



IPC-A-610G DE

# Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

Im Falle eines Konfliktes zwischen der englischsprachigen und einer übersetzten Version dieses Dokumentes hat die englischsprachige Version den Vorrang.

Entwickelt von der IPC-A-610 Task Group (7-31b) des Acceptability Subcommittee (7-31) des Product Assurance Committee (7-30) des IPC.

## Übersetzt durch:

Tech.TransLat Roman Meier, Dipl.-Ing.  
Roman Meier, [www.techtranslat.de](http://www.techtranslat.de)  
Trainalytics GmbH, Dr. Thomas Ahrens,  
[www.trainalytics.de](http://www.trainalytics.de)

## Ersetzt:

IPC-A-610F WAM1 -  
Februar 2016  
IPC-A-610F - Juli 2014  
IPC-A-610E - April 2010  
IPC-A-610D - Februar 2005  
IPC-A-610C - Januar 2000  
IPC-A-610B - Dezember 1994  
IPC-A-610A - März 1990  
IPC-A-610 - August 1983

Die Anwender dieser Richtlinie sind aufgefordert, an der Entwicklung künftiger Versionen mitzuarbeiten.

Kontakt

IPC

# Inhaltsverzeichnis

<p><b>1 Allgemeines</b> ..... 1-1</p> <p><b>1.1 Anwendungsbereich</b> ..... 1-2</p> <p><b>1.2 Zweck</b> ..... 1-3</p> <p><b>1.3 Klassifizierung</b> ..... 1-3</p> <p><b>1.4 Maßeinheiten und Anwendungen</b> ..... 1-3</p> <p>1.4.1 Überprüfung der Abmessungen ..... 1-3</p> <p><b>1.5 Definition der Anforderungen</b> ..... 1-3</p> <p>1.5.1 Abnahmekriterien ..... 1-4</p> <p>1.5.1.1 Anzustreben (Idealzustand) ..... 1-4</p> <p>1.5.1.2 Zulässig (abnahmefähig) ..... 1-4</p> <p>1.5.1.3 Fehler (nicht abnahmefähig) ..... 1-4</p> <p>1.5.1.3.1 Disposition (Handlungsanweisung) ..... 1-4</p> <p>1.5.1.4 Prozessindikator ..... 1-4</p> <p>1.5.1.5 Kombinierte Zustände ..... 1-4</p> <p>1.5.1.6 Nicht festgelegte Zustände ..... 1-5</p> <p>1.5.1.7 Sonderkonstruktionen ..... 1-5</p> <p><b>1.6 Prozesskontrollmethoden</b> ..... 1-5</p> <p><b>1.7 Rangordnung der Dokumente</b> ..... 1-5</p> <p>1.7.1 Abschnittsbezugnahme ..... 1-5</p> <p>1.7.2 Anhänge ..... 1-5</p> <p><b>1.8 Fachbegriffe und Definitionen</b> ..... 1-5</p> <p>1.8.1 Leiterplatten-Orientierung ..... 1-5</p> <p>1.8.1.1 *Primärseite ..... 1-5</p> <p>1.8.1.2 *Sekundärseite ..... 1-5</p> <p>1.8.1.3 Lot-Quellseite ..... 1-6</p> <p>1.8.1.4 Lot-Zielseite ..... 1-6</p> <p>1.8.2 *Kalte Lötstelle ..... 1-6</p> <p>1.8.3 Durchmesser ..... 1-6</p> <p>1.8.4 Elektrischer Isolationsabstand ..... 1-6</p> <p>1.8.5 Ablagerungen von Fremdpartikeln (FOD) ..... 1-6</p> <p>1.8.6 Hochspannung ..... 1-6</p> <p>1.8.7 Intrusivlöten ..... 1-6</p> <p>1.8.8 Verriegelungsmechanismus ..... 1-6</p> <p>1.8.9 Meniskus (Bauteil) ..... 1-6</p> <p>1.8.10 *Nichtfunktionale Anschlussfläche ..... 1-6</p> <p>1.8.11 Pin-in-Paste ..... 1-6</p> <p>1.8.12 Lotkugeln ..... 1-6</p> <p>1.8.13 *Spannungs-/Zugentlastung ..... 1-6</p> <p>1.8.14 Drahtüberlappung ..... 1-7</p> <p>1.8.15 Drahtüberwicklung ..... 1-7</p> <p><b>1.9 Anforderungskette</b> ..... 1-7</p> <p><b>1.10 Fertigkeiten und Kenntnisse der Mitarbeiter</b> ..... 1-7</p>	<p><b>1.11 Abnahmeanforderungen</b> ..... 1-7</p> <p><b>1.12 Inspektionsmethoden</b> ..... 1-7</p> <p>1.12.1 Beleuchtung ..... 1-7</p> <p>1.12.2 Vergrößerungshilfen ..... 1-8</p> <p><b>2 Anwendbare Dokumente</b> ..... 2-1</p> <p><b>2.1 IPC Dokumente</b> ..... 2-1</p> <p><b>2.2 Gemeinsame Industrie-Dokumente</b> ..... 2-1</p> <p><b>2.3 Electrostatic Association Dokumente</b> ..... 2-2</p> <p><b>2.4 JEDEC</b> ..... 2-2</p> <p><b>2.5 Dokumente der Internationalen Elektrotechnischen Kommission</b> ..... 2-2</p> <p><b>2.6 ASTM</b> ..... 2-2</p> <p><b>2.7 Militärische Richtlinien</b> ..... 2-2</p> <p><b>3 Handhabung elektronischer Baugruppen</b> ..... 3-1</p> <p><b>3.1 EOS/ESD-Schutzmaßnahmen</b> ..... 3-2</p> <p>3.1.1 Elektrische Überlast (EOS) ..... 3-3</p> <p>3.1.2 Elektrostatische Entladung (ESD) ..... 3-4</p> <p>3.1.3 Warnkennzeichen ..... 3-5</p> <p>3.1.4 Schutzmaterialien ..... 3-6</p> <p><b>3.2 EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze/EPA</b> ..... 3-7</p> <p><b>3.3 Handhabung</b> ..... 3-9</p> <p>3.3.1 Richtlinien ..... 3-9</p> <p>3.3.2 Physische Beschädigung ..... 3-10</p> <p>3.3.3 Verunreinigung/Kontamination ..... 3-10</p> <p>3.3.4 Elektronische Baugruppen ..... 3-11</p> <p>3.3.5 Nach dem Löten ..... 3-11</p> <p>3.3.6 Handschuhe und Fingerlinge ..... 3-12</p> <p><b>4 Montage- und Befestigungsteile</b> ..... 4-1</p> <p><b>4.1 Einbau von Montage- und Befestigungsteilen</b> ..... 4-2</p> <p>4.1.1 Elektrischer Isolationsabstand ..... 4-2</p> <p>4.1.2 Beeinträchtigungen ..... 4-3</p> <p>4.1.3 Bauteilmontage – Leistungsbauteile ..... 4-4</p> <p>4.1.4 Kühlkörper ..... 4-6</p> <p>4.1.4.1 Isolierkörper und wärmeleitende Verbindungsschichten ..... 4-6</p> <p>4.1.4.2 Kontaktfläche ..... 4-8</p> <p>4.1.5 Schraubverbindungen und sonstige gewindetragende Befestigungsteile ..... 4-9</p> <p>4.1.5.1 Drehmoment ..... 4-11</p> <p>4.1.5.2 Drähte ..... 4-13</p>
--	---

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>4.2 Gewindebolzen-Montage</b> ..... 4-15</p> <p><b>4.3 Steckverbinder-Kontakte</b> ..... 4-16</p> <p>4.3.1 Kontakte für Direktstecker-Buchsenleisten .... 4-16</p> <p>4.3.2 Einpress-Kontakte ..... 4-17</p> <p>4.3.2.1 Löten ..... 4-20</p> <p><b>4.4 Kabelbaumsicherung</b> ..... 4-23</p> <p>4.4.1 Allgemeines ..... 4-23</p> <p>4.4.2 Garnbindung ..... 4-26</p> <p>4.4.2.1 Beschädigung ..... 4-27</p> <p><b>4.5 Kabelführung – Drähte und Kabelbäume</b> ..... 4-28</p> <p>4.5.1 Drahtkreuzungen ..... 4-28</p> <p>4.5.2 Biegeradien ..... 4-29</p> <p>4.5.3 Koaxialkabel ..... 4-30</p> <p>4.5.4 Abschluss nicht verwendeter Drähte ..... 4-31</p> <p>4.5.5 Bindestellen über Spleißen und Hülsen ..... 4-32</p> <p><b>5 Lötstellen</b> ..... 5-1</p> <p><b>5.1 Abnahmekriterien für Lötstellen</b> ..... 5-3</p> <p><b>5.2 Lötstellenanomalien</b> ..... 5-4</p> <p>5.2.1 Freiliegendes Basismetall ..... 5-4</p> <p>5.2.2 Nadellöcher/Ausbläser ..... 5-6</p> <p>5.2.3 Reflow der Lotpaste ..... 5-7</p> <p>5.2.4 Nichtbenetzung ..... 5-8</p> <p>5.2.5 Kalte Lötstelle/Kolophonium-Verbindung ..... 5-9</p> <p>5.2.6 Entnetzung ..... 5-9</p> <p>5.2.7 Überschusslot ..... 5-10</p> <p>5.2.7.1 Lotkugeln ..... 5-11</p> <p>5.2.7.2 Brückenbildung ..... 5-12</p> <p>5.2.7.3 Spinnweben/Lotspritzer ..... 5-13</p> <p>5.2.8 Lotstörung ..... 5-14</p> <p>5.2.9 Risse im Lot ..... 5-15</p> <p>5.2.10 Lotzapfen ..... 5-16</p> <p>5.2.11 Abgehobene Lötstelle bei bleifreiem Lot ..... 5-17</p> <p>5.2.12 Warmriss/Schrumpfriss/Lunker bei bleifreiem Lot ..... 5-18</p> <p>5.2.13 Testnadel-Abdrücke und andere ähnliche Oberflächenzustände in Lötstellen ..... 5-19</p> <p>5.2.14 Teilweise sichtbare oder verdeckte Lötverbindungen ..... 5-20</p> <p><b>6 Anschlüsse</b> ..... 6-1</p> <p><b>6.1 Genietete Verbindungen</b> ..... 6-3</p> <p>6.1.1 Anschlüsse ..... 6-3</p> <p>6.1.1.1 Ablösung zwischen Anschlussbasis und Anschlussfläche ..... 6-3</p> <p>6.1.1.2 Turmlötstützpunkt ..... 6-5</p> <p>6.1.1.3 Gabellötstützpunkt ..... 6-6</p>	<p>6.1.2 Bördelflansch ..... 6-7</p> <p>6.1.3 Spreizflansch ..... 6-8</p> <p>6.1.4 Definierte Spalte ..... 6-9</p> <p>6.1.5 Lötstellen ..... 6-10</p> <p><b>6.2 Isolierung</b> ..... 6-12</p> <p>6.2.1 Beschädigungen ..... 6-12</p> <p>6.2.1.1 Vor dem Löten ..... 6-12</p> <p>6.2.1.2 Nach dem Löten ..... 6-14</p> <p>6.2.2 Abstand der Isolierung ..... 6-15</p> <p>6.2.3 Isolierung ..... 6-17</p> <p>6.2.3.1 Montage ..... 6-17</p> <p>6.2.3.2 Beschädigungen ..... 6-19</p> <p><b>6.3 Leiter</b> ..... 6-20</p> <p>6.3.1 Verformungen ..... 6-20</p> <p>6.3.2 Beschädigungen ..... 6-21</p> <p>6.3.2.1 Litze ..... 6-21</p> <p>6.3.2.2 Massivdraht ..... 6-22</p> <p>6.3.3 Einzeldraht-Aufspreizung – Vor dem Löten ..... 6-22</p> <p>6.3.4 Einzeldraht-Aufspreizung – Nach dem Löten ..... 6-23</p> <p>6.3.5 Verzinnung ..... 6-24</p> <p><b>6.4 Serviceschleifen</b> ..... 6-26</p> <p><b>6.5 Spannungs-/Zugentlastung</b> ..... 6-27</p> <p>6.5.1 Drahtbündel ..... 6-27</p> <p>6.5.2 Bauteilanschluss-/Drahtbiegung ..... 6-28</p> <p><b>6.6 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung – Allgemeine Anforderungen</b> ..... 6-30</p> <p><b>6.7 Lötstellen – Allgemeine Anforderungen</b> ..... 6-31</p> <p><b>6.8 Turmlötstützpunkte und gerade Stifte</b> ..... 6-33</p> <p>6.8.1 Bauteilanschluss/Draht-Montage ..... 6-33</p> <p>6.8.2 Lötverbindung ..... 6-35</p> <p><b>6.9 Gabellötstützpunkte</b> ..... 6-36</p> <p>6.9.1 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung – Zuführung von der Seite ..... 6-36</p> <p>6.9.2 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung – Fixierte Drähte ..... 6-39</p> <p>6.9.3 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung – Zuführung von oben oder unten ..... 6-40</p> <p>6.9.4 Lötverbindung ..... 6-41</p> <p><b>6.10 Geschlitzte Lötstützpunkte</b> ..... 6-44</p> <p>6.10.1 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung ..... 6-44</p> <p>6.10.2 Lötverbindung ..... 6-45</p>
---	--

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>6.11 Gestanzt/Gelocht</b> ..... 6-46</p> <p>6.11.1 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung ..... 6-46</p> <p>6.11.2 Lötverbindung ..... 6-48</p> <p><b>6.12 Hakenanschlüsse</b> ..... 6-49</p> <p>6.12.1 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung ..... 6-49</p> <p>6.12.2 Lötverbindung ..... 6-51</p> <p><b>6.13 Löthülsen</b> ..... 6-52</p> <p>6.13.1 Bauteilanschluss/Draht-Zuführung ..... 6-52</p> <p>6.13.2 Lötverbindung ..... 6-54</p> <p><b>6.14 Drähte der Stärke AWG 30 und dünner – Bauteilanschluss/Draht-Zuführung</b> ..... 6-56</p> <p><b>6.15 Seriell verbunden</b> ..... 6-57</p> <p><b>6.16 Kantenclips – Position</b> ..... 6-58</p> <p><b>7 Durchsteckmontage-Technologie</b> ..... 7-1</p> <p><b>7.1 Bauteilmontage</b> ..... 7-2</p> <p>7.1.1 Orientierung ..... 7-2</p> <p>7.1.1.1 Orientierung – Horizontal ..... 7-3</p> <p>7.1.1.2 Orientierung – Vertikal ..... 7-5</p> <p>7.1.2 Bauteilanschlussformung ..... 7-6</p> <p>7.1.2.1 Biegeradius ..... 7-6</p> <p>7.1.2.2 Abstand zwischen Versiegelung/ Schweißstelle und Biegung ..... 7-7</p> <p>7.1.2.3 Spannungs-/Zugentlastung ..... 7-8</p> <p>7.1.2.4 Beschädigungen ..... 7-10</p> <p>7.1.3 Bauteilanschlüsse kreuzen Leiterbahnen ..... 7-11</p> <p>7.1.4 Behinderung des Lotdurchstiegs in Löchern ..... 7-12</p> <p>7.1.5 DIP/SIP-Bauteile und -Sockel ..... 7-13</p> <p>7.1.6 Radiale Bauteilanschlüsse – Vertikal ..... 7-15</p> <p>7.1.6.1 Abstandshalter ..... 7-16</p> <p>7.1.7 Radiale Bauteilanschlüsse – Horizontal ..... 7-18</p> <p>7.1.8 Steckverbinder ..... 7-19</p> <p>7.1.8.1 Rechter Winkel ..... 7-21</p> <p>7.1.8.2 Gerade Stiftstecker mit Kragen und gerade Buchsen-Steckverbinder ..... 7-22</p> <p>7.1.9 Leitfähige Gehäuse ..... 7-23</p> <p><b>7.2 Bauteilsicherung</b> ..... 7-23</p> <p>7.2.1 Montageclips ..... 7-23</p> <p>7.2.2 Befestigung durch Kleben ..... 7-25</p> <p>7.2.2.1 Kleben – Nicht-hochgesetzte Bauteile ..... 7-26</p> <p>7.2.2.2 Kleben – Hochgesetzte Bauteile ..... 7-29</p> <p>7.2.3 Sonstige Bauteile ..... 7-30</p> <p><b>7.3 Metallisierte Löcher</b> ..... 7-31</p> <p>7.3.1 Axiale Bauteilanschlüsse – Horizontal ..... 7-31</p> <p>7.3.2 Axiale Bauteilanschlüsse – Vertikal ..... 7-33</p> <p>7.3.3 Bauteilanschluss/Draht-Restlänge ..... 7-35</p>	<p>7.3.4 Bauteilanschluss/Draht-Umbiegung (Clinch) ..... 7-36</p> <p>7.3.5 Lötverbindung ..... 7-38</p> <p>7.3.5.1 Lotdurchstieg (vertikale Füllung) (A) ..... 7-41</p> <p>7.3.5.2 Lot-Zielseite – Bauteilanschluss zur Hülse (B) ..... 7-43</p> <p>7.3.5.3 Lot-Zielseite – Restringbedeckung (C) ..... 7-45</p> <p>7.3.5.4 Lot-Quellseite – Bauteilanschluss zur Hülse (D) ..... 7-46</p> <p>7.3.5.5 Lot-Quellseite – Restringbedeckung (E) ..... 7-47</p> <p>7.3.5.6 Zustand der Lötverbindung – Lot in der Bauteilanschlussbiegung ..... 7-48</p> <p>7.3.5.7 Zustand der Lötverbindung – Lot berührt den Körper eines Durchsteckmontage- Bauteils ..... 7-49</p> <p>7.3.5.8 Zustand der Lötverbindung – Bauteil-Lackmeniskus im Lot ..... 7-50</p> <p>7.3.5.9 Kürzung des Drahtüberstands nach dem Löten ..... 7-52</p> <p>7.3.5.10 Isolierung beschichteter Drähte im Lot ..... 7-53</p> <p>7.3.5.11 Verbindungslöcher ohne Bauteilanschlüsse – Vias ..... 7-54</p> <p>7.3.5.12 Leiterplatte auf Leiterplatte ..... 7-55</p> <p><b>7.4 Nicht-metallisierte Löcher</b> ..... 7-58</p> <p>7.4.1 Axiale Bauteilanschlüsse – Horizontal ..... 7-58</p> <p>7.4.2 Axiale Bauteilanschlüsse – Vertikal ..... 7-59</p> <p>7.4.3 Bauteilanschluss/Draht-Restlänge ..... 7-60</p> <p>7.4.4 Bauteilanschluss/Draht-Umbiegung (Clinch) ..... 7-61</p> <p>7.4.5 Lötverbindung ..... 7-63</p> <p>7.4.6 Kürzung der Bauteilanschluss-Restlänge nach dem Löten ..... 7-65</p> <p><b>7.5 Drahtbrücken</b> ..... 7-66</p> <p>7.5.1 Drahtauswahl ..... 7-66</p> <p>7.5.2 Drahtverlegung ..... 7-67</p> <p>7.5.3 Drahtbefestigung mittels Kleber ..... 7-69</p> <p>7.5.4 Metallisierte Löcher ..... 7-71</p> <p>7.5.4.1 Metallisierte Löcher – Anschluss im Loch ..... 7-71</p> <p>7.5.5 Befestigung mit Wicklung ..... 7-72</p> <p>7.5.6 Überlappungslötung ..... 7-73</p> <p><b>8 Oberflächenmontierte Baugruppen</b> ..... 8-1</p> <p><b>8.1 Fixierungskleber</b> ..... 8-3</p> <p>8.1.1 Klebebefestigung des Bauteils ..... 8-3</p> <p>8.1.2 Mechanische Sicherung ..... 8-4</p> <p><b>8.2 SMT-Bauteilanschlüsse</b> ..... 8-6</p> <p>8.2.1 Kunststoff-Bauteile ..... 8-6</p> <p>8.2.2 Beschädigungen ..... 8-6</p> <p>8.2.3 Flachpressung ..... 8-7</p>
---	--

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>8.3 SMT-Lötverbindungen</b> ..... 8-7</p> <p><b>8.3.1 Chip-Bauteile – Nur Unterseitenanschlüsse</b> ..... 8-8</p> <p>8.3.1.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-9</p> <p>8.3.1.2 Endüberhang (B) ..... 8-10</p> <p>8.3.1.3 Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-11</p> <p>8.3.1.4 Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-12</p> <p>8.3.1.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E) ..... 8-13</p> <p>8.3.1.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-13</p> <p>8.3.1.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-14</p> <p>8.3.1.8 Endüberlappung (J) ..... 8-14</p> <p><b>8.3.2 Chip-Bauteile mit rechteckigen oder quadratischen Endflächen – Anschlüsse an 1, 2, 3 oder 5 Seiten</b> ..... 8-15</p> <p>8.3.2.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-16</p> <p>8.3.2.2 Endüberhang (B) ..... 8-18</p> <p>8.3.2.3 Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-19</p> <p>8.3.2.4 Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-21</p> <p>8.3.2.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E) ..... 8-22</p> <p>8.3.2.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-23</p> <p>8.3.2.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-24</p> <p>8.3.2.8 Endüberlappung (J) ..... 8-25</p> <p>8.3.2.9 Anschlussvarianten ..... 8-26</p> <p>8.3.2.9.1 Montage in Seitenlage (Billboarding) ..... 8-26</p> <p>8.3.2.9.2 Montage in Rückenlage ..... 8-28</p> <p>8.3.2.9.3 Gestapelte Bauteile ..... 8-29</p> <p>8.3.2.9.4 Grabsteineffekt (Tombstoning) ..... 8-30</p> <p>8.3.2.10 Mittenanschlüsse ..... 8-31</p> <p>8.3.2.10.1 Lotbreite der Seitenanschlüsse ..... 8-31</p> <p>8.3.2.10.2 Minimale Höhe der Seitenanschluss-Lötstelle ..... 8-32</p> <p><b>8.3.3 Zylindrische Endkappen-Anschlüsse</b> ..... 8-33</p> <p>8.3.3.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-34</p> <p>8.3.3.2 Endüberhang (B) ..... 8-35</p> <p>8.3.3.3 Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-36</p> <p>8.3.3.4 Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-37</p> <p>8.3.3.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E) ..... 8-38</p> <p>8.3.3.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-39</p> <p>8.3.3.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-40</p> <p>8.3.3.8 Endüberlappung (J) ..... 8-41</p> <p><b>8.3.4 Anschlussflächen in Einbuchtungen</b> ..... 8-42</p> <p>8.3.4.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-43</p> <p>8.3.4.2 Endüberhang (B) ..... 8-44</p> <p>8.3.4.3 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-44</p> <p>8.3.4.4 Minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-45</p> <p>8.3.4.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E) ..... 8-45</p> <p>8.3.4.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-46</p> <p>8.3.4.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-46</p>	<p><b>8.3.5 Flache Gullwing-Anschlüsse</b> ..... 8-47</p> <p>8.3.5.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-47</p> <p>8.3.5.2 Spitzenüberhang (B) ..... 8-51</p> <p>8.3.5.3 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-52</p> <p>8.3.5.4 Minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-54</p> <p>8.3.5.5 Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E) ..... 8-56</p> <p>8.3.5.6 Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ..... 8-57</p> <p>8.3.5.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-58</p> <p>8.3.5.8 Koplanarität ..... 8-59</p> <p><b>8.3.6 Runde oder abgeflachte (geprägte) Gullwing-Anschlüsse</b> ..... 8-60</p> <p>8.3.6.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-61</p> <p>8.3.6.2 Spitzenüberhang (B) ..... 8-62</p> <p>8.3.6.3 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-62</p> <p>8.3.6.4 Minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-63</p> <p>8.3.6.5 Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E) ..... 8-64</p> <p>8.3.6.6 Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ..... 8-65</p> <p>8.3.6.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-66</p> <p>8.3.6.8 Minimale Höhe der Lötstelle an der Seite (Q) ..... 8-66</p> <p>8.3.6.9 Koplanarität ..... 8-67</p> <p><b>8.3.7 „J“-Anschlüsse</b> ..... 8-68</p> <p>8.3.7.1 Seitenüberhang (A) ..... 8-68</p> <p>8.3.7.2 Spitzenüberhang (B) ..... 8-70</p> <p>8.3.7.3 Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-70</p> <p>8.3.7.4 Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-72</p> <p>8.3.7.5 Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E) ..... 8-73</p> <p>8.3.7.6 Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ..... 8-74</p> <p>8.3.7.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-76</p> <p>8.3.7.8 Koplanarität ..... 8-76</p> <p><b>8.3.8 Stoßlötstellen/I-Anschlüsse</b> ..... 8-77</p> <p>8.3.8.1 Modifizierte Anschlüsse der Durchsteckmontage-Technologie ..... 8-77</p> <p>8.3.8.1.1 Maximaler Seitenüberhang (A) ..... 8-78</p> <p>8.3.8.1.2 Spitzenüberhang (B) ..... 8-78</p> <p>8.3.8.1.3 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-79</p> <p>8.3.8.1.4 Minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-79</p> <p>8.3.8.1.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E) ..... 8-79</p>
--	---

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p>8.3.8.1.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-80</p> <p>8.3.8.1.7 Lotspaltdicke (G) ..... 8-80</p> <p>8.3.8.2 Anschlüsse in Solder-Charge- Technologie ..... 8-81</p> <p>8.3.8.2.1 Maximaler Seitenüberhang (A) ..... 8-82</p> <p>8.3.8.2.2 Maximaler Spitzenüberhang (B) ..... 8-82</p> <p>8.3.8.2.3 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-83</p> <p>8.3.8.2.4 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-83</p> <p><b>8.3.9 Flache Anschlussfahnen und flache, nicht-geformte Anschlüsse</b> ..... 8-84</p> <p><b>8.3.10 Hohe Bauteile mit Anschlüssen nur auf der Unterseite</b> ..... 8-86</p> <p><b>8.3.11 Nach innen geformte, L-förmige Band- Anschlüsse</b> ..... 8-87</p> <p><b>8.3.12 Oberflächenmontierte Bauteile mit flächig angeordneten Anschlüssen</b> ..... 8-89</p> <p>8.3.12.1 Ausrichtung ..... 8-90</p> <p>8.3.12.2 Lotkugelabstand ..... 8-90</p> <p>8.3.12.3 Lötverbindungen ..... 8-91</p> <p>8.3.12.4 Fehlstellen/Poren ..... 8-93</p> <p>8.3.12.5 Unterfüllung/Fixierung ..... 8-93</p> <p>8.3.12.6 Gehäusestapel (Package-on-Package) ..... 8-94</p> <p><b>8.3.13 Bauteile mit Unterseiten-Anschlüssen (BTC)</b> ..... 8-96</p> <p><b>8.3.14 Bauteile mit unterseitigen Anschlüssen an wärmeableitenden Flächen</b> ..... 8-98</p> <p><b>8.3.15 Verbindungen mit abgeflachten Stiften</b> ..... 8-100</p> <p>8.3.15.1 Maximaler Anschlussüberhang – Quadratische Löt-Anschlussfläche ..... 8-100</p> <p>8.3.15.2 Maximaler Anschlussüberhang – Runde Löt-Anschlussfläche ..... 8-101</p> <p>8.3.15.3 Maximale Höhe der Lötstelle ..... 8-101</p> <p><b>8.3.16 P-förmige Verbindungen</b> ..... 8-102</p> <p>8.3.16.1 Maximaler Seitenüberhang (A) ..... 8-103</p> <p>8.3.16.2 Maximaler Spitzenüberhang (B) ..... 8-103</p> <p>8.3.16.3 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-104</p> <p>8.3.16.4 Minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-104</p> <p>8.3.16.5 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-105</p> <p><b>8.4 Spezielle SMT-Anschlüsse</b> ..... 8-106</p> <p><b>8.5 Steckverbinder für Oberflächenmontage</b> ..... 8-107</p>	<p><b>8.6 Drahtbrücken</b> ..... 8-108</p> <p>8.6.1 SMT ..... 8-109</p> <p>8.6.1.1 Chip-Bauteile und Bauteile mit zylindrischen Endkappen ..... 8-109</p> <p>8.6.1.2 Gullwing ..... 8-110</p> <p>8.6.1.3 J-förmige Anschlüsse ..... 8-111</p> <p>8.6.1.4 Anschlussflächen in Einbuchtungen (Castellations) ..... 8-111</p> <p>8.6.1.5 Leiterplatten-Anschlussfläche ..... 8-112</p> <p><b>9 Bauteilbeschädigungen</b> ..... 9-1</p> <p><b>9.1 Verlust der Metallisierung</b> ..... 9-2</p> <p><b>9.2 Chipwiderstand – Widerstandselement</b> ..... 9-3</p> <p><b>9.3 Bauteile mit/ohne Anschlussbeine(n)</b> ..... 9-4</p> <p><b>9.4 Keramische Chipkondensatoren</b> ..... 9-8</p> <p><b>9.5 Steckverbinder</b> ..... 9-10</p> <p><b>9.6 Relais</b> ..... 9-13</p> <p><b>9.7 Magnetische Bauteile</b> ..... 9-13</p> <p><b>9.8 Steckverbinder, Griffe, Auszugshebel, Verriegelungen</b> ..... 9-14</p> <p><b>9.9 Kontakte für Direktstecker-Buchsenleisten</b> ..... 9-15</p> <p><b>9.10 Einpress-Steckerstifte</b> ..... 9-16</p> <p><b>9.11 Steckerstifte in Rückwandverdrahtungsplatten (Backplane)</b> ..... 9-17</p> <p><b>9.12 Kühlkörper</b> ..... 9-18</p> <p><b>9.13 Gewindetragende Teile</b> ..... 9-19</p> <p><b>10 Leiterplatten und Baugruppen</b> ..... 10-1</p> <p><b>10.1 Lotfreie Kontaktbereiche</b> ..... 10-2</p> <p>10.1.1 Verunreinigung ..... 10-2</p> <p>10.1.2 Beschädigung ..... 10-4</p> <p><b>10.2 Laminatzustände</b> ..... 10-4</p> <p>10.2.1 Fleckenbildung und Gewebezerrüttung ..... 10-5</p> <p>10.2.2 Blasenbildung und Delaminierung ..... 10-7</p> <p>10.2.3 Oberflächen-Gewebestruktur/ Gewebeaustritt ..... 10-9</p> <p>10.2.4 Hofbildung ..... 10-10</p> <p>10.2.5 Kantendelaminierung, Kerben und Gewebezerrüttung ..... 10-12</p> <p>10.2.6 Verbrennungen ..... 10-14</p> <p>10.2.7 Wölbung und Verwindung ..... 10-15</p> <p>10.2.8 Vereinzelung ..... 10-16</p> <p><b>10.3 Leiterbahnen/Anschlussflächen</b> ..... 10-18</p> <p>10.3.1 Reduzierung ..... 10-18</p> <p>10.3.2 Abgehoben ..... 10-19</p> <p>10.3.3 Mechanische Beschädigungen ..... 10-21</p>
---	---

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>10.4 Flexible und starr-flexible Leiterplatten</b> ..... 10-22</p> <p>10.4.1 Beschädigungen ..... 10-22</p> <p>10.4.2 Delaminierung/Blasenbildung ..... 10-24</p> <p>10.4.2.1 Flexibler Bereich ..... 10-24</p> <p>10.4.2.2 Übergang Flex zu Versteifung ..... 10-25</p> <p>10.4.3 Lotunterwanderung ..... 10-26</p> <p>10.4.4 Lötmontage ..... 10-27</p> <p><b>10.5 Kennzeichnung</b> ..... 10-28</p> <p>10.5.1 Geätzt (Einschließlich Handdruck) ..... 10-30</p> <p>10.5.2 Siebdruck ..... 10-31</p> <p>10.5.3 Stempeldruck ..... 10-33</p> <p>10.5.4 Laser ..... 10-34</p> <p>10.5.5 Etiketten ..... 10-35</p> <p>10.5.5.1 Barcode/Data-Matrix ..... 10-35</p> <p>10.5.5.2 Lesbarkeit ..... 10-36</p> <p>10.5.5.3 Etiketten – Haftvermögen und Beschädigung ..... 10-37</p> <p>10.5.5.4 Position ..... 10-37</p> <p>10.5.6 Mittels Funksignalen lesbare Kennzeichnungen (RFID-Transponder) ..... 10-38</p> <p><b>10.6 Reinheit</b> ..... 10-39</p> <p>10.6.1 Flussmittelrückstände ..... 10-40</p> <p>10.6.2 Ablagerungen von Fremdpartikeln (FOD) ... 10-41</p> <p>10.6.3 Chloride, Carbonate und weiße Rückstände ..... 10-42</p> <p>10.6.4 Flussmittelrückstände – Prozess ohne Reinigung (No-Clean) – Erscheinungsformen ..... 10-44</p> <p>10.6.5 Oberflächen-Korrosionserscheinungen ..... 10-45</p> <p><b>10.7 Beschichtung durch Lötstoppmasken</b> ..... 10-46</p> <p>10.7.1 Faltenbildung/Rissbildung ..... 10-47</p>	<p>10.7.2 Fehlstellen, Blasen, Kratzer ..... 10-49</p> <p>10.7.3 Beschädigungen ..... 10-50</p> <p>10.7.4 Verfärbung ..... 10-51</p> <p><b>10.8 Schutzbeschichtung (Conformal Coating)</b> ..... 10-51</p> <p>10.8.1 Allgemeines ..... 10-51</p> <p>10.8.2 Abdeckung ..... 10-52</p> <p>10.8.3 Dicke ..... 10-54</p> <p>10.8.4 Elektrische Isolierbeschichtung ..... 10-55</p> <p>10.8.4.1 Abdeckung ..... 10-55</p> <p>10.8.4.2 Dicke ..... 10-55</p> <p><b>10.9 Verguss</b> ..... 10-56</p> <p><b>11 Diskrete Verdrahtung</b> ..... 11-1</p> <p><b>11.1 Lötfreie Wickelverbindung</b> ..... 11-2</p> <p>11.1.1 Windungszahl ..... 11-3</p> <p>11.1.2 Windungsabstand ..... 11-4</p> <p>11.1.3 Wicklungsauslauf und Wicklung mit Isolierung ..... 11-5</p> <p>11.1.4 Überlappungen durch abgehobene Windungen ..... 11-7</p> <p>11.1.5 Anordnung der Verbindungen ..... 11-8</p> <p>11.1.6 Drahtzuführung ..... 11-10</p> <p>11.1.7 Leitungsspiel ..... 11-11</p> <p>11.1.8 Drahtmetallisierung ..... 11-12</p> <p>11.1.9 Beschädigungen an der Isolierung ..... 11-13</p> <p>11.1.10 Beschädigungen an Leitern und Anschlusspfosten ..... 11-14</p> <p><b>12 Hochspannung</b> ..... 12-1</p> <p><b>ANHANG A Elektrischer Leiterbahnabstand</b> ..... A-1</p>
--	--

# 1 Allgemeines

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

<b>1.1 Anwendungsbereich</b> .....	1-2	<b>1.8 Fachbegriffe und Definitionen</b> .....	1-5
<b>1.2 Zweck</b> .....	1-3	1.8.1 Leiterplatten-Orientierung .....	1-5
<b>1.3 Klassifizierung</b> .....	1-3	1.8.1.1 *Primärseite .....	1-5
<b>1.4 Maßeinheiten und Anwendungen</b> .....	1-3	1.8.1.2 *Sekundärseite .....	1-5
1.4.1 Überprüfung der Abmessungen .....	1-3	1.8.1.3 Lot-Quelleseite .....	1-6
<b>1.5 Definition der Anforderungen</b> .....	1-3	1.8.1.4 Lot-Zielseite .....	1-6
1.5.1 Abnahmekriterien .....	1-4	1.8.2 *Kalte Lötstelle .....	1-6
1.5.1.1 Anzustreben (Idealzustand) .....	1-4	1.8.3 Durchmesser .....	1-6
1.5.1.2 Zulässig (abnahmefähig) .....	1-4	1.8.4 Elektrischer Isolationsabstand .....	1-6
1.5.1.3 Fehler (nicht abnahmefähig) .....	1-4	1.8.5 Ablagerungen von Fremdpartikeln (FOD) .....	1-6
1.5.1.3.1 Disposition (Handlungsanweisung) .....	1-4	1.8.6 Hochspannung .....	1-6
1.5.1.4 Prozessindikator .....	1-4	1.8.7 Intrusivlöten .....	1-6
1.5.1.5 Kombinierte Zustände .....	1-4	1.8.8 Verriegelungsmechanismus .....	1-6
1.5.1.6 Nicht festgelegte Zustände .....	1-5	1.8.9 Meniskus (Bauteil) .....	1-6
1.5.1.7 Sonderkonstruktionen .....	1-5	1.8.10 *Nichtfunktionale Anschlussfläche .....	1-6
<b>1.6 Prozesskontrollmethoden</b> .....	1-5	1.8.11 Pin-in-Paste .....	1-6
<b>1.7 Rangordnung der Dokumente</b> .....	1-5	1.8.12 Lotkugeln .....	1-6
1.7.1 Abschnittsbezugsnahme .....	1-5	1.8.13 *Spannungs-/Zugentlastung .....	1-6
1.7.2 Anhänge .....	1-5	1.8.14 Drahtüberlappung .....	1-7
		1.8.15 Drahtüberwicklung .....	1-7
		<b>1.9 Anforderungskette</b> .....	1-7
		<b>1.10 Fertigkeiten und Kenntnisse der Mitarbeiter</b> .....	1-7
		<b>1.11 Abnahmeanforderungen</b> .....	1-7
		<b>1.12 Inspektionsmethoden</b> .....	1-7
		1.12.1 Beleuchtung .....	1-7
		1.12.2 Vergrößerungshilfen .....	1-8



## 1 Allgemeines (Fortsetzung)

**1.1 Anwendungsbereich** Diese Richtlinie ist eine Zusammenstellung von Abnahmekriterien für die visuelle Inspektion elektronischer Baugruppen. Diese Richtlinie enthält keine Kriterien zur Bewertung von Schliffbildern.

Dieses Dokument präsentiert Abnahmeanforderungen für die Herstellung elektrischer und elektronischer Baugruppen. In der Vergangenheit enthielten Richtlinien für elektronische Baugruppen umfassende Anleitungen hinsichtlich Grundlagen und Techniken. Um die Empfehlungen und Anforderungen dieses Dokumentes besser zu verstehen, kann man es in Verbindung mit IPC-HDBK-001, IPC-AJ-820 und IPC J-STD-001 verwenden.

Die Kriterien dieser Richtlinie dienen weder dem Zweck, Prozesse zur Baugruppenfertigung zu definieren, noch der Autorisierung von Reparaturen oder Änderungen an Kundenprodukten. Beispiel: Die Existenz von Kriterien für Klebeverbindungen von Komponenten impliziert/autorisiert/fordert nicht die Verwendung von Klebeverbindungen. Die Darstellung eines im Uhrzeigersinn um einen Anschlusspfosten gewickelten Leiters impliziert/autorisiert/fordert nicht, dass alle Anschlüsse/Leiter im Uhrzeigersinn gewickelt werden sollen.

Die Anwender dieser Richtlinie sollten die anwendbaren Anforderungen dieses Dokuments verstehen und wissen, wie sie anzuwenden sind, siehe 1.3.

IPC-A-610 enthält Kriterien, die außerhalb des Anwendungsbereichs von IPC J-STD-001 liegen und Handhabung, mechanische und andere Verarbeitungsanforderungen definieren. Tabelle 1-1 ist eine Zusammenfassung weiterführender Dokumente.

IPC-AJ-820 ist ein unterstützendes Dokument, das Informationen bezüglich der Zielsetzungen des Inhalts dieser Spezifikation enthält und das technische Grundprinzip der Übergänge der Grenzen von der Zielwert- bis zur Fehlerbedingung erklärt oder erweitert. Zusätzlich werden Informationen zu Prozessen gegeben, um ein besseres Verständnis der Prozesse zu erreichen, die das Verhalten unter Betriebsbedingungen beeinflussen, jedoch in der Regel nicht durch visuelle Bewertungsmethoden erkennbar sind.

Die Erläuterungen in IPC-AJ-820 sollten bei der Entscheidung helfen, wie mit Fehlern umzugehen ist und was mit Prozessen bei Prozessindikatoren geschehen soll. Weiterhin sollen sie Fragen zur Nutzung und Anwendung definierter Inhalte dieser Spezifikation beantworten. Vertraglicher Bezug auf IPC-A-610 impliziert nicht zusätzlich den Inhalt von IPC-AJ-820, außer wenn in der Vertragsdokumentation spezifisch darauf Bezug genommen wird.

**Tabelle 1-1 Zusammenfassung weiterführender Dokumente**

Anwendungsbereich	Spezifikation	Beschreibung
Designrichtlinie	IPC-2220-FAM IPC-7351 IPC-CM-770	Designanforderungen mit drei Komplexitätsgraden (Stufe A, B oder C), die auf feinere Geometrien, größere Dichte und mehr Prozessschritte zur Fertigung des Produktes hinweisen.  Richtlinien für Bauteile und Montageprozesse als Hilfe für das Design der unbestückten Leiterplatte und der Baugruppe. Die Leiterplattenprozesse konzentrieren sich auf SMD-Anschlussflächen, die Montage beinhaltet Grundlagen der Durchsteck- und SMD-Technik, die in den Designprozess und die Dokumentation gewöhnlich einbezogen werden.
Anforderungen an die Leiterplatte	IPC-6010-FAM IPC-A-600	Dokumentation zu Anforderungen und Abnahmekriterien für starre, starr-flexible, flexible und andere Arten von Substraten.
Endprodukt-Dokumentation	IPC-D-325	Dokumentation, die leiterplattenspezifische Anforderungen an das Endprodukt gemäß Kunden-Design oder Anforderungen an die Montage des Endproduktes enthält. Details können, müssen sich aber nicht, auf Industriespezifikationen oder Ausführungsnormen bzw. auf Anwendervorgaben oder interne Normen beziehen.
Richtlinie für Anforderungen an den Prozess	J-STD-001	Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen mit Darstellungen der Minimalanforderungen der Abnahmekriterien für Endprodukte. Enthalten sind ferner Methoden für die Bewertung (Testmethoden), Anforderungen an die Testhäufigkeit und Hinweise zu Anforderungen an die Prozesskontrolle.
Abnahme-Richtlinie	IPC-A-610	Dokument mit bildhafter Darstellung zur Erläuterung der unterschiedlichen Merkmale der Leiterplatte und/oder Baugruppe. Gibt Hinweise zum erwünschten Zustand der Produkte, die über die Minimalanforderungen an die Merkmale in den Endprodukt-Richtlinien hinausgehen. Es stellt eine Reihe abweichender Zustände vor (Prozessindikator oder Fehler), um den Bedienern und Prüfern die Erkennung notwendiger Prozesskorrekturen zu ermöglichen.
Schulungsprogramme (optional)		Dokumentierte Schulungsanforderungen zum Lehren und Lernen von Verfahrensregeln und -techniken für die Einführung von Abnahmeanforderungen, die in Endprodukt-Richtlinien, Abnahme-Richtlinien oder in der Kundendokumentationen enthalten sind.
Nacharbeit und Reparatur	IPC-7711/7721	Dieses Dokument enthält Prozessbeschreibungen zur Entfernung und zum Ersatz von Beschichtungen und Bauteilen, zur Reparatur des Lötstopplacks sowie zur Änderung/Reparatur von Laminatmaterial, Leiterbahnen und metallisierten Löchern.