

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Vorwort</b> .....	1-1	<b>2 Anwendbare Dokumente</b> .....	2-1
<b>1.1 Anwendungsbereich</b> .....	1-2	<b>2.1 IPC Dokumente</b> .....	2-1
<b>1.2 Zweck</b> .....	1-3	<b>2.2 Joint Industry Dokumente</b> .....	2-1
<b>1.3 Fertigkeiten der Mitarbeiter</b> .....	1-3	<b>2.3 EOS/ESD Association Dokumente</b> .....	2-2
<b>1.4 Klassifizierung</b> .....	1-3	<b>2.4 Electronic Industries Alliance Dokumente</b> .....	2-2
<b>1.5 Definition der Anforderungen</b> .....	1-3	<b>2.6 ASTM (American Society for Testing und Materials)</b> .....	2-2
1.5.1 Abnahmekriterien .....	1-4	<b>2.7 Technische Veröffentlichungen</b> .....	2-2
1.5.1.1 Anzustreben (Idealzustand) .....	1-4	<b>3 Handhabung elektronischer Baugruppen</b> .....	3-1
1.5.1.2 Zulässig (abnahmefähig) .....	1-4	<b>3.1 EOS/ESD-Vorbeugung</b> .....	3-2
1.5.1.3 Fehler (Nicht abnahmefähig) .....	1-4	3.1.1 Elektrische Überlast (EOS) .....	3-3
1.5.1.3.1 Disposition (Handlungsanweisung) .....	1-4	3.1.2 Elektrostatische Entladung (ESD) .....	3-4
1.5.1.4 Prozessindikator .....	1-4	3.1.3 Warnkennzeichen .....	3-5
1.5.1.4.1 Verfahren der Prozesskontrolle .....	1-4	3.1.4 Schutzmaterialien .....	3-6
1.5.1.5 Kombinierte Zustände .....	1-4	<b>3.2 EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze/EPA</b> .....	3-7
1.5.1.6 Nicht spezifizierte Zustände .....	1-5	<b>3.3 Handhabung</b> .....	3-9
1.5.1.7 Sonderkonstruktionen .....	1-5	3.3.1 Richtlinien .....	3-9
<b>1.6 Fachbegriffe und Definitionen</b> .....	1-5	3.3.2 Physische Beschädigung .....	3-10
1.6.1 Leiterplatten-Orientierung .....	1-5	3.3.3 Verunreinigung/Kontamination .....	3-10
1.6.1.1 *Primärseite .....	1-5	3.3.4 Elektronische Baugruppen .....	3-11
1.6.1.2 *Sekundärseite .....	1-5	3.3.5 Nach dem Löten .....	3-11
1.6.1.3 *Lot-Quellseite .....	1-5	3.3.6 Handschuhe und Fingerlinge .....	3-12
1.6.1.4 *Lot-Zielseite .....	1-5	<b>4 Montage- und Befestigungsteile</b> .....	4-1
1.6.2 *Kalte Lötstelle .....	1-5	<b>4.1 Einbau von Montage- und Befestigungsteilen</b> .....	4-2
1.6.3 Elektrischer Isolationsabstand .....	1-5	4.1.1 Elektrischer Isolationsabstand .....	4-2
1.6.4 Fremdpartikel (FOD = Foreign Object Debris) .....	1-5	4.1.2 Beeinträchtigungen .....	4-3
1.6.5 Hochspannung .....	1-5	4.1.3 Bauteilmontage – Leistungsbauteile .....	4-4
1.6.6 Intrusivlöten .....	1-6	4.1.4 Kühlkörper .....	4-6
1.6.7 Meniskus (Bauteil) .....	1-6	4.1.4.1 Isolierkörper und wärmeleitendes Verbundmaterial .....	4-6
1.6.8 *Nichtfunktionale Anschlussfläche .....	1-6	4.1.4.2 Kontaktfläche .....	4-8
1.6.9 Pin-in-Paste .....	1-6	4.1.5 Schraubverbindungen und sonstige gewindeträgende Befestigungsteile .....	
1.6.10 Lotkugeln .....	1-6	4.1.5.1 Drehmoment .....	4-11
1.6.11 Drahtdurchmesser .....	1-6	4.1.5.2 Drähte .....	4-13
1.6.12 Drahtüberwicklung .....	1-6		
1.6.13 Drahtüberlappung .....	1-6		
<b>1.7 Beispiele und Abbildungen</b> .....	1-6		
<b>1.8 Inspektionsmethoden</b> .....	1-6		
<b>1.9 Überprüfung der Abmessungen</b> .....	1-6		
<b>1.10 Vergrößerungshilfen</b> .....	1-6		
<b>1.11 Beleuchtung</b> .....	1-7		

## 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 Kabelverschnürung ..... 4-26</p> <p>4.4.2.1 Beschädigung ..... 4-27</p> <p><b>4.5 Kabelführung – Drähte und Kabelbündel</b> ..... 4-28</p> <p>4.5.1 Leitungskreuzungen ..... 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/Blaslöcher ..... 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-Lötverbindung ..... 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 Lotspinnweben/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 bei bleifreiem Lot ..... 5-18</p> <p>5.2.13 Testnadel-Abdrücke und andere ähnliche Oberflächenstrukturen in Lötstellen ..... 5-19</p> <p><b>6 Anschlüsse</b> ..... 6-1</p> <p><b>6.1 Nietverbindungen</b> ..... 6-2</p> <p>6.1.1 Anschlüsse ..... 6-2</p> <p>6.1.1.1 Spalt zwischen Anschlussbasis und Anschlussfläche ..... 6-2</p> <p>6.1.1.2 Turmlötstützpunkt ..... 6-3</p> <p>6.1.1.3 Gabellötstützpunkt ..... 6-4</p> <p>6.1.2 Bördelflansch ..... 6-5</p>	<p>6.1.3 Spreizflansch ..... 6-6</p> <p>6.1.4 Definierte Spalte ..... 6-7</p> <p>6.1.5 Lötstellen ..... 6-8</p> <p><b>6.2 Isolierung</b> ..... 6-10</p> <p>6.2.1 Beschädigungen ..... 6-10</p> <p>6.2.1.1 Vor dem Löten ..... 6-10</p> <p>6.2.1.2 Nach dem Löten ..... 6-12</p> <p>6.2.2 Isolationsabstand ..... 6-13</p> <p>6.2.3 Flexibler Schutzschlauch ..... 6-15</p> <p>6.2.3.1 Montage ..... 6-15</p> <p>6.2.3.2 Beschädigungen ..... 6-17</p> <p><b>6.3 Leitungen</b> ..... 6-18</p> <p>6.3.1 Verformungen ..... 6-18</p> <p>6.3.2 Beschädigung ..... 6-19</p> <p>6.3.2.1 Litze ..... 6-19</p> <p>6.3.2.2 Massivdraht ..... 6-20</p> <p>6.3.3 Aufspreizung von Einzeldrähten – Vor dem Löten ..... 6-20</p> <p>6.3.4 Aufspreizung von Einzeldrähten – Nach dem Löten ..... 6-21</p> <p>6.3.5 Verzinnung ..... 6-22</p> <p><b>6.4 Serviceschleifen</b> ..... 6-24</p> <p><b>6.5 Spannungs-/Zugentlastung</b> ..... 6-25</p> <p>6.5.1 Kabelbündel ..... 6-25</p> <p>6.5.2 Bauteilanschluss-/Drahtformung ..... 6-26</p> <p><b>6.6 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung – Allgemeine Anforderungen</b> ..... 6-28</p> <p><b>6.7 Lötstellen – Allgemeine Anforderungen</b> ..... 6-30</p> <p><b>6.8 Turmlötstützpunkte und gerade Stifte</b> ..... 6-31</p> <p>6.8.1 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung ..... 6-31</p> <p>6.8.2 Turmlötstützpunkt und gerade Anschlussstifte – Lötstellen ..... 6-33</p> <p><b>6.9 Gabellötstützpunkte</b> ..... 6-34</p> <p>6.9.1 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung – Seitlich herangeführt ..... 6-34</p> <p>6.9.2 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung – Fixierte Drähte ..... 6-37</p> <p>6.9.3 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung – Zuführung von oben oder unten ..... 6-38</p> <p>6.9.4 Lötstellen ..... 6-39</p> <p><b>6.10 Geschlitzt</b> ..... 6-42</p> <p>6.10.1 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung ..... 6-42</p> <p>6.10.2 Lötstellen ..... 6-43</p>
--	--

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>6.11 Gestanzt/Gelocht</b> ..... 6-44</p> <p>6.11.1 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung ..... 6-44</p> <p>6.11.2 Lötstellen ..... 6-46</p> <p><b>6.12 Hakenanschlüsse</b> ..... 6-47</p> <p>6.12.1 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung ..... 6-47</p> <p>6.12.2 Lötstellen ..... 6-49</p> <p><b>6.13 Löthülsen</b> ..... 6-50</p> <p>6.13.1 Bauteilanschluss/Draht-Positionierung ..... 6-50</p> <p>6.13.2 Lötstellen ..... 6-52</p> <p><b>6.14 Drähte mit AWG 30 oder dünner – Bauteilanschluss/Draht-Positionierung</b> ..... 6-54</p> <p><b>6.15 Seriell verbunden</b> ..... 6-55</p> <p><b>6.16 Kantenclips – Position</b> ..... 6-56</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 Anschlussformung ..... 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-Bauteil und – Sockel ..... 7-13</p> <p>7.1.6 Radiale Anschlüsse – Vertikal ..... 7-15</p> <p>7.1.6.1 Abstandshalter ..... 7-16</p> <p>7.1.7 Radiale Anschlüsse – 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 ..... 7-30</p> <p><b>7.3 Durchmetallisierte Löcher</b> ..... 7-31</p> <p>7.3.1 Axiale Drahtanschlüsse – Horizontal ..... 7-31</p> <p>7.3.2 Axiale Drahtanschlüsse – Vertikal ..... 7-33</p> <p>7.3.3 Drahtrestlänge ..... 7-35</p> <p>7.3.4 Drahtumbiegung ..... 7-36</p> <p>7.3.5 Lötstellen ..... 7-38</p> <p>7.3.5.1 Vertikale Füllung (Lotdurchstieg) (A) ..... 7-41</p> <p>7.3.5.2 Lot-Zielseite – Anschlussdraht zu Lochhülse (B) ..... 7-43</p> <p>7.3.5.3 Lot-Zielseite – Restringbedeckung (C) ..... 7-45</p> <p>7.3.5.4 Lot-Quellseite – Anschlussdraht zu Lochhülse (D) ..... 7-46</p> <p>7.3.5.5 Lot-Quellseite – Restringbedeckung (E) ..... 7-47</p> <p>7.3.5.6 Lötstellenzustand – Lot in der Drahtbiegung ..... 7-48</p> <p>7.3.5.7 Lötstellenzustand – Lot berührt den Bauteilkörper ..... 7-49</p> <p>7.3.5.8 Lötstellenzustand – Bauteil-Lackmeniskus im Lot ..... 7-50</p> <p>7.3.5.9 Kürzung der Drahtrestlänge 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 Anschlüsse (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 Drahtanschlüsse – Horizontal ..... 7-58</p> <p>7.4.2 Axiale Drahtanschlüsse – Vertikal ..... 7-59</p> <p>7.4.3 Drahtrestlänge ..... 7-60</p> <p>7.4.4 Drahtumbiegung ..... 7-61</p> <p>7.4.5 Lötstellen ..... 7-63</p> <p>7.4.6 Kürzung der Drahtrestlänge 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 Durchmetallisierte Löcher ..... 7-71</p> <p>7.5.4.1 Durchmetallisierte Löcher – Anschlüsse im Loch ..... 7-71</p> <p>7.5.5 Befestigung mit Wicklung ..... 7-72</p> <p>7.5.6 Überlappungslötung ..... 7-73</p>
--	---

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>8 Oberflächenmontierte Baugruppen</b> ..... 8-1</p> <p><b>8.1 Fixierkleber</b> ..... 8-3</p> <p>8.1.1 Klebefestigung des Bauteils ..... 8-3</p> <p>8.1.2 Mechanische Sicherung ..... 8-4</p> <p><b>8.2 SMT Anschlüsse</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> <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 ..... 8-14</p> <p><b>8.3.2 Chip-Bauteile mit rechteckigen oder quadratischen Endflächen – Anschlüsse auf 1, 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 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>
--	---

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<p><b>8.3.8 Stoßlötstellen/I-Anschlüsse</b> ..... 8-77</p> <p>8.3.8.1 Modifizierte Durchsteckmontage-Anschlüsse (zur Verwendung mit Stoßlötstellen in SMT) ..... 8-77</p> <p>8.3.8.2 Anschlüsse in Solder-Charge-Technologie ..... 8-78</p> <p>8.3.8.3 Maximaler Seitenüberhang (A) ..... 8-79</p> <p>8.3.8.4 Maximaler Spitzenüberhang (B) ..... 8-80</p> <p>8.3.8.5 Minimale Breite am Ende der Lötstelle (C) ..... 8-81</p> <p>8.3.8.6 Minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ..... 8-82</p> <p>8.3.8.7 Maximale Höhe der Lötstelle (E) ..... 8-82</p> <p>8.3.8.8 Minimale Höhe der Lötstelle (F) ..... 8-83</p> <p>8.3.8.9 Lotspaltdicke (G) ..... 8-84</p> <p><b>8.3.9 Flache Löffahnen-Anschlüsse</b> ..... 8-85</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 Lötstellen ..... 8-91</p> <p>8.3.12.4 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 (BIC)</b> ... 8-96</p> <p><b>8.3.14 Bauteile mit Unterseiten-Anschlüssen in Wärmesenken</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 Anschlüsse</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 Anschlussfläche ..... 8-112</p> <p><b>9 Bauteilbeschädigungen</b> ..... 9-1</p> <p>9.1 Verlust der Metallisierung ..... 9-2</p> <p>9.2 Chipwiderstand – Widerstandselement ..... 9-3</p> <p>9.3 Bauteile mit/ohne Anschlussbeine(n) ..... 9-4</p> <p>9.4 Keramische Chipkondensatoren ..... 9-8</p> <p>9.5 Steckverbinder ..... 9-10</p> <p>9.6 Relais ..... 9-13</p> <p>9.7 Beschädigungen an Transformatorenkernen ..... 9-13</p> <p>9.8 Steckverbinder, Griffe, Auszugshebel, Verriegelungen ..... 9-14</p> <p>9.9 Kontakte in Direktstecker-Buchsenlisten ..... 9-15</p> <p>9.10 Einpress-Steckerstifte ..... 9-16</p> <p>9.11 Steckerstifte in Rückwandverdrahtungsplatten (Backplane) ..... 9-17</p> <p>9.12 Kühlkörper ..... 9-18</p> <p>9.13 Gewindetragende Teile ..... 9-19</p>
---	--

## Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

<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/Kontamination ..... 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 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 Vereinzeln ..... 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 Abhebung ..... 10-19</p> <p>10.3.3 Mechanische Beschädigungen ..... 10-21</p> <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-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 Fremdkörpern (FOD) ..... 10-41</p> <p>10.6.3 Chloride, Carbonate und weiße Rückstände ..... 10-42</p> <p>10.6.4 Prozess ohne Reinigung (No-Clean) – Erscheinungsformen ..... 10-44</p> <p>10.6.5 Oberflächen-Korrosionserscheinungen ..... 10-45</p> <p><b>10.7 Beschichtung durch Lötstoppsmasken</b> ..... 10-46</p> <p>10.7.1 Faltenbildung/Rissbildung ..... 10-47</p> <p>10.7.2 Hohlräume/Rissbildung ..... 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 Draht und Anschlusspfosten ..... 11-14</p> <p><b>12 Hochspannung</b> ..... 12-1</p> <p><b>Anhang A</b> ..... A-1</p>
--	--

## Vorwort

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

<b>1.1 Anwendungsbereich</b> .....	1-2	1.6.1.2 *Sekundärseite .....	1-5
<b>1.2 Zweck</b> .....	1-3	1.6.1.3 *Lot-Quelleite .....	1-5
<b>1.3 Fertigkeiten der Mitarbeiter</b> .....	1-3	1.6.1.4 *Lot-Zielseite .....	1-5
<b>1.4 Klassifizierung</b> .....	1-3	1.6.2 *Kalte Lötstelle .....	1-5
<b>1.5 Definition der Anforderungen</b> .....	1-3	1.6.3 Elektrischer Isolationsabstand .....	1-5
1.5.1 Abnahmekriterien .....	1-4	1.6.4 Fremdpartikel (FOD = Foreign Object Debris) .....	1-5
1.5.1.1 Anzustreben (Idealzustand) .....	1-4	1.6.5 Hochspannung .....	1-5
1.5.1.2 Zulässig (abnahmefähig) .....	1-4	1.6.6 Intrusivlöten .....	1-6
1.5.1.3 Fehler (Nicht abnahmefähig) .....	1-4	1.6.7 Meniskus (Bauteil) .....	1-6
1.5.1.3.1 Disposition (Handlungsanweisung) .....	1-4	1.6.8 *Nichtfunktionale Anschlussfläche .....	1-6
1.5.1.4 Prozessindikator .....	1-4	1.6.9 Pin-in-Paste .....	1-6
1.5.1.4.1 Verfahren der Prozesskontrolle .....	1-4	1.6.10 Lotkugeln .....	1-6
1.5.1.5 Kombinierte Zustände .....	1-4	1.6.11 Drahtdurchmesser .....	1-6
1.5.1.6 Nicht spezifizierte Zustände .....	1-5	1.6.12 Drahtüberwicklung .....	1-6
1.5.1.7 Sonderkonstruktionen .....	1-5	1.6.13 Drahtüberlappung .....	1-6
<b>1.6 Fachbegriffe und Definitionen</b> .....	1-5	<b>1.7 Beispiele und Abbildungen</b> .....	1-6
1.6.1 Leiterplatten-Orientierung .....	1-5	<b>1.8 Inspektionsmethoden</b> .....	1-6
1.6.1.1 *Primärseite .....	1-5	<b>1.9 Überprüfung der Abmessungen</b> .....	1-6
		<b>1.10 Vergrößerungshilfen</b> .....	1-6
		<b>1.11 Beleuchtung</b> .....	1-7

# 1 Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen

## Vorwort (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. Früher enthielten Richtlinien für elektronische Baugruppen umfassende Anleitungen zu Grundlagen und Techniken. Um die Empfehlungen und Forderungen dieses Dokuments 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 sollen weder Prozesse zur Baugruppenfertigung definieren, noch Reparaturen oder Änderungen an Kundenprodukten autorisieren. 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 Drahtes impliziert/autorisiert/fordert nicht, dass alle Drähte/Anschlüsse im Uhrzeigersinn gewickelt werden sollen.

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

Nachweise über dieses Fachwissen sollten aufbewahrt werden. Wenn keine Nachweise vorhanden sind, sollte das Unternehmen die Fachkenntnisse des Personals regelmäßig überprüfen, um sicherzustellen, dass die visuellen Abnahmekriterien richtig angewendet werden.

IPC-A-610 enthält Kriterien zu Handhabung, mechanischen und anderen Verarbeitungsanforderungen. Diese liegen außerhalb des Anwendungsbereichs von IPC J-STD-001. Tabelle 1-1 ist eine Zusammenfassung weiterführender Dokumente.

**Tabelle 1-1 Zusammenfassung weiterführender Dokumente**

Anwendungsbereich	Spezifikation	Beschreibung
Designrichtlinie	IPC-2220 (Serie) 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 (Serie) 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.
Endprodukt-Richtlinie	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 Charakteristika der Leiterplatte und/oder Baugruppe. Gibt Hinweise zum erwünschten Zustand der Produkte, die über das Minimum der in den Endproduktnormen genannten Annahmekennwerte hinausgehen. Stellt eine Reihe abweichender (Prozessindikator oder unzulässiger) Zustände vor, um den Prozesstechnologien die Prozessbeurteilung zu erleichtern und Korrekturhinweise zu geben.
Trainingsprogramme (optional)		Dokumentierte Trainingsanforderungen zum Lehren und Lernen von Verfahrensregeln und -techniken für die Einführung von Abnahmeanforderungen, die in Endprodukt-Richtlinien, Abnahme-Richtlinien oder in Anwenderdokumentationen enthalten sind.
Nacharbeit und Reparatur	IPC-7711/ 7721	Dieses Dokument enthält Prozessbeschreibungen zur Entfernung und zum Ersatz von Beschichtungen, Bauteilen, zur Reparatur der Lötstopmmaske sowie zur Veränderung/Reparatur des Laminatmaterials, von Leiterbahnen und durchmetallisierten Löchern.

IPC-AJ-820 ist ein unterstützendes Dokument, welches Informationen bezüglich der Zielsetzungen des Inhalts dieser Spezifikation bereit stellt und das technische Grundprinzip der Übergänge der Grenzen von der Zielwert- bis