

DIN EN 50390

ICS 49.060

**Raumfahrt-Produktsicherung –
Handlöten elektrischer Verbindungen hoher Zuverlässigkeit;
Deutsche Fassung EN 50390:2004**

Space product assurance –

The manual soldering of high-reliability electrical connections;

German version EN 50390:2004

Conformité pour les produits spatiaux –

Manuel de soudabilité des connexions électriques de haute fiabilité;

Version allemande EN 50390:2004

Gesamtumfang 72 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-04-01 angenommene EN 50390 gilt als DIN-Norm ab 2005-02-01.

Nationales Vorwort

Zu diesem Dokument wurde ein Kurzverfahren in den DIN-Mitteilungen veröffentlicht.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 684 „Process Management for Avionics“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE 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.

**Raumfahrt-Produktsicherung
Handlöten elektrischer Verbindungen hoher Zuverlässigkeit**

Space product assurance
The manual soldering of high-reliability electrical
connections

Conformité pour les produits spatiaux
Manuel de soudabilité des connexions
électriques de haute fiabilité

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-04-01 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

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

Diese Europäische Norm wurde von der Arbeitsgruppe CENELEC BTF 91-3 „Normung von Raumfahrtteinrichtungen“ ausgearbeitet, deren Arbeit durch 113 BT zum Technischen Komitee CENELEC TC 107X „Process management for avionics“ übertragen wurde.

Sie basiert auf einer früheren Version¹⁾, die von der ECSS-Normungsarbeitsgruppe „Produktsicherung“ ausgearbeitet, vom Technischen ECSS-Ausschuss überprüft und vom ECSS-Lenkungsgremium verabschiedet wurde. Die Europäische Kooperation für Raumfahrtnormung (ECSS) ist eine Kooperation der Europäischen Raumfahrtagentur, nationaler Raumfahrtagenturen und europäischer Industrievereinigungen mit dem Ziel der Ausarbeitung und Pflege von einheitlichen Normen.

Diese Europäische Norm gehört zu einer Reihe von Raumfahrtnormen, die sich mit dem Management, der Technik (Engineering) und der Produktsicherung in Raumfahrtprojekten und -anwendungen befassen.

Diese Europäische Norm formuliert Anforderungen als Festlegungen dessen, was erreicht, und weniger, wie die erforderliche Arbeit organisiert und durchgeführt werden soll. Dadurch können bestehende Organisationsstrukturen und -methoden beibehalten werden, wo sie effektiv sind, und sich weiterentwickeln, soweit erforderlich, ohne die Normen neu abfassen zu müssen.

Bei der Abfassung dieser Europäischen Norm wurde die vorliegende EN-ISO-9000-Normenreihe berücksichtigt.

Der Text des Entwurfs wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-04-01 als EN 50390 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): 2005-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-04-01

¹⁾ ECSS-Q-70-08A.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe und Abkürzungen	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Abkürzungen.....	18
4 Grundlagen und Voraussetzungen für betriebssichere Lötverbindungen.....	18
4.1 Grundlagen.....	18
4.2 Voraussetzungen.....	18
5 Allgemeine Vorbedingungen	19
5.1 Sauberkeit.....	19
5.2 Umgebungsbedingungen	19
5.3 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung	20
5.4 Beleuchtung.....	20
5.5 Geräte und Werkzeuge	20
5.5.1 Bürsten und Pinsel	20
5.5.2 Feilen	20
5.5.3 Schneidwerkzeuge und Zangen.....	20
5.5.4 Biegewerkzeuge	21
5.5.5 Clinchwerkzeuge	21
5.5.6 Abisolierwerkzeuge	21
5.5.7 LötKolben und Geräte zum Widerstandslöten	22
5.5.8 Berührungslose Wärmequellen	22
5.5.9 Weitere Werkzeuge	22
5.5.10 Fehlerhafte oder nichtkalibrierte Geräte oder Werkzeuge	23
6 Werkstoffe.....	23
6.1 Lot.....	23
6.1.1 Form	23
6.1.2 Zusammensetzung	23
6.1.3 Schmelztemperaturen und Anwendung	23
6.2 Flussmittel.....	23
6.2.1 Flussmittel auf Kolophoniumbasis.....	23
6.2.2 Flussmittel auf Säurebasis	23
6.3 Lösemittel	25
6.3.1 Zulässige Lösemittel.....	25
6.3.2 Trocknung.....	25
6.4 Flexible Isolierstoffe	25

	Seite
6.5 Lötstützpunkte.....	25
6.5.1 Bevorzugte Ausführungen	25
6.5.2 Galvanisch verzinnte, versilberte und vergoldete Lötstützpunkte	26
6.5.3 Form von Lötstützpunkten	26
6.6 Drähte	26
6.7 Leiterplatten	26
6.7.1 Platten.....	26
6.7.2 Metallisierte Löcher.....	26
6.7.3 Schutzüberzug aus Zinn/Blei auf Leitern.....	26
6.7.4 Schutzüberzug aus Gold auf Leitern	26
6.8 Umhüllungen, Befestigungskitte und Vergussmassen	27
7 Vorbereitung für das Löten	27
7.1 Vorbehandlung von Leitern, Lötstützpunkten und Lötbechern.....	27
7.1.1 Entfernen der Isolierung	27
7.1.2 Beschädigung der Isolierung	27
7.1.3 Beschädigung von Leitern	27
7.1.4 Abisolierlänge	27
7.1.5 Zu lötende Oberflächen	28
7.1.6 Entgolden und Vorverzinnen von Leitern	28
7.2 Vorbehandlung von Lötensätzen	29
7.2.1 Sichtprüfung.....	29
7.2.2 Wartung	29
7.2.3 Lötensätze aus Kupfer	29
7.2.4 Galvanisierte Lötensätze	29
7.2.5 Lötspitze im Einsatz.....	29
7.3 Elektroden für das Widerstandslöten.....	29
7.4 Handhabung	30
7.5 Aufbewahrung.....	30
7.5.1 Bauelemente.....	30
7.5.2 Leiterplatten	30
7.5.3 Auszusondernde Werkstoffe.....	30
7.5.4 Rückverfolgbarkeit	30
7.6 Trocknung von Leiterplatten	30
8 Montage von Bauelementen.....	30
8.1 Allgemeine Anforderungen	30
8.1.1 Einleitung	30
8.1.2 Schwere Bauelemente.....	30
8.1.3 Bauelemente mit Metallgehäuse	31
8.1.4 Verglaste Bauelemente	31

	Seite
8.1.5 Spannungsentlastung	31
8.1.6 Verstärkte metallisierte Löcher	33
8.1.7 Zuschneiden von Anschlüssen und Drähten	33
8.1.8 Wärmeabgebende Bauelemente	33
8.1.9 Vergossene Bauelemente	33
8.1.10 Schaltdraht	33
8.1.11 Lage der Bauelemente	33
8.1.12 Umhüllung, Verkleben und Einbetten	33
8.2 Biegen von Anschlussdrähten	33
8.2.1 Allgemeines	33
8.2.2 Bauelemente mit durchgesteckten Anschlussdrähten	34
8.2.3 Oberflächenmontierte Bauelemente	34
8.2.4 Anschlüsse mit Verlotung auf beiden Seiten nicht metallisierter Löcher	34
8.2.5 Starre Anschlussdrähte	35
8.3 Montage von Lötstützpunkten	35
8.3.1 Allgemeines	35
8.3.2 Einbauverfahren	35
8.4 Befestigung von Anschlüssen an Leiterplatten	36
8.4.1 Allgemeines	36
8.4.2 Löcher	36
8.4.3 Umgebogene Anschlüsse	38
8.4.4 Gerade durchgesteckte Anschlüsse	38
8.4.5 Überlappte runde Anschlussdrähte	39
8.4.6 Überlappte Flachbandanschlüsse	39
8.4.7 Lötverbindungen bei Oberflächenmontage	40
8.5 Montage von Bauelementen an Lötstützpunkte	41
8.5.1 Allgemeines	41
8.5.2 Vorgaben	42
8.6 Bündelholzmodule	42
8.7 Montage von Steckverbindern an Leiterplatten	42
8.7.1 Allgemeines	42
8.7.2 Vorgaben	42
9 Befestigung von Drähten an Lötstützpunkten, Lötbechern und Kabeln	43
9.1 Allgemeines	43
9.1.1 Drähte	43
9.1.2 Lötstützpunkte	43
9.1.3 Bauelementanschlüsse	43
9.2 Drahtanschlüsse	43
9.2.1 Abreißen von Kabeln	43

	Seite
9.2.2 Kleinste und größte Abisolierlänge	43
9.2.3 Mehrdraht-Anschlüsse	43
9.2.4 Abweichungen	43
9.2.5 Massiver Schaltdraht	43
9.2.6 Spannungsentlastung	44
9.2.7 Mechanische Sicherung	44
9.3 Turm- und Stiftlötstützpunkte	44
9.3.1 Seitlicher Anschluss	44
9.3.2 Anschluss durch den Boden	44
9.4 Gabellötstützpunkte	45
9.4.1 Allgemeines	45
9.4.2 Anschluss durch den Boden	45
9.4.3 Seitlicher Anschluss	46
9.4.4 Anschluss von oben	47
9.4.5 Kombination aus dem Anschluss von oben und durch den Boden	48
9.4.6 Kombination aus seitlichem Anschluss und dem Anschluss durch den Boden	48
9.5 Hakenlötstützpunkte	48
9.6 Perforierte Lötstützpunkte oder Ösen	48
9.7 Lötbecher	50
9.8 Isolierung	50
9.9 Verbindung von Draht und Kabeln	50
9.9.1 Allgemeines	50
9.9.2 Vorbereitung von Drähten	51
9.9.3 Vorbereitung von geschirmten Drähten und Kabeln	51
9.9.4 Vormontage	51
9.9.5 Lötverfahren	51
9.9.6 Reinigung	52
9.9.7 Überprüfung	52
9.9.8 Ausführung	52
9.9.9 Umhüllung von Verbindungen	52
9.10 Verbindung von Litze mit Leiterplatten	52
10 Löten an Lötstützpunkten und Leiterplatten	54
10.1 Allgemeines	54
10.1.1 Sicherung von Draht	54
10.1.2 Schutzabdeckungen und -überzüge	54
10.1.3 Wärmeableiter	54
10.1.4 Hochspannungsverbindungen	54
10.2 Auftragen von Lot auf Lötstützpunkte	54
10.2.1 Löten von Lötstützpunkten mit gebördeltem Flansch auf Leiterplatten	54

	Seite
10.2.2 Löten von Drähten an Lötstützpunkten (ausgenommen Lötbecher)	54
10.2.3 Löten von Drähten an Lötbecher	54
10.3 Auftragen von Lot auf Leiterplatten	54
10.3.1 Lotüberzug	54
10.3.2 Lotfüllungen	55
10.3.3 Löten von Bauelementanschlüssen an metallisierten Löchern	55
10.3.4 Lotauftrag	55
10.4 Dochtwirkung	55
10.5 Nacharbeit	55
11 Reinigung	55
11.1 Allgemeines	55
11.2 Ultraschallreinigung	56
11.3 Nachweis der Reinheit	56
11.3.1 Allgemeines	56
11.3.2 Prüfhäufigkeit	56
11.3.3 Prüfkriterien	56
11.3.4 Prüfung	56
12 Abnahmeprüfung	57
12.1 Allgemeines	57
12.2 Abnahmekriterien	57
12.3 Rückweisungskriterien	57
13 Eignungsprüfung	58
13.1 Allgemeines	58
13.2 Temperaturwechselbeanspruchung	58
13.3 Schwingungsbeanspruchung	58
14 Qualitätssicherung	59
14.1 Allgemeines	59
14.2 Daten	59
14.3 Nichtkonformität/Fehler	59
14.4 Kalibrierung	59
14.5 Rückverfolgbarkeit	59
14.6 Ausführungsstandards	59
14.7 Prüfung	59
14.8 Schulung und Zertifizierung von Löt- und Prüfpersonal	59
Anhang A (informativ) Beispiele für einwandfreie und fehlerhafte Lötverbindungen	61
Bild 1 — Konturen von geeigneten und ungeeigneten Schneidwerkzeugen zum Zuschneiden von Anschlüssen	21
Bild 2 — Nicht zugelassene Abisolierwerkzeuge	22
Bild 3 — Bauelementanschlüsse mit Spannungsentlastung auf Leiterplatten	32

	Seite
Bild 4 — Mindestbiegeradius bei Anschlüssen	34
Bild 5 — Anschluss von oberflächenmontierten Bauelementen	34
Bild 6 — Anschlüsse mit Verlötung auf beiden Seiten	35
Bild 7 — Lötstützpunkt mit gebördeltem Flansch	36
Bild 8 — Anschluss mit umgebogenem Draht für nicht metallisierte Löcher	37
Bild 9 — Anschluss mit umgebogenem Draht für metallisierte Löcher	37
Bild 10 — Gerade durchgesteckte Anschlüsse De-golding	39
Bild 11 — Überlappte Anschlüsse bei Durchsteckmontage	40
Bild 12 — Masse für überlappte Anschlüsse bei Oberflächenmontage (nicht alle nach dem Löten messbar)	41
Bild 13 — Spannungsentlastung bei der Befestigung von Teilen an Lötstützpunkten	42
Bild 15 — Anschlüsse durch den Boden an Gabellötstützpunkte	46
Bild 16 — Seitlicher Anschluss an einen Gabellötstützpunkt	47
Bild 17 — Anschluss von oben an einen Gabellötstützpunkt	48
Bild 18 — Anschlüsse an Hakenlötstützpunkte	49
Bild 19 — Anschlüsse an perforierte Lötstützpunkte	49
Bild 20 — Anschlüsse an Lötbecher	50
Bild 21 — Verfahren zur Drahtsicherung	52
Bild 22 — Befestigung von Litze an Leiterplatten	53
Bild A.1 — Lötverbindungen mit umgebogenem Drahtende	61
Bild A.2 — Lötverbindungen an Stiftlötstützpunkten	62
Bild A.3 — Lötverbindungen an Turmlötstützpunkten	63
Bild A.4 — Lötverbindungen an Turmlötstützpunkten	64
Bild A.5 — Lötverbindungen an Gabellötstützpunkten	65
Bild A.6 — Lötverbindungen an Hakenlötstützpunkten	66
Bild A.7 — Lötverbindungen an Lötbechern	67
Bild A.8 — Handlötung an Verbindungen mit geschirmtem Kabel	68
Bild A.9 — Handlötung an Verbindungen mit geschirmtem Kabel	69
Bild A.10 — Fehler bei handgelöteten Drahtverbindungen	70
 Tabelle 1 — Chemische Zusammensetzung von Loten in der Raumfahrttechnik	 24
Tabelle 2 — Leitfaden zur Lotauswahl	24
Tabelle 3 — Abisolierlänge	28
Tabelle 4 — Masse für Bild 22	53
Tabelle 5 — Werte für Reinheitsprüfung	56
Tabelle 6 — Mindestanforderungen für Schwingungsprüfungen	58

Einleitung

Diese Norm basiert im Wesentlichen auf Empfehlungen der National Aeronautics and Space Administration und der Fachleute der Löttechnik in Europa. Abweichungen davon sind auf die spezifischen Anforderungen an geringfügig ausgasende elektrische Systeme, die für wissenschaftliche und kommerzielle Satelliten benötigt werden, abgestellt. Auch wurden der technische Fortschritt und Ergebnisse metallurgischer Untersuchungen berücksichtigt. Die in dieser Norm beschriebenen Verfahren und die Ausführung gelten als ausreichend für normale Anforderungen in der Raumfahrt.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt technische Anforderungen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung für das Handlöten elektrischer Verbindungen mit hoher Zuverlässigkeit für den Einsatz in der Raumfahrt und zugehörigen Einrichtungen fest.

Die in dieser Norm gestellten Anforderungen stellen eine hohe Zuverlässigkeit handgelöteter elektrischer Verbindungen sicher, die sowohl den normalen Bedingungen auf dem Boden wie auch der Schwingungsbelastung bei mehrfacher Erdbeschleunigung und unter den im Weltraum herrschenden Bedingungen standhalten sollen. Diese Norm gilt für die zu verwendenden Werkzeuge, Werkstoffe, die Konstruktion und die Ausführung. Es werden Annahme- und Rückweisungskriterien angegeben und Festlegungen zur Ausführung getroffen, die es ermöglichen, zwischen einwandfreier und fehlerhafter Arbeit zu entscheiden.

Das Schwalllöten und die Oberflächenmontage werden in anderen Dokumenten behandelt und sind nach den Festlegungen in der jeweiligen Norm zu beurteilen.

2 Normative Verweisungen

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

EN 13291-2, *Raumfahrt-Produktsicherung – Teil 2: Qualitätssicherung*

EN 13291-3, *Raumfahrt-Produktsicherung – Teil 3: Werkstoffe, Bauteile und Prozesse*

EN 13701, *Raumfahrtsysteme – Glossar*

EN 14097, *Raumfahrt-Produktsicherung – Beanstandungswesen*

EN 100015-1:1992, *Schutz von elektrostatisch gefährdeten Bauelementen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

ECSS-Q-70-02, *Raumfahrt-Produktsicherung – Thermovakuum-Ausgasungstest zur Beurteilung von Werkstoffen der Raumfahrttechnik*

ECSS-Q-70-10²⁾, *Raumfahrt-Produktsicherung – Qualifikation von Leiterplatten*

ECSS-Q-70-11²⁾, *Raumfahrt-Produktsicherung – Lieferung von Mehrlagen-Leiterplatten*

ECSS-Q-70-28²⁾, *Raumfahrt-Produktsicherung – Reparatur und Veränderung von Leiterplattenbaugruppen*

ECSS-Q-70-38²⁾, *Raumfahrt-Produktsicherung – Löten von SMT- und Mischtechnik-Leiterplatten mit hoher Zuverlässigkeit*

ECSS-Q-70-71²⁾, *Raumfahrt-Produktsicherung – Angaben zur Auswahl von Werkstoffen in der Raumfahrt*

EN 29453 (mod), *Weichlote – Chemische Zusammensetzung und Leiterformen (ISO 9453)*

ISO EN 29454, *Flussmittel zum Weichlöten – Einteilung und Anforderungen*

J-STD-004, *Requirements for soldering fluxes*

²⁾ In Vorbereitung.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Begriffe nach EN 13701 und folgende Begriffe.

3.1.1

Basislaminat

siehe „Basismaterial“

3.1.2

Gabellötstützpunkt

Lötstützpunkt mit Schlitz oder Spalt, in den Drähte oder Anschlüsse vor dem Löten eingeführt werden

3.1.3

Löteinsatz

auswechselbarer Wärmespeicher eines Lötkolbens

3.1.4

Blase

örtlich begrenzte Schichtentrennung

3.1.5

Brückenbildung

Lot oder Umhüllung zwischen Teilen, Bauelementanschlüssen oder dem Basismaterial, das bzw. die einen erhöhten Steg bildet (siehe „Hohlkehle“)

3.1.6

Kabel

zwei oder mehr isolierte Volldraht- oder Litzenleiter gleicher Länge mit gemeinsamer Ummantelung oder zwei oder mehr isolierte Leiter gleicher Länge, die ohne gemeinsame Ummantelung miteinander verdreht oder vergossen sind, oder ein isolierter Leiter mit einer umhüllenden Metallabschirmung oder einem Außenleiter (geschirmtes Kabel oder Koaxialkabel)

3.1.7

abgeplatzte Anschlussdichtung

beschädigte Glas-Metall-Dichtung eines Bauelementgehäuses

ANMERKUNG Beschädigung tritt häufig beim Zurichten des Anschlusses auf.

3.1.8

Reinraum

Raum, in dem die Konzentration von Partikeln in der Luft geregelt ist und der so aufgebaut und verwendet wird, dass die Einleitung, Erzeugung und Zurückhaltung von Teilchen im Raum so gering wie möglich gehalten wird, und in dem weitere Parameter, z. B. Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck wie erforderlich geregelt werden

3.1.9

umgebogener Anschluss

Draht oder Bauelementanschluss, der durch eine Leiterplatte hindurchgeführt und dann umgebogen wird, um den Kontakt mit dem Lötauge der Leiterplatte herzustellen

3.1.10

kalte Lötstelle

Lötverbindung, bei der das Lot ein stückiges, runzliges Aussehen hat und Anzeichen eines mangelhaften Fließens oder einer mangelhaften Benetzung aufweist

ANMERKUNG Eine kalte Lötstelle kann glänzend oder matt, jedoch nicht körnig aussehen. Sie zeigt gewöhnlich scharfe Grenzlinien und keinen durchgehend glatten Übergang zwischen dem Lot und den zu verbindenden Flächen. Diese Linien werden entweder durch ungenügende Erwärmung oder dadurch hervorgerufen, dass ein Bereich der zu verbindenden Flächen die Löttemperatur nicht erreicht.

3.1.11**Kolophonium**

siehe „Harz“

3.1.12**Bauelement**

Bauteil mit einer elektronischen, elektrischen oder elektromechanischen Funktion, das aus einem oder mehreren miteinander verbundenen Teilen besteht und gewöhnlich nicht ohne Zerstörung demontiert werden kann

ANMERKUNG Typische Beispiele für Bauelemente sind Transistoren, integrierte Schaltungen, Hybridschaltungen und Kondensatoren.

3.1.13**Bauelementanschluss**

Volldraht, der aus einem Bauelement herausragt und als Verbindung zu einem weiteren Bauelement dient

3.1.14**Löten durch Wärmeleitung**

Lötverfahren mit einem LötKolben zur Übertragung von Wärme auf die Lötfläche

3.1.15**Leiter**

Volldraht oder Litze oder Anschlussstelle an einer Leiterplatte, der/die als elektrische Verbindung zwischen Anschlüssen dient

3.1.16**Umhüllung**

dünnere Schutzüberzug, der sich der Form des/der überzogenen Bauelements/Baugruppe anpasst

3.1.17**Verbindung**

elektrischer Anschluss

3.1.18**Kontaktwinkel**

Winkel zwischen Halbebenen, die tangential zu einer Flüssigkeitsoberfläche und einer Grenzfläche zwischen Festkörper und Flüssigkeit an ihrem Schnittpunkt liegen

ANMERKUNG Diese Definition gilt auch für den Kontaktwinkel von flüssigem Lot, das sich in Kontakt mit einer festen Metalloberfläche befindet. Der Kontaktwinkel kann näherungsweise nach Erstarrung des Lots durch Schattenprojektion oder in anderer Weise durch Messen bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, dass der Kontaktwinkel immer der Winkel innerhalb der Flüssigkeit ist.

3.1.19**Verunreinigung**

Partikel, Flüssigkeiten, Gase, Stoffe und Mikroorganismen, die durch ihre Anwesenheit das Verhalten eines Teils oder Elements negativ beeinflussen können

3.1.20**Bündelholzschialtung**

Schaltungsaufbau, in dem die Bauelemente zwischen und senkrecht zu zwei Leiterplatten oder leitenden Netzen befestigt sind

3.1.21**Korrosion**

Qualitätsminderung eines Metalls durch chemische oder elektrochemische Reaktion mit seiner Umwelt

3.1.22**gebrochene Lötverbindung**

Lötverbindung, die innerhalb des Lots gerissen oder gebrochen ist

3.1.23

Gewebetrennung

Zustand im Basismaterial einer Leiterplatte in Form von verbundenen weißen Flecken oder „Kreuzen“ auf oder unter der Oberfläche des Basismaterials, die auf die Trennung von Fasern im Glasgewebe zurückzuführen sind, an Gewebekreuzungen auftreten und gewöhnlich durch mechanische Beanspruchungen verursacht werden

3.1.24

Delaminierung

großflächige Trennung von Leiterplattenschichten (Harz von Glas), die ihren Ursprung am Rand eines Lochs oder der Kante der Platte hat oder darauf zuläuft

3.1.25

Entnetzen

Zustand einer Lötfläche, auf der flüssiges Lot nicht fest haftet und der durch eine scharfe Grenze zwischen Lot und Leiter oder Lot und Lötstützpunkt oder Anschlussfläche charakterisiert ist (oft als matte Oberfläche mit Inseln von dickerem glänzenden Lot zu erkennen)

3.1.26

diskretes Bauelement

aktives oder passives kompaktes elektronisches Bauteil (z. B. Widerstände, Kondensatoren, Drosseln, Dioden, Transistoren)

3.1.27

gestörte Lötverbindung

unzureichende Verbindung infolge Relativbewegung zwischen Leiter und Anschlussstelle während des Erstarrens des Lots

3.1.28

Metallschaum

Schaum, der sich auf der Oberfläche vom geschmolzenem Metall bildet

ANMERKUNG Er kann auf flüssigem Lot Verunreinigungen oder Oxidationsprodukte enthalten.

3.1.29

elektrische Verbindung

leitende Verbindung in elektrischen oder elektronischen Stromkreisen

3.1.30

Einbettmasse

Masse aus elektrisch nichtleitendem Stoff gegen Umwelteinflüsse, von der die Hohlräume zwischen elektrischen Bauelementen vollständig eingenommen und ausgefüllt werden

3.1.31

eutektische Legierung

Legierung aus zwei oder mehr Metallen mit einem ausgeprägten Schmelzpunkt

ANMERKUNG Ein eutektisches Lot ist eine Zinn-Blei-Legierung mit 63 % Sn und 37 % Pb, die bei 183 °C schmilzt.

3.1.32

Verbindung mit Lotüberschuss

unzureichende Verbindung, bei der das Lot die Struktur der Verbindung verdeckt oder keine Beurteilung des wahren Benetzungswinkels zulässt

3.1.33

Löthülse

ein in eine Leiterplatte eingefügtes röhrenförmiges Metallteil, dessen beide Enden angestaucht oder gewalzt sind

3.1.34**Hohlkehle**

Form eines glatten konkaven Materials zwischen zwei Oberflächen (z. B. Lotkehle zwischen einem Bauelementanschluss und einem Lötauge oder Lötstützpunkt bzw. Hohlkehle aus Umhüllungsmaterial zwischen einem Bauelement und der Leiterplatte)

3.1.35**Flachgehäuse (Flatpack)**

Bezeichnung zur Beschreibung des Aussehens einer integrierten Schaltung, die in einer dünnen rechteckigen Umhüllung hermetisch abgeschlossen ist und flache in einer Ebene liegende Anschlüsse hat

3.1.36**Flussmittel**

Material, das beim Löten den Oxidfilm entfernt, die Oberfläche gegen Oxidation schützt und bewirkt, dass das Lot die zu verbindenden Oberflächen benetzt

3.1.37**Flussmittelwirkung**

Eigenschaft eines Flussmittels, durch die der kleinste Kontaktwinkel zwischen geschmolzenem Lot und einer festen Oberfläche ermöglicht wird (siehe auch „Kolophonium“)

3.1.38**Flussmittelteilchen**

kleinstes Teilchen eines Flussmittlrückstands von gelbem oder manchmal weißlich durchscheinendem Aussehen

ANMERKUNG Erscheint unter ultravioletterem Licht gewöhnlich weißlich grün.

3.1.39**gebrochene Lötverbindung**

Lötverbindung, die innerhalb des Lots gerissen oder gebrochen ist (siehe 3.1.22)

3.1.40**Glasmeniskus**

Glaskehle der Dichtung eines äußeren Anschlusses am Gehäuse

3.1.41**Hofbildung (Haloing)**

Zustand im Basismaterial einer Leiterplatte, bei dem sich um Löcher oder andere mechanisch bearbeitete Bereiche aufgehellte Flächen auf oder unter der Oberfläche des Basismaterials bilden

3.1.42**luftdichter Abschluss**

Dichtung, die eine gekapselte Schaltung gegen das Eindringen von Verunreinigungen, wie Wasserdampf, und folglich gegen Korrosion schützt

3.1.43**Hakenlötstützpunkt**

Lötstützpunkt in Form eines Hakens

3.1.44**Hybridmikroschaltung**

Bauelement mit der Funktion einer elektronischen Schaltung, das aus einem Dickschicht- oder Dünnschichtnetzwerk auf einem Substrat (Basismaterial) mit auf ihm befestigten aktiven oder passiven Chipbauelementen besteht

3.1.45**Eiszapfen**

siehe 3.1.70

3.1.46

integrierte Schaltung

kompakte Funktionsschaltung, die durch Aufbringen eines aktiven oder passiven elektronischen Elements auf ein Substrat (Basismaterial) entsteht

3.1.47

Durchkontaktierung

Leiter, der Leiterbilder zwischen entgegengesetzten Seiten einer Leiterplatte verbindet (gewöhnlich ein metallisiertes Loch oder ein metallischer Draht)

3.1.48

überlappter Anschluss

Verbinden oder Verschmelzen von zwei sich überlappenden Metalloberflächen mit Lot ohne weitere mechanische Befestigung oder Halterung

3.1.49

Maserbildung („measling“)

Zustand im Basismaterial einer Leiterplatte in Form voneinander getrennter weißer Punkte oder „Kreuze“ unter der Oberfläche des Basismaterials, bei denen Fasern im Glasgewebe an der Gewebekreuzung getrennt sind

ANMERKUNG Beim Löten kann Maserbildung durch übermäßige Wärmezufuhr hervorgerufen werden.

3.1.50

Mehrlagen-Leiterplatte

Produkt aus aufeinander folgenden Laminaten von Leiterplattenbasismaterial und Isolierstoffen, die durch gleichzeitige Anwendung von Wärme und Druck vor dem Bohren und Galvanisieren von Löchern miteinander verbunden sind (siehe auch „Leiterplatte“)

3.1.51

überhitzte Lötverbindung

Verbindung, in der das Lot glänzend oder matt erscheinen kann, die jedoch auch ein kristallines Aussehen hat und eine Kornstruktur aufweist, die durch überlangen Kontakt mit einem LötKolben, eine zu starke Wärmequelle oder wiederholte Nacharbeit hervorgerufen wird

3.1.52

Lötauge

Anschluss einer leitenden Oberfläche auf einer Leiterplatte, an den Anschlüsse (bzw. Anschlussdrähte) zum Erzeugen einer elektrischen Verbindungen gelötet werden

ANMERKUNG Dieser wird bei Anschluss eines stromführenden Leiters als funktional oder, bei Isolierung des Lötauges, als nichtfunktional bezeichnet.

3.1.53

Pore

kleine lochartige Vertiefung im Lot

3.1.54

Grübchen

kleine Löcher oder scharfkantige Vertiefungen in der Oberfläche des Lots

ANMERKUNG Grübchen können durch Ausblasen von eingeschlossenem oder überhitztem Flussmittel entstehen.

3.1.55

metallisiertes Loch

ein metallisiertes Loch entsteht durch Metallauftrag auf die Wandung eines Lochs

ANMERKUNG Es wird verwendet, um einem gelöteten Anschluss eine zusätzliche mechanische Festigkeit zu geben oder eine elektrische Verbindung auf einer beidseitig beschichteten oder Mehrlagen-Leiterplatte herzustellen.

3.1.56**poröse Lötverbindung**

Lötverbindung mit (infolge Überhitzung) zahlreichen Grübchen und körniger Oberfläche

3.1.57**Vergussmasse**

in der Regel elektrisch nichtleitende Masse zum Einbetten von oder als Füllstoff zwischen Bauelementen, Leitern oder Baugruppen

3.1.58**Leiterplatte**

Produkt, bei dem von einer oder beiden Oberflächen eines kupferkaschierten Basismaterials durch selektives Ätzen von überschüssigem Kupfer das vorgesehene Schaltungsbild hergestellt wird, das anschließend einen Lot- oder Goldüberzug erhält

ANMERKUNG Die Bezeichnung „Leiterplatte“ umfasst folgende Gruppen:

- einseitig beschichtete Leiterplatten;
- starre oder flexible, beidseitig beschichtete Leiterplatten;
- starre oder starr-flexible Mehrlagen-Leiterplatten.

3.1.59**Reparatur**

an einem fehlerhaften Produkt mit dem Ziel ausgeführte Maßnahme, dass es die Anforderungen für den beabsichtigten Gebrauch erfüllen wird, obwohl es die ursprünglich festgelegten Anforderungen möglicherweise nicht erfüllt

[ISO 8402:1994]

ANMERKUNG 1 Reparatur ist eine der Arten der Behandlung eines fehlerhaften Produkts.

ANMERKUNG 2 Reparatur schließt auch eine Abhilfemaßnahme zur Wiederherstellung eines früher fehlerfreien, nun aber fehlerhaften Produkts für den Gebrauch ein (z. B. als Teil einer Instandhaltung).

3.1.60**Harz**

gewöhnlich transparente und gelbliche bis braune natürliche Substanz

ANMERKUNG Harze entstehen bei Pflanzenausscheidungen und sind in organischen Lösemitteln, jedoch nicht in Wasser, löslich. „Harz“ ist ein Gattungsname; beim Weichlöten wird die Benennung „Kolophonium“ benutzt.

3.1.61**Widerstandslöten**

Lötverfahren mit Stromfluss zwischen zwei Elektroden durch die zu lötende Fläche hindurch

3.1.62**Nacharbeit**

an einem fehlerhaften Produkt mit dem Ziel ausgeführte Maßnahme, dass es die festgelegten Anforderungen erfüllen wird

[ISO 8402:1994]

ANMERKUNG Nacharbeit ist eine der Arten der Behandlung eines fehlerhaften Produkts.

3.1.63**Kolophonium**

natürliches Harz, das als Rückstand aus Kiefernharz gewonnen wird, nachdem das Terpentinöl entfernt wurde. Es besteht hauptsächlich aus Abietinsäure und verwandten Harzsäuren und einem Rest aus Harzsäureestern

ANMERKUNG 1 Es ist nicht korrosiv und elektrisch nichtleitend.

ANMERKUNG 2 Kolophonium ist der Grundbestandteil bei der Gruppe der Kolophonium-Flussmittel (siehe ISO EN 29454).

3.1.64

Kolophoniumeinschluss

unzureichende Lötverbindung, in die das Kolophonium eingeschlossen ist

3.1.65

Abschirmung

metallische Umhüllung, die einen oder mehrere Drähte, Kabel, Kabelgruppen oder eine Kombination aus Drähten und Kabeln umschließt und die zur Vermeidung oder Verringerung der Übertragung elektrischer Energie zu oder von den umhüllten Leitern dient

ANMERKUNG Die Abschirmung enthält auch eine Isolierung, die die metallische Umhüllung bedecken kann.

3.1.66

Weichlot

schmelzbare Legierung aus zwei oder mehr Nichteisenmetallen (gewöhnlich Zinn und Blei), die in geschmolzenem Zustand zum Verbinden oder Verschmelzen metallischer Oberflächen und zur Herstellung einer elektrischen Verbindung mit niedrigem elektrischem Widerstand verwendet wird

3.1.67

Lötbarkeit

Eigenschaft einer Oberfläche, sich mit geschmolzenem Lot benetzen zu lassen

ANMERKUNG Zur Beurteilung der Lötbarkeit gibt es genormte Prüfverfahren. Oberflächen besitzen eine „gute Lötbarkeit“, wenn nach den Verfahren dieser Norm eine Benetzung innerhalb von 3 s erreicht wird und eine Entnetzung nicht unter 8 s auftritt.

3.1.68

Lotüberzug

dünne gleichmäßige Lotschicht auf einer Oberfläche

3.1.69

Lötbecher

an einem Ende verschlossener hohler zylindrischer Lötstützpunkt, der einen oder mehrere Leiter aufnehmen kann

3.1.70

Eiszapfen

kegelförmige Lotspitze oder scharfkantige Lötstelle, die gewöhnlich durch vorzeitige Kühlung und Erstarrung von Lot beim Entfernen der Wärmequellen entstanden ist

3.1.71

Lötauge

Anschlussfläche auf einer Leiterplatte

3.1.72

Weichlöten

Verbinden metallischer Oberflächen mit Lot ohne direktes Schmelzen der Grundmetalle

3.1.73

Lötdauer

Zeit, die notwendig ist, eine Oberfläche unter festgelegten Bedingungen mit Lot zu benetzen

3.1.74

Befestigungskitt

elektrisch nichtleitender Kleber zur Lagefixierung eines Bauelements oder Gegenstands

3.1.75

Spannungslinien

„Linien oder Falten parallel zur Montagefläche“ deuten gewöhnlich auf eine lange Lötdauer oder zu hohe Löttemperaturen oder auch auf Nacharbeit hin; sie werden wahrscheinlich beim Löten durch

Dehnungsunterschiede zwischen dem sich stärker ausdehnenden Leiterplattenbasismaterial und dem sich weniger stark ausdehnenden metallischen Material der Verbindung hervorgerufen

3.1.76

Spannungslinien

„Linien senkrecht zur Montagefläche“ werden gewöhnlich hervorgerufen, wenn der Lötensatz zu langsam von einer noch flüssigen Lötverbindung entfernt wird

3.1.77

Spannungsentlastung

Verfahren oder Hilfsmittel zur Minimierung mechanischer Spannungen an gelöteten Anschlüssen oder Bauelementen

ANMERKUNG Im Allgemeinen in Form eines Bogens oder einer Schleife aus Massivdraht oder Litze in einem Bauelementanschluss, um den Abbau von Spannungen zwischen Anschlüssen, die durch Bewegung oder Wärmeausdehnung hervorgerufen werden können, zu erreichen.

3.1.78

Stiftlötstützpunkt

auf einer Leiterplatte stehender, durch diese hindurchgeführter Drahtanschluss

3.1.79

Basismaterial

tragender Isolierstoff, auf den die Elemente einer Schaltung aufgetragen oder montiert werden

3.1.80

Heftlot

Verwendung von Lot für die provisorische Verbindung eines Anschlusses mit einem Anschlusspunkt

3.1.81

Anschlussfläche

Leiterplattenlötauge

Lötauge

leitende Oberfläche auf einer Leiterplatte zur Herstellung elektrischer Verbindungen

3.1.82

Wärmeableiter

Mittel mit guter Wärmeleitung zur Ableitung der Wärme von einem zu lötenden Gegenstand

3.1.83

Verzinnen

Überziehen einer Oberfläche vor ihrer Verwendung in einer Lötverbindung mit einer gleichmäßigen Lotschicht

3.1.84

Lötspitze

Kontaktfläche des vordersten Teils des Lötensatzes

3.1.85

Turmlötstützpunkt

runder pfostenartiger gerillter Bolzen, um den Draht vor dem Löten gewickelt wird

3.1.86

normalsichtiges Auge

Auge mit Sehschärfe 6/6 (metrisch) nach Snellen, einschließlich Brille, die zur Korrektur von Fehlsichtigkeit auf die Sehschärfe 6/6 (metrisch) erforderlich ist

ANMERKUNG Schließt jedoch keine Mikroskope, Lupen oder andere Vergrößerungseinrichtungen ein.

3.1.87

Gewebefreilegung

Oberflächenzustand des Leiterplattenlaminats, bei dem das unversehrte Textilglasgewebe nicht gleichmäßig mit Harz bedeckt ist

3.1.88

Benetzen

durch gleichmäßige, flache Ränder und einen kleinen Benetzungswinkel gekennzeichnetes Fließen und Haften einer Flüssigkeit auf einer festen Oberfläche

3.1.89

Dochtwirkung („wicking“)

Fließen geschmolzenen Lots oder Reinigungsmittels durch Kapillarwirkung

ANMERKUNG Dochtwirkung tritt beim Löten von Litze auf, wobei das Lot in die Litze hineingezogen wird, jedoch gewöhnlich an der Außenfläche der Litze nicht sichtbar ist. Die Dochtwirkung kann auch innerhalb des Bogens zur Spannungsentlastung bei Bauelementanschlüssen auftreten.

3.1.90

Draht

einzelner metallischer Leiter aus Volldraht oder Litze zum Führen von Strom in einer elektrischen Schaltung, ohne metallische(n) Überzug, Umhüllung oder Abschirmung

ANMERKUNG In dieser Norm wird die Benennung „Draht“ im Sinne von „isolierter elektrischer Draht“ verwendet.

3.2 Abkürzungen

In dieser Europäischen Norm gelten folgende Abkürzungen.

Abkürzung	Bedeutung
------------------	------------------

AWG	Drahtdurchmesser (US-Bezeichnung)
-----	-----------------------------------

RF	HF (Hochfrequenz)
----	-------------------

4 Grundlagen und Voraussetzungen für betriebssichere Lötverbindungen

4.1 Grundlagen

- Zur Herstellung betriebssicherer Lötverbindungen bedarf es des richtigen Designs, der Verwendung geeigneter Werkzeuge und Werkstoffe, einer geeigneten Arbeitsumgebung und einer sorgfältigen Ausführung.
- Damit solche Verbindungen einwandfrei funktionieren und ein Versagen vermieden wird, sind folgende Grundsätze zu beachten:
 - Konstruktiv muss eine Spannungsentlastung sichergestellt sein, so dass Lötverbindungen nicht unangemessen thermisch oder mechanisch beansprucht werden.
 - Ist eine ausreichende Spannungsentlastung nicht möglich, so ist die Lötverbindung zu verstärken.
 - Werkstoffe sind so zu wählen, dass der Unterschied der Wärmeausdehnungskoeffizienten von miteinander verbundenen Teilen möglichst gering ist.
 - Werkstoffe und Prozesse, die Versprödung hervorrufen können, sind zu vermeiden.
 - Lötverbindungen müssen so konstruiert sein, dass sie leicht prüfbar sind.

4.2 Voraussetzungen

- Jeder Auftragnehmer hat ein dokumentiertes Lötprogramm verantwortlich durchzuführen, das hinsichtlich der in den betreffenden Erzeugnissen verwendeten Lötverbindungen den Anforderungen dieser Norm genügt. Im Lötprogramm müssen Verfahren hinsichtlich der Schulung, Zertifizierung, Überwachung des

zertifizierten Status, Neuzertifizierung und Widerruf der Zertifizierung für das Löt- und Prüfpersonal festgelegt sein. Der Auftragnehmer muss weiterhin Standards für die Ausführung herstellen und in Form einer ausreichenden Anzahl von Arbeitsmustern und Anschauungsmaterialien zugänglich machen, an denen sich die für die betreffenden Lötverbindungen geforderten Qualitätseigenschaften erkennen lassen. Auch sind zum Vergleich die bildlichen Darstellungen in dieser Norm, wenn erforderlich, mit Ergänzungen zu verwenden.

- b) Anhand von Aufzeichnungen muss sich für ein bestimmtes Produkt der Lötter identifizieren lassen. Weiterhin sind Aufzeichnungen zur Schulung, Prüfung und Zertifizierung des Personals zu führen. Die Aufzeichnungen sind entsprechend den Festlegungen des Projektvertrags, jedoch mindestens 10 Jahre aufzubewahren.
- c) Geräte und Lötwerkzeuge sind auf Funktionstüchtigkeit zu prüfen oder regelmäßig zu kalibrieren; über die Werkzeugkalibrierung sind Aufzeichnungen zu führen.
- d) Werden an die Lötarbeiten Anforderungen gestellt, die über diese Norm hinausgehen, muss der Auftragnehmer dem Endkunden zur Zustimmung nach EN 13291-3 eine Beschreibung des Prozessablaufs vorlegen, aus dem alle jeweiligen Qualitätsanforderungen hervorgehen.
- e) Die Verfahren zur Herstellung und Montage der zu verlötenden Bauelemente und Wahl und Einsatz von Werkzeugen müssen dieser Norm entsprechen.
- f) Bauelemente, Lötstützpunkte und Leiter sind nach dieser Norm zu montieren und abzustützen. Diese Anforderung gilt bei Baugruppen für den Betrieb im Temperaturbereich von -55 °C bis $+80\text{ °C}$. Der Betrieb von Teilen außerhalb dieses Bereichs oder unter anderen außergewöhnlichen Umweltbedingungen erfordert besondere konstruktive Maßnahmen.
- g) Bei Lötverbindungen, die nicht in dieser Norm behandelt werden, ist vor ihrer Zulassung für Fluggeräte anhand repräsentativer Muster die Eignung nachzuweisen (siehe Abschnitt 13).
- h) Das Löt- und Prüfpersonal muss geschult und zertifiziert sein.

5 Allgemeine Vorbedingungen

5.1 Sauberkeit

- a) Sofern sie nicht als Reinraum klassifiziert sind, müssen Bereiche, in denen gelötet wird, sauber und ordentlich gehalten werden; es darf kein loses Material (z. B. Schmutz, Staub, Lotreste, Öl, Drahtreste) vorhanden sein, das zu einer Verunreinigung der Lötverbindung führen kann. Die Möbelausstattung in diesen Bereichen muss sparsam und so ausgeführt sein, dass ein leichtes und gründliches Reinigen des Fußbodens möglich ist.
- b) Waschräume und Einrichtungen zum Essen, Trinken und Rauchen sind getrennt vom Arbeitsbereich, jedoch nahe von diesem, unterzubringen.
- c) Arbeitsflächen sind mit einem leicht zu reinigenden harten Überzug zu versehen oder müssen eine auswechselbare Oberfläche aus sauberem, nicht korrosivem silikonfreiem Papier haben.
- d) Lötwerkzeuge müssen sauber sein; vor dem Löten ist überschüssiges Schmierfett zu entfernen.
- e) Vor der Montage sind Draht, Lötstützpunkte und Steckverbinderkontakte durch Sichtprüfung auf Sauberkeit, das Vorhandensein von Ölsuren, Verfärbung oder Korrosion zu untersuchen.
- f) Handhabung und Lagerung von elektronischen Bauelementen müssen 7.4 bzw. 7.5 entsprechen.

5.2 Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen für den Lötbereich müssen geregelt sein, um das Eindringen von Verunreinigungen möglichst zu verhindern. Die Raumtemperatur muss ständig $(22 \pm 3)\text{ °C}$, die relative Luftfeuchte $(55 \pm 10)\%$ betragen.

Arbeitsplätze müssen frei von Zugluft sein; Frischluft ist dem Raum über ein Filtersystem zuzuführen. Im Raum muss gegenüber den Nachbarräumen Überdruck herrschen; deshalb ist die Entlüftung zu regeln.

5.3 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung

Siehe auch EN 100015-1. Für das Löten von Bauelementen, die sich statisch aufladen (z. B. Metalloxid-halbleiter-Bauelemente, Mikrowellenhalbleiter, Präzisionsspannungsregler), ist bei der Herstellung, Montage, dem Löten und Reinigen der Bauelemente Folgendes zu beachten. Vorrangiges Ziel ist dabei die Verhinderung einer statischen Aufladung und die Vermeidung von Potentialdifferenzen, indem Personal, Geräte und Einrichtungen sowie Bauelementanschlüsse auf demselben Potential, d. h. Erde, gehalten werden.

- a) Arbeitstische sind mit einer elektrostatisch ableitenden Oberfläche zu versehen, die mit Erde zu verbinden ist. Der Widerstand zwischen Tischoberfläche und Erde muss zwischen 50 k Ω und 2 M Ω liegen. Beim Umgang mit empfindlichen Teilen ist eine geerdete Handgelenkschleife zu verwenden, die über einen Widerstand von 1 M Ω mit Erde zu verbinden ist.
- b) Arbeitsstühle sind mit einem Überzug aus Baumwolle oder einem leitenden Material zu versehen.
- c) Elektrisch betriebene Einrichtungen sind zu erden. Es ist ein Erdschlussschutzschalter zu installieren.
- d) Es sind Schutzkleidung und Schutzhandschuhe aus behandelten (leitenden) Kunstfasern zu tragen.
- e) (z. B. Montagehilfen) sollten nach Möglichkeit leitend sein. Die statische Aufladung von nichtleitenden Teilen kann mit ionisierter Luft neutralisiert werden.
- f) Lötensätze sind zu erden.
- g) Bauelemente müssen möglichst lange im Lieferzustand (z. B. auf leitenden Haltern und Schaumstoff) verbleiben. Die Verpackung des einzelnen Bauelements darf erst am Arbeitsplatz entfernt werden. Behälter, die gegenüber elektrostatischer Aufladung empfindliche Bauelemente enthalten, müssen entsprechend gekennzeichnet sein.

5.4 Beleuchtung

Die Helligkeit auf der Arbeitsfläche muss mindestens 1 080 lux betragen. Mindestens 90 % des Arbeitsbereichs müssen schattenfrei sein und dürfen nicht reflektieren.

5.5 Geräte und Werkzeuge

5.5.1 Bürsten und Pinsel

Zum Reinigen dürfen halbharte Bürsten oder Pinsel mit Natur- oder Kunstborsten verwendet werden, vorausgesetzt, dass die zu reinigenden Metalloberflächen damit nicht zerkratzt oder benachbarte Teile nicht so beschädigt werden, dass die in der Sichtprüfung zu prüfenden Anforderungen nicht mehr erfüllt sind. Sie sollten durch die verschiedenen Lösemittel zur Reinigung der Leiterplatten nicht angegriffen werden. Bürsten sind in einem Lösemittel nach 6.3.1 regelmäßig zu reinigen. Drahtbürsten dürfen nicht verwendet werden.

5.5.2 Feilen

Es dürfen keine Feilen zum Zurichten von Lötensätzen aus Kupfer verwendet werden. Im Arbeitsbereich sind Feilen nicht erlaubt.

5.5.3 Schneidwerkzeuge und Zangen

Um Stöße auf empfindliche Teile zu vermeiden, müssen Schneidwerkzeuge zum Zuschneiden von Leiterdraht und Bauelementanschlüssen scharf schneiden und durchweg eine saubere, ebene und glatte Schnittkante erzeugen. Beim Schneidvorgang darf kein Verdrehen des Drahts oder Anschlusses auftreten. Bild 1 zeigt geeignete und ungeeignete Schneidkantenkonturen und ihre Anwendung. Schneidkanten von Zangen sind regelmäßig auf Beschädigung zu überprüfen und scharf zu halten. Zur Befestigung oder Entfernung von Leiterdraht oder Bauelementanschlüssen dürfen lange Elektronikzangen oder Pinzetten verwendet werden.