IEC 61189-3 oder nach einem gleichwertigen Verfahren auf Lötbarkeit geprüft werden.

6.3 Erhaltung der Lötbarkeit

6.3.1 Allgemeines

Der Hersteller muss sicherstellen, dass alle Bauelemente, Anschlussdrähte, Verdrahtungen, Lötstützpunkte und Leiterplatten, die die Anforderungen nach 6.2 erfüllt haben, bei Beginn der manuellen und/oder maschinellen Lötvorgänge lötbar sind. Der Hersteller muss Verfahren entwickeln, um die Verschlechterung der Lötbarkeitseigenschaften von Bauteilen möglichst gering zu halten.

6.3.2 Vorbehandlung

Die Anschlussdrähte von Bauelementen, Lötanschlüssen und Lötstützpunkten dürfen vorbehandelt werden (z. B. Eintauchen in heißes Lot), um die Lötbarkeit aufrechtzuerhalten.

6.3.3 Versprödung von Lötverbindungen durch Gold

6.3.3.1 Allgemeines

Um den Einfluss der Versprödung des Lotes durch goldbeschichtete Teile (z. B. Bauelementanschlussdrähte, Leiterplattenanschlussflächen) so gering wie möglich zu halten, darf das Gesamtvolumen von Gold in allen Lötverbindungen 1,4% des Volumens (3 % des Gewichts) des vorhandenen Lotes nicht überschreiten.

Wenn es einen prüfbar dokumentierten objektiven Nachweis gibt, dass keine Lotversprödung in Bezug auf Gold oder anderen Integritätsprobleme bei Lötverbindungen mit anderer metallischer Oberfläche vorliegen, die mit dem angewandten Lötvorgang in der Verbindung stehen, können die folgenden Anforderungen entfallen.

6.3.3.2 Gold auf Bauelementen und Teilstücken von Anschlussdrähten

Der Hersteller muss die Übereinstimmung mit den Anforderungen zur Lötvorbehandlung nachweisen, so dass

- a) alle goldbeschichteten Anschlussdrähte/Lötanschlüsse und Lötstützpunkte entweder vorverzinnt wurden oder das Gold auf andere Weise von der zu lötenden Oberfläche entfernt worden ist und/oder
- b) die Menge aller vorhandenen Goldrückstände vor dem Löten die Grenzen nach 6.3.3 nicht überschreitet.

6.3.3.3 Verzinnen von Anschlussdrähten und Anschlüssen

Die Verzinnung der Anschlussdrähte oder Anschlüsse darf die Bauelemente nicht schädlich beeinflussen. Zur wirksamen Entfernung des Goldes ist ein Verzinnungsverfahren mit zweimaligem Eintauchen oder ein dynamischer Lotschwall anzuwenden.

Das Verfahren der Goldentfernung darf bei Bauelementen, die durch Tauchlöt-, Wellenlöt- oder Schleplötverfahren befestigt werden sollen, entfallen, sofern folgende Anforderungen erfüllt werden:

- a) ausreichende Dicke des Goldes, damit die Erhaltung der Lötbarkeit nach den Anforderungen in 6.2 gewährleistet ist;
- b) ausreichend Zeit, Temperatur und Lotvolumen während des Lötvorganges, um die Anforderungen nach 6.3.3 zu erfüllen.

6.3.3.4 Gold auf Leiterplattenanschlussflächen

Das Volumen an Gold, das auf allen Leiterplattenanschlussflächen, die zur Lötung mit Bauelementen oder Lötstützpunkten vorgesehen sind, abgelagert ist, darf die in 6.3.3 angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

6.3.4 Verzinnen nicht lötfähiger Bauteile

Anschlussdrähte von Bauelementen, Lötanschlüsse und Leiterplatten, die die angegebenen Lötbarkeitsanforderungen nicht erfüllen, müssen vor der Lötung durch Tauchverzinnung in heißem Lot oder andere geeignete Verfahren nachgearbeitet werden. Die nachgearbeiteten Bauteile müssen mit Ausnahme der Wasserdampfalterung den Anforderungen nach 6.2 entsprechen. Verzinnte Bereiche auf Drähten dürfen die Drahtlitze(n) nicht mit Lot verdecken. Der Dochteffekt des Lotes unter der Drahtisolierung muss möglichst klein gehalten werden. Sofern erforderlich, müssen während des Verzinnungsvorgangs Wärmesenken an den Anschlussdrähten wärmeempfindlicher Bauteile eingesetzt werden.

6.4 Erhaltung der Lotreinheit

Lot, das für die Vorbehandlung, Entfernung des Goldes, Verzinnen von Bauteilen und maschinelle Lötung verwendet wird, muss mit einer Häufigkeit analysiert, gewechselt oder nachgefüllt werden, die die Einhaltung der in Tabelle 1 festgelegten Grenzwerte sicherstellt. Die Analysehäufigkeit sollte auf der Grundlage historischer Daten bestimmt werden, oder die Analysen sollten monatlich durchgeführt werden. Wenn die Verunreinigungen die Grenzwerte von Tabelle 1 überschreiten, sind die Zeitspannen zwischen den Analysen, Wechseln oder Nachfüllungen zu verkürzen. Aufzeichnungen, die die Ergebnisse aller Analysen und der Lotbadausnutzung (z. B. die Gesamtanwendungszeit, die Menge des erforderlichen Ersatzlotes oder den Flächendurchsatz) enthalten, sind für jedes Verfahrenssystem zu unterhalten (siehe 4.1.3).

**Tabelle 1 – Grenzwerte für die Lotverunreinigung;
Höchste Grenzwerte für Verunreinigungen (in Gewichtsprozenten)**

Verunreinigung	Vorbehandlung (Verzinnen der Anschlussdrähte/Drähte)	Baugruppenlötung (Tiegel-, Wellenverfahren usw.)
Kupfer	0,750 ^{c)}	0,300
Gold	0,500	0,200
Cadmium	0,010	0,005
Zink	0,008	0,005
Aluminium	0,008	0,006
Antimon	0,500	0,500
Eisen	0,020	0,020
Arsen	0,030	0,030
Wismut ^{b)}	0,250	0,250
Silber ^{a)}	0,750	0,100
Nickel	0,020	0,010
Palladium	0,004	0,004
Blei	0,100	0,100

Der Zinngehalt des Lötades muss in den Grenzen von $\pm 1,5$ % des Nennwertes für das festgelegte Lot liegen und mit der gleichen Regelmäßigkeit geprüft werden wie die Verunreinigung mit Kupfer/Gold. Zum Ausgleich des Bades muss Blei oder eines der oben angegebenen Elemente angepasst werden.

Der Gesamtgehalt an den Verunreinigungen Kupfer, Gold, Cadmium, Zink und Aluminium darf 0,4% für die Baugruppenlötung nicht überschreiten.

ANMERKUNG Wenn diese Metalle Bestandteile der Lötverbindung sind, die auf den Vorgang angewandt werden, werden diese nicht als Verunreinigungen angesehen.

^{a)} Nicht zutreffend für Sn62Pb36Ag2; die Grenzwerte müssen 1,75 % bis 2,25 % betragen.

^{b)} Nicht zutreffend für Verfahren, die Sn60Pb38Bi2 (Legierung 19/ISO 9453) zur Befestigung benutzen.

^{c)} Beim Verzinnen von fine-pitch-Bauelementen sollte der Kupferanteil 0,300 % nicht überschreiten.

6.5 Vorbereitung der Anschlussdrähte

6.5.1 Allgemeines

Genaue Anforderungen an das Formen und die Vorbereitung der Anschlüsse werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

6.5.2 Formung der Anschlussdrähte

Das Formungsverfahren der Anschlussdrähte darf nicht zu Schäden der inneren Verbindungen von Bauelementen führen. Die in der Beschreibung des Herstellers angegebenen bevorzugten Verfahren der Formung der Anschlussdrähte sind anzuwenden. Außerdem dürfen die Eigenschaften der Bauteilkörper, Anschlussdrähte und Durchführung der Anschlussdrähte nicht so verschlechtert werden, dass die Anforderungen der Bauteil-Grundspezifikation nicht mehr erfüllt werden.

6.5.3 Grenzwerte für die Anschlussdrahtformung

Unabhängig davon, ob die Anschlussdrähte manuell oder maschinell mit dem Werkzeug geformt werden, dürfen Bauelemente nicht montiert werden, wenn der Bauelement-Anschlussdraht Kerben oder Verformungen aufweist, die größer als 10 % des Durchmessers des Anschlussdrahtes sind.

Freiliegendes Basismetall ist annehmbar, wenn der Fehler 5% der lötbaren Fläche nicht überschreitet. Das Auftreten von freiliegendem Basismetall im geformten Bereich des Anschlussdrahtes muss als Prozessmerkmal behandelt werden.

7 Anforderungen an Montageverfahren

7.1 Überblick

Die folgenden Abschnitte behandeln die Anforderungen für die Montage von Lötstützpunkten, mechanischen und elektronischen Bauelementen und Drähten auf Leiterplatten oder anderen Aufbau- und Verbindungsstrukturen. Bei Baugruppen, die in Mischtechnik gefertigt werden, sollten die durchsteckmontierbaren Bauelemente auf einer Seite der Leiterplatte montiert werden. Oberflächenmontierbare Bauelemente dürfen auf jeder der beiden oder auf beiden Seiten der Baugruppe montiert werden.

Wenn durch die Konstruktionsbeschränkungen die Montage von Bauelementen vorgeschrieben wird, die den Löttemperaturen eines speziellen Verfahrens nicht standhalten können, müssen solche Bauelemente in getrennten Vorgängen auf die Baugruppe montiert und aufgelötet werden. In einer Montagefolge, bei der bestimmte Bauelemente montiert und aufgelötet und anschließend weitere Montagen und Lötungen vorgenommen werden, sind geeignete Schritte vorzusehen, die die Reinigung von Flussmittelresten berücksichtigen. Sofern zweckmäßig, müssen die Baugruppen nach jedem Lötvorgang gereinigt werden, so dass spätere Montage- und Lötvorgänge durch die Verunreinigungen nicht beeinträchtigt werden (siehe Abschnitt 9).

7.2 Reinheit

Die Reinheit der Anschlüsse, Bauelement-Anschlussdrähte, Leiter und Oberflächen von gedruckten Schaltungen muss ausreichend sein, damit die Lötbarkeit und Verträglichkeit mit den nachfolgenden Verfahren sichergestellt ist. Die Reinigung darf nicht zu Schäden von Bauelementen, Bauelement-Anschlussdrähten, Leitern oder Kennzeichnungen führen.

7.3 Kennzeichnungen und Bezugsbezeichnungen von Bauteilen

Die Kennzeichnungen von Bauteilen und Bezugsbezeichnungen müssen lesbar sein, und die Bauteile müssen so montiert werden, dass die Kennzeichnungen sichtbar bleiben.

7.4 Konturen der Lötverbindungen

Konstruktionen, die besondere Lötverbindungskonturen als Bestandteil eines Ausgleichssystems für die Diskrepanz des thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE) benutzen, müssen auf der genehmigten Montagezeichnung gekennzeichnet werden. Die Montagetechnik muss geeignet sein, eine Lötverbindung herzustellen, die die Anforderungen nach 10.3 erfüllt.

7.5 Kondensationspunkte

Innerhalb der vorgegebenen Beschränkungen durch die Bauelemente und Bauteilkonstruktion müssen die Bauteile und Bauelemente so montiert werden, dass die Bildung von Kondensationspunkten ausgeschlossen wird.

7.6 Wärmeabfuhr

Wenn in der Baugruppe eine Wärmeabfuhr gefordert wird, müssen die Anforderungen für die Werkstoffverträglichkeit nach Abschnitt 5 befolgt werden.

8 Anforderungen an das Lötverfahren

8.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten werden die Einzelanforderungen für die manuellen und maschinellen Lötverfahren festgelegt.

8.2 Allgemeines

8.2.1 Lötverfahren

Die in der vorliegenden Norm beschriebenen Lötverfahren dürfen nicht zu Schäden an den Bauelementen oder Baugruppen führen.

8.2.2 Instandhaltung der Maschinen

Die Lötanlagen müssen so gewartet werden, dass ihre Fähigkeit und Wirksamkeit mit den vom Hersteller der Maschinen angegebenen Konstruktionskenngrößen übereinstimmen.

Wartungsvorgänge und Wartungspläne müssen dokumentiert werden, um einen reproduzierbaren Prozess sicherzustellen.

8.2.3 Handhabung von Bauteilen

Die Bauteile müssen so gehandhabt werden, dass Schäden an den Anschlüssen ausgeschlossen sind und es nicht erforderlich wird, die Anschlussdrähte nachträglich neu auszurichten. Nachdem die Bauteile auf den Leiterplatten montiert sind, muss die Baugruppe vor dem Löten so gehandhabt, befördert (z. B. von Hand oder auf dem Förderband) und bearbeitet werden, dass Verschiebungen, die die Bildung annehmbarer Lötverbindungen schädlich beeinflussen könnten, ausgeschlossen sind. Nach Ausführung der Lötvorgänge muss die Baugruppe ausreichend abgekühlt werden, so dass das Lot vor der weiteren Handhabung erstarrt ist und das Aufbrechen des heißen Lotes vermieden wird.

8.2.4 Vorwärmung

Die Baugruppen sollten vorgewärmt werden, damit die Anwesenheit flüchtiger Lösungsmittel vor dem Löten minimiert, Temperaturdifferenzen auf der Leiterplatte möglichst weitgehend ausgeglichen werden, der thermische Schock für Leiterplatten und Bauelemente klein gehalten wird, der Lotfluss verbessert sowie die Kontaktzeit mit flüssigem Lot verringert wird. Die Vorwärmtemperatur darf die Eigenschaften der Leiterplatten und Bauelemente oder das Lötresultat nicht beeinträchtigen.

8.2.5 Träger

Träger für den Transport von Leiterplatten durch die Fertigungsstraße müssen aus solchem Material und so konstruiert und aufgebaut sein, dass sie die Lötbarkeit nicht beeinträchtigen, Eigenschaften von Leiterplatten, Teilen oder Bauelementen nicht verschlechtern und keine elektrostatischen Schäden (ESD) an den Bauelementen verursachen.

8.2.6 Niederhalten von Anschlüssen oberflächenmontierbarer Bauelemente

Um zu verhindern, dass die Zuverlässigkeit einer Lötverbindung durch eine mechanische Vorspannung verringert wird, dürfen die Anschlüsse kurzer, starrer oder dicker oberflächenmontierbarer Bauelemente

während der Loterstarrung nicht unter Spannung (z. B. durch eine Messsonde) niedergehalten werden. Die Widerstands-Aufschmelzlötanlage (z. B. Spalt, Bügel, Wärmeübertragung) sollte die Anschlussdrähte während des Aufschmelzlötens nicht um mehr als die zweifache Dicke des Anschlussdrahtes auslenken. Für kurze oder dicke Anschlüsse sollte die Auslenkung weniger als das zweifache der Dicke des Anschlussdrahtes betragen.

8.2.7 Wärmezufuhr

Die zu lötenden Teile müssen ausreichend erwärmt werden, damit das Lot vollständig geschmolzen wird und die zu lötenden Oberflächen vollständig benetzt werden.

8.2.8 Abkühlung

Während der Erstarrung des Lotes darf die Verbindung zu keiner Zeit einer schädlichen Verschiebung oder schädlichen Spannungen ausgesetzt werden. Bei dokumentierten Verfahren darf eine kontrollierte Abkühlung durchgeführt werden.

8.3 Aufschmelzlöten

8.3.1 Anforderungen

In den folgenden Abschnitten werden die Einzelanforderungen für die Aufschmelzlötvorgänge festgelegt. Die Verfahren der Aufschmelzlötung für die Montage oberflächenmontierbarer Bauelemente umfassen, beschränken sich jedoch nicht auf Infrarot-, Dampfphasen-, Konvektions- (Warmluft/Gas), Laser-, Bügel- (Thermode-) oder Konduktionslöten. Diese sollten folgendes ermöglichen:

- a) die Fähigkeit, der Baugruppe Vorwärme geregelt zuzuführen;
- b) eine ausreichende Wärmekapazität, um den Temperaturanstieg und die Aufrechterhaltung der Löttemperaturen innerhalb von ± 5 °C des vorgesehenen Temperaturprofils für die thermischen Massen der verschiedenen Bauelemente und ihrer Lötverbindungen sicherzustellen; dies muss für den erforderlichen kontinuierlichen Fertigungsprozess aufrechterhalten werden;
- c) die zu verbindenden Oberflächen schnell zu erwärmen und danach abzukühlen, ohne die Grenzwerte für thermische Schocks zu überschreiten;
- d) Abschattungs- und Verfärbungseffekte von Bauelementen durch unterschiedliche Aufheizraten zu verhindern.

8.3.2 Verfahrensentwicklung für Aufschmelzlöten

Die Hersteller müssen ein Aufschmelzlötvorgang entwickeln und einhalten, das innerhalb der für die Verfahrensausrüstungen festgelegten Grenzwerte wiederholbar ist. Außerdem muss eine Anleitung für das Aufschmelzlötvorgang ausgearbeitet und unterhalten werden. Der Hersteller muss die Aufschmelzlötvorgänge entsprechend dieser Verfahrensanleitung durchführen. Das Verfahren muss mindestens eine reproduzierbare Zeit-Temperatur-Hüllkurve einschließlich des Trocknungs-/Entgasungsvorgangs (sofern erforderlich), des Vorwärmvorgangs (sofern erforderlich), des Aufschmelzlötvorgangs sowie eines Abkühlvorgangs enthalten. Diese Stufen dürfen Bestandteil eines integrierten oder In-line-Systems sein oder dürfen als Serie getrennter Vorgänge ausgeführt werden. Wenn das Temperatur-Zeit-Profil für eine andere Baugruppe oder eine andere Montagevariante angepasst wird, müssen die verwendeten Einstellungen dokumentiert werden.

8.3.3 Aufbringen von Flussmittel

Wenn Flussmittel eingesetzt wird, ist es vor der Ausbildung der endgültigen Lötverbindung aufzubringen. Das Flussmittel darf Bestandteil der Lötpaste oder der Lotvorform sein. Es darf jedes Flussmittel verwendet werden, das die Anforderungen nach 5.3 erfüllt, sofern

- a) das Flussmittel oder die Flussmittelkombination die Bauteile nicht schädigt;

- b) die anschließenden Reinigungsvorgänge (sofern erforderlich) ausreichend sind, damit die Reinheitsanforderungen nach Abschnitt 9 erfüllt und keine Schäden am Produkt verursacht werden.

8.3.4 Auftragen des Lotes

8.3.4.1 Ausführung

Es ist genügend Lot auf die Bauelemente oder Leiterplatten oder beide aufzutragen, damit während des Aufschmelzens mit Sicherheit eine ausreichende Menge vorhanden ist, um die Anforderungen an das Endprodukt zu erfüllen.

8.3.4.2 Auftragen der Lötpaste

Die Verfahren für das Auftragen der Lötpaste auf die Oberfläche des Lötanschlussflächenbereiches umfassen, sind jedoch nicht beschränkt auf folgende Verfahren: geätzte Schablone, Sieb, Dosierzylinder oder Nadelübertragung. Um beste Verarbeitbarkeit sicherzustellen, muss die Paste nach den Herstellerangaben behandelt werden. Die Wiederverwendung oder das Mischen von Lötpaste, die übermäßig lange freigelegt war (z. B. 1 bis 24 Stunden, abhängig vom Material), mit frischer Paste sollte vermieden werden.

8.3.4.3 Aufbringen von Festlot (Solid Solder Deposition, SSD)

Die Oberfläche der Lötanschlussflächen für oberflächenmontierbare Bauelemente kann während des Leiterplattenherstellungsprozesses mit einer definierten Menge an Lot überzogen werden.

Für das Aufbringen des Lotes sind unterschiedliche Verfahren zulässig, z. B.:

- a) Metallisieren mit Sn-Pb; dies darf bei bleifreiem Löten nicht angewandt werden;
- b) Sieb- oder Schablonendruck der Lotpaste, gefolgt von einem Aufschmelzverfahren; dieses Verfahren kann mit oder ohne Einebnen der aufgeschmolzenen Lötflächen benutzt werden;
- c) Auftragen von geschmolzenem Lot;
- d) Auftragen von Lotpartikeln mit einem haftenden Flussmittel (Festlot-Depot-Technik).

Die Kenngrößen für die Ablagerung von festem Lot auf Anschlussflächen sind folgende:

- e) das aufgetragene Lot besitzt eine metallisierte oder geschmolzene intermetallische Verbindung zu den Anschlussflächen zur Montage von oberflächenmontierbaren Bauelementen;
- f) die aufgetragene Lotdicke ist für eine zuverlässige Aufschmelzlötstelle ausreichend;
- g) das Lot wird mit ausreichender Präzision auf die Anschlussflächen zur Montage von oberflächenmontierbaren Bauelementen aufgebracht;
- h) die Ebenheit des aufgetragenen Lotes muss für das zutreffende Bauelement geeignet sein, so benötigen z. B. feine Bauelemente eine bessere Ebenheit als die meisten anderen Bauelemente.

Die Lotmenge muss festgelegt werden.

8.4 Maschinelles (Tauch-)Löten (nicht Aufschmelzen, non-reflow)

8.4.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten werden die Einzelanforderungen an das maschinelle Tauchlöten bestimmt. Diese Systeme sollten folgendes ermöglichen:

- a) die Fähigkeit, Flussmittel an allen Punkten, die Flussmittel benötigen, aufbringen zu können;
- b) die Fähigkeit, den bestückten Leiterplatten Vorwärme geregelt zuzuführen;

- c) die Wärmekapazität zu liefern, um die Löttemperatur während des erforderlichen gesamten kontinuierlichen Fertigungsablaufes an der Oberfläche der Baugruppe in Grenzen von $\pm 5\text{ °C}$ der gewählten Temperatur beizubehalten;
- d) unter Einhaltung der Grenzwerte für thermische Schocks die zu verbindenden Oberflächen kontrolliert zu erhitzen und danach abzukühlen;
- e) genügend mechanische Energie zur Verfügung zu stellen, um den Schatteneffekt zu minimieren und das Benetzen in Winkeln und Spalten zwischen dicht gepackten oberflächenmontierbaren Bauelementen zu erleichtern.

8.4.2 Verfahrensentwicklung für maschinelles Tauchlöten

Der Hersteller muss Betriebsvorschriften aufrechterhalten, die das Lötverfahren und den einwandfreien Betrieb des Lötautomaten und der zugehörigen Ausrüstungen beschreiben. Für die Lötmaschine müssen diese Vorschriften mindestens die Vorwärmtemperatur, die Löttemperatur, die Vorschubgeschwindigkeit, die Häufigkeit der Temperaturnachweismessungen, die Häufigkeit und das Verfahren der Flussmittelanalyse (verbindlich für Flussmittel mit geringem Feststoffgehalt) und die Häufigkeit der Lötbadanalyse festlegen. Wenn eine der obengenannten Eigenschaften für eine andere Baugruppe, Zeichnungsnummer oder anderes positives Identifikationselement neu eingestellt werden muss, muss die anzuwendende Einstellung gekennzeichnet werden.

8.4.3 Trocknen/Entgasen

Die Baugruppe darf vor dem Löten erwärmt werden, um schädliche Feuchtigkeit und andere flüchtige Substanzen zu verringern.

8.4.4 Haltevorrichtungen und Werkstoffe

Vorrichtungen, Werkstoffe oder Verfahren zum Festhalten von Teilen und Bauelementen auf der Leiterplatte während der Vorwärm-, Flussmittelbenetzungs-, Löt- und Abkühlstufen dürfen die Leiterplatten oder Bauelemente nicht verunreinigen, beschädigen oder ihre Eigenschaften verschlechtern. Die Vorrichtungen, Werkstoffe oder Verfahren müssen geeignet sein, die Position des Bauelements zu bewahren, und den Lotfluss durch die metallisierten Bohrungen und/oder auf die Bereiche der Lötstützpunkte ermöglichen.

8.4.5 Auftragen von Flussmittel

Das verwendete Flussmittel muss eine Schicht auf der zu lötenden Oberfläche bilden. Das Flussmittel oder Verfahren des Auftragens sollte die Bauelemente nicht beschädigen oder deren Zuverlässigkeit beeinträchtigen. Das Flussmittel ist mit solchen Substanzen zu verdünnen, die der Lieferant des Flussmittels als notwendig empfiehlt, damit die Anforderungen für das Auftragen des Flussmittels erfüllt werden können. Das Flussmittel muss vor dem Löten hinreichend lange trocknen, um das Spritzen des Lotes zu verhindern.

8.4.6 Lötbad

8.4.6.1 Lötbadtemperatur

Das Lötbad, für das die Lotzusammensetzungen nach 5.2 zu verwenden ist, sollte bei einer Temperatur gehalten werden, die vom Lieferanten des Lotes empfohlen wird. Die Temperatur darf jedoch die Löt widerstandstemperatur des zu montierenden Bauelementes nicht überschreiten. Für andere Legierungen, als die in 5.2 angegebenen, können andere Temperaturbereiche erforderlich sein. Für alle Legierungen sollte die Nenntemperatur eine Grenzabweichung von $\pm 5\text{ °C}$ besitzen. Diese Grenzabweichung darf nicht dazu führen, dass die Badtemperatur außerhalb der festgelegten Grenzwerte liegt.

Die Temperatur und die Kontaktzeit zwischen Baugruppe und Lot muss von Faktoren abhängig sein wie Vorwärmung, Dicke der Leiterplatte, Anzahl und Größe der Kontakte oder Leiter und Bauart der Bauteile. Die Zeitspanne, für die eine Leiterplatte einem Lötbad ausgesetzt wird, muss auf eine Dauer begrenzt werden, bei der keine Schäden an der Leiterplatte oder den darauf montierten Bauteilen verursacht werden.

8.4.6.2 Wartung des Lötbad

Die Reinheit des Lötbad beim maschinellen Tauchlöten von Leiterplatten-Baugruppen muss entsprechend 6.4 und nach den folgenden Verfahren aufrechterhalten werden:

- a) Krätze ist aus dem Lötbad so zu entfernen, dass die Krätze mit Sicherheit nicht in Berührung mit den zu lötenden Gegenständen kommt. Für die Entfernung der Krätze sind automatische oder manuelle Verfahren zulässig.
- b) Lötöle dürfen mit dem geschmolzenen Lot vermischt werden und an die Oberfläche der Lötwellen gelangen oder auf die Oberfläche der Lötwellen oder des Lötbad aufgetragen werden. Der Ölspiegel sollte überwacht werden, um Ölbeimischungen in den erstarrten Lötstellen auszuschließen.
- c) Das Lot in Lötmaschinen muss in regelmäßigen Zeitabständen nach 6.4 analysiert werden.

8.5 Manuelles Löten/Handlöten

8.5.1 Anforderungen

In den folgenden Abschnitten werden die Einzelanforderungen für das manuelle Löten/Handlöten festgelegt.

8.5.2 Manuelles Löten

8.5.2.1 Auftragen von Flussmittel

Wenn flüssiges Flussmittel eingesetzt wird, muss es vor der Wärmeanwendung auf die zu verbindenden Oberflächen aufgetragen werden. Das Auftragen von überschüssigem Flussmittel sollte vermieden werden. Wenn Röhrenlot benutzt wird, muss es an einer Stelle aufgebracht werden, an der das Flussmittel fließen und die Verbindungselemente bedecken kann, während das Lot schmilzt. Wenn ein externes flüssiges Flussmittel in Verbindung mit Röhrenloten eingesetzt wird, müssen die Flussmittel miteinander verträglich sein.

8.5.2.2 Auftragen des Lotes

An der Lötstelle ist eine gut verzinnte LötKolbenspitze (siehe 4.12) anzulegen und das Lot für die bestmögliche Wärmeübertragung an der Übergangsstelle zwischen Spitze und Verbindung aufzubringen. Nachdem die Wärme zugeführt und eine Wärmeübertragung erreicht wurde, sollte das Lot und nicht die LötKolbenspitze an die Lötstelle gebracht werden. Das Lot wird auf eine Oberfläche der Lötverbindung links von der Heizposition aufgetragen. Das Auftragsverfahren sollte so sein, dass sich kein Lot auf dem Bauelementkörper ablagert. Lot und LötKolbenspitze müssen schnell vom verbundenen Metall entfernt werden. Lot darf nur auf einer Seite einer durchmetallisierten Bohrung aufgetragen werden. Die Temperatur der LötKolbenspitze darf die spezifische Arbeitstemperatur nicht überschreiten. Die Wärmezufuhr sollte innerhalb der eingeschränkten Temperatur und der festgelegten Zeit liegen. Wärme darf auf beiden Seiten der durchmetallisierten Bohrung zugeführt werden. Bei einigen Handlötverfahren kann eine Vorwärmung erforderlich sein, um Schäden an den Bauelementen einzuschränken.

8.5.2.3 Wärmesenken

Wenn eine Handlötung in der Nähe wärmeempfindlicher Bauelemente durchgeführt wird, ist eine Wärmesenke zwischen LötKolbenspitze und Bauelementkörper notwendig, um die Wärmeübertragung auf das Bauelement einzuschränken.

8.5.2.4 Dochteffekt des Lotes

Während der Lötung des Drahtes ist ein begrenzter Dochteffekt des Lotes zulässig. Der Dochteffekt des Lotes darf sich jedoch nicht auf einen Teil des Drahtes erstrecken, der flexibel bleiben muss.

8.5.3 Manuelles Aufschmelzlöten

8.5.3.1 Auftragen des Lotes

Es muss genügend Lot auf die Bauelemente oder Leiterplatten oder beide aufgetragen werden, damit während des Aufschmelzens mit Sicherheit eine ausreichende Menge vorhanden ist, um die Anforderungen an das Endprodukt zu erfüllen. Das Auftragen von Lot beinhaltet Dosierzylinder, Nadelübertragung, Lötpaste mit Flussmittel oder Lotvorformteile. Anschlussflächen, auf die Lot mit dem Aufschmelzverfahren aufgetragen wird, müssen vor dem Auftragen des Lotes sauber sein.

8.5.3.2 Aufschmelzverfahren

Die Hersteller müssen ein Aufschmelzlötverfahren festlegen, das innerhalb der Grenzwerte, die für die manuellen Aufschmelzlöteinrichtungen (z. B. Heißluftpistole, Gas, Infrarot) vorgegeben sind, reproduzierbar ist. Eine Betriebsanleitung für das Aufschmelzverfahren muss ausgearbeitet und unterhalten werden, und das Aufschmelzverfahren muss entsprechend dieser Betriebsanleitung durchgeführt werden.

Das Verfahren muss mindestens eine reproduzierbare Zeit-Temperatur-Hüllkurve umfassen, die den Trocknungs-/Entgasungsvorgang (sofern erforderlich) enthält. Aufschmelzverfahren beinhalten Heißluft-/Heißgaspistolen, LötKolben, Heißbügellöten (Thermode) oder Laser-Anwendungen.

8.5.3.3 Abschirmung

Wenn manuelles Aufschmelzlöten angewendet wird, sollte eine ausreichende Abschirmung verwendet werden, so dass benachbarte Bauelemente (neben den zu verbindenden Teilen) nicht beschädigt oder die Lötstellen von benachbarten Bauelementen nicht aufgeschmolzen werden.

9 Anforderungen an die Reinheit

9.1 Allgemeines

Wenn die Kennung des Reinheitsgrades für den Zustand nach dem Löten (siehe 9.6.3.2) die Option C-0 (keine Reinigung der Oberfläche) festlegt, muss die gelötete Baugruppe die Anforderungen der Sichtkontrolle nach 9.5.2 erfüllen, jedoch mit der Ausnahme, dass Flussmittlrückstände erlaubt sind.

Wenn während und nach der Produktion eine Reinigung (gemäß 9.6) gefordert wird, müssen Bauteile, Teile von Baugruppen und Endbaugruppen in einem Zeitrahmen gereinigt werden, der eine geeignete Entfernung von Verunreinigungen (insbesondere Flussmittelresten) gestattet.

Alle zu reinigenden Gegenstände müssen so gereinigt werden, dass schädlicher Wärmeschock und Eindringen der Reinigungsmittel in nicht vollständig gekapselte Bauelemente verhindert wird. Die Reinigung der Baugruppen muss die in dieser Norm festgelegten Reinheitsanforderungen erfüllen.

9.2 Verträglichkeit der Werkstoffe und Ausrüstungen

Reinigungsmittel und -ausrüstungen müssen nach ihrer Fähigkeit ausgewählt werden, sowohl ionische als auch nichtionische Verunreinigungen zu entfernen und dürfen die Eigenschaften der Werkstoffe, Kennzeichnungen oder zu reinigenden Bauteile nicht verschlechtern. Eine Analyse sowie Unterlagen, die die Einhaltung dieser Anforderungen zeigen, müssen für die Nachprüfung verfügbar sein.

9.3 Reinigen vor dem Löten

Die Reinheit der Lötstützpunkte, Anschlussdrähte der Bauelemente, Leiter und Leiterplattenoberflächen muss ausreichen, um die Lötbarkeit zu gewährleisten. Die Reinigung darf die Bauelemente, Anschlussdrähte der Bauelemente oder Leiter nicht beschädigen oder deren Zuverlässigkeit beeinträchtigen. Für das

Reinigungsverfahren C-0 nach dem Löten (keine Reinigung der Oberfläche) muss die Reinigung ausreichend sein, um die Anforderungen für die Endreinigung der fertigen Baugruppe zu erfüllen.

9.4 Reinigen nach dem Löten

9.4.1 Allgemeines

Wenn eine Reinigung erforderlich ist, müssen Flussmittelreste möglichst bald, vorzugsweise innerhalb von 15 Minuten, jedoch nicht später als eine Stunde nach dem Löten entfernt werden. Einige Flussmittel oder Verfahren können früheres Handeln erforderlich machen, um eine hinreichende Entfernung zu erreichen. In Verbindung mit dem Reinigungsmittel dürfen mechanische Hilfen wie Bewegen, Sprühen, Bürsten usw. oder Dampfentfettung und andere Anwendungsverfahren eingesetzt werden. Die Zeitspanne zwischen Löten und Beendigung der Reinigung darf bei Handlötvorgängen verlängert werden, wenn eine Zwischenreinigung durchgeführt wird und die vollständige Reinigung vor Arbeitsschichtende erfolgt.

Interne Anschlüsse von selbstdichtenden Bauteilen (z. B. aufschraumpfbare Lötmitel) sind von den Reinigungsanforderungen dieser Norm ausgenommen, wenn die Lötverbindung durch das Bauteil gekapselt wird.

9.4.2 Ultraschallreinigung

Ultraschallreinigung ist zulässig:

- a) an unbestückten Leiterplatten oder Baugruppen, sofern nur Lötstützpunkte oder Steckverbinder ohne interne Elektronik vorhanden sind, oder
- b) an elektronischen Baugruppen mit elektrischen Bauelementen, sofern dem Vertragspartner Unterlagen für die Nachprüfung zur Verfügung stehen, die zeigen, dass die Anwendung von Ultraschall die mechanische oder elektrische Funktion des zu reinigenden Produktes oder Bauelementes nicht beeinträchtigt.

9.5 Nachweis der Reinheit

9.5.1 Allgemeines

Die Baugruppen müssen die Anforderungen für die Reinheit nach 9.6 erfüllen. Um die Menge der verbleibenden Fremdstoffteilchen und Flussmittelreste sowie andere ionische organische Verunreinigungen zu bestimmen, sind die folgenden Verfahren anzuwenden.

9.5.2 Sichtkontrolle

Wenn die Sichtkontrolle als Bestandteil eines dokumentierten Prozesssteuerungs- und Produktverbesserungssystems durchgeführt wird, muss sie auf einem statistischen Stichprobenverfahren beruhen (siehe 13.2.3). Andernfalls ist eine 100%ige Sichtkontrolle durchzuführen, um das Vorhandensein von Fremdstoffteilchen, wie in 9.6.2 gefordert, oder das Vorhandensein von Flussmitteln und anderen ionischen oder anorganischen Resten, wie in 9.6.3 gefordert, zu ermitteln.

9.5.3 Prüfung

Auf der Grundlage einer willkürlichen Probennahme ist eine periodische Prüfung der Reinheit der Baugruppe nach der Endreinigung (d. h. der Reinigung vor der Beschichtung, dem Verguss oder dem Einbau in die nächst höhere Baugruppe) durchzuführen (siehe 13.2.3), um die Eignung des (der) Reinigungsverfahrens (Reinigungsverfahren) sicherzustellen, wie in 9.6.5 gefordert.

Falls eine Baugruppe die Prüfung nicht besteht, ist das gesamte Los nachzureinigen und eine willkürliche Stichprobe dieses Loses und jedes weiteren Loses, das seit der Durchführung der letzten annehmbaren Reinheitsprüfung gereinigt wurde, zu prüfen. Die Häufigkeit der Prüfungen muss mindestens eine Prüfung in

einer Achtstundenschicht betragen, wenn nicht die Daten des Prozesssteuerungssystems eine Änderung der Häufigkeit begründen.

9.6 Reinheitskriterien

9.6.1 Allgemeines

Die Reinigung der Baugruppen muss insoweit durchgeführt werden, als diese notwendig ist, um

- a) Fremdstoffteilchen, wie in 9.6.2 gefordert, und
- b) Flussmittelrückstände und andere ionische oder organische Verunreinigungen, wie in 9.6.3 gefordert, zu entfernen.

9.6.2 Fremdstoffteilchen

Die Baugruppen müssen frei sein von Schmutz, Flusen, Lotspritzern, Krätze usw. Lotperlen dürfen weder lose aufliegen noch die elektrische Funktion beeinträchtigen. Die Kontrolle auf Fremdstoffteilchen muss in Übereinstimmung mit der Prüfmethodik nach 13.2.2.2 durchgeführt werden.

Lotperlen dürfen die Mindestabstände des elektrischen Schaltungsentwurfes nicht um mehr als 50% verringern und müssen an der Plattenoberfläche fixiert sein. Zusätzlich dürfen nicht mehr als 5 Stück auf 600 mm² auftreten.

9.6.3 Flussmittelrückstände und andere ionische oder organische Verunreinigungen

9.6.3.1 Allgemeines

Anwender und Hersteller müssen die Forderungen an die Reinigung und die zutreffenden Prüfungen für die Reinheit vereinbaren. Zusätzlich müssen die visuellen Anforderungen für Reinheit vereinbart und festgelegt werden.

Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, die Reinheit festzulegen. Der Anwender kann verlangen, die Kennung für den Reinheitsgrad anzuwenden, die die Reinigungsmöglichkeit und Prüfung auf Reinheit nach 9.6.3.2 festlegt. Wenn keine spezifische Kennung für den Reinheitsgrad vorhanden ist, muss die Kennung C-22 gelten, die in den folgenden Abschnitten beschrieben wird. Zusätzlich müssen die visuellen Anforderungen für die Reinheit (nach 9.6.3.3) festgelegt werden.

9.6.3.2 Kennung für den Reinheitsgrad für den Zustand nach dem Löten

Wenn der Anwender eine Kennung für den Reinheitsgrad festlegt, muss er die folgende Form besitzen:

Kennung für den Reinheitsgrad	Reinigungsmöglichkeit	Prüfung auf Reinheit
C	9.6.4	9.6.5

Ein (mindestens) 2-stelliger Code beschreibt die Reinheitsanforderungen für alle in dieser Norm erfassten Baugruppen. Dieser Code beginnt mit dem Buchstaben C, gefolgt von einem Bindestrich und zwei oder mehr Ziffern. Die erste Ziffer stellt die in 9.6.4 beschriebene Reinigungsmöglichkeit dar, die zweite und die folgenden Ziffern geben die in 9.6.5 beschriebenen Anforderungen für die Reinheitsprüfung an. (Falls alle fünf Reinheitsprüfungen gefordert werden, hat die Kennung für den Reinheitsgrad somit insgesamt 6 Ziffern.)

9.6.3.3 Visuelle Anforderungen

Die gereinigten Oberflächen sollten ohne Vergrößerung geprüft werden; sie müssen frei von sichtbaren Flussmittelresten oder anderen Verunreinigungen sein. Auf nicht gereinigten Oberflächen dürfen Flussmittelreste vorhanden sein.

9.6.4 Reinigungsmöglichkeit

Die erste Ziffer der Kennung für den Reinheitsgrad bestimmt die Reinigungsmöglichkeit. Um die Oberflächen der Baugruppe festzulegen, die gereinigt werden sollen, wird eine der folgenden Ziffern benutzt:

0 = Keine der Oberflächen braucht gereinigt zu werden.

1 = Es ist die Seite der Baugruppe zu reinigen, die der Wellenlötung ausgesetzt war.

2 = Es sind beide Seiten der Baugruppe zu reinigen.

9.6.5 Prüfung auf Reinheit

Die zweite und die folgenden Ziffern der Kennung für den Reinheitsgrad bestimmen die Anforderungen für die Reinheitsprüfung. Die folgenden Ziffern dürfen (mit Ausnahme der 0) in beliebiger Kombination verwendet werden:

0 = Es ist keine Prüfung auf Reinheit erforderlich.

1 = Es wird Prüfung auf Kolophoniumrückstände gefordert (9.6.6).

2 = Es wird Prüfung auf ionische Rückstände gefordert (9.6.7 und/oder 9.6.8).

3 = Prüfung auf Oberflächen-Isolationswiderstand (9.6.9).

4 = Prüfung auf andere organische Oberflächenverunreinigungen (9.6.10).

5 = Andere Prüfungen, die durch Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller festgesetzt sind.

9.6.6 Kolophoniumrückstände auf gereinigten Baugruppen

Wenn Kolophoniumflussmittel verwendet werden, sind die Baugruppen wie folgt zu reinigen und zu prüfen.

Die Baugruppen, die gereinigt wurden, sind nach IEC 61189-1 und IEC 61189-3 (siehe Anhang B) zu prüfen und müssen die folgenden Anforderungen für die höchstzulässige Stufe von Kolophoniumflussmittelrückständen erfüllen:

Stufe A: Baugruppen mit weniger als 200 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

Stufe B: Baugruppen mit weniger als 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

Stufe C: Baugruppen mit weniger als 40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

9.6.7 Ionische Rückstände (instrumentelles Verfahren)

Die Baugruppen sind nach IEC 61189-1 und IEC 61189-3 (Ionen-Nachweis von Oberflächenverunreinigungen (dynamisches Verfahren)) oder (Ionen-Nachweis von Oberflächenverunreinigungen (statisches Verfahren), siehe Anhang B) zu prüfen und müssen weniger als 1,56 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ NaCl-Äquivalent an ionischem oder ionisierbarem Flussmittelrückstand enthalten. Andere Verfahren dürfen angewendet werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Nachweisempfindlichkeit des alternativen Verfahrens für ionisierbare Oberflächenverunreinigungen gleich oder besser als die der obengenannten Verfahren ist.

Für den Vergleich der Nachweisempfindlichkeit von Verfahren sollten das Lösemittel, das zur Extraktion des Rückstandes verwendet wird, das Verfahren, das zum Aufbringen des Lösemittels auf die Baugruppe angewendet wird, sowie das Nachweisverfahren für den Rückstand berücksichtigt werden.

9.6.8 Ionische Rückstände (manuelles Verfahren)

Die Baugruppen müssen nach IEC 61189-1 und IEC 61189-3 (Spezifischer Widerstand von Lösemittel-extrakt, siehe Anhang B) geprüft werden. Die Oberflächenverunreinigungen müssen geringer als 1,56 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ Natriumchlorid-(NaCl)-Äquivalent an ionischem oder ionisierbarem Flussmittelrückstand sein. Für gleichwertige Prüfungen dürfen vom Anwender andere annehmbare Werte festgelegt werden.

9.6.9 Oberflächen-Isolationswiderstand (SIR)

Die in genau der gleichen Weise wie die Baugruppen gefertigten Prüflinge sind für die Wirkung der Verunreinigung auf den elektrischen Isolationswiderstand der Leiterplatten bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte nach IEC 61189-1 und IEC 61189-3 (siehe Anhang B) unter Anwendung der Prüfbedingungen der IEC 61189-1 zu prüfen. Die Prüflinge müssen nach dem Löten und/oder nach dem Löten und Reinigen in Abhängigkeit von der Flussmittelklassifizierung einen Widerstand von mindestens 100 MΩ haben. Anwender und Hersteller dürfen Vereinbarungen über andere Prüflinge, Prüfbedingungen und Anforderungen für den Oberflächen-Isolationswiderstand treffen.

9.6.10 Andere Verunreinigungen

Die nach IEC 61189-1 und IEC 61189-3 (siehe Anhang B, Prüfung für den Nachweis von organischen Oberflächenverunreinigungen (betriebsinternes Verfahren)) geprüften Baugruppen dürfen den Höchstwert für die Annahme, der durch Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller festgesetzt wurde, nicht überschreiten.

10 Anforderungen an Baugruppen

10.1 Allgemeines

Die in den Abschnitten 1 bis 8 beschriebenen und festgelegten Leiterplatten, Bauelemente und Verfahren ermöglichen Lötverbindungen, die besser sind als die Mindestanforderungen für die Annahme in diesem Abschnitt. Verfahren und deren Steuerung sollten sichern, dass Produkte gefertigt werden, die die Annahmekriterien für Produkte der Stufe C erfüllen oder überschreiten. Alle Lötverbindungen müssen jedoch die durch den Anwender festgelegten Anforderungen für die Annahme der Erzeugnisstufe (A, B oder C) erfüllen.

10.2 Annahmeanforderungen

10.2.1 Prozesssteuerung

Der Hersteller muss entweder:

- a) einen Prozesssteuerungsplan nach 13.3 haben oder
- b) eine 100%ige Kontrolle, entsprechend den Anforderungen nach 10.3, durchführen. Wenn die Fehler und Prozessindikatoren die in 10.2.2 festgelegten Grenzwerte für Korrekturmaßnahmen für die entsprechende Stufe der Möglichkeiten (10.2.3) überschreiten, muss der Hersteller Korrekturmaßnahmen einleiten, um ihr Auftreten zu reduzieren. Für die Berechnungen von Korrekturmaßnahmen darf einer bestimmten Verbindungsstelle (z. B. Anschlussdraht – Anschlussfläche, Durchkontaktierung, Anschlussdraht in Bohrung) nicht mehr als eine fehlerhafte Eigenschaft (siehe Tabelle 2) oder ein Prozessindikator zugeschrieben werden.

Wenn die in dieser Norm festgelegten Grenzwerte eingehalten werden, ist es wahrscheinlich, dass die Zuverlässigkeit der Lötverbindung in hohem Maße die Erwartungen der Baugruppe erfüllt. Jedoch liegt es in der Verantwortung des Anwenders, die wirklichen Zuverlässigkeitsanforderungen auf Basis von Konstruktion und Gebrauch des Produktes zu bestimmen.

10.2.2 Grenzwerte für Korrekturmaßnahmen

Eine Korrekturmaßnahme muss eingeleitet werden, wenn

- a) die in Tabelle 2 aufgeführten Fehler die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens um 0,3% überschreiten und wenn
- b) die Prozessindikatoren (siehe 4.4) die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens um 3,0% überschreiten.
- c) Es ist mindestens das Auftreten der folgenden Prozessindikatoren zu überwachen: