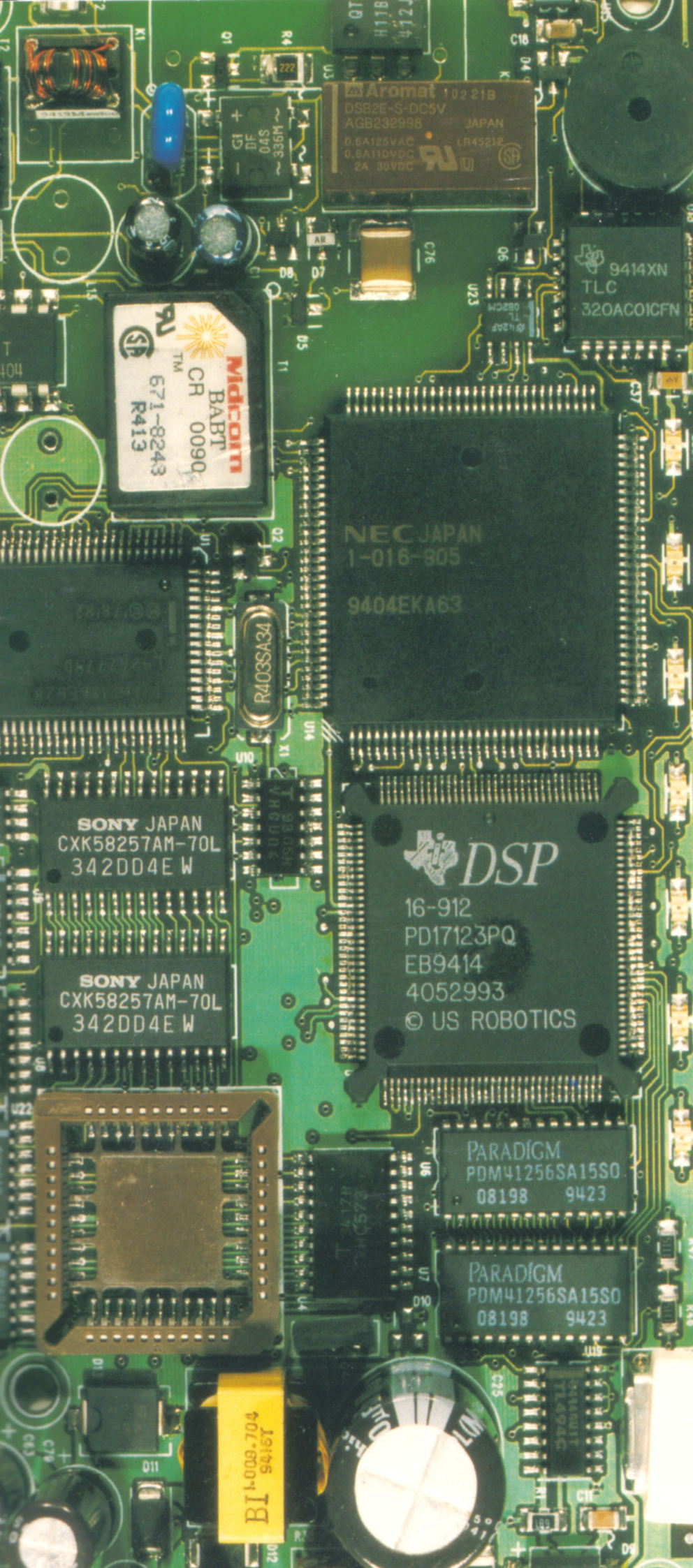




IPC-A-610D DE

Revision D
Februar 2005
Ersatz für Revision C
Januar 2000

Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen

Deutsche Übersetzung:



Entwickelt durch:



BLEIFREI LÖTEN... :

Wählen Sie den
LÖTPARTNER
mit der grössten Erfahrung



Führende Löttechnologie und flexible Maschinenkonzepte



SEHO Seitz & Hohnerlein GmbH
Frankenstr. 7 • D-97892 Kreuzwertheim • Tel +49-(0) 93 42 - 889-0 • info@seho.de • www.seho.de

IPC-A-610

Trainings- und Zertifikationsprogramm des FED für Unternehmen

IPC-A-610 "Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen" ist die weltweit meist genutzte Spezifikation, die der IPC für die Baugruppenindustrie publiziert hat.

Jetzt steht Ihrem Unternehmen auch ein geeignetes Programm für Training und Zertifizierung Ihrer Mitarbeiter zur Verfügung, das auf IPC-A-610 beruht.

Da dieses Programm auf einer IPC-Spezifikation basiert, die auch vom IPC entwickelt wurde, hat diese Zertifizierung sehr schnell große Anerkennung in der Elektronikindustrie gefunden.

Von Vorteil ist, dass das Programm zu geringeren Kosten zur Verfügung gestellt werden kann, als es jemals eine andere Organisation mit einem ähnlich umfassenden, selbst entwickelten Programm tun könnte.

"Die IPC-A-610 erlaubt es allen Herstellern - selbst den kleinsten Unternehmen - ihre Arbeitskräfte nach einem abgestimmten und technisch akkuratem Trainingsprogramm zu schulen. Solch ein Training unterstützt die Firmen dabei, Übereinstimmung mit ISO 9000 zu erreichen. Diese fordert ja von den Arbeitskräften eine kontinuierliche Verbesserung der Produktqualität und -zuverlässigkeit. Ein weiteres Ergebnis ist der wertvolle Befähigungsnachweis für die Arbeitskräfte."

(Scott Enebo, Training Manager, Electronic Systems Inc.)

Wie funktioniert das Zertifizierungsprogramm?

Das Trainings- und Zertifizierungsprogramm des IPC nach IPC-A-610 besteht aus zwei Stufen:

- Die Arbeitskräfte werden in 4-Tages-Kursen in so genannten Worker Proficiency-Kursen (zentral als Inhouse-Kurse in der Firma oder dezentral als "Outhouse"-Kurse in unterschiedlichen Durchführungsorten) durch einen "Instrukteur Klasse A" (Instructor Class A) geschult und erhalten ein Zertifikat. Der FED verfügt über mehrere praxiserfahrene "Instrukteure Klasse A" und kann diese Schulungen vornehmen.
- Das Unternehmen lässt selbst durch ein 5-Tage-Intensivtraining auf Basis IPC-A-610 in einem anerkannten Trainingszentrum von einem Mastertrainer einen "Instrukteur Klasse A" ausbilden mit anschließender Zertifizierungsprüfung. Dieser ist anschließend befugt, als Instrukteur die eigene Belegschaft auf Basis IPC-A-610 und den dazu bereitstehenden weiteren Trainingsmaterialien weiterzubilden. Der FED verfügt über mehrere Mastertrainer und ist anerkanntes Trainingszentrum des IPC.

Wie kann man sich für das Worker Proficiency-Training bewerben oder eine Inhouse-Schulung organisieren?

Wie kann man sich für das "Instructor Klasse A"-Training bewerben?

**Fragen Sie bitte dazu einfach in der FED-Geschäftsstelle
nach Terminen und Bedingungen:**

e-Mail: info@fed.de

Ansprechpartner:

Dr. Stephan Weyhe, Antje Brandt

Internet: www.fed.de, Rubrik Kurse.

IPC-A-610D DE

Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen

Entwickelt durch die IPC-A-610 Task Group (7-31b) des
Product Assurance Subcommittee (7-30) des IPC



Ersetzt:

IPC-A-610C – Januar 2000
IPC-A-610B – Dezember 1994
IPC-A-610A – März 1990
IPC-A-610 – August 1983

Deutsche Übersetzung:



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

Kontaktadressen:

IPC

3000 Lakeside Drive, Suite 309S
Bannockburn, Illinois
60015-1219
Tel 847 615.7100
Fax 847 615.7105

Fachverband Elektronik-Design e.V.

Martinstr. 1
D-12167 Berlin
Fax: ++49 30 834 18 31
eMail: info@fed.de

Anmerkungen zur deutschen Übersetzung

Mit der erstmaligen Herausgabe der deutschen Übersetzung des IPC-Standards IPC-A-610, Revision B, im Februar 1999 entsprach der Fachverband Elektronik-Design e.V. einem oft geäußerten Wunsch der Produzenten elektronischer Baugruppen und Geräte in den deutschsprachigen Ländern. Ziel war es, für die Qualitätssicherung anschauliche Vergleichskriterien verfügbar zu haben, die eine breite Mitarbeiterschaft versteht und sinngemäß anwenden kann. Dieses Ziel konnte mit der englischsprachigen Originalausgabe dieser Richtlinie aufgrund sprachlicher Barrieren nur eingeschränkt realisiert werden.

Im Februar 2005 hat der amerikanische Fachverband IPC die Revision D herausgebracht. Im Vergleich zur vorangegangenen Revision C ist die neue Ausgabe völlig überarbeitet worden: erweiterter und neu geordneter Inhalt, präziserte Qualitätsaussagen bzw. -kriterien, Verbesserung der Qualität vieler Abbildungen, Erweiterung um die Thematik „Bleifreie Lote“.

Die Bedeutung dieses Standards

- für die zunehmende Globalisierung der Baugruppenfertigung
- für die Aus- und Weiterbildung des Fachpersonals in der Baugruppenfertigung, insbesondere der gezielten Schulung des Fertigungspersonals und der Ausbildung von InstruktorInnen auf Basis von IPC-A-610C

dürfte damit noch wachsen.

Bei der Anfertigung der deutschen Übersetzung hat die FED-Geschäftsstelle Wert darauf gelegt, Seitendeckung zwischen der englischen und deutschen Ausgabe herzustellen, damit die parallele Arbeit mit beiden Ausgaben erleichtert wird. Ziel war die Erstellung einer möglichst authentischen Übersetzung. Überall wo zweckmäßig und möglich, werden deutsche Fachbegriffe verwendet. Allerdings ist das nicht an allen Textstellen so. Die Autoren der Übersetzung übernahmen solche englischen Fachbegriffe im Original, die international und auch in den deutschsprachigen Ländern bereits zur allgemein üblichen Fachsprache gehören. Beispiele: Ball Grid Array, Gull-Wing-Anschlüsse, Flip Chip. Weiterhin wurde bei der Übersetzung der D-Version ins Deutsche auch verstärkt darauf geachtet, möglichst optimal passende deutsche Fachbegriffe zu verwenden. Im Ergebnis dessen ergaben sich in der IPC-A-610D zahlreiche Veränderungen bei der Begriffswahl im Vergleich zur deutschen Übersetzung der IPC-A-610C.

An einigen Stellen wurde der englische Text zwar übersetzt, aber zur besseren Klarheit in Klammern der englische Originalausdruck hinzugefügt.

An mehreren Stellen wird im Originaldokument auf weiterführende Normenliteratur des IPC verwiesen. Allerdings werden dort aus Vereinfachungsgründen (die zitierten Dokumente werden ja auch laufend überarbeitet) nur die Basisnummern der Dokumente genannt und nicht Bezug auf konkrete Ausgaben (Revisionen) genommen. Die FED-Geschäftsstelle ist gern bereit, allen Interessenten konkrete Auskunft zum neuesten Revisionsstand dieser IPC-Dokumente zu geben.

Da die neue D-Ausgabe gegenüber der C-Ausgabe zahlreiche Veränderungen in der inhaltlichen Struktur der Kapitel aufweist, hat die FED-Geschäftsstelle eine Referenzliste erstellt, die den Versuch unternimmt, dem Nutzer beider Versionen ungefähre Informationen zu geben, wie sich die Sachgebiete neu geordnet haben. Diese Referenzliste ist zusätzlich der CD-ROM-Ausgabe der deutschen Übersetzung hinzugefügt.

Sollten trotz größter Aufmerksamkeit Fehler in der Übersetzung erkannt werden, bitten wir, diese der FED-Geschäftsstelle an die unten genannte Adresse mitzuteilen.

Berlin, 4.11. 2005

Dr. Hartmut Poschmann

Fachverband Elektronik-Design e.V.
Martinstr. 1, D-12167 Berlin
Tel. (030) 834 90 59, Fax (030) 834 18 31
eMail: info@fed.de, Web: www.fed.de

Danksagung

Zur Erstellung einer Norm, die eine komplexe Technologie betrachtet, sind Materialien aus einer großen Anzahl von Quellen heranzuziehen. Während die wichtigsten Mitglieder der Arbeitsgruppe "IPC-A-610" (Task Group 7-31b) des Unterkomitees für Produktsicherheit (Product Assurance Committee 7-30) unten aufgeführt sind, ist es nicht möglich, alle weiteren Fachleute an dieser Stelle aufzuführen, die an der Weiterentwicklung dieses Standards mitgearbeitet haben. Allen ihnen soll hiermit gedankt werden.

Product Assurance Committee

Leiter
Mel Parrish
Soldering Technology International

IPC-A-610 Task Group

Co-Leiter
Constantino J. Gonzalez
ACME Training & Consulting
Jennifer Day
Current Circuits

Technical Liaisons of the IPC Board of Directors

Sammy Yi, Flextronics International
Peter Bigelow, IMI Inc.

Mitglieder der IPC-A-610 Task Group

Teresa M. Rowe, AAI Corporation
Leopold A. Whiteman, Jr., ACI/EMPF
Riley L. Northam, ACI/EMPF
Constantino J. Gonzalez, ACME Training & Consulting
Frank M. Piccolo, Adeptron Technologies Corporation
Richard Lavallee, Adtran Inc.
Barry Morris, Advanced Rework Technology-A.R.T
Debbie Wade, Advanced Rework Technology-A.R.T
Joe Smetana, Alcatel
Mark Shireman, Alliant Techsystems Inc.
Charles Dal Currier, Ambitech Inc.
Terence Kern, Ambitech International
Ronald McInay, American General Contracting
Michael Aldrich, Analog Devices Inc.
Richard W. Brown, Andrew Corporation
Christopher Sattler, AQS - All Quality & Services, Inc.
William G. Butman, AssemTech Skills Training Corp.
James Jenkins, B E S T Inc.
Ray Cirimele, B E S T Inc.
Robert Wettermann, B E S T Inc.
Greg Hurst, BAE SYSTEMS
Mark Hoylman, BAE SYSTEMS CNI Div.
Joseph E. Kane, BAE Systems Platform Solutions
William J. Balon, Bayer Corporation
Gerald Leslie Bogert, Bechtel Plant Machinery, Inc.
Karl B. Mueller, Boeing Aircraft & Missiles
Thomas A. Woodrow, Ph.D., Boeing Phantom Works
Mary E. Bellon, Boeing Satellite Systems
Kelly J. Miller, CAE Inc.
Charles A. Lawson, CALCO Quality Services
Sherman M. Banks, Calhoun Community College
Gail Tennant, Celestica
Kimberly Aube-Jurgens, Celestica

Lyle Q. Burhenn, Celestica Corporation
Jason Bragg, Celestica International Inc.
Richard Szymanowski, Celestica North Carolina
Peter Ashaolu, Cisco Systems Inc.
Paul Lotosky, Cookson Electronics
Graham Naisbitt, Concoat Limited
Reggie Malli, Creation Technologies Incorporated
Jennifer Day, Current Circuits
David B. Steele, Da-Tech Corp.
Lowell Sherman, Defense Supply Center Columbus
John H. Rohlfig, Delphi Electronics and Safety
David C. Gendreau, DMG Engineering
Glenn Dody, Dody Consulting
Wesley R. Malewicz, Draeger Medical Systems, Inc.
Jon M. Roberts, DRS Test & Energy Management
William E. McManes, DRS Test & Energy Management
Richard W. Boerdner, EJE Research
Mary Muller, Eldec Corporation
Robert Willis, Electronic Presentation Services
Leo P. Lambert, EPTAC Corporation
Benny Nilsson, Ericsson AB
Mark Cannon, ERSa Global Connections
Michael W. Yuen, Foxconn EMS, Inc.
Ray C. Davison, FSI
William Killion, Hella Electronics Corp.
Ernesto Ferrer, Hewlett-Packard Caribe
Elizabeth Benedetto, Hewlett-Packard Company
Helen Holder, Hewlett-Packard Company
Kristen K. Troxel, Hewlett-Packard Company
Steve Radabaugh, Hewlett-Packard Company
Phillip E. Hinton, Hinton 'PWB' Engineering
Robert Zak, Honeywell

Danksagung (Fortsetzung)

Ted S. Won, Honeywell Engines & Systems
 Dewey Whittaker, Honeywell Inc.
 Don Youngblood, Honeywell Inc.
 William A. Novak, Honeywell Inc.
 Linda Tucker, Honeywell Technologies Solutions Inc.
 Fujiang Sun, Huawei Technologies Co., Ltd.
 Rongxiang (Davis) Yang, Huawei Technologies Co., Ltd.
 James F. Maguire, Intel Corporation
 Richard Pond, Itron Electricity Metering, Inc.
 Kenneth Reid, IUPUI-Indiana/Purdue University
 Marty Rodriguez, Jabil Circuit, Inc.
 Quyen Chu, Jabil Circuit, Inc.
 Akikazu Shibata, Ph.D., JPCA-Japan Printed Circuit Association
 David F. Scheiner, Kester
 Blen F. Talbot, L-3 Communications
 Bruce Bryla, L-3 Communications
 Byron Case, L-3 Communications
 Phillip Chen, L-3 Communications Electronic Systems
 Chanelle Smith, Lockheed Martin
 Karen E. McConnell, C.I.D., Lockheed Martin
 C. Dudley Hamilton, Lockheed Martin Aeronautics Co.
 Eileen Lane, Lockheed Martin Corporation
 Mary H. Sprankle, Lockheed Martin Corporation
 Linda Woody, Lockheed Martin Electronics & Missiles
 Vijay Kumar, Lockheed Martin Missile & Fire Control
 Hue T. Green, Lockheed Martin Space Systems Company
 Jeffery J. Luttkus, Lockheed Martin Space Systems Company
 Michael R. Green, Lockheed Martin Space Systems Company
 Russell H. Nowland, Lucent Technologies
 Helena Pasquito, M/A-COM Inc.
 Dennis Fritz, MacDermid, Inc.
 Gregg A. Owens, Manufacturing Technology Training Center
 James H. Moffitt, Moffitt Consulting Services
 Terry Burnette, Motorola Inc.
 Garry D. McGuire, NASA
 Robert D. Humphrey, NASA/Goddard Space Flight Center
 Christopher Hunt, Ph.D., National Physical Laboratory
 Wade McFaddin, Nextek, Inc.
 Seppo J. Nuppola, Nokia Networks Oyj
 Mari Paakkonen, Nokia Networks Oyj
 Neil Trelford, Nortel Networks
 Clarence W. Knapp, Northrop Grumman
 Mahendra S. Gandhi, Northrop Grumman

Randy McNutt, Northrop Grumman
 Rene R. Martinez, Northrop Grumman
 Alan S. Cash, Northrop Grumman Corporation
 Becky Amundsen, Northrop Grumman Corporation
 Bernard Icore, Northrop Grumman Corporation
 Alvin R. Luther, Northrop Grumman Laser Systems
 Frederic W. Lee, Northrop Grumman Norden Systems
 William A. Rasmus, Jr., Northrop Grumman Space Systems
 Andrew W. Ganster, NSWC - Crane
 Peggi J. Blakley, NSWC - Crane
 Wallace Norris, NSWC - Crane
 William Dean May, NSWC - Crane
 Rodney Dehne, OEM Worldwide
 Ken A. Moore, Omni Training
 Peter E. Maher, PEM Consulting
 Rob Walls, C.I.D., PIEK International Education Centre BV
 Denis Jean, Plexus Corp.
 Timothy M. Pitsch, Plexus Corp.
 Bonnie J. Gentile, Plexus NPI Plus - New England
 David Posner
 Kevin T. Schuld, Qualcomm Inc.
 Guy M. Ramsey, R & D Assembly
 Piotr Wus, Radwar SA
 David R. Nelson, Raytheon Company
 Fonda B. Wu, Raytheon Company
 Gerald Frank, Raytheon Company
 James M Daggett, Raytheon Company
 Gary Falconbury, Raytheon System Technology
 Gordon Morris, Raytheon System Technology
 Steven A. Herrberg, Raytheon Systems Company
 Connie M. Korth, Reptron Manufacturing Services/Hibbing
 Beverley Christian, Ph.D., Research In Motion Limited
 Bryan James, Rockwell Collins
 David C. Adams, Rockwell Collins
 David D. Hillman, Rockwell Collins
 Douglas O. Pauls, Rockwell Collins
 Bob Heller, Saline Electronics
 Donna L. Lauranzano, Sanmina-SCI Corporation
 Frank V. Grano, Sanmina-SCI Corporation
 Brent Sayer, Schlumberger Well Services
 Kelly M. Schriver, Schriver Consultants
 Klaus D. Rudolph, Siemens AG
 George Carroll, Siemens Energy & Automation
 Megan Shelton, Siemens Energy & Automation
 Mark P. Mitzen, Sierra Nevada Corporation
 Steve Garner, Sierra Nevada Corporation
 Marsha Hall, Simclar, Inc.

Danksagung (Fortsetzung)

Bjorn Kullman, Sincotron Sverige AB
Finn Skaanning, Skaanning Quality & Certification -SQC
Daniel L. Foster, Soldering Technology International
Mel Parrish, Soldering Technology International
Patricia A. Scott, Soldering Technology International
Jasbir Bath, Solectron Corporation
Charles D. Fieselman, Solectron Technology Inc.
Fortunata Freeman, Solectron Technology Inc.
Sue Spath, Solectron Technology Inc.
Paul B. Hanson, Surface Mount Technology Corporation
Keith Sweatman
David Reilly, Synergetics
John Mastorides, Sypris Electronics, LLC
Raymond E. Dawson, Teamsource Technical Services
Vern Solberg, Tessera Technologies, Inc.
Les Hymes, The Complete Connection

Susan Roder, Thomas Electronics
Leroy Boone, Thomson Consumer Electronics
William Lee Vroom, Thomson Consumer Electronics
Debora L. Obitz, Trace Laboratories - East
Renee J. Michalkiewicz, Trace Laboratories - East
Nick Vinardi, TRW/Automotive Electronics Group
Martha Schuster, U.S. Army Aviation & Missile Command
Sharon T. Ventress, U.S. Army Aviation & Missile Command
Constantin Hudon, Varitron Technologies Inc.
Gregg B. Stearns, Vitel Technologies, Inc.
Denis Barbini, Ph.D., Vitronics Soltec
David Zueck, Western Digital
Lionel Fullwood, WKK Distribution Ltd.
John S. Norton, Xerox Corporation
Steven T. Sauer, Xetron Corp.

Spezielle Danksagung

Wir möchten gern unseren speziellen Dank folgenden Mitgliedern für die Bereitstellung von Bildern und Illustrationen für die vorliegende Revision aussprechen:

Constantino J. Gonzalez, ACME Training & Consulting
Jennifer Day, Current Circuits
Robert Willis, Electronic Presentation Services
Mark Cannon, ERSA Global Connections
Steve Radabaugh, Hewlett-Packard Company
Marty Rodriguez, Jabil Circuit, Inc.
Quyen Chu, Jabil Circuit, Inc.
Blen F. Talbot, L-3 Communications
Linda Woody, Lockheed Martin Electronics & Missiles
James H. Moffitt, Moffitt Consulting Services
Mari Paakkonen, Nokia Networks Oyj
Neil Trelford, Nortel Networks
Peggi J. Blakley, NSWC - Crane
Ken A. Moore, Omni Training¹
Guy M. Ramsey, R & D Assembly
Bryan James, Rockwell Collins
Frank V. Grano, Sanmina-SCI Corporation
Norine Wilson, SED Systems Inc.
Daniel L. Foster, Soldering Technology International
Mel Parrish, Soldering Technology International
Jasbir Bath, Solectron Corporation
Vern Solberg, Tessera Technologies, Inc.
Bob Heller, Saline Lectronics

¹ Figures 3-4, 3-5, 5-22, 5-23, 5-24, 5-25, 5-39, 5-58, 6-51, 6-54, 6-57, 6-58, 6-60, 6-61, 6-70, 6-73, 6-75, 6-90, 6-91, 6-92, 6-93, 6-95, 6-96, 6-102, 6-103, 6-104, 6-105, 6-106, 6-107, 6-108, 6-109, 6-110, 6-111, 6-112, 6-113, 6-114, 6-115, 6-116, 6-117, 7-120, 7-16, 7-27, 7-31, 7-104, 7-112, 7-115, 7-116, 8-148, 8-149 fallen unter das © von Omni Training und werden mit Erlaubnis genutzt.

- Diese Seite ist absichtlich frei gelassen -

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	1-1	3	Handhabung elektronischer Baugruppen	3-1
1.1	Übersicht	1-2	3.1	Vorbeugung gegen Beschädigung durch elektrische Überlast (EOS/ESD) ...	3-2
1.2	Ziele/Anwendungsbereich	1-3	3.1.1	Elektrische Überlast (EOS)	3-3
1.3	Sonderkonstruktionen	1-3	3.1.2	Elektrostatische Entladung (ESD)	3-4
1.4	Fachbegriffe/Definitionen	1-3	3.1.3	Warnkennzeichen	3-5
1.4.1	Klassifikation	1-3	3.1.4	Schutzmaterialien	3-6
1.4.2	Abnahmekriterien	1-3	3.2	EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze/EPA	3-7
1.4.2.1	Idealzustand, Zielwert	1-4	3.3	Handhabung	3-9
1.4.2.2	Abnahmestatus	1-4	3.3.1	Richtlinien	3-9
1.4.2.3	Fehlerzustand	1-4	3.3.2	Physische Beschädigung	3-10
1.4.2.4	Prozessindikator	1-4	3.3.3	Verunreinigung/Kontamination	3-10
1.4.2.5	Kombinierte Zustände	1-4	3.3.4	Elektronische Baugruppen	3-10
1.4.2.6	Nicht beschriebener Zustand	1-5	3.3.5	Nach dem Löten	3-11
1.4.3	Seitenbezeichnung der Leiterplatte	1-5	3.3.6	Handschuhe und Fingerlinge	3-12
1.4.3.1	Primärseite	1-5	4	Montage- und Befestigungsteile	4-1
1.4.3.2	Sekundärseite	1-5	4.1	Einbau von Befestigungsteilen	4-2
1.4.3.3	Lot-Quellseite	1-5	4.1.1	Elektrischer Isolationsabstand	4-2
1.4.3.4	Lot-Zielseite	1-5	4.1.2	Abweichungen	4-3
1.4.4	Kalte Lötstelle	1-5	4.1.3	Schraubverbindungen	4-3
1.4.5	Elektrischer Isolationsabstand	1-5	4.1.3.1	Minimale Drehmoment	4-6
1.4.6	Hochspannung	1-5	4.1.3.2	Drahte	4-7
1.4.7	Reflowlöten von Durchsteckmontage- Bauteilen	1-5	4.2	Steckverbinder, Griffe, Ausziehvorrichtungen, Klinken	4-9
1.4.8	Ablegieren	1-5	4.3	Steckverbinder-Stifte	4-10
1.4.9	Meniskus (Bauteil)	1-5	4.3.1	Stifte für Kanten-Steckerleisten	4-10
1.4.10	Pin-in-Paste (siehe 1.4.7)	1-5	4.3.2	Einpress-Steckerstifte	4-12
1.4.11	Drahtdurchmesser	1-5	4.3.2.1	Lötung	4-16
1.5	Beispiele und Abbildungen	1-5	4.3.3	Backplane-Leiterplatten	4-18
1.6	Methodik der Inspektion	1-5	4.4	Kabelbaumsicherung	4-19
1.7	Überprüfung der Abmessungen	1-6	4.4.1	Allgemeines	4-19
1.8	Vergrößerungshilfen und Beleuchtung ..	1-6	4.4.2	Kabelverschnürung	4-22
2	Anzuwendende Dokumente	2-1	4.4.2.1	Beschädigung	4-23
2.1	IPC-Dokumente	2-1	4.5	Kabelführung	4-24
2.2	Gemeinschafts-Industrie-Richtlinien (Joint Industry Documents)	2-1	4.5.1	Kabelkreuzungen	4-24
2.3	Dokumente der EOS/ESD- Assoziation	2-2	4.5.2	Biegeradius	4-25
2.4	Dokumente der Electronics Industries Alliance (EIA)	2-2	4.5.3	Koaxialkabel	4-26
2.5	Dokumente der International Electrotechnical Commission (IEC)	2-2	4.5.4	Abschluss ungenutzter Kabel	4-27
			4.5.5	Kabelbinder über Verbindungen (Splices) und Endhülsen	4-28

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

5	Lötstellen	5-1	6.6	Lötstützpunkte – Spannungsentlastung/ Drahtabiegung	6-15
5.1	Abnahmeanforderungen für Lötstellen ..	5-3	6.6.1	Bündel	6-15
5.2	Anomalien beim Löten	5-8	6.6.2	Einzeldraht	6-16
5.2.1	Freiliegendes Basismetall	5-8	6.7	Draht-/Anschlussdrahtpositionierung ..	6-17
5.2.2	Nadellöcher/Blaslöcher	5-10	6.7.1	Turmanschluss und gerade Stifte	6-18
5.2.3	Reflow von Lotpaste	5-11	6.7.2	Gabelstifte	6-20
5.2.4	Nichtbenetzung	5-12	6.7.2.1	Von der Seite herangeführte Anschlüsse ..	6-20
5.2.5	Entnetzung	5-13	6.7.2.2	Von unten bzw. von oben herangeführte Anschlüsse	6-22
5.2.6	Überschusslot	5-14	6.7.3	Drähte mit Kleber fixiert	6-23
5.2.6.1	Lotkugeln/Lotfeinteilchen	5-14	6.7.4	Geschlitzte Lötstützpunkte	6-24
5.2.6.2	Brückenbildung	5-16	6.7.5	Gelochte Anschlusslaschen	6-25
5.2.6.3	Spinnweben	5-17	6.7.6	Hakenanschlüsse	6-26
5.2.7	Lotstörung	5-18	6.7.7	Löthülsen	6-27
5.2.8	Risse in der Lötstelle	5-19	6.7.8	Seriell verbundene Anschlüsse	6-28
5.2.9	Lotzapfen	5-20	6.7.9	AWG 30 und dünnere Drahtdurchmesser ..	6-29
5.2.10	„Fillet Lifting“ am bleifreien Lotkegel	5-21	6.8	Isolation	6-30
5.2.11	Schrumpfrisse/Lunker	5-22	6.8.1	Abisolierlänge	6-30
6	Anschlüsse	6-1	6.8.2	Beschädigungen	6-32
6.1	Kantenclips	6-2	6.8.2.1	Vor dem Löten	6-32
6.2	Nietverbindungen	6-3	6.8.2.2	Nach dem Löten	6-34
6.2.1	Bördelflansch	6-4	6.8.3	Flexibler Schutzschlauch	6-35
6.2.2	Spreizflansch	6-5	6.9	Leiter	6-37
6.2.3	Definierte Spalten	6-6	6.9.1	Deformation	6-37
6.2.4	Lötstützpunkte	6-7	6.9.2	Litzenaufspreizung (Birdcaging)	6-38
6.2.4.1	Turmanschluss	6-7	6.9.3	Beschädigungen	6-39
6.2.4.2	Gabelstifte	6-8	6.10	Lötstützpunkte – Lot	6-40
6.2.5	Spreizflansch, eingelötet	6-9	6.10.1	Turmanschlüsse	6-41
6.3	Draht-/Anschlussvorbereitung – Verzinnung	6-11	6.10.2	Gabelstifte	6-42
6.4	Anschlussdraht-Formgebung – Spannungsentlastung	6-13	6.10.3	Geschlitzte Lötstützpunkte	6-45
6.5	Serviceschleifen	6-14	6.10.4	Gelochte Anschlusslaschen	6-46
			6.10.5	Haken/Stift	6-47
			6.10.6	Löthülsen	6-48
			6.11	Leiter – Beschädigung – Nach dem Löten	6-50

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

7	Durchsteckmontage-Technologie7-1	7.4	Nicht durchkontaktierte Löcher7-33
7.1	Bauteilmontage7-2	7.4.1	Axiale Drahtanschlüsse – Horizontal7-33
7.1.1	Ausrichtung7-2	7.4.2	Axiale Drahtanschlüsse – Vertikal7-34
7.1.1.1	Horizontal7-3	7.4.3	Drahtrestlänge7-35
7.1.1.2	Vertikal7-5	7.4.4	Umbiegen7-36
7.1.2	Anschluss-Formgebung7-6	7.4.5	Lötstelle7-38
7.1.2.1	Biegungen7-6	7.4.6	Anschlussbeschneidung nach dem Löten ..7-41
7.1.2.2	Spannungsentlastung7-8	7.5	Durchkontaktierte Löcher7-41
7.1.2.3	Beschädigungen7-10	7.5.1	Axiale Drahtanschlüsse – Horizontal7-41
7.1.3	Kreuzung von Anschlussdrähten und Leiterzügen7-11	7.5.2	Axiale Drahtanschlüsse – Vertikal7-43
7.1.4	Blockierung von Bohrungen7-12	7.5.3	Drahtrestlänge7-45
7.1.5	DIP/SIP-Bauteile und -Sockel7-13	7.5.4	Umbiegen7-46
7.1.6	Radiale Anschlüsse – Vertikale Montage7-15	7.5.5	Lötstelle7-48
7.1.6.1	Abstandshalter7-16	7.5.5.1	Vertikale Füllung (Lotdurchstieg) (A)7-51
7.1.7	Radiale Anschlüsse – Horizontale Montage7-18	7.5.5.2	Primärseite – Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (B)7-53
7.1.8	Steckverbinder7-19	7.5.5.3	Primärseite – Bedeckung des Restringes (C)7-55
7.1.9	Hochleistungsbauelemente7-21	7.5.5.4	Sekundärseite – Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (D)7-56
7.2	Kühlkörper7-23	7.5.5.5	Sekundärseite – Bedeckung des Restringes (E)7-57
7.2.1	Isolatoren und Wärmeleitpasten7-25	7.5.5.6	Lotzustand – Lot in der Drahtbiegung7-58
7.2.2	Kontaktfläche7-26	7.5.5.7	Lotzustand – Meniskus im Lot7-59
7.3	Bauteilsicherung7-27	7.5.5.8	Anschlussbeschneidung nach dem Löten7-60
7.3.1	Montageclips7-27	7.5.5.9	Drahtisolation im Lot7-61
7.3.2	Befestigung durch Kleber – Nicht-hochgesetzte Bauteile7-29	7.5.5.10	Lagenverbindungen (Vias) – Ohne Bauteilanschlüsse7-62
7.3.3	Befestigung durch Kleber – Hochgesetzte Bauteile7-31		
7.3.4	Drahtniederhalter7-32		

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

8	Oberflächenmontierte Baugruppen8-1	8.2.5	Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse ...8-41
8.1	Fixierkleber8-3	8.2.5.1	Seitenüberhang (A)8-41
8.2	SMT-Lötverbindungen8-4	8.2.5.2	Spitzenüberhang (B)8-45
8.2.1	Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten ...8-4	8.2.5.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)8-46
8.2.1.1	Seitenüberhang (A)8-5	8.2.5.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-48
8.2.1.2	Endüberhang (B).....8-6	8.2.5.5	Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E) ...8-50
8.2.1.3	Endbreite der Lötstelle (C)8-7	8.2.5.6	Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ...8-51
8.2.1.4	Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-8	8.2.5.7	Lotspaltdicke (G)8-52
8.2.1.5	Maximale Höhe der Lötstelle (E)8-9	8.2.5.8	Koplanarität8-53
8.2.1.6	Minimale Höhe der Lötstelle (F)8-9	8.2.6	Runde oder abgeflachte (geprägte)
8.2.1.7	Lotspaltdicke (G)8-10		Anschlüsse8-54
8.2.1.8	Endüberlappung (J).....8-10	8.2.6.1	Seitenüberhang (A)8-55
8.2.2	Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische	8.2.6.2	Spitzenüberhang (B)8-56
	Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten8-11	8.2.6.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)8-56
8.2.2.1	Seitenüberhang (A)8-12	8.2.6.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-57
8.2.2.2	Endüberhang (B).....8-13	8.2.6.5	Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E) ...8-58
8.2.2.3	Endbreite der Lötstelle (C)8-15	8.2.6.6	Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ...8-59
8.2.2.4	Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-17	8.2.6.7	Lotspaltdicke (G)8-60
8.2.2.5	Maximale Höhe der Lötstelle (E)8-18	8.2.6.8	Minimale seitliche Lötstellenhöhe (Q).....8-60
8.2.2.6	Minimale Höhe der Lötstelle (F)8-19	8.2.6.9	Koplanarität8-61
8.2.2.7	Lotspaltdicke (G)8-20	8.2.7	„J“-förmige Anschlüsse8-62
8.2.2.8	Endüberlappung (J).....8-21	8.2.7.1	Seitenüberhang (A)8-62
8.2.2.9	Anschlussvarianten8-22	8.2.7.2	Spitzenüberhang (B)8-64
8.2.2.9.1	Platzierung in Seitenlage (Billboarding).....8-22	8.2.7.3	Endbreite der Lötstelle (C)8-64
8.2.2.9.2	Platzierung in Rückenlage.....8-24	8.2.7.4	Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-66
8.2.2.9.3	Gestapelte Bauteile8-25	8.2.7.5	Maximale Höhe der Lötstelle (E)8-67
8.2.2.9.4	Grabsteineffekt (Tombstoning).....8-26	8.2.7.6	Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ...8-68
8.2.3	Zylindrische Endkappenanschlüsse (MELF)8-27	8.2.7.7	Lotspaltdicke (G)8-70
8.2.3.1	Seitenüberhang (A)8-28	8.2.7.8	Koplanarität8-70
8.2.3.2	Endüberhang (B).....8-29	8.2.8	Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse)8-71
8.2.3.3	Endbreite der Lötstelle (C)8-30	8.2.8.1	Maximaler Seitenüberhang (A).....8-71
8.2.3.4	Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-31	8.2.8.2	Maximaler Spitzenüberhang (B)8-72
8.2.3.5	Maximale Höhe der Lötstelle (E)8-32	8.2.8.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)8-72
8.2.3.6	Minimale Höhe der Lötstelle (F)8-33	8.2.8.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-73
8.2.3.7	Lotspaltdicke (G)8-34	8.2.8.5	Maximale Höhe der Lötstelle (E)8-73
8.2.3.8	Endüberlappung (J).....8-35	8.2.8.6	Minimale Höhe der Lötstelle (F)8-74
8.2.4	Anschlüsse mit Metallisierung in	8.2.8.7	Lotspaltdicke (G)8-74
	Einbuchtungen (LCC)8-36	8.2.9	Flache Lötflächen-Anschlüsse8-75
8.2.4.1	Seitenüberhang (A)8-37	8.2.10	Hoch aufragende Bauteile mit Anschlüssen
8.2.4.2	Endüberhang (B).....8-38		nur auf der Unterseite8-76
8.2.4.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)8-38	8.2.11	Nach innen geformte L-förmige
8.2.4.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D).....8-39		Band-Anschlüsse8-77
8.2.4.5	Maximale Höhe der Lötstelle (D).....8-39	8.2.12	BGA (Ball Grid Array) = Oberflächen-
8.2.4.6	Minimale Höhe der Lötstelle (F)8-40		montage-Bauteile mit Anschlüssen im
8.2.4.7	Lotspaltdicke (G)8-40		Flächenraster auf der Unterseite8-79
		8.2.12.1	Platziergenauigkeit8-80
		8.2.12.2	Lotkugelabstand8-80
		8.2.12.3	Lötverbindungen.....8-81
		8.2.12.4	Poren.....8-83
		8.2.12.5	Unterfüllung/Fixierklebung8-83
		8.2.13	Kunststoff-Quad Flat Pack – Keine
			Anschlussbeine (PQFN)8-84
		8.2.14	Bauteile mit lötbaren Kühlflächen
			auf der Unterseite8-86

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

9	Bauteilbeschädigungen9-1	10.4	Sauberkeit10-35
9.1	Verlust der Metallisierung und Ablegieren9-2	10.4.1	Flussmittelrückstände.....10-36
9.2	Funktionsschicht am Chipwiderstand ...9-3	10.4.2	Schmutzpartikel.....10-37
9.3	Bauteile mit/ohne Drahtanschluss9-4	10.4.3	Chloride, Carbonate und weiße Rückstände.....10-38
9.4	Chip-Bauteile9-8	10.4.4	No-Clean-Prozess – Erscheinungsform10-40
9.5	Steckverbinder9-10	10.4.5	Korrosionsmerkmale an Oberflächen10-41
10	Leiterplatten und Baugruppen10-1	10.5	Beschichtungen10-43
10.1	Vergoldete Direktstecker10-2	10.5.1	Lötstoppmasken-Beschichtung10-43
10.2	Laminat-Anforderungen10-4	10.5.1.1	Falten/Risse10-44
10.2.1	Fleckenbildung (Measling) und Gewebezerrüttung (Crazing)10-5	10.5.1.2	Poren und Blasen.....10-46
10.2.2	Blasenbildung (Blistering) und Delaminierung10-7	10.5.1.3	Durchbrüche.....10-48
10.2.3	Gewebestrukturbildung/Gewebefreilegung10-10	10.5.1.4	Verfärbungen10-49
10.2.4	Hofbildung (Haloing) und Kanten-Delaminierung10-11	10.5.2	Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings)10-50
10.2.5	Rotring (Pink Ring).....10-13	10.5.2.1	Grundsätzliches10-50
10.2.6	Verbrennungen10-14	10.5.2.2	Bedeckung10-50
10.2.7	Wölbung und Verwindung10-15	10.5.2.3	Schichtdicke10-53
10.2.8	Flexible und starr-flexible Leiterplatten10-16	11	Einzelverdrahtungen11-1
10.2.8.1	Knicke und Risse10-16	11.1	Lötfreie Wickeltechnik11-2
10.2.8.2	Delaminierung in der Versteifung10-18	11.1.1	Windungsanzahl.....11-3
10.2.8.3	Verfärbungen10-19	11.1.2	Windungsabstand.....11-4
10.2.8.4	Lotunterwanderung10-20	11.1.3	Wicklungsauslauf (Tail), Wicklung mit Isolation.....11-5
10.2.9	Leiterzüge/Anschlussflächen.....10-21	11.1.4	Überlappen abstehender Windungen11-7
10.2.9.1	Reduzierung des Querschnitts10-21	11.1.5	Anordnung der Verbindungen11-8
10.2.9.2	Abgehobene Löt pads/Anschlussflächen10-22	11.1.6	Drahtführung11-10
10.2.9.3	Mechanische Beschädigung10-24	11.1.7	Drahtspiel11-11
10.3	Kennzeichnung10-25	11.1.8	Drahtbeschichtung11-12
10.3.1	Geätzte Kennzeichnung (Handdruck eingeschlossen)10-26	11.1.9	Beschädigte Isolierung.....11-13
10.3.2	Siebdruck-Kennzeichnungen10-27	11.1.10	Beschädigungen an Draht und Anschlussstift ...11-14
10.3.3	Gestempelte Kennzeichnungen10-28	11.2	Drahtbrücken11-15
10.3.4	Laserkennzeichnungen10-30	11.2.1	Drahtauswahl11-16
10.3.5	Etiketten (Label).....10-32	11.2.2	Drahtverlegung.....11-17
10.3.5.1	Barcode.....10-32	11.2.3	Drahtbefestigung mittels Klebstoff.....11-20
10.3.5.2	Lesbarkeit.....10-32	11.2.4	Durchkontaktierte Löcher11-22
10.3.5.3	Adhäsion und Beschädigung.....10-33	11.2.4.1	Anschlüsse im Loch11-22
10.3.5.4	Position10-34	11.2.4.2	Verbindung mit Drahtwindung11-23
		11.2.4.3	Überlappungslötung11-24
		11.2.5	Drahtbrücken – SMT11-26
		11.2.5.1	Chips und Bauteile mit zylindrischen Anschlusskappen (MELF)11-26
		11.2.5.2	Gull-Wing-Anschlüsse11-27
		11.2.5.3	„J“-förmige Anschlüsse.....11-28
		11.2.5.4	Unbestückte Anschlussflächen11-28
		11.3	Kabelvorbereitung zur Zug-/Spannungs-entlastung an Steckverbindern11-29

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

12	Hochspannung	12-1	Tabelle 7-4	Höhe des Bauteilkörpers über der Anschlussfläche.....	7-43	
12.1	Lötstützpunkte	12-2	Tabelle 7-5	Drahtrestlänge in durchkontaktierten Löchern.....	7-45	
12.1.1	Drähte/Bauteilanschlüsse.....	12-2	Tabelle 7-6	Durchkontaktierte Löcher mit Bauteil-Anschlüssen – Minimal zulässige Lotbedingungen.....	7-50	
12.1.2	Anschlüsse im Bodenbereich.....	12-4	Tabelle 7-7	Durchkontaktierte Löcher mit Bauteilanschlüssen – Pin-in-Paste-Prozess – Minimal zulässige Lotbedingungen.....	7-50	
12.1.3	Nicht genutzte Lötstützpunkte.....	12-5	Tabelle 8-1	Abmessungsanforderungen für Chip-Bauteile mit Anschlüssen nur unten.....	8-4	
12.2	Löthülsen	12-6	Tabelle 8-2	Abmessungskriterien – Chip-Bauteile - Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1,3 oder 5 Seiten.....	8-11	
12.2.1	Drähte/Bauteilanschlüsse.....	12-6	Tabelle 8-3	Abmessungskriterien – Zylindrische Endkappenanschlüsse (MELF).....	8-27	
12.2.2	Nicht genutzte Löthülsen.....	12-7	Tabelle 8-4	Abmessungskriterien – Metallisierung in Einbuchtungen.....	8-36	
12.3	Isolierung	12-8	Tabelle 8-5	Abmessungskriterien – Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse.....	8-41	
12.4	Durchsteckverbindungen	12-9	Tabelle 8-6	Abmessungskriterien – Eigenschaften runder oder abgeflachter (geprägter) Anschlüsse ...	8-54	
12.5	Gebördelter Flansch	12-10	Tabelle 8-7	Abmessungskriterien – „J“-Anschlüsse.....	8-62	
12.6	Sonstige Befestigungsteile	12-11	Tabelle 8-8	Abmessungskriterien – Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) (Nicht anwendbar auf Klasse 3.....	8-71	
Anhang A: Elektrischer Leiterabstand			A-1	Tabelle 8-9	Abmessungskriterien – Flache Lötflächen-Anschlüsse.....	8-75
Schlagwortverzeichnis (Index)			Index-1	Tabelle 8-10	Abmessungskriterien – Hoch aufragende Bauteile mit Anschlüssen nur auf der Unterseite.....	8-76
Referenzliste C- zu D-Ausgabe (zusätzlich erstellt vom FED)			Ref-1	Tabelle 8-11	Abmessungskriterien – Nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse.....	8-77
FED-Dokumente			FED	Tabelle 8-12	Abmessungskriterien – BGA-Eigenschaften.....	8-79
TABELLEN						
Tabelle 1-1	Zusammenfassung verwandter Dokumente.....	1-2	Tabelle 8-13	Abmessungskriterien – PQFN.....	8-84	
Tabelle 1-2	Vergrößerungen für die Inspektion (Anschlussflächenbreite).....	1-6	Tabelle 8-14	Abmessungskriterien – Kühlflächenanschlüsse auf der Unterseite.....	8-86	
Tabelle 1-3	Verwendung von Vergrößerungshilfen – Sonstige.....	1-6	Tabelle 9-1	Absplittungskriterien.....	9-8	
Tabelle 3-1	Typische Quellen statischer Ladung.....	3-4	Tabelle 10-1	Überzugsdicke.....	10-53	
Tabelle 3-2	Typische Werte für Erzeugung elektrostatischer Spannung.....	3-4	Tabelle 11-1	Minimale Anzahl von Windungen des nicht isolierten Drahtes.....	11-3	
Tabelle 3-3	Maximal zulässige Werte für Widerstand und Entladungszeit bei elektrostatisch sicherem Arbeiten.....	3-7				
Tabelle 3-4	Empfohlene Regeln für die Handhabung elektronischer Baugruppen.....	3-9				
Tabelle 4-1	Minimalanforderungen an den Biegeradius.....	4-25				
Tabelle 6-1	Zulässige Beschädigung von Litzendrähten.....	6-39				
Tabelle 7-1	Minimaler Innen-Biegeradius.....	7-6				
Tabelle 7-2	Drahtrestlänge in unverstärkten Bohrungen...	7-35				
Tabelle 7-3	Nicht durchkontaktierte Löcher mit Bauteilanschlüssen – Zulässige Mindestabnahmebedingungen.....	7-38				

1 Vorwort

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

1.1 Übersicht

1.2 Ziele/Anwendungsbereich

1.3 Sonderkonstruktionen

1.4 Fachbegriffe und Definitionen

- 1.4.1 Klassifikation
 - Klasse 1 - Gewöhnliche Elektronikprodukte
 - Klasse 2 - Zweckbestimmte Elektronikprodukte
 - Klasse 3 - Hochleistungselektronik
- 1.4.2 Abnahmekriterien
 - 1.4.2.1 Idealzustand, Zielwert (Anzustreben)
 - 1.4.2.2 Abnahmestatus (Zulässig)
 - 1.4.2.3 Fehlerzustand (Unzulässig)
 - 1.4.2.4 Prozessindikator
 - 1.4.2.5 Kombinierte Zustände
 - 1.4.2.6 Nicht beschriebener Zustand
- 1.4.3 Seitenbezeichnung der Leiterplatte

- 1.4.3.1 Primärseite
- 1.4.3.2 Sekundärseite
- 1.4.3.3 Lot-Quellseite
- 1.4.3.4 Lot-Zielseite
- 1.4.4 Kalte Lötstelle
- 1.4.5 Elektrischer Isolationsabstand
- 1.4.6 Hochspannung
- 1.4.7 Reflowlöten von Durchsteckmontage-Bauteilen
- 1.4.8 Ablegieren
- 1.4.9 Meniskus (Bauteil)
- 1.4.10 Pin-in-Paste (siehe 1.4.7)
- 1.4.11 Drahtdurchmesser

1.5 Beispiele und Abbildungen

1.6 Methodik der Inspektion

1.7 Überprüfung der Abmessungen

1.8 Vergrößerungshilfen und Beleuchtung

1 Vorwort (Fortsetzung)

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

1.1 Übersicht

Dieser Standard ist eine Zusammenstellung von Abnahmekriterien für die visuelle Inspektion elektronischer Baugruppen.

Dieses Dokument präsentiert Abnahmeanforderungen für die Herstellung elektrischer und elektronischer Baugruppen. Ursprünglich beinhalteten Standards für elektronische Baugruppen umfassende Anleitungen, die Prinzipien und Techniken betrafen. Für ein vollständiges Verständnis der Empfehlungen und Anforderungen dieses Dokuments kann man es in Zusammenhang mit IPC-HDBK-001, IPC-HDBK-610 und IPC/EIA J-STD-001 verwenden.

Die Kriterien dieses Standards dienen nicht dem Zweck, Prozesse zur Fertigung von Bauteilen zu definieren, auch nicht 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 eine Klemme gewickelten Drahtes impliziert/autorisiert/fordert nicht, dass alle Drähte/Leitungen im Uhrzeigersinn gewickelt sein sollen.

IPC-A-610 enthält Kriterien, die außerhalb der Zielsetzung von IPC/EIA J-STD-001 liegen und Handhabung, mechanische und andere Verarbeitungsanforderungen definieren. Tabelle 1-1 ist eine Zusammenfassung verwandter Dokumente.

Tabelle 1-1: Zusammenfassung verwandter Dokumente

Anwendungsbereich	Nummer	Definition
Designnorm	IPC-2220 (Serie) IPC-SM-782* 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, welche in den Designprozess und die Dokumentation gewöhnlich einbezogen werden.
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 beziehen bzw. auf Anwendervorgaben oder interne Normen.
Endprodukt-Norm	IPC J-STD-001	Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen mit Minimaldarstellung von Abnahmekriterien für Endprodukte. Enthalten sind ferner Methoden für die Bewertung (Testmethoden), Anforderungen an die Häufigkeit von Tests und Hinweise für Anforderungen an die Prozesskontrolle.
Norm für Abnahmekriterien	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 out-of-control- (Prozessindikator oder unzulässiger) Zustände vor, um den Prozesstechnologen 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 Endproduktnormen, Normen für die Ausführung der Arbeiten oder in Anwenderdokumentationen enthalten sind.
Nacharbeit und Reparatur	IPC-7711A/7721A	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 durchkontaktierten Bohrungen.

* Anmerkung des FED: Im Februar 2005 abgelöst durch IPC-7351

1 Vorwort (Fortsetzung)

IPC-HDBK-610 ist ein unterstützendes Dokument, welches Informationen bezüglich der Absichten des Inhalts dieser Spezifikation bereit stellt und das technische Grundprinzip für die Grenzüberschreitungen von der Zielwert- bis zur Fehlerbedingung erklärt oder erweitert. Zusätzlich werden Informationen zum Prozess gegeben, um ein besseres Verständnis der Auswahl von Parametern zu erreichen, die das Verhalten unter Betriebsbedingungen bestimmen, jedoch nicht mit visuellen Bewertungsmethoden erkennbar sind.

Die Erläuterungen in diesem Begleitdokument sollen bei der Entscheidung helfen, was bei Eintritt einer Fehlerbedingung oder im Falle von Prozessen, für die eine Prozessindikatorbedingung ermittelt wurde, geschehen soll. Weiterhin sollen sie Fragen zur Klärung der Nutzung und der Anwendung definierter Inhalte dieser Spezifikation beantworten. Vertraglicher Bezug auf IPC-A-610 fixiert nicht zusätzlich den Inhalt von IPC-HDBK-610, außer wenn in der Vertragsdokumentation spezifisch darauf Bezug genommen wird.

1.2 Ziele/Anwendungsbereich

Die visuellen Vorgaben der Sichtprüfung in diesem Dokument reflektieren die Forderungen vorhandener IPC-Dokumente sowie weiterer anwendbarer Spezifikationen. Wenn der Anwender also den Inhalt dieser vorliegenden Norm seiner Qualitätskontrolle zugrundelegen will, sollte die Baugruppe bzw. das Produkt den Anforderungen anderer IPC-Dokumente wie IPC-SM-782 (siehe Fußnote zu Tab. 1-1), der IPC-2220-Serie, der IPC-6010-Serie und IPC-A-600 entsprechen. Wenn die Baugruppe nicht diesen oder vergleichbaren Anforderungen entspricht, sind die Akzeptanzkriterien in Übereinkunft zwischen Kunden und Lieferanten zu definieren.

Die Illustrationen in diesem Dokument bilden spezifische Punkte ab entsprechend der Überschrift auf jeder Seite. Jeder Illustration folgt eine kurze Beschreibung. Dabei ist es nicht Absicht des Dokumentes, verschiedene mögliche akzeptable Platzierungsverfahren für Bauteile oder bestimmte geeignete Flussmittel bzw. Lote, die für die Herstellung elektrischer Verbindungen eingesetzt werden, auszuschließen. Allerdings müssen mittels der angewandten Methoden Lötverbindungen erzeugt werden, die den in diesem Dokument beschriebenen Abnahmeanforderungen entsprechen.

Im Falle von Diskrepanzen hat in jedem Fall die Beschreibung oder das geschriebene Grenzkriterium Vorrang gegenüber der Illustration.

1.3 Sonderkonstruktionen

Als ein Dokument, das auf allgemeinen Übereinkünften der Industrie beruht, kann die IPC-A-610 nicht alle vorhandenen Bauteile und möglichen Designvariationen widerspiegeln. Wenn ungewöhnliche oder spezielle Technologien angewendet werden, kann die Entwicklung spezialisierter Abnahmekriterien vonnöten sein. Allerdings kann diese Norm dort, wo ähnliche Charakteristiken vorliegen, als Richtschnur für die Erstellung von Abnahmekriterien für

Produkte dienen. Bei der Berücksichtigung der Leistungskriterien des Produkts sind häufig spezifische Definitionen erforderlich, um die jeweiligen Charakteristiken mit einzu beziehen. In diese Entwicklung sollte der Kunde mit einbezogen werden. Für Klasse 3 ist seine Zustimmung vonnöten und die Kriterien sollten vereinbarte Definitionen für die Produktabnahme enthalten. Wenn immer möglich sollten solche Kriterien dem Technischen Ausschuss (Technical Committee) des IPC übermittelt werden, um in kommende Überarbeitungen dieser Richtlinie einzufließen.

1.4 Fachbegriffe und Definitionen

Die mit einem Stern (*) versehenen Begriffe sind aus IPC-T-50 zitiert.

1.4.1 Klassifikation

Der Kunde (Anwender) trägt die endgültige Verantwortung für die Identifizierung der Klasse, zu der die Baugruppe zuzuordnen ist.

Die Dokumentation, die die anzuwendende Klasse für die zu inspizierende Baugruppe festlegt, muss dem Prüfer (Inspektor) zur Verfügung gestellt werden.

Entscheidungen über Annahme oder Ablehnung müssen auf anwendbaren Dokumenten wie Verträgen, Zeichnungen, Spezifikationen, Richtlinien und Referenzdokumenten basieren. Die Kriterien in dieser Richtlinie beziehen sich auf die nachfolgenden drei Produktklassen:

Klasse 1: Gewöhnliche Elektronikprodukte (General Electronic Products)

Die Hauptforderung an die Produkte dieser Klasse ist, dass die fertige Baugruppe funktioniert.

Klasse 2: Zweckbestimmte Elektronikprodukte (Dedicated Service Electronic Products)

Hierunter fallen Produkte, für die kontinuierliche Leistung und verlängerte Lebensdauer gefordert sind und für die unterbrechungsfreier Betrieb erwünscht, aber nicht kritisch ist. Die typische Anwendungsumgebung bewirkt keinen Ausfall.

Klasse 3: Hochleistungselektronik (High Performance Products)

Hierunter fallen Produkte, für die kontinuierliche Hochleistung oder Leistung auf Abruf kritisch ist, bei denen ein Funktionsausfall nicht toleriert wird, die Endanwendungsumgebung besonders harsch sein kann, und das Gerät jederzeit funktionsfähig sein muss, z.B. in lebenserhaltenden oder anderen kritischen Systemen.

1.4.2 Abnahmekriterien

Wird IPC-A-610 zitiert oder ist sie vertraglich als alleiniges Dokument für die Inspektion und/oder Abnahme gefordert, sind die Anforderungen der ANSI/J-STD 001 (Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen) nicht anzuwenden (außer wenn separat und spezifisch gefordert).

1 Vorwort (Fortsetzung)

Im Falle eines Konfliktes gilt folgende Priorität:

1. Beschaffungsunterlagen wie zwischen Kunde und Lieferant vereinbart und dokumentiert.
2. Fertigungszeichnungen oder Original-Bestückungszeichnungen, welche die detaillierten Anforderungen des Kunden widerspiegeln.
3. IPC-A-610, wenn durch den Kunden oder durch vertragliche Vereinbarungen mit einbezogen.
4. Zusätzliche durch den Kunden benannte Dokumente.

Dem Anwender (Kunden) obliegt die Verantwortung, Abnahmekriterien festzulegen. Sind keine Kriterien erforderlich oder festgelegt bzw. zitiert, sollten die besten Fertigungspraktiken (Stand der Technik) zugrunde gelegt werden. Werden IPC/EIA J-STD-001 und IPC-A-610 sowie andere verwandte Dokumente zitiert, ist die Rangfolge in den Vertragsunterlagen zu definieren.

Für jede Klasse werden Kriterien für vier Abnahmekategorien benannt: Idealzustand, Zielwert (Target Condition, in der Übersetzung "Anzustreben" genannt), Abnahmestatus (Acceptable Condition, in der Übersetzung "Zulässig" genannt) und entweder Fehlerzustand (Defect Condition, in der Übersetzung "Unzulässig" genannt) oder Prozessindikator (Process Indicator Condition, in der Übersetzung "Prozessindikator" genannt).

Wenn nicht anders angegeben, sind die Kriterien in dieser Norm für Massivdraht / Bauteilanschlüsse oder Litzendraht anwendbar.

1.4.2.1 Idealzustand, Zielwert (Anzustreben)

Ein an Perfektion grenzender bevorzugter Zustand. Dies ist allerdings ein „Wunsch-Zustand“ und nicht immer realisierbar, außerdem für die Sicherung der Zuverlässigkeit der Baugruppe in ihrer Einsatzumgebung nicht notwendigerweise erforderlich.

1.4.2.2 Abnahmestatus (Zulässig)

Während die Baugruppe in diesem Zustand zwar nicht unbedingt perfekt ist, bleiben dennoch in ihrer Betriebsumgebung Integrität und Zuverlässigkeit erhalten.

1.4.2.3 Fehlerzustand (Unzulässig)

Ein Fehler ist ein Zustand, der die Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion einer Baugruppe in ihrer Betriebsumgebung nicht sicherstellt. Die Behandlung von Fehlerzuständen muss vom Hersteller basierend auf Design, Service, und Kundenanforderungen geregelt werden. Zur Disposition stehen, neben anderen, Nacharbeit, Reparatur, Entsorgung oder Verwendung in vorliegender Form („use as is“). Reparatur oder Verwendung in vorliegender Form („use as is“) bedarf der Zustimmung des Kunden.

Ein Fehler der Klasse 1 ist automatisch auch Fehler der Klasse 2 und 3. Ein Fehler der Klasse 2 schließt einen Fehler der Klasse 3 ein.

1.4.2.4 Prozessindikator (Prozessindikator)

Ein Prozessindikator ist ein Zustand (kein Fehler), der eine Eigenschaft identifiziert, die nicht die Form, Einsatzfähigkeit und Funktion des Produktes beeinträchtigt.

- Ein solcher Zustand resultiert aus Material-, Design- und/oder Bediener-/Maschinen-bedingten Ursachen und beschreibt einen Fall, der zwar nicht vollständig die Abnahmekriterien erfüllt, aber kein Fehler ist.
- Prozessindikatoren sollten im Rahmen des Prozesskontrollsystems beobachtet werden. Wenn eine zunehmende Anzahl von Prozessindikatoren signifikante Abweichungen im Prozess oder einen unerwünschten Trend aufzeigten, dann ist eine Prozessanalyse durchzuführen. Diese kann zu Aktionen führen, um die Abweichung zu reduzieren und Verbesserungen der Ausbeute zu erreichen.
- Eine Disposition (Behandlung) individueller Prozessindikatoren ist nicht erforderlich und die betroffenen Produkte sollten in der vorliegenden Form verwendet werden („use as is“).
- Prozess-Kontroll-Methoden sind in der Planung, Ausführung und Bewertung des Fertigungsprozesses zu verwenden, der für die Fertigung gelöteter elektrischer und elektronischer Baugruppen zum Einsatz kommt. Die Philosophie, Einführungsstrategien, Werkzeuge und Techniken können in verschiedenen Abfolgen angewendet werden, abhängig vom Unternehmen und vom Arbeitsplan oder der betrachteten Variablen, um das Prozesskontrollsystem und die Prozessfähigkeit an die Endprodukthanforderungen anzupassen. Der Hersteller muss einen jederzeit prüfbar, dem aktuellen Stand des laufenden Prozesses entsprechenden Kontrollplan/Plan für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess aufrecht erhalten.

1.4.2.5 Kombinierte Zustände

Neben den individuellen Eigenschaften muss die Aufsummierung von Abweichungen vom Idealzustand für die Produktabnahme berücksichtigt werden, auch wenn sie einzeln nicht als Defekt anzusehen sind. Die große Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten erlaubt keine vollständige Definition im Inhalt und Ziel dieser Spezifikation; die Hersteller sollten jedoch aufmerksam auf die Möglichkeit kombinierter und kumulierter Bedingungen und ihren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Produkts achten.

Die Abnahmestatus in dieser Spezifikation sind individuell für jedes Merkmal definiert und wurden mit jeweils spezifischer Berücksichtigung des Einflusses auf den zuverlässigen Betrieb für die definierte Produktionsklasse erstellt. Können aktuelle Zustände kombiniert werden, so kann die kumulative Auswirkung auf die Leistung des Produktes von Bedeutung sein; z.B. minimal zulässiges Lotvolumen in Verbindung mit maximalem seitlichen Überhang und minimale Endüberlappung kann eine wesentliche Herabsetzung der mechanischen Festigkeit verursachen. Der Hersteller ist für die Identifizierung derartiger Zustände verantwortlich.

1 Vorwort (Fortsetzung)

1.4.2.6 Nicht beschriebener Zustand

Zustände, die nicht anderweitig als Fehler oder als Prozessindikator eingestuft sind, können als zulässig bewertet werden, es sei denn, es wird deutlich, dass der Zustand die vom Endanwender festgelegte Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion beeinträchtigt.

1.4.3 Seitenbezeichnung der Leiterplatte

Die folgenden Bezeichnungen werden in diesem Dokument durchgängig zur Festlegung der Leiterplattenseite verwendet:

1.4.3.1 Primärseite

Diejenige Seite einer Aufbau- und Verbindungsstruktur (Leiterplatte), die als solche in der Fertigungszeichnung festgelegt ist. (Gewöhnlich handelt es sich um die Seite, welche die meisten Bauteile bzw. die größte Schaltungskomplexität aufweist. Manchmal wird diese Seite in der Durchsteckmontagetechnologie auch als "Bauteilseite" oder Lot-Zielseite bezeichnet).

1.4.3.2 Sekundärseite

Diejenige Seite einer Aufbau- und Verbindungsstruktur (Leiterplatte), die entgegen gesetzt der Primärseite liegt. (Diese Seite wird in der Durchsteckmontagetechnologie manchmal als "Lötseite" oder Lot-Quell-Seite bezeichnet).

1.4.3.3 Lot-Quellseite

Die Lot-Quellseite ist diejenige Seite der Leiterplatte, auf welche das Lot aufgetragen wird. Sie ist normalerweise die Sekundärseite der Leiterplatte, wenn Wellen-, Tauch- oder Schlepplöten angewendet wird, kann aber auch die Primärseite sein, wenn das Löten von Hand durchgeführt wird. Die Lot-Quell-/Lot-Zielseite ist zu berücksichtigen, wenn bestimmte Kriterien wie beispielsweise die in Tabelle 7-3, 7-6 und 7-7 aufgeführten zum Einsatz kommen.

1.4.3.4 Lot-Zielseite

Die Lot-Zielseite ist die Seite der Leiterplatte, der das Lot bei einer Durchsteck-Anwendung entgegenfließt. Sie ist normalerweise die Primärseite der Leiterplatte, wenn Wellen-, Tauch- oder Schlepplöten angewendet wird, kann aber auch die Sekundärseite sein, wenn das Löten von Hand durchgeführt wird. Die Lot-Quell-/Lot-Zielseite ist zu berücksichtigen, wenn Kriterien, wie beispielsweise die in Tabelle 7-3, 7-6 und 7-7 aufgeführten zum Einsatz kommen.

1.4.4 Kalte Lötstelle

Eine Lötstelle, die schlechte Benetzung zeigt und durch ein gräulich-poröses Erscheinungsbild charakterisiert ist. (Dieses rührt von übermäßigen Verunreinigungen des Lotes, unzureichender Reinigung vor dem Löten und/oder unzureichender Wärmezufuhr während des Lötprozesses her).

1.4.5 Elektrischer Isolationsabstand

Der Mindestabstand zwischen nicht-gemeinsamen nicht-isolierten Leitern (d.h. Leiterbildern, Materialien, Befestigungs-/Montageteilen, Rückständen) wird in diesem Do-

kument als elektrischer Mindest-Sicherheitsabstand deklariert und ist in der anwendbaren Designnorm oder der bestätigten und kontrollierten Dokumentation definiert. Isoliermaterial muss ausreichende elektrische Isolation gewährleisten. Ist keine Designnorm festgelegt, so ist der Anhang A dieses Dokumentes (abgeleitet aus IPC-2221) zu verwenden. Jegliche Verletzung des elektrischen Mindestisolationsabstandes ist ein Fehlerzustand.

1.4.6 Hochspannung

Die Bezeichnung „Hochspannung“ variiert je nach Design und Anwendung. Die Hochspannungskriterien in diesem Dokument sind nur anwendbar, wenn dies spezifisch in der Zeichnungs-/Beschaffungs-Dokumentation gefordert wird.

1.4.7 Reflowlöten von Durchsteckmontage-Bauteilen

Ein Vorgang, bei dem Lotpaste für Durchsteck-Bauteile unter Verwendung einer Druckschablone oder eines Dispensers aufgetragen wird, um die Durchsteck-Bauteile gemeinsam mit den Oberflächenmontage-Bauteilen im Reflowprozess zu verlöten.

1.4.8 Ablegieren

Verlust oder Entfernung von Grundmetall oder Endschichten während des Lötprozesses.

1.4.9 Meniskus (Bauteil)

Versiegelung oder Einkapselung auf einem Anschluss, der aus der Sitzfläche des Bauteiles hervorsticht. Dieses beinhaltet Materialien wie beispielsweise Keramik, Epoxiharz oder andere Verbundmaterialien und Fließränder vergossener Komponenten.

1.4.10 Pin-in-Paste (siehe 1.4.7)

Siehe Reflowlöten von Durchsteckmontage-Bauteilen

1.4.11 Drahtdurchmesser

In diesem Dokument bedeutet Drahtdurchmesser (D) den Gesamtdurchmesser des Leiters einschließlich Isolierung.

1.5 Beispiele und Abbildungen

Viele der aufgeführten Beispiele (Abbildungen) sind stark übertrieben, um die Gründe für ihre Einstufung zu verdeutlichen.

Es ist notwendig, dass sich die Anwender dieser Norm genau den inhaltlichen Bezug jedes Kapitels bewusst machen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

1.6 Methodik der Inspektion

Die Entscheidung über Abnahme und/oder Zurückweisung muss auf anzuwendenden Dokumenten basieren, wie beispielsweise Verträgen, Zeichnungen, Spezifikationen und Referenzdokumenten.

Nicht der Inspektor wählt die Klasse für die zu inspizierende Baugruppe aus. Die Dokumentation, welche die anzuwendende Klasse für die zu inspizierende Baugruppe spezifiziert, ist ihm zur Verfügung zu stellen.

1 Vorwort (Fortsetzung)

Automatische Inspektionstechnologie (Automatische Optische Inspektion (AOI) stellt eine brauchbare Alternative zur Sichtprüfung dar und ergänzt automatische Testeinrichtungen. Viele der in diesem Dokument aufgeführten Merkmale können mit einem AOI-System untersucht werden. Weitergehende Informationen zu automatischer optischer Inspektion sind im "Anwenderhandbuch für automatische Lötstellen-Inspektionssysteme" (IPC-AI-641, "User's Guidelines for Automated Solder Joint Inspection Systems") und im "Anwenderhandbuch für die automatische Inspektion von Belichtungsvorlagen („Artwork“), Innenlagen und unbestückten Leiterplatten" (IPC-A-642, "User's Guidelines for Automated Inspection of Artwork, Inner-Layers, and unpopulated PWB's") zu finden.

Wünscht der Kunde bezüglich Häufigkeit der Inspektion und Abnahme den Einsatz von Industrienormen, wird für weitergehende Details zu Lötanforderungen J-STD-001 empfohlen.

1.7 Überprüfung der Abmessungen

Die in diesem Dokument zitierten tatsächlichen Abmessungen (d.h. Montage spezifischer Bauteile, Abmessungen des Lotvolumens und festgelegte Prozentangaben) sind, außer für Referenzfälle, nicht als Vorgaben zu betrachten. Alle Abmessungen in dieser Norm sind in SI-Einheiten (System International) angegeben (mit den äquivalenten imperial-englischen Dimensionsangaben in Klammern).

1.8 Vergrößerungshilfen und Beleuchtung

Für die Sichtprüfung der Baugruppen können manche individuellen Spezifikationen Vergrößerungshilfen fordern. Die Toleranz der Vergrößerungshilfe beträgt +/- 15% des gewählten Vergrößerungsbereiches. Vergrößerungshilfen, die für die Prüfung benutzt werden, müssen der Größe des betrachteten Objektes angemessen sein. Die Beleuchtung muss der verwendeten Vergrößerungshilfe entsprechen. Wenn vertraglich nicht anders vorgeschrieben, sind die Vergrößerungen in den Tabellen 1-2 und 1-3 entsprechend der Abmessungen der inspizierten Einheiten anzuwenden.

Referenzbedingungen werden nur angewendet, um Produkte zu begutachten, die bei Inspektionsvergrößerung zurückgewiesen wurden. Bei Baugruppen mit gemischten Anschlussflächenbreiten kann die größere Vergrößerung für die gesamte Baugruppe verwendet werden.

Tabelle 1-2 Vergrößerungen für die Inspektion (Anschlussflächenbreite)

Breite oder Durchmesser der Anschlussfläche ¹	Vergrößerung	
	Prüfungsbereich	Maximum
> 1,0 mm (0,039 in)	1.5x bis 3x	4x
> 0,5 mm bis ≤1,0 mm (0,020 bis 0,039 in)	3x bis 7.5x	10x
0,25 mm bis 0,5 mm (0,00984 bis 0,0197 in)	7.5x bis 10x	20x
< 0,25 mm (0,00984 in)	20x	40x

Anmerkung 1: Teil eines Leiterbildes, das für Verbindung oder Montage von Komponenten verwendet wird.

Tabelle 1-3 Anwendung von Vergrößerungshilfen – Sonstige

Reinheit (Reinigungsprozess)	Vergrößerung nicht erforderlich, siehe Anmerkung 1
Reinheit (Prozess ohne Reinigung) nach 10.4.4)	Anmerkung 1
Baugruppenbeschichtung/ Schutzlackierung	Anmerkungen 1, 2
Sonstiges (Komponenten- und Leiterschäden etc.)	Anmerkung 1

Anmerkung 1: Eine visuelle Prüfung kann eine Vergrößerung erfordern, z.B. wenn Fine Pitch- oder High Density-Baugruppen vorliegen; eine Vergrößerung kann zur Feststellung erforderlich sein, ob Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion durch Kontamination beeinträchtigt sind.

Anmerkung 2: Bei Anwendung einer Vergrößerung ist diese auf maximal 4x beschränkt.

2 Anzuwendende Dokumente

Die folgenden Richtlinien bilden in dem Maße, in dem sie zitiert werden, einen Teil dieses Dokumentes.

2.1 IPC-Dokumente¹

IPC-HDBK-001 Handbuch und Anleitung als Ergänzung zu J-STD-001 mit Ergänzung (Amendment) 1

IPC-T-50 Fachbegriffe und Definitionen aus dem Bereich Verbinden und Strukturieren elektronischer Schaltungen

IPC-CH-65 Richtlinie für die Reinigung von Leiterplatten und Baugruppen

IPC-D-279 Design-Richtlinien für zuverlässige Leiterplatten-Baugruppen in Oberflächen-Montagetechnologie

IPC-D-325 Dokumentationsanforderungen für Leiterplatten

IPC-DW-425 Design- und Endprodukthanforderungen für Leiterplatten mit diskret aufgetragenen Leiterzügen

IPC-DW-426 Richtlinie für die Abnahme von Baugruppen mit diskreter Verdrahtung

IPC-TR-474 Überblick der diskreten Verdrahtungstechniken

IPC-A-600 Abnahmekriterien für Leiterplatten

IPC-HDBK-610 Handbuch und Anleitung zu IPC-A-610 (inkl. IPC-A-610B-C-Vergleich)

IPC/WHMA-A-620 Anforderungen und Abnahme von Kabel- und Draht-Kabelbäumen

IPC-AI-641 Anwendungsrichtlinie für Automatische Löt-Inspektions-Systeme

IPC-AI-642 Anwendungsrichtlinie für die Automatische Inspektion von Fertigungsunterlagen, Innenlagen und unbestückten Leiterplatten

IPC-TM-650 Handbuch der Testmethoden

IPC-CM-770 Richtlinien für die Bauelementbefestigung auf Leiterplatten

IPC-SM-782 SMT-Design-Richtlinie für Bauelementeanschlussflächen (Anmerkung des FED: 02/2005 abgelöst durch IPC-7351)

IPC-CC-830 Qualifizierung und Gebrauchseigenschaften von elektrisch isolierenden Massen für Leiterplatten

IPC-HDBK-830 Richtlinien für Design, Auswahl und Verwendung von konformen Überzügen

IPC-SM-840 Qualifizierung und Gebrauchseigenschaften permanenter Lötstoppsmasken

IPC-SM-785 Richtlinien für beschleunigte Zuverlässigkeitsprüfungen von SMD-Lötverbindungen

IPC-2220 (Serie) IPC-2220 Design-Richtlinien-Familie

IPC-6010 (Serie) IPC-6010 Qualifikations- und Leistungsspezifikations-Richtlinien-Familie für Leiterplatten

IPC-7095 Design- und Montageprozess-Implementierung für BGA

IPC-7711A/7721A Nacharbeit, Reparatur und Modifikation elektronischer Baugruppen

IPC-9701 Leistungstest-Methoden und Qualifikationsanforderungen für SMD-Lötverbindungen

2.2 Gemeinschafts-Industrie-Richtlinien (Joint Industry Documents)²

IPC/EIA J-STD-001 Anforderungen an gelötete elektronische und elektrische Baugruppen

IPC/EIA J-STD-002 Lötbarkeitstests für Bauelementanschlüsse, Abschlüsse, Anschlussfahnen, Lötstützpunkte und Drähte

J-STD-003 Lötbarkeitstests für Leiterplatten

J-STD-004 Anforderungen an Lötflusmittel

IPC/JEDEC J-STD-020 Empfindlichkeitsklassifikation gegenüber Feuchtigkeit im Reflow-Prozess von IC im Kunststoffgehäuse für die SMD-Montage

IPC/JEDEC J-STD-033 Richtlinie für Handling, Verpacken, Versand und Einsatz feuchtigkeitsempfindlicher SMD-Bauelemente

1. www.ipc.org

2. www.ipc.org

2.3 Dokumente der EOS/ESD-Assoziation³

ANSI/ESD S 8.1 Symbole und Kennzeichen für elektrostatisch gefährdete Bauelemente

ANSI/ESD-S-20.20 Schutz elektrischer und elektronischer Bauelemente, Baugruppen und Ausrüstung

2.4 Dokumente der Electronics Industries Alliance (EIA)⁴

EIA-471 Symbole und Kennzeichen für elektrostatisch sensitive Bauelemente

2.5 Dokumente der International Electrotechnical Commission (IEC)⁵

IEC/TS 61340-5-1 Schutz elektronischer Bauelemente vor Elektrostatik - Allgemeine Anforderungen

IEC/TS 61340-5-2 Schutz elektronischer Bauelemente vor Elektrostatik - Anwenderrichtlinie

3. www.esda.org
4. www.eia.org
5. www.iec.ch

Schutz der Bauteile und Baugruppen – EOS/ESD und sonstige Empfehlungen für die Handhabung

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

3.1 Vorbeugung gegen Beschädigung durch elektrische Überlast (EOS/ESD)

- 3.1.1 Elektrische Überlast (EOS)
- 3.1.2 Elektrostatische Entladung (ESD)
- 3.1.3 Warnkennzeichen
- 3.1.4 Schutzmaterialien

3.2 EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze /EPA

3.3 Handhabung

- 3.3.1 Richtlinien
- 3.3.2 Physische Beschädigung
- 3.3.3 Verunreinigung/Kontamination
- 3.3.4 Elektronische Baugruppen
- 3.3.5 Nach dem Löten
- 3.3.6 Handschuhe und Fingerlinge

3.1 Vorbeugung gegen Beschädigung durch elektrische Überlast (EOS/ESD)

Elektrostatische Entladung (ESD) ist ein schneller Übergang einer elektrischen Ladung von einem Objekt auf ein anderes mit anderem Potential, das von elektrostatischen Quellen erzeugt wurde. Wenn eine statische elektrische Ladung in Kontakt oder in die Nähe eines empfindlichen Bauteils kommt, so kann diese Schaden nehmen.

Elektrische Überlast (EOS) ist das interne Ergebnis ungewollter elektrischer Energie, die zur Beschädigung der Bauteile führt. Dieser Schaden kann von diversen Quellen verursacht werden, wie elektrisch betriebenen Bearbeitungsgeräten oder ESD bei Handhabung oder Bearbeitung.

Die Bauteile, die empfindlich gegen ESD sind, heißen ESDS (= Electrostatic Discharge Sensitive). Die relative Empfindlichkeit eines Bauteils gegenüber ESD hängt von seiner Konstruktion und vom Material ab. Da die Bauteile immer kleiner und schneller werden, steigt auch die Empfindlichkeit.

ESDS-Bauteile können aufgrund unsachgemäßer Handhabung oder Bearbeitung ausfallen oder ihre Werte ändern. Diese Ausfälle können unmittelbar erfolgen oder latent

bleiben. Ein sofortiger Ausfall kann zusätzliche Tests nach sich ziehen. Folge kann Reparatur oder Verschrottung sein. Latente Fehler sind besonders kritisch, denn das Produkt kann trotz bestandener Inspektion und Funktionstests ausfallen oder fehlerhaft sein, wenn es an den Anwender ausgeliefert wird.

Es ist wichtig, für ESDS-Bauteile einen Schutz in Schaltungsdesign und Gehäusekonstruktion vorzusehen. In den Fertigungs- und Montagebereichen werden häufig Arbeiten mit ungeschützten elektronischen Baugruppen durchgeführt (wie in Testvorrichtungen), die mit den ESDS-Bauteilen in Verbindung kommen. Es ist wichtig, dass ESDS-Produkte nur an EOS/ESD-sicheren Arbeitsplätzen in einem elektrostatischen Schutzbereich (Electrostatic Protected Areas - EPA) aus ihrer Verpackung entnommen werden. Dieser Abschnitt dient der sicheren Handhabung solcher ungeschützter elektronischer Baugruppen.

Die Informationen in diesem Abschnitt sollen allgemeiner Natur sein. Zusätzliche Information können in IPC/EIA J-STD-001, ANSI/ESD-S-20.20 und anderen verwandten Dokumenten gefunden werden.

3.1.1 EOS/ESD-Vorbeugung – Elektrische Überlast (EOS)

Elektrische Bauteile können durch unerwünschte elektrische Energie verschiedenster Herkunft zerstört werden. Beispielsweise können dieselelektrostatische Entladungen (ESD) oder Spannungsspitzen sein, die durch die verwendeten Werkzeuge, wie LötKolben, Lotabsaugvorrichtungen, Testgeräte oder andere elektrisch betriebene Geräte, eingespeist werden. Die einzelnen elektronischen Bauteile sind unterschiedlich empfindlich gegen Beschädigung durch EOS. Der Grad der Empfindlichkeit wird durch das Design dieser Bauteile bestimmt. Allgemein kann man sagen, dass High-Speed-Anwendungen und kleinere Bauteile empfindlicher sind als ihre langsameren und größeren Vorgänger. Auch der Einsatzbereich und die Art der Bauteilfamilie tragen zur Empfindlichkeit der Bauteile bei, da das Design der Bauteile für immer kleinere elektrische Spannung oder breitere Frequenzbänder ausgelegt wird. Bei den heutigen Produkten stellt die elektrische Überlast ein stärkeres Problem dar als noch vor wenigen Jahren, und es wird in Zukunft ein noch kritischerer Faktor sein.

Bei der Analyse der Empfindlichkeit eines Produktes ist innerhalb der Baugruppe das Bauteil mit der größten Empfindlichkeit zu betrachten. Die ungewünschte elektrische Energie kann wie ein aufgebrachtes Signal in einer Schaltung fortschreiten oder weitergeleitet werden.

Vor der Handhabung oder der Verarbeitung von ESD-empfindlichen Bauteilen müssen die vorgesehenen Werkzeuge und Geräte sorgfältig getestet werden, um sicher zu stellen, dass sie keine Spannungsspitzen erzeugen können. Aktuelle Untersuchungen haben gezeigt, dass Spannungsspitzen kleiner 0,5 V akzeptabel sind. Jedoch erfordert eine wachsende Anzahl von extrem empfindlichen Bauteilen, dass LötKolben, Lotabsaugvorrichtungen, Testinstrumente und andere Ausrüstungsgegenstände keine Spannungsspitzen größer 0,3 V generieren dürfen.

Wie durch die meisten ESD-Spezifikationen gefordert, kann eine periodische Überprüfung der Testeinrichtungen Garantie dafür sein, Beschädigungen auszuschließen, denn die Geräte verlieren mit der Zeit an Zuverlässigkeit. Wartungsprogramme sind ebenfalls für die Fertigungsgeräte erforderlich, um dauerhaft sicherzustellen, dass keine Schäden durch elektrische Überlastung (EOS) entstehen.

Die Beschädigung eines Bauteiles durch elektrische Überlastung (EOS) ähnelt der Beschädigung durch elektrostatische Entladung, da in beiden Fällen die Beschädigung das Resultat unerwünschter elektrischer Energie ist.

3.1.2 EOS/ESD-Vorbeugung – Elektrostatische Entladung (ESD)

Tabelle 3-1 Typische Quellen statischer Ladung

Arbeitsoberfläche	Gewachste, bemalte oder lackierte Flächen. Unbehandeltes Vinyl- und Kunststoffglas
Boden	Versiegelter Beton. Gewachstes oder lackiertes Holz, Bodenfliesen und Teppichstoffe
Kleidung und Personal	nicht ESD-gerechte Arbeitskittel Synthetische Materialien nicht ESD-gerechte Schuhe Haare
Stühle	Lackiertes Holz Vinyl Fiberglas Nichtleitende Räder
Verpackungen und Verarbeitungsmaterial	Kunststofftaschen, Verpackungen, Hüllen, Blasenfolie, Schaumstoff, Styroporschaum Nicht-ESD-Tragetaschen, Schalen, Kästen, Teilebehälter
Bestückungswerkzeuge und Materialien	Drucksprays, komprimierte Luft, synthetische Bürsten, Heißgas-Pistolen, Gebläse, Kopierer, Drucker

Tabelle 3-2 Typische Werte für Erzeugung elektrostatischer Spannung

Quelle	10 – 20 % Luftfeuchtigkeit	65 – 90 % Luftfeuchtigkeit
Laufen auf Teppich	35.000 Volt	1.500 Volt
Laufen auf Kunststoffboden	12.000 Volt	250 Volt
Arbeiten an Werkbank	6.000 Volt	100 Volt
Vinylhüllen (Arbeitsanweisungen)	7.000 Volt	600 Volt
Kunststofftüte, die von der Werkbank hochgehoben wird	20.000 Volt	1.200 Volt
Arbeitsstuhl mit Schaumstoffkissen	18.000 Volt	1.500 Volt

Die beste Vorbeugung gegen Beschädigung durch elektrostatische Entladung ist eine Kombination aus Verhindern und Beseitigen elektrostatischer Ladungen, wenn sie auftreten. Sämtliche Präventionsmaßnahmen basieren auf einer der beiden Maßnahmen.

Zerstörungen durch elektrostatische Entladungen resultieren aus der elektrischen Energie, die von einer statischen Quelle erzeugt und direkt auf ein elektrostatisch empfindliches Bauteil übertragen wird oder sich in dessen Nähe befindet. Statische Quellen befinden sich in unserer gesamten Umgebung. Der Grad der erzeugten Ladung ist abhängig von der Charakteristik der Quelle. Zur Erzeugung der Energie ist Relativbewegung erforderlich. Dieses kann durch Berühren, Trennen oder Reiben von Material geschehen.

Die meisten der ernst zu nehmenden Störquellen sind Isolatoren, da sie die Energie dort, wo sie erzeugt oder aufgebracht wurde, eher konzentrieren als eine Ableitung über die Oberfläche zuzulassen (siehe Tabelle 3-1). Allgemein übliche Materialien wie Kunststofftaschen oder Behälter aus Styroporschaum erzeugen statische Ladung und sind als solche in Fertigungsbereichen, insbesondere in ESD-gerechten Arbeitsbereichen (EPA), nicht erlaubt. Das Abrollen eines Klebebandes von einem Spender kann beispielsweise 20.000 Volt erzeugen. Sogar Pressluftdüsen, die Luft über die Oberfläche von Isolatoren bewegen, erzeugen Ladungen.

Zerstörende statische Ladungen werden oft in benachbarten Leitern durch die menschliche Haut erzeugt und entladen sich dann auf den Leitern der Baugruppe. Das kann passieren, wenn eine Leiterplatten-Baugruppe durch eine Person berührt wird, die elektrostatisch aufgeladen ist. Die elektronische Baugruppe kann nun dadurch beschädigt werden, dass die Entladung über die Leiterzüge zu einem ESD-empfindlichen Bauteil gelangt. Statische Entladungen können zu gering sein, um vom Menschen bemerkt zu werden (weniger als 3.500 V), und dennoch ein ESD-empfindliches Bauteil beschädigen.

Tabelle 3-2 gibt einige typische Werte für statische Spannungen wieder.

3.1.3 EOS/ESD-Vorbeugung – Warnkennzeichen

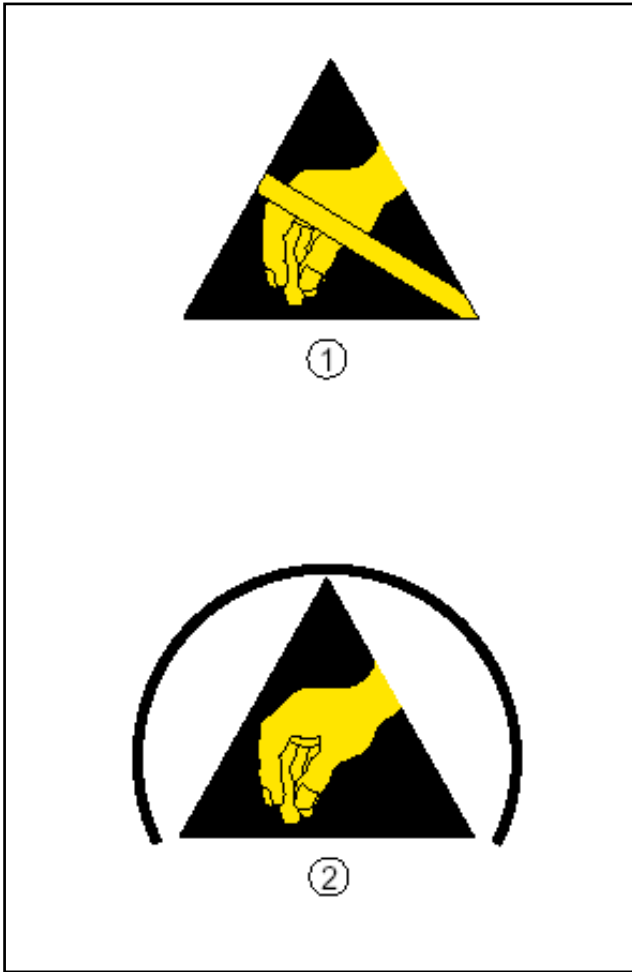


Abbildung 3-1
1. Symbol für ESD-Anfälligkeit
2. ESD-Schutzsymbol

Warnkennzeichen gibt es zum Anbringen in Einrichtungen und zum Plazieren auf Bauteilen, Baugruppen, Ausrüstungen und Verpackungen. Sie sollen die Mitarbeiter darauf hinweisen, dass die Gefahr der Erzeugung elektrostatischer oder elektrischer Überlastung der Bauteile bzw. Baugruppen, die sie gerade handhaben, mit der Folge ihrer Beschädigung besteht. Beispiele häufig verwendeter Aufkleber sind in Abb. 3-1 wiedergegeben.

Symbol (1) ESD-Anfälligkeit: Ein Dreieck mit einer greifenden Hand und einem durchkreuzenden Strich. Es soll symbolisieren, dass ein elektrisches bzw. elektronisches Bauteil oder eine Baugruppe anfällig gegenüber Beschädigung durch ESD ist.

Symbol (2) ESD-Schutzsymbol: Dieses unterscheidet sich vom Anfälligkeits-Symbol dadurch, dass es einen Bogen um das Dreieck herum besitzt und keinen durchkreuzenden Strich. Es kennzeichnet diejenigen Einrichtungen, die speziell für den ESD-Schutz von ESD-empfindlichen Bauteilen und Baugruppen konstruiert sind.

Die Symbole (1) und (2) identifizieren somit ESD-empfindliche Bauteile oder eine Baugruppe, die ESD-empfindliche Bauteile enthält, und unterstreichen die Notwendigkeit einer entsprechend sorgfältigen Behandlung. Diese Symbole werden durch die ESD Association unterstützt und sowohl in der EOS/ESD-Norm S8.1 als auch in den Normen der Electronic Industries Association (EIA) EIA-471 und IEC/TS 61340-5-1 beschrieben.

(Anm. der Übersetzer: im deutschen auch als DIN EN 61340-5-1 = VDE 0300 herangezogen)

Es ist zu beachten, dass das Fehlen dieser Symbole nicht bedeutet, dass die betreffende Baugruppe nicht ESD-empfindlich ist. **Wenn Zweifel an der Empfindlichkeit einer Baugruppe gegenüber ESD existieren, muss die Baugruppe solange als ESD-empfindlich behandelt werden, bis das Gegenteil nachgewiesen ist.**

3.1.4 EOS/ESD-Vorbeugung – Schutzmaterialien

ESD-empfindliche Bauteile und Baugruppen müssen vor statischen Quellen geschützt werden, wenn sie sich nicht in elektrostatisch abgesicherten Arbeitsplätzen oder Umgebungen befinden. Der Schutz kann durch leitfähige Elektrostatik abschirmende Kisten, Schutzabdeckungen, -taschen oder -umhüllungen erfolgen.

ESD-empfindliche Teile dürfen aus ihren Schutzbehältern nur an ESD-geschützten Arbeitsplätzen herausgenommen werden.

Es ist wichtig, den Unterschied der drei Arten von Schutzmaterialien zu verstehen:

- (1) statische Schirmung (oder Sperrverpackung)
- (2) antistatische Materialien
- (3) statisch ableitende Materialien.

Statische Schirmung (oder Sperrverpackung)

Statisch abschirmende Verpackungen verhindern eine statische Entladung durch die Verpackung hindurch in die Baugruppe und schützen so vor Beschädigung.

Antistatische Verpackungsmaterialien (low charging = gering aufladbar)

Antistatische Verpackungsmaterialien werden als preiswerte Polstermaterialien und Zwischenverpackung für ESD-empfindliche Bauteile benutzt. Antistatische Materialien erzeugen keine Ladung bei Bewegung. Wenn sich eine elektrostatische Entladung ereignet, kann diese durch die Verpackung hindurch in das Bauteil oder die Baugruppe gelangen und eine EOS/ESD-Beschädigung ESD-empfindlicher Bauteile hervorrufen.

Statisch ableitende Verpackungsmaterialien

Statisch ableitende Verpackung besitzt genug Leitfähigkeit, um die Verteilung der aufgetragenen Ladung über die Oberfläche zu gewährleisten und Ladungskonzentrationen abzubauen. Teile, die eine EOS/ESD-geschützte Arbeitsfläche verlassen, müssen in Sperrverpackungen umverpackt werden, in denen in der Regel wiederum statisch abschirmende Verpackungen und antistatische Verpackungsmaterialien enthalten sind.

Durch die Farbe des Verpackungsmaterials sollte man sich nicht in die Irre führen lassen. Es wird oft angenommen, dass schwarzes Packmaterial statisch abschirmend oder leitend und rosafarbenes Material antistatisch ist. Während das im Allgemeinen zutrifft, kann es auch täuschen. Gegenwärtig gibt es viele neue transparente Materialien auf dem Markt, die antistatisch sein können und auch statisch abschirmend. Vor ein paar Jahren noch konnte man davon ausgehen, dass transparente Verpackungsmaterialien im Fertigungsprozess EOS/ESD-Probleme hervorrufen würden. Dieses ist jetzt jedoch nicht mehr der Fall.

Achtung:

Einige statische Abschirmmaterialien, antistatische Schutzmaterialien und einige aktuelle antistatische Lösungen können die Lötbarkeit von Baugruppen, Bauteilen und Materialien im Prozess beeinflussen. Es sind deshalb nur nicht kontaminierende Verpackungs- und Handhabungsmaterialien, unter Beachtung der Herstellerangaben, während des Herstellungsprozesses der Baugruppe einzusetzen. Das Reinigen der statisch abschirmenden Verpackung und antistatischen Verpackungsmaterialien mit Lösungsmitteln kann den ESD-Schutz verringern. Beim Reinigungsprozess sind die Herstellerempfehlungen zu befolgen.

3.2 EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze/EPA

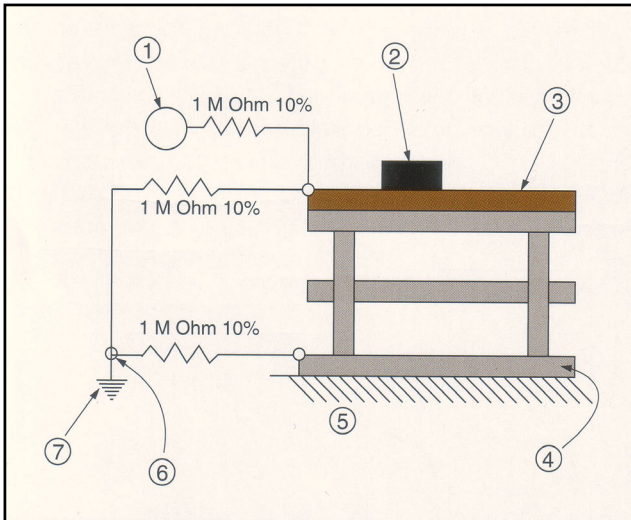


Abbildung 3-2 Seriell verbundenes Handgelenkband

1. Handgelenkband
2. EOS-geschützte Einschübe, Kästen usw.
3. EOS-geschützte Tischoberfläche
4. EOS-geschützter Boden oder Matte
5. Gebäudeboden
6. Gemeinsamer Erdungspunkt
7. Erdung

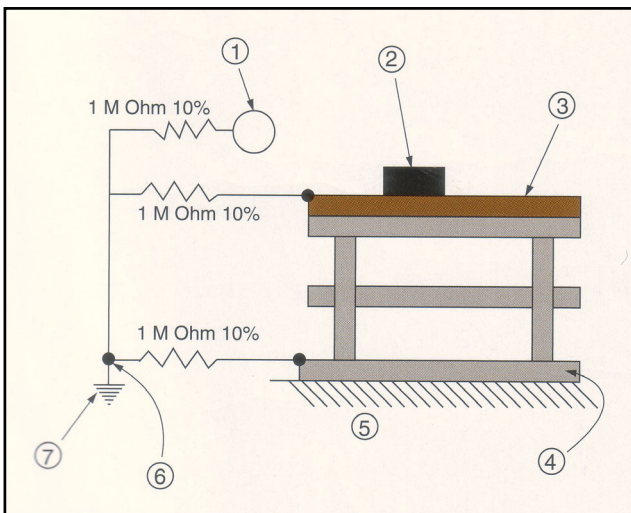


Abbildung 3-3 Parallel verbundenes Handgelenkband

1. Handgelenkband
2. EOS-geschützte Einschübe, Kästen usw.
3. EOS-geschützte Tischoberfläche
4. EOS-geschützter Boden oder Matte
5. Gebäudeboden
6. Gemeinsamer Erdungspunkt
7. Erdung

Ein EOS/ESD-sicherer Arbeitsplatz verhindert Beschädigungen empfindlicher Bauteile durch Spannungsspitzen und statische Entladungen. Sichere Arbeitsplätze müssen einen EOS-Schutz gegen Spannungsspitzen aufweisen, die durch Reparatur-, Fertigungs- und Testvorrichtungen erzeugt werden können. LötKolben, Lot-Absaugvorrichtungen und Testgeräte können Spannungsspitzen beträchtlicher Energie hervorrufen und so sehr empfindliche Bauteile zerstören und andere in ihrer Funktion beeinträchtigen.

Zum Schutz vor ESD muss für statische Aufladungen ein sicherer Leitungspfad zur Erde gewährleistet sein, da sich diese anderenfalls über Bauteile oder Baugruppen entladen würden. ESD-sichere Arbeitsplätze/EPAs (ESD Schutzzonen) haben Ladung ableitende oder antistatische Arbeitsflächen, die an eine gemeinsame Erdung angeschlossen sind. Vorsorglich wird auch die Arbeitskraft gerdet, meistens mit einem Handgelenkband, um auf der Haut oder Kleidung erzeugte Ladungen zu beseitigen.

Das Erdungssystem muss so ausgelegt sein, dass die Mitarbeiter vor Schaden durch stromführende Kreise geschützt werden, vor allem im Falle von Unachtsamkeit oder Gerätefehlern. Dieses wird allgemein durch Widerstände in Reihe mit der Erdungsleitung erreicht, welche die Entladung verlangsamen und somit Funken und Energiestöße verhindern. Zusätzlich ist eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Spannungsquellen vorzunehmen, um ausreichenden Personenschutz vor elektrischen Schäden zu erreichen.

In Tab. 3-3 sind Beispiele für den maximal zulässigen Ableitwiderstand und die maximal zulässige Entladungszeit für elektrostatisch sicheres Arbeiten angeführt.

Tabelle 3-3 Maximal zulässige Werte für Widerstand und Entladungszeit bei elektrostatisch sicherem Arbeiten

Ableitung vom Mitarbeiter durch...	Maximal zulässiger Widerstand	Maximal akzeptable Entladungszeit
Bodenmatte zum Boden	1000 Megaohm	kleiner 1 sek.
Tischmatte zum Boden	1000 Megaohm	kleiner 1 sek.
Armband zum Boden	100 Megaohm	kleiner 0,1 sek.

Anmerkung: Die Auswahl des Widerstandswertes basiert sowohl auf der am Arbeitsplatz vorhandenen elektrischen Spannung, um die Sicherheit von Personen zu gewährleisten, als auch auf der Entladungszeit für das ESD-Potential.

Beispiele für zulässige Arbeitsplätze sind in den Abb. 3-2 und 3-3 gezeigt. Wenn notwendig, ist ein Luftionisator für besonders empfindliche Anwendungen einzusetzen. Auswahl, Position und Anwendungsvorschriften des Luftionisators sind unter dem Gesichtspunkt der Effektivität zu verfolgen.

3.2 EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze/EPA (Fortsetzung)

Die Arbeitsplätze sind frei zu halten von Materialien, die statische Ladungen generieren wie beispielsweise Styropor, Kunststoff-Lotabsauger, nicht ESD-gerechte Schutzhüllen, Ordner aus Papier oder Kunststoff und den persönlichen Dingen der Mitarbeiter.

EOS/ESD-Arbeitsplätze sind periodisch zu überprüfen um sicher zu sein, dass sie funktionieren. EOS/ESD-Probleme bei Baugruppen können durch ungeeignete Erdungsmethoden entstehen oder durch Oxidbildung an den Erdungskontakten. Werkzeuge und Geräte sind periodisch zu überprüfen und zu warten, um die sichere Funktion zu gewährleisten.

Anmerkung: Besondere Aufmerksamkeit muss der Erdung der Nulleiter gewidmet werden. Es kann durchaus

passieren, dass der Nulleiter statt des definierten Erdungspotentials ein "Schwebepotential" von etwa 80 bis 100 V haben kann. Eine Spannung von 80 bis 100 V zwischen der elektronischen Baugruppe auf einem vorschriftsmäßig geerdeten EOS/ESD-Arbeitsplatz und einem über den Nulleiter geerdeten elektrischen Gerät kann EOS-empfindliche Bauteile beschädigen oder das Personal gefährden. Die meisten ESD-Spezifikationen erfordern ein einheitliches elektrisches Potential. Der Einsatz von Fehlerstromschutzschaltern (FI-Schaltern) an EOS/ESD-Arbeitsplätzen ist sehr zu empfehlen.

Anmerkung der deutschen Übersetzung: Gemäß VDE-Richtlinien und Arbeitsschutzbestimmungen darf kein Arbeitsplatz mit elektrischen Spannungsquellen ohne Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter) betrieben werden.

3.3 Handhabung

3.3.1 Handhabung – Richtlinien

Kontaminierung (Verschmutzung) von Lötflächen vor dem Löten ist unbedingt zu vermeiden. Alles, was mit den Oberflächen in Berührung kommt, muss sauber sein. Wenn Leiterplatten aus ihren Schutzverpackungen entfernt werden, müssen sie mit großer Sorgfalt behandelt werden. Halten Sie sie nur an den Kanten weit entfernt von Steckverbinder-Kontakten. Ist aufgrund eines mechanischen Montageablaufs ein fester Griff auf die Leiterplatte erforderlich, so müssen Handschuhe getragen werden, die EOS/ESD-Anforderungen erfüllen. Diese Grundsätze sind besonders wichtig, wenn No-Clean-Prozesse angewendet werden.

Während Montage und Abnahmeinspektionen ist große Sorgfalt darauf zu richten, dass die Produktintegrität jederzeit gewährleistet ist. Allgemeine Richtlinien sind in Tabelle 3-4 zusammengestellt.

Feuchtigkeitsempfindliche Bauteile, wie sie durch die IPC/JEDEC J-STD-020 oder ähnliche Dokumente klassifiziert werden, sollen in Übereinstimmung mit der J-STD-033 (oder anderen, in entsprechenden Dokumenten beschriebenen Verfahren) gehandhabt werden.

Tabelle 3-4 Empfohlene Regeln für die Handhabung elektronischer Baugruppen

1. Halten Sie den Arbeitsplatz sauber und geordnet. Es darf hier weder gegessen, getrunken noch geraucht werden.
2. Minimieren Sie die Handhabung elektronischer Baugruppen und Bauteile, um Beschädigung vorzubeugen.
3. Werden Handschuhe benutzt, sind diese so oft wie erforderlich zu wechseln, um Verunreinigungen durch schmutzige Handschuhe zu verhindern.
4. Lötbar Oberflächen sollten nicht mit bloßen Fingern oder Händen berührt werden. Körperfette und Schweiß (Salze) beeinträchtigen die Lötbarkeit und fördern Korrosion und Dendritenwachstum (Kriechpfade). Sie können auch schlechte Haftung nachfolgender Beschichtungen oder Einkapselungen bewirken.
5. Benutzen Sie keine Handcremes oder Lotionen, die Silikon enthalten, denn diese können Probleme bei der Lötbarkeit und Haftung von Beschichtungen hervorrufen.
6. Um physische Schäden zu vermeiden, niemals elektronische Baugruppen übereinander stapeln. Für die temporäre Lagerung sind geeignete Gestelle/Magazine vorzuhalten.
7. Es ist stets anzunehmen, dass es sich um ESDS-Bauteile handelt, auch wenn sie nicht markiert sind.
8. Das Personal ist zu schulen und die entsprechenden ESD-Vorgaben und -Verfahren sind zu befolgen.
9. ESDS-Bauteile dürfen niemals ohne geeignete Verpackung transportiert werden.

3.3.2 Handhabung – Physische Beschädigung

Ungeeignete Handhabung kann zur Beschädigung von Bauteilen und Baugruppen führen (z.B. zu gesprungenen, gesplitterten oder zerbrochenen Bauelementen und Steckverbindern, verbogenen oder gebrochenen Anschlüssen,

verkratzten Leiterplattenoberflächen und Leiterzügen). Physische Beschädigungen dieser Art können die vollständige Baugruppe oder bereits montierte Bauteile ruinieren.

3.3.3 Handhabung – Verunreinigung/Kontamination

Oft ist ein Produkt während des Herstellungsprozesses aufgrund sorgloser Handhabung kontaminiert (verschmutzt), was Löt- und Beschichtungsprobleme verursacht. Körpersalze und -fette sowie unzulässige Handcremes sind typische Verunreinigungen. Körperfette und -säuren können die Lötbarkeit beeinträchtigen und Korrosion sowie Dendritenwachstum fördern. Sie können auch schlechte Adhäsion (Haftung) nachfolgender Beschichtungen oder Einkapselungen bewirken. Die üblichen Reinigungsprozesse können derartige Verunreinigungen nicht immer entfernen. Deswegen ist es wichtig, die Gelegenheiten für Verschmutzungen zu vermindern – die beste Lösung ist Vorbeugung. *Häufiges Händewaschen und Berüh-*

rung der Leiterplatten nur an den Kanten, ohne Berührung der Anschlussflächen oder Lötflächen/Pads, hilft, die Kontamination zu reduzieren. Wo erforderlich, reduziert die Verwendung von Magazinen und Trägern ebenfalls die Kontamination während der Arbeitsabläufe.

Die Verwendung von Handschuhen oder Fingerlingen erzeugt oft ein falsches Gefühl der Sicherheit; sie können innerhalb kürzester Zeit stärker verschmutzt sein als die bloßen Hände. Werden Handschuhe oder Fingerlinge verwendet, so sollten sie häufig gewechselt und entsorgt werden. Handschuhe und Fingerlinge müssen sorgfältig ausgewählt und korrekt benutzt werden.

3.3.4 Handhabung – Elektronische Baugruppen

Auch wenn keine ESDS-Kennzeichen auf der Baugruppe vorhanden sind, ist die Baugruppe so wie eine ESDS-Baugruppe zu behandeln. ESDS-Bauteile und elektronische Baugruppen sind entsprechend Abb. 3-1 mit entsprechenden Aufklebern für deren Identifikation zu versehen. Viele empfindliche Baugruppen werden an der Baugruppe

selbst markiert, gewöhnlich an einem Rand-Steckverbinder. Um ESD- und EOS-Schäden an empfindlichen Bauteilen zu vermeiden, müssen Handhabung, Auspacken, Bestückung und Tests an einem ESD-gerechten Arbeitsplatz (in einer ausgewiesenen ESD-Schutzzone/EPA) durchgeführt werden (siehe Abbildungen 3-2 und 3-3).

3.3.5 Handhabung – Nach dem Löten

Nach den Löt- und Reinigungsarbeiten erfordert die Handhabung der elektronischen Baugruppen immer noch große Vorsicht. Fingerabdrücke sind sehr schwer zu entfernen und werden häufig im Überzuglack (Schutzbeschichtung) nach Durchführung von Feuchte- oder Umwelttests sicht-

bar. Um solche Verschmutzungen zu umgehen, sind Handschuhe oder andere Handhabungshilfen zu benutzen. Für die Handhabung in den Reinigungsschritten sind mechanische Magazine oder Körbe unter Beachtung des vollen ESD-Schutzes zu verwenden.

3.3.6 Handhabung – Handschuhe und Fingerlinge

Die Anwendung von Handschuhen oder Fingerlingen kann zur Vermeidung von Verschmutzungen an Bauteilen und Baugruppen vertragsmäßig gefordert sein. Ihre Auswahl muss sorgfältig erfolgen, um den EOS/ESD-Schutz sicherzustellen.

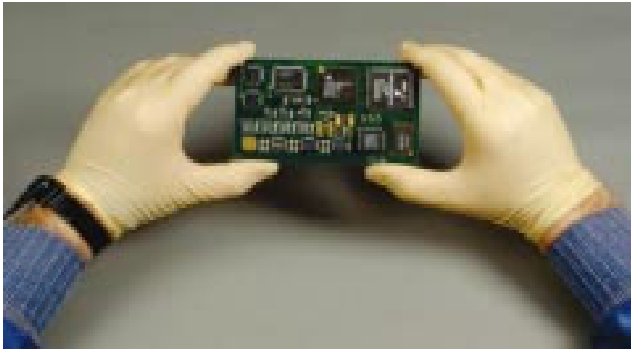


Bild 3-4

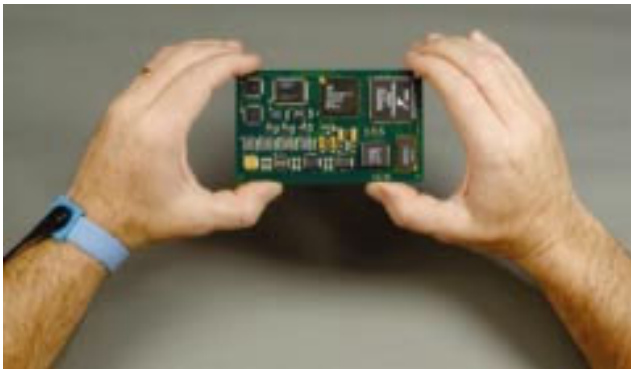


Bild 3-5

Die Abbildungen 3-4 und 3-5 zeigen Beispiele von:

- Handhabung mit sauberen Handschuhen und vollem EOS/ESD-Schutz.
- Anfassen während der Reinigungsprozedur mit lösungsmittelbeständigen Handschuhen, die alle EOS/ESD-Anforderungen erfüllen.
- Handhabung mit sauberen Händen an den Leiterplatten-Kanten unter Anwendung vollständigen EOS/ESD-Schutzes.

Anmerkung: Jedes Bauteil der Baugruppe, die ohne EOS/ESD-Schutz gehandhabt wird, kann empfindliche Bauteile beschädigen. Dieser Schaden kann in Form latenter Schäden oder Verschlechterung der Produkteigenschaften auftreten, die bei den Anfangstests unbemerkt bleibt, oder es werden bei den Anfangstests katastrophale Schäden gefunden.

4 Montage- und Befestigungsteile

Dieses Kapitel stellt verschiedene Arten von Montage- und Befestigungsteilen (englisch: Hardware) vor, die zur Montage elektronischer Bauteile zu einer Leiterplatten-Baugruppe (Printed Circuit Assembly - PCA) oder irgendwelcher anderer Typen von Baugruppen verwendet werden. Zu ihnen gehören: Schrauben, Bolzen, Schraubenmutter, Unterlegscheiben, Befestigungsschellen, Clips, Stifte, Kabelbinder, Nieten, Anschlussstifte usw. Dieser Abschnitt befasst sich hauptsächlich mit der visuellen Bewertung der korrekten Befestigung sowie mit Schäden an Bauelementen, Montage- und Befestigungsteilen als auch an der Befestigungsfläche, die durch den Einbau der Montage- und Befestigungselemente hervorgerufen wurden.

Die Drehmomente müssen auf Übereinstimmung mit den spezifizierten Forderungen der Anwenderdokumentation geprüft werden. Das Prüfverfahren stellt sicher, dass keine Schäden an Bauteilen oder Baugruppen vorhanden sind. Sind keine Drehmomente spezifiziert worden, richtet man sich nach den Standards der Industriepraxis.

Die Prozessdokumentation (Zeichnungen, Ausdrucke, Stücklisten, Montageablaufbeschreibungen) spezifiziert, was zugrunde zu legen ist. Abweichungen bedürfen der vorherigen Genehmigung durch den Anwender.

Anmerkung: Die Kriterien dieses Abschnitts treffen nicht auf Befestigungen mit Blechschrauben zu.

Die Sichtkontrolle muss so angelegt sein, dass folgende Sachverhalte kontrolliert werden:

- a. Korrekte Montage- und Befestigungsteile
- b. Korrekte Reihenfolge der Montage
- c. Korrekte Sicherung und Festigkeit der Bauteile sowie Montage- und Befestigungsteile
- d. Keine sichtbaren Beschädigungen
- e. Korrekte Ausrichtung der Bauteile und der Montage- und Befestigungsteile

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

4.1 Einbau von Befestigungsteilen

- 4.1.1 Elektrischer Isolationsabstand
- 4.1.2 Abweichungen
- 4.1.3 Schraubverbindungen
- 4.1.3.1 Mindestdrehmoment
- 4.1.3.2 Drähte

4.2 Steckverbinder, Griffe, Ausziehvorrichtungen, Klinken

4.3 Steckverbinder-Stifte

- 4.3.1 Stifte für Kanten-Steckerleisten
- 4.3.2 Einpress-Steckerstifte
- 4.3.2.1 Lötung
- 4.3.3 Backplane-Leiterplatten

4.4 Kabelbaumsicherung

- 4.4.1 Allgemeines
- 4.4.2 Kabelverschnürung
- 4.4.2.1 Beschädigung

4.5 Kabelführung

- 4.5.1 Kabelkreuzungen
- 4.5.2 Biegeradius
- 4.5.3 Koaxialkabel
- 4.5.4 Abschluss ungenutzter Kabel
- 4.5.5 Kabelbinder über Verbindungen (Splices) und Endhülsen

4.1 Einbau von Befestigungsteilen

4.1.1 Einbau von Befestigungsteilen – Elektrischer Isolationsabstand

Siehe auch 1.4.5.

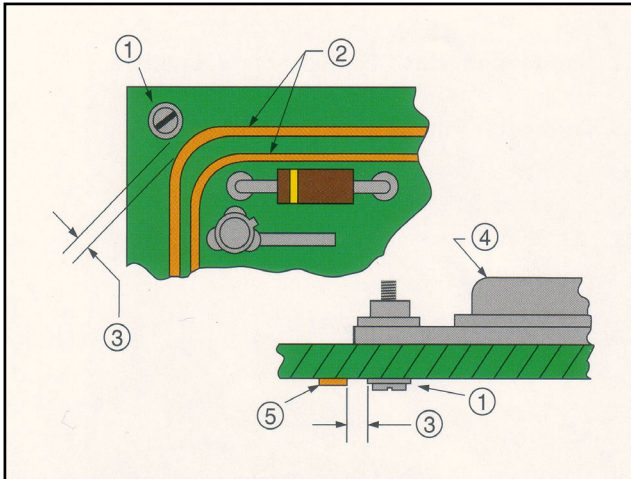


Abbildung 4-1

- 1. Metallische Befestigungsteile
- 2. Leiterzüge
- 3. Festgelegter minimaler elektrischer Isolationsabstand
- 4. Montiertes Bauteil
- 5. Leiter

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstand zwischen nicht gemeinsamen Leitern verletzt nicht den spezifizierten minimalen elektrischen Isolationsabstand (3). Dieser ist in Abbildung 4-1 als Abstand zwischen (1) & (2) und (1) & (5) dargestellt.

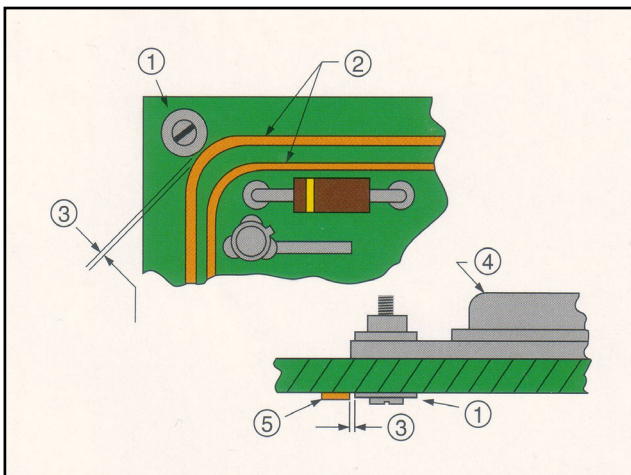


Abbildung 4-2

- 1. Metallische Befestigungsteile
- 2. Leiterzüge
- 3. Abstand geringer als die elektrischen Abstandsorderungen
- 4. Montiertes Bauteil
- 5. Leiter

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Befestigungsteil reduziert den Abstand auf weniger als den spezifizierten minimalen elektrischen Isolationsabstand.

4.1.2 Einbau von Befestigungsteilen – Abweichungen



Bild 4-3

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Befestigungsbereich behindert nicht die Erfüllung der Montageanforderungen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Überschussslot (uneben) auf den Befestigungslöchern, wodurch die mechanische Montage beeinflusst wird.
- Alles, was die Befestigung der erforderlichen Teile beeinträchtigt.

4.1.3 Einbau von Befestigungsteilen – Schraubverbindungen

Ein Minimum von eineinhalb Gewindegängen muss aus dem verschraubten Element (d.h. aus der Schraubenmutter) herausragen, wenn es in der technischen Zeichnung nicht anders vorgegeben ist. Gewindebolzen oder Schrauben dürfen mit dem Ende der verschraubten Bauteile nur dort bündig sein, wo das Gewinde andere Bauelemente bzw. Drähte stören könnte und wenn Verriegelungsmechanismen benutzt werden.

Die Gewindereserve sollte nicht mehr als 3 mm (0,12 in) plus eineinhalb Gewindegänge für Bolzen bzw. Schrauben bis 25 mm Länge (0,984 in) oder nicht mehr als 6,3 mm (0,248 in) plus eineinhalb Gewindegänge für Bolzen bzw. Schrauben mit mehr als 25 mm (0,984 in) Länge betragen. Dabei muss aber gesichert sein, dass das herausragende Gewinde keine benachbarten Teile stört und die konstruktiv vorgegebenen Forderungen an die elektrischen Isolationsabstände eingehalten werden.

4.1.3 Einbau von Befestigungsteilen – Schraubverbindungen (Fortsetzung)

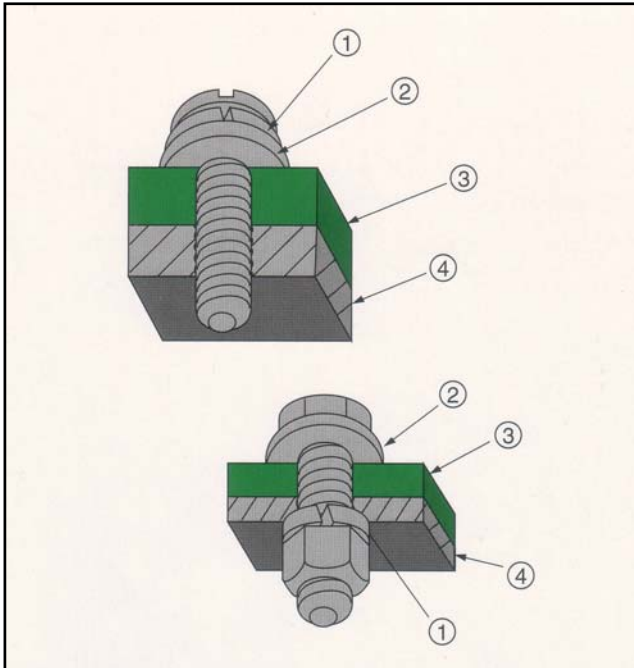


Abbildung 4-4

1. Sicherungsscheibe
2. Flache Unterlegscheibe
3. Nichtleitendes Material (Laminat usw.)
4. Metall (kein Leiterzug oder Metallfolie)

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Richtige Teile-Reihenfolge.
- Langloch ist mit flacher Unterlegscheibe abgedeckt, Abbildung 4-5.
- Rundes Loch ist mit flacher Unterlegscheibe abgedeckt, Abbildung 4-5.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Weniger als eineinhalb Gewindegänge ragen aus den befestigten Teilen heraus (z.B. der Schraubenmutter), außer der Schraubenvorstand stört andere Komponenten.
- Herausragen des Gewindes von mehr als 3 mm (0,12 in) plus eineinhalb Gewindegänge für Bolzen bzw. Schrauben bis 25 mm Länge (0,984 in).
- Herausragen des Gewindes von mehr als 6,3 mm (0,248 in) plus eineinhalb Gewindegänge für Bolzen bzw. Schrauben mit mehr als 25 mm (0,984 in) Länge.
- Bolzen oder Schrauben ohne Sicherungsmechanismus ragen weniger als eineinhalb Gewindegänge aus dem angeschraubten Teil heraus.

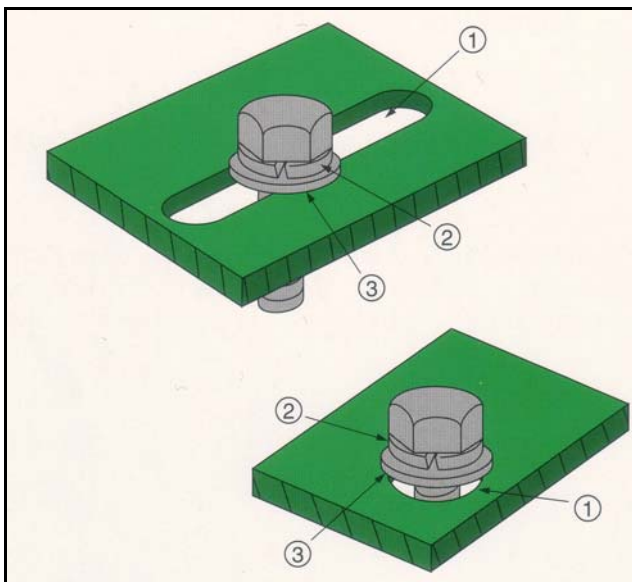


Abbildung 4-5

1. Langloch oder rundes Loch
2. Sicherungsscheibe
3. Flache Unterlegscheibe

4.1.3 Einbau von Befestigungsteilen – Schraubverbindungen (Fortsetzung)

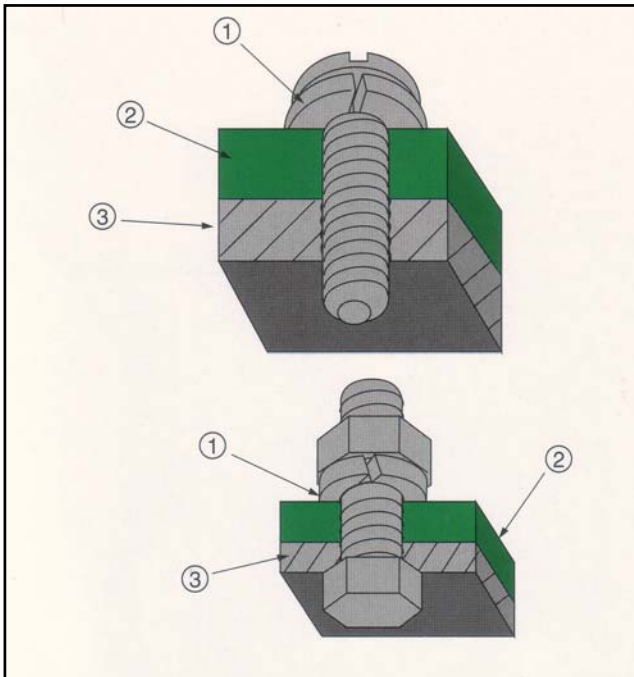


Abbildung 4-6

- 1. Sicherungsscheibe
- 2. Nicht-Metall
- 3. Metall (kein Leiterzug oder Metallfolie)

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Schraubenvorstand stört benachbarte Teile.
- Die Montageteile oder deren Anordnung entsprechen nicht der Zeichnung.
- Sicherungsscheibe drückt gegen Nicht-Metall oder Laminat.
- Unterlegscheibe fehlt, Abbildung 4-6.
- Montageteile fehlen oder sind falsch installiert, Abbildung 4-7.

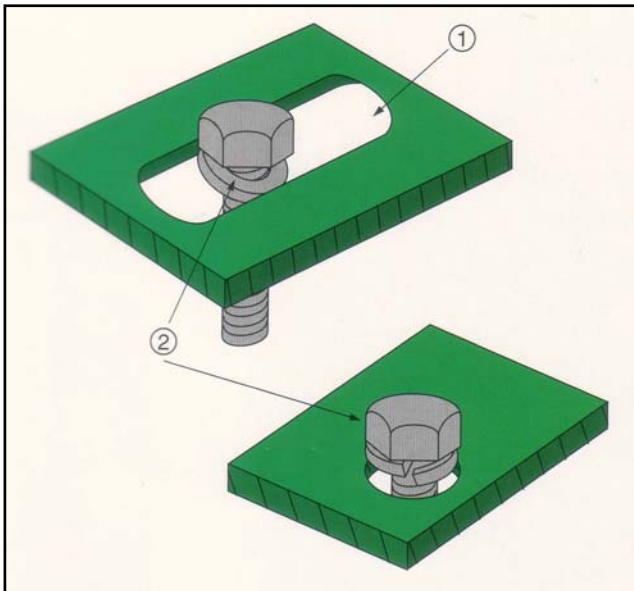


Abbildung 4-7

- 1. Langloch oder rundes Loch
- 2. Sicherungsscheibe

4.1.3.1 Einbau von Befestigungsteilen – Schraubverbindungen - Mindestdrehmoment

Wenn elektrische Verbindungen mittels Schraubverbindungen realisiert werden, müssen diese fest genug sein, um die Zuverlässigkeit der Verbindung zu gewährleisten. Werden geschlitzte Sicherungsscheiben verwendet, muss die Schraubverbindung fest genug sein, um die Sicherungsscheibe zusammenzudrücken. Wenn es vorgeschrieben ist, muss das Befestigungsdrehmoment innerhalb der Grenzen liegen.

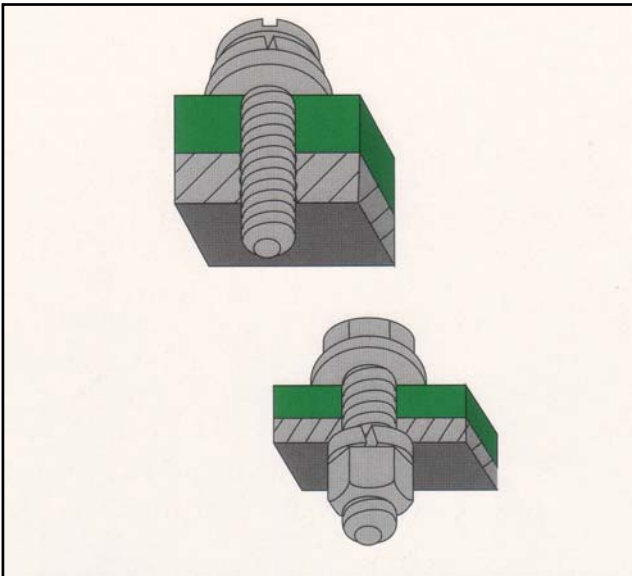


Abbildung 4-8

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Schraubverbindung ist fest und die geschlitzte Sicherungsscheibe, wenn verwendet, ist vollständig zusammengedrückt.

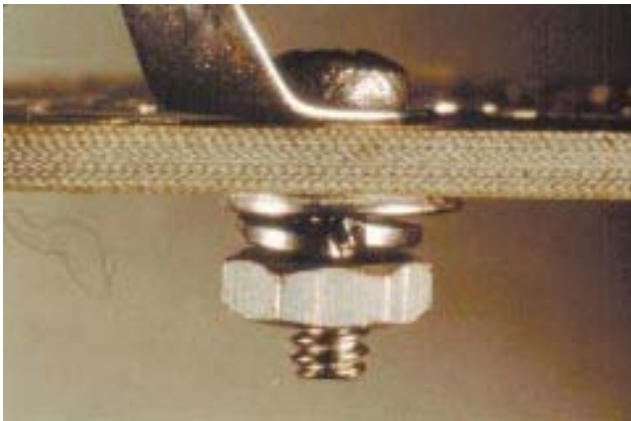


Abbildung 4-9

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Sicherungsscheibe ist nicht zusammengepresst.

4.1.3.2 Einbau von Befestigungsteilen – Schraubverbindungen - Drähte

Wenn die Verwendung von Anschlussfahnen bzw. Kabelschuhen nicht vorgeschrieben ist, werden die Drähte so um schraubenartige Anschlussstelle gewickelt, dass sich kein Lockern beim Festziehen der Schraube einstellt. Die Drahtenden sind kurz zu halten, um Kurzschlüsse mit Masse oder anderen stromführenden Leitern zu vermeiden.

Bei Verwendung von Unterlegscheiben ist der Draht-/Bauelementanschluss unter der Unterlegscheibe zu befestigen.

Wenn es nicht anders vorgeschrieben ist, sind sämtliche Anforderungen sowohl auf Litzendrähte als auch massive Drähte anzuwenden.

Es können besondere Befestigungs-/Sicherungskriterien für die Befestigungsteile erforderlich sein.



Abbildung 4-10

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Originallage der Litze ist nicht beeinträchtigt (losgelöster Litzendraht).
- Der Draht ist mindestens 270° um den Schraubenkörper gewickelt.
- Die Drahtenden sind unter dem Schraubenkopf gesichert.
- Der Draht ist in der richtigen Richtung gewickelt.
- Alle Litzendrähte sind unter dem Schraubenkopf.

4.1.3.2 Einbau von Befestigungsteilen – Schraubverbindungen - Drähte (Fortsetzung)

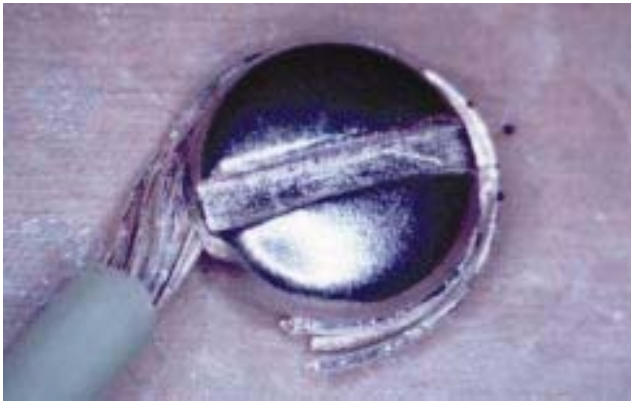


Abbildung 4-11



Abbildung 4-12

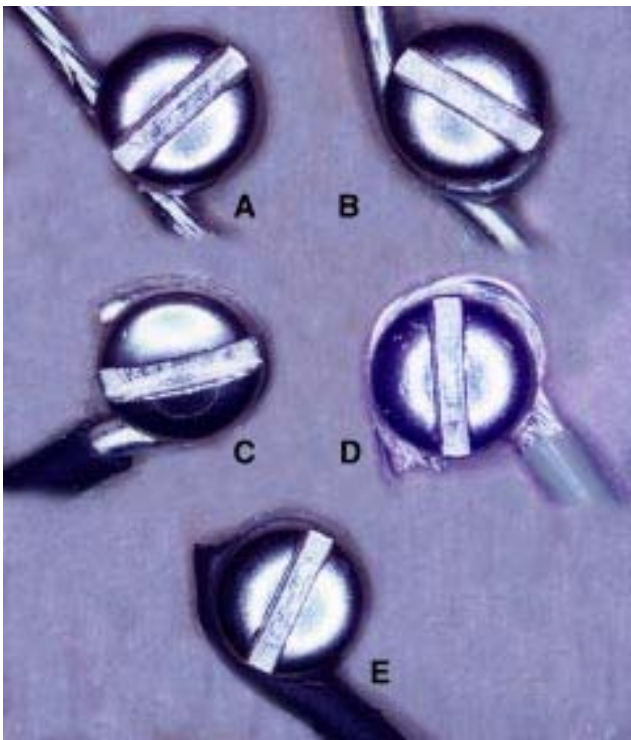


Abbildung 4-13

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist in der richtigen Richtung um den Schraubenkörper gewickelt, aber einige Drahtlitzen haben sich beim Festziehen entflochten.
- Weniger als 1/3 des Drahtdurchmessers steht unterhalb des Schraubenkopfes hervor.
- Die unterhalb des Schraubenkopfes herausragenden Drähte verletzen nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
- Die mechanische Befestigung des Drahtes zwischen Schraubenkopf und der Kontaktoberfläche ist mindestens mit 180° um den Schraubenkopf in Kontakt.
- Keine Isolation im Kontaktbereich.
- Drähte überlappen sich nicht selbst.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist nicht um den Schraubenkörper gewickelt (A).
- Der Draht überlappt sich (B).
- Massiver Draht ist in die falsche Richtung gewickelt (C).
- Drahtlitzen sind in die falsche Richtung gewickelt (beim Anziehen der Schraube wird der gewundene Draht herausgewunden) (D).
- Isolation im Kontaktbereich (E).
- Litzendraht ist verzinkt (nicht dargestellt).
- Fehlendes Lot oder fehlender Kleber, wie in den Kundenanforderungen festgelegt (nicht dargestellt).

4.2 Steckverbinder, Griffe, Ausziehvorrichtungen, Klinken

Dieser Abschnitt stellt einige der vielen unterschiedlichen Typen von montierten Einbauteilen vor wie Steckverbinder, Griffe, Ausziehvorrichtungen und Formteilen aus Kunststoff. Diese Bauteile sind visuell nach Rissen und Beschädigungen zu kontrollieren.

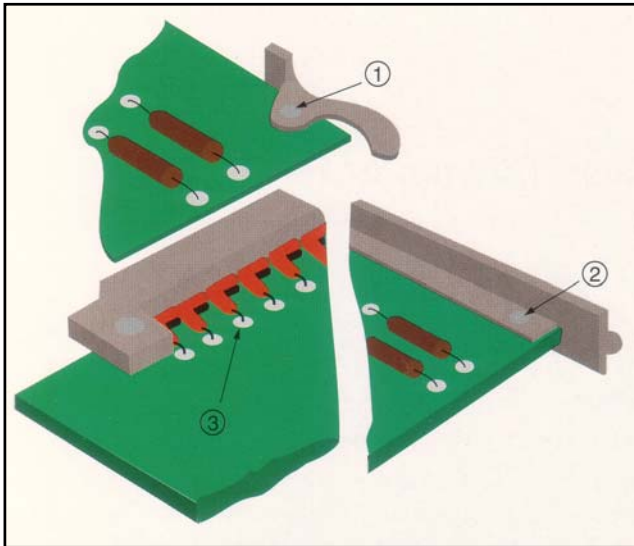


Abbildung 4-14

- 1. Ausziehvorrichtung
- 2. Befestigungsmittel
- 3. Bauelementanschluss

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Beschädigungen der Teile, der Leiterplatte oder der Sicherungsmittel (Nieten, Schrauben usw.).

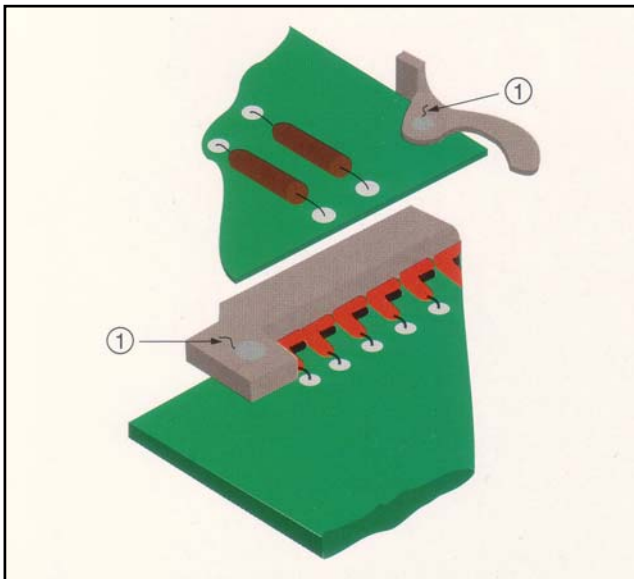


Abbildung 4-15

- 1. Riss

Zulässig - Klasse 1

- Risse in den montierten Teilen erreichen nicht mehr als 50% der Entfernung zwischen dem Montageloch und einer geformten Kante.

Unzulässig - Klasse 1

- Risse in den montierten Teilen erreichen mehr als 50% der Entfernung zwischen dem Montageloch und einer geformten Kante.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Risse in montierten Teilen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Risse reichen von einem Montageloch bis zu einer Kante.
- Beschädigungen/Spannungen an den Steckerstiften.

4.3 Steckverbinder-Stifte

Dieser Abschnitt beschreibt zwei Arten der Stiftbefestigung: Stifte für Kanten-Steckerleisten und Einpress-Steckerstifte. Die Montage dieser Teile erfolgt meist mit automatisierten Einrichtungen. Die visuelle Inspektion dieser mechanischen Arbeitsschritte schließt folgendes ein: Korrektheit der Stifte, Beschädigung der Stifte, verbogene und gebrochene Stifte, beschädigte Federkontakte, Beschädigung der Leiterplatte oder des Leiterbildes. Bezüglich der Steckverbinder-Montagekriterien - siehe 7.1.8, bezüglich der Kriterien für Steckverbinder-Beschädigung - siehe 9.5.

4.3.1 Steckverbinder-Stifte – Stifte für Kanten-Steckerleisten

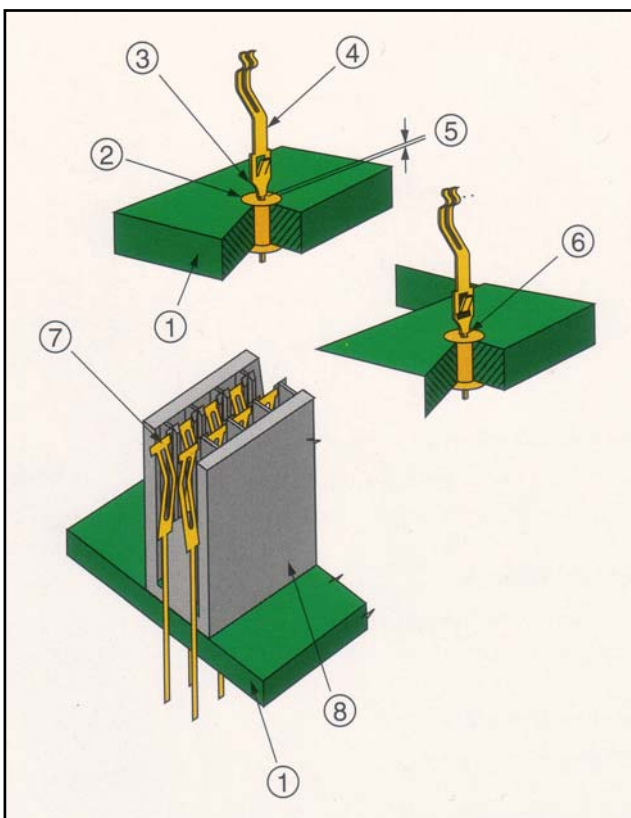


Abbildung 4-16

- 1. Backplane
- 2. Anschlussfläche
- 3. Kontaktschulter
- 4. Kontakt
- 5. Abstand
- 6. Anschlussfläche intakt
- 7. Keine erkennbare Beschädigung
- 8. Isolator

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kontakte sind nicht gebrochen oder verwunden. Der Abstand ist innerhalb der festgelegten Toleranz.
- Keine Beschädigung der Anschlussfläche.
- Der Kontakt befindet sich innerhalb des Isolators.

Anmerkung: Um Zugang für ein Demontagewerkzeug zu haben, ist der Abstand zwischen der Kontaktschulter und der Anschlussfläche entsprechend den bei jedem Hersteller konkret vorhandenen Reparaturwerkzeugen zu gestalten.

4.3.1 Steckverbinder-Stifte – Stifte für Kanten-Steckerleisten (Fortsetzung)

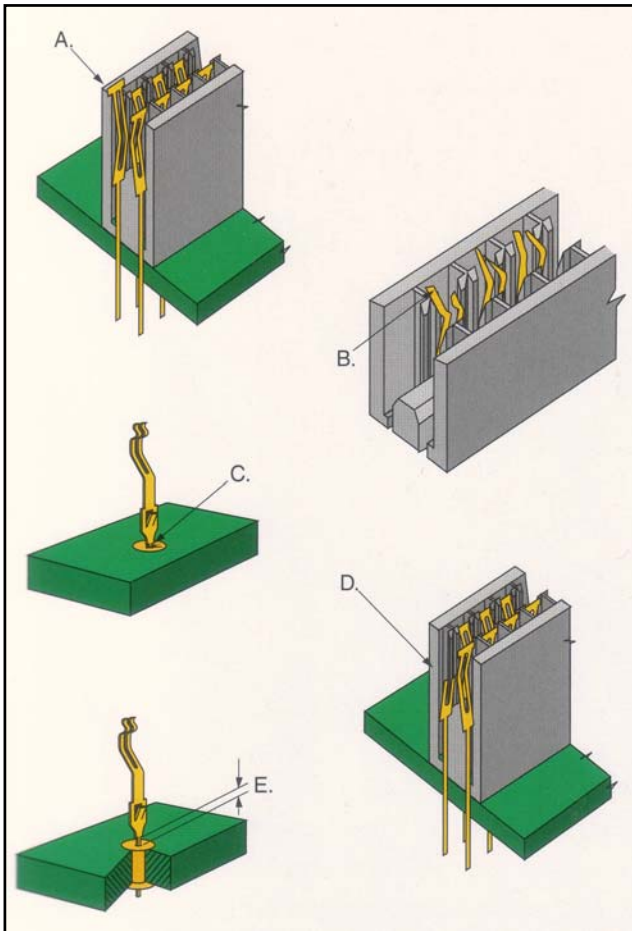


Abbildung 4-17

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Kontakt ist über dem Isolator (A).
- Die Kontakte sind verdreht oder anderweitig verformt (B).
- Die Anschlussfläche ist beschädigt (C).
- Der Kontakt ist gebrochen (D).
- Der Abstand zwischen der Kontaktschulter und der Anschlussfläche ist größer als spezifiziert (E).

4.3.2 Steckverbinder-Stifte – Einpress-Steckerstifte

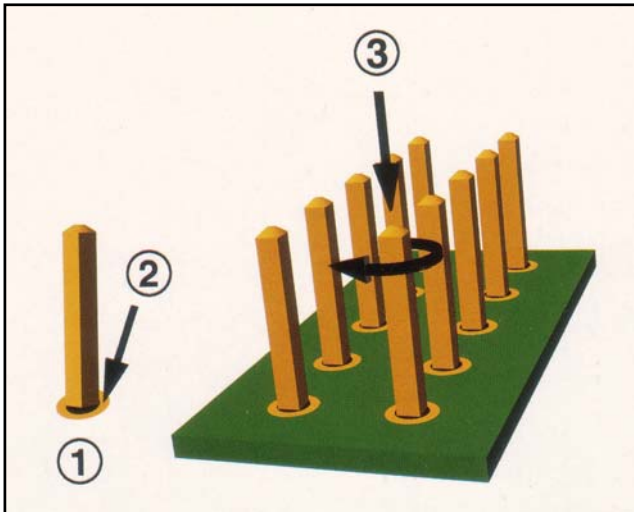


Abbildung 4-18

1. Keine erkennbare Beschädigung
2. Anschlussfläche
3. Keine erkennbare Verdrehung

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Stifte sind gerade, nicht verdreht und gleichmäßig gesetzt.
- Keine erkennbare Beschädigung.

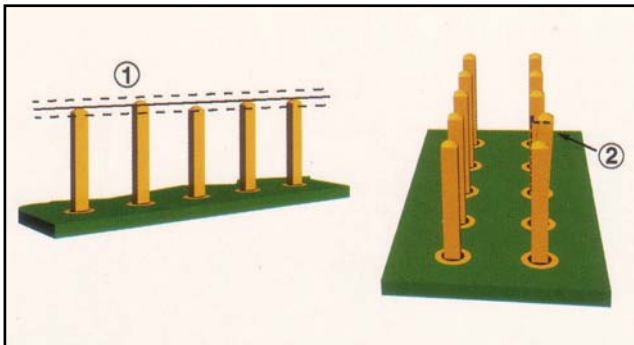


Abbildung 4-19

1. Toleranz der Stifthöhe
2. Weniger als 50% der Stiftdicke

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Stifte sind leicht bis zu 50% ihrer Dicke oder weniger von der Stiftachse weggebogen.
- Die Stifthöhe variiert innerhalb der Toleranz.

Anmerkung: Die nominale Höhentoleranz ist durch Spezifikation der Steckerstifte oder Fertigungszeichnung festgelegt. Die Steckerstifte und die zugehörigen Stecker haben guten elektrischen Kontakt.

4.3.2 Steckverbinder-Stifte – Einpress-Steckerstifte (Fortsetzung)

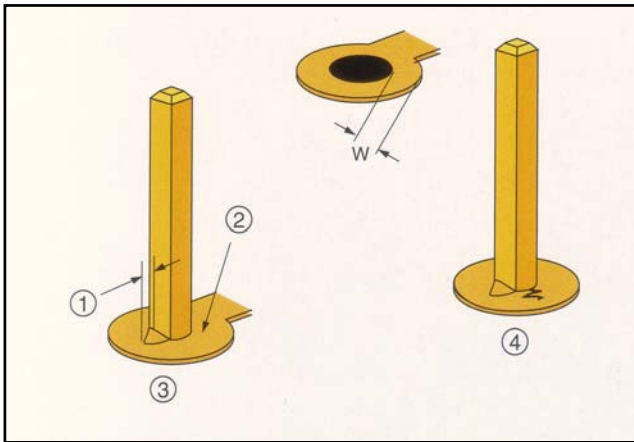


Abbildung 4-20

1. Anschlussfläche ist 75% des Resttringes oder weniger abgehoben
2. Anschlussfläche mit Leiterzug
3. Anschlussfläche ist nicht gerissen
4. Anschlussfläche ist abgehoben, gerissen, verfügt aber über feste Haftung zu nichtfunktionalen Anschlussflächen

Zulässig - Klasse 1, 2

- Weniger oder bis zu 75% der Breite (W) des Resttringes sind abgehoben.
- Beschädigte nichtfunktionelle Anschlussflächen für Ein- oder Zweilag-Leiterplatten sind akzeptabel, wenn sie feste Haftung zur Leiterplatte in den nicht abgehobenen Flächen haben.

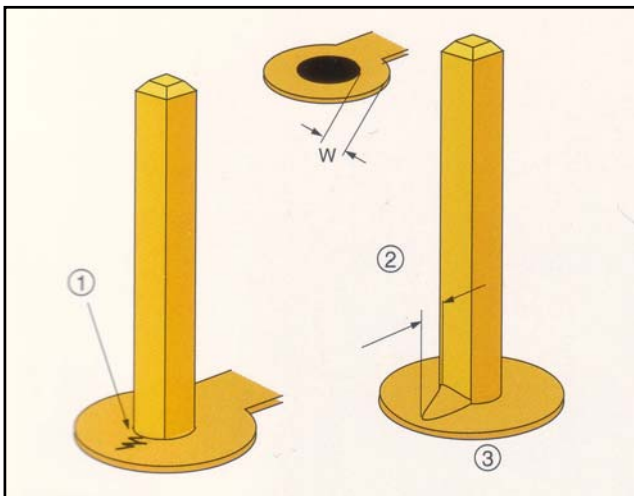


Abbildung 4-21

1. Anschlussfläche gerissen
2. Die abgehobene funktionale Anschlussfläche ist größer als 75% der Resttringbreite
3. Anschlussfläche ist abgehoben

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Ein funktionaler Restring, der um mehr als 75% der Breite (W) abgehoben ist.

Unzulässig - Klasse 3

- Jegliche abgehobene oder gerissene Restringe mit Einpressstiften.

Anmerkung: Für zusätzliche Informationen siehe 10.2.9.2 Leiter/Anschlussflächen-Beschädigung – Abgehobene Anschlussflächen.

4.3.2 Steckverbinder-Stifte – Einpress-Steckerstifte (Fortsetzung)

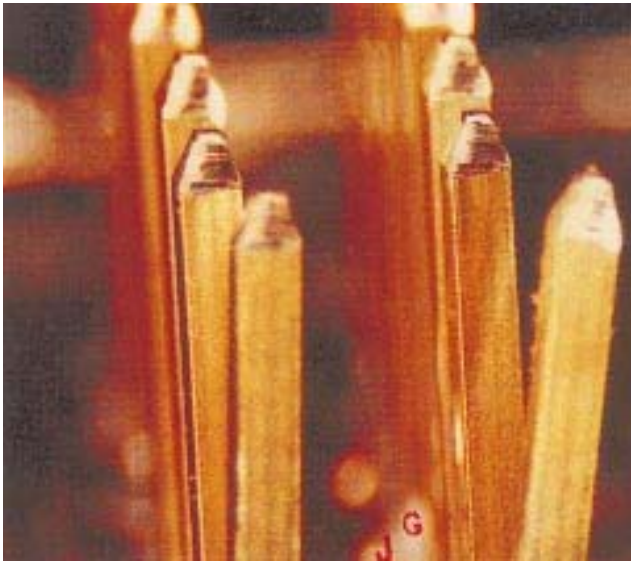


Abbildung 4-22

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Stift ist aus seiner justierten Lage herausgebogen.
(Der Stift ist um mehr als 50% der Stiftdicke aus der Stiftachse herausgebogen.)



Abbildung 4-23

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Stift ist sichtbar verdreht.

4.3.2 Steckverbinder-Stifte – Einpress-Steckerstifte (Fortsetzung)

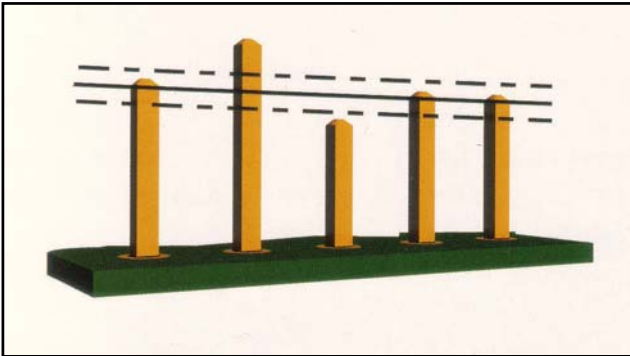


Abbildung 4-24

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Höhe der Stifte ist außerhalb der in der Spezifikation festgelegten Toleranz.

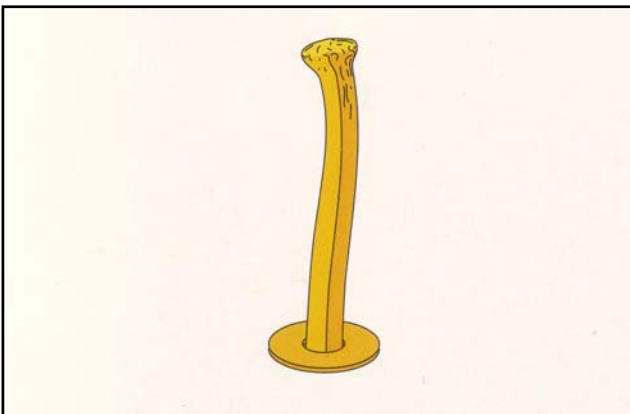


Abbildung 4-25

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Beschädigter Stift als Ergebnis der Handhabung oder des Einsetzens.
- Deformierter Kopf.
- Gebogen.

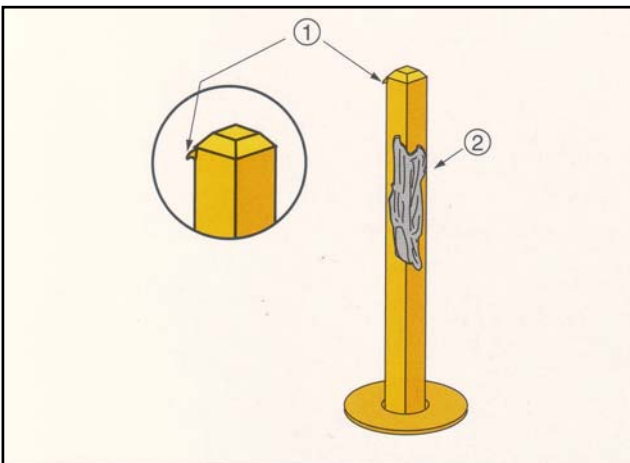


Abbildung 4-26

1. Grat
2. Fehlende Metallisierung

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Beschädigter Stift (freiliegendes Basismetall).

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Grat.

4.3.2.1 Einpress-Steckerstifte – Lötung

Der Begriff „Einpress-Steckerstift“ ist allgemeiner Art. Zahlreiche Typen von Einpressstiften, z.B. Steckverbinder, Stützstifte usw., sind nicht zum Löten bestimmt. Ist eine Lötung erforderlich, so sind die nachfolgenden Kriterien anzuwenden.

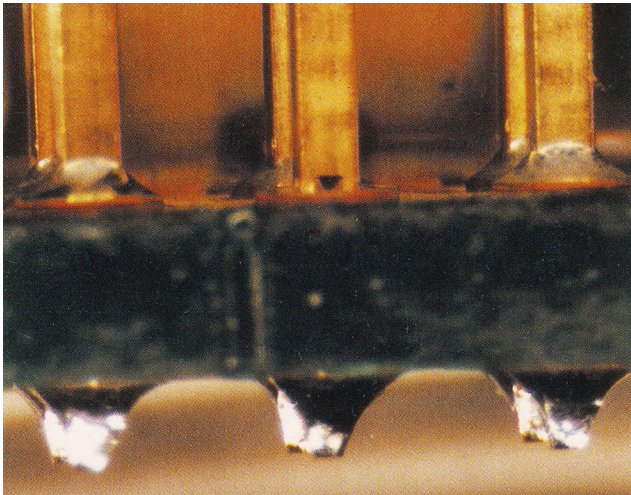


Abbildung 4-27

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Auf der Sekundärseite der Baugruppe ist ein Lotkegel von 360° feststellbar.

Anmerkung: Ein Lotkegel oder eine Lotfüllung auf der Primärseite ist nicht gefordert.

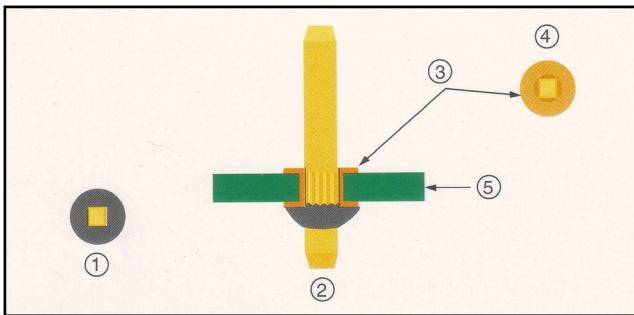


Abbildung 4-28

1. Ansicht von unten
2. Seitenansicht
3. Anschlussfläche
4. Ansicht von oben
5. Leiterplatte

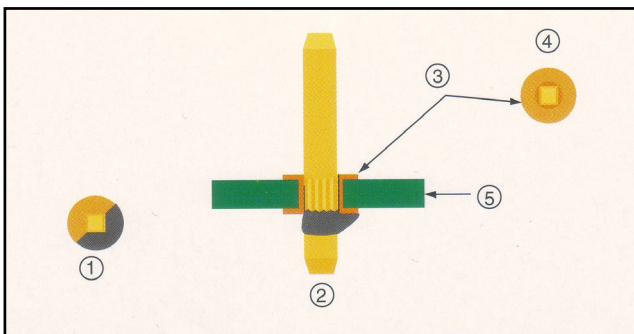


Abbildung 4-29

1. Ansicht von unten
2. Seitenansicht
3. Anschlussfläche
4. Ansicht von oben
5. Leiterplatte

Zulässig - Klasse 1, 2

- Ein Lotkegel oder Bedeckung (Sekundärseite) ist auf zwei aneinander grenzenden Seiten des Stiftes vorhanden.

4.3.2.1 Einpress-Steckerstifte – Lötung (Fortsetzung)

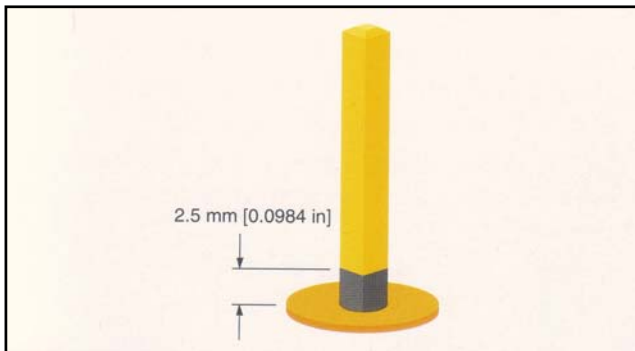


Abbildung 4-30

Zulässig - Klasse 1

- Lotaufsteigen (Solder Wicking) über eine Höhe von 2,5 mm (0,0984 in) an den Stiftseiten ist erlaubt, vorausgesetzt es gibt keine Lotaufbauten, die die nachfolgenden Montageschritte am Stift behindern könnten.

Zulässig - Klasse 2, 3

- Der Lotaufstieg (Solder Wicking) an den Stiftseiten ist geringer als 2,5 mm (0,0984 in), vorausgesetzt es gibt keine Lotaufbauten, die die nachfolgenden Montageschritte am Stift behindern könnten.

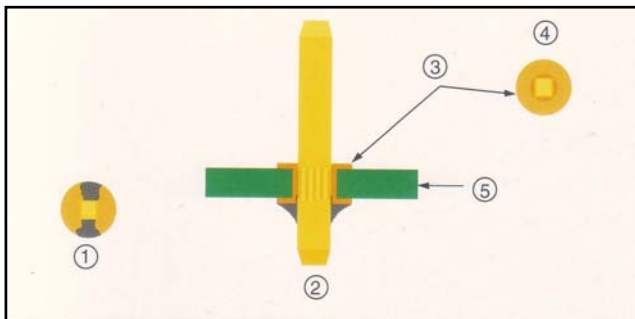


Abbildung 4-31

1. Ansicht von unten
2. Seitenansicht
3. Anschlussfläche
4. Ansicht von oben
5. Leiterplatte

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Lotkegel oder Bedeckung ist auf der Sekundärseite an weniger als 2 aneinander grenzenden Seiten des Stiftes vorhanden.

Unzulässig - Klasse 3

- Lotkegel ist auf der Sekundärseite an weniger als vier Seiten des Stiftes vorhanden.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lotaufbauten behindern die nachfolgenden Montageschritte am Stift.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Lotaufstieg (Solder Wicking) übersteigt 2,5 mm (0,0984 in).

4.3.3 Steckverbinder-Stifte – Backplane-Leiterplatten



Abbildung 4-32

A. Nicht-Paarungsoberfläche des Steckverbinder-Stiftes
B. Paarungsoberfläche des Steckverbinder-Stiftes

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Späne auf der Nicht-Paarungsseite eines trennbaren Stiftes.
- Schleifspuren auf der Paarungsseite eines trennbaren Stiftes, vorausgesetzt, die Galvanisierung ist nicht entfernt.
- Späne, die sich bis auf die Paarungsoberfläche eines trennbaren Stiftes hinüberziehen, jedoch nicht bis in den Kontaktgleitbereich reichen.



Abbildung 4-33

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Span-behafteter Stift auf der Paarungsoberfläche eines trennbaren Stiftes, Abbildung 4-33.
- Verkratzte Stifte, bei denen die Unedelmetall-Galvanisierung oder das Basismetall hervortreten.
- Fehlende Galvanikschichten in geforderten Bereichen.
- Grat auf dem Stift, Abbildung 4-34.
- Gebrochenes Leiterplattenmaterial.
- Auseinandergedrückte Hülse, erkennbar an hervorragendem Kupfer an der Unterseite der Leiterplatte.



Abbildung 4-34

4.4 Kabelbaumsicherung

Zusätzliche Kriterien kann man in IPC/WHMA-A-620 finden.

4.4.1 Kabelbaumsicherung – Allgemeines

Anmerkung: Wachsimprägniertes Bindeband darf nicht mit Reinigungslösungsmitteln in Berührung kommen. Für Klasse 3 ist Bienenwachs nicht zulässig.

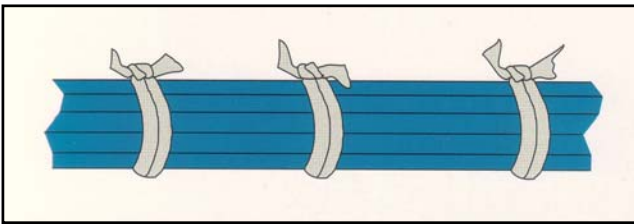


Abbildung 4-35

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Binder sind ordentlich und fest und so angeordnet, dass sie die Drähte sicher in einem festen Bündel zusammenhalten.

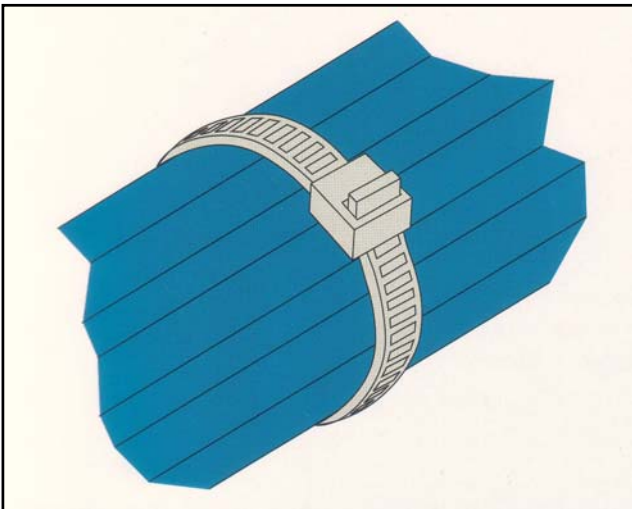


Abbildung 4-36

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Ende des Kabelbinders:
 - ragt maximal eine Dicke des Kabelbinders heraus.
 - ist rechtwinklig in Bezug auf die Vorderfläche des Binders abgeschnitten.
- Die Drähte sind sicher im Bündel.

4.4.1 Kabelbaumsicherung – Allgemeines (Fortsetzung)

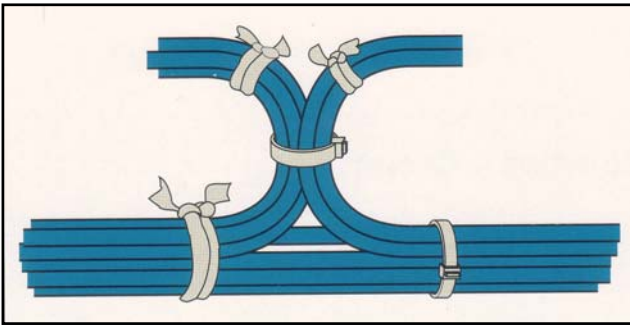


Abbildung 4-37

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Schnürbänder oder Kabelschellen sind zu beiden Seiten einer Drähte-Abzweigung angeordnet.
- Die Punktbinden sind ordentlich und fest.
- Die Drähte sind sicher im Bündel.
- Es werden Doppelknoten, Chirurgenknoten oder andere bewährte Knoten zur Sicherung des Kabelbaumes verwendet, Abbildung 4-38.

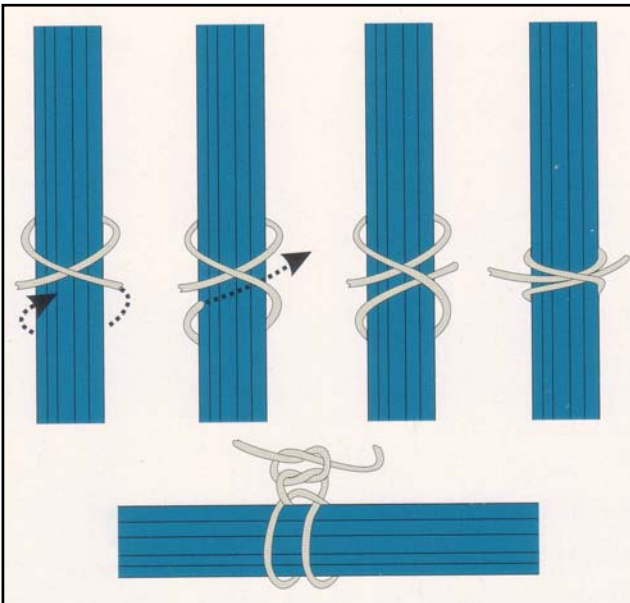


Abbildung 4-38

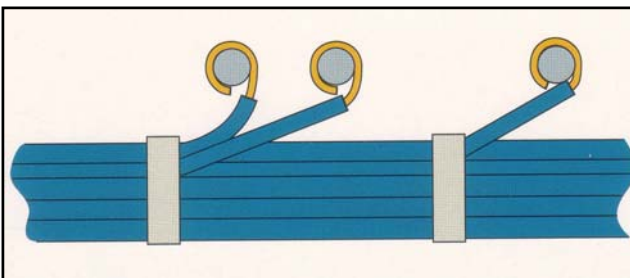


Abbildung 4-39

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Draht steht an der Bindung unter Spannung.

4.4.1 Kabelbaumsicherung – Allgemeines (Fortsetzung)

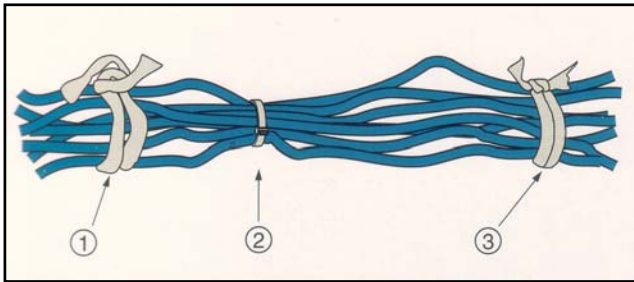


Abbildung 4-40

1. Knoten/Binder gelöst
2. Kabelschelle ist zu fest. Schnürband oder Kabelschelle dringt in die Isolation ein.
3. Drähtebündel ist locker.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kabelschelle oder Knoten ist locker.
- Kabelschelle dringt in die Isolation ein.
- Drähtebündel ist locker.
- Kabel mit ungeeignetem Knoten versehen; er kann sich möglicherweise lösen.

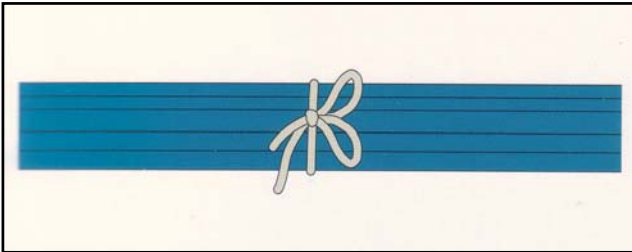


Abbildung 4-41

4.4.2 Kabelbaumsicherung – Kabelverschnürung

Die Kabelverschnürung unterscheidet sich vom Kabelbinder dadurch, dass es eine räumlich ausgedehnte Bindung ist. Die Bindeabstände in einer Kabelverschnürung sind geringer als bei Kabelbindern. Die für Kabelbinder üblichen Kriterien sind auch für Kabelverschnürungen gültig.

Anmerkung: Wachsimprägniertes Bindeband darf nicht mit Reinigungslösungsmitteln in Berührung kommen. Für Klasse 3 ist Bienenwachs nicht zulässig.



Abbildung 4-42

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kabelverschnürung beginnt und endet mit einem festen Knoten.
- Die Kabelverschnürung ist fest und die Drähte werden in einem festen ordentlichen Bund gehalten.

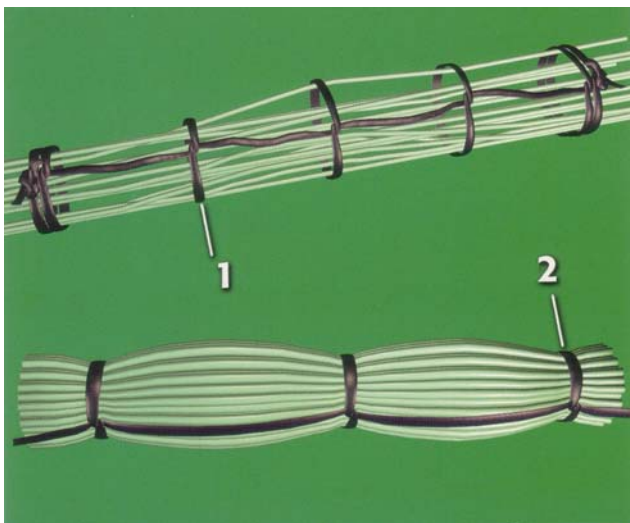


Abbildung 4-43

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kabelverschnürung ist lose, die Drähte bilden ein lockeres Bündel (1).
- Die Kabelverschnürung ist zu fest und dringt in die Isolierung ein (2).

4.4.2.1 Kabelbaumsicherung – Kabelverschnürung - Beschädigung

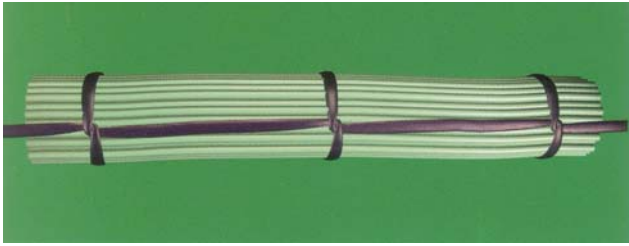


Abbildung 4-44

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Befestigungsmittel sind an keiner Stelle verschlissen, ausgefranst, geknickt oder gebrochen.
- Befestigungsmittel haben keine scharfen Kanten, die für Personal oder Ausrüstung gefährlich sein könnten.

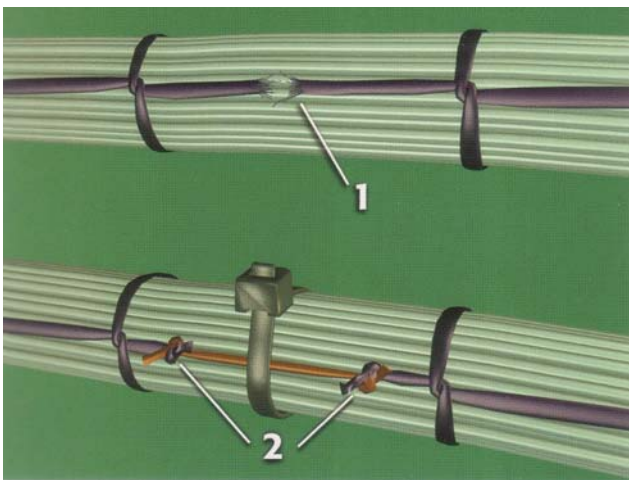


Abbildung 4-45

Zulässig - Klasse 1, 2

Unzulässig - Klasse 3

- Befestigungsmittel zeigen geringe Verschleißspuren, Ausfransungen oder Knicke mit weniger als 25% der Dicke dieser Teile.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Beschädigung oder Abnutzung der Befestigungsmittel größer als 25% der Dicke der Teile (1).

Unzulässig - Klasse 3

- Beschädigung oder Abnutzung der Befestigungsmittel (1).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gerissene Schnürränder, die nicht mit Doppelknoten, Chirurgenknoten oder mit einem anderen zulässigen Knoten abgebunden wurden (2).

4.5 Kabelführung

Diese Kriterien sind auf Einzeldrähte oder auf Kabelbäume anwendbar.

Kabelbündel sind so positioniert, dass Überkreuzungen minimiert werden und ein einheitliches Erscheinungsbild eingehalten wird.

4.5.1 Kabelführung – Kabelkreuzungen



Abbildung 4-46

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Kabellage ist genau parallel zur Achse des Bündels ohne Überkreuzungen.
- Koaxialkabel sind mit Kabelschellen/-Laschen gesichert.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kabel sind gewunden und überkreuzen sich; das Bündel ist im Durchmesser im wesentlichen einheitlich.

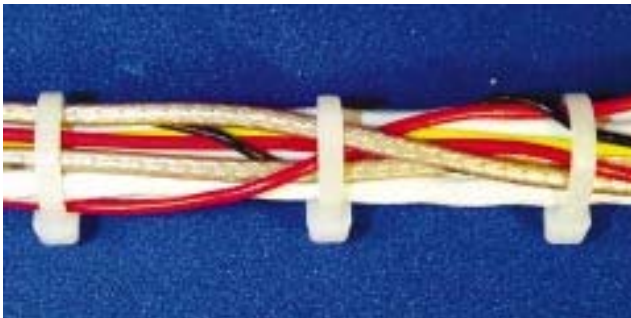


Abbildung 4-47

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Die Kabel sind gewunden und überkreuzen sich unter einem Befestigungsmittel.



Abbildung 4-48

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Knicke, die unter dem minimalen Biegeradius liegen.
- Das Bündel ist im Durchmesser uneinheitlich.
- Exzessive Überkreuzungen.
- Drahtisolierung ist beschädigt (siehe 6.8.2).

4.5.2 Kabelführung – Biegeradius

Der Biegeradius wird entlang der Innenseite der Kurve des Drahtes oder des Bündels gemessen.

Tabelle 4-1 Minimalanforderungen an den Biegeradius

Kabelart	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Starres Koaxialkabel ²	5X OD ¹	5X OD ¹	5X OD ¹
Flexibles Koaxialkabel ³	10X OD ¹	10X OD ¹	10X OD ¹
Unabgeschirmte Drähte	Keine Anforderungen spezifiziert		3X für ≤ AWG 10 5X für >AWG 10
Abgeschirmte Drähte und Kabel	Keine Anforderungen spezifiziert		5X OD ¹
Halbflexibles Koaxialkabel	Nicht unter dem vom Hersteller angegebenen Minimal-Biegeradius		
Kabelbaum	Biegeradius gleich oder größer als der minimale Biegeradius jedes einzelnen Drahtes / Kabels im Kabelbaum.		

Anmerkung 1: OD ist der äußere Durchmesser des Drahtes oder Kabels einschließlich Isolierung.

Anmerkung 2: Starres Koaxialkabel – Koaxialkabel mit Sicherung zur Vermeidung von Bewegungen; es ist nicht davon ausgegangen, dass das Kabel während des Gerätebetriebes immer wieder bewegt wird.

Anmerkung 3: Flexibles Koaxialkabel – Koaxialkabel, das während des Gerätebetriebes bewegt werden kann.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der minimale Biegeradius genügt den Anforderungen von Tabelle 4-1.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Biegeradius ist geringer als der geforderte minimale Biegeradius aus Tabelle 4-1.

4.5.3 Kabelführung – Koaxialkabel



Abbildung 4-49

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Innen-Biegeradien genügen den Kriterien von Tabelle 4-1.

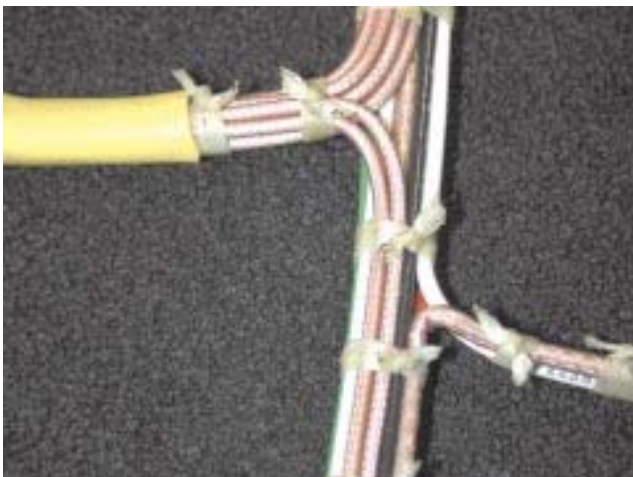


Abbildung 4-50

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Innen-Biegeradien genügen nicht den Kriterien von Tabelle 4-1.

Unzulässig - Klasse 3

- Erkennbare Fehler an Kabelverschnürungen oder -schellen, die zu einer Deformation des Koaxialkabels führen.

4.5.4 Kabelführung – Abschluss ungenutzter Kabel

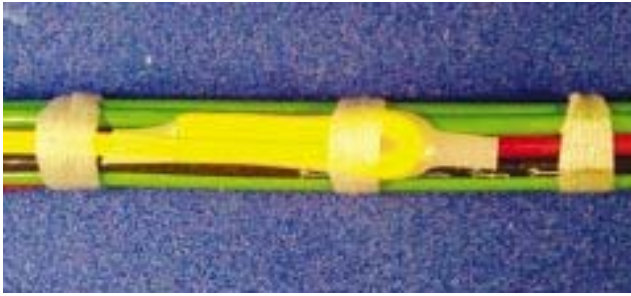


Abbildung 4-51



Abbildung 4-52

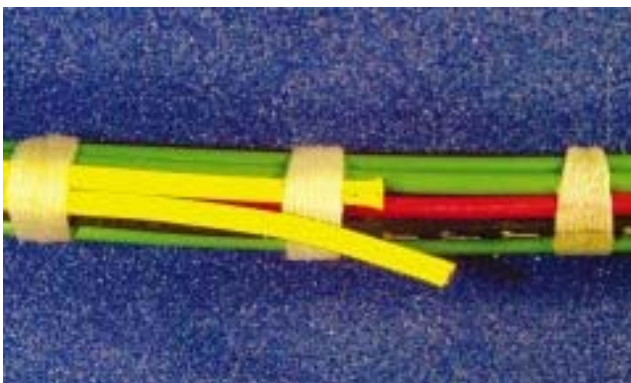


Abbildung 4-53

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Isolierschlauch erstreckt sich drei Kabeldurchmesser weit über das Kabelende hinaus.
- Ungenutztes Kabel ist umgefaltet und im Kabelbaum verschnürt.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Enden ungenutzter Kabel werden mit einem Schrumpf-Isolierschlauch überdeckt.
- Die Kabel können sich gerade entlang des Kabelbaumes erstrecken (Abbildung 4-52) oder umgefaltet werden (Abbildung 4-51).
- Der Isolierschlauch erstreckt sich mindestens 2 Kabeldurchmesser über das Kabelende hinaus.
- Der Isolierschlauch reicht mindestens 4 Kabeldurchmesser oder 6 mm, je nach dem was größer ist, über die Kabelisolation hinaus.
- Ungenutzte Kabel werden im Kabelbaum befestigt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Enden ungenutzter Kabel liegen offen.
- Ungenutztes Kabel ist nicht im Kabelbaum eingebunden.

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Isolierschlauch erstreckt sich weniger als 2 Kabeldurchmesser über das Kabelende hinaus.
- Der Isolierschlauch reicht weniger als 4 Kabeldurchmesser oder 6 mm, je nach dem, was größer ist, über die Kabelisolation hinaus.

4.5.5 Kabelbinder über Verbindungen (Splices) und Endhülsen

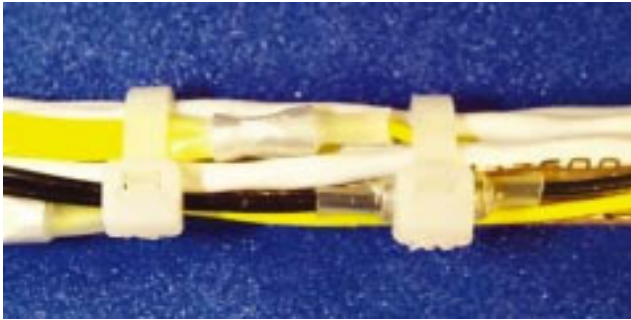


Abbildung 4-54

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kabelbinder oder Kabelschellen/-schlaufen sind im Kabelbaum neben Spleißstellen oder Löthülsen platziert.
- Keine Spannungsbelastung auf Kabel in Spleißstellen.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator – Klasse 2

Unzulässig – Klasse 3

- Kabelbinder oder Kabelschellen/-schlaufen sind im Kabelbaum auf den Spleißstellen oder Löthülsen platziert.



Abbildung 4-55

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kabelbinder oder Kabelschellen/-schlaufen üben Spannungsbelastung auf die Kabel der Spleißstelle aus.



Abbildung 4-56

5 Lötstellen

Dieser Abschnitt stellt die Abnahmeanforderungen für Lötstellen aller Typen vor, z.B. SMT, Lötstützpunkte, Durchkontaktierungen. Obwohl in den Klassen 1, 2 und 3 die unterschiedlichen Anwendungen und Umweltbedingungen bereits berücksichtigt sind, kann die Natur der Lötprozesse in einigen Fällen diktieren, dass eine akzeptable Lötstelle dieselben Merkmale für alle drei Klassen hat und eine nicht akzeptable Lötstelle in allen drei Klassen zurückgewiesen werden würde.

Wo zweckdienlich, wird bei der Beschreibung der Kriterien für die Abnahme auf die Art des eingesetzten Lötprozesses spezifisch eingegangen. In jedem Fall werden die Lötstellenkriterien unabhängig davon angewendet, welche der nachfolgend aufgeführten Lötmethoden eingesetzt wird:

- Lötkolben
- Widerstandslötvorrichtungen
- Induktionswellenlöten oder Schlepplöten
- Reflowlöten
- Intrusivlöten.

Als eine Ausnahme zum oben gesagten gibt es spezielle Lötflächen (z.B. Tauchbeschichtung mit Zinn, Palladium, Gold usw.), die die Schaffung spezieller Abnahmekriterien notwendig machen, also andere als in diesem Dokument enthalten. Diese Kriterien sollen auf Design, Prozess-tauglichkeit und Leistungsanforderungen basieren.

Das Benetzungsverhalten kann nicht immer nach dem Aussehen der Oberflächen beurteilt werden. Die breite Palette der verwendeten Lotlegierungen kann von sehr niedrigen Kontaktwinkeln mit fast Null bis zu beinahe 90° als typisch reichen. Eine akzeptable Lötverbindung muss Zeichen guter Benetzung und Haftung am Übergang von der zu lötenden Oberfläche zum Lot aufweisen.

Der Benetzungswinkel der Lötstelle (zwischen Lot und Bauteil bzw. Lot und Leiterplattenanschluss) darf 90° nicht übersteigen (Abbildung 5-1 A, B). Als Ausnahme kann eine Lötstelle an einem Anschluss einen Benetzungswinkel von mehr als 90° aufweisen (Abbildung 5-1 C, D), wenn er durch eine Lotkontur hervorgerufen wird, die sich über die Kante der lötbaren Anschlussfläche oder des Lötstopplackes erstreckt.

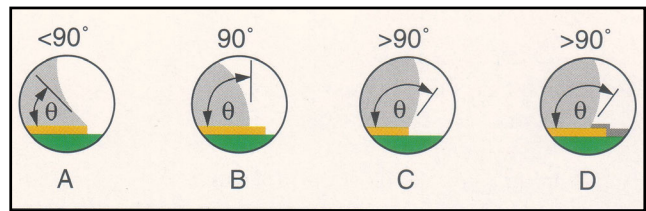


Abbildung 5-1

Der wesentliche Unterschied zwischen Lötstellen, die unter Verwendung von Verfahren für Zinn-Blei-Legierungen bzw. bleifreien Legierungen hergestellt wurden, besteht im visuellen Erscheinungsbild des Lotes. Diese Richtlinie liefert visuelle Kriterien für die Inspektion sowohl von Zinn-Blei- als auch bleifreien Legierungen. Spezifisch für bleifreie Lötstellen bestimmte Abbildungen werden mit diesem Symbol gekennzeichnet:



Akzeptable bleifreie und Zinn-Blei-Lötstellen können ähnliche Erscheinungsbilder aufweisen, jedoch zeigen bleifreie Legierungen häufiger:

- Oberflächenrauheit (körnig oder stumpf),
- Größere Benetzungs-Kontaktwinkel.

Alle sonstigen Kriterien für die Lotfüllung (Solder Fillet) sind gleich.

Typische Zinn-Blei-Lötstellen reichen von einem glänzenden bis hin zu einem Satin-Aussehen, bieten normalerweise ein glattes Erscheinungsbild und weisen als typische Benetzung einen konkaven Meniskus zwischen den zu verlötenden Teilen auf. Hochtemperatur-Lote können matt aussehen. Nachbearbeitung von Lötstellen muss vorsichtig ausgeführt werden, damit zusätzliche Probleme vermieden werden und um Ergebnisse zu erhalten, die die Abnahmekriterien der anzuwendenden Klasse erfüllen.

5 Lötstellen (Fortsetzung)

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

5.1 Abnahmeanforderungen für Lötstellen

5.2 Anomalien beim Löten

- 5.2.1 Freiliegendes Basismetall
- 5.2.2 Nadellöcher/Blaslöcher
- 5.2.3 Reflow von Lotpaste
- 5.2.4 Nichtbenetzung
- 5.2.5 Entnetzung
- 5.2.6 Überschusslot
 - 5.2.6.1 Lotkugeln/Lotfeinteilchen
 - 5.2.6.2 Brückenbildung
 - 5.2.6.3 Spinnweben
- 5.2.7 Lotstörung
- 5.2.8 Risse in der Lötstelle
- 5.2.9 Lotzapfen
- 5.2.10 „Fillet Lifting“ am bleifreien Lotkegel
- 5.2.11 Schrumpfrisse/Lunker

5.1 Abnahmeanforderungen für Lötstellen

Siehe 5.2: Beispiele für Anomalien beim Löten.

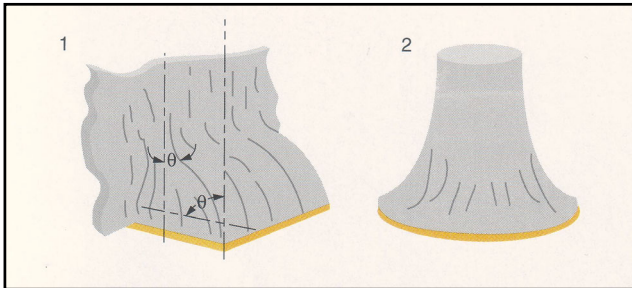


Abbildung 5-2

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Lotkegel erscheint allgemein glatt und zeigt eine gute Benetzung der Lötstelle auf den verbundenen Teilen.
- Die Kontur der Anschlüsse ist leicht festzustellen.
- Das Lot auf dem zu verbindenden Teil bildet eine gefiederte Kante.
- Der Kegel hat eine konkave Form.

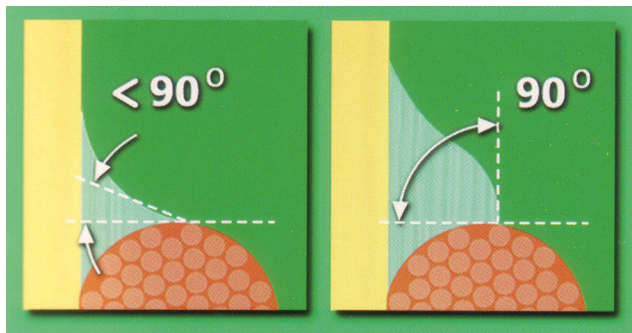


Abbildung 5-3

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Es gibt Materialien und Prozesse, z.B. bleifreie Legierungen und langsames Abkühlen bei großen massigen Leiterplatten, die eine stumpf, grau oder körnig aussehende Lötstelle erzeugen, die für das verwendete Material oder Verfahren normal sind. Derartige Lötstellen sind zulässig.
- Der Benetzungswinkel der Lötstelle (Lot an Bauteil und Lot an Leiterplattenanschluss) liegt nicht über 90° (Abbildung 5-1 A, B).
- Ausnahmsweise kann die Lötstelle am Anschluss einen Benetzungswinkel von über 90° aufweisen (Abbildung 5-1 C, D), wenn er von einer Lotkontur erzeugt wird, die sich über die Kante der lötbaren Anschlussbereiche oder des Lötstopplackes erstreckt.

Die Abbildungen 5-4 bis 5-25 zeigen zulässige Lötstellen mit unterschiedlichen Lotlegierungen und Verfahren.

5.1 Abnahmeanforderungen für Lötstellen (Fortsetzung)

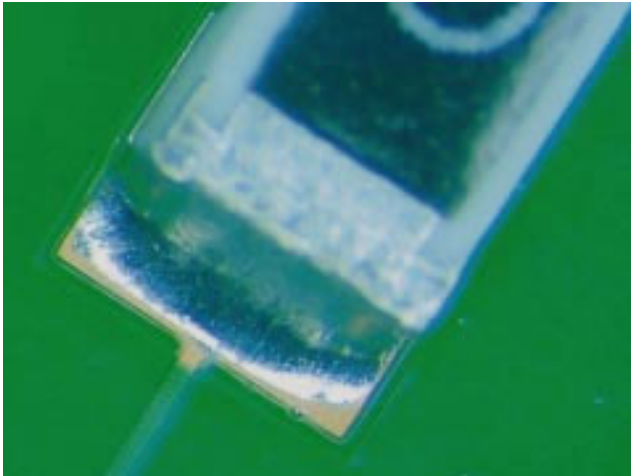


Abbildung 5-4 SnPb-Lot; No-Clean-Prozess

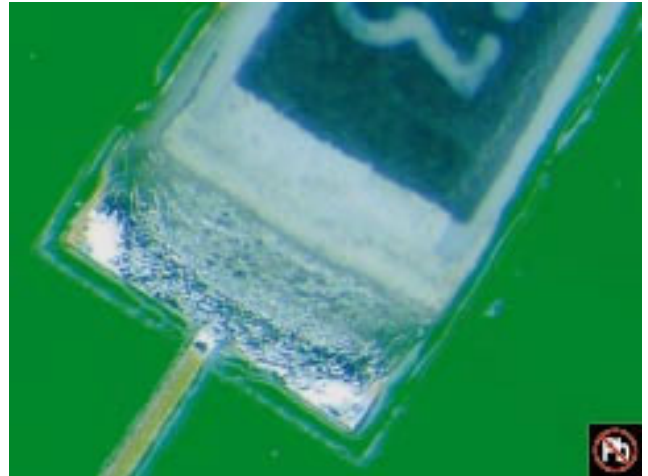


Abbildung 5-5 SnAgCu-Lot; No-Clean-Prozess

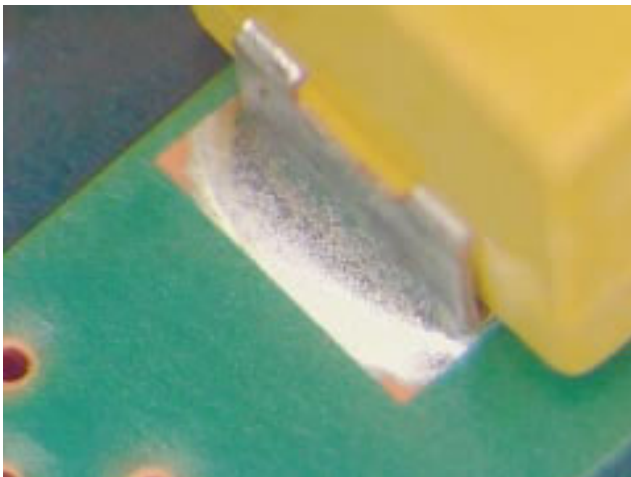


Abbildung 5-6 SnPb-Lot; Wasserlösliches Flussmittel

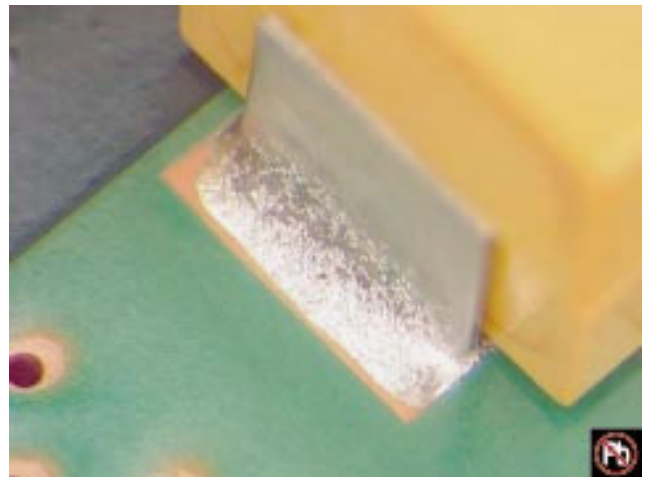


Abbildung 5-7 SnAgCu-Lot; Wasserlösliches Flussmittel

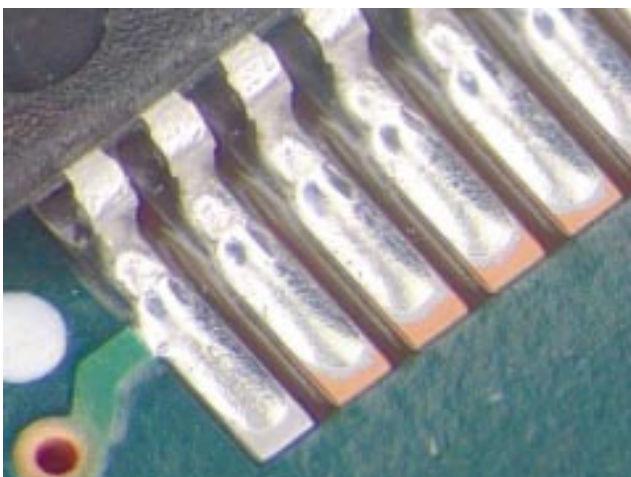


Abbildung 5-8 SnPb-Lot; Wasserlösliches Flussmittel

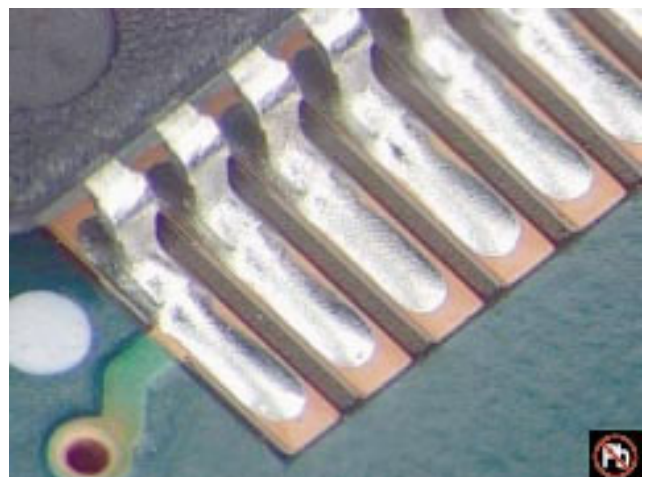


Abbildung 5-9 SnAgCu-Lot; Wasserlösliches Flussmittel

5.1 Abnahmeanforderungen für Lötstellen (Fortsetzung)

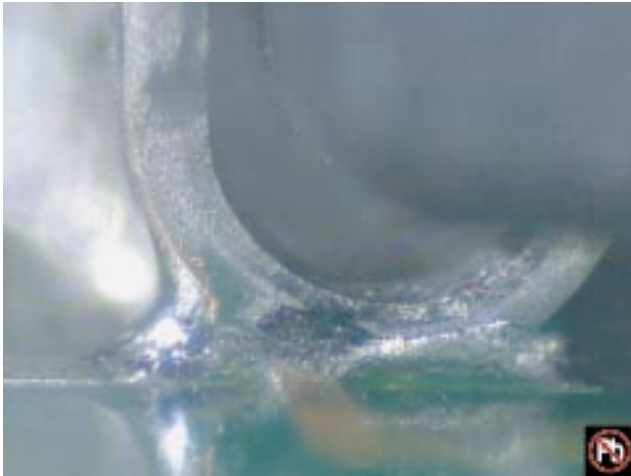


Abbildung 5-10 SnAgCu-Lot; No-Clean-Prozess, N2-Reflow

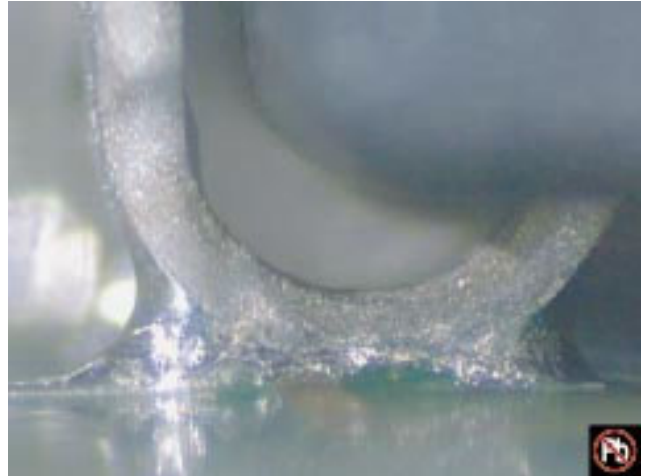


Abbildung 5-11 SnAgCu-Lot; No-Clean-Prozess, Luft-Reflow



Abbildung 5-12 SnPb-Lot; No-Clean-Prozess



Abbildung 5-13 SnAgCu-Lot; No-Clean-Prozess

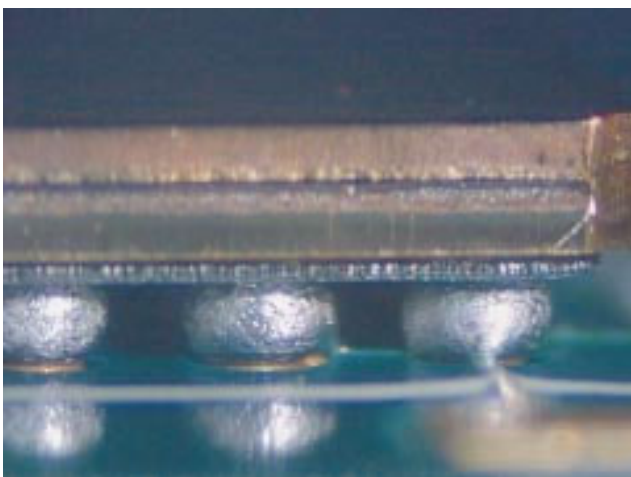


Abbildung 5-14 SnPb-Lot; No-Clean-Prozess

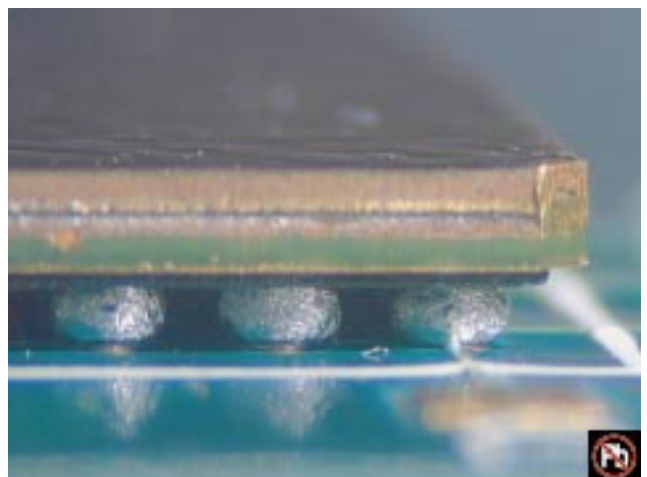


Abbildung 5-15 SnAgCu-Lot; No-Clean-Prozess

5.1 Abnahmeanforderungen für Lötstellen (Fortsetzung)



Abbildung 5-16 SnPb-Lot

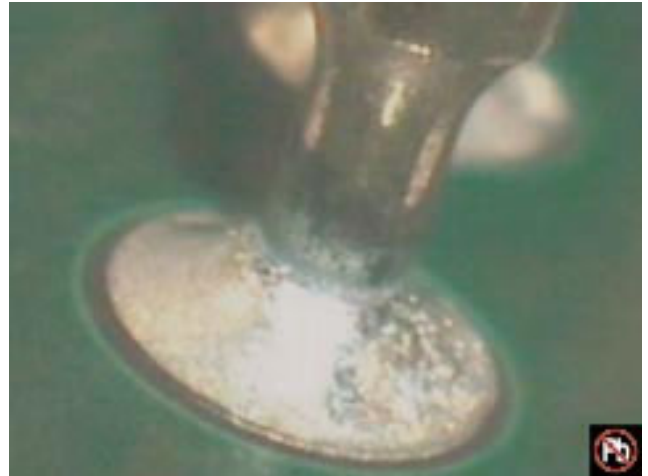


Abbildung 5-17 SnAgCu-Lot



Abbildung 5-18 SnPb-Lot



Abbildung 5-19 SnAgCu-Lot

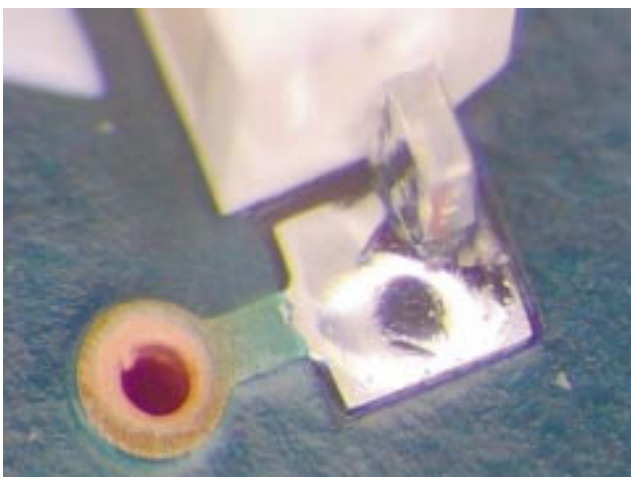


Abbildung 5-20 SnPb-Lot; OSP-Finish

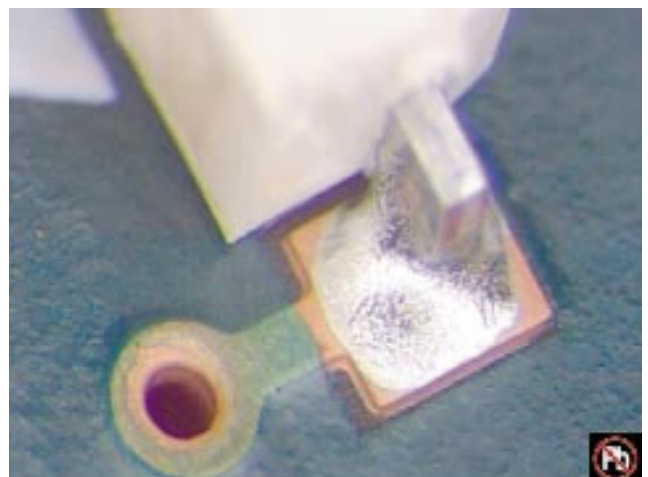


Abbildung 5-21 SnAgCu-Lot; OSP-Finish

5.1 Abnahmeanforderungen für Lötstellen (Fortsetzung)



Abbildung 5-22 SnAgCu-Lot



Abbildung 5-23 SnAgCu-Lot



Abbildung 5-24 SnAgCu-Lot



Abbildung 5-25 SnAgCu-Lot

5.2 Anomalien beim Löten

5.2.1 Anomalien – Freiliegendes Basismetall

Das freigelegte Basismetall an Bauelementanschlüssen, Leiterzügen oder Oberflächen von Anschlussflächen durch Kerben, Kratzer oder andere Gründe kann nicht die Anforderungen von 7.1.2.3 für Bauelementanschlüsse und 10.2.9.1 für Leiterzüge und Anschlussflächen erfüllen.

Anschlussflächen, Seiten von Anschlussflächen, Leiter und die Verwendung von flüssigem photosensitivem Lötstopplack können freiliegendes Basismetall aufgrund der Original-Designs haben.

Bestimmte Leiterplatten und Leiterzugoberflächen haben unterschiedliche Benetzungseigenschaften und können Lotbenetzung nur in spezifischen Bereichen aufweisen. Freiliegendes Basismetall oder Oberflächen-Finishes sollten unter diesen Umständen als normal gewertet werden, wenn die erhaltenen Benetzungskriterien der Lötstellenbereiche akzeptabel sind.

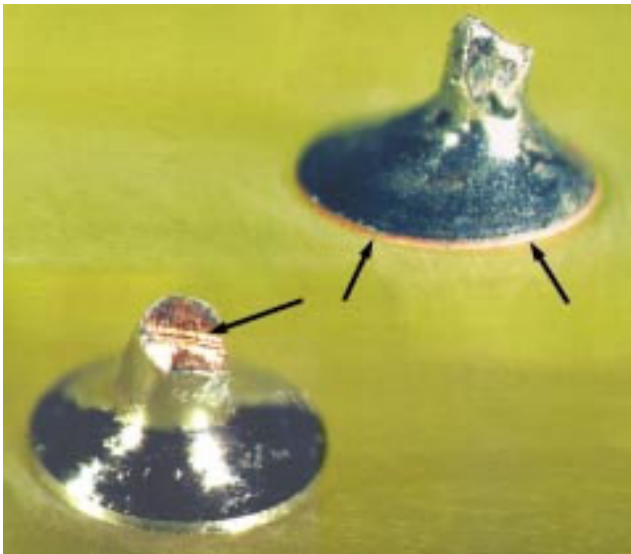


Abbildung 5-26

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Freiliegendes Basismetall auf:
 - Vertikalen Kanten von Leiterzügen.
 - Schnittenden von Bauelementanschlüssen oder Drähten.
 - Anschlussflächen, die mit organischem Anlaufschutz (OSP) beschichtet sind.
- Freiliegende Oberflächen-Finishes, die nicht Bestandteil des erforderlichen Lotfüllbereiches sind.

5.2.1 Anomalien – Freiliegendes Basismetall (Fortsetzung)

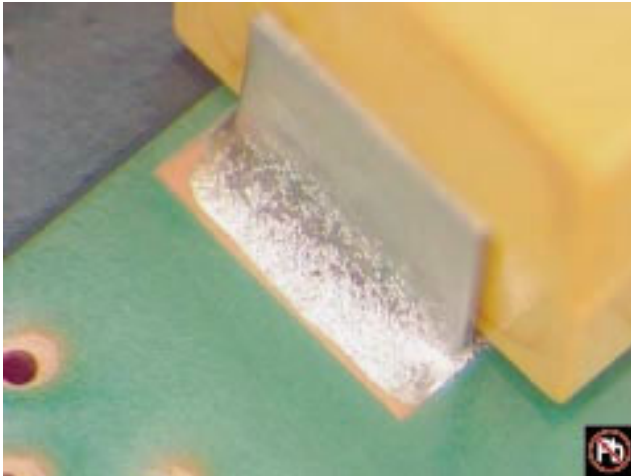


Abbildung 5-27

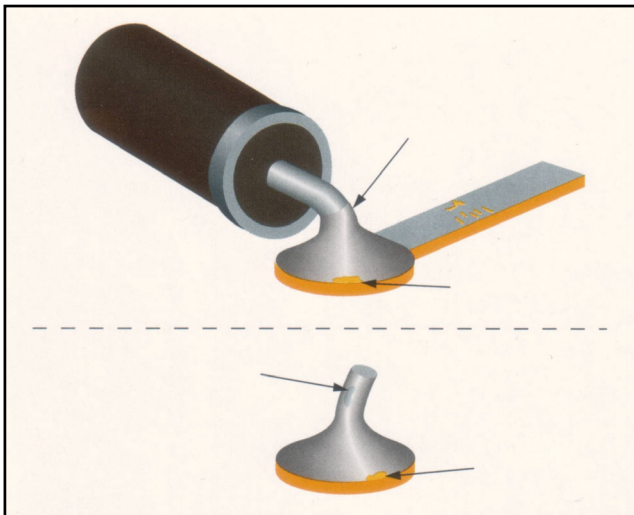


Abbildung 5-28

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Das freigelegte Basismetall an Bauelementeanschlüssen, Leiterzügen oder Oberflächen von Anschlussflächen durch Kerben, Kratzer oder andere Gründe kann nicht die Anforderungen von 7.1.2.3 für Bauelementeanschlüsse und 10.2.9.1 für Leiterzüge und Anschlussflächen erfüllen.

5.2.2 Anomalien – Nadellöcher/Blaslöcher

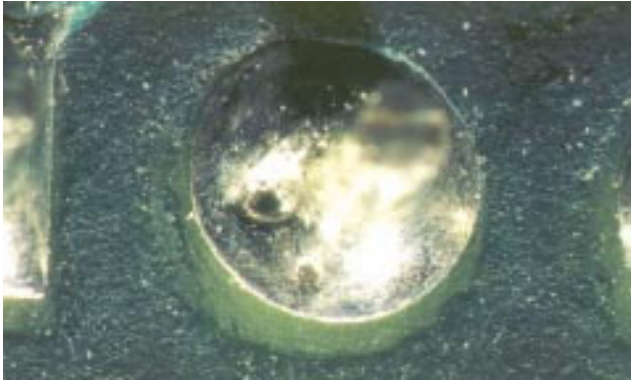


Abbildung 5-29



Abbildung 5-30



Abbildung 5-31



Abbildung 5-32



Abbildung 5-33

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Blaslöcher (Abb. 5-29,30), Nadellöcher (Abbildung 5-31), Lunker (Abbildungen 5-32, 33) usw., vorausgesetzt, dass die Lötverbindung alle anderen Anforderungen erfüllt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lötverbindungen, bei denen Nadellöcher, Blaslöcher, Lunker etc. die Verbindungen unter die Minimalanforderungen reduzieren (nicht dargestellt).

5.2.3 Anomalien – Reflow von Lotpaste

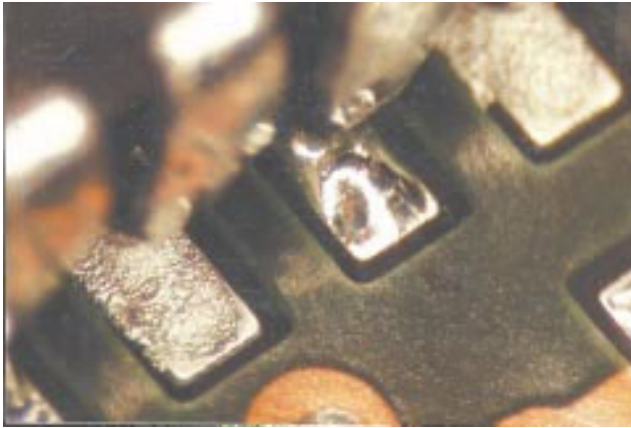


Abbildung 5-34

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Unvollständiges Verfließen (Reflow) der Lotpaste.

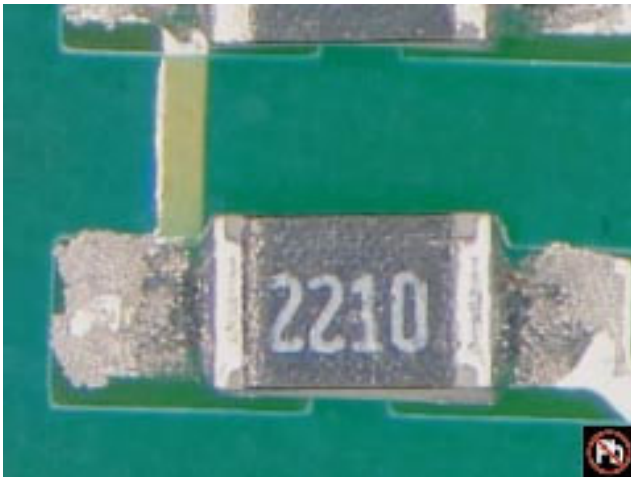


Abbildung 5-35

5.2.4 Anomalien – Nichtbenetzung

IPC-T-50 definiert die Nichtbenetzung als die Unfähigkeit von geschmolzenem Lot, eine metallische Verbindung mit dem Basismetall einzugehen. In dieser Richtlinie, die bearbeitete Oberflächen beinhaltet, siehe 5.2.1.



Abbildung 5-36

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot hat nicht dort die Anschlussfläche oder den Anschlussstift benetzt, wo Lot erforderlich ist.
- Die Lotabdeckung erfüllt nicht die Anforderungen des Anschlusstyps.



Abbildung 5-37



Abbildung 5-38



Abbildung 5-39

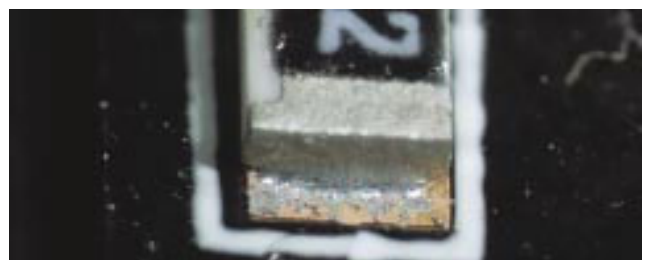


Abbildung 5-40

5.2.5 Anomalien – Entnetzung

IPC-T-50 definiert das Entnetzen als einen Zustand, der sich wie folgt ergibt: Das geschmolzene Lot benetzt eine Oberfläche und zieht sich dann zurück, wobei es unregelmäßig geformte Lothügel hinterlässt, die durch Flächen getrennt sind, die mit einem dünnen Lotfilm bedeckt sind - wobei das Basismetall oder Oberflächenfinish nicht freigelegt wird.

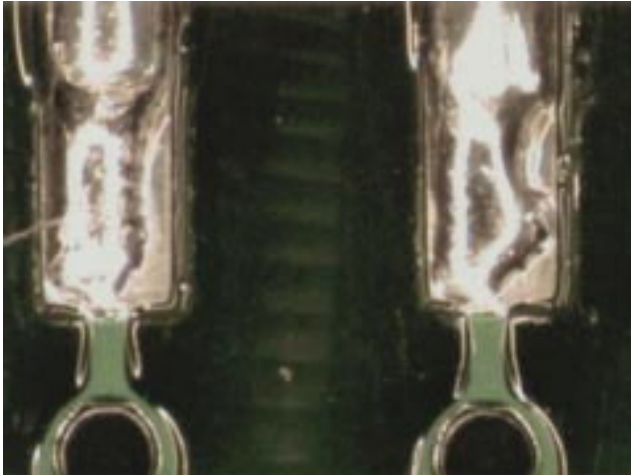


Abbildung 5-41

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Auftreten von Entnetzung, die dazu führt, dass die Lötverbindung nicht die Anforderungen an die Lotfüllung von Durchkontaktierungen bzw. SMT-Lötstellen erfüllt.

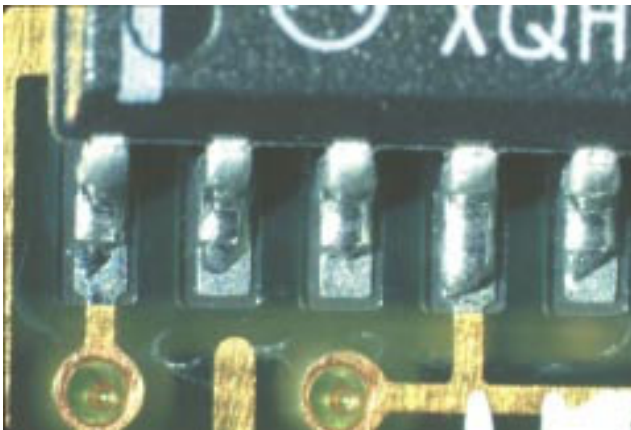


Abbildung 5-42

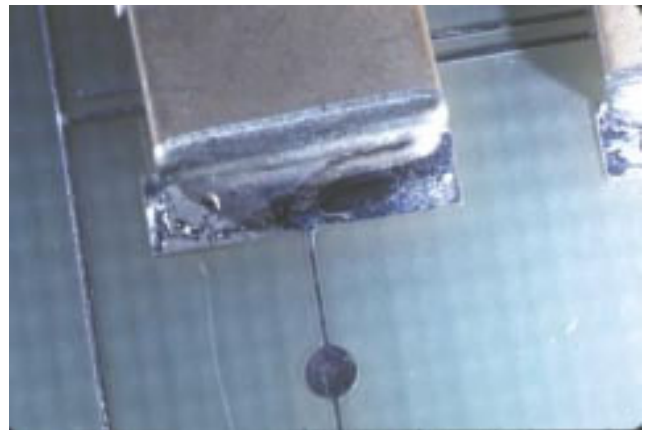


Abbildung 5-43

5.2.6 Anomalien – Überschusslot

5.2.6.1 Anomalien – Überschusslot - Lotkugeln/Lotfeinteilchen

Lotkugeln sind Kugeln aus Lot, die nach dem Lötprozess zurückbleiben. Lotfeinteilchen sind typischerweise kleine Kugeln von der ursprünglichen Größe des Lotpasten-Metallsiebes, die während des Reflow-Prozesses um die Lötverbindung verspritzt wurden.

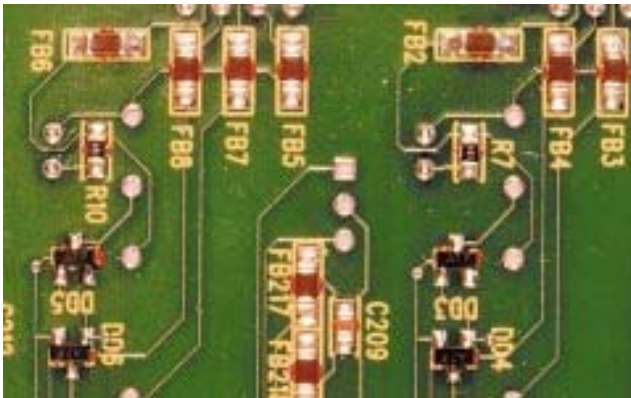


Abbildung 5-44

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Anzeichen von Lotkugeln auf der Leiterplatten-Baugruppe.

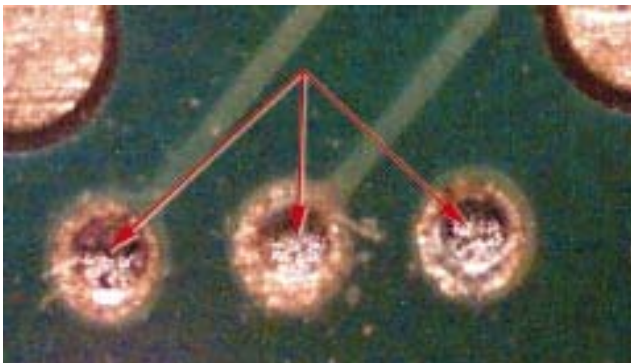


Abbildung 5-45

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotkugeln sind eingebettet/eingekapselt und verletzen nicht den minimalen elektrischen Abstand.

Anmerkung: Eingebettet, eingekapselt oder anhaftend soll bedeuten, dass die normale Bedienungsumgebung des fertigen Produktes kein Abfallen einer Lotkugel verursachen kann.

5.2.6.1 Anomalien – Überschusslot - Lotkugeln/Lotfeinteilchen (Fortsetzung)



Abbildung 5-46



Abbildung 5-47

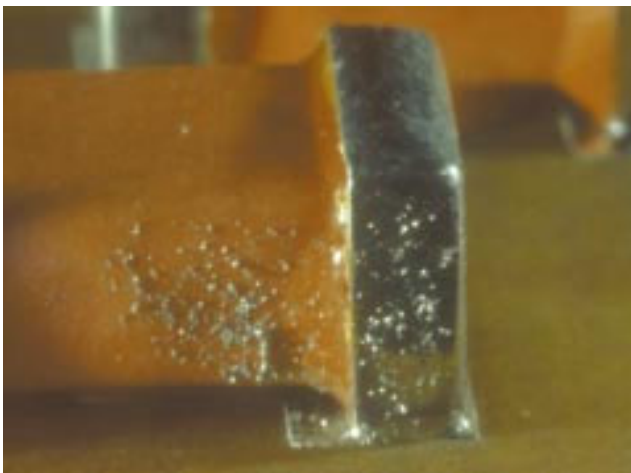


Abbildung 5-48

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotkugeln verletzen den minimalen elektrischen Abstand.
- Lotkugeln sind nicht eingebettet in No-Clean-Rückstände oder nicht eingekapselt in Conformal Coatings (Schutzüberzüge) oder haften nicht (gelötet) an einer metallischen Oberfläche, Abbildungen 5-46 bis 5-49.

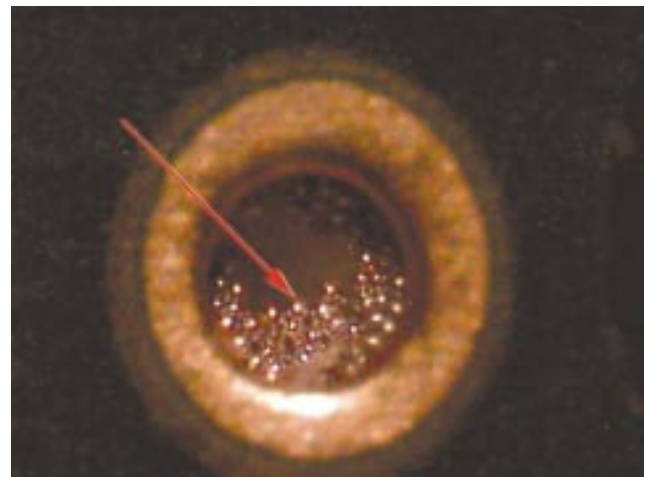


Abbildung 5-49

5.2.6.2 Anomalien – Überschusslot - Brückenbildung

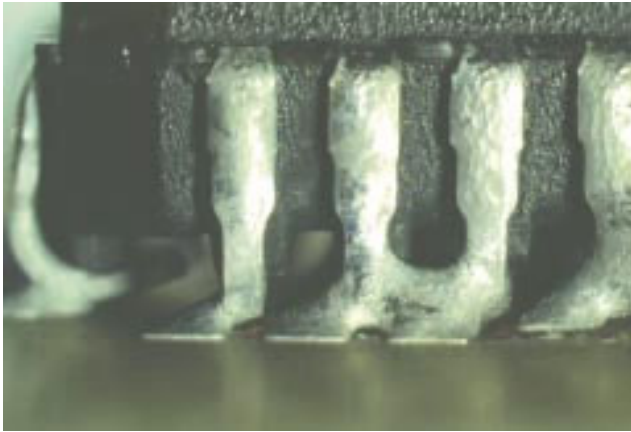


Abbildung 5-50

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine Lotverbindung zwischen Leiterzügen, die nicht verbunden sein sollten.
- Lotbrücke zwischen benachbarten nicht-gemeinsamen Leitern oder Bauteilen.

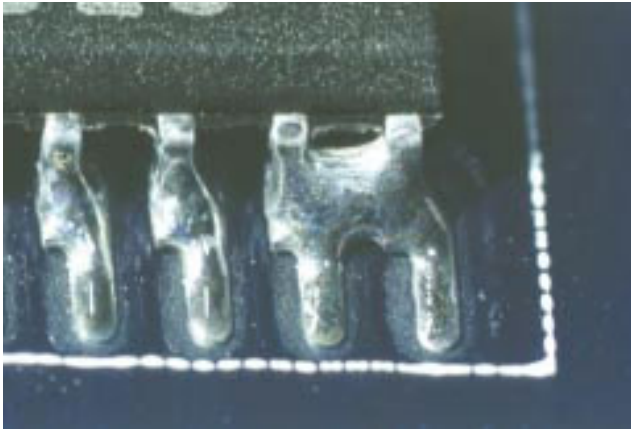


Abbildung 5-51



Abbildung 5-52



Abbildung 5-53

5.2.6.3 Anomalien – Überschusslot - Spinnweben

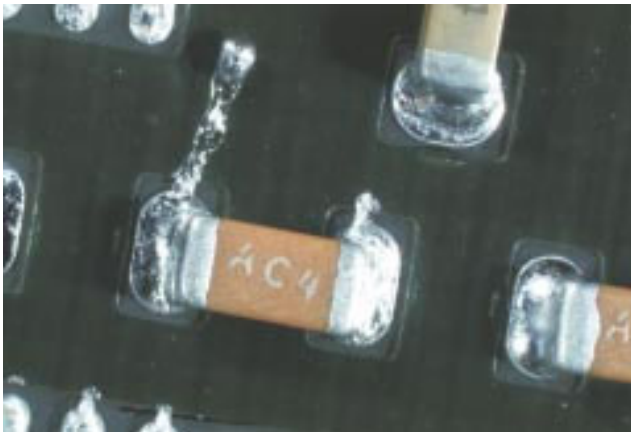


Abbildung 5-54

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotspritzer / Spinnweben.

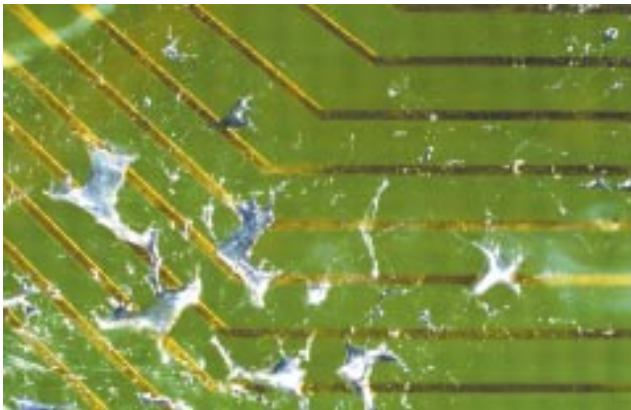


Abbildung 5-55

5.2.7 Anomalien – Lotstörung

Oberflächenerscheinungsbild mit Abkühlungslinien, wie in Abbildung 5-56 als zulässig gezeigt, kommt eher bei bleifreien Legierungen vor und stellt keine Lotstörung dar.

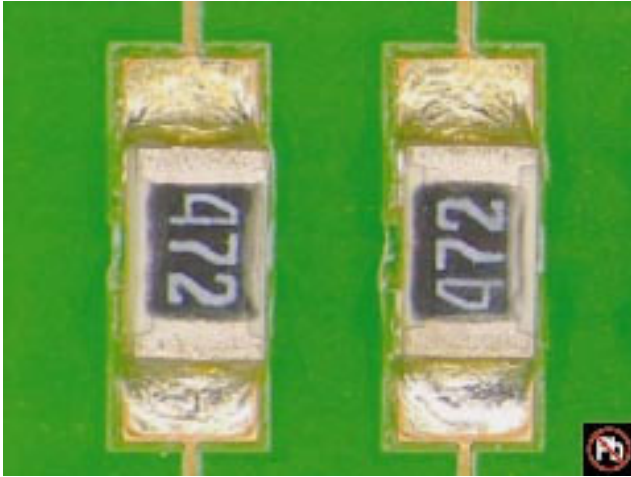


Abbildung 5-56

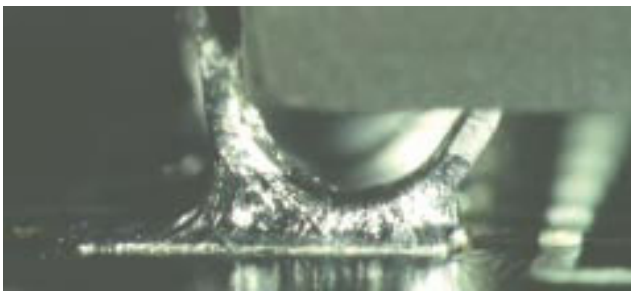


Abbildung 5-57

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotstörungen werden durch Spannungslinien charakterisiert, die durch Bewegung in der Verbindungsstelle während des Lötens entstehen.

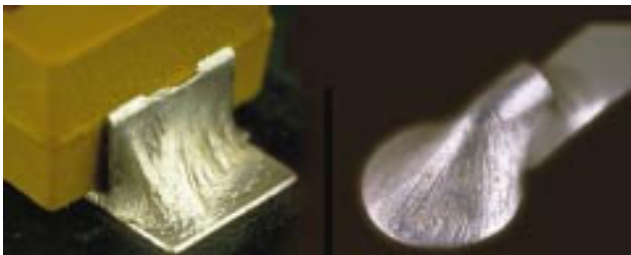


Abbildung 5-58



Abbildung 5-59



Abbildung 5-60

5.2.8 Anomalien – Risse in der Lötstelle

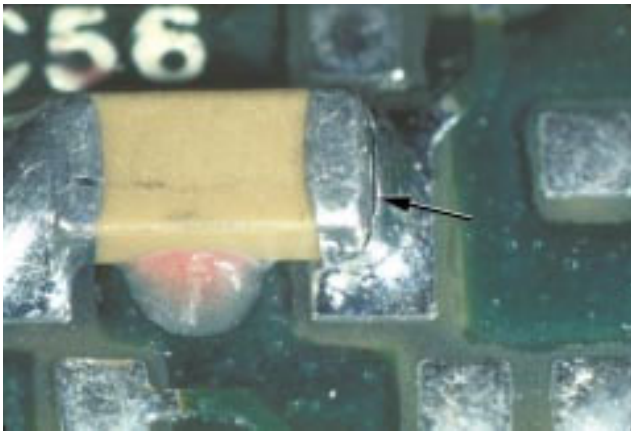


Abbildung 5-61

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gebrochenes oder gerissenes Lot.

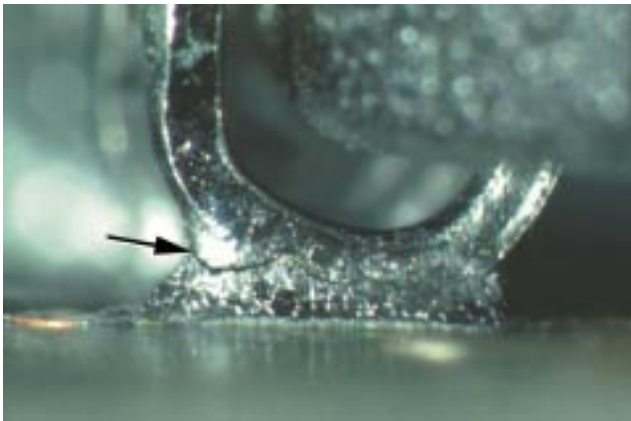


Abbildung 5-62

5.2.9 Anomalien – Lotzapfen



Abbildung 5-63

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotzapfen, Abbildung 5-63, verletzt die Forderungen an die maximale Baugruppenhöhe oder die Forderungen an die Bauelementanschluss-Restlänge.
- Lotzapfen, Abbildung 5-64, verletzt den minimalen elektrischen Isolationsabstand (1).



Abbildung 5-64

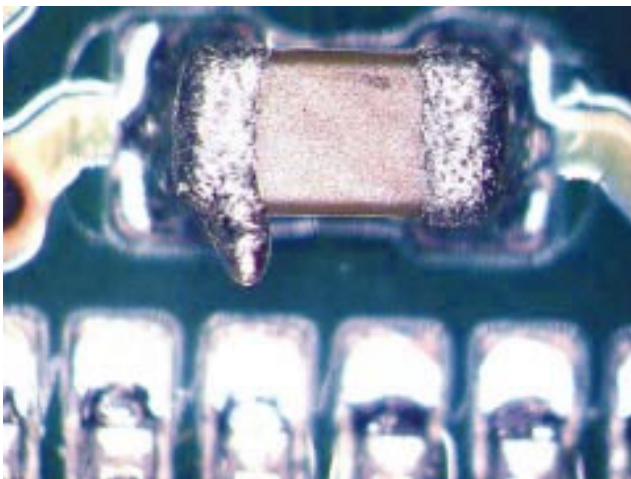


Abbildung 5-65

5.2.10 Anomalien – „Fillet Lifting“ am bleifreien Lotkegel

Diese Kriterien können auf Verbindungen mit durchkontaktierten Bohrungen angewendet werden.



Abbildung 5-66

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- „Fillet Lifting“ - Abheben des Lotkegels von der Oberseite der Anschlussfläche auf der Primärseite der durchkontaktierten Verbindung.

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- „Fillet Lifting“ - Abheben des Lotkegels von der Oberseite der Anschlussfläche auf der Sekundärseite der durchkontaktierten Verbindung.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotkegelablösung schädigt die Haftung an der Anschlussfläche, siehe 10.2.9.2.

5.2.11 Anomalien – Schrumpfrisse/Lunker

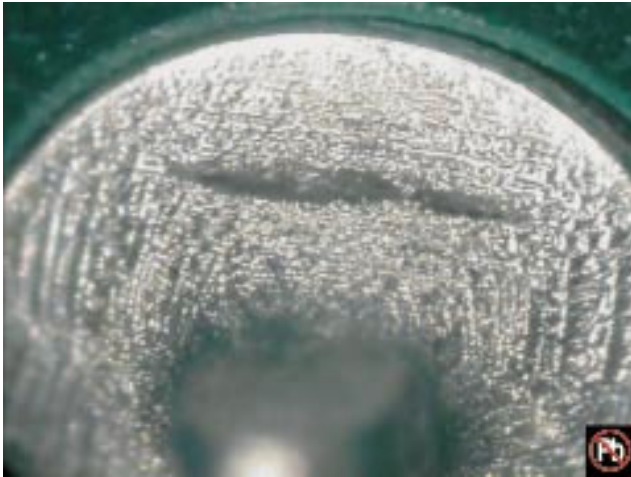


Abbildung 5-67

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Für Verbindungen mit bleifreien Legierungen:
 - Der Grund (Boden) des Risses ist sichtbar.
 - Riss oder Lunkerloch steht nicht in Kontakt mit Bauelementanschluss, Anschlussfläche auf der Leiterplatte oder Zylinderwand der Durchkontaktierung.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lunkerlöcher oder Schrumpfrisse in Anschlüssen aus SnPb-Lotlegierungen.
- Für Verbindungen mit bleifreien Legierungen:
 - Der Grund (Boden) des Lunkerloches oder des Schrumpfrisses ist nicht sichtbar.
 - Riss oder Lunkerloch steht in Kontakt mit Bauelementanschluss oder Anschlussfläche auf der Leiterplatte.

6 Anschlüsse

Diese Kriterien betreffen sowohl Drähte als auch Bauelementeanschlüsse. Die bevorzugten Wicklungsbedingungen stellen eine ausreichende mechanische Verbindung zwischen Bauelementanschluss/Draht und der Anschlussvorrichtung (Terminal) her, um sicherzustellen, dass sich der Bauelementanschluss/Draht während des Lötvorganges nicht bewegt. Typischerweise enthält die mechanische Verbindung eine mechanische Wicklung von 180°, die die mechanische Verbindung bewirkt.

Als Ausnahme zu den oben beschriebenen Wicklungsbedingungen ist es akzeptabel, wenn ein Bauelementanschluss/Draht an gegabelten, geschlitzten, gelochten, gestanzten oder perforierten Anschlüssen (Terminals) so befestigt wird, dass sich der Bauelementanschluss/Draht ohne Wicklung geradlinig durch die Öffnung des Anschlusses erstreckt. Mit Ausnahme von geschlitzten Anschlüssen (6.7.4) müssen Bauelementeanschlüsse/Drähte ohne Wicklung bis zu einem solchen Grad gestützt, geklebt oder zwangsfixiert sein, dass der Anschluss mechanisch sicher gelagert ist. Damit soll die Übertragung von Erschütterungen, Vibrationen und Bewegungen der befestigten Drähte verhindert werden, da dieses zu einer Verschlechterung der Lötverbindung führen könnte.

Die Kriterien dieses Kapitels sind in elf Hauptabschnitten zusammengefasst. Es können nicht alle Kombinationen von Bauelementanschluss-/Drahttypen und Arten von Anschlussvorrichtungen explizit behandelt werden. Vielmehr werden typische Kriterien für verallgemeinerbare Fälle dargestellt, die dann für alle ähnlichen Kombinationen anwendbar sind. Z.B. weisen der Anschlussdraht eines Widerstandes und eine Litzen-Drahtbrücke bei ihrer Montage an einen Turm-Anschlussstift (Turret Terminal) dieselben Anforderungen bezüglich des Wickelns und der Platzierung auf, aber nur die vieladrigere Litze könnte zum Aufspreizen (Birdcaging - „Vogelkäfig“) neigen.

Zusätzlich zu den Kriterien in diesem Kapitel müssen die Lötstellen die Kriterien aus Abschnitt 5 erfüllen.

Dieser Abschnitt behandelt folgende Punkte:

6 Anschlüsse

6.1 Kantenclips

6.2 Nietverbindungen

- 6.2.1 Bördelflansch
- 6.2.2 Spreizflansch
- 6.2.3 Definierte Spalten
- 6.2.4 Lötstützpunkte
- 6.2.4.1 Turmanschluss

- 6.2.4.2 Gabelstifte
- 6.2.5 Spreizflansch, eingelötet

6.3 Draht-/Anschlussvorbereitung, Verzinnung

6.4 Anschlussdraht – Formgebung - Spannungsentlastung

6.5 Serviceschleifen

6.6 Lötstützpunkte – Spannungsentlastung / Drahtabbiegung

- 6.6.1 Bündel
- 6.6.2 Einzeldraht

6.7 Draht-/Anschlusspositionierung

- 6.7.1 Turmanschluss und gerade Stifte
- 6.7.2 Gabelstifte
- 6.7.2.1 Von der Seite herangeführte Anschlüsse
- 6.7.2.2 Von unten bzw. von oben herangeführte Anschlüsse
- 6.7.3 Drähte mit Kleber fixiert
- 6.7.4 Geschlitzte Lötstützpunkte
- 6.7.5 Gelochte Anschlusslaschen
- 6.7.6 Hakenanschlüsse
- 6.7.7 Löthülsen
- 6.7.8 Seriell verbundene Anschlüsse
- 6.7.9 AWG 30 und dünnere Drahtdurchmesser

6.8 Isolation

- 6.8.1 Abisolierlänge
- 6.8.2 Beschädigungen
- 6.8.2.1 Vor dem Löten
- 6.8.2.2 Nach dem Löten
- 6.8.3 Flexibler Schutzschlauch

6.9 Leiter

- 6.9.1 Deformation
- 6.9.2 Litzenaufspreizung (Birdcaging)
- 6.9.3 Beschädigungen

6.10 Lötstützpunkte – Lot

- 6.10.1 Turmanschlüsse
- 6.10.2 Gabelstifte
- 6.10.3 Geschlitzte Lötstützpunkte
- 6.10.4 Gelochte Anschlusslaschen
- 6.10.5 Haken / Stift
- 6.10.6 Löthülsen

6.11 Leiter – Beschädigung – Nach dem Löten

6.1 Kantenclips



Abbildung 6-1

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Clip ist zentriert auf der Anschlussfläche ohne seitlichen Überhang.



Abbildung 6-2

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Clip hat maximal 25% Überhang neben die Anschlussfläche.
- Der Überhang reduziert nicht den Abstand unter den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

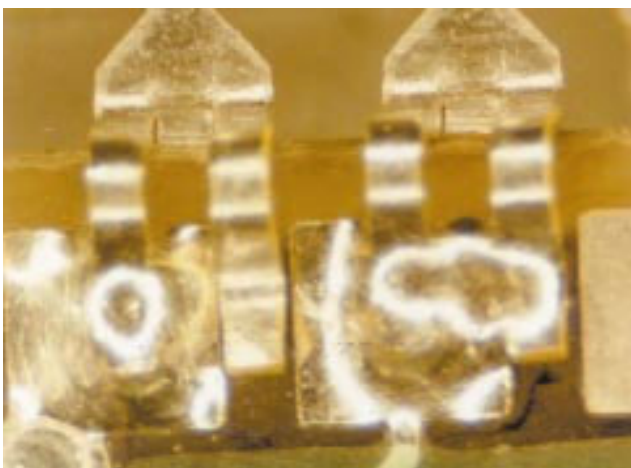


Abbildung 6-3

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Clip überschreitet 25% Überhang neben die Anschlussfläche.
- Der Clip hängt über und verringert den Abstand unter den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

6.2 Nietverbindungen

Dieser Abschnitt enthält Kriterien für die Grundtypen von Nietverbindungen.

Lötstützpunkte

Nietverbindungen mit Überhang über die Anschlussflächen sind zulässig, wenn sie nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzen, siehe 1.4.5.

Lötbarkeit

Galvanisierung und Lötbarkeit von Nietverbindungen sollen mit den anzuwendenden Galvanisierungs- und Lötbarkeitsspezifikationen übereinstimmen. Siehe IPC/EIA J-STD-002 und IPC/EIA J-STD-003 für Lötbarkeitsanforderungen.

6.2.1 Nietverbindungen – Bördelflansch

Bördelflanschbefestigungen werden zur mechanischen Befestigung dort verwendet, wo keine elektrische Verbindung erforderlich ist. Bördelflanschbefestigungen sind nicht an eine Leiterplatten-Anschlussfläche gelötet oder an einen aktiven Stromkreis installiert. Sie können an einen inaktiven und isolierten Stromkreis installiert sein.

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Bördelflansch ist gleichmäßig genietet und konzentrisch mit dem Befestigungsloch.
- Der Flanschdruck ist ausreichend, um eine mechanische Befestigung des Lötstützpunktes für die beabsichtigten Gebrauchseigenschaften zu gewährleisten.
- Der Lötstützpunkt rotiert und bewegt sich nicht nach dem Nieten.
- Keine Risse oder Brüche im Nietanschluss.
- Die Anschlussposition oder -befestigung ist senkrecht zur Baugruppenoberfläche.
- Die Lippe des Bördelflansches steht im ganzen Flanschumfang voll in Kontakt mit dem Basislaminat.
- Keine Laminatschäden.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Verbrennungen und Deformationen, die erforderlich sind, um den Nietanschluss herzustellen.
- Bis zu drei radiale Risse oder Brüche, mindestens um 90° gegeneinander versetzt.
- Kleine Schäden des Substrats.
- Keine umlaufenden Risse oder Brüche.
- Risse oder Brüche gehen nicht bis in den Anschlussschenkel.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Irgendwelche umlaufende Risse oder Brüche.
- Risse oder Brüche, die bis in den Lötstützpunktschenkel verlaufen.
- Mehr als drei radiale Risse oder Brüche.
- Risse oder Brüche, die um weniger als 90° gegeneinander versetzt sind.
- Fehlende Teile am Bördelflansch.
- Lötstützpunkte sind auf aktivem Stromkreis oder Durchgangslöchern (PTH) installiert.
- Gelötete Bördelflansch-Lötstützpunkte.
- Mechanische Schäden am Substrat, die nicht den Anforderungen entsprechen, siehe 10.2.

6.2.2 Nietverbindungen – Spreizflansch

Der aus der Anschlussfläche herausragende Schaft ist so genietet, dass er einen umgekehrten Trichter bildet, einheitlich in seiner Ausdehnung und konzentrisch zum Loch.

Der Flansch ist nicht gespalten, gerissen oder zeigt anderweitige Diskontinuitäten in der Ausdehnung, damit Flussmittel, Öle, Farben oder andere flüssige Substanzen, die während der Fertigung der Leiterplattenbaugruppe benutzt werden, nicht in das Montageloch eindringen können.



Abbildung 6-4

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Spreizflansch ist gleichförmig genietet und konzentrisch zum Loch.
- Fertigungsbedingte Druck- oder Spannungskerben sind minimal gehalten.
- Der Flansch ist ausreichend fest genietet, um eine Bewegung in der Z-Achse zu vermeiden.



Abbildung 6-5

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Spalt im Spreizflansch reicht nicht bis in die Hülse.
- Höchstens drei radiale Risse.
- Alle radialen Risse müssen mindestens um 90° gegeneinander versetzt sein.



Abbildung 6-6

Zulässig - Klasse 1

- Spalt im Spreizflansch ist akzeptabel, wenn nach dem Quetschen gelötet wird.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Spreizflansch (Trichter) ist peripher ungleichmäßig oder gezackt.
- Der Spalt reicht in die Hülse, siehe Klasse 1-Ausnahme oben.
- Spalten/Risse im Kreisumfang (der Hülse).
- Mehr als drei radiale Risse.
- Radiale Risse, die weniger als 90° auseinander liegen.

6.2.3 Nietverbindungen – Definierte Spalten

Diese Form von Nietverbindungen wird erreicht, indem gekerbtes Ausgangsmaterial mit einer bestimmten Anzahl gleichmäßiger Segmente verwendet wird. Nach dem Nieten müssen die Segmente gleiche Winkel zueinander aufweisen.

Kontrolliert geritzte Nietverbindungen sollten so bald als möglich nach dem Nieten gelötet werden, um Oxidation zu vermeiden.



Abbildung 6-7

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Trichter/Flansch weist gleichmäßige Spalten auf und ist konzentrisch zum Loch geformt.
- Gespaltene Segmente reichen nicht bis zum Rand der Anschlussfläche.
- Der Flansch/Trichter ist ausreichend fest gepresst, um Bewegungen in Richtung Z-Achse zu vermeiden.



Abbildung 6-8

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Flanschspalten runter bis zur Leiterplatte, jedoch nicht bis in die Hülse.
- Keine umlaufenden Risse oder Brüche.



Abbildung 6-9

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Beschädigung des Flansches.
- Segmente stark deformiert.
- Segment fehlt.
- Riss reicht bis in die Hülse.
- Irgendwelche umlaufende Risse/Brüche.



Abbildung 6-10

6.2.4 Nietverbindungen – Lötstützpunkte

Dieser Abschnitt stellt die mechanische Montage von zwei Typen von Anschlüssen vor, den turm- und den gabelförmigen. Anschlussstifte, die mit einer Anschlussfläche verlötet werden sollen, können so montiert werden, dass sie von Hand drehbar, vertikal aber stabil sind.

6.2.4.1 Nietverbindungen – Lötstützpunkte - Turmanschluss

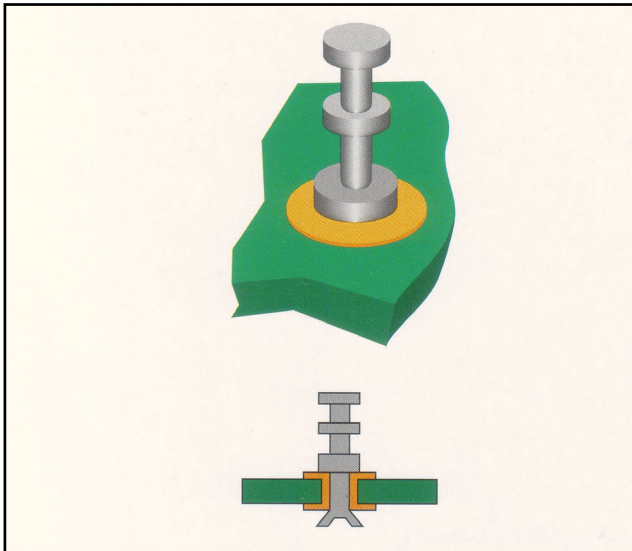


Abbildung 6-11

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Anschluss ist intakt und gerade.

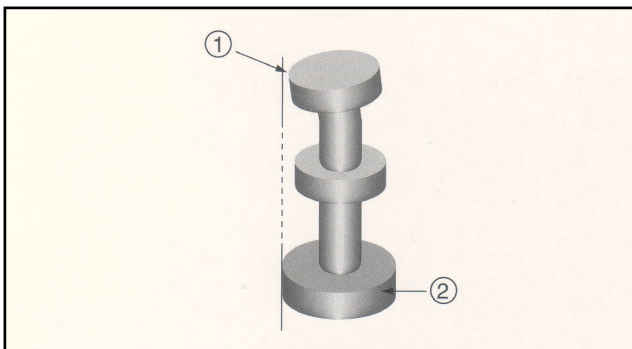


Abbildung 6-12

1. Obere Kante
2. Basis

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Lötstützpunkt ist abgebogen, aber die obere Kante ragt nicht über die Basisfläche hinaus.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die obere Kante des Lötstützpunktes ist über die Kante der Basisfläche hinaus verbogen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Mittelsäule ist gebrochen.

6.2.4.2 Nietverbindungen – Lötstützpunkte - Gabelstifte

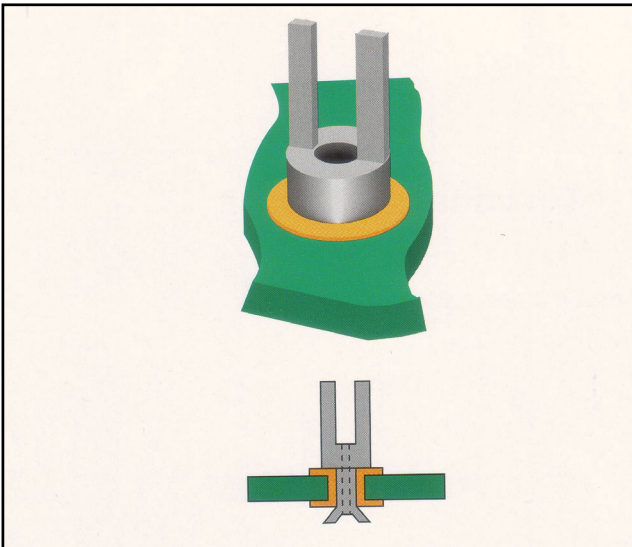


Abbildung 6-13

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Lötstützpunkt ist intakt und gerade.

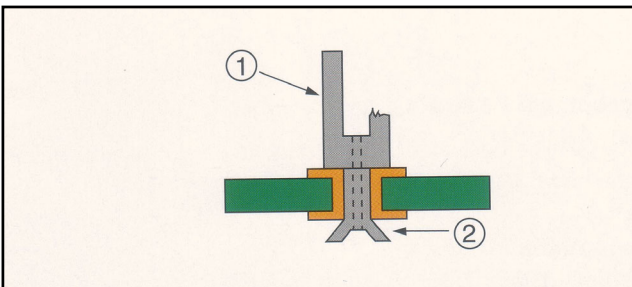


Abbildung 6-14

- Pfosten
- Basis

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Ein Pfosten ist gebrochen, aber die notwendige Montagefläche für den spezifizierten Draht ist vorhanden.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Beide Pfosten sind gebrochen.

6.2.5 Nietverbindungen – Spreizflansch, eingelötet

Der Flansch ist nicht gespalten bzw. gerissen oder andererseits beschädigt, so dass Flussmittel, Öle, Tinten oder andere flüssige Substanzen, die während der Verarbeitung der Leiterplatte benutzt werden, nicht in das Montageloch eindringen können. Nach dem Nieten ist die Fläche auf dem gesamten Umfang frei von Spalten oder Rissen.

Der gefertigte Flansch (Kopf) der Lötöse muss vollen Kontakt mit der Anschlussfläche haben.



Abbildung 6-15

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Lot um die Peripherie des Flansches herum.
- Gute Lotfüllung um den Flansch herum.
- Gute Benetzung des Flansches und der Anschlussfläche.
- Der genietete Flansch soll so eng als möglich zur Anschlussfläche sitzen, um Bewegungen in Richtung der Z-Achse zu vermeiden.
- Anzeichen von Lotfluss zwischen dem Flansch und der Anschlussfläche auf der Leiterplatte oder einem anderen Substrat müssen sichtbar sein.

6.2.5 Nietverbindungen – Spreizflansch, eingelötet (Fortsetzung)



Abbildung 6-16

Zulässig - Klasse 1, 2

- Das Lot reicht mindestens 270° um den Flansch herum.
- Ein auftretender radialer Spalt ist mit Lot gefüllt.
- Lotfüllung mit mindestens 75% der Flanschhöhe.

Zulässig - Klasse 3

- Das Lot reicht mindestens 330° um den Flansch herum.
- Keine radialen oder peripheren Spalten.
- Lotfüllung mit mindestens 75% der Flanschhöhe.



Abbildung 6-17

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Das Lot reicht weniger als 270° um den Flansch oder die Lötösenperipherie herum.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ungenau genieteter Flansch sitzt nicht auf der Anschlussfläche.
- Vorhandene radiale Spalten sind nicht mit Lot gefüllt.
- Lot erreicht nicht 75% der Flanschhöhe oder 100% der Höhe der flach gedrückten Lötöse.
- Umlaufender Riss im Flanschtrichter oder in der Lötöse.

Unzulässig - Klasse 3

- Das Lot reicht weniger als 330° um den Flansch herum.
- Radiale oder periphere Spalten im Flansch.

6.3 Draht-/Anschlussvorbereitung – Verzinnung

In diesem Dokument haben die Begriffe Vorverzinne und Verzinne die gleiche Bedeutung wie in IPC-T-50 definiert: Das Aufbringen von flüssigem Lot auf ein Basismetall, um die Lötbarkeit zu verbessern.

Verzinne von Drahtlitzten bietet den zusätzlichen Vorteil, dass die einzelnen Litzendrähte miteinander verbunden werden, was ermöglicht, dass die Drähte zu den Anschluss- oder Befestigungspunkten gefügt werden können ohne Abspaltung der einzelnen Litzendrähte (Birdcaging).

Folgende Kriterien können angewendet werden, wenn Verzinne gefordert wird.



Abbildung 6-18

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Litze ist einheitlich mit einem dünnen Lotauftrag beschichtet, wobei die einzelnen Litzendrähte leicht sichtbar sind.
- Die Länge des nicht verzinnten Litzenteils vom Ende der Isolation her ist nicht länger als ein Aderdurchmesser (D).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot benetzt den verzinnten Bereich der Ader und dringt bis zu den inneren Litzendrähten vor.
- Dochtförmig aufstehendes Lot, wenn sich das Lot nicht bis zu dem Bereich der Ader erstreckt, der flexibel bleiben muss.
- Das Verzinne hinterlässt eine glatte Lotschicht und die Umriss der Litze sind sichtbar.

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Litzenkontur ist nicht zu erkennen, jedoch wirkt sich überschüssiges Lot nicht auf Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion aus.
- Lot erstreckt sich nicht bis zu den inneren Litzendrähten.

6.3 Draht-/Anschlussvorbereitung – Verzinnung (Fortsetzung)



Abbildung 6-19

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Nadellöcher, Lunker oder Entnetzung/Nichtbenetzung übersteigen 5% der Fläche, die verzinkt sein muss.
- Die Länge des nicht verzinnenden Litzenteils ab dem Ende der Isolation ist größer als ein Drahtdurchmesser D.

Anmerkung: IPC/EIA J-STD-002 gibt zusätzliche Informationen zur Bewertung dieser Anforderungen.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Lot benetzt nicht den verzinnenden Bereich des Drahtes.
- Litzendraht ist nicht verzinkt, bevor er zum Lötstützpunkt gefügt oder gespleißt wird (außer bei Schlingenbildung).



Abbildung 6-20

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotdocht reicht bis in Teile des Drahtes, der nach dem Löten flexibel bleiben muss.
- Lotaufbau oder -zapfen im verzinnenden Bereich, der die nachfolgenden Montageschritte beeinflusst.

6.4 Anschlussdraht-Formgebung – Spannungsentlastung

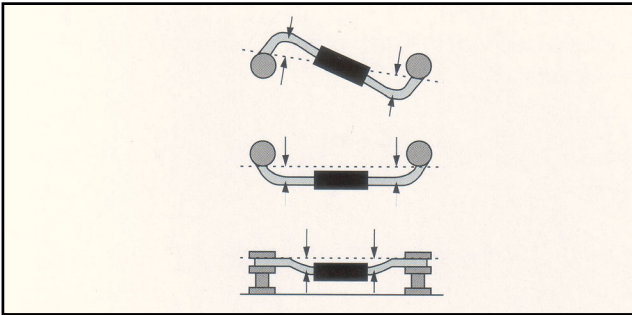


Abbildung 6-21



Abbildung 6-22

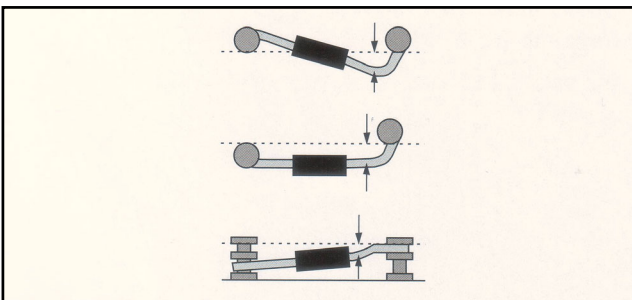


Abbildung 6-23

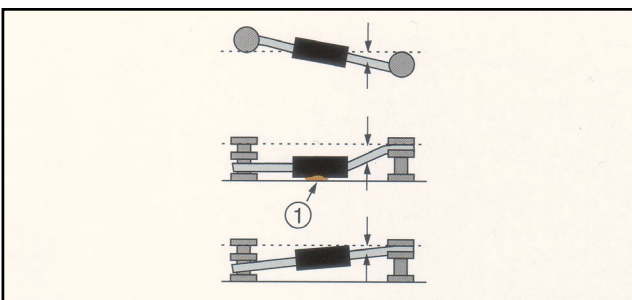


Abbildung 6-24
1. Kleber

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Mittellinie des Bauelementkörpers ist von der Lötstützpunkt-Kante wenigstens die Hälfte (50%) des Bauelemente-Durchmessers oder 1,3 mm (0,0511 in) entfernt, je nachdem was größer ist.
- Mittels Clip oder Kleber montierte Bauelemente haben Spannungsentlastung.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ein Anschluss ist für minimale Spannungsbelastung geformt, vorausgesetzt das Bauelement ist nicht mittels Clip oder Kleber befestigt oder auf andere Weise zwangsfixiert.
- Beide Anschlüsse sind für minimale Spannungsbelastung geformt, vorausgesetzt das Bauelement ist nicht mittels Clip oder Kleber befestigt oder auf andere Weise zwangsfixiert.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine Spannungsentlastung.
- Spannungsentlastung bei allen Anschlüssen eines zwangsfixierten Bauelements nicht vorhanden.

6.5 Serviceschleifen

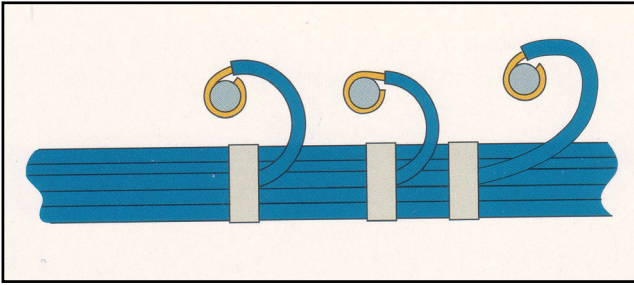


Abbildung 6-25

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ausreichende Serviceschleife ist vorhanden, die die Durchführung einer Reparatur erlaubt.

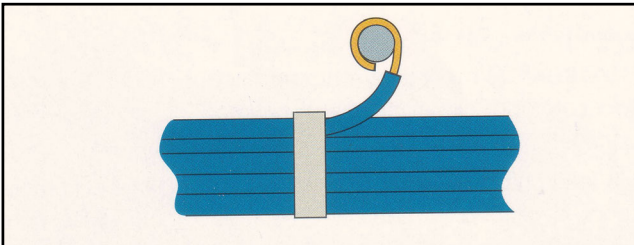


Abbildung 6-26

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Draht ist zu kurz, um eine zusätzliche Schlinge im Reparaturfall zu ermöglichen.

6.6 Lötstützpunkte – Spannungsentlastung/Drahtabbiegung

6.6.1 Lötstützpunkte – Spannungsentlastung/Drahtabbiegung - Bündel

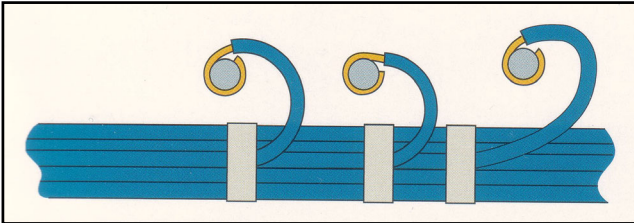


Abbildung 6-27

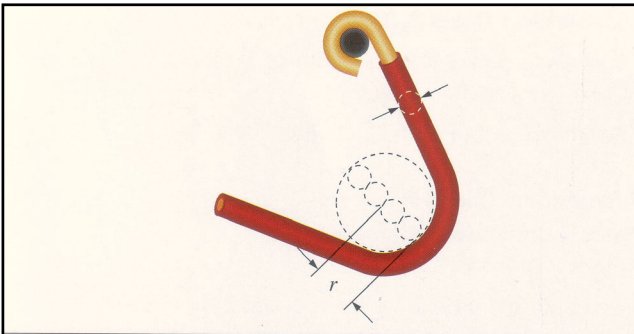


Abbildung 6-28

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist mit einer Schleife oder Biegung an den Lötstützpunkt herangeführt, die eine ausreichende Entlastung von allen Spannungen an der Verbindung sichert, die bei thermischem/Vibrations-Stress auftreten (Abbildung 6-27).
- Die Richtung der Entlastungsbiegung beansprucht nicht die mechanische Wicklung oder die Lötverbindung.
- Die Biegung berührt nicht den Lötstützpunkt und ist konform mit Tabelle 7-1 (Abbildung 6-28).

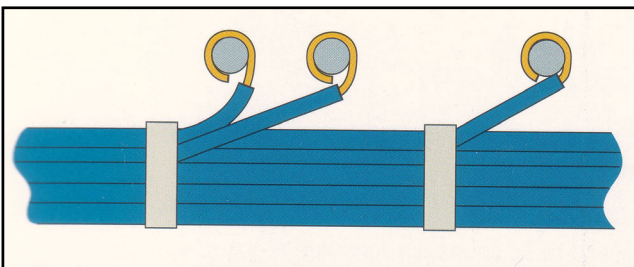


Abbildung 6-29

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Ungenügende Spannungsentlastung.
- Draht steht an der Windung unter Belastung.

6.6.2 Lötstützpunkte – Spannungsentlastung/Drahtabbiegung - Einzeldraht

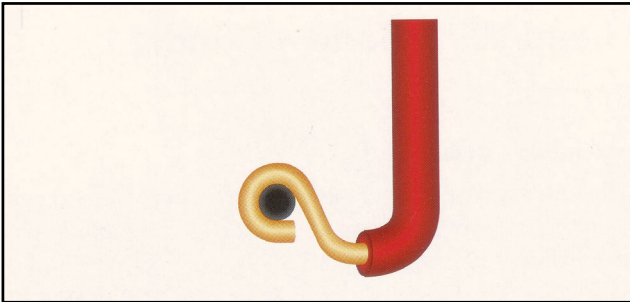


Abbildung 6-30

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Draht ist um den Anschluss entgegen der Einführrichtung geformt.

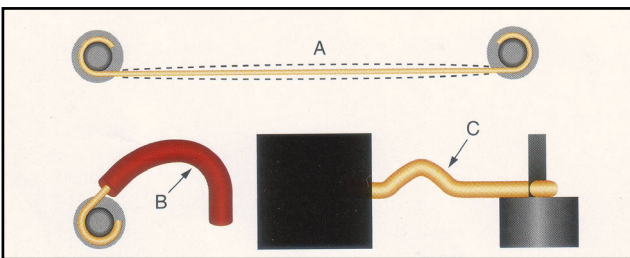


Abbildung 6-31

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht verläuft gerade zwischen den Anbindungen ohne Schleife oder Biegung, jedoch ist er nicht stramm gespannt (A).
- Biegungen sind nicht geknickt (B, C), siehe Tabelle 7-1.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Erfüllt nicht die Anforderungen an den Biegeradius, siehe Tabelle 7-1.

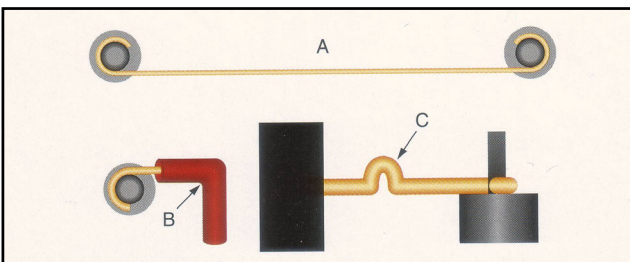


Abbildung 6-32

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Draht ist zwischen den Anschlüssen straff gespannt (A).
- Biegeradius erfüllt nicht die Anforderungen nach Tabelle 7-1.
- Biegungen sind geknickt (C).

6.7 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung

Ist gleichermaßen für Drähte und Bauelementeanschlüsse anzuwenden. Die Kriterien in Zusammenhang mit den einzelnen Anschluss- oder Verbindungstypen nach Pkt. 6.7.1 bis 6.7.9 betreffen nur die jeweilige Verbindung.

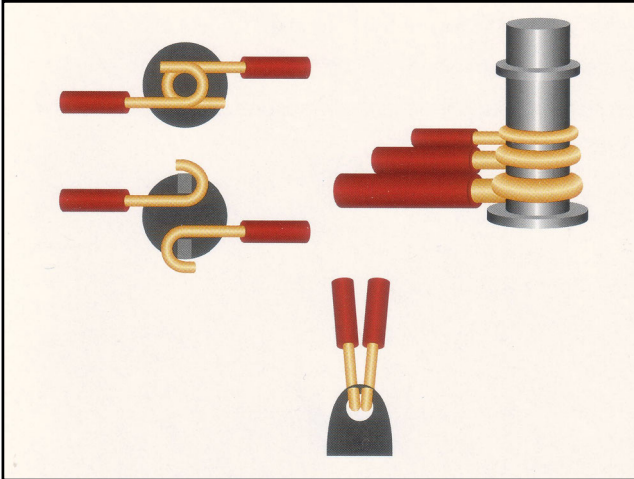


Abbildung 6-33

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Windungen um den Anschlussstift laufen parallel zur Stiftbasis und auch zueinander.
- Die Drähte sind so eng an die Stiftbasis gewickelt, wie es die Isolation erlaubt.
- Die gewickelten Drähte kreuzen sich nicht auf dem Anschlussstift oder überlappen sich nicht untereinander.
- Kalibrierungsteile können auf den Leeranschlüssen montiert werden, Abbildung 6-34.

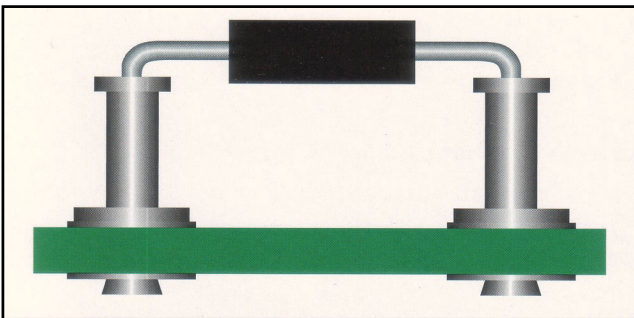


Abbildung 6-34

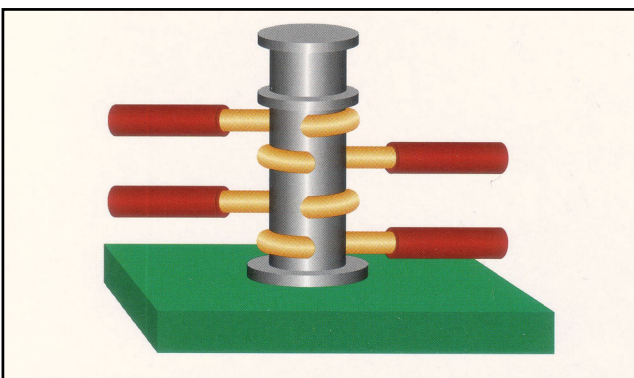


Abbildung 6-35

Zulässig - Klasse 1, 2

Prozessindikator - Klasse 3

- Die Drähte liegen nicht auf der Stiftbasis oder sind nicht in engem Kontakt mit den vorher installierten Drähten.

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Die gewickelten Drähte kreuzen sich auf dem Anschlussstift oder überlappen sich untereinander an den Stiften (nicht dargestellt).

6.7.1 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Turmanschluss und gerade Stifte



Abbildung 6-36

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Windungen sind parallel zueinander und zur Basis.
- Der Draht ist gegen die Stiftbasis oder vorher installierte Drähte montiert.
- Bei geraden Stiften ist der obere Draht auf dem Stift einen Drahtdurchmesser vom oberen Ende des Stiftes entfernt.
- Die Windungen sind minimal 180° und maximal 270° um den Stift herumgelegt.
- Drähte und Anschlüsse sind vor dem Löten mechanisch sicher an den Lötstützpunkten.

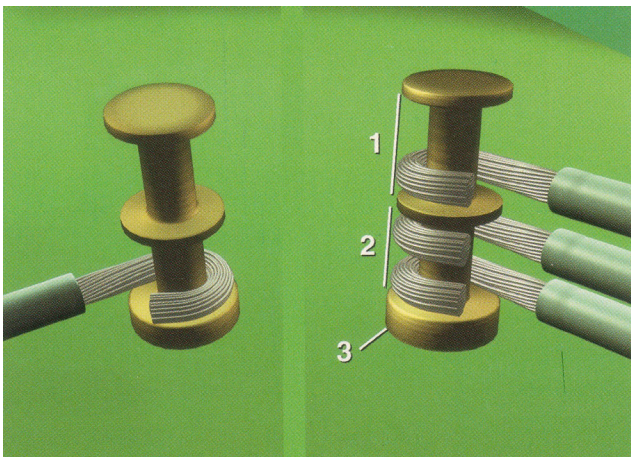


Abbildung 6-37

1. Oberer Führungsnut
2. Unterer Führungsnut
3. Basis

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Drähte und Bauelementeanschlüsse sind minimal 180° um den Stift herumgelegt und überlappen sich nicht.

6.7.1 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Turmanschluss und gerade Stifte (Fortsetzung)

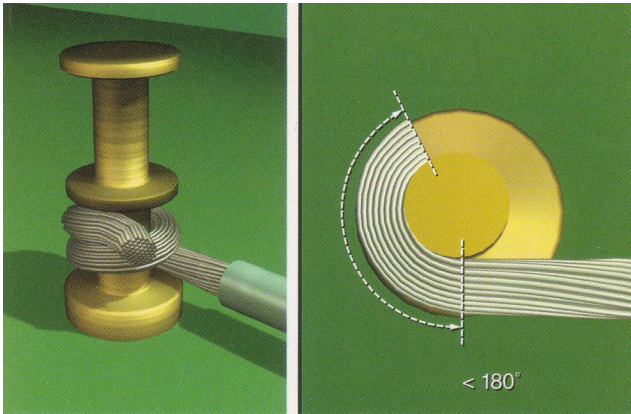


Abbildung 6-38

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Drahtenden überlappen sich.

Prozessindikator - Klasse 2

- Windung um den Pfosten hat 90° bis unter 180° Kontakt zwischen Drähten und Lötstützpunkt.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Windung um den Pfosten hat weniger als 90° Kontakt zwischen Drähten und Lötstützpunkt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Außerordentlich langes Drahtende verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Unzulässig - Klasse 3

- Windung um den Pfosten hat weniger als 180° Kontakt zwischen Drähten und Lötstützpunkt.

6.7.2 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Gabelstifte

6.7.2.1 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Gabelstifte - Von der Seite herangeführte Anschlüsse

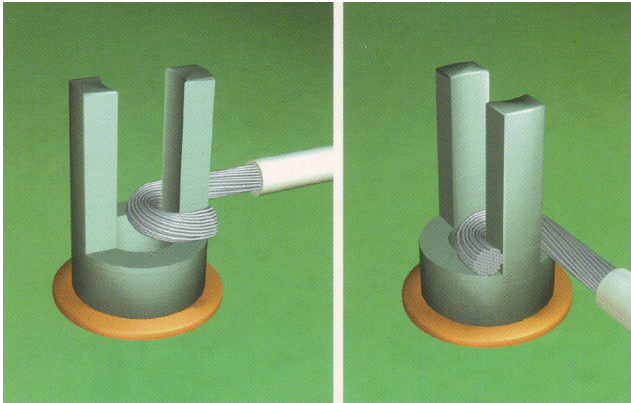


Abbildung 6-39

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht oder der Bauelementanschluss kontaktiert zwei parallele Oberflächen (180°-Biegung) des Lötstützpunktes.
- Das Schnittende des Drahtes kontaktiert den Lötstützpunkt.
- Kein Überlappen der Windungen.
- Die Drähte sind in aufsteigender Folge platziert mit dem dicksten Draht unten.
- Mehrfach-Drahtanordnungen sind alternierend an den Säulen angeordnet.

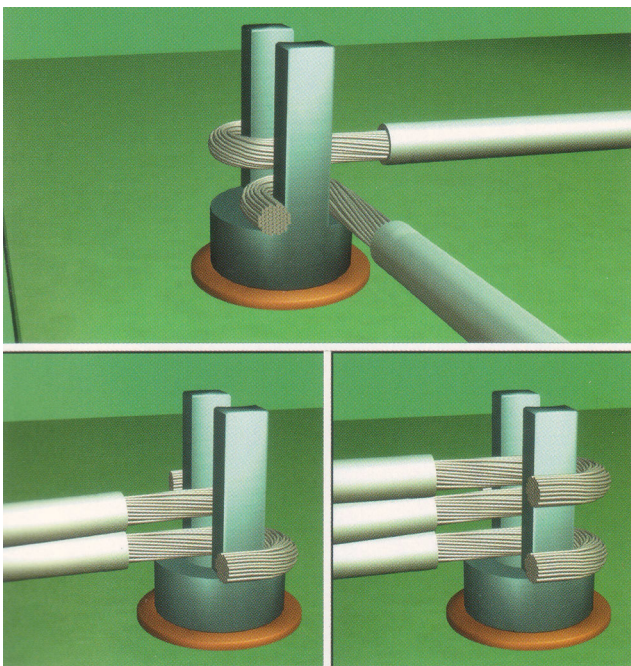


Abbildung 6-40

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtenden können über die Basis des Lötstützpunktes hinausragen, wenn trotzdem der minimal geforderte elektrische Sicherheitsabstand gewährleistet ist.
- Die Drähte gehen durch den Schlitz und haben positiven Kontakt mit mindestens einer Ecke der Säule.
- Kein Teil der Windungen reicht über die Spitze der Säule hinaus.
- Wenn gefordert beträgt die Drahtwindung mindestens 90°.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Drähte oder Bauelementanschlüsse mit 0,75 mm [0,0295 in] oder mehr im Durchmesser sind gerade durch die Säulen hindurchgelegt.

Zulässig - Klasse 3

- Drähte oder Bauelementanschlüsse mit 0,75 mm (0,0295 in) oder mehr im Durchmesser sind gerade durch die Säulen hindurchgelegt und befestigt, siehe 6.7.3.

6.7.2.1 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Gabelstifte - Von der Seite herangeführte Anschlüsse (Fortsetzung)

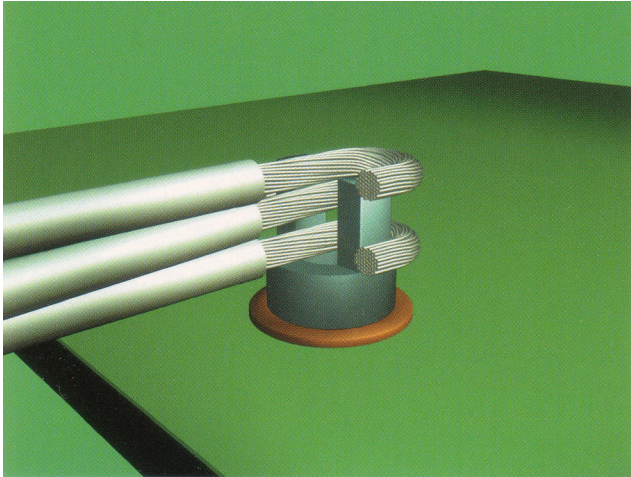


Abbildung 6-41

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Ein Teil der Windung reicht über die Spitze des Lötstützpunktes hinaus.
- Drähte oder Bauelementeanschlüsse $< 0,75 \text{ mm}$ [$0,0295 \text{ in}$] im Durchmesser sind mit weniger als 90° um eine Säule gewunden.
- Drahtenden überlappen sich.

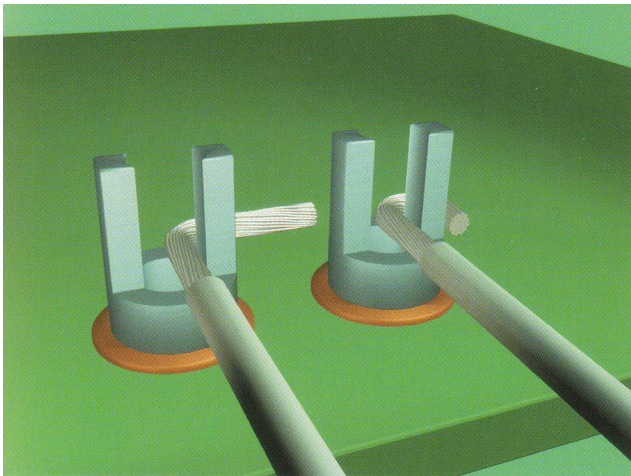


Abbildung 6-42

Unzulässig - Klasse 3

- Drähte oder Bauelementeanschlüsse $\geq 0,75 \text{ mm}$ [$0,0295 \text{ in}$] im Durchmesser sind mit weniger als 90° um eine Säule gewunden und nicht befestigt, siehe 6.7.3.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht verläuft nicht durch den Schlitz.
- Das Drahtende verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand, siehe Abbildung 6-42.

6.7.2.2 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Gabelstifte - Von unten bzw. von oben herangeführte Anschlüsse

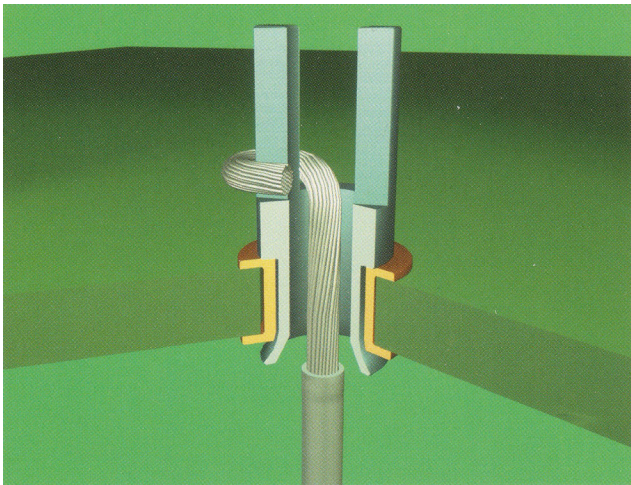


Abbildung 6-43

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtisolation geht nicht bis in die Basis oder den Pfosten des Lötstützpunktes.
- Die Windung des von unten herangeführten Drahtes kontaktiert zwei parallele Oberflächen (180°) des Lötstützpunktes.
- Der Draht verläuft gegen die Basis des Lötstützpunktes.
- Der von oben herangeführte Draht hat Abstand zu den Pfosten, die unter Verwendung separater Füllstoffe oder durch doppelte Biegung gefüllt sind (Abbildung 6-44 B, C).

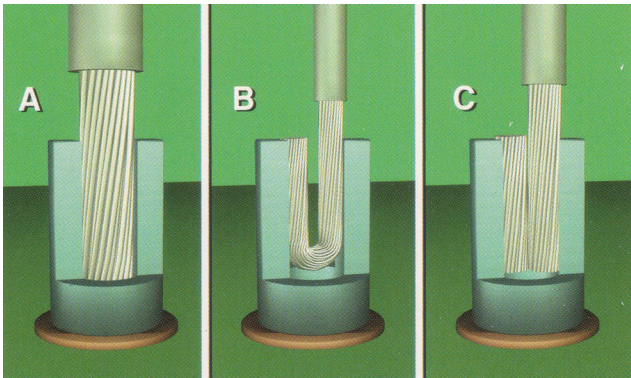


Abbildung 6-44

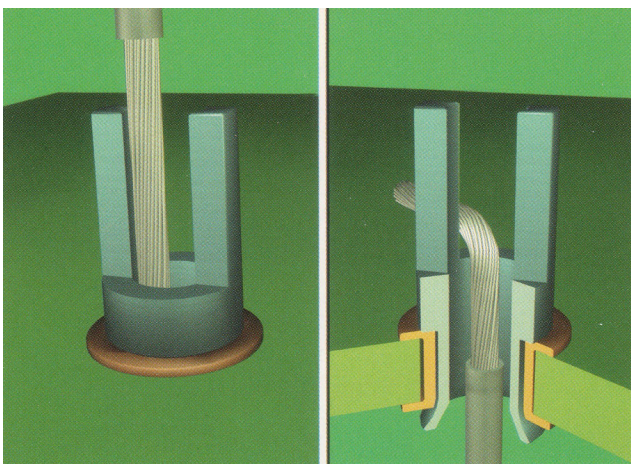


Abbildung 6-45

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Die Drahtisolation reicht bis in die Basis oder bis an den Pfosten des Lötstützpunktes.
- Der von oben herangeführte Draht ist nicht mit Füllstoff gesichert.
- Der von unten herangeführte Draht ist nicht um die Basis oder den Pfosten des Lötstützpunktes mit mindestens 90° gewunden.

6.7.3 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Drähte mit Kleber fixiert

Als Alternative zum Wickeln nach 6.7.2.1 oder 6.7.5 werden die nachfolgenden Kriterien nur für Drähte/Anschlüsse/Bauelemente angewendet, die befestigt (staked), geklebt oder anderweitig in der Bewegung eingeschränkt werden, um die Lotverbindung zu unterstützen.

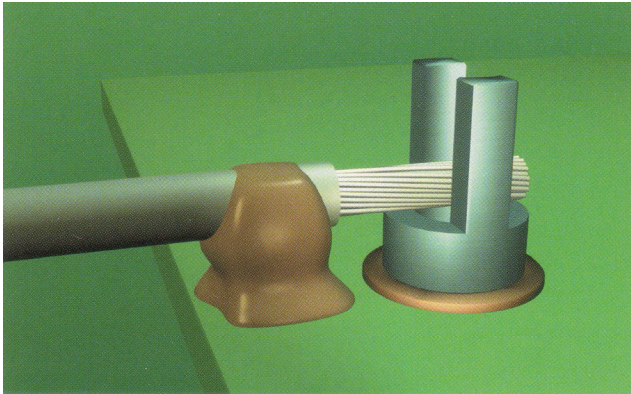


Abbildung 6-46

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist durch eine permanente Montagevorrichtung dauerhaft befestigt oder zwangsfixiert.
- Der Draht kontaktiert die Basis des Lötstützpunktes oder den vorher montierten Draht.
- Der Draht reicht über die Pfosten des gabelförmigen Lötstützpunktes hinaus.
- Der Draht reicht über das Anschlusssauge von gestanzten oder perforierten Anschlussvorrichtungen hinaus.
- Der Draht kontaktiert zwei Seiten der gestanzten/perforierten Anschlussvorrichtung.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator Klasse 2

- Draht oder Bauelementanschluss mit $\geq 0,75$ mm [0,0295 in] Durchmesser ist mit weniger als 90° gewunden und nicht befestigt.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Draht oder Bauelementanschluss mit $< 0,75$ mm [0,0295 in] Durchmesser ist mit weniger als 90° gewunden und nicht befestigt.

Unzulässig - Klasse 3

- Ein gerade durchlaufender Draht ist nicht befestigt.

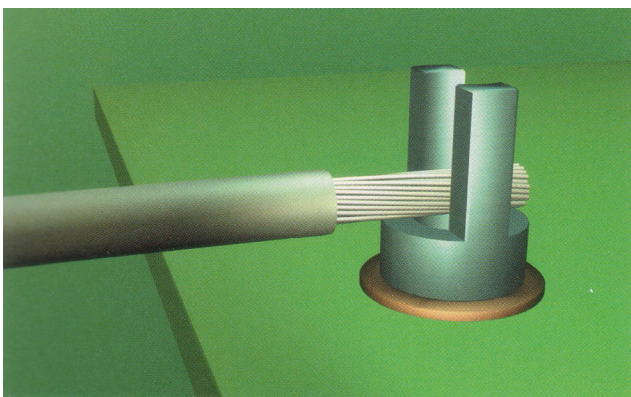


Abbildung 6-47

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Obwohl gefordert, ist der Draht nicht befestigt oder das Bauelement ist nicht an die Leiterplatte oder eine angrenzende Fläche geklebt oder wird durch eine Montagevorrichtung gehalten.

6.7.4 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Geschlitzte Lötstützpunkte



Abbildung 6-48

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Draht oder Bauelementanschluss ragt vollständig aus dem Schlitz und ist auf der Austrittsseite des Lötstützpunktes sichtbar.
- Draht hat Kontakt mit der Basis des Anschlussbereiches des Lötstützpunktes oder dem zuvor installierten Draht.



Abbildung 6-49

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Draht oder Bauelementanschluss ist auf der Austrittsseite des Lötstützpunktes sichtbar.
- Kein Teil des Drahtendes ragt über die Oberseite des Pfostens des Lötstützpunktes hinaus.

Anmerkung: Bei geschlitztem Lötstützpunkt ist keine Wicklung gefordert.



Abbildung 6-50

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Draht oder Bauelementanschluss ist auf der Austrittsseite des Anschlussstiftes nicht sichtbar.
- Der Drahtanschluss ragt über die Oberseite des Pfostens des Lötstützpunktes hinaus.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Drahtende verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

6.7.5 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Gelochte Anschlusslaschen

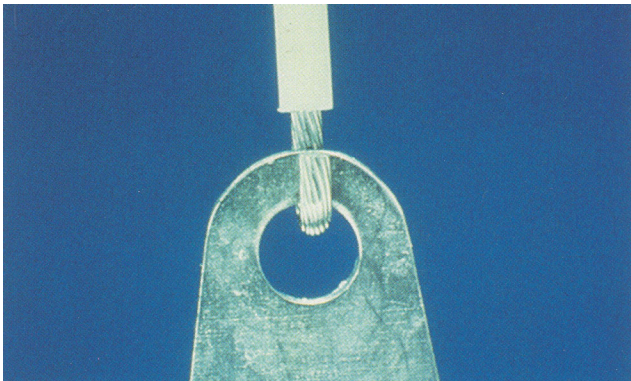


Abbildung 6-51

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht geht durch das Auge des Anschlusses hindurch.
- Der Draht ist so gelegt, dass er zwei Seiten des Anschlusses kontaktiert.

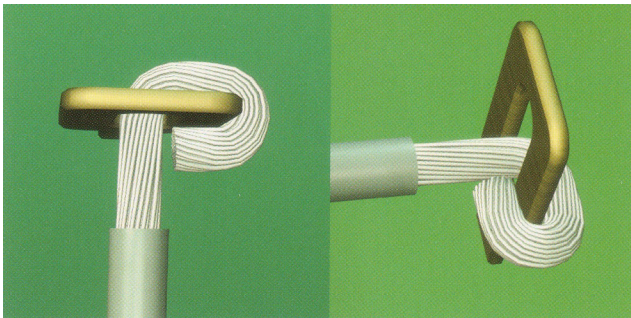


Abbildung 6-52

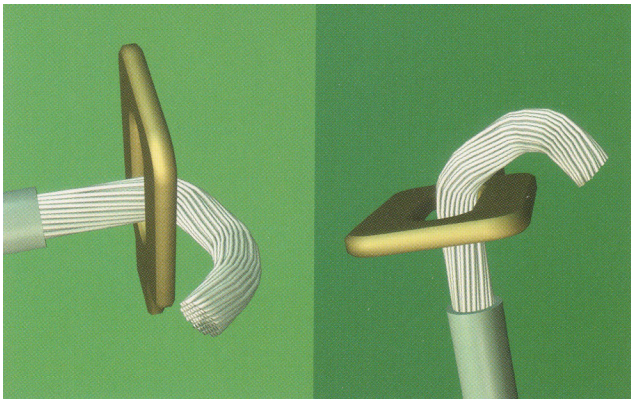


Abbildung 6-53

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Draht ist weniger als 90° umgelegt und der Draht kontaktiert nicht zwei nicht benachbarte Seiten des Anschlusses.
- Der Draht geht nicht durch das Auge des Anschlusses hindurch.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Drahtenden überlappen sich.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Anschluss ist verändert, um einen zu großen Draht oder eine zu große Gruppe von Drähten aufzunehmen.
- Litzen sind nicht konform mit Tabelle 6-1.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Drahtende verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand zu nicht gemeinsamen elektrischen Leiterzügen (nicht dargestellt).

6.7.6 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Hakenanschlüsse



Abbildung 6-54

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtwindung kontaktiert den Anschluss mit minimal 180°.
- Der Abstand vom Hakenende zum nächsten Draht ist minimal ein Drahtdurchmesser.
- Die Drähte berühren den Haken innerhalb eines Bogens von 180°.
- Die Drähte überlappen sich nicht.

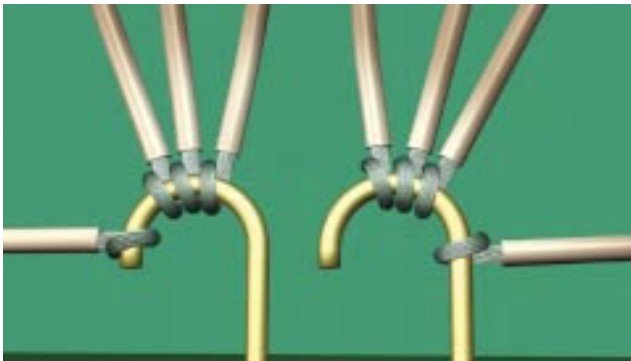


Abbildung 6-55

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht kontaktiert und umwindet den Anschluss mindestens mit 180°.
- Die Drahtwindungen überlappen sich nicht.
- Der Abstand vom Hakenende zum nächsten Draht ist minimal ein Drahtdurchmesser.

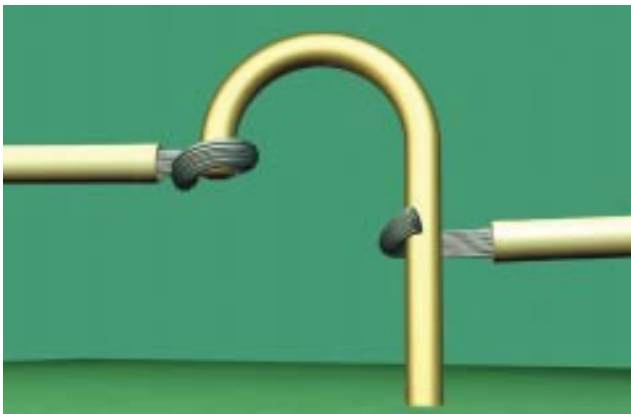


Abbildung 6-56

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Draht ist weniger als einen Drahtdurchmesser vom Ende des Hakens entfernt umwunden.
- Der Draht umwindet den Anschluss um weniger als 180°.
- Der Draht ist außerhalb des Bogens des Hakens befestigt und ist weniger als zwei Drahtdurchmesser oder 1,0 mm (0,039 in) von der Basis des Anschlusses entfernt, je nachdem was größer ist.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Drahtenden überlappen sich.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Drahtwindung beträgt weniger als 90°.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Drahtende verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand zu nicht gemeinsamen elektrischen Leiterzügen.

6.7.7 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Löthülsen



Abbildung 6-57

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Drähte sind gerade in die Löthülse gesteckt und kontaktieren die Seitenwand oder andere eingesteckte Drähte in der gesamten Tiefe der Löthülse.



Abbildung 6-58

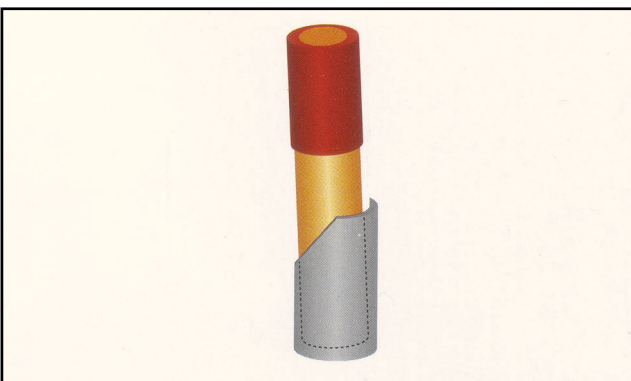


Abbildung 6-59

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Drähte stehen nicht in Kontakt zur Rückwand; was aber nicht Form, Passfähigkeit oder Funktion beeinflusst.

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Die Drähte sind nicht in die volle Tiefe der Hülse eingeführt.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die Löthülse ist verändert, um überdicke Drähte oder Drähtegruppen aufnehmen zu können.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Litzendrähte entsprechen nicht den Anforderungen in 6.9.3.
- Drähte sind nicht in Kontakt mit der Rückwand; Störung nachfolgender Montageschritte.

6.7.8 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – Seriell verbundene Anschlüsse

Wenn drei oder mehr Lötstützpunkte durch einen gemeinsamen Busdraht verbunden sind, müssen die Endstützpunkte die Anforderungen erfüllen, die an Einzelstützpunkte gestellt werden.



Abbildung 6-60

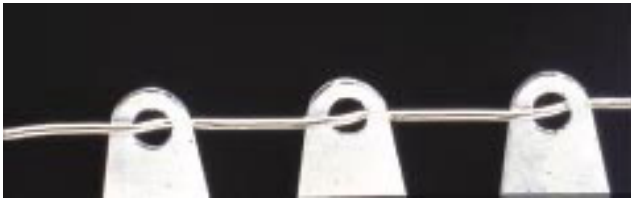


Abbildung 6-61

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Spannungsentlastende Bögen zwischen jedem Lötstützpunkt.
- Turmanschlüsse - der Draht kontaktiert die Basis des Lötstützpunktes oder einen bereits vorher installierten Draht und umwindet oder durchzieht jeden Lötstützpunkt.
- Haken - der Draht umwindet jeden Anschluss mit 360°.
- Gabelstifte - der Draht ist zwischen den Pfosten hindurchgezogen und kontaktiert die Basis des Stiftes oder einen bereits vorher installierten Draht.
- Gestanzte oder perforierte Anschlüsse - der Draht kontaktiert zwei nicht benachbarte Seiten jedes Anschlusses.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Turmanschlüsse - der Draht umwindet nicht mit 360° jede innere Nute oder durchkettelt nicht wellenförmig alle Lötstützpunkte der Stiftreihe.
- Haken - der Draht umwindet jeden inneren Anschluss mit weniger als 360°.
- Gabelstifte - der Draht ist nicht zwischen den Pfosten hindurchgezogen oder kontaktiert nicht die Basis des Stiftes oder einen bereits vorher installierten Draht.
- Gestanzte oder perforierte Anschlüsse - der Draht kontaktiert nicht zwei nicht benachbarte Seiten jedes inneren Anschlusses.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine Spannungsentlastung zwischen jeweils zwei Lötstützpunkten.

6.7.9 Draht-/Anschlussdrahtpositionierung – AWG 30 und dünnere Drahtdurchmesser

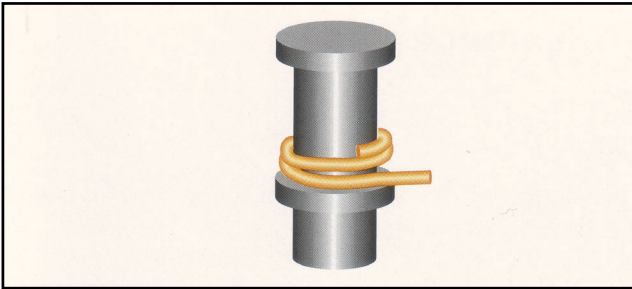


Abbildung 6-62

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht weist zwei Windungen (720°) um den Lötstützpunkt auf.
- Der Draht überlappt oder kreuzt sich nicht mit sich selbst oder anderen Drähten, die zum Befestigen an diesem Lötstützpunkt vorgesehen sind.

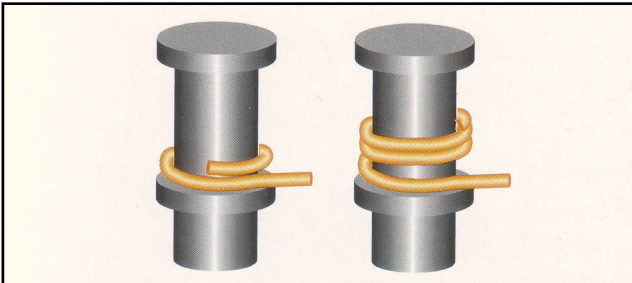


Abbildung 6-63

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht hat mehr als eine, aber weniger als drei Windungen.

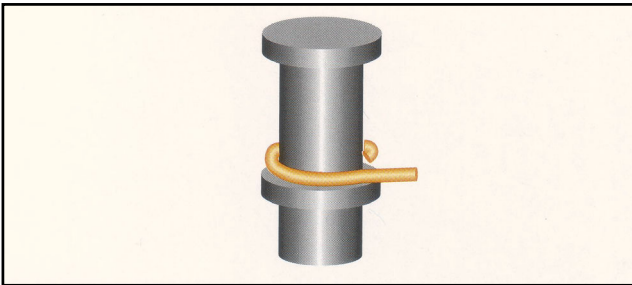


Abbildung 6-64

Unzulässig - Klasse 2

- Der Draht ist weniger als 180° umgelegt.

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Draht hat weniger als eine Windung um den Lötstützpunkt.

6.8 Isolation

6.8.1 Isolation – Abisolierlänge



Abbildung 6-65

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Es ist ein Isolationsabstand (C) von einem Drahtdurchmesser (D) zwischen dem Ende der Isolation und der Lotfüllung vorhanden.

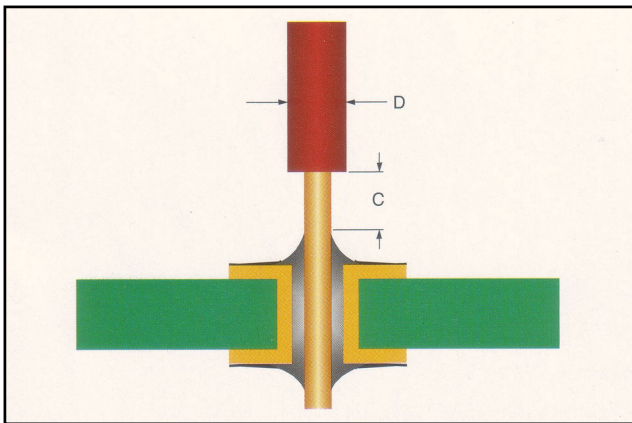


Abbildung 6-66

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Isolationsabstand (C) ist zwei Drahtdurchmesser oder weniger als 1,5 mm (0,0591 in), die Isolation eingeschlossen, je nachdem was größer ist.
- Der Isolationsabstand (C) ermöglicht keine Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes zu benachbarten Anschlüssen.
- Die Isolation hat Kontakt zum Lot, stört jedoch nicht die Formierung einer akzeptablen Verbindung.

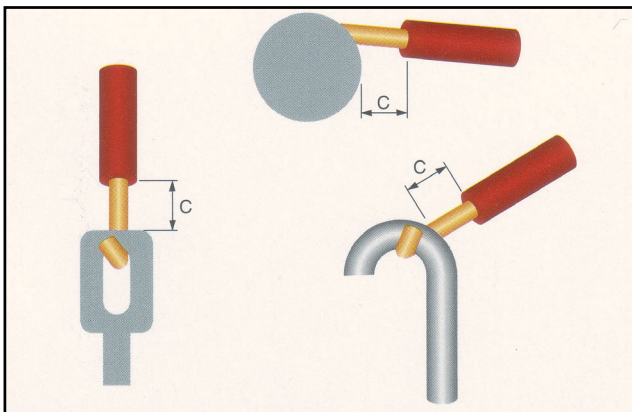


Abbildung 6-67

6.8.1 Isolation – Abisolierlänge (Fortsetzung)



Abbildung 6-68

Zulässig - Klasse 1

- Blanker Draht unter der Voraussetzung, dass keine Gefahr der Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes zu benachbarten elektrischen Schaltungsteilen bei Bewegung des Drahtes besteht.

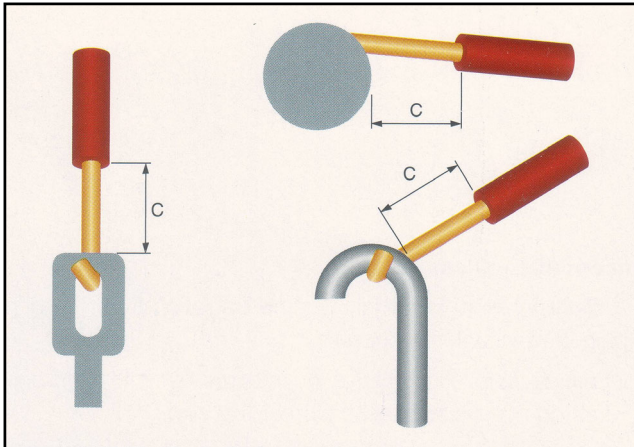


Abbildung 6-69

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Isolationsabstand (C) ist größer als zwei Drahtdurchmesser oder 1,5 mm (0,0591 in), die Isolation eingeschlossen, je nachdem was größer ist.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Isolationsabstand (C) ermöglicht die Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes zu benachbarten Leitern.
- Die Isolation stört die Formierung der Lötverbindung.

6.8.2 Isolation – Beschädigungen

6.8.2.1 Isolation – Beschädigungen - Vor dem Löten

Zusätzlicher Überzug über das Isolations-Basismaterial wie Harzüberzüge über Polyamid gilt nicht als Bestandteil der Isolation; die hier zitierten Kriterien sollen nicht für derartige Überzüge gelten.



Abbildung 6-70

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Isolation wurde sauber abgetrennt ohne Anzeichen von Quetschungen, Mitziehungen, Verdünnungen, Verfärbungen, Verkohlungen, Überhitzung.



Abbildung 6-71

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ein leichter gleichmäßiger Abdruck in der Isolation von der Zange oder der mechanischen Abisoliervorrichtung.
- Chemische Lösungen, Pasten und Cremes, die für die Abisolierung des Drahtes eingesetzt wurden, führen zu keiner Verschlechterung der Drahtqualität.
- Leichte Verfärbung durch thermisch entfernte Isolation ist zulässig, wenn nichts verkohlt, gebrochen oder gespalten ist.

6.8.2.1 Isolation – Beschädigungen - Vor dem Löten (Fortsetzung)

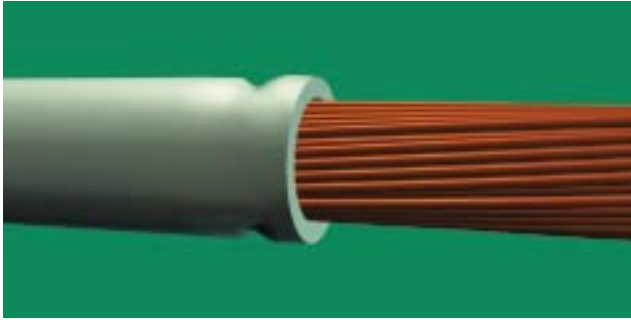


Abbildung 6-72



Abbildung 6-73

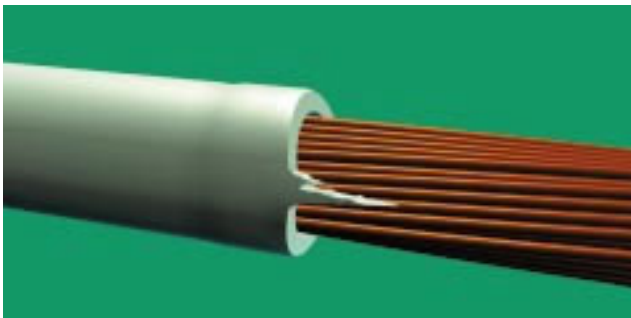


Abbildung 6-74



Abbildung 6-75

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Schnitte, Brüche, Risse oder Spalten in der Isolation (nicht dargestellt).
- Isolation ist in die Litzen hinein geschmolzen (nicht dargestellt).
- Die Dicke der Isolation ist um mehr als 20% reduziert (Abbildungen 6-72, 6-73).
- Unebene oder ausgefrante Teile der Isolation (Abnutzung, Ausfransung und Markierungen) machen mehr als 50% des Außendurchmessers der Isolation oder 1 mm [0.039 in] aus, je nachdem was größer ist (Abbildung 6-74).
- Isolation ist verkohlt (Abbildung 6-75).

6.8.2.2 Isolation – Beschädigungen - Nach dem Löten

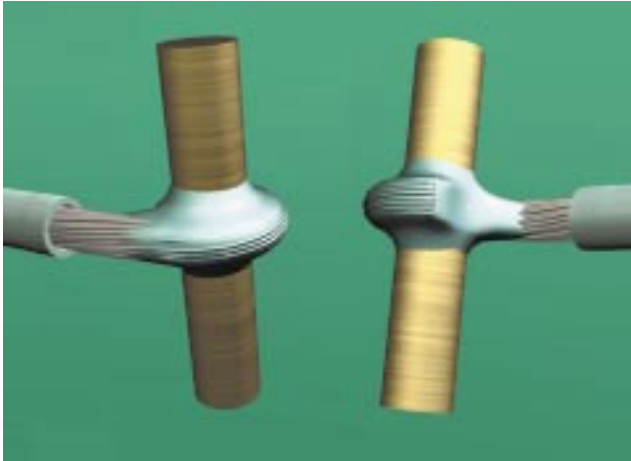


Abbildung 6-76

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Isolation ist nicht geschmolzen, verkohlt oder auf andere Art durch den Lötvorgang beschädigt.

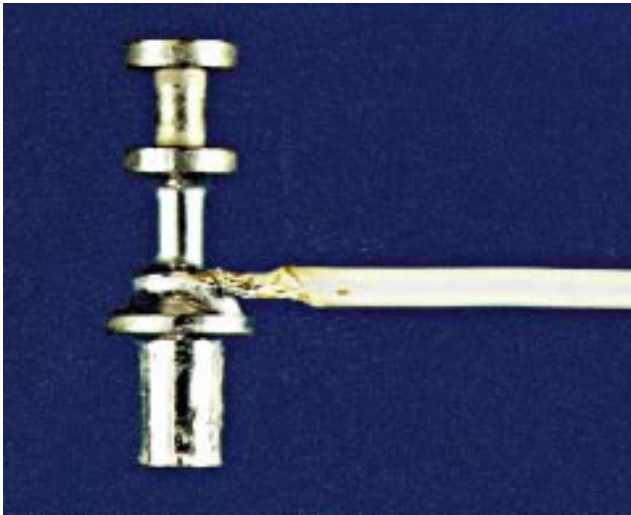


Abbildung 6-77

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Leichtes Anschmelzen der Isolation.



Abbildung 6-78

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Isolation ist verschmort.
- Die Lötverbindung ist durch verbrannte oder geschmolzene Isolation verunreinigt.

6.8.3 Isolation – Flexibler Schutzschlauch

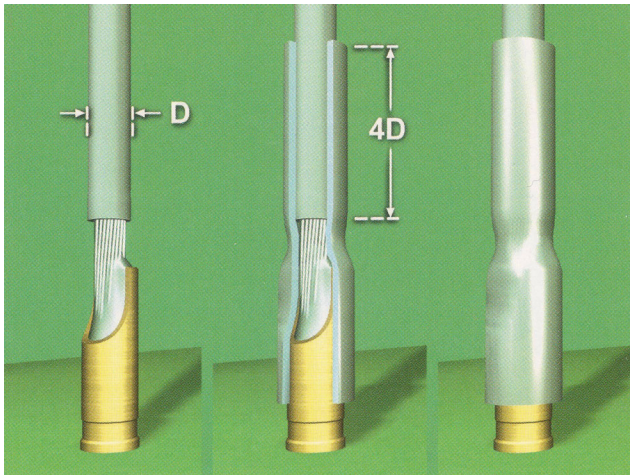


Abbildung 6-79

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Isolationsschlauch überlappt den Anschlussstift und erstreckt sich vier Drahtdurchmesser weit (D) über die Drahtisolation.
- Isolationsschlauch ist einen Drahtdurchmesser (D) von dem Punkt entfernt, an dem der Anschlussstift in das Anschlussloch (im Träger) übergeht.

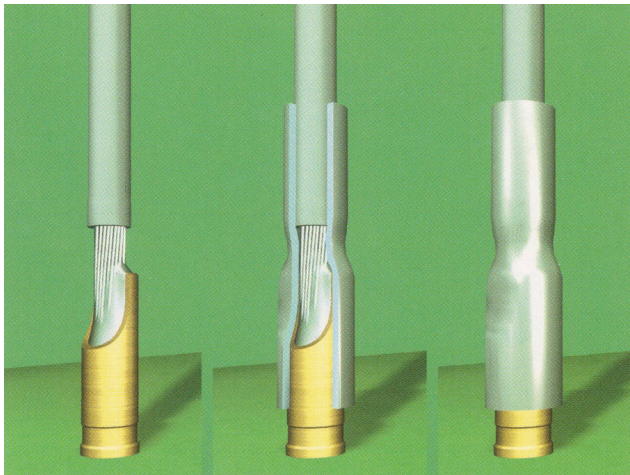


Abbildung 6-80

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Isolationsschlauch überlappt den Anschlussstift und die Drahtisolation um mindestens zwei Drahtdurchmesser.
- Isolationsschlauch ist mehr als 50% eines Drahtdurchmessers und nicht mehr als zwei Drahtdurchmesser von dem Punkt entfernt, an dem der Anschlussstift in das Anschlussloch (im Träger) übergeht.

6.8.3 Isolation – Flexibler Schutzschlauch (Fortsetzung)

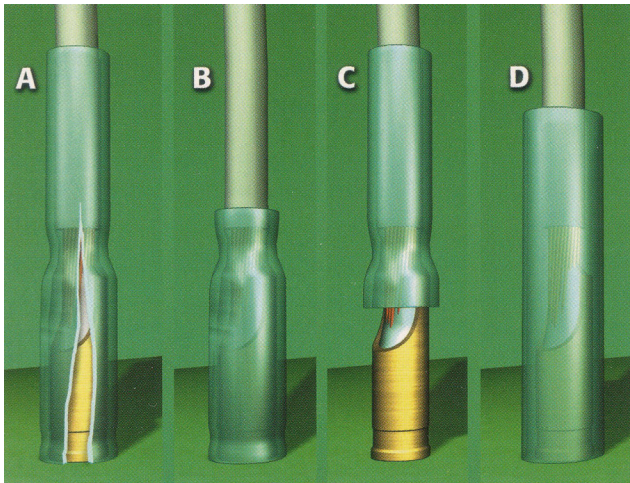


Abbildung 6-81

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Isolationsschlauch ist beschädigt, z.B. gespalten (A), verschmort (nicht dargestellt).
- Der Isolationsschlauch überlappt die Drahtisolierung um weniger als zwei Drahtdurchmesser (B).
- Isolationsschlauch ist mehr als zwei Drahtdurchmesser von dem Punkt entfernt, an dem der Anschlussstift in das Anschlussloch übergeht (C).
- Der Isolationsschlauch sitzt lose auf dem Anschlussstift (könnte abrutschen oder durch Vibration abgleiten und dabei mehr als den zulässigen Anteil des Leiters oder Anschlussstiftes freilegen) (D).
- Der Isolationsschlauch verhindert Bewegungen des gleitenden Kontaktes im Schlitz, wo eine Bewegung gefordert ist.

6.9 Leiter

Anzuwenden für Litzendrähte, siehe 7.1.2.3 für Leiterbeschädigungen, Anforderungen für einadrige Leitungen.

6.9.1 Leiter – Deformation

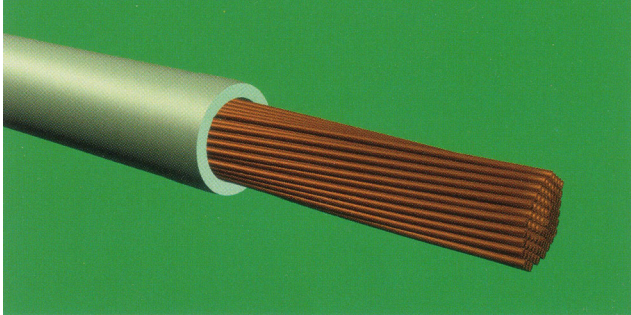


Abbildung 6-82

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Drähte sind nicht flachgedrückt, aufgedreht, bucklig, geknickt oder anderweitig deformiert.

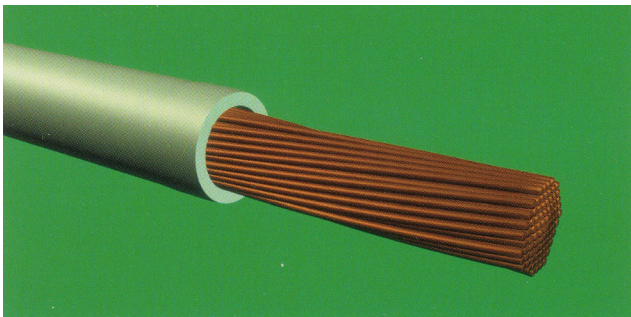


Abbildung 6-83

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Wo die Drähte während der Entfernung der Isolation gestreckt wurden, sind sie danach wieder nahezu in ihre Originallage zurückgedreht worden.
- Litzendrähte sind nicht geknickt.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die generelle Spirallage der Litze ist nicht erhalten.

6.9.2 Leiter – Litzenaufspreizung (Birdcaging)

Litzen, die beim Entfernen der Isolation deformiert wurden, sollten nahezu in ihre ursprüngliche Lage zurück versetzt werden.

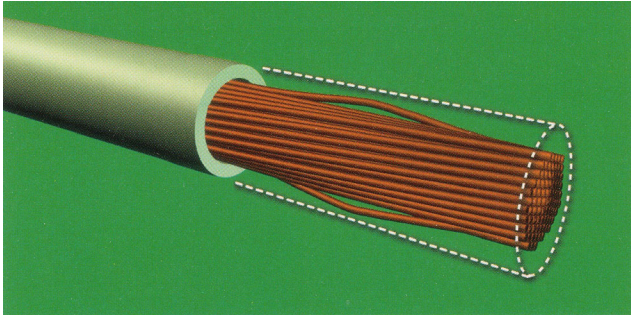


Abbildung 6-84

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die ursprüngliche Lage der Litzen ist nicht gestört.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Litzen sind gespreizt (Birdcaging), überschreiten jedoch nicht:
 - einen Litzendurchmesser.
 - mehr als einen Außendurchmesser der Drahtisolation.

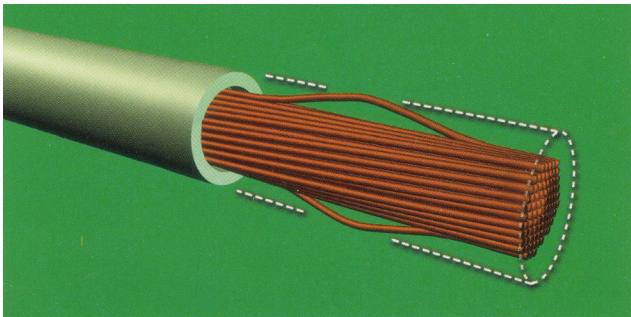


Abbildung 6-85

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Litzen sind um mehr als einen Litzendurchmesser gespreizt (Birdcaging), jedoch nicht mehr als einen Außendurchmesser der Drahtisolation.

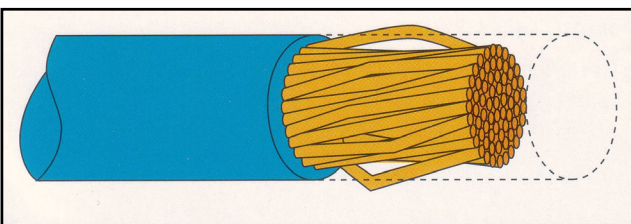


Abbildung 6-86

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Litzen spreizung um mehr als einen Außendurchmesser der Drahtisolation.

6.9.3 Leiter – Beschädigungen

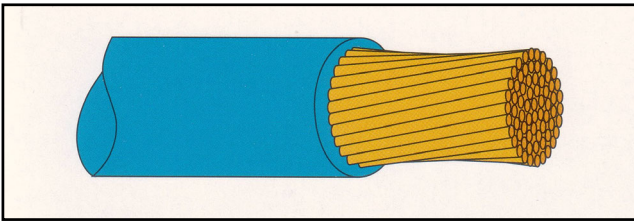


Abbildung 6-87

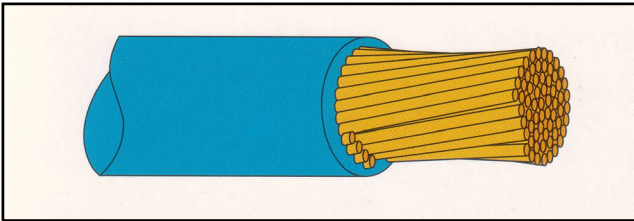


Abbildung 6-88

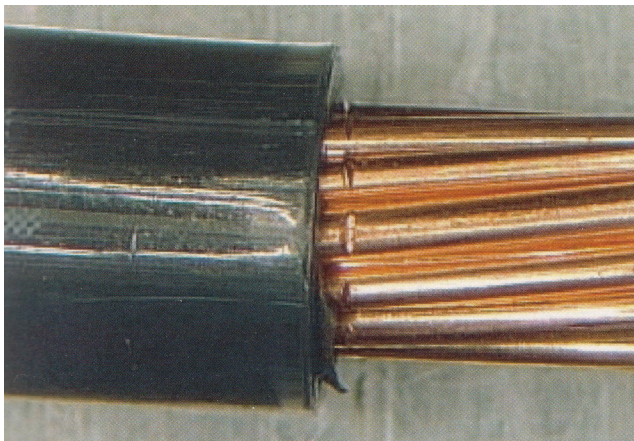


Abbildung 6-89

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Litzendrähte sind nicht angekratzt, angeknickt, abgeschnitten, angeritzt oder anderweitig beschädigt.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Litzendrähte, die abgeschnitten, gebrochen, angekratzt oder abgetrennt sind, wenn die Anzahl der beschädigten oder gebrochenen Litzendrähte in einem einzelnen Draht nicht die in Tab. 6-1 angegebenen Grenzwerte überschreitet.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Anzahl der beschädigten (angekratzten, geknickten oder abgetrennten) Litzendrähte in einem einzelnen Draht überschreitet die in Tab. 6-1 angegebenen Werte.

Tabelle 6-1 Zulässige Beschädigung von Litzendrähten

Anzahl der Litzendrähte	Maximal zulässige Anzahl angekratzter, geknickter oder abgetrennter Einzeldrähte für Klasse 1,2	Maximal zulässige Anzahl angekratzter, geknickter oder abgetrennter Einzeldrähte für Klasse 3 für Drähte, die vor der Installation nicht verzinkt werden	Maximal zulässige Anzahl angekratzter, geknickter oder abgetrennter Einzeldrähte für Klasse 3 für Drähte, die vor der Installation verzinkt werden
Weniger als 7	0	0	0
7 - 15	1	0	1
16 - 25	3	0	2
26 - 40	4	3	3
41 - 60	5	4	4
61 - 120	6	5	5
121 oder mehr	6%	5%	5%

Anmerkung 1: Keine beschädigten Litzendrähte in Drähten erlaubt, die bei einer Spannung von 6 kV oder mehr eingesetzt werden.

Anmerkung 2: Galvanisierte Drähte, bei denen im Falle einer visuellen Anomalie das Basismetall nicht offen gelegt ist, werden nicht als geschädigte Litze eingestuft.

6.10 Lötstützpunkte – Lot

Außer wenn es für einen spezifischen Typ eines Lötstützpunktes anders festgelegt ist, sind die nachfolgenden Ausführungen generelle Anforderungen an alle Lötstützpunkte:

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- 100% Lotfüllung um den Draht/Bauelementanschluss und die Anschlussstelle auf dem Lötstützpunkt (über die volle Ausdehnung der Wicklung).
- Das Lot benetzt den Draht/Bauelementanschluss und den Lötstützpunkt und formt einen sichtbaren Lotkegel, der sich zu einer glatten Kante auffächert.
- Der Draht/Bauelementanschluss ist klar in der Lötverbindung sichtbar.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lotfüllung beträgt mindestens 75% des Umfanges von Draht/Bauelementanschluss und Verbindungsstelle auf dem Lötstützpunkt.
- Die Lothöhe ist größer als 75% des Drahtdurchmessers in der Kontaktfläche Draht-Pfosten.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Der Draht/Bauelementanschluss ist nicht sichtbar in der Lötverbindung.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Lotvertiefung zwischen Pfosten und Drahtwindung ist größer als 50%.

Unzulässig - Klasse 3

- Die Lotvertiefung zwischen Pfosten und Drahtwindung ist größer als 25%.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lotfüllung beträgt weniger als 75% des Umfanges von Draht/ Bauelementanschluss und Verbindungsstelle auf dem Lötstützpunkt.

6.10.1 Lötstützpunkte – Lot - Turmanschlüsse



Abbildung 6-90

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Anschlusskontur des Drahtes ist sichtbar; gleichmäßiger Lotfluss auf Draht und Lötstützpunkt.
- Lotfüllung an allen Punkten von Draht/Bauelementeanschluss und Verbindungsstelle auf dem Lötstützpunkt.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot benetzt mindestens 75% des Kontaktbereiches zwischen Draht/Bauelementeanschluss und Verbindungsstelle bei Drähten, die 180° oder mehr gewunden sind.
- Lot benetzt den Kontaktbereich zwischen Draht/Bauelementeanschluss und Verbindungsstelle zu 100% bei Drähten, die weniger als 180° gewunden sind.



Abbildung 6-91



Abbildung 6-92

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Schwache Benetzung.
- Weniger als 100% Lotfüllung des Kontaktbereiches Draht-Lötstützpunkt, wenn die Windung weniger als 180° beträgt.
- Weniger als 75% Lotfüllung des Kontaktbereiches Draht-Lötstützpunkt, wenn die Windung 180° oder mehr beträgt.

6.10.2 Lötstützpunkte – Lot - Gabelstifte

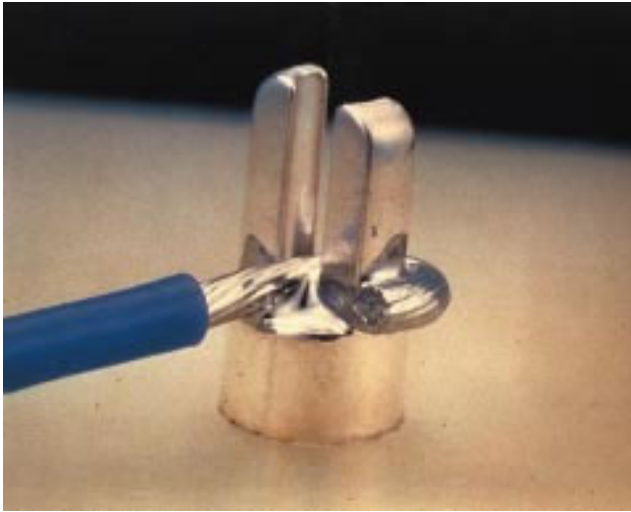


Abbildung 6-93

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Anschlusskontur des Drahtes ist sichtbar; gleichmäßiger Lotfluss auf Draht und Lötstützpunkt.
- Lotfüllung an allen Punkten des Kontaktbereiches Draht/Bauelementanschluss-Lötstützpunkt.

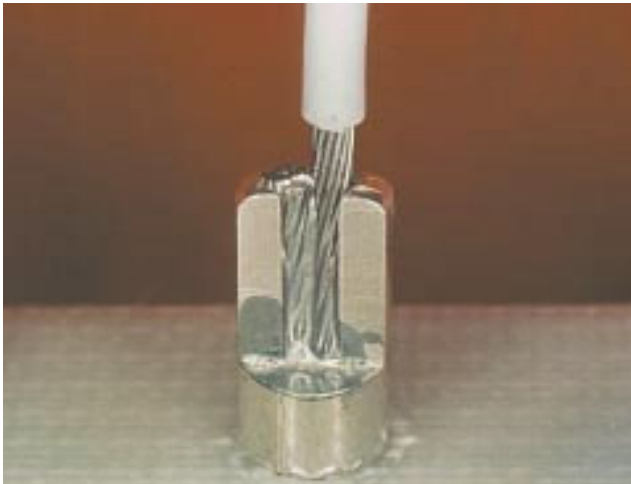


Abbildung 6-94

6.10.2 Lötstützpunkte – Lot - Gabelstifte (Fortsetzung)



Abbildung 6-95

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot benetzt mindestens 75% des Kontaktbereiches zwischen Draht/Bauelementanschluss und Lötstützpunkt bei Drähten mit 180° oder mehr Anschlusswindung.
- Lot benetzt zu 100% den Kontaktbereich zwischen Draht/Bauelementanschluss und Lötstützpunkt bei Drähten mit weniger als 180° Anschlusswindung.
- Lot hat 75% der Höhe des Kontaktbereiches für von oben herangeführte Drähte.



Abbildung 6-96

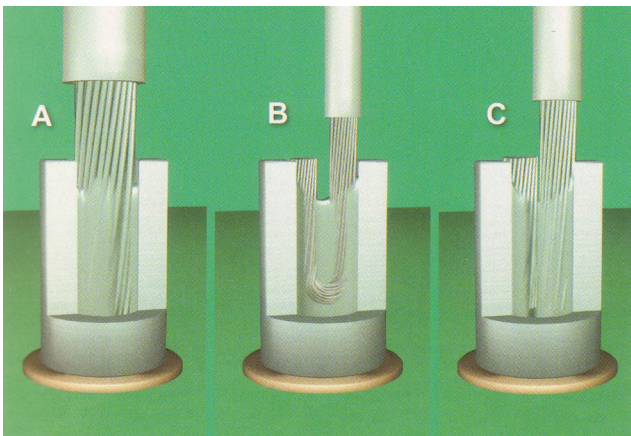


Abbildung 6-97

6.10.2 Lötstützpunkte – Lot - Gabelstifte (Fortsetzung)

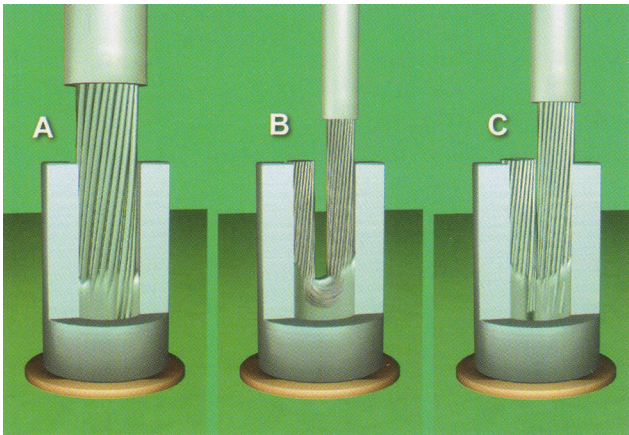


Abbildung 6-98

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot auf weniger als 75% der Höhe des Kontaktbereiches des Lötstützpunktes bei von oben herangeführten Drähten.
- Weniger als 100% Füllung des Kontaktbereiches zwischen Draht/Bauelementanschluss und Lötstützpunkt, wenn die Windung weniger als 180° beträgt.
- Weniger als 75% Füllung des Kontaktbereiches zwischen Draht/Bauelementanschluss und Lötstützpunkt, wenn die Windung 180° oder mehr beträgt.

6.10.3 Lötstützpunkte – Lot - Geschlitzte Lötstützpunkte

Das Lot soll mit dem Teil des Drahtes/Bauelementeanschlusses eine Füllung bilden, der in Kontakt mit dem Lötstützpunkt ist. Das Lot kann den Schlitz vollständig füllen, soll jedoch nicht oben über den Lötstützpunkt hinausragen. Draht oder Bauelementeanschluss sollen im Lötstützpunkt sichtbar sein.



Abbildung 6-99

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Lot bildet eine Füllung mit dem Teil des Bauelementeanschlusses/Drahtes, der Kontakt zum Lötstützpunkt hat.
- Es besteht ein sichtbarer Isolationsabstand.



Abbildung 6-100

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot füllt den Anschlusschlitz.
- Das Ende des Bauelementeanschlusses oder Drahtes ist im Lot auf der Ausgangsseite des Lötstützpunktes sichtbar.



Abbildung 6-101

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauelementeanschluss/Drahtende ist nicht sichtbar.
- Die Füllung bedeckt nicht zu 100% denjenigen Teil des Drahtes, der in Kontakt zum Lötstützpunkt steht (nicht dargestellt).

6.10.4 Lötstützpunkte – Lot - Gelochte Anschlusslaschen



Abbildung 6-102

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Anschlusskontur des Drahtes ist sichtbar; gleichmäßiger Lotfluss auf Draht und Steg.
- Lotfüllung an allen Punkten von Draht/Bauelementeanschluss und Verbindungsstelle auf dem Steg.



Abbildung 6-103

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lotfüllung verbindet den Draht mit dem Steg auf mindestens 75% der Kontaktfläche Draht-Steg für Windungen von 180° oder mehr.
- Die Lotfüllung verbindet den Draht mit dem Steg zu 100% der Kontaktfläche Draht-Steg für Windungen <180°.

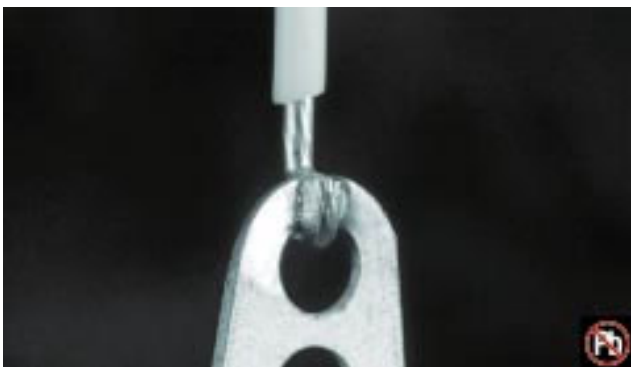


Abbildung 6-104



Abbildung 6-105

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine Lotbenetzung am Steg.
- Lotkontaktwinkel größer als 90°.
- Weniger als 100% Füllung der Kontaktfläche Draht-Steg, wenn die Windung weniger als 180° beträgt.
- Weniger als 75% Füllung der Kontaktfläche Draht-Steg, wenn die Windung 180° oder mehr beträgt.

6.10.5 Lötstützpunkte – Lot - Haken/Stift



Abbildung 6-106

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Umriss des Drahtes ist sichtbar; glatter Lotfluss auf Draht und Lötstützpunkt.
- Lotfüllungen an allen Punkten der Kontaktfläche Draht/Bauelementanschluss.



Abbildung 6-107

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Mindestens 75% Lotbenetzung im Kontaktbereich Draht/Bauelementanschluss-Lötstützpunkt, wenn die Windung 180° oder mehr beträgt.
- 100% Benetzung im Kontaktbereich von Draht/Bauelementanschluss-Lötstützpunkt, wenn die Windung <180° beträgt.



Abbildung 6-108



Abbildung 6-109

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kontaktwinkel des Lots größer als 90°.
- Weniger als 100% Lotfüllung des Kontaktbereiches Draht/Bauelementanschluss-Lötstützpunkt, wenn die Windung <180° beträgt.
- Weniger als 75% Füllung des Kontaktbereiches Draht/Bauelementanschluss-Lötstützpunkt, wenn die Windung 180° oder mehr beträgt.

6.10.6 Lötstützpunkte – Lot - Löthülsen

Diese Kriterien sind sowohl auf Massiv- oder Litzendrähte wie auch auf Einzel- oder Mehrfachdrähte anzuwenden.

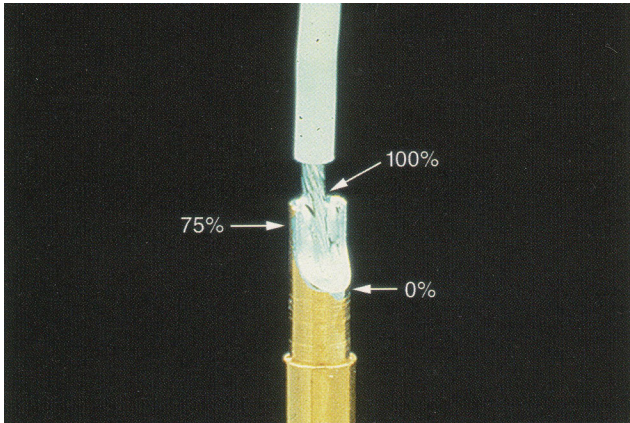


Abbildung 6-110

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Lot benetzt die gesamte Innenseite der Löthülse.
- Lotfüllung beträgt 100%.



Abbildung 6-111

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Dünner Lotfilm auf der Außenseite der Löthülse.
- Lotfüllung ist 75% oder mehr.
- Lotaufbau auf der Außenseite der Löthülse, soweit Form, Passfähigkeit oder Funktion nicht beeinträchtigt werden.

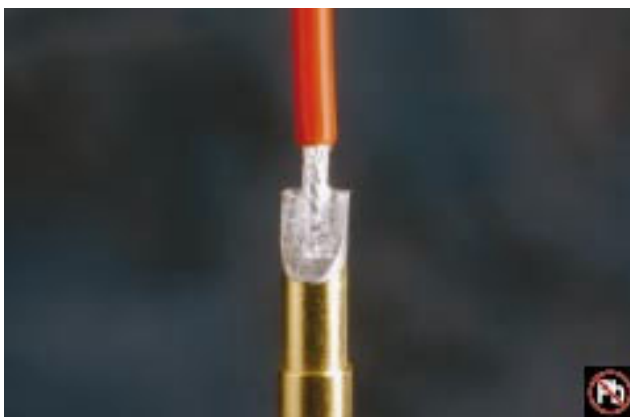


Abbildung 6-112

6.10.6 Lötstützpunkte – Lot - Löthülsen (Fortsetzung)



Abbildung 6-113

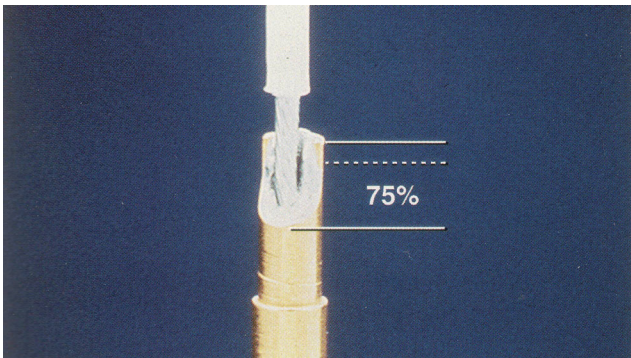


Abbildung 6-114

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Vertikale Lotfüllung weniger als 75%.
- Lotaufbau auf der Außenseite der Löthülse beeinträchtigt Form, Passfähigkeit oder Funktion negativ.



Abbildung 6-115

6.11 Leiter – Beschädigung - Nach dem Löten



Abbildung 6-116

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Aufspreizen (Birdcaging).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Litzendrähte sind abgespreizt (Birdcaging) (siehe Abbildung 6-84), jedoch überschreiten nicht:
 - Einen Litzendurchmesser.
 - Einen Isolations-Außendurchmesser.



Abbildung 6-117

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Litzendrähte sind um mehr als einen Litzendurchmesser, jedoch um höchstens einen Isolations-Außendurchmesser gespreizt.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Litzendrähte sind um mehr als einen Außendurchmesser der Drahtisolation abgespreizt.

7 Durchsteckmontage-Technologie

Dieser Abschnitt behandelt Befestigungsteile, Klebstoff, Biegen, Montage, Anschluss- und Lötkriterien für Durchsteckmontage.

Die Anordnung von Bauteilen auf der elektronischen Baugruppe behindert nicht das Einfügen oder Entfernen von Befestigungsteilen (einschließlich Freistellung für Werkzeuge), die für die Montage der Baugruppe verwendet werden.

Der Minimalabstand zwischen installierten Befestigungsteilen und Bauteil-Anschlussflächen, Bauteilanschlüssen oder nicht-isolierten Bauteilen hängt von der anliegenden Spannung ab und ist nicht kleiner als der spezifizierte minimale elektrische Sicherheitsabstand, siehe 1.4.5

Das Klebermaterial reicht aus, um die Teile zu halten, ohne sie einzubetten und ohne die Bauteilbeschriftung zu verdecken.

Die visuelle Prüfung schließt die Teile-Identifikation, Reihenfolge der Montage und Schäden an Befestigungsteilen, Bauteilen oder Leiterplatte ein.

Zusätzlich zu den Kriterien in diesem Kapitel müssen die Lötstellen die Kriterien des Abschnitts 5 erfüllen.

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

7 Durchsteckmontage-Technologie

7.1 Bauteilmontage

- 7.1.1 Ausrichtung
 - 7.1.1.1 Horizontal
 - 7.1.1.2 Vertikal
- 7.1.2 Anschluss-Formgebung
 - 7.1.2.1 Biegungen
 - 7.1.2.2 Spannungsentlastung
 - 7.1.2.3 Beschädigungen
- 7.1.3 Kreuzung von Anschlussdrähten und Leiterzügen
- 7.1.4 Blockierung von Bohrungen
- 7.1.5 DIP/SIP-Bauteile und -Sockel
- 7.1.6 Radiale Anschlüsse – Vertikale Montage

- 7.1.6.1 Abstandshalter
- 7.1.7 Radiale Anschlüsse – Horizontale Montage
- 7.1.8 Steckverbinder
- 7.1.9 Hochleistungsbauelemente

7.2 Kühlkörper

- 7.2.1 Isolatoren und Wärmeleitpasten
- 7.2.2 Kontaktfläche

7.3 Bauteilsicherung

- 7.3.1 Montageclips
- 7.3.2 Befestigung durch Kleber – Nicht hochgesetzte Bauteile
- 7.3.3 Befestigung durch Kleber – Hochgesetzte Bauteile
- 7.3.4 Drahtniederhalter

7.4 Nicht-durchkontaktierte Löcher

- 7.4.1 Axiale Drahtanschlüsse - Horizontal
- 7.4.2 Axiale Drahtanschlüsse - Vertikal
- 7.4.3 Drahtrestlänge
- 7.4.4 Umbiegen
- 7.4.5 Lötstelle
- 7.4.6 Anschlussbeschneidung nach dem Löten

7.5 Durchkontaktierte Löcher

- 7.5.1 Axiale Drahtanschlüsse – Horizontal
- 7.5.2 Axiale Drahtanschlüsse – Vertikal
- 7.5.3 Drahtrestlänge
- 7.5.4 Umbiegen
- 7.5.5 Lötstelle
 - 7.5.5.1 Vertikale Füllung (Lotdurchstieg) (A)
 - 7.5.5.2 Primärseite – Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (B)
 - 7.5.5.3 Primärseite – Bedeckung des Restringes (C)
 - 7.5.5.4 Sekundärseite – Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (D)
 - 7.5.5.5 Sekundärseite – Bedeckung des Restringes (E)
 - 7.5.5.6 Lotzustand – Lot in der Drahtbiegung
 - 7.5.5.7 Lotzustand – Meniskus im Lot
 - 7.5.5.8 Anschlussbeschneidung nach dem Löten
 - 7.5.5.9 Drahtisolation im Lot
 - 7.5.5.10 Lagenverbindungen (Vias) – Ohne Bauteilanschlüsse

7.1 Bauteilmontage

7.1.1 Bauteilmontage – Ausrichtung

Dieses Kapitel befasst sich mit den Abnahmeanforderungen für Bestückung, Positionierung und Ausrichtung von Bauteilen und Drähten, die auf Leiterplatten montiert werden.

Dabei werden nur Kriterien direkt für die Montage oder Platzierung von Bauteilen oder Drähten auf elektronischen Baugruppen bzw. an Lötstützpunkten gegeben. Lot wird nur dort erwähnt, wo es integrierter Bestandteil der Platzierabmessungen ist.

Die Inspektion beginnt normalerweise mit einer Gesamtbegutachtung der elektronischen Baugruppen auf der Bauteilseite. Sodann folgt jedes einzelne Bauteil/jeder Draht bis zur Lötstelle, wobei man sich auf den Übergang des Anschlusses in die Lötstelle, die Lötstelle selbst und dann den aus der Lötstelle überstehenden Draht konzentriert. Draht-/Anschlussüberstand für alle Anschlussflächen sollten zum Schluss geprüft werden, so dass man dafür die Leiterplatte umdrehen und alle Lötstellen gemeinsam überprüfen kann.

7.1.1.1 Bauteilmontage – Ausrichtung - Horizontal

Weitere Kriterien für die horizontale Bestückung axial bedrahteter Bauteile werden in Abschnitt 7.4.1 (durchkontaktierte Löcher) und 7.5.1 (nicht durchkontaktierte Löcher) bereitgestellt.

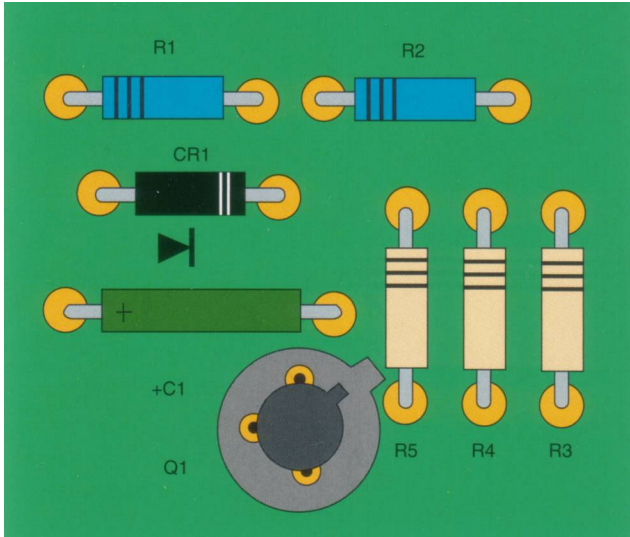


Abbildung 7-1

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Bauteile sind zwischen ihren Anschlussflächen zentriert.
- Die Bauteilmarkierungen sind erkennbar.
- Nicht polarisierte Bauteile sind so orientiert, dass ihre Markierung immer aus der gleichen Richtung zu lesen ist (von links nach rechts oder von oben nach unten).

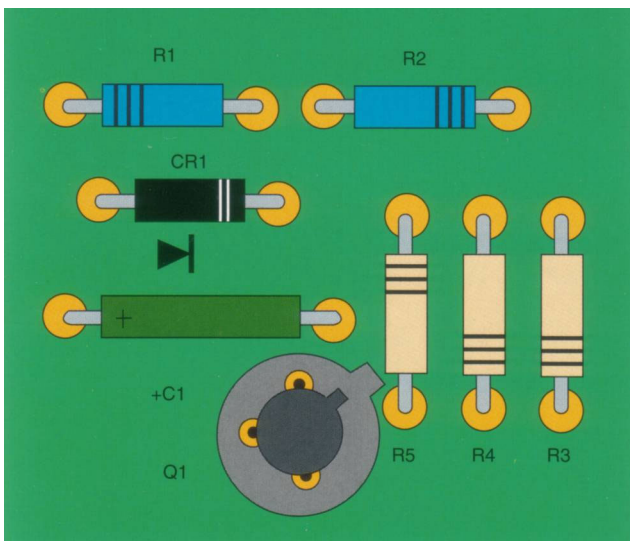


Abbildung 7-2

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Polariserte und Bauteile mit vielen Anschlüssen sind korrekt ausgerichtet.
- Bei manuell vorbereiteten und manuell bestückten Bauteilen sind die Polarisationsymbole sichtbar.
- Alle Bauteile entsprechen der Spezifikation und sind an die richtigen Anschlussflächen angeschlossen.
- Nicht polarisierte Bauteile müssen nicht so orientiert sein, dass die Markierungen alle aus derselben Richtung lesbar sind (von links nach rechts oder von oben nach unten).

7.1.1.1 Bauteilmontage – Ausrichtung - Horizontal (Fortsetzung)

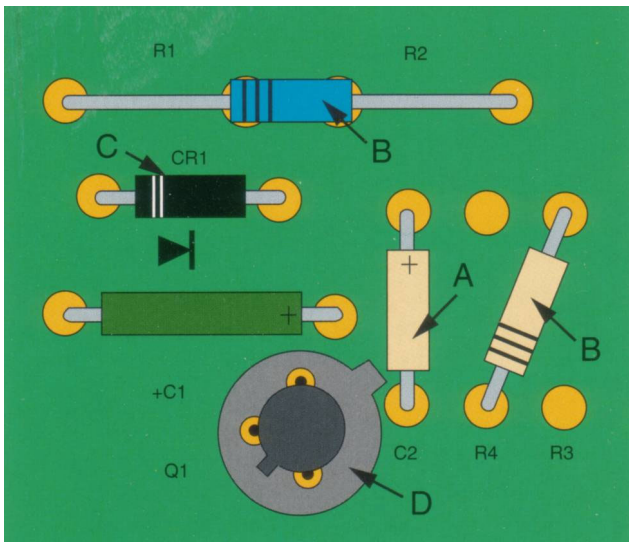


Abbildung 7-3

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteil entspricht nicht der Spezifikation (falsches Bauteil) (A).
- Bauteil ist nicht in die richtigen Anschlusslöcher montiert (B).
- Polarisiertes Bauteil ist falsch gepolt eingesetzt (C).
- Bauteil mit vielen Anschlüssen ist nicht korrekt orientiert (D).

7.1.1.2 Bauteilmontage – Ausrichtung - Vertikal

Zusätzliche Kriterien für die vertikale Bestückung axial bedrahteter Bauteile werden in Abschnitt 7.4.2 (nicht durchkontaktierte Löcher) und 7.5.2 (durchkontaktierte Löcher) behandelt.

Bei den Beispielen in Abbildungen 7-4 bis 7-6 zeigen die auf den schwarzen Kondensatorgehäusen aufgedruckten Pfeile zum negativen Pol des Bauteils.

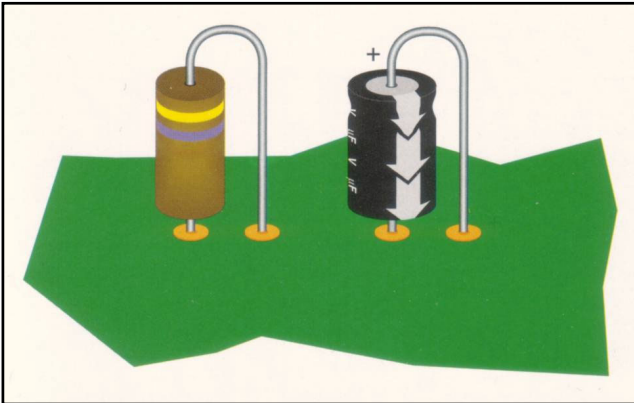


Abbildung 7-4

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Markierung nicht polarisierter Bauteile ist von oben nach unten zu lesen.
- Polarisierungskennzeichnungen sind oben gelegen.

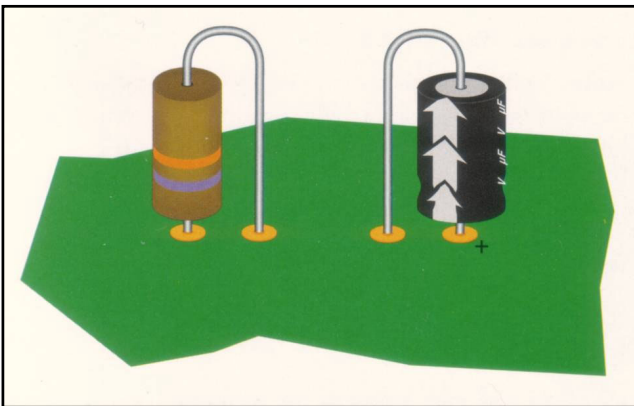


Abbildung 7-5

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Polarisiertes Bauteil ist mit einem langen Massedraht montiert.
- Das Polarisierungskennzeichen ist verdeckt.
- Die Markierung nicht polarisierter Bauteile ist von unten nach oben zu lesen.

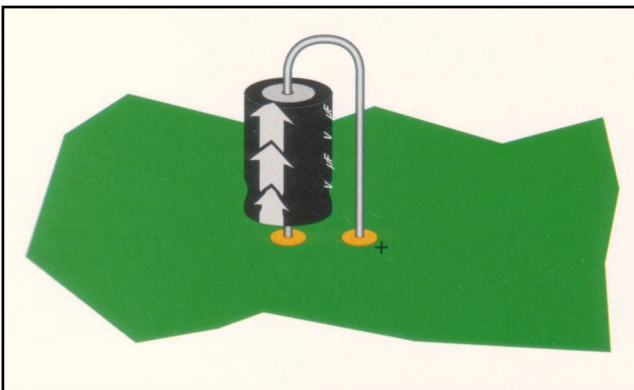


Abbildung 7-6

Unzulässig - 1, 2, 3

- Das polarisierte Bauteil ist verkehrt gepolt montiert.

7.1.2 Bauteilmontage – Anschluss-Formgebung

7.1.2.1 Bauteilmontage – Anschluss-Formgebung - Biegungen

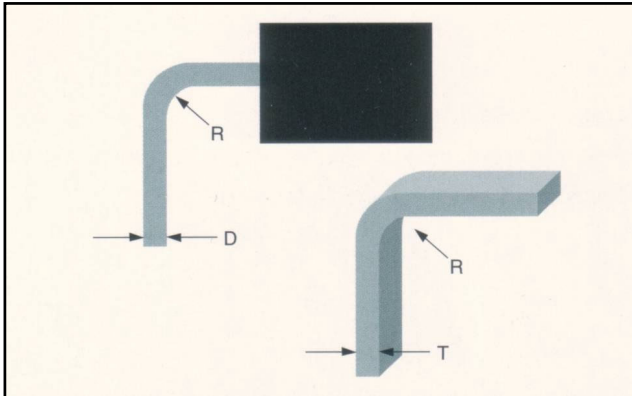


Abbildung 7-7

Tabelle 7-1 Minimaler Innen-Biegeradius

Drahtdurchmesser (D) oder Dicke (T)	Minimaler Innen- Biegeradius (R)
< 0,8 mm (0,031 in)	1 D/T
0,8 mm (0,031 in) bis 1,2 mm (0,0472 in)	1,5 D/T
> 1,2 mm (0,0472 in)	2 D/T

Anmerkung: Bei bandförmigen Anschlussdrähten wird die Dicke (T) verwendet.

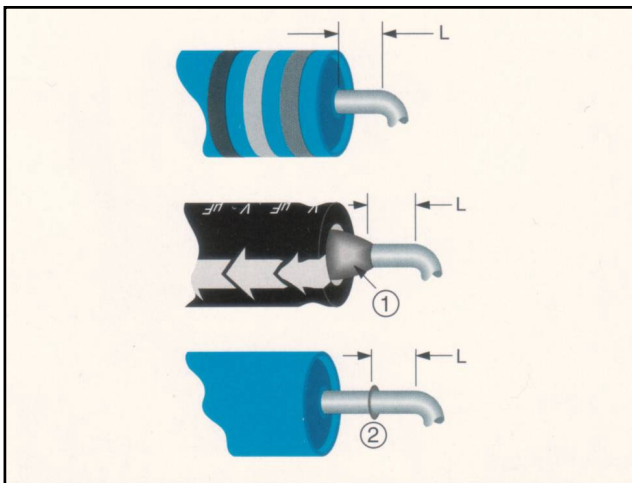


Abbildung 7-8

1. Lotperle
2. Schweißperle

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei Anschlussdrähten für Durchsteckmontage beginnt die Biegung wenigstens einen Drahtdurchmesser oder eine Drahtstärke, jedoch nicht weniger als 0,8 mm [0,031 in] vom Bauteilkörper, von der Lotperle oder von der Schweißstelle entfernt.
- Der Draht ist nicht geknickt oder gebrochen.
- Der Mindest-Innen-Biegeradius von Bauteil-Anschlussdrähten entspricht Tab. 7-1.

7.1.2.1 Bauteilmontage – Anschluss-Formgebung - Biegungen (Fortsetzung)

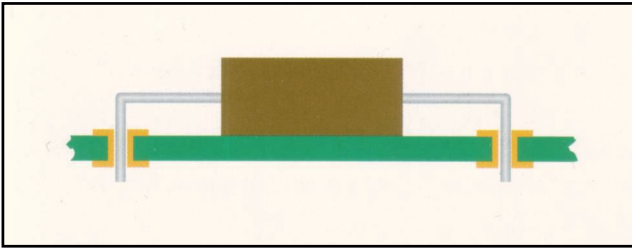


Abbildung 7-9

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Mindest-Innen-Biegeradius von Bauteil-Anschlussdrähten entspricht nicht Tab. 7-1.

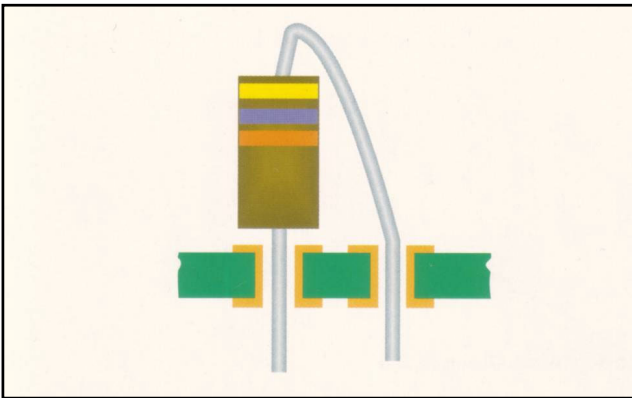


Abbildung 7-10



Abbildung 7-11

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Bei Anschlussdrähten für Durchsteckmontage beginnt die Biegung weniger als einen Drahtdurchmesser oder eine Drahtstärke, je nachdem was weniger ist, vom Bauteilkörper, von der Lotperle oder von der Schweißstelle entfernt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gebrochene Drahtschweißstelle, Lotperle oder Drahtdurchführung am Bauteilkörper.

7.1.2.2 Bauteilmontage – Anschluss-Formgebung - Spannungsentlastung

Bauteile sind in einer der nachfolgenden Konfigurationen oder in Kombinationen von ihnen zu montieren:

- In konventioneller Art direkt in das Montageloch unter Anwendung einer 90-Grad-Biegung.
- Mit kamelhöckerartigen Anschlussbiegungen. Bei einer Konfiguration mit einem einzigen Höcker kann der Bauteilkörper exzentrisch liegen.
- Andere Konfigurationen können nach Abstimmung mit dem Auftraggeber oder bei Vorliegen besonderer Designanforderungen benutzt werden.

Schleifenförmige Bauteilanschlüsse können angewendet werden, wenn die Lage des Befestigungsloches eine Standardbiegung nicht erlaubt und wenn dabei kein Kurzschluss mit einem der Anschlüsse benachbarter Bauteile oder Leiterzüge möglich ist. Die Anwendung von Drahtschleifen kann sich auf die Impedanz des Stromkreises auswirken und muss durch die Entwicklungsverantwortlichen bestätigt werden.

Vorgefertigte Bauteile mit Biegungen zur Spannungsentlastung, wie in Abbildung 7-13 dargestellt, können normalerweise die Maximalabstandsanforderungen von vertikal ausgerichteten radial bedrahteten Bauteilen mit geraden Beinchen nicht erfüllen, siehe 7.1.6. Der Maximalabstand zwischen Bauteil und Oberfläche der Leiterplatte wird durch Design-Randbedingungen und Produkteinsatzumgebung festgelegt. Die Werkzeuge für die Bauteilvorbereitung und die vom Hersteller vorgegebenen Spezifikationen und Möglichkeiten für die Drahtbiegung bei den betreffenden Bauteilen bestimmen die Beschränkungen. Dies kann Werkzeug-Änderungen erfordern, damit die Anforderungen für die Endanwendung erfüllt werden.

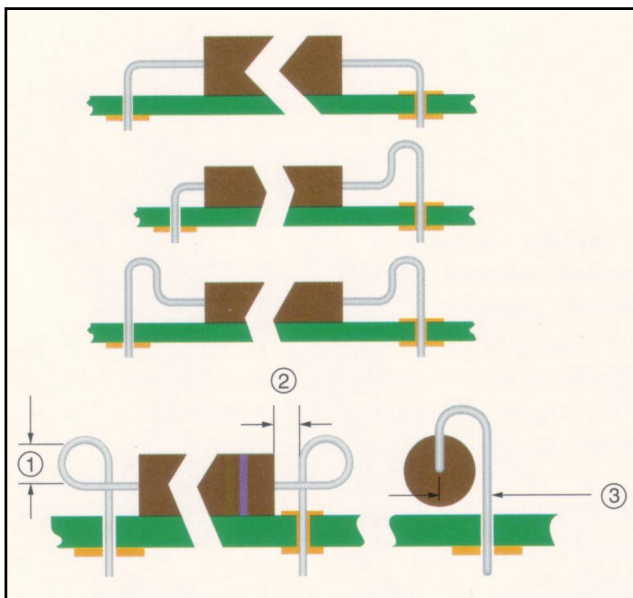


Tabelle 7-12

Zulässig Klasse 1, 2, 3

- Die Drähte sind für Spannungsentlastung geformt.
- Der aus dem Bauteilkörper herausführende Bauteilanschluss ist in einer Flucht zur Bauteil-Längsachse.
- Der in das Montageloch gesteckte Bauteilanschluss steht annähernd senkrecht zur Leiterplattenoberfläche.
- Die Bauteilzentrierung darf als Ergebnis der Entlastungsbiegung außermittig zwischen den Montagelöchern liegen.

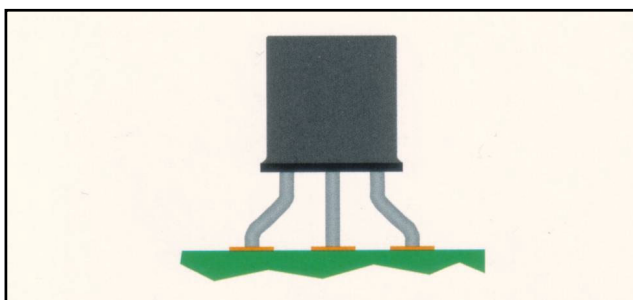


Tabelle 7-13

7.1.2.2 Bauteilmontage – Anschluss-Formgebung - Spannungsentlastung (Fortsetzung)

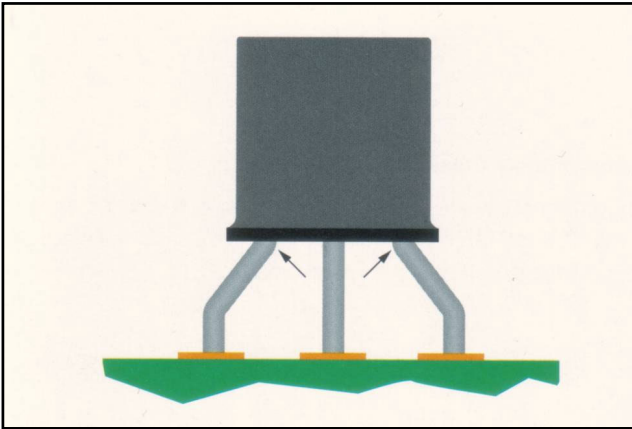


Abbildung 7-14

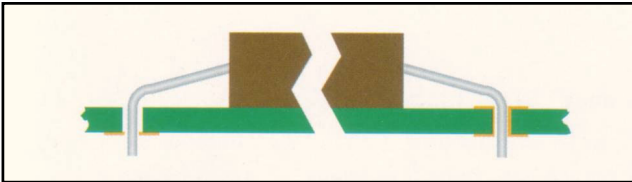


Abbildung 7-15

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Die Abbiegungsstelle des Bauteilanschlusses ist weniger als ein Drahtdurchmesser von der Bauteilversiegelung (Anschlussdurchführung) entfernt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Beschädigungen oder Risse im Bauteilkörper in Richtung der Drahtdurchführung.
- Keine Spannungsentlastung.

7.1.2.3 Bauteilmontage – Anschluss-Formgebung - Beschädigungen

Diese Kriterien sind anzuwenden, wenn Anschlüsse manuell geformt werden oder mittels Stempel bzw. Maschine.



Abbildung 7-16

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteil-Anschlussdrähte weisen keine Kerben oder Verformungen auf, die 10% des Durchmessers, der Breite oder der Dicke des Drahtes übersteigen. Siehe 5.2.1 zu Kriterien für freiliegendes Grundmetall.

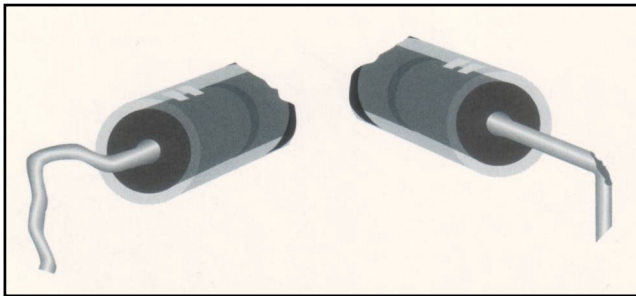


Abbildung 7-17

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Anschlussdraht ist mehr als 10% des Durchmessers beschädigt.
- Der Draht ist durch wiederholtes oder unachtsames Biegen deformiert.

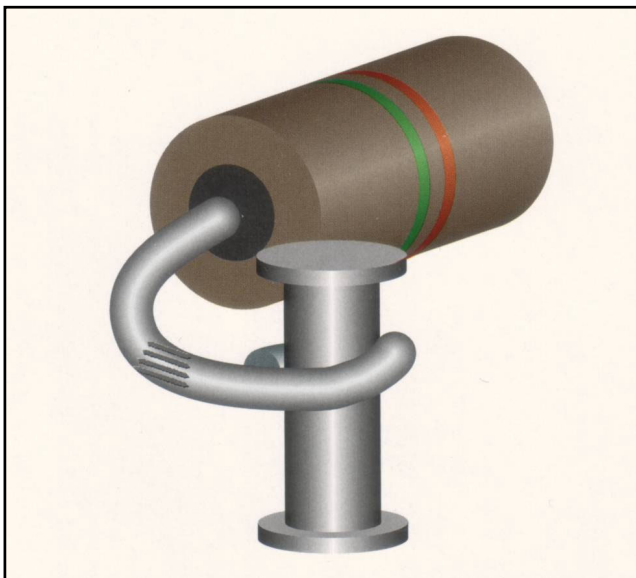


Abbildung 7-18

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Schwere Abdrücke von geriffelten Zangenbacken.
- Der Drahtdurchmesser ist um mehr als 10% verringert.

7.1.3 Bauteilmontage – Kreuzung von Anschlussdrähten und Leiterzügen

Schutzschläuche müssen benutzt werden, wenn sie in der Spezifikation oder Zeichnung vorgeschrieben sind.

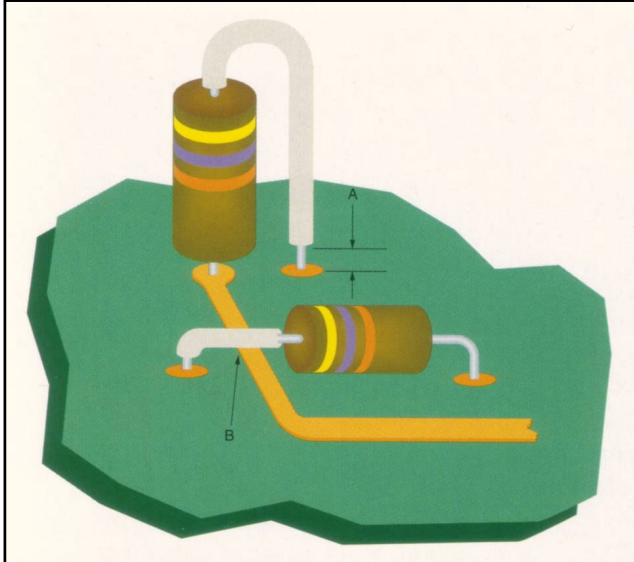


Abbildung 7-19

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Schutzschläuche stören die Ausbildung der erforderlichen Lötstelle nicht (A).
- Die Schutzschläuche bedecken die dafür vorgesehenen Stellen (B).

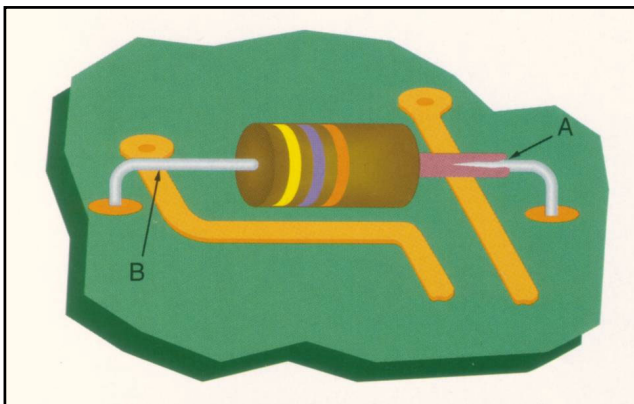


Abbildung 7-20

Zulässig - Klasse 1

- Ungeschützte Bauteilanschlüsse, die einen nicht gemeinsamen elektrischen Leiterzug kreuzen, wobei kein elektrischer Sicherheitsabstand verletzt wird (B).

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Aufgespaltete und/oder zerfranst Schläuche (A).
- Ein Bauteilanschluss, der einen elektrisch nicht gemeinsamen Leiterzug in einem Abstand von weniger als 0,5 mm (0,020 in) ohne separate Schutzisolation (Schutzschlauch oder Oberflächenbeschichtung) kreuzt (B).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteilanschlüsse und Drähte haben trotz Spezifizierung keinen Schutzschlauch.
- Beschädigte/unwirksame Schläuche sichern keinen Schutz vor Kurzschluss.
- Die Schutzschläuche stören die Ausbildung der erforderlichen Lötstellenform.

7.1.4 Bauteilmontage – Blockierung von Bohrungen

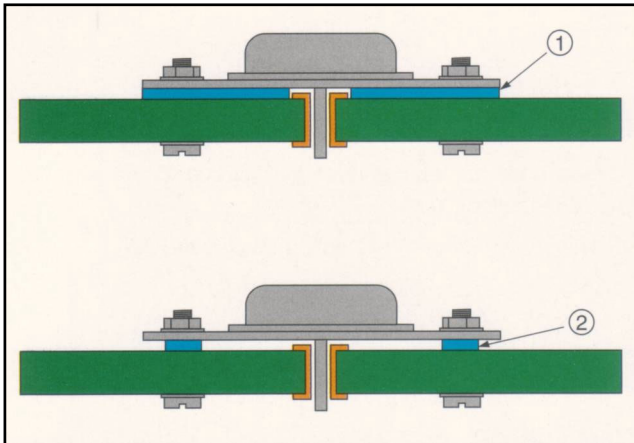


Abbildung 7-21
1. Isolierscheibe
2. Abstandshalter

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteile und Montageteile sind derart zu befestigen, dass sie den Lotfluss zur Primärseite (Lot-Zielseite) derjenigen durchkontaktierten Löcher nicht behindern, die gelötet werden müssen.

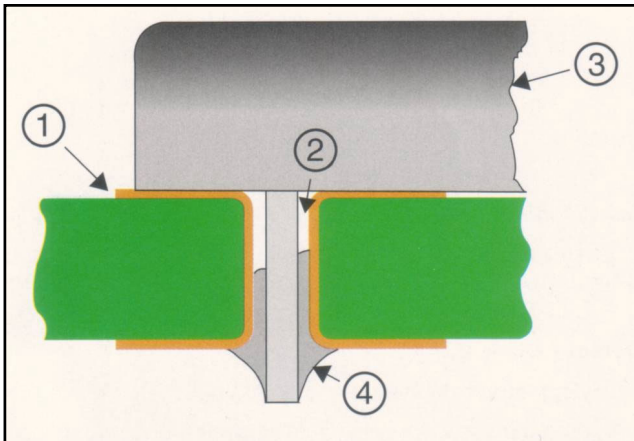


Abbildung 7-22
1. aufliegende Montage
2. Abstand
3. Bauteilkörper
4. Lot

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Teile und Bauteile behindern den Lotfluss zur Primärseite (Lot-Zielseite) der durchkontaktierten Löcher, die gelötet werden müssen.

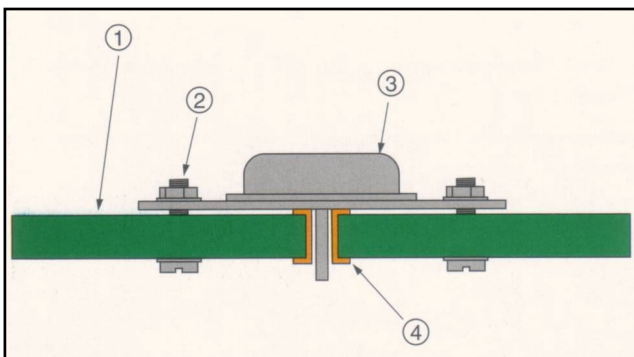


Abbildung 7-23
1. Nicht-metallisch
2. Montageteile
3. Bauteilgehäuse
4. Anschlussfläche

Unzulässig Klasse 1, 2, 3

- Teile und Bauteile sind so montiert, dass sie den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzen.

7.1.5 Bauteilmontage – DIP/SIP-Bauteile und -Sockel

Diese Kriterien sind anzuwenden für Dual-in-Line-Gehäuse (DIP), Single-in-Line-Gehäuse (SIP) und Sockel.

Anmerkung: In einigen Fällen kann ein Kühlblech zwischen Bauteil und Leiterplatte montiert werden; in diesem Fall können weitere Kriterien festgelegt werden.

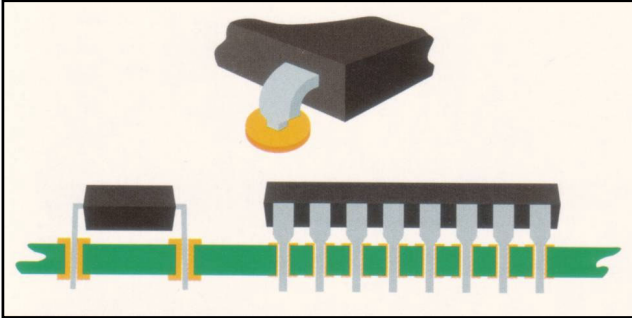


Abbildung 7-24

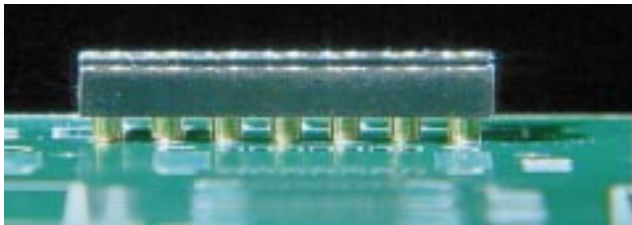


Abbildung 7-25

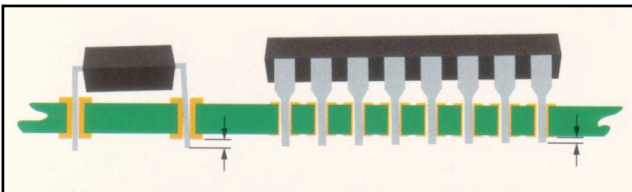


Abbildung 7-26



Abbildung 7-27

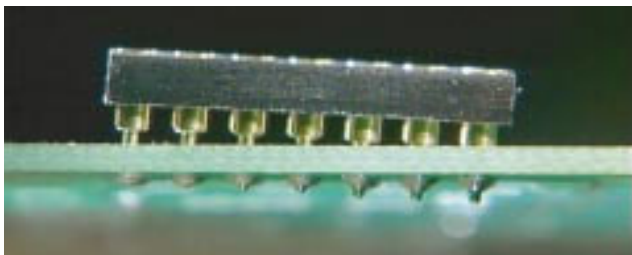


Abbildung 7-28

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Abstandshalter aller Anschlüsse (Stand off Stepps) ruhen auf der Anschlussfläche.
- Restlänge der Anschlüsse entspricht den Anforderungen, siehe 7.4.3 und 7.5.3.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Trotz der Neigung sind die Anforderungen an die minimale Restlänge der Anschlüsse und an die maximale Höhe noch erfüllt.

7.1.5 Bauteilmontage – DIP/SIP-Bauteile und -Sockel (Fortsetzung)

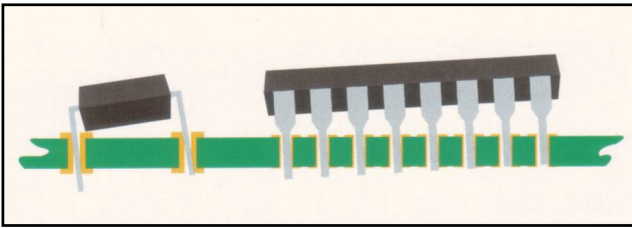


Abbildung 7-29

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Aufgrund der Neigung des Bauteils werden die maximalen Höhenbeschränkungen verletzt.
- Die Restlänge der Anschlüsse entspricht aufgrund der Neigung des Bauteils nicht den Abnahmeanforderungen.

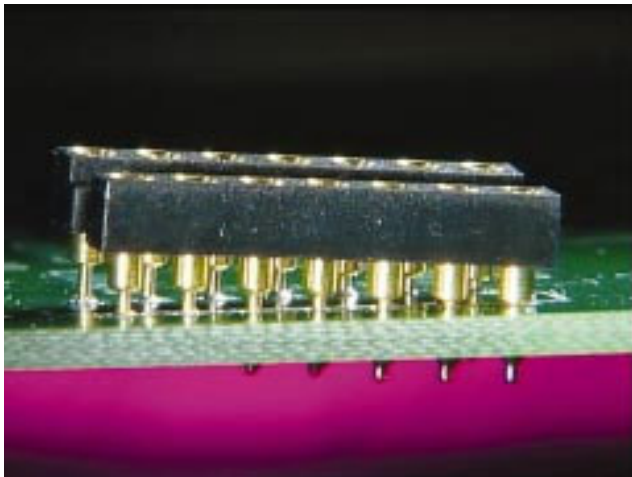


Abbildung 7-30

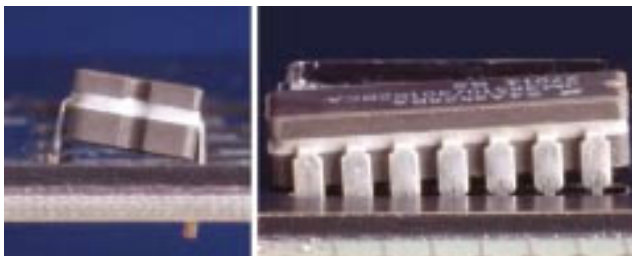


Abbildung 7-31

7.1.6 Bauteilmontage – Radiale Anschlüsse - Vertikale Montage

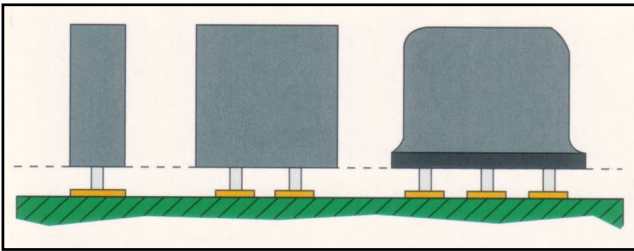


Abbildung 7-32

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Das Bauteil steht senkrecht und die Basis ist parallel zur Leiterplatte.
- Der Abstand zwischen Bauteilbasis und Leiterplattenoberfläche/Anschlussfläche beträgt zwischen 0,3 mm [0,012 in] und 2 mm [0,079 in].

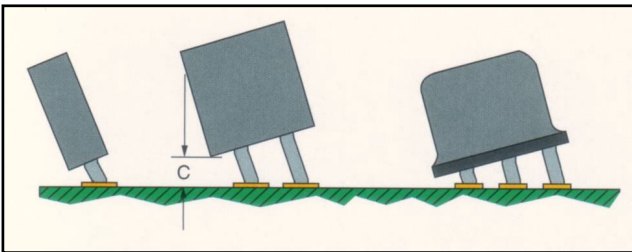


Abbildung 7-33

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Bauteilneigung verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Der Abstand zwischen Bauteilbasis und Leiterplattenoberfläche/Anschlussfläche beträgt weniger als 0,3 mm [0,012 in] oder mehr als 2 mm [0,079 in], siehe 7.1.4.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes.

Anmerkung: Bestimmte Bauteile dürfen aufgrund der Anschlussanforderungen für Gehäuse oder Frontplatten, z.B. Kippschalter, Potentiometer, LCDs und LEDs, nicht schief stehen.

7.1.6.1 Bauteilmontage – Radiale Anschlüsse - Vertikale Montage - Abstandshalter

Wenn Abstandshalter zur mechanischen Unterstützung oder zur Aufnahme des Bauteilgewichtes verwendet werden, müssen sie in vollem Kontakt zum Bauteil und der Leiterplattenoberfläche stehen.

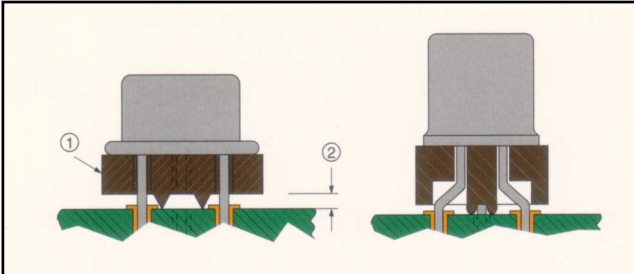


Abbildung 7-34
1. Abstandshalter
2. Kontakt

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstandshalter ist in vollem Kontakt zum Bauteil und zur Leiterplatte.
- Der Anschluss ist ordentlich geformt.

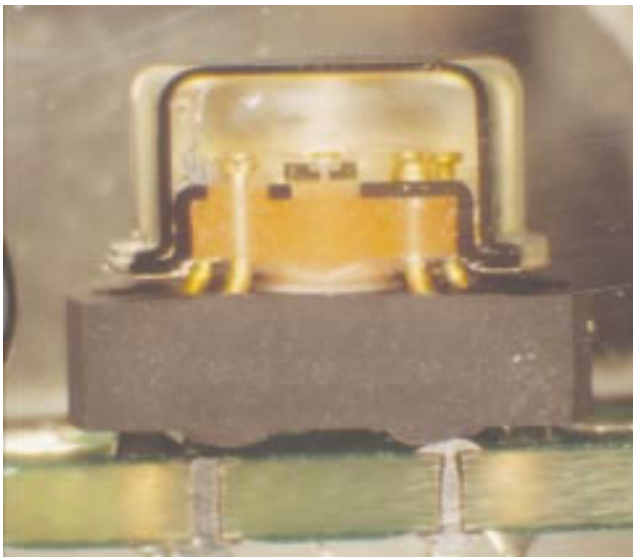


Abbildung 7-35

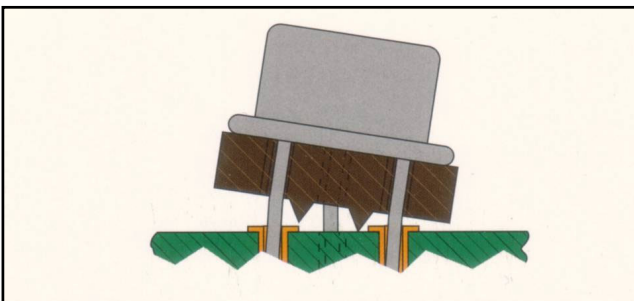


Abbildung 7-36

Zulässig (durchkontaktierte Löcher) - Klasse 1, 2

Prozessindikator (durchkontaktierte Löcher) - Klasse 3

Unzulässig (nicht durchkontaktierte Löcher) - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstandshalter hat nur teilweise Kontakt mit dem Bauteil und der Leiterplatte.

7.1.6.1 Bauteilmontage – Radiale Anschlüsse - Vertikal - Abstandshalter (Fortsetzung)

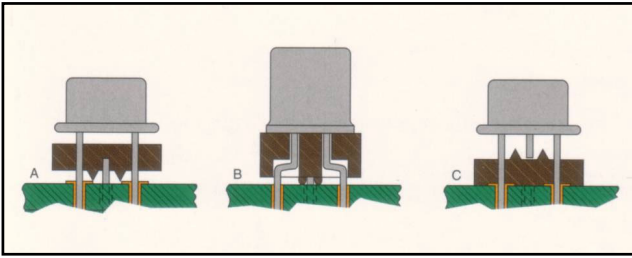


Abbildung 7-37

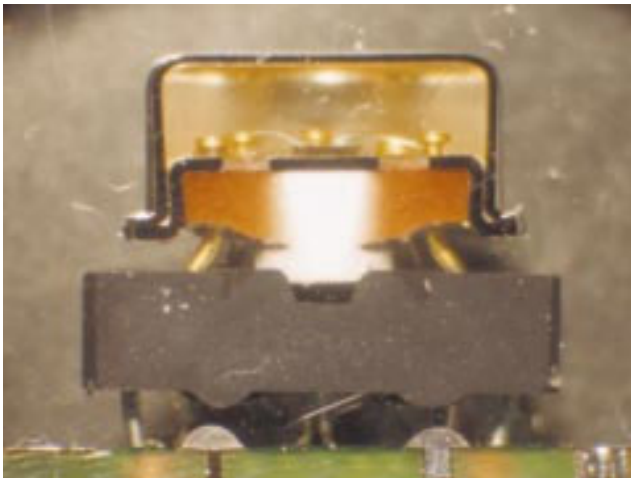


Abbildung 7-38

Zulässig (durchkontaktierte Löcher) - Klasse 1

Prozessindikator (durchkontaktierte Löcher) - Klasse 2

Unzulässig (durchkontaktierte Löcher) - Klasse 3

- Der Abstandshalter steht nicht in Kontakt zum Bauteil und der Leiterplatte, Abbildung 7-37 (A).
- Der Anschluss ist nicht ordentlich geformt, Abbildung 7-37 (B).

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Abstandshalter ist kopfüber montiert, Abbildung 7-37 (C).
- Der erforderliche Abstandshalter fehlt.

7.1.7 Bauteilmontage – Radiale Anschlüsse - Horizontale Montage

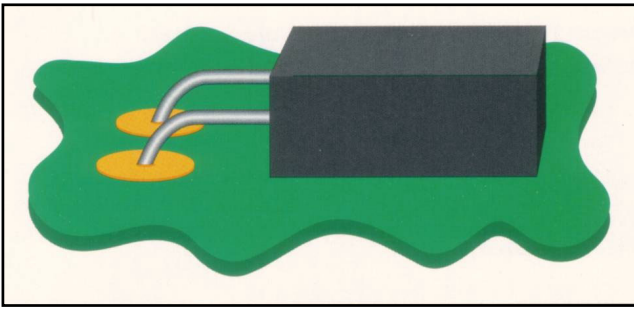


Abbildung 7-39

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Bauteilkörper ist in flachem Kontakt mit der Oberfläche der Leiterplatte.
- Das Klebematerial ist wie gefordert vorhanden. Siehe 7.3.2.

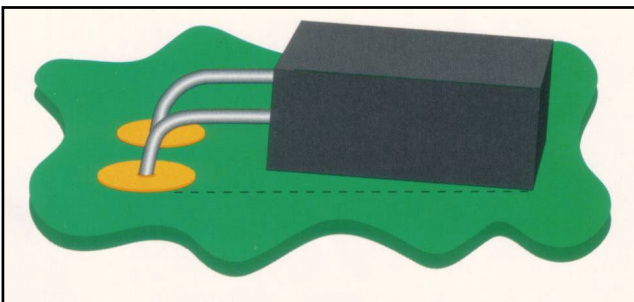


Abbildung 7-40

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Bauteil ist in Kontakt mit der Leiterplatte mit mindestens einer Kante und/oder deren Oberfläche.

Anmerkung: Wenn es in der abgenommenen Bestückungszeichnung entsprechend festgelegt ist, kann das Bauteil entweder seiten- oder stirnmontiert werden. Die Seite oder Oberfläche des Körpers oder mindestens ein Punkt eines irregulär geformten Bauteiles (wie z.B. verschiedene Tropfenkondensatoren) müssen in vollem Kontakt mit der Oberfläche der Leiterplatte sein. Der Bauteilkörper sollte angeklebt oder anderweitig auf dem Träger fixiert sein, um Beschädigungen durch Vibration oder Stoß zu vermeiden.

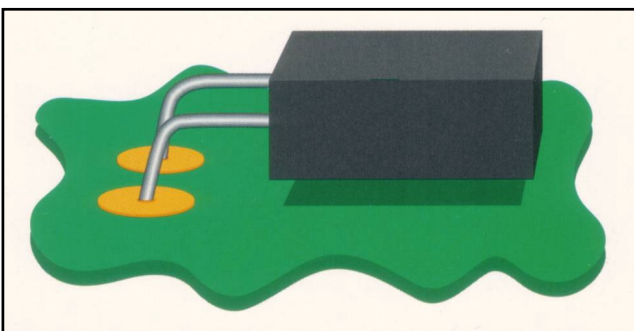


Abbildung 7-41

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der nicht angeklebte Bauteilkörper ist mit der Montageoberfläche nicht in Kontakt.
- Klebematerial ist entgegen der Forderung nicht vorhanden.

7.1.8 Bauteilmontage – Steckverbinder

Diese Kriterien finden auf gelötete Steckverbinder und ungelötete Einpress-Steckverbinder Anwendung. Kriterien für Anschlussstifte siehe 4.3, für Anschlussbeschädigungen siehe 9.5.

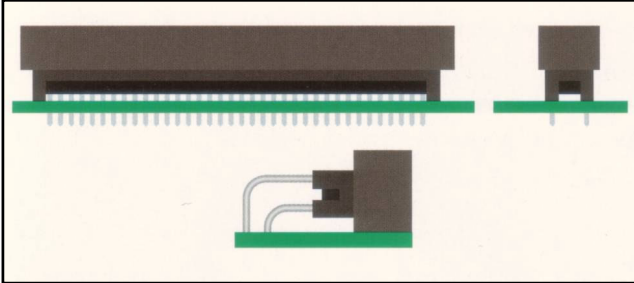


Abbildung 7-42

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Steckverbinder ist plan mit der Leiterplatte.
- Die Restlänge der Anschlüsse (Protrusion) entspricht den Anforderungen.
- Die Bordverriegelung (wenn vorhanden) ist voll in die Leiterplatte eingesteckt/ingerastet.

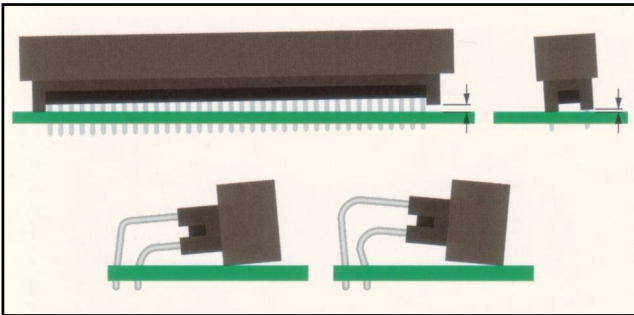


Abbildung 7-43

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Hinterkante des Steckverbinders ist bündig mit der Leiterplatte; die Einsteckseite (Entering Edge) des Steckverbinders verletzt nicht die vorgegebene Bauteilhöhe oder die Anforderungen an die Restlänge der Anschlüsse, siehe 7.4.3 oder 7.5.3.
- Die Bordverriegelung ist vollständig in die Leiterplatte eingesteckt/ingerastet (bei unbeweglichen Gehäusen).
- Bei Neigung gilt:
 - Minimale Restlänge der Anschlüsse ist vorhanden.
 - Anforderung an die Maximalhöhe wird nicht überschritten.
 - Steckfähigkeit ist gegeben.

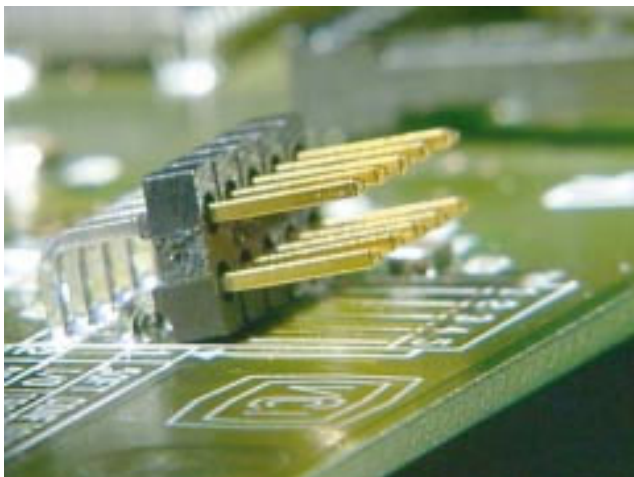


Abbildung 7-44

7.1.8 Bauteilmontage – Steckverbinder (Fortsetzung)

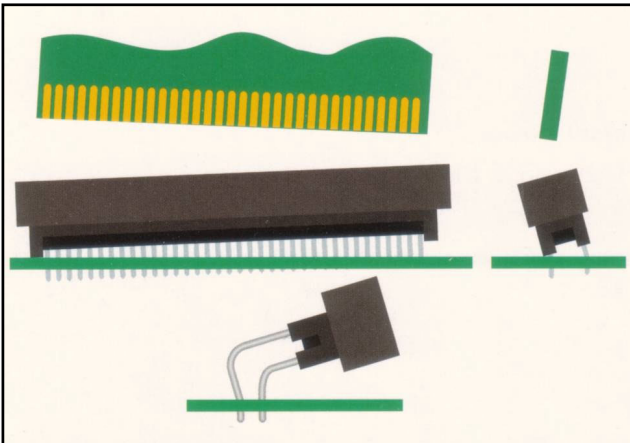


Abbildung 7-45

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine Kontaktherstellung bei der Applikation der Baugruppe ist wegen des Neigungswinkels nicht möglich.
- Das Bauteil verletzt die Höhenanforderungen.
- Die Bordverriegelung ist in die Leiterplatte nicht voll eingesteckt/ingerastet.
- Die Restlänge des Anschlusses (Protrusion) erfüllt nicht die Abnahmeanforderungen.

Anmerkung: Die Steckverbinder müssen die Anforderungen bezüglich Form, Einsatzfähigkeit und Funktion erfüllen. Ein versuchsweises Stecken des Steckverbinders zum anderen Steckerteil oder zur Baugruppe kann für die Endabnahme gefordert sein.

7.1.9 Bauteilmontage – Hochleistungsbauelemente

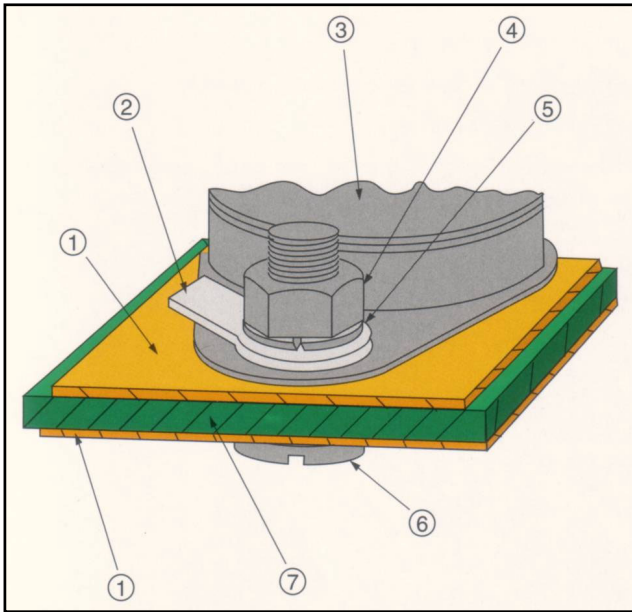


Abbildung 7-46

1. Metall
2. Anschlussfahne/Kabelschuh
3. Bauteilgehäuse
4. Schraubenmutter
5. Sicherungsscheibe
6. Schraube
7. Nichtmetall

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Befestigungselemente in richtiger Reihenfolge.
- Zuführungen zu Bauteilen, die durch Befestigungselemente gehalten werden, dürfen nicht abgebogen sein (nicht zu sehen).
- Elektrisch isolierende Unterlegscheibe erfüllt Funktion, wenn erforderlich.
- Wärmeleiter, falls verwendet, stören nicht die Herausbildung der geforderten Form der Lötanschlüsse.

Anmerkung: Wenn ein Wärmeleiter vorgesehen ist, muss dieser zwischen der Kontaktfläche des Leistungsbauteils und den Kühlkörper gelegt werden. Wärmeleiter können aus einer Wärme leitenden Unterlegscheibe oder aus einer isolierenden Unterlegscheibe mit einem Wärme leitenden Zusatz bestehen.

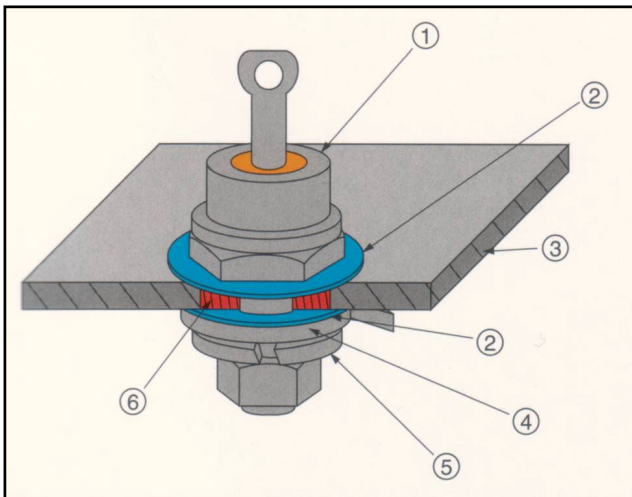


Abbildung 7-47

1. Hochleistungsbauteil
2. Isolier-Unterlegscheibe (falls erforderlich)
3. Kühlkörper (aus Metall oder Nicht-Metall)
4. Anschlussfahne/Kabelschuh
5. Sicherungsscheibe
6. Isolierschlauch

7.1.9 Bauteilmontage – Hochleistungsbauelemente (Fortsetzung)

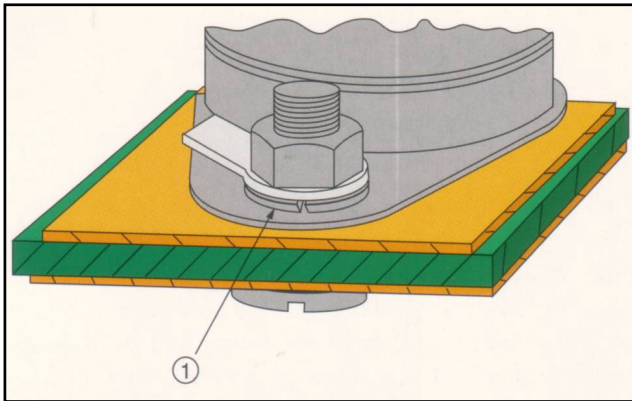


Abbildung 7-48

1. Sicherungsscheibe zwischen Anschlussfahne und Bauteilgehäuse

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Falsche Reihenfolge der Befestigungsteile.
- Scharfe Kante der Unterlegscheibe stößt an den Isolator.
- Befestigungsteile sind nicht gesichert.
- Wärmeleiter, falls verwendet, ermöglicht nicht die geforderte Ausbildung der Lötverbindungen.

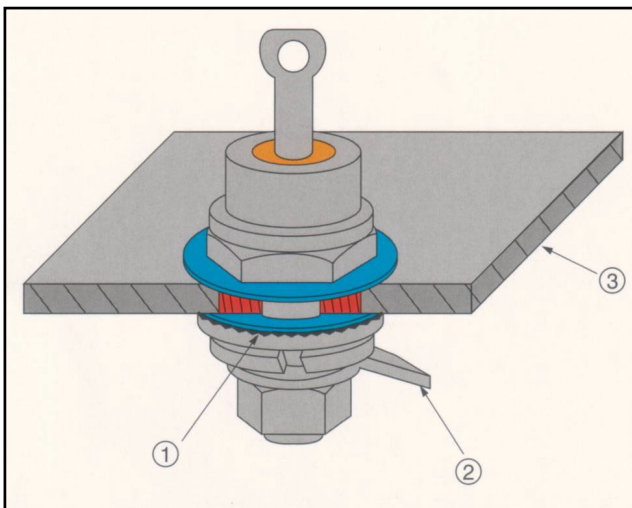


Abbildung 7-49

1. Scharfe Kante der Unterlegscheibe stößt gegen den Isolator
2. Anschlussfahne
3. Metallischer Kühlkörper

7.2 Kühlkörper

In diesem Abschnitt werden verschiedene Arten von Kühlkörpermontagen vorgestellt. Der Einsatz von thermisch leitenden Klebern an Stelle mechanischer Befestigung kann vorgeschrieben sein.

Die visuelle Inspektion sollte die Kontrolle der ordnungsgemäßen sicheren Montage der Bauteile, der Beschädigung der Bauteile und Montagemittel sowie der richtigen Reihenfolge der Montage umfassen.

Dabei sind folgende Besonderheiten der Montage von Kühlkörpern zu beachten:

- Hat das Bauteil guten Kontakt zum Kühlkörper?
- Sind Bauteil und Kühlkörper durch die Montagemittel sicher verbunden?
- Sind Bauteil und Kühlkörper flächig und parallel zueinander?
- Ist der Wärme leitende Verbund (Verbindungsschicht/Isolator) (Glimmer, Siliconpaste, Kunststoffolie usw.) gleichmäßig und ordentlich aufgetragen?

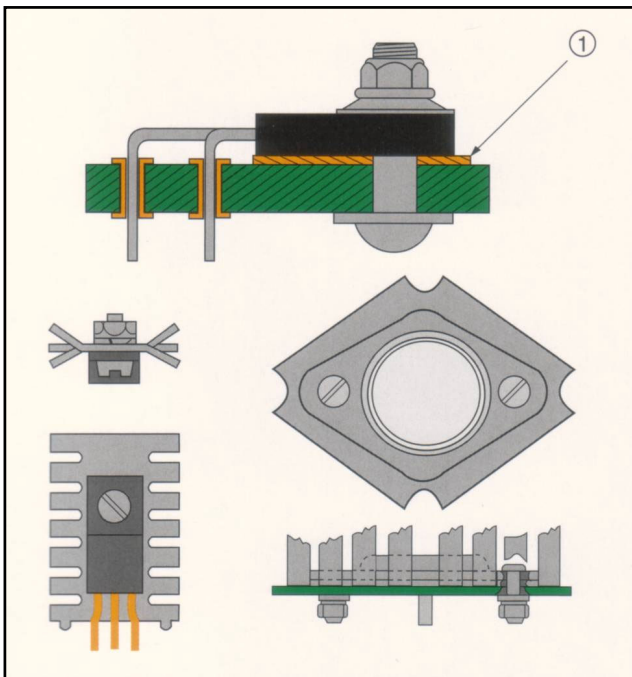


Abbildung 7-50

1. Kühlkörper

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kühlkörper sind bündig montiert.
- Keine Beschädigungen oder Spannungen an den Bauteilen.

7.2 Kühlkörper (Fortsetzung)

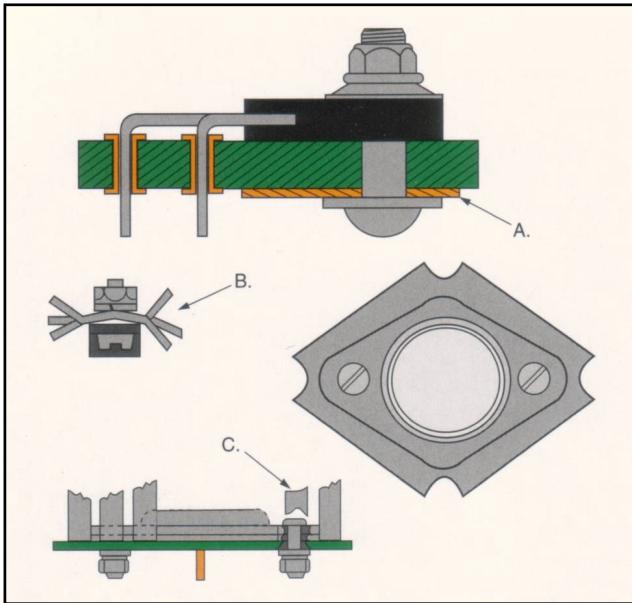


Abbildung 7-51

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Kühlkörper befindet sich auf der falschen Leiterplatenseite (A).
- Verbogene Kühlkörper (B).
- Es fehlen Rippen auf dem Kühlkörper (C).
- Der Kühlkörper ist nicht bündig montiert.
- Beschädigungen oder Spannungen an den Bauteilen.

7.2.1 Kühlkörper – Isolatoren und Wärmeleitpasten

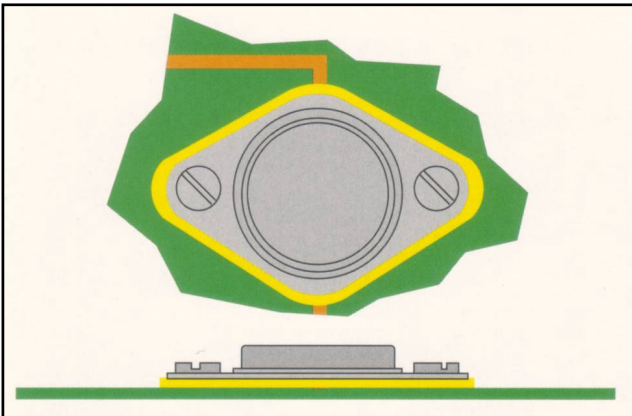


Abbildung 7-52

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Ein gleichmäßiger Rand von Glimmer, Kunststoffolie oder Wärmeleitpaste ist entlang der Bauteilkanten sichtbar.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Rand von Glimmer, Kunststoffolie oder Wärmeleitpaste entlang der Bauteilkanten ist ungleichmäßig, aber sichtbar.

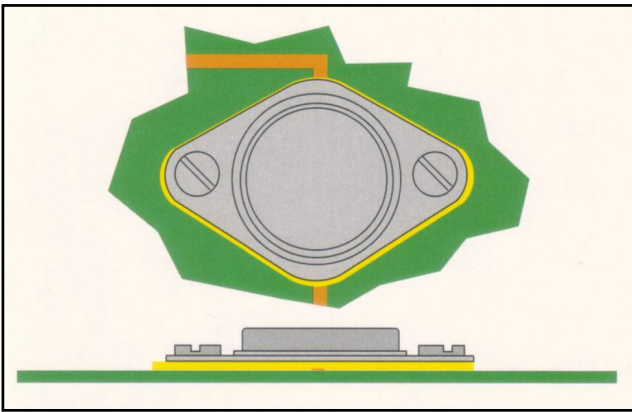


Abbildung 7-53

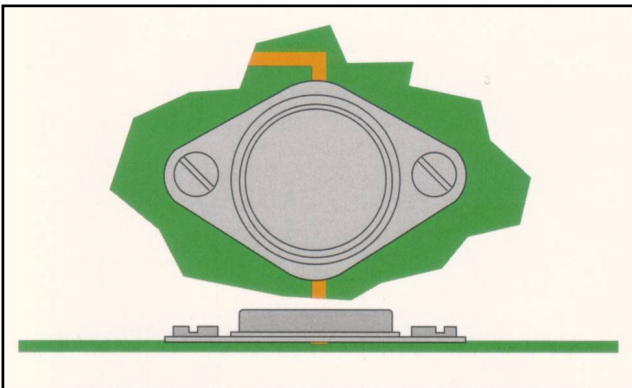


Abbildung 7-54

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Isoliermaterial oder die Wärme leitende Verbindungsschicht (falls gefordert) ist nicht sichtbar.
- Die Wärme leitende Verbindungsschicht verhindert die Ausbildung der geforderten Lötstelle.

7.2.2 Kühlkörper – Kontaktfläche

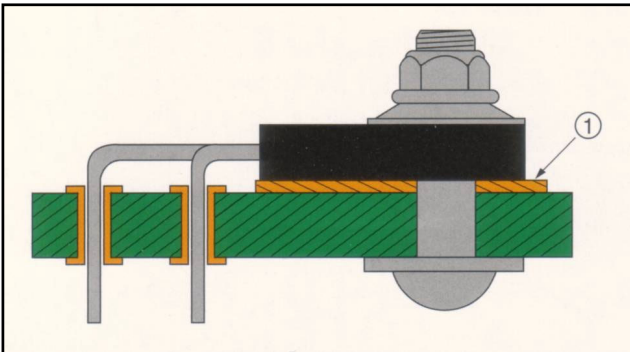


Abbildung 7-55
1. Kühlkörper

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Bauteil und Kühlkörper haben vollen Kontakt mit der Montagefläche.
- Die Befestigungsmittel erfüllen die Spezifikation für die Befestigung.

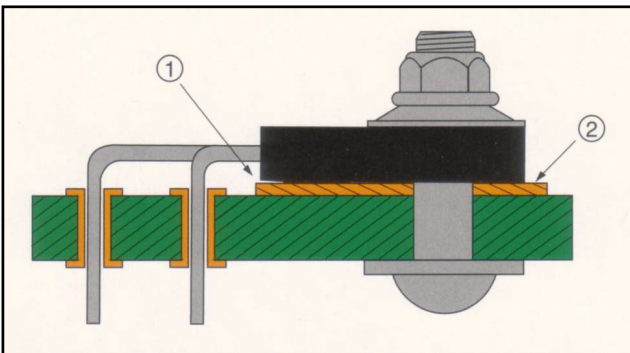


Abbildung 7-56
1. Spalt
2. Kühlkörper

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Bauteil ist nicht plan.
- Mindestens 75% Kontakt mit der Montageoberfläche.
- Die Befestigungsmittel erfüllen das vorgeschriebene Drehmoment (falls spezifiziert).

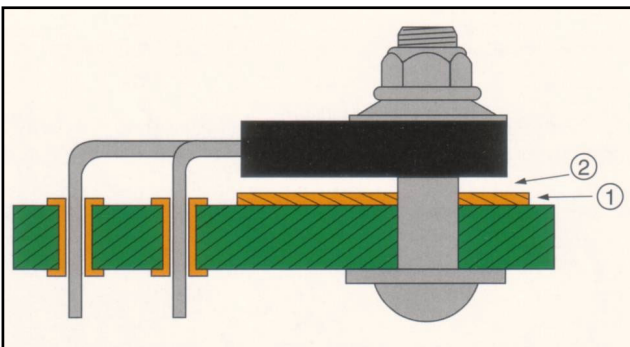


Abbildung 7-57
1. Kühlkörper
2. Spalt

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Bauteil hat keinen Kontakt mit der Montageoberfläche.
- Die Befestigungsmittel sind lose.

7.3 Bauteilsicherung

7.3.1 Bauteilsicherung – Montageclips

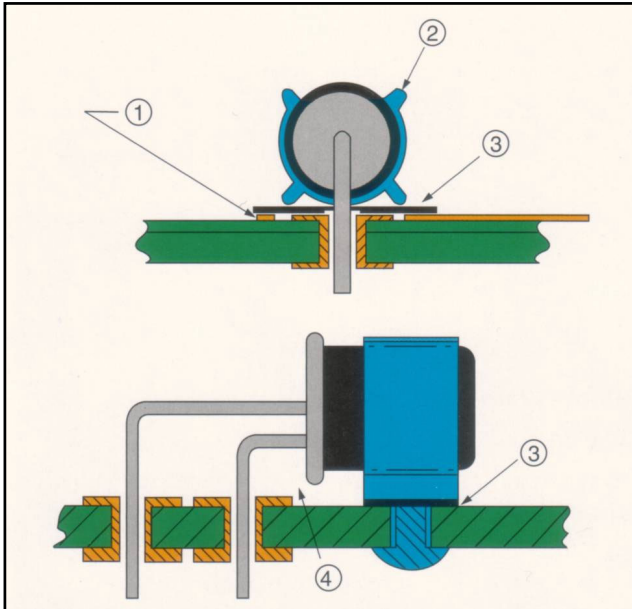


Abbildung 7-58

1. Leiterbild
2. Metall-Montage-Clip
3. Isoliermaterial
4. Abstand

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Nichtisolierte Bauteile mit Metallgehäuse sind von der darunter liegenden Schaltung mit Isoliermaterial getrennt.
- Nichtisolierte Metallclips und Haltevorrichtungen, die zur Fixierung des Bauteiles benutzt werden, sind von der darunter liegenden Schaltung durch geeignetes Isoliermaterial getrennt.
- Der Abstand zwischen den Anschlussflächen der Bauteile und dem nicht isolierten Bauteilkörper ist größer als der minimale elektrische Sicherheitsabstand.

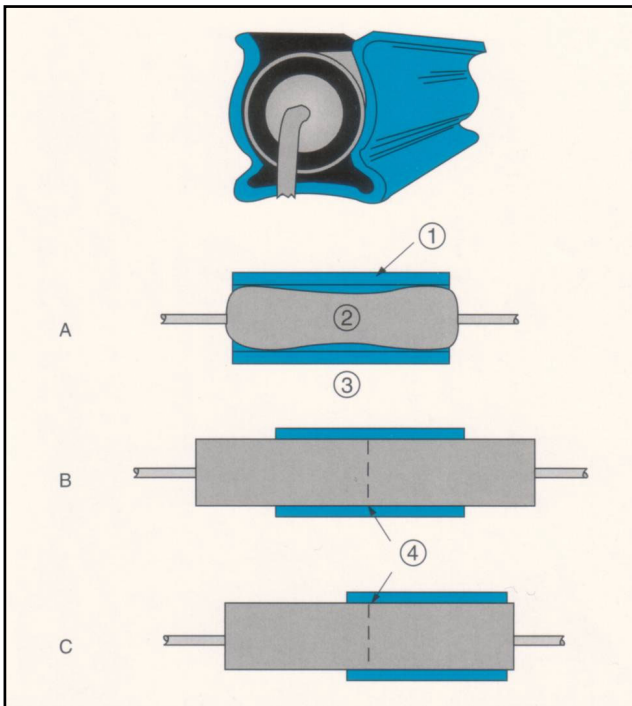


Abbildung 7-59

1. Clip
2. Nichtsymmetrischer Körper
3. Draufsicht
4. Schwerpunkt

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Clip hat beidseitig Kontakt mit den Seitenflächen des Bauteils (A).
- Das Bauteil befindet sich mit seinem Schwerpunkt noch im Klemmbereich des Clips (B, C).
- Das Ende des Bauteiles ist bündig mit dem Clip-Ende oder reicht über dieses hinaus (C).

7.3.1 Bauteilsicherung – Montageclips (Fortsetzung)

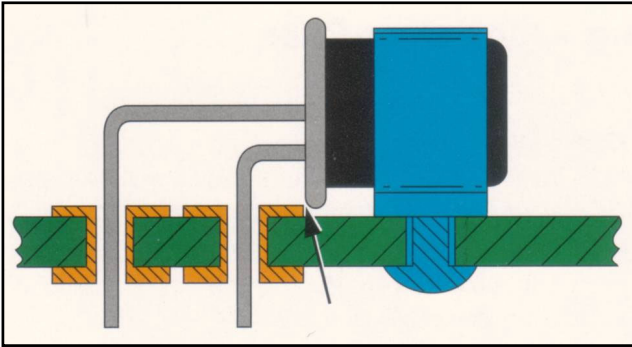


Abbildung 7-60

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstand zwischen den Anschlussflächen der Bauteile und dem nicht isolierten Bauteilkörper ist geringer als der minimale elektrische Sicherheitsabstand.

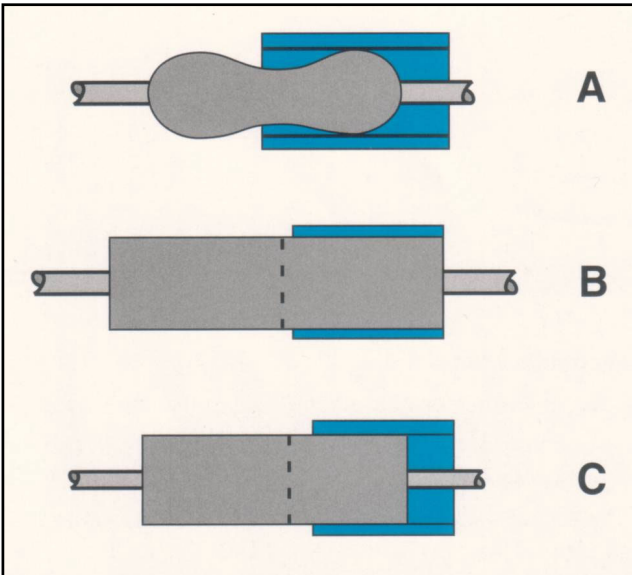


Abbildung 7-61

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Clip hält das Bauteil nicht (A).
- Die Bauteilmitte oder der Bauteilschwerpunkt befindet sich nicht im Klemmbereich des Clips (B, C).

7.3.2 Bauteilsicherung – Befestigung durch Kleber - Nicht hochgesetzte Bauteile

Diese Kriterien treffen nicht auf SMT-Baugruppen zu.

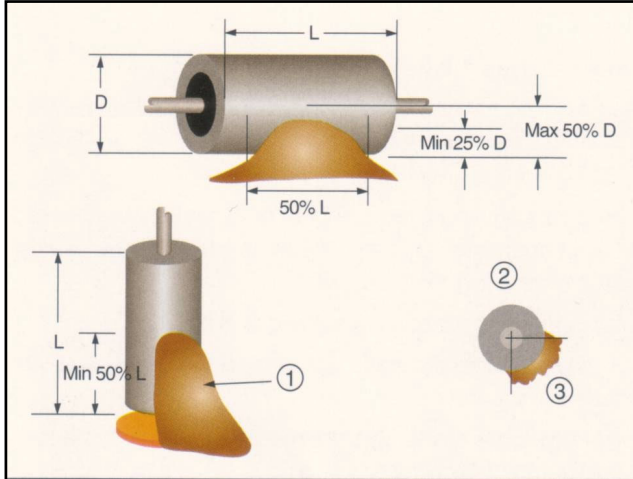


Abbildung 7-62

1. Kleber
2. Draufsicht
3. 25% Kreisumfang

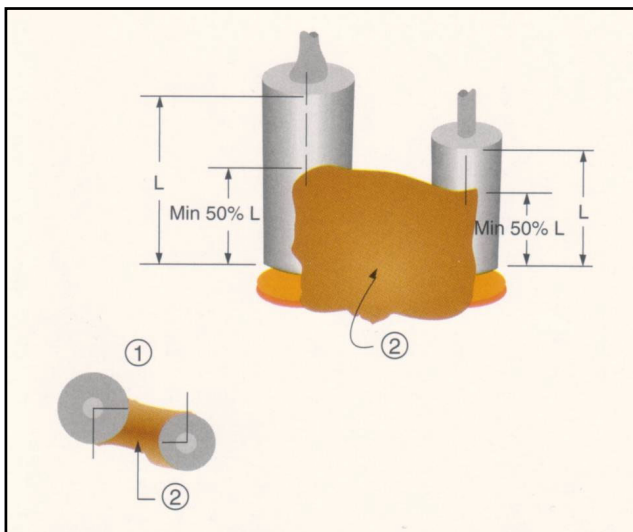


Abbildung 7-63

1. Draufsicht
2. Kleber

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei einem horizontal montierten Bauteil haftet der Kleber am Bauteil auf mindestens 50% seiner Länge (L) und 25% seines Durchmessers (D) von einer Seite. Der Kleber umfasst weniger als 50% des Bauteildurchmessers. Die Adhäsion zur Montageoberfläche ist klar zu erkennen. Die Klebmasse befindet sich nahezu im Zentrum des Bauteilkörpers.
- Bei einem vertikal montierten Bauteil haftet der Kleber am Bauteil auf mindestens 50% seiner Länge (L) und 25% seines Umfanges. Die Adhäsion zur Montageoberfläche ist klar zu erkennen.
- Bei mehrfach vertikal befestigten Bauteilen haftet der Kleber am Bauteil auf mindestens 50% seiner Länge (L) und die Adhäsion ist gleichmäßig zwischen den Bauteilen. Die Adhäsion des Klebers an der Montageoberfläche ist deutlich zu erkennen. Der Kleber umfasst das Bauteil auf mindestens 25% seines Umfanges.
- Bauteile mit Glaskörper erhalten erforderlichenfalls einen Schutzschlauch vor dem Kleben.
- Der Kleber hat keinen Kontakt zu einer ungeschützten Fläche eines mit einem Schutzschlauch überzogenen Bauteils mit Glaskörper.

7.3.2 Bauteilsicherung – Befestigung durch Kleber - Nicht hochgesetzte Bauteile (Fortsetzung)

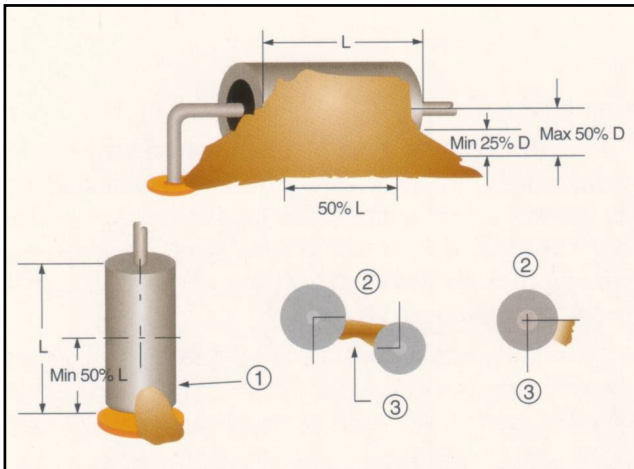


Abbildung 7-64

1. < 50 % der Länge (L)
2. Draufsicht
3. < 25 % des Kreisumfanges

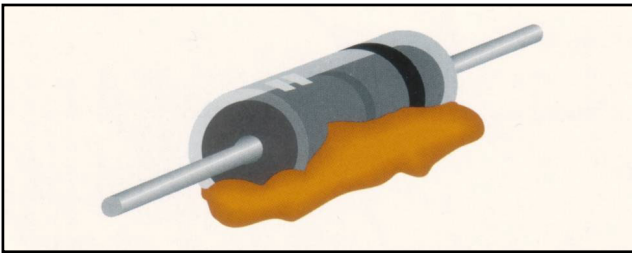


Abbildung 7-65

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Klebmasse überschreitet 50% des Durchmessers horizontal montierter Bauteile.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei einem horizontal montierten Bauteil sind weniger als 50% der Länge (L) oder weniger als 25% des Durchmessers (D) auf einer Seite durch den Kleber befestigt.
- Bei einem vertikal montierten Bauteil sind weniger als 50% der Länge (L) oder weniger 25% des Umfangs durch den Kleber befestigt.
- Adhäsion ist auf der Montagefläche nicht sichtbar.
- Unisolierte metallische Gehäusekomponenten sind über Leiterzügen befestigt.
- Klebmasse in Bereichen, die gelötet werden sollen und deshalb die Anforderungen nach Tabellen 7-3, 7-6 oder 7-7 behindert.
- Die Klebmasse, z.B. Klebstoff, hat Kontakt zu nicht mit einem Schlauch überzogenem Glasbauteil, Abbildung 7-65.

7.3.3 Bauteilsicherung – Befestigung durch Kleber - Hochgesetzte Bauteile

Dieser Abschnitt bezieht sich auf verkapselte oder vergossene Transformatoren und/oder Spulen, welche nicht bündig zur Leiterplatte montiert werden.

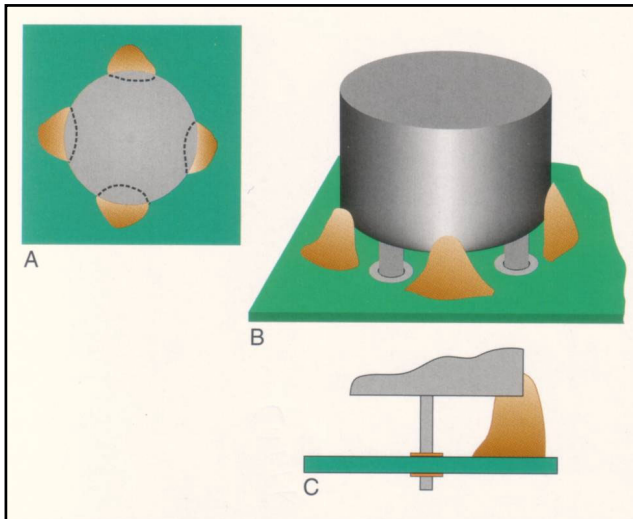


Abbildung 7-66

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Anforderungen an die Klebefestigung sollten in den technischen Unterlagen festgelegt sein. Jedoch sind Bauteile mit einem Gewicht von 7g oder mehr pro Anschluss auf der Montagefläche an mindestens vier gleichmäßig um das Bauteil herum verteilten Stellen mit Kleber zu fixieren, wenn keine mechanische Befestigung verwendet wird (A).
- Mindestens 20% des gesamten Umfangs des Bauteiles sind mit dem Kleber befestigt (B).
- Das Fixiermaterial muss sicher sowohl am Boden und an den Seitenflächen des Bauteiles als auch auf der Leiterplatte haften (C).

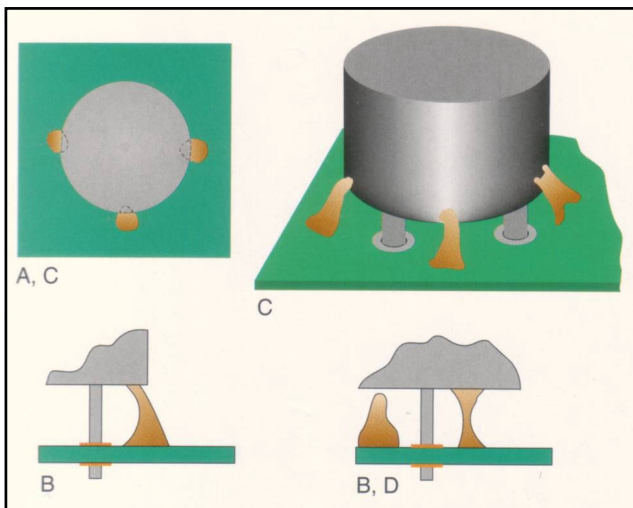


Abbildung 7-67

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Qualität der Klebung ist geringer als in der technischen Dokumentation spezifiziert.
- Bauteile, die 7 g oder mehr pro Anschluss wiegen, haben weniger als vier Klebepunkte (A).
- Einige der Klebepunkte benetzen nicht und zeigen Zeichen der Haftung sowohl am Boden und an den Seiten des Bauteiles als auch auf der Montagefläche (B).
- Weniger als 20% des Gesamtumfangs des Bauteiles ist befestigt (C).
- Das Klebematerial hat eine zu dünne Säule, um eine ausreichende Stütze zu bilden (D).

7.3.4 Bauteilsicherung – Drahtniederhalter

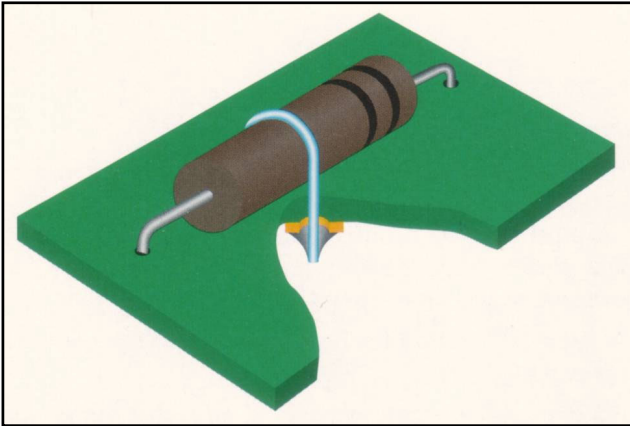


Abbildung 7-68

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Bauteil wird fest auf der Montageoberfläche gehalten.
- Der Bauteilkörper oder seine Isolation weisen keine Beschädigung durch den Haltedraht auf.
- Der Metalldraht verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

7.4 Nicht durchkontaktierte Löcher

Bauteilanschlüsse in Durchsteckverbindungen können gerade durchgesteckt, teilweise oder vollständig umgebogen sein.

7.4.1 Nicht durchkontaktierte Löcher – Axiale Drahtanschlüsse - Horizontal

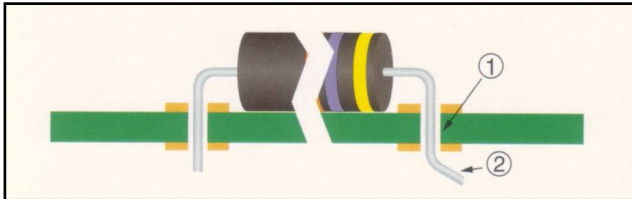


Abbildung 7-69

1. Keine Beschichtung im Loch
2. Für Klasse 3: Umbiegung erforderlich

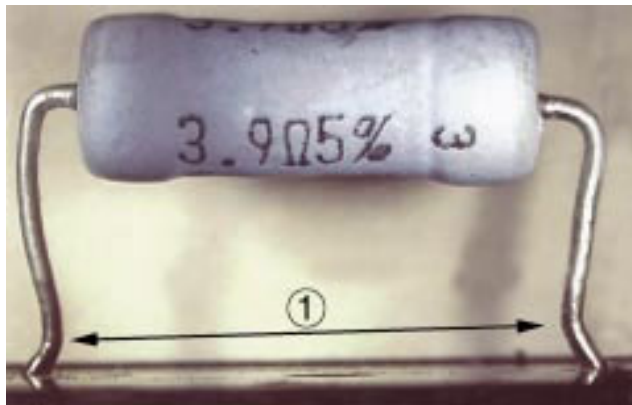


Abbildung 7-70

1. Anschlussform

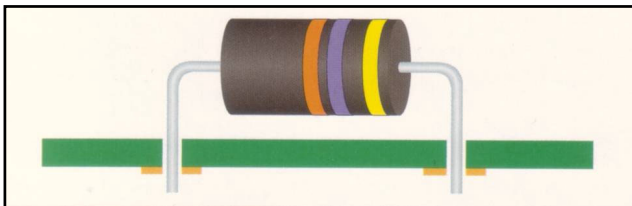


Abbildung 7-71



Abbildung 7-72

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Das Bauteil liegt in gesamter Länge auf der Leiterplattenoberfläche auf.
- Bauteile, für die eine Montage mit Abstand von der Leiterplatte gefordert ist, z.B. für hohe Wärmeableitung, haben einen Mindestabstand von 1,5 mm [0,059 in] von der Leiterplattenoberfläche.
- Bauteile, für die eine Montage mit Abstand von der Leiterplatte gefordert ist, müssen mit einer Anschlussdrahtverformung über der Leiterplattenoberfläche oder mit mechanischer Unterstützung versehen werden, um ein Abheben des Lötanschlusses zu verhindern.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteile, für die eine Montage mit Abstand von der Leiterplatte gefordert ist, sind nicht mit einer Anschlussdrahtverformung über der Leiterplattenoberfläche oder mit mechanischer Unterstützung versehen, um ein Abheben der Lötanschlussfläche zu vermeiden.
- Bauteile, für die eine Montage mit Abstand von der Leiterplatte gefordert ist, haben weniger als 1,5 mm [0,059 in] Abstand.

Unzulässig - Klasse 3

- Anschluss nicht umgebogen.

7.4.2 Nicht durchkontaktierte Löcher – Axiale Drahtanschlüsse - Vertikal

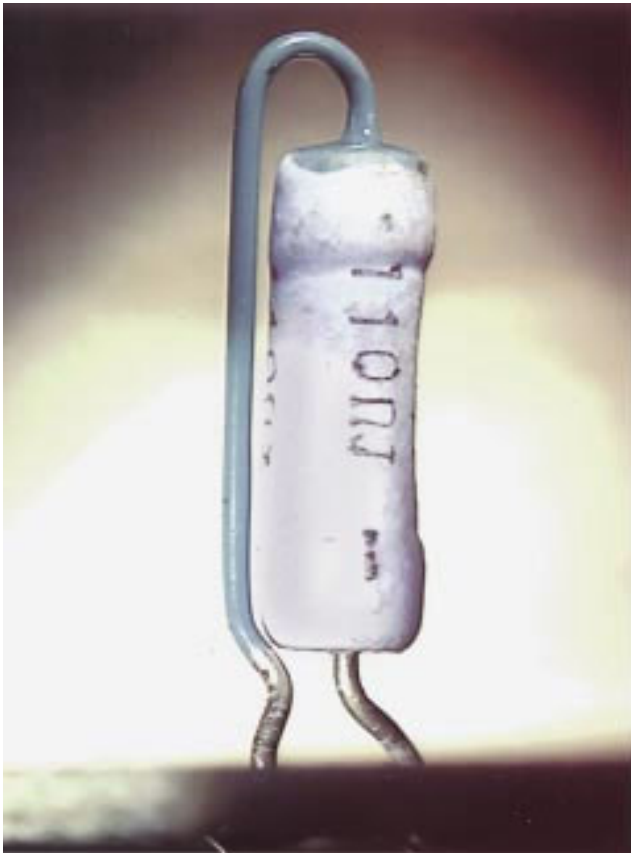


Abbildung 7-73

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Bauteile, die auf der Leiterplattenoberfläche in nicht durchkontaktierten Löchern montiert sind, sind mit Anschlussdrahtverformungen oder anderen mechanischen Stützmitteln versehen, damit ein Abheben der Lötanschlussflächen vermieden wird.

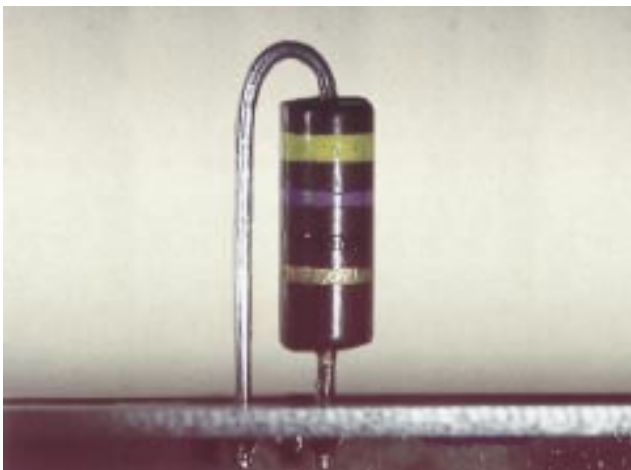


Abbildung 7-74

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteile, die in nicht durchkontaktierten Löchern montiert sind, sind ohne Anschlussdrahtverformungen auf der Leiterplattenoberfläche montiert.

7.4.3 Nicht durchkontaktierte Löcher – Drahtrestlänge

Die Restlänge des Drahtes (Tabelle 7-2) darf nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzen, die Lötverbindung durch Abheben der Anschlussfläche beschädigen oder die elektrostatische Schutzverpackung während des nachfolgenden Handlings der Baugruppen durchstoßen.

Anmerkung: Hochfrequenzanwendungen können unter Umständen eine exaktere Kontrolle des Drahtüberstandes erfordern, um Störungen der Funktion der Baugruppe zu verhindern.

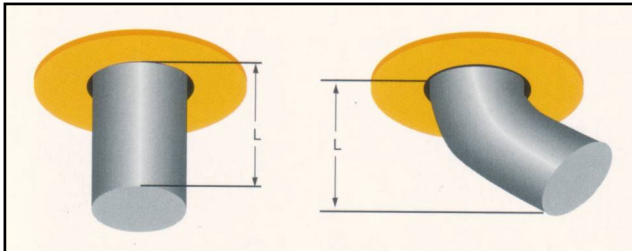


Abbildung 7-75

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Überstand von Anschlüssen und Drähten aus der Leiteroberfläche (Protrusion) heraus ist "L" oder wie in der Spezifikation bzw. Zeichnung festgelegt.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Restlänge (Protrusion) von Bauteilanschlüssen und Drähten aus der Leiteroberfläche heraus liegt innerhalb von Maximum und Minimum "L" in Tabelle 7-2, vorausgesetzt, es besteht keine Gefahr, den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand zu verletzen.

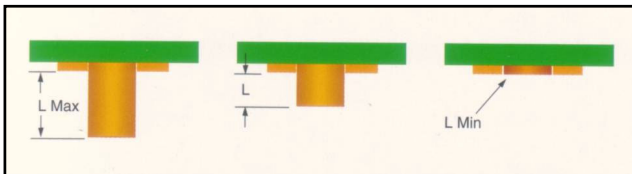


Abbildung 7-76

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtrestlänge erfüllt nicht die Anforderungen von Tabelle 7-2.
- Die Restlänge des Drahtes verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
- Die Drahtrestlänge liegt über den maximalen geforderten Höhenanforderungen.

Tabelle 7-2 Drahtrestlänge in unverstärkten Bohrungen

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
(L) min	Ende ist im Lot sichtbar		Ausreichend für Umbiegung
(L) max	Keine Gefahr von Kurzschlüssen		

7.4.4 Nicht durchkontaktierte Löcher – Umbiegen

Dieser Abschnitt gilt für Anschlüsse, die umbogen werden müssen. In den relevanten Spezifikationen und Zeichnungen können jedoch andere Forderungen festgelegt sein. Teilumbogene (Partial Clinching) Anschlüsse für das Halten des Bauteiles sind als ungebogene Anschlüsse zu behandeln und müssen die Anforderungen für die Drahtrestlängen erfüllen.

Drahtanschlüsse in nicht durchkontaktierten Löchern für Klasse 3 müssen eine Biegung von mindestens 45° haben.

Bauteilanschlüsse in durchkontaktierten Löchern können gerade durchgesteckt, partiell oder völlig umbogen sein. Das Umbiegen muss so wirksam sein, dass das Bauteil sicher mechanisch während des Lötprozesses gehalten wird. Die Ausrichtung der Abbiegung relativ zu irgendwelchen Leiterzügen ist optional. DIP-Anschlüsse müssen von der Längsachse des Bauteilkörpers her gesehen nach außen gebogen werden. Gehärtete Drähte und Drähte mit mehr als 1,3 mm (0,050 inch) sollten für Montagezwecke nicht gebogen oder geformt werden. Gehärtete Drähte werden nicht in einer voll gebogenen Konfiguration befestigt.

Als Minimum muss der Anschlussdraht in der fertigen Lötstelle sichtbar sein. Der Anschluss erfüllt die Anforderungen von Tab. 7-2, wenn man vertikal zur Anschlussfläche misst, und verletzt nicht die Anforderungen an den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

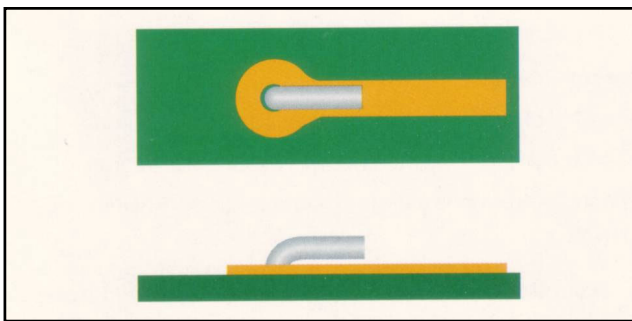


Abbildung 7-77

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Das Drahtende ist parallel zur Leiterplatte, die Biegeungsrichtung verläuft längs zum Leiterzug.

7.4.4 Nicht durchkontaktierte Löcher – Umbiegen (Fortsetzung)

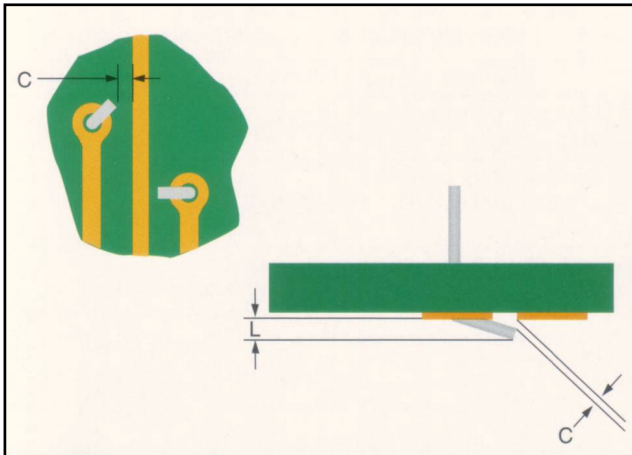


Abbildung 7-78

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der umgebogene Anschluss verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand (C) zwischen nicht gemeinsamen Leiterzügen.
- Die Restlänge (L) unter der Anschlussfläche ist nicht größer als die gleiche Länge, die für gerade durchgesteckte Anschlüsse erlaubt ist.
- Die Restlänge unter der Anschlussfläche liegt im Bereich des in Tabelle 7-2 spezifizierten Minimums und Maximums (L), wenn dabei der minimale elektrische Sicherheitsabstand nicht verletzt wird.

Zulässig - Klasse 3

- Der Draht in einem nicht durchkontaktierten Loch hat eine Umbiegung von mindestens 45°.

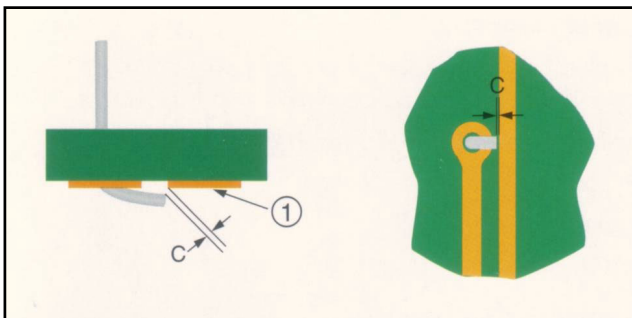


Abbildung 7-79
1. Nicht gemeinsamer Leiterzug

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Anschluss ist in Richtung eines elektrisch nicht gemeinsamen Leiterzuges abgelenkt und verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand (C).
- Die Drahtrestlänge ist für eine erforderliche Biegung nicht ausreichend.



Abbildung 7-80

Unzulässig - Klasse 3

- Der Draht in nicht durchkontaktiertem Loch hat eine Umbiegung von weniger als 45° (nicht dargestellt).

7.4.5 Nicht durchkontaktierte Löcher – Lötstelle

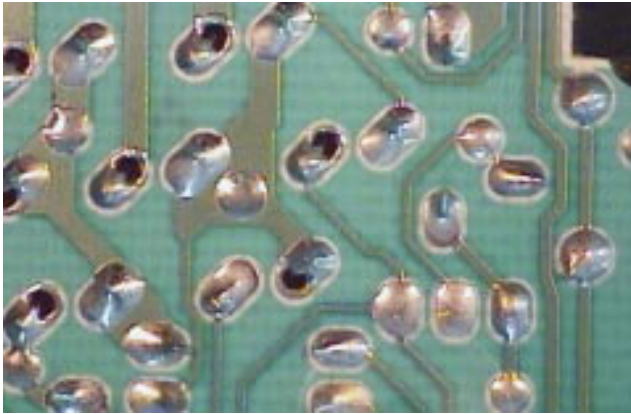


Abbildung 7-81

Tabelle 7-3 Nicht durchkontaktierte Löcher mit Bauteilanschlüssen – Zulässige Mindestabnahmebedingungen³

Kriterien	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
A. Lotfüllung und Benetzung von Bauteil- und Leiterplatten-Anschluss ¹	270°	330°	330°
B. Prozentsatz der mit Lot benetzten Anschlussfläche ²	75%	75%	75%

Anmerkung 1: Für Klasse 3 ist der Anschluss im Biegebereich benetzt.

Anmerkung 2: Lot muss nicht das Loch schließen oder abdecken.

Anmerkung 3: Zweiseitige Leiterplatten mit funktionalen Anschlussflächen auf beiden Seiten müssen A und B auf beiden Seiten erfüllen.

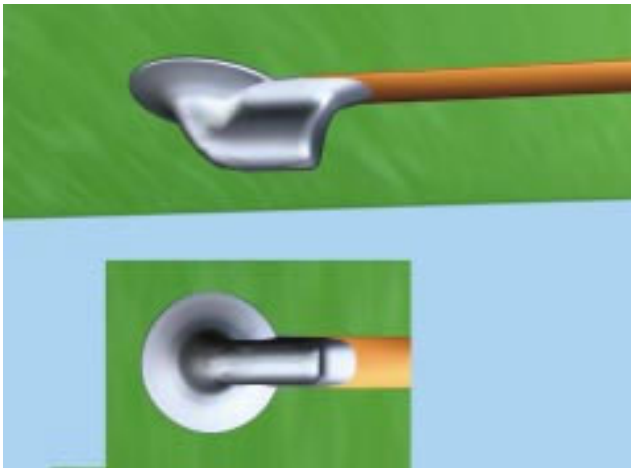


Abbildung 7-82

Anzustreben Klasse 1, 2, 3

- Der Lötanschluss (Anschlussfläche und Anschlussdraht) ist mit benetzendem Lot bedeckt und das Ende des Drahtes ist im Lotkegel sichtbar.
- Keine Porenflächen oder Oberflächenunregelmäßigkeiten.
- Anschlussfläche und Anschlussdraht sind gut benetzt.
- Der Draht ist abgebogen.
- 100% Lotfüllung um den Draht herum.

7.4.5 Nicht durchkontaktierte Löcher – Lötstelle (Fortsetzung)

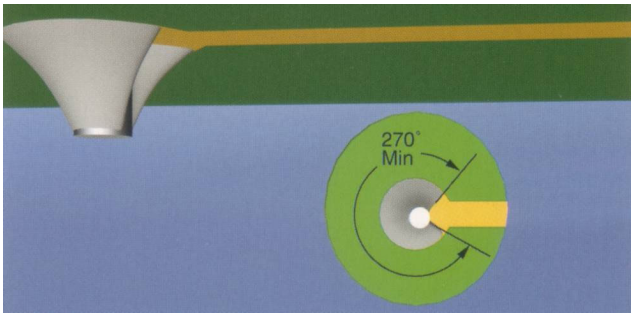


Abbildung 7-83

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Lotbedeckung erfüllt die Anforderungen in Tab. 7-3.

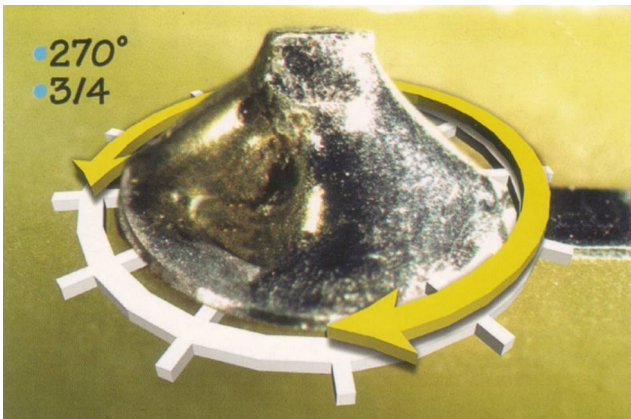


Abbildung 7-84

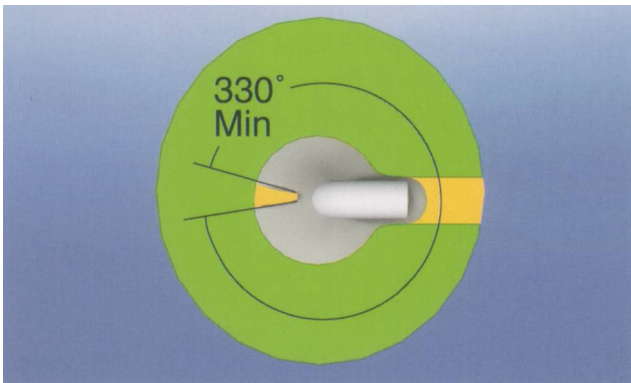


Abbildung 7-85

Zulässig - Klasse 3

- Der Anschlussdraht ist in der Abbiegefläche benetzt.
- Ein Umfangsminimum von 330° bei der Lotfüllung und der Benetzung.

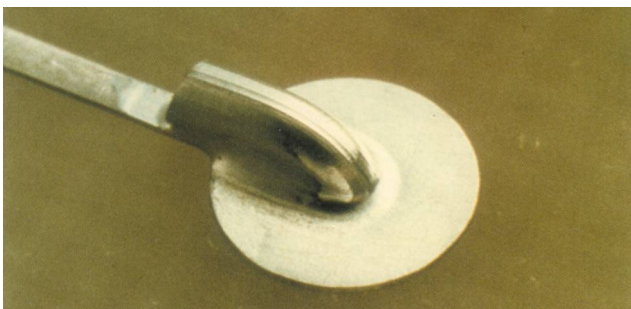


Abbildung 7-86

7.4.5 Nicht durchkontaktierte Löcher – Lötstelle (Fortsetzung)

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Mindestens 75% der Anschlussfläche auf der Sekundärseite ist mit Lot benetzt (nicht dargestellt).

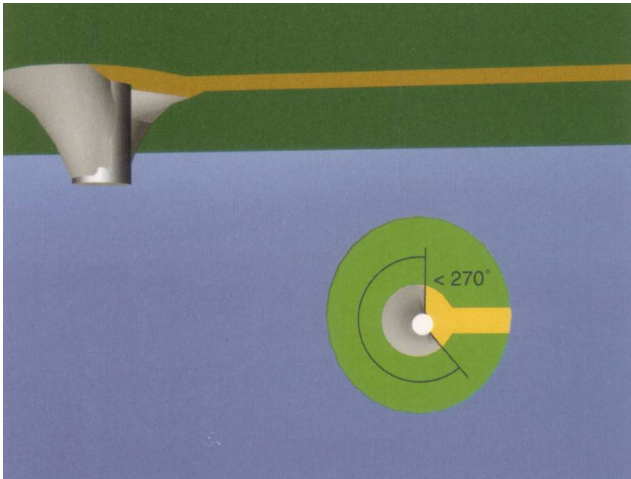


Abbildung 7-87

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Lötverbindung des gerade durchgesteckten Anschlusses erfüllt nicht die Minимальforderung von 270° Lotfluss oder Benetzung um den Umfang herum.
- Weniger als 75% der Anschlussfläche ist bedeckt.

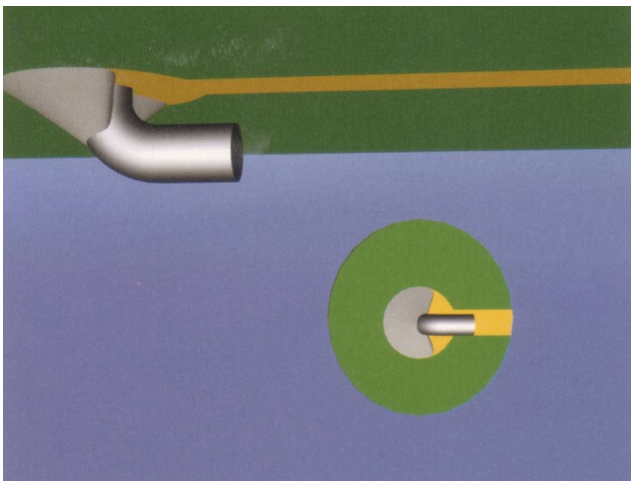


Abbildung 7-88

Unzulässig - Klasse 3

- Die Lötverbindung des gerade durchgesteckten Anschlusses erfüllt nicht die Minимальforderung von 330° Lotfluss oder Benetzung um den Umfang herum.
- Der Draht ist nicht umgebogen (nicht dargestellt).
- Der Draht ist im gebogenen Bereich nicht benetzt.
- Weniger als 75% der Anschlussfläche ist bedeckt.



Abbildung 7-89

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist wegen zu viel Lot nicht sichtbar.

7.4.6 Anschlussbeschneidung nach dem Löten

Die Kriterien in 7.5.5.8 können ebenfalls auf Lötstellen in nicht durchkontaktierten Löchern angewendet werden.

7.5 Durchkontaktierte Löcher

7.5.1 Durchkontaktierte Löcher – Axiale Drahtanschlüsse - Horizontal

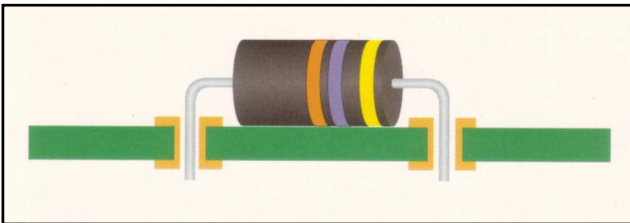


Abbildung 7-90

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die gesamte Körperlänge des Bauteiles ist in Kontakt mit der Oberfläche der Leiterplatte.
- Bauteile, für die eine Montage mit Abstand von der Leiterplatte gefordert ist, z.B. für hohe Wärmeableitung, haben einen Mindestabstand von 1,5 mm [0,059 in] von der Leiterplattenoberfläche.

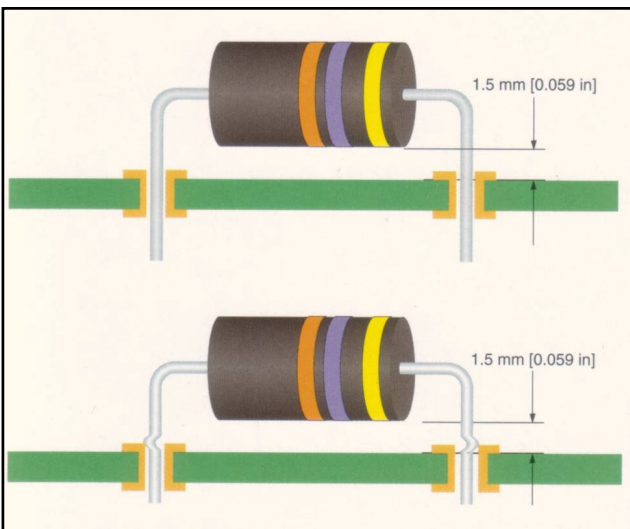


Abbildung 7-91

7.5.1 Durchkontaktierte Löcher – Axiale Drahtanschlüsse - Horizontal (Fortsetzung)

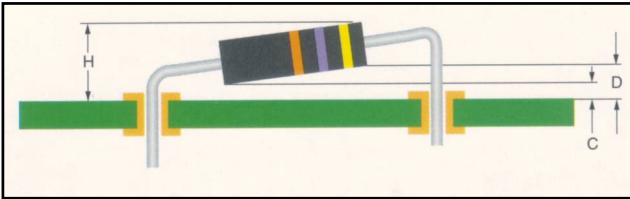


Abbildung 7-92

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der maximale Abstand (C) zwischen dem Bauteil und der Leiterplattenoberfläche verletzt nicht Forderungen für die Anschlussdraht-Restlänge (siehe 7.5.3) oder für die Bauteilhöhe (H). (H ist eine vom Anwender festgelegte Größe).

Zulässig - Klasse 3

- Der Abstand (C) zwischen dem Bauteilkörper und der Leiterplattenoberfläche (D) ist nicht mehr als 0,7 mm (0,028 in).

Prozessindikator - Klasse 3

- Die größte Entfernung zwischen dem Bauteilkörper und der Leiterplattenoberfläche (D) ist mehr als 0,7 mm (0,028 in).

Unzulässig - Klasse 3

- Der Abstand (C) zwischen dem Bauteilkörper und der Leiterplattenoberfläche (D) ist mehr als 1,5 mm (0,028 in).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Bauteilhöhe überschreitet die vom Anwender definierte Abmessung (H).
- Bauteile, die mit Abstand über der Leiterplatte zu montieren sind, sind weniger als 1,5 mm (0,059 in) von der Leiterplattenoberfläche entfernt.

7.5.2 Durchkontaktierte Löcher – Axiale Drahtanschlüsse - Vertikal

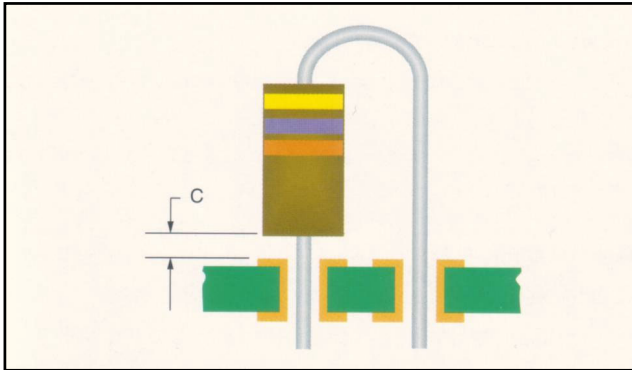


Abbildung 7-93

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstand des Bauteilkörpers oder der Schweißperle über der Anschlussfläche (C) ist 1 mm (0,039 in).
- Der Körper steht senkrecht zur Leiterplatte.
- Die Gesamthöhe überschreitet nicht die spezifizierte Höhe.

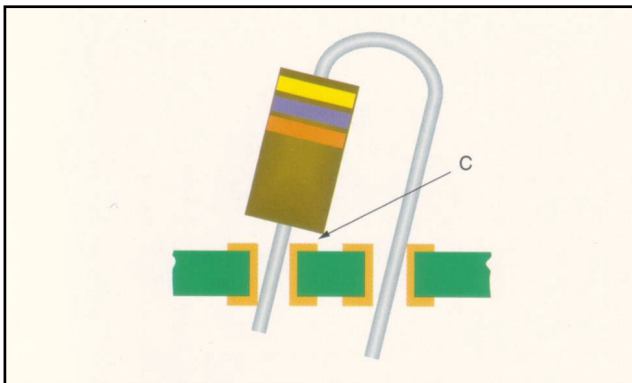


Abbildung 7-94

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Bauteilhöhe oder der Abstand der Schweißperle über der Anschlussfläche (C) liegt nicht außerhalb des in Tab. 7-4 angegebenen Bereiches.
- Die Neigung des Bauteilanschlussdrahtes ruft keine Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes hervor.

Tabelle 7-4 Höhe des Bauteilkörpers über der Anschlussfläche

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
C (min)	0,1 mm (0,0039 in)	0,4 mm (0,016 in)	0,8 mm (0,031 in)
C (max)	6 mm (0,24 in)	3 mm (0,12 in)	1,5 mm (0,059 in)

7.5.2 Durchkontaktierte Löcher – Axiale Drahtanschlüsse - Vertikal (Fortsetzung)

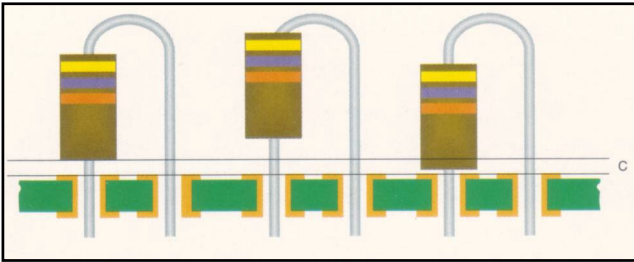


Abbildung 7-95

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Montagehöhe des Bauteilkörpers oder der Abstand der Schweißperle über der Anschlussfläche (C) ist größer als das in Tab. 7-4 angegebene Maximum.
- Die Montagehöhe des Bauteilkörpers über der Anschlussfläche (C) ist geringer als das in Tab. 7-4 angegebene Minimum.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Bauteile verletzen den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
- Bauteilhöhe erfüllt nicht Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion.
- Bauteilhöhe überschreitet die vom Anwender festgelegte Größe (H).

7.5.3 Durchkontaktierte Löcher – Drahtrestlänge

Die Restlänge des Drahtes (Tabelle 7-5) darf nicht zur Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes sowie zur Beschädigung der Lötverbindung durch Abheben der Anschlussfläche führen; auch ist ein Durchstoßen der elektrostatischen Schutzverpackung während des nachfolgenden Handlings der Baugruppen nicht erlaubt.

Anmerkung: Hochfrequente Anwendungen können unter Umständen eine exaktere Kontrolle der Ausmaße des Drahtanschlusses erfordern, um Störungen der Funktion der Baugruppe zu verhindern.

Tabelle 7-5 Drahtrestlänge in durchkontaktierten Löchern

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
(L) min.	Das Drahtende ist im Lot sichtbar. ¹		
(L) max.	Keine Kurzschlussgefahr	2,5 mm [0,0984 in]	1,5 mm [0,0591 in]

Anmerkung 1: Für Leiterplatten mit mehr als 2,3 mm [0,0906 in] Dicke müssen bei Bauteilen mit vorgegebener Drahtrestlänge, z.B. DIPs, Sockel, Steckverbinder, die Bauteile oder die Anschlussschultern mindestens mit der Leiterplattenoberfläche bündig sein. Das Anschlussende muss jedoch in der betreffenden Lötstelle nicht sichtbar sein, siehe 1.4.2.5.

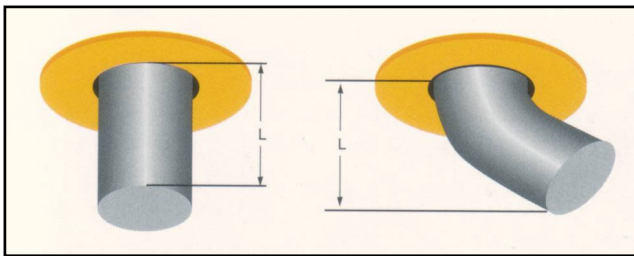


Abbildung 7-96

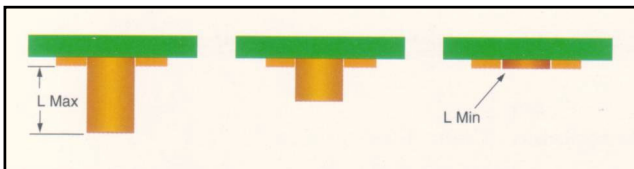


Abbildung 7-97

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die die Anschlussfläche überragende Drahtrestlänge liegt im Bereich von Minimum und Maximum (L) von Tabelle 7-5, wenn sie keine Gefahr der Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes darstellt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtrestlänge erfüllt nicht die Anforderungen von Tabelle 7-5.
- Die Drahtrestlänge verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
- Die Drahtrestlänge überschreitet die maximal vorgesehenen Höhenanforderungen.

7.5.4 Durchkontaktierte Löcher – Umbiegen

Bauteildrähte in durchkontaktierten Löchern können gerade durchgesteckt, partiell oder völlig umgebogen sein. Das Umbiegen muss so wirksam sein, dass das Bauteil sicher mechanisch während des Lötprozesses gehalten wird. Die Ausrichtung der Abbiegung relativ zu irgendwelchen Leiterzügen ist optional. DIP-Anschlüsse müssen von der Längsachse des Bauteilkörpers her gesehen nach außen gebogen werden. Gehärtete Drähte und Drähte mit mehr als 1,3 mm (0,050 inch) sollten für Montagezwecke nicht gebogen oder geformt werden.

Als Minimum muss der Anschlussdraht in der fertigen Lötstelle sichtbar sein. Der Anschluss erfüllt die Anforderungen von Tab. 7-5, wenn man vertikal zur Anschlussfläche misst und verletzt nicht die Anforderungen an den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Dieser Abschnitt gilt für Anschlüsse mit Anforderung zum Umbiegen. In den relevanten Spezifikationen und Zeichnungen können jedoch andere Forderungen festgelegt sein. Teilumgebogene (Partial Clinching) Anschlüsse für das Halten des Bauteiles sind als ungebogene Anschlüsse zu behandeln und müssen die Anforderungen für die Drahtrestlängen erfüllen.

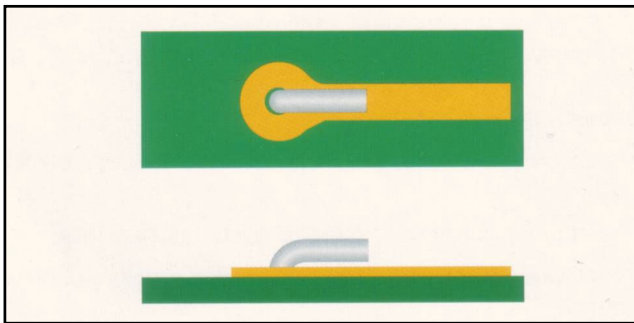


Abbildung 7-98

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Das Drahtende ist parallel zur Leiterplatte und die Biegeungsrichtung ist längs zum Leiterzug ausgerichtet.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die umgebogenen Anschlüsse verletzen nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand (C) zwischen nicht gemeinsamen Leiterzügen.
- Die Restlänge (L) unter der Anschlussfläche ist nicht größer als die gleiche Länge, die für gerade durchgesteckte Anschlüsse erlaubt ist. Siehe Abb. 7-99 und Tab. 7-5.

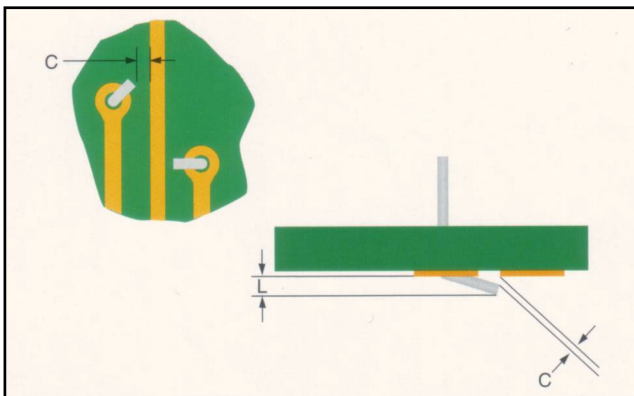


Abbildung 7-99

7.5.4 Durchkontaktierte Löcher – Umbiegen (Fortsetzung)

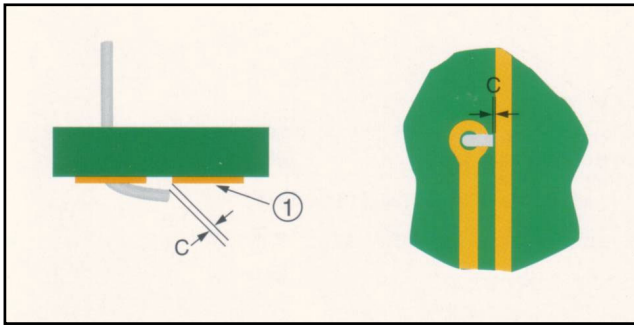


Abbildung 7-100
1. Nicht gemeinsamer Leiterzug

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Anschluss ist in Richtung eines elektrisch nicht gemeinsamen Leiterzuges abgebogen und verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand (C).



Abbildung 7-101

7.5.5 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle

Kriterien für gelötete durchkontaktierte Löcher sind in 7.5.5.1 bis 7.5.5.10 dargestellt.

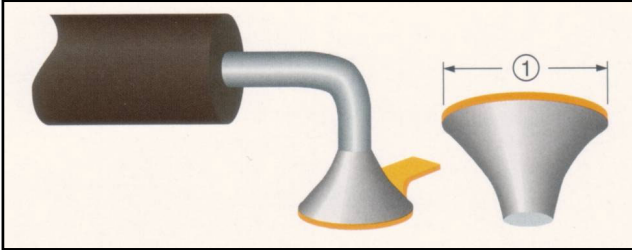


Abbildung 7-102
1. Anschlussfläche

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Porenflächen oder Oberflächenfehlstellen.
- Bauteilanschlüsse und Lötauge sind gut benetzt.
- Die Drahtanschlüsse sind sichtbar.
- 100% Lotkegel um den Anschlussdraht herum.
- Das Lot bedeckt den Anschluss und fließt zu einem flachen Kontaktwinkel auf der Anschlussfläche auf dem Leiterzug aus.
- Kein sichtbares Abheben des Lotkegels, siehe 5.2.10.



Abbildung 7-103

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Leiter ist im Lot erkennbar.



Abbildung 7-104

7.5.5 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle (Fortsetzung)

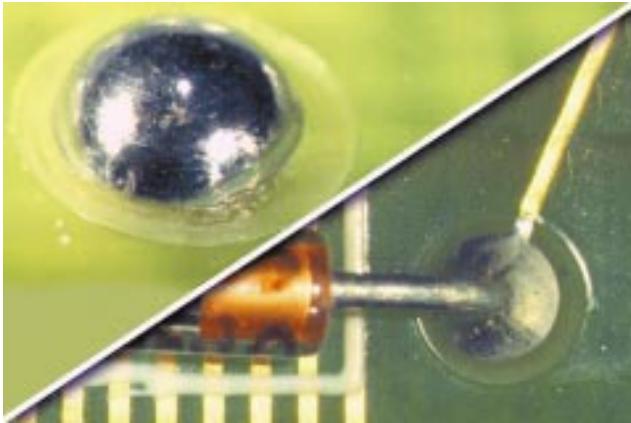


Abbildung 7-105



Abbildung 7-106

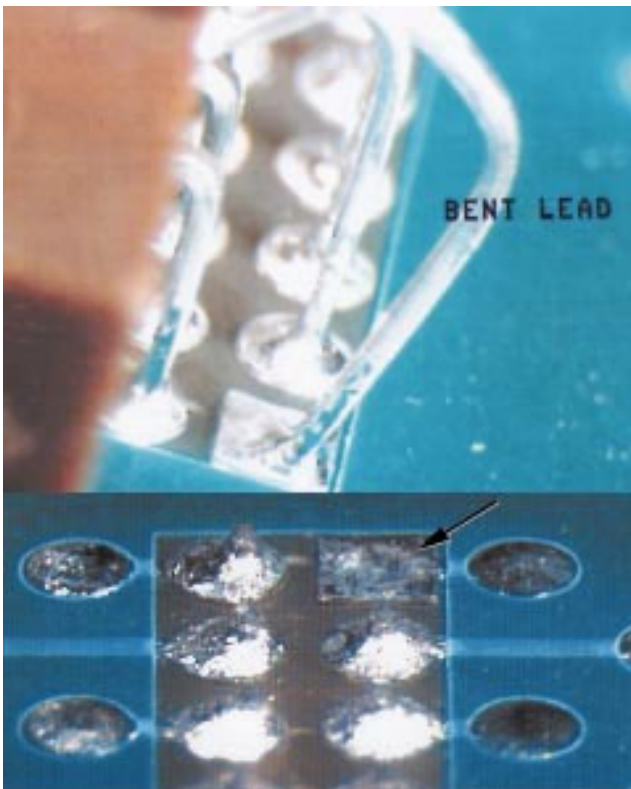


Abbildung 7-107

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Der Lotkegel ist konvex und als Ausnahme zu Tabelle 7-5 ist der Anschlussdraht nicht sichtbar wegen einer zu großen Lotmenge, vorausgesetzt, die Anwesenheit des Anschlussdrahtes im Loch kann auf der Primärseite festgestellt werden.
- Der Lotkegel ist von der Anschlussfläche auf der Primärseite abgehoben, jedoch ohne Beschädigung der Anschlussfläche (nicht dargestellt) (siehe 10.2.9.2).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Anschluss ist nicht sichtbar infolge eines verbogenen Drahtes.
- Das Lot benetzt den Anschlussdraht oder die Anschlussfläche nicht.
- Die Bedeckung (der Anschlussfläche) mit Lot entspricht nicht den Vorgaben der Tabellen 7-6 oder 7-7.

7.5.5 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle (Fortsetzung)

Tabelle 7-6 Durchkontaktierte Löcher mit Bauteilanschlüssen – Minimal zulässige Lotbedingungen¹

Kriterien	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
A. Vertikaler Lotdurchstieg ^{2,3} (siehe 7.5.5.1)	Nicht spezifiziert	75%	75%
B. Benetzung auf Primärseite (Bauteilseite) von Anschluss und Hülse (siehe 7.5.5.2)	Nicht spezifiziert	180°	270°
C. Prozentualer Anteil der mit Lot benetzten Anschlussfläche auf der Primärseite (siehe 7.5.5.3)	0	0	0
D. Lotfüllung und Benetzung auf der Sekundärseite (Lötseite) von Anschluss und Hülse (siehe 7.5.5.4)	270°	270°	330°
E. Prozentualer Anteil der mit Lot auf der Sekundärseite benetzten Anschlussfläche (Lötseite) (siehe 7.5.5.5)	75%	75%	75%

Anmerkung 1: Lotbenetzung bezieht sich auf Lot, das beim Lötprozess verwendet wird.

Anmerkung 2: Die zu 25% ungefüllte Höhe betrifft die Einsenkungen auf Primär- und Sekundärseite zusammen.

Anmerkung 3: Klasse 2 kann weniger als 75% der vertikalen Lochfüllung haben, siehe 7.5.5.1.

Tabelle 7-7 Durchkontaktierte Löcher mit Bauteilanschlüssen – Pin-in Paste-Prozess - Minimal zulässige Lotbedingungen¹

Kriterien	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
A. Vertikaler Lotdurchstieg ^{2,3}	Nicht spezifiziert	75%	75%
B. Benetzung der Bauteilseite von Anschluss und Hülse	Nicht spezifiziert	180°	270°
C. Prozentualer Anteil der mit Lot benetzten Anschlussfläche auf der Bauteilseite	0	0	0
D. Benetzung auf der Lötseite von Anschluss und Hülse ⁴	270°	270°	330°
E. Prozentualer Anteil der mit Lot auf der Lötseite benetzten Anschlussfläche ⁴	75%	75%	75%

Anmerkung 1: Lotbenetzung bezieht sich auf Lot, das beim Lötprozess verwendet wird.

Anmerkung 2: Die zu 25% ungefüllte Höhe betrifft die Einsenkungen auf Primär- und Sekundärseite zusammen.

Anmerkung 3: Klasse 2 kann weniger als 75% des vertikalen Lotdurchstiegs wie in 7.5.5.1 angemerkt haben.

Anmerkung 4: Bezieht sich auf jede Seite, auf die Lotpaste aufgebracht wurde.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lötstellen stimmen nicht überein mit Tabelle 7-6 oder 7-7.

7.5.5.1 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Vertikale Füllung (Lotdurchstieg) (A)

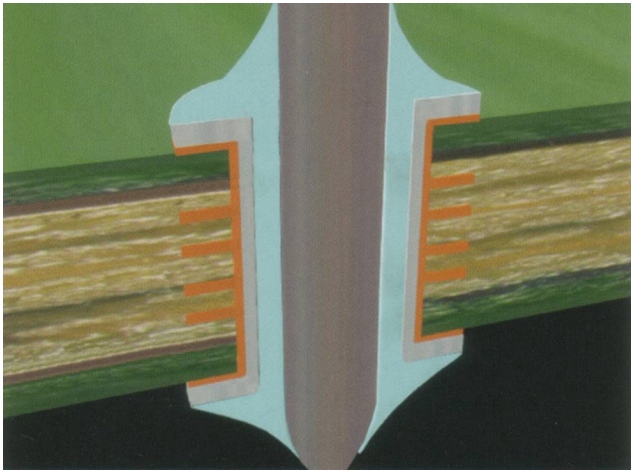


Abbildung 7-108

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Zu 100% gefüllt.

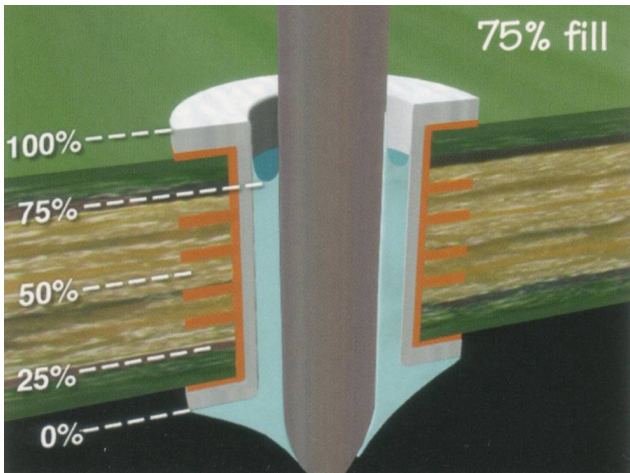


Abbildung 7-109

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Mindestens zu 75% gefüllt. Eine maximale Einsenkung von 25% auf der Sekundär- und der Primärseite zusammen ist erlaubt.

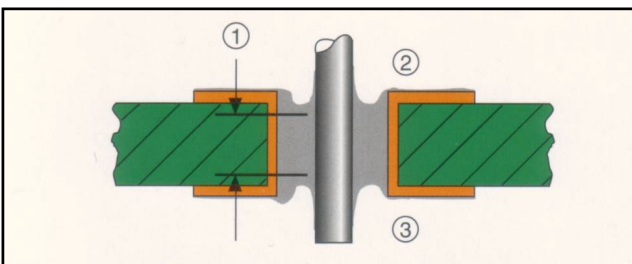


Abbildung 7-110

1. Vertikale Füllung erfüllt die Anforderungen aus Tabelle 7-6
2. Bauteilseite (Primärseite)
3. Lötseite (Sekundärseite)

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Vertikaler Lotdurchstieg im Loch beträgt weniger als 75%.

7.5.5.1 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Vertikale Füllung (Lotdurchstieg) (A) (Fortsetzung)

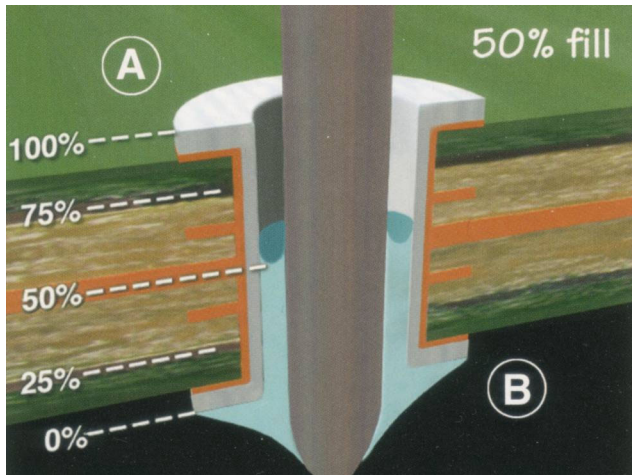


Abbildung 7-111

Nicht spezifiziert - Klasse 1

Zulässig - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Als Ausnahme für die Erfüllung der Anforderungen von Tab. 7-6 oder 7-7 ist ein vertikaler Lotdurchstieg von 50% in einem durchkontaktierten Loch für Produkte der Klasse 2 gestattet, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt werden.
 - Das durchkontaktierte Loch ist mit einer Innenlage verbunden, die als Wärmeableiter fungiert.
 - Der Bauteilanschluss ist in der Lötverbindung Seite B Abbildung 7-111 sichtbar.
 - Der Lotkegel auf Seite B in Abbildung 7-111 benetzt 360° der Hülse des durchkontaktierten Loches und 360° des Anschlusses.
 - Die umgebenden durchkontaktierten Löcher erfüllen dabei die Anforderungen in Tab. 7-6 und 7-7.

Anmerkung: Weniger als 100% Lotdurchstieg kann in einigen Anwendungen nicht akzeptabel sein, z.B. beim Temperaturschock. Der Anwender ist dafür verantwortlich, den Fertiger über diese Situation zu informieren.

7.5.5.2 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Primärseite - Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (B)



Abbildung 7-112

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- 360° Benetzung auf Anschlussdraht und Hülse vorhanden.

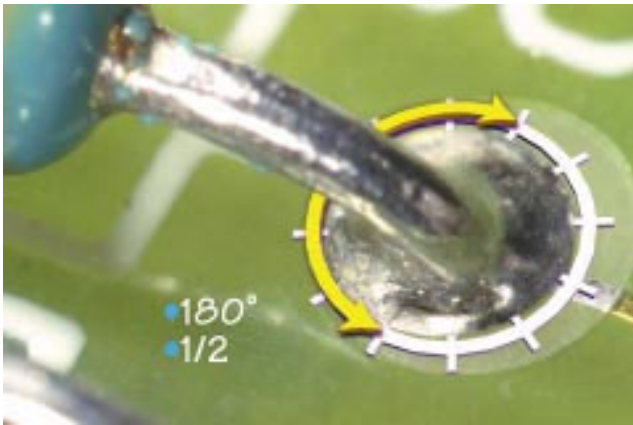


Abbildung 7-113

Nicht spezifiziert - Klasse 1

Zulässig - Klasse 2

- Ein Minimum von 180° Benetzung an der Hülse und am Anschlussdraht ist vorhanden, Abbildung 7-113.

Zulässig - Klasse 3

- Ein Minimum von 270° Benetzung an der Hülse und am Anschlussdraht ist vorhanden, Abbildung 7-114.

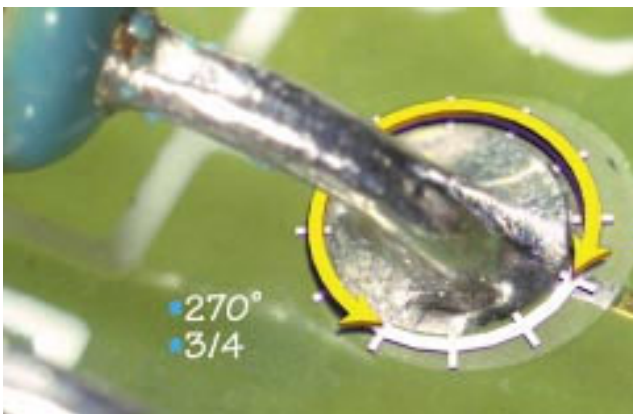


Abbildung 7-114

7.5.5.2 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Primärseite - Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (B) (Fortsetzung)

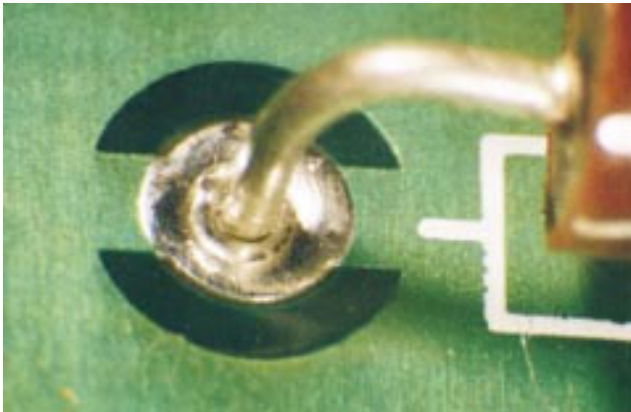


Abbildung 7-115

Unzulässig - Klasse 2

- Weniger als 180° Benetzung an der Hülse und am Anschlussdraht.

Unzulässig - Klasse 3

- Weniger als 270° Benetzung an der Hülse und am Anschlussdraht.

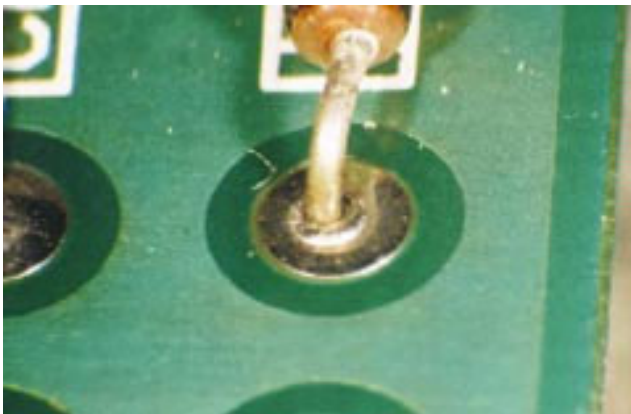


Abbildung 7-116

7.5.5.3 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Primärseite - Bedeckung des Restringes (C)



Abbildung 7-117

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Restring (Anschlussfläche) auf der Primärseite muss nicht mit Lot benetzt sein.

7.5.5.4 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Sekundärseite - Lotspalt Anschlussdraht-Hülse (D)

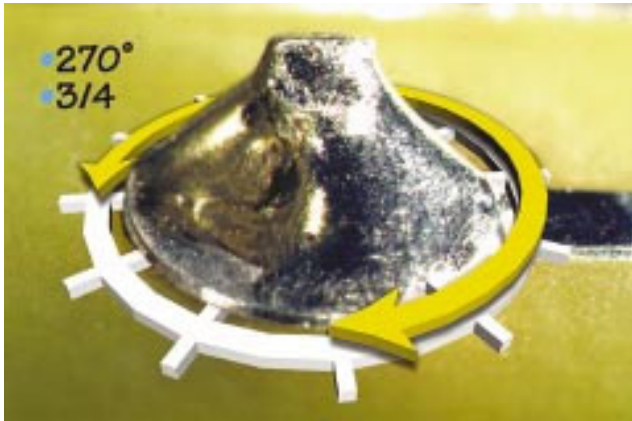


Abbildung 7-118

Zulässig - Klasse 1, 2

- Ein Minimum von 270° bei Lotkegel und Benetzung (Anschlussdraht, Hülse und Anschlussfläche).

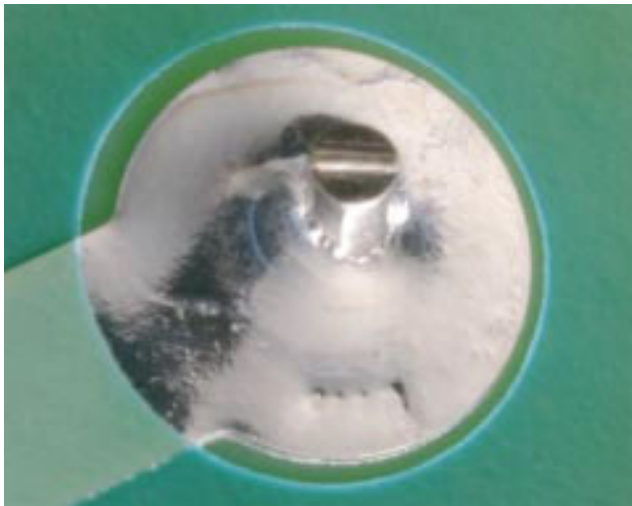


Abbildung 7-119

Zulässig - Klasse 3

- Ein Minimum von 330° bei Lotkegel und Benetzung (Anschlussdraht, Hülse und Anschlussfläche). (Nicht gezeigt).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Anforderungen von Tabelle 7-6 oder 7-7 werden nicht erfüllt.

7.5.5.5 Durchkontaktierte Löcher – Lötstelle - Sekundärseite - Bedeckung des Restringes (E)



Abbildung 7-120

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Restring (Anschlussfläche) auf der Sekundärseite ist komplett mit Lot bedeckt.

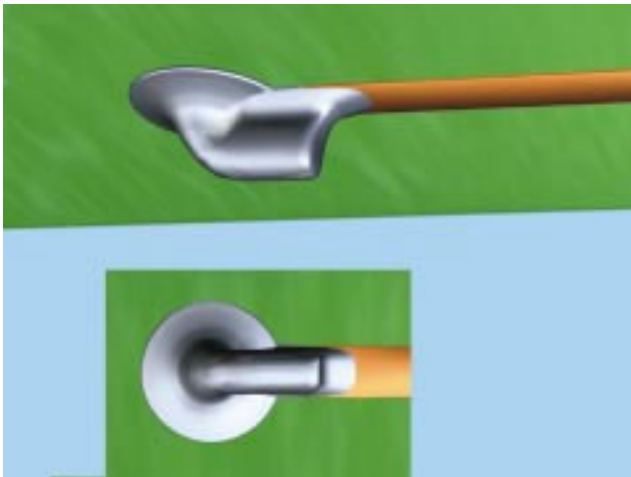


Abbildung 7-121



Abbildung 7-122

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Minimal 75% der Anschlussfläche auf der Sekundärseite sind mit Lot benetzt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Anforderungen von Tabelle 7-6 oder 7-7 werden nicht erfüllt.

7.5.5.6 Durchkontaktierte Löcher – Lotzustand - Lot in der Drahtbiegung

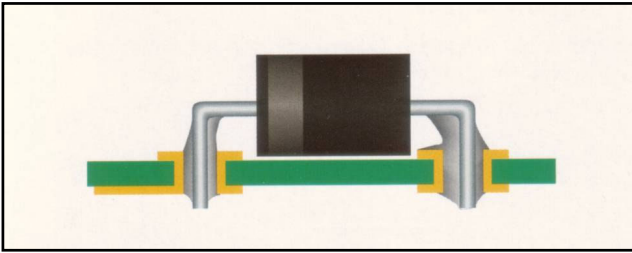


Abbildung 7-123

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot in der Drahtbiegung berührt nicht den Bauteilkörper.



Abbildung 7-124

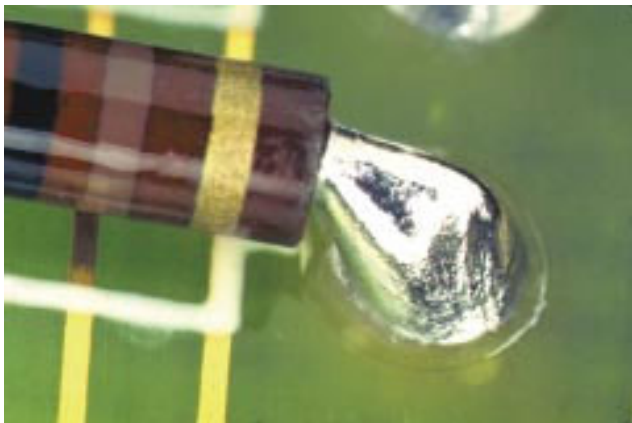


Abbildung 7-125

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot in der Drahtbiegung berührt den Bauteilkörper oder die Endversiegelung.

7.5.5.7 Durchkontaktierte Löcher – Lotzustand - Meniskus im Lot

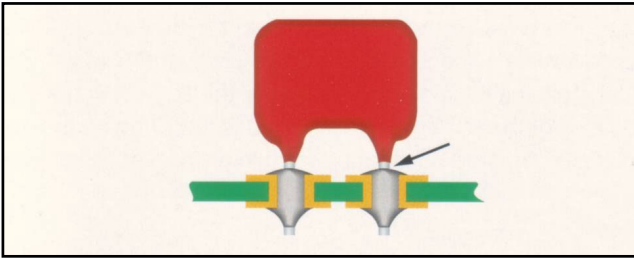


Abbildung 7-126

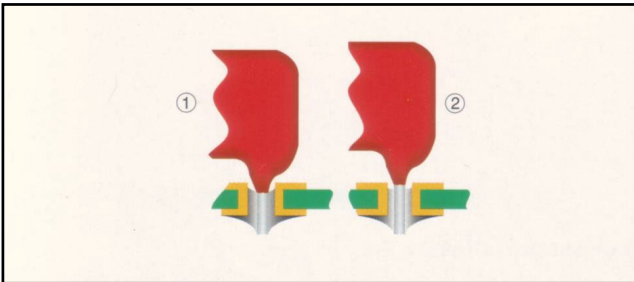


Abbildung 7-127

1. Klasse 1
2. Klasse 2, 3

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- 1,2 mm (0,048 in) Abstand zwischen Beschichtungsmeniskus und Lötstelle.

Zulässig Klasse 1

- Bauteile mit Beschichtungsmeniskus können mit dem Meniskus im Lot montiert werden, wenn folgendes erfüllt ist:
 - 360° Benetzung auf der Sekundärseite.
 - Der Beschichtungsmeniskus des Anschlusses ist in der Lötstelle auf der Sekundärseite nicht sichtbar.

Zulässig Klasse 2, 3

- Der Beschichtungsmeniskus befindet sich nicht im durchkontaktierten Loch; ein Abstand zwischen Meniskus und Lotfüllung ist erkennbar.

Prozessindikator - Klasse 2

- Der Beschichtungsmeniskus befindet sich im durchkontaktierten Loch, jedoch erfüllt die Lötverbindung die Anforderungen von Tabelle 7-6 oder 7-7.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Zeigt keine ausreichende Benetzung auf der Sekundärseite.



Abbildung 7-128

Unzulässig - Klasse 3

- Erfüllt nicht die Anforderungen von Tabelle 7-6 oder 7-7.
- Beschichtungsmeniskus befindet sich im durchkontaktierten Loch.
- Beschichtungsmeniskus ist in die Lötstelle eingebettet.

Anmerkung: Wenn für bestimmte Anwendungen gefordert, muss der Meniskus an den Bauteilen kontrolliert werden, um zu sichern, dass bei voll eingesetzten Bauteilen der Beschichtungsmeniskus nicht in das durchkontaktierte Loch der Baugruppe hineinreicht. (Beispiele: Hochfrequenzanwendungen, sehr dünne Leiterplatten).

7.5.5.8 Anschlussbeschneidung nach dem Löten

Die nachfolgenden Kriterien beziehen sich auf Leiterplatten-Baugruppen, bei denen die Anschlussdrähte nach dem Löten gekürzt wurden. Die Anschlussdrähte können nach dem Löten unter der Voraussetzung gekürzt werden, dass die Schneidwerkzeuge weder die Lötverbindung noch das Bauteil durch den physischen Schock beschädigen. Wenn das Schneiden nach dem Lötprozess durchgeführt wurde, sind die Lötverbindungen visuell bei 10-facher Vergrößerung zu inspizieren, um sicher zu sein, dass keine Beschädigung der Lötstellen vorliegt (z.B. gebrochene oder deformierte Lötstellen). Als eine Alternative zur visuellen Inspektion können die Lötverbindungen wieder aufgeschmolzen werden. Wenn der Wiederaufschmelzprozess vollzogen wurde, ist dieses als ein Teil des Lötprozesses und nicht als Nacharbeit zu betrachten. Diese Forderung ist nicht für solche Bauteile gültig, die so konstruiert sind, dass es vorgesehen ist, einen Teil des Bauteilanschlusses nach dem Löten zu entfernen (z.B. Verbindungsstreifen ausbrechen).

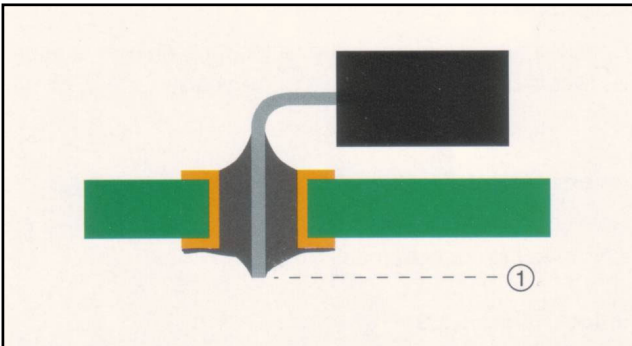


Abbildung 7-129
1. Anschlussdraht-Restlänge

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine Risse zwischen Anschlussdraht und Lot.
- Die Anschlussdraht-Restlänge (Protrusion) entspricht der Spezifikation.



Abbildung 7-130

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Auftreten von Rissen zwischen Anschlussdraht und Lotkegel.

7.5.5.9 Durchkontaktierte Löcher – Drahtisolation im Lot

Diese Forderungen werden angewendet, wenn die Lötverbindung die minimalen Anforderungen in Tab. 7-6 oder 7-7 erfüllt. Siehe 6.8 für Anforderungen für Isolationsüberzüge.

Dieser Abschnitt wird für Beschichtungen angewendet, die während des Lötprozesses bis in die Verbindungsstelle hineinreichen können, vorausgesetzt, dass das Material nicht korrosiv ist.

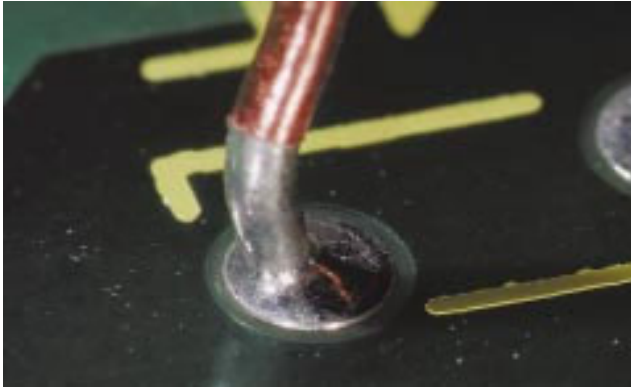


Abbildung 7-131

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Abstand von einem Drahtdurchmesser zwischen der Lötstelle und der Isolierung.



Abbildung 7-132

Zulässig - Klasse 1, 2

Prozessindikator - Klasse 3

- Die Beschichtung reicht auf der Primärseite (Bauteilseite) in die Lötverbindung hinein, aber auf der Sekundärseite (Lötseite) ist rundherum eine gute Benetzung zu erkennen.
- Die Beschichtung ist auf der Sekundärseite nicht sichtbar.

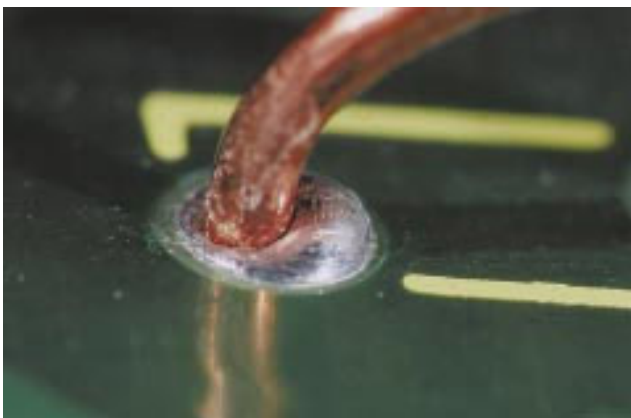


Abbildung 7-133

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötverbindung zeigt schlechte Benetzung und erfüllt nicht die minimalen Anforderungen in Tab. 7-6 oder 7-7.
- Die Beschichtung ist auf der Sekundärseite sichtbar.

7.5.5.10 Durchkontaktierte Löcher – Lagenverbindungen (Vias) - Ohne Bauteilanschlüsse

Durchkontaktierte Löcher für Lagenverbindungen, die dauerhaft oder zeitweilig mit Abdeckmasken versehen sind und deshalb nicht in Kontakt mit dem Lot kommen, müssen nicht mit Lot gefüllt werden. Durchkontaktierte Löcher oder Durchgangslöcher ohne Drähte müssen nach der Behandlung durch Wellen-, Tauch- oder Schleppplötanlagen die nachfolgenden Anforderungen erfüllen.

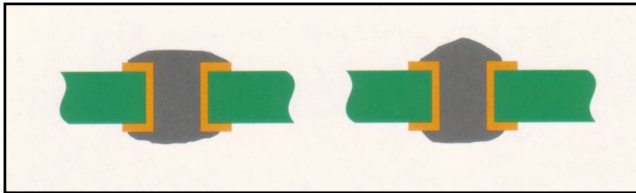


Abbildung 7-134

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Löcher sind komplett mit Lot gefüllt.
- Die Oberseite der Anschlussflächen zeigt gute Benetzung.

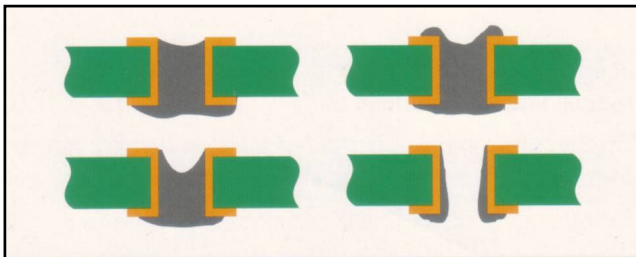


Abbildung 7-135

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lochwände sind mit Lot benetzt.

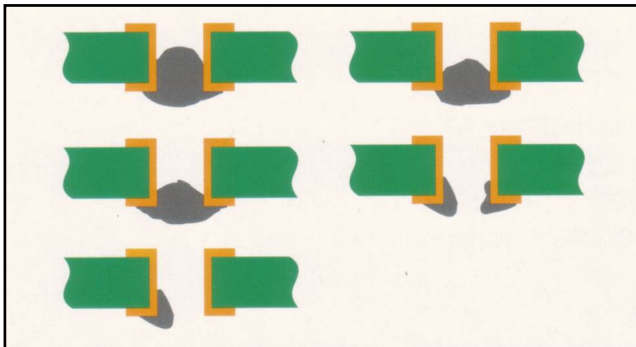


Abbildung 7-136

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Lochwände sind nicht mit Lot benetzt.

Anmerkung: Es gibt hierfür keine Fehlerbedingungen.

Anmerkung: Mit Lot überdeckte durchkontaktierte Löcher können möglicherweise Verunreinigungen einschließen, die schwierig zu entfernen sind, wenn Reinigung gefordert ist.

8 Oberflächenmontierte Baugruppen

Dieses Kapitel umfasst die Abnahmeanforderungen für die Herstellung oberflächenmontierter Baugruppen.

In diesem Standard wird der Begriff "Kunststoffbauteil" im allgemeinen Sinne verwendet, um den Unterschied zwischen Kunststoffbauteilen und Bauteilen aus anderen Materialien zu verdeutlichen, z.B. Keramik/Aluminium oder Metall (normalerweise hermetisch versiegelt).

Einige Maße wie z.B. die Lotspaltdicke sind nicht überprüfbar und werden durch Anmerkungen kenntlich gemacht.

Das Maß (G) ist die Höhe der Lötstelle von der Oberseite der Anschlussfläche bis zur Unterseite des Bauteilanschlusses. Das Maß (G) ist der vorrangige Parameter zur Bestimmung der Zuverlässigkeit einer Lötverbindung bei Bauteilen ohne Anschlussbeine oder Lotkugeln. Eine große Dicke (G) ist anzustreben. Zusätzliche Informationen bezüglich der Zuverlässigkeit von Verbindungen an oberflächenmontierten Bauteilen sind in IPC-D-279, IPC-SM-785 und IPC-9701 zu finden.

Zusätzlich zu den Anforderungen in diesem Kapitel müssen Lötverbindungen die Anforderungen gemäß Abschnitt 5 erfüllen.

8 Oberflächenmontierte Baugruppen (Fortsetzung)

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

8.1 Fixierkleber

8.2 SMT-Lötverbindungen

8.2.1 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten

- 8.2.1.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.1.2 Endüberhang (B)
- 8.2.1.3 Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.1.4 Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.1.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E)
- 8.2.1.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F)
- 8.2.1.7 Lotspaltdicke (G)
- 8.2.1.8 Endüberlappung (J)

8.2.2 Chip-Bauteile - Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten

- 8.2.2.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.2.2 Endüberhang (B)
- 8.2.2.3 Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.2.4 Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.2.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E)
- 8.2.2.6 Minimale Höhe Lötstelle (F)
- 8.2.2.7 Lotspaltdicke (G)
- 8.2.2.8 Endüberlappung (J)
- 8.2.2.9 Anschlussvarianten
 - 8.2.2.9.1 Platzierung in Seitenlage (Billboarding)
 - 8.2.2.9.2 Platzierung in Rückenlage
 - 8.2.2.9.3 Gestapelte Bauteile
 - 8.2.2.9.4 Grabsteineffekt / Tombstoning

8.2.3 Zylindrische Endkappenanschlüsse (MELF)

- 8.2.3.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.3.2 Endüberhang (B)
- 8.2.3.3 Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.3.4 Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.3.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E)
- 8.2.3.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F)
- 8.2.3.7 Lotspaltdicke (G)
- 8.2.3.8 Endüberlappung (J)

8.2.4 Anschlüsse mit Metallisierung in Einbuchtungen (LCC)

- 8.2.4.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.4.2 Endüberhang (B)
- 8.2.4.3 Minimale Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.4.4 Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.4.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E)
- 8.2.4.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F)
- 8.2.4.7 Lotspaltdicke (G)

8.2.5 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse

- 8.2.5.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.5.2 Spitzenüberhang (B)
- 8.2.5.3 Minimale Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.5.4 Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.5.5 Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E)

- 8.2.5.6 Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F)
- 8.2.5.7 Lotspaltdicke (G)
- 8.2.5.8 Koplanarität

8.2.6 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse

- 8.2.6.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.6.2 Spitzenüberhang (B)
- 8.2.6.3 Minimale Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.6.4 Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.6.5 Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E)
- 8.2.6.6 Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F)
- 8.2.6.7 Lotspaltdicke (G)
- 8.2.6.8 Minimale seitliche Lötstellenhöhe (Q)
- 8.2.6.9 Koplanarität

8.2.7 „J“-förmige Anschlüsse

- 8.2.7.1 Seitenüberhang (A)
- 8.2.7.2 Spitzenüberhang (B)
- 8.2.7.3 Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.7.4 Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.7.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E)
- 8.2.7.6 Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F)
- 8.2.7.7 Lotspaltdicke (G)
- 8.2.7.8 Koplanarität

8.2.8 Stoßlötstellen (Butt-/I-Anschlüsse)

- 8.2.8.1 Maximaler Seitenüberhang (A)
- 8.2.8.2 Maximaler Spitzenüberhang (B)
- 8.2.8.3 Minimale Endbreite der Lötstelle (C)
- 8.2.8.4 Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)
- 8.2.8.5 Maximale Höhe der Lötstelle (E)
- 8.2.8.6 Minimale Höhe der Lötstelle (F)
- 8.2.8.7 Lotspaltdicke (G)

8.2.9 Flache Lötflächen-Anschlüsse

8.2.10 Hoch aufragende Bauteile mit Anschlüssen nur auf der Unterseite

8.2.11 Nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse

8.2.12 BGA (Ball Grid Array) = Oberflächenmontage-Bauteile mit Anschlüssen im Flächenrasster auf der Unterseite

- 8.2.12.1 Platziergenauigkeit
- 8.2.12.2 Lotkugelabstand
- 8.2.12.3 Lötverbindungen
- 8.2.12.4 Poren
- 8.2.12.5 Unterfüllung / Fixierklebung

8.2.13 Plastik-Quad Flat Pack – keine Anschlussbeine (PQFN)

8.2.14 Bauteile mit lötbaren Kühlflächen auf der Unterseite

8.1 Fixierkleber

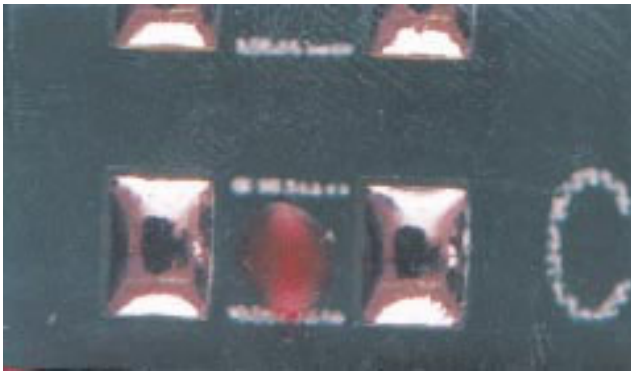


Abbildung 8-1

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Auf den lötbaren Oberflächen im Anschlussbereich ist kein Kleber vorhanden.
- Der Kleber ist zwischen den Anschlussflächen zentriert.

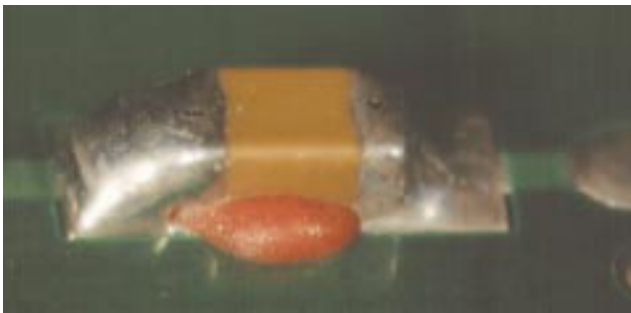


Abbildung 8-2

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

- Klebmaterial, welches unter dem Bauteil hervortritt, ist in der Anschlussfläche sichtbar, jedoch erfüllt die Breite der Lötstelle die minimalen Anforderungen.

Unzulässig - Klasse 3

- Klebmaterialien, welche unter dem Bauteil hervortreten, sind in den Anschlussflächen sichtbar.

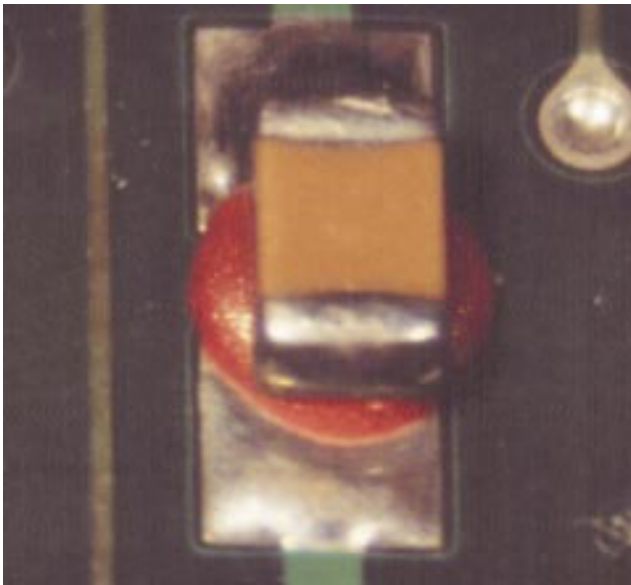


Abbildung 8-3

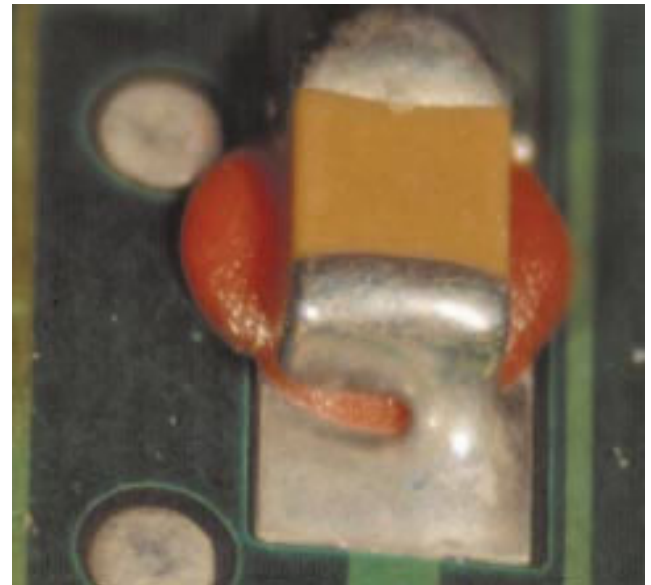


Abbildung 8-4

8.2 SMT-Lötverbindungen

SMT-Lötverbindungen müssen die Kriterien nach 8.2.1 bis 8.2.14 erfüllen, je nach Anwendbarkeit.

8.2.1 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten

Diskrete Chip-Bauteile, Chip-Carrier ohne Anschlussbeine und andere Bauteile, die metallisierte Anschlüsse nur auf der Unterseite haben, müssen die Anforderungen an Abmessungen und Löthöhe erfüllen, die untenstehend für jede Produktklasse aufgeführt sind. Die Breite von Bauteilanschlussbereich und Lötfläche sind jeweils (W) und (P), und der Anschlussüberhang beschreibt den Fall, bei dem die kleinere Abmessung über die größere hinausgeht (d.h. W oder P).

Tabelle 8-1 Abmessungsanforderungen für Chip-Bauteile mit Anschlüssen nur unten

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) oder 50% (P), je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1		25% (W) oder 25% (P), je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1
Maximaler Endüberhang	B	Nicht zulässig		
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% (W) oder 50% (P), je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1		75% (W) oder 75% (P), je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3		
Maximale Höhe der Lötstelle	E	Anmerkung 3		
Minimale Höhe der Lötstelle	F	Anmerkung 3		
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Minimale Endüberlappung	J	Erforderlich		
Bauteilanschlusslänge	L	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite	P	Anmerkung 2		
Anschlussbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Sichtbar gute Benetzung.

8.2.1.1 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Seitenüberhang (A)

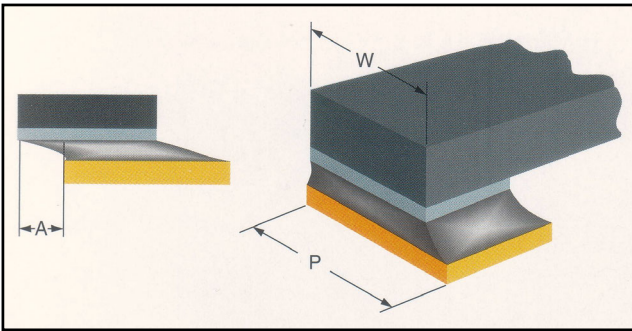


Abbildung 8-5

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Seitenüberhang (A) ist geringer oder gleich 50% der Breite des Bauteilanschlussbereiches (W) oder 50% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem was geringer ist.

Zulässig - Klasse 3

- Seitenüberhang (A) ist geringer oder gleich 25% der Breite des Bauteilanschlussbereiches (W) oder 25% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem was geringer ist.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Seitenüberhang (A) ist größer als 50% der Breite des Bauteilanschlusses (W) oder 50% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem was geringer ist.

Unzulässig - Klasse 3

- Seitenüberhang (A) ist größer als 25% der Breite des Bauteilanschlusses (W) oder 25% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem was geringer ist.

8.2.1.2 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Endüberhang (B)

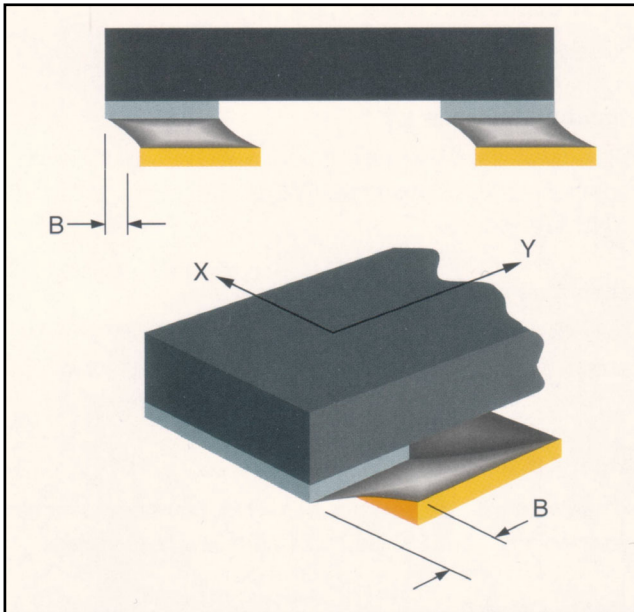


Abbildung 8-6

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Endüberhang (B) in Y-Richtung ist nicht zulässig.

8.2.1.3 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Endbreite der Lötstelle (C)

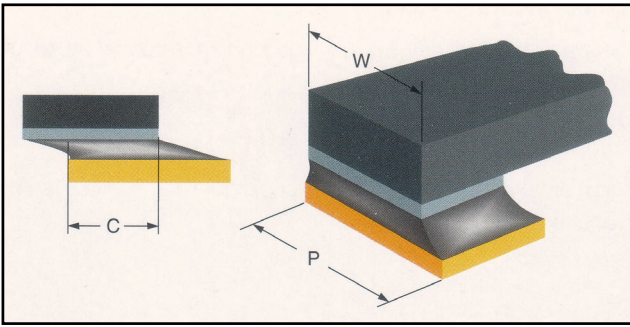


Abbildung 8-7

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich der Bauteilanschlussbreite (W) oder der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 50% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

Zulässig - Klasse 3

- Minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt 75% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 75% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder weniger als 50% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 3

- Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 75% der Bauteilanschlussbreite (W) oder weniger als 75% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

8.2.1.4 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Seitenlänge der Lötstelle (D)

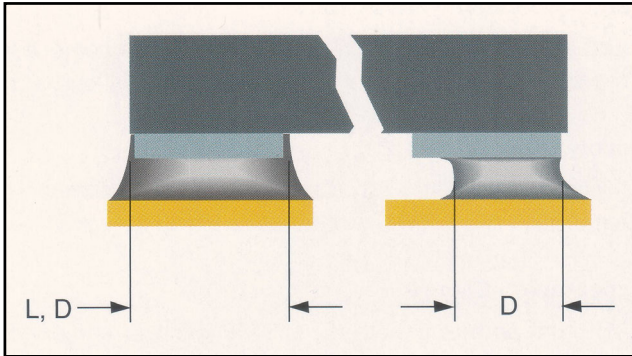


Abbildung 8-8

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Seitenlänge der Lötstelle (D) ist gleich der Bauteilanschlusslänge.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Jede Seitenlänge der Lötstelle (D) ist zulässig, wenn alle sonstigen Lötstellenparameter den Anforderungen entsprechen.

8.2.1.5 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Maximale Höhe der Lötstelle (E)

Die maximale Höhe (E) ist für die Klassen 1, 2, 3 nicht festgelegt.

8.2.1.6 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Minimale Höhe der Lötstelle (F)

Die minimale Höhe (F) ist für die Klassen 1, 2, 3 nicht festgelegt. Jedoch weist die Lotfüllung eine sichtbar gute Benetzung auf.

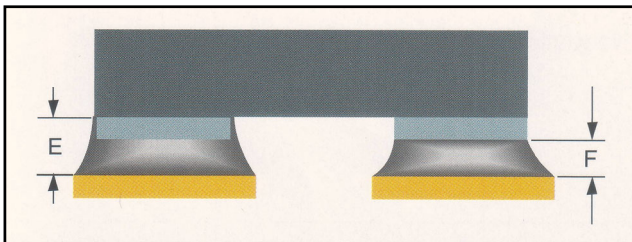


Abbildung 8-9

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine ausreichende Benetzung sichtbar.

8.2.1.7 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Lotspaltdicke (G)

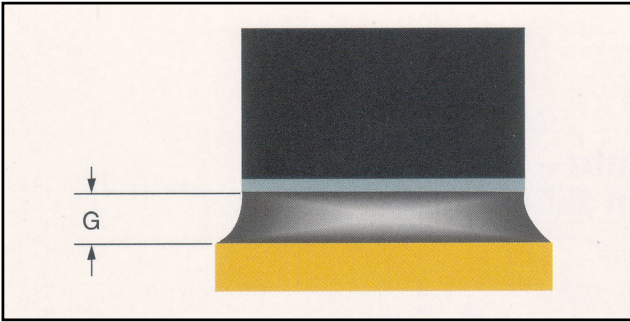


Abbildung 8-10

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Sichtbar gute Benetzung.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Benetzung ist nicht sichtbar.

8.2.1.8 Chip-Bauteile – Anschlüsse nur unten - Endüberlappung (J)

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Deutlich sichtbare Überlappung (J) zwischen Bauteilanschluss und Anschlussfläche ist erforderlich.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ungenügende Endüberlappung.

8.2.2 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten

Diese Kriterien treffen nur auf Bauteile wie Chip-Widerstände, Chip-Kondensatoren und rechteckig endende MELF-Bauteile zu.

Lötstellen bei Bauteilen mit rechteckigen oder quadratischen Anschlüssen müssen hinsichtlich Abmessungen und Höhe die Anforderungen erfüllen, die nachfolgend für jede Produktklasse aufgeführt sind. Bei einseitigen Bauteilanschlüssen ist die Lötseite die vertikale Vorderseite des Bauteils.

Tabelle 8-2 Abmessungskriterien – Chip-Bauteile - Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) oder 50% (P) je nach dem was geringer ist; Anmerkung 1		25% (W) oder 25% (P) je nach dem was geringer ist; Anmerkung 1
Endüberhang	B	Nicht zulässig		
Minimale Endbreite der Lötstelle, Anmerkung 5	C	50% (W) oder 50% (P), je nach dem was geringer ist		75% (W) oder 75% (P), je nach dem was geringer ist
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3		
Maximale Höhe der Lötstelle	E	Anmerkung 4		
Minimale Höhe der Lötstelle	F	Benetzung ist sichtbar auf den vertikalen Oberflächen der Bauteilanschlüsse. Anmerkung 6.		(G) + 25% (H) oder (G) + 0,5 mm [0,02 in], je nach dem was geringer ist, Anmerkung 6
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Bauteilanschlusshöhe	H	Anmerkung 2		
Minimale Endüberlappung	J	Erforderlich		
Anschlussflächenbreite	P	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite	W	Anmerkung 2		
Seitliche Montage / Billboarding, Anmerkungen 7, 8				
Verhältnis Breite zu Höhe		Überschreitet nicht 2:1		
Endkappe und Anschlussflächenbenetzung		100% Lötflächenbenetzung mit den metallisierten Enden der Kontaktbereiche		
Minimale Endüberlappung	J	100%		
Maximaler Seitenüberhang	A	Nicht zulässig		
Endüberhang	B	Nicht zulässig		
Maximale Bauteilgröße		Keine Begrenzung		1206
Bauteilanschlussoberflächen		Drei oder mehr		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Sichtbar gute Benetzung.

Anmerkung 4: Die maximale Lötfüllung kann über die Lötfläche und/oder bis zum oberen Ende der Metallisierung der Abschlusskappe überhängen; jedoch breitet sich das Lot nicht weiter auf die Oberseite des Bauteilkörpers aus.

Anmerkung 5: (C) wird gemessen an der schmalsten Stelle der Lötstelle.

Anmerkung 6: Designs mit Durchkontaktierungen in der Lötfläche können von der Erfüllung dieser Kriterien ausgenommen werden. Die Abnahmeanforderungen für diese Lötstellen müssen zwischen Hersteller und Kunde definiert werden.

Anmerkung 7: Diese Kriterien gelten für Chip-Bauteile, die während der Fertigung auf die schmale Kante kippen (drehen) können.

Anmerkung 8: Diese Merkmale können bei gewissen hohen Frequenzen oder bei starken Vibrationen unzulässig sein.

8.2.2.1 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Seitenüberhang (A)

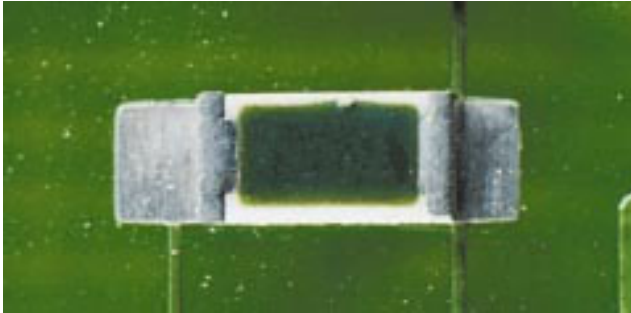


Abbildung 8-11

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

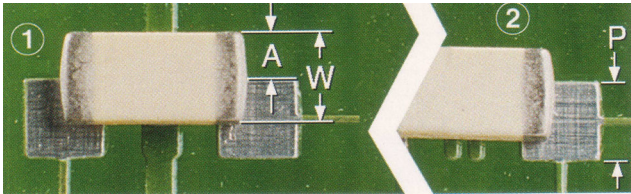


Abbildung 8-12

1. Klasse 1, 2
2. Klasse 3

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) beträgt nicht mehr als 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 50% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

Zulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) beträgt nicht mehr als 25% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 25% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

8.2.2.1 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Seitenüberhang (A) (Fortsetzung)

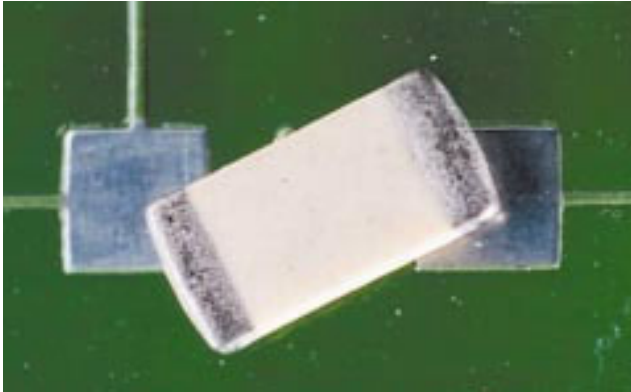


Abbildung 8-13

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 50% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 25% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 25% der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

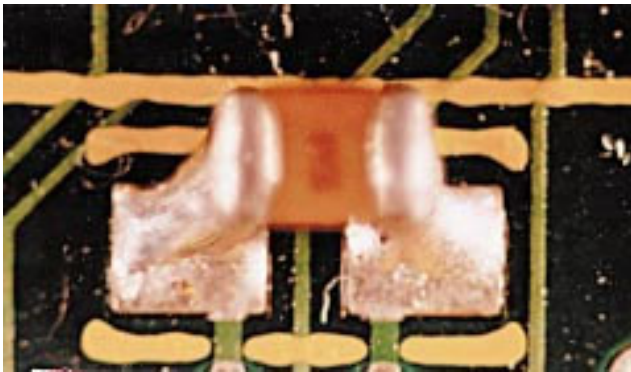


Abbildung 8-14

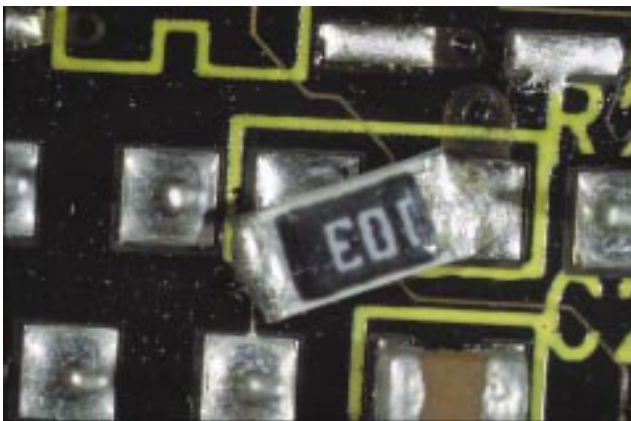


Abbildung 8-15

8.2.2.2 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Endüberhang (B)

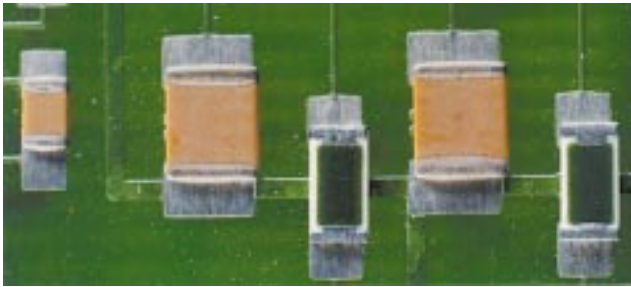


Abbildung 8-16

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Endüberhang.

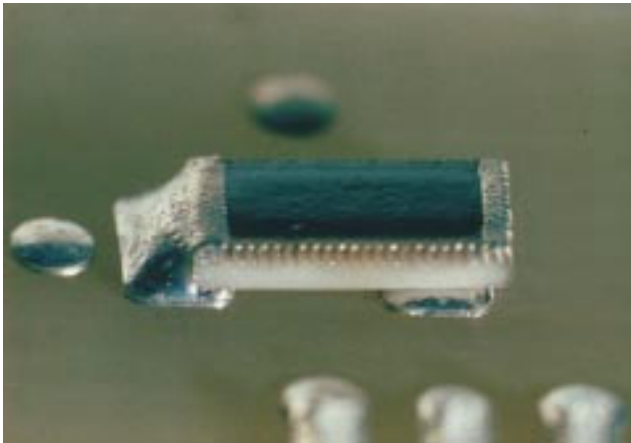


Abbildung 8-17

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteilanschluss ragt über die Lötfläche hinaus.

8.2.2.3 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Endbreite der Lötstelle (C)

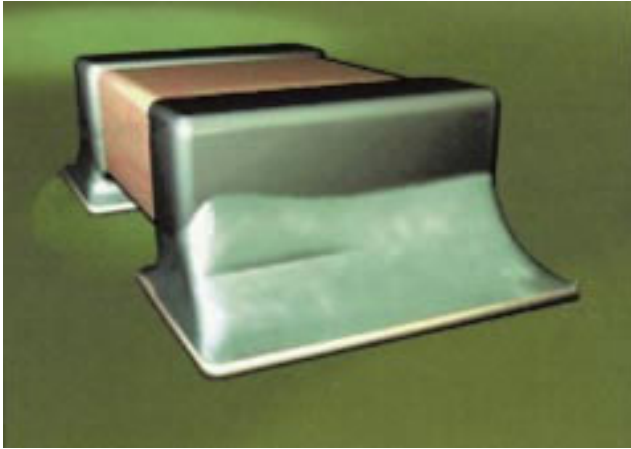


Abbildung 8-18

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich der Bauteilanschlussbreite (W) oder der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

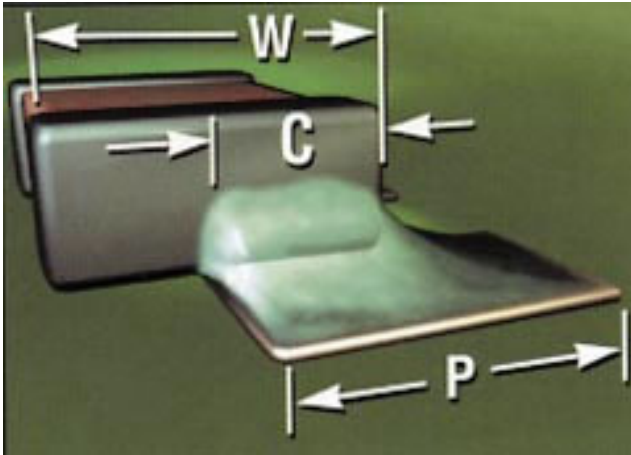


Abbildung 8-19

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

8.2.2.3 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Endbreite der Lötstelle (C) (Fortsetzung)

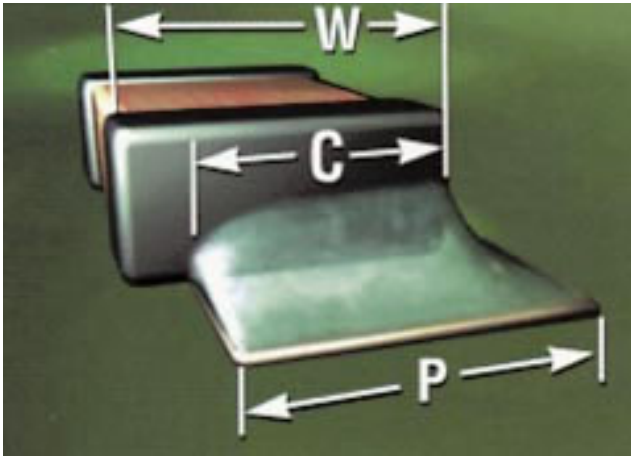


Abbildung 8-20

Zulässig - Klasse 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 75% der Bauteilanschlussbreite (W) oder der Anschlussflächenbreite (P), je nachdem welche kleiner ist.

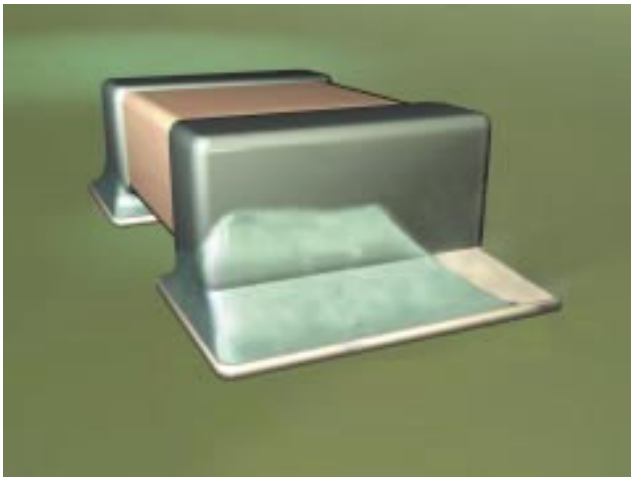


Abbildung 8-21

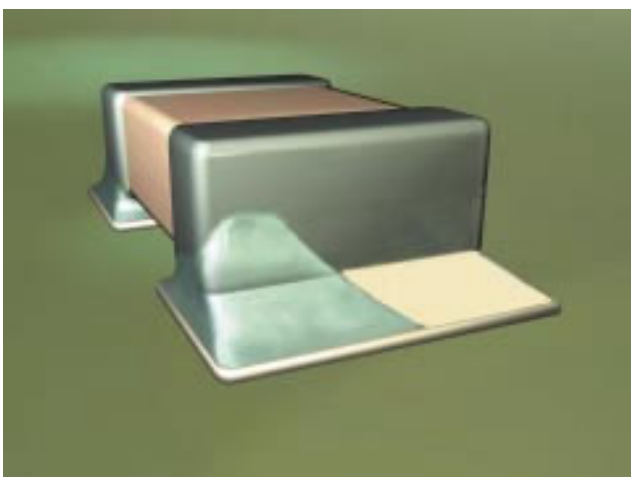


Abbildung 8-22

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist kleiner als das zulässige Minimum.

8.2.2.4 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Seitenlänge der Lötstelle (D)

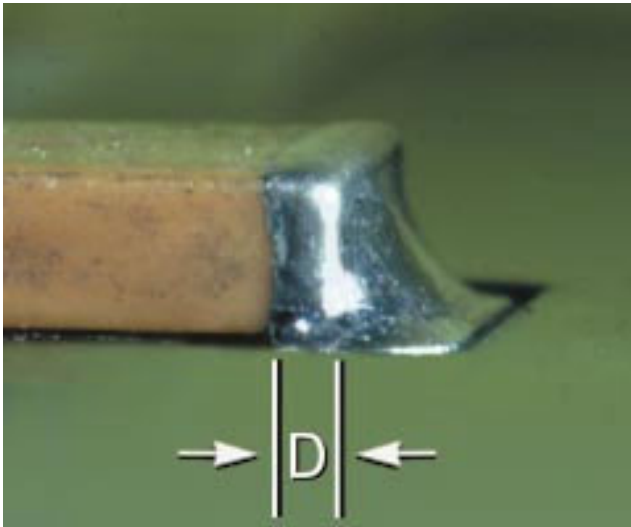


Abbildung 8-23

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) ist gleich der Bauteilanschlusslänge (T).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) ist nicht festgelegt. Jedoch ist eine gute Benetzung sichtbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Benetzung ist nicht sichtbar.

8.2.2.5 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Maximale Höhe der Lötstelle (E)

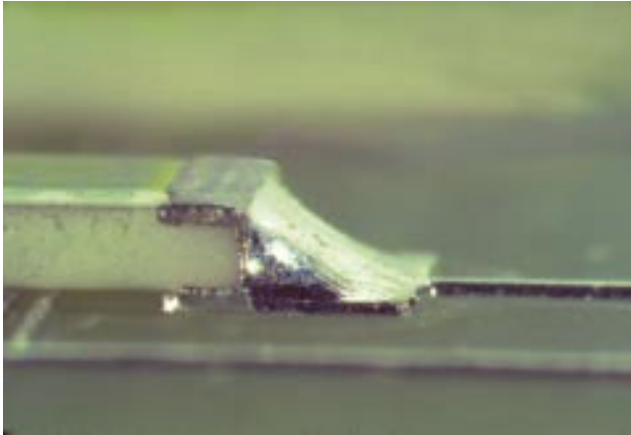


Abbildung 8-24

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Maximale Höhe der Lötstelle (E) ist Lotspaltdicke (G) plus Bauteilanschlusshöhe (H).

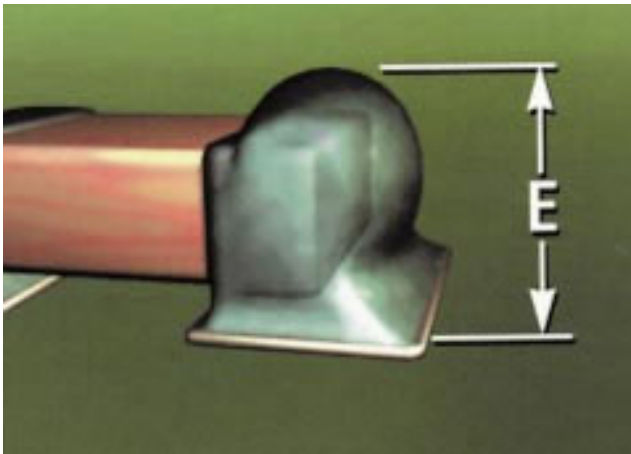


Abbildung 8-25

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die maximale Höhe der Lötstelle (E) kann über die Anschlussfläche hinausragen und/oder bis auf die Metallisierung der oberen Abschlusskappe reichen, jedoch nicht auf die Oberseite des Bauteilkörpers.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot reicht bis auf die Oberseite des Bauteilkörpers.

8.2.2.6 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Minimale Höhe der Lötstelle (F)

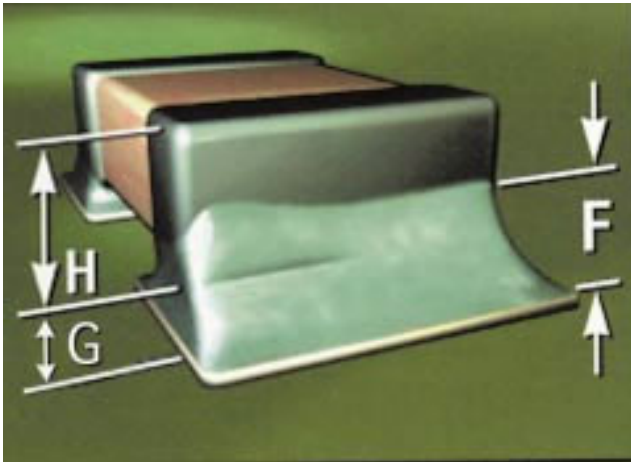


Abbildung 8-26

Zulässig - Klasse 1, 2

- Eine gute Benetzung der vertikalen Bauteilanschlussfläche ist sichtbar.

Zulässig - Klasse 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) entspricht der minimalen Lotspaltdicke (G) plus 25% der Bauteilanschlusshöhe (H), oder (G) plus 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

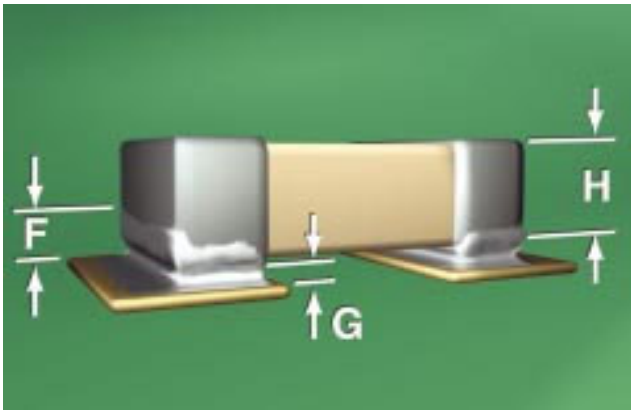


Abbildung 8-27

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die vertikale Bauteilanschlussfläche weist keine gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) beträgt weniger als die minimale Lotspaltdicke (G) plus 25% der Bauteilanschlusshöhe (H), oder Lotspaltdicke (G) plus 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

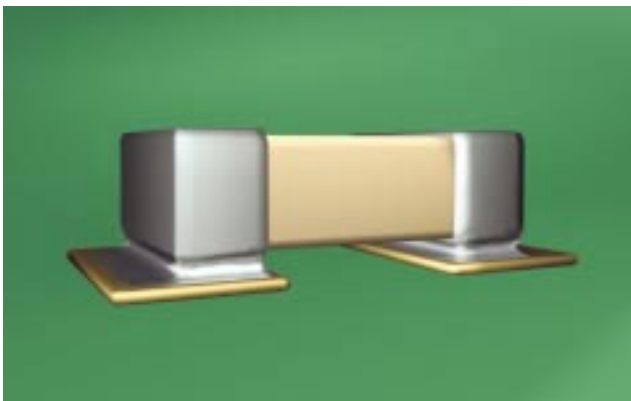


Abbildung 8-28

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Unzureichende Höhe der Lötstelle.
- Eine gute Benetzung ist nicht sichtbar.

8.2.2.7 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Lotspaltdicke (G)

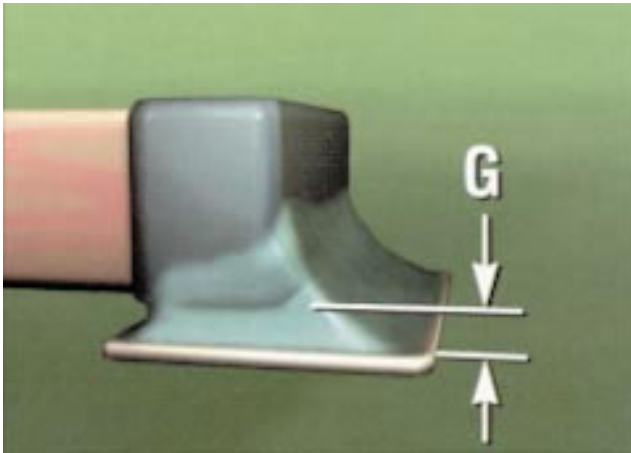


Abbildung 8-29

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine gute Benetzung im Lotspalt ist sichtbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine gute Benetzung im Lotspalt ist nicht sichtbar.

8.2.2.8 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Endüberlappung (J)

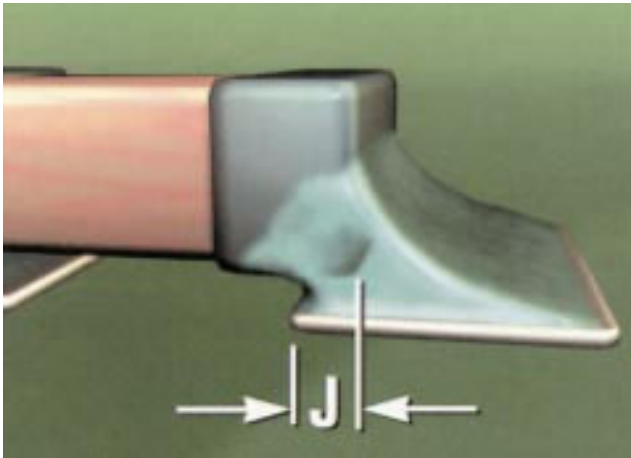


Abbildung 8-30

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine Überlappung (J) von Bauteilanschluss und Anschlussfläche ist erforderlich.



Abbildung 8-31

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ungenügende Endüberlappung.

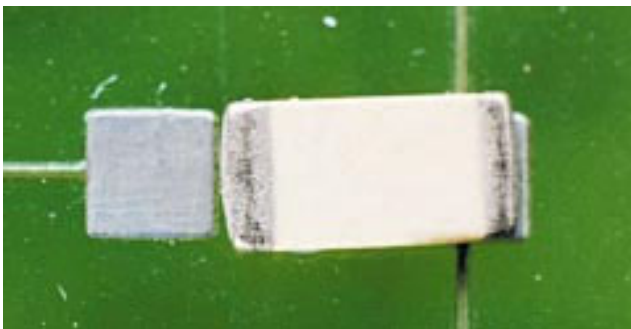


Abbildung 8-32

8.2.2.9 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Anschlussvarianten

8.2.2.9.1 Chip-Bauteile – Anschlussvarianten - Platzierung in Seitenlage (Billboarding)

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen für Chip-Bauteile fest, die sich während der Fertigung auf die Schmalseite gedreht haben.

Diese Kriterien können für bestimmte Anwendungen mit hochfrequenten Schwingungen oder starken Erschütterungen unzulässig sein.

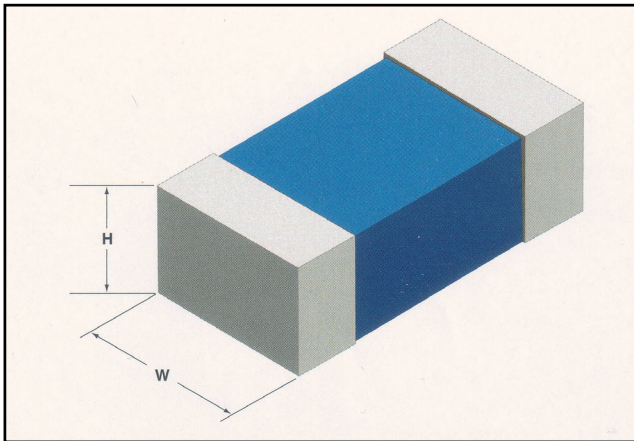


Abbildung 8-33

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Verhältnis von Breite (W) zu Höhe (H) ist nicht größer als 2:1, siehe Abbildung 8-33.
- Vollständige Benetzung der Anschlussfläche und der Endkappenmetallisierung.
- 100%ige Überlappung des Bauteilanschlusses und der Anschlussfläche.
- Das Bauteil hat 3 oder mehr Anschlussflächen(metallisierungen).
- Auf den drei vertikalen Flächen des Bauteilanschlusses ist eine gute Benetzung sichtbar.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Das Bauteil kann größer als Bauform 1206 sein.

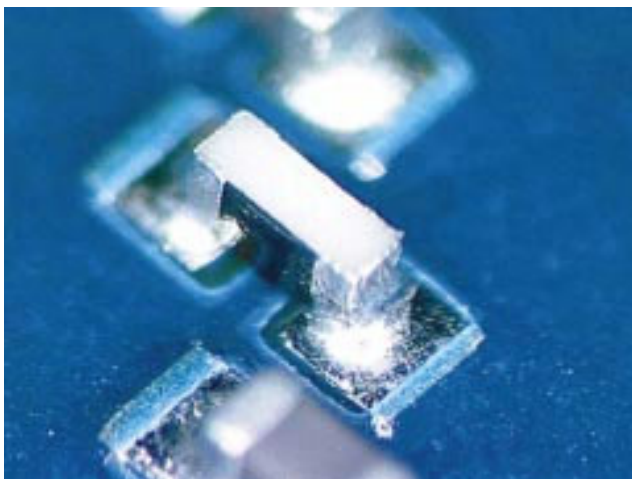


Abbildung 8-34

8.2.2.9.1 Chip-Bauteile – Anschlussvarianten - Platzierung in Seitenlage (Billboarding) (Fortsetzung)



Abbildung 8-35

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Verhältnis von Breite (W) zu Höhe (H) ist größer als 2:1.
- Unvollständige Benetzung von der Anschlussfläche und der Endkappenmetallisierung.
- Weniger als 100%ige Überlappung des Bauteilanschlusses und der Anschlussfläche.
- Das Bauteil hängt über das Ende oder die Seite der Anschlussfläche.
- Das Bauteil hat weniger als drei Metallisierungsflächen am Bauteilanschluss.

Unzulässig - Klasse 3

- Bauteil ist größer als Bauform 1206.

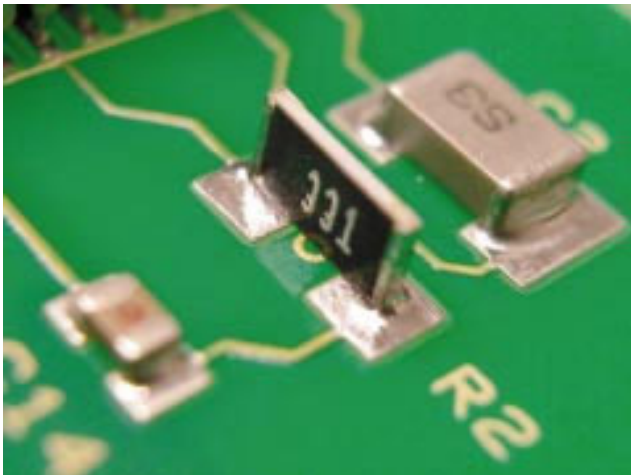


Abbildung 8-36

8.2.2.9.2 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Anschlussvarianten - Platzierung in Rückenlage

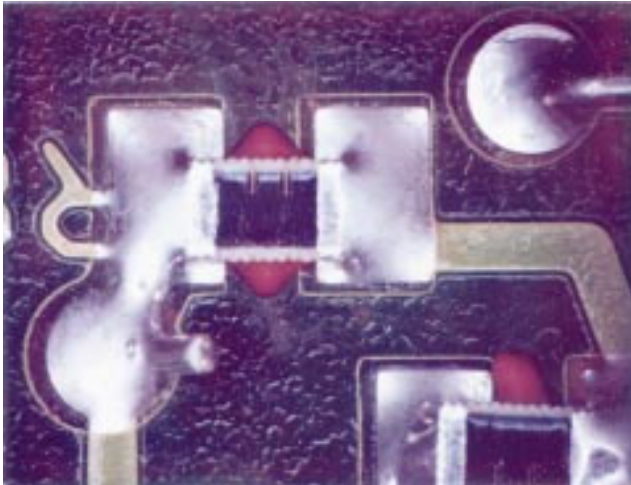


Abbildung 8-37

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Das Funktionselement des Chip-Bauteils ist von der Leiterplatte weg platziert (sichtbar).

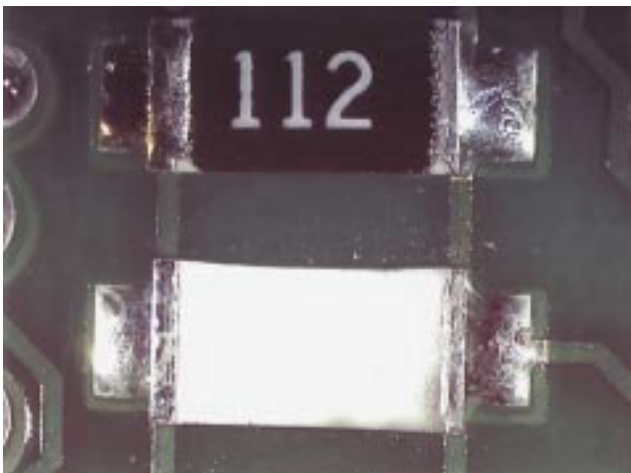


Abbildung 8-38

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Das Funktionselement des Chip-Bauteils ist zur Leiterplatte hin platziert (nicht sichtbar).

8.2.2.9.3 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Anschlussvarianten - Gestapelte Bauteile

Diese Kriterien sind anzuwenden, wenn eine Stapelung erforderlich ist.

Bei gestapelten Bauteilen sind die oberen Anschlussflächen eines Bauteils jeweils die Anschlussflächen für das nächst höhere Bauteil.

Die Stapelreihenfolge gemischter Bauteiltypen wie Kondensatoren, Widerstände etc. muss vom Design festgelegt werden.

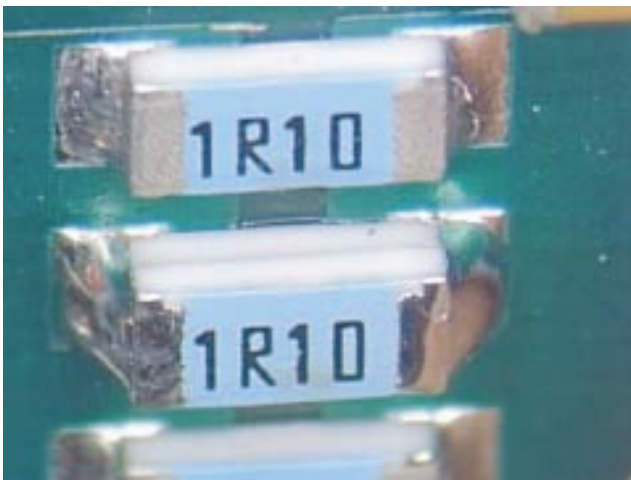


Abbildung 8-39

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Wenn nach der Zeichnung zulässig.
- Alle Bauteile erfüllen die Kriterien von Tabelle 8-2, Eigenschaften B bis W, für die betreffende Abnahmeklasse.
- Der Seitenüberhang behindert nicht die Ausbildung der erforderlichen Lötstellen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gestapelte Teile, wenn nicht in der Zeichnung gefordert.
- Bauteile erfüllen nicht die Kriterien von Tabelle 8-2, Eigenschaften B bis W, für die betreffende Abnahmeklasse.
- Der Seitenüberhang behindert die Ausbildung der erforderlichen Lötstellen.

8.2.2.9.4 Chip-Bauteile – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten - Anschlussvarianten - Grabsteineffekt (Tombstoning)



Abbildung 8-40

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Chip-Bauteile stehen auf ihrem Anschlussende (Grabsteineffekt/Tombstoning).

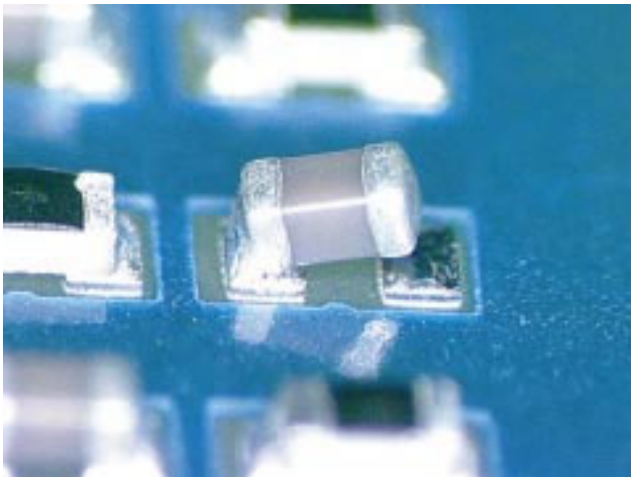


Abbildung 8-41

8.2.3 Zylindrische Endkappenanschlüsse (MELF)

Lötverbindungen an Bauteilen mit zylindrischen Anschlusskappen müssen die Abmessungen der Lötstellenanforderungen für die jeweilige Produktklasse erfüllen.

Tabelle 8-3 Abmessungskriterien – Zylindrische Endkappenanschlüsse (MELF)

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	25% (W) oder 25% (P), je nach dem was geringer ist; Anmerkung 1		
Endüberhang	B	Nicht zulässig		
Minimale Endbreite der Lötstelle, Anmerkung 2	C	Anmerkung 4	50% (W) oder 50% (P), je nach dem was geringer ist	
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkungen 4, 6	50% (R) oder 50% (S), je nachdem was geringer ist; Anmerkung 6	75% (R) oder 75% (S), je nachdem was geringer ist; Anmerkung 6
Maximale Höhe der Lötstelle	E	Anmerkung 5		
Minimale Höhe der Lötstelle (Ende und seitlich)	F	Benetzung ist erkennbar an den vertikalen Bauteilanschlussflächen Anmerkung 7		(G) + 25% (W) oder (G) + 1,0 mm [0.0394 in], je nachdem was geringer ist. Anmerkung 7
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 4		
Minimale Endüberlappung	J	Anmerkungen 4, 6	50% (R) Anmerkung 6	75% (R) Anmerkung 6
Anschlussflächenbreite	P	Anmerkung 3		
Anschluss-/Metallisierungslänge	R	Anmerkung 3		
Länge der Anschlussfläche	S	Anmerkung 3		
Bauteilanschlussdurchmesser	W	Anmerkung 3		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: (C) wird gemessen an der schmalsten Seite der Lötstelle

Anmerkung 3: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 4: Sichtbar gute Benetzung.

Anmerkung 5: Die Lötstelle darf über die Anschlussfläche hinausragen und/oder bis auf die obere Bauteilanschlussfläche reichen, jedoch nicht die Oberseite des Bauteilkörpers berühren.

Anmerkung 6: Trifft nicht auf Bauteile zu, die ausschließlich Endkappenanschlüsse haben.

Anmerkung 7: Designs mit Durchkontaktierungen (Vias) in Anschlussfläche können die Erfüllung dieser Kriterien ausschließen. Abnahmeanforderungen müssen zwischen Kunden und Hersteller vereinbart werden.

8.2.3.1 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Seitenüberhang (A)

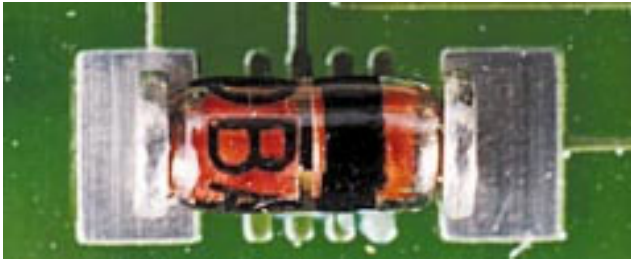


Abbildung 8-42

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

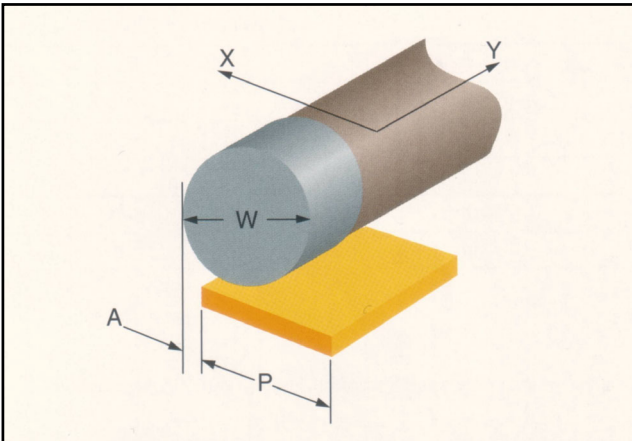


Abbildung 8-43

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Seitenüberhang (A) beträgt weniger als 25% des Bauteildurchmessers (W) oder der Breite der Anschlussfläche (P), je nachdem welches Maß kleiner ist.

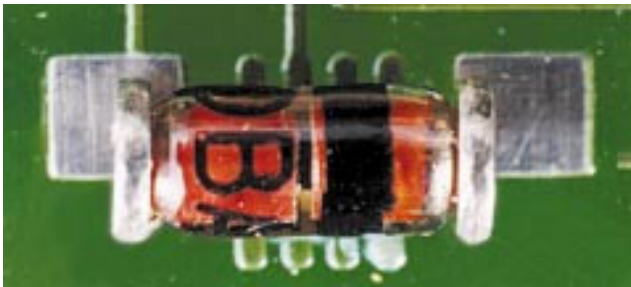


Abbildung 8-44

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 25% des Bauteildurchmessers (W) oder der Breite der Anschlussfläche (P), je nachdem welches Maß kleiner ist.

8.2.3.2 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Endüberhang (B)

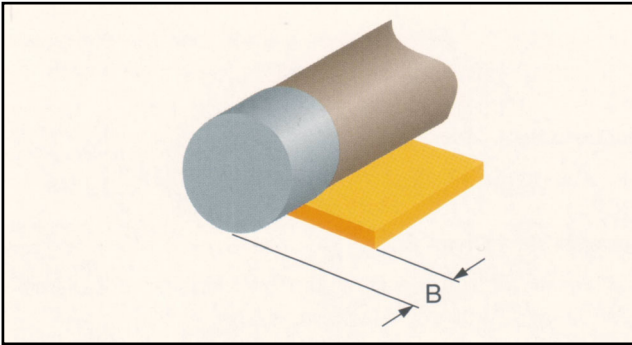


Abbildung 8-45

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Endüberhang (B).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Jeglicher Endüberhang (B).

8.2.3.3 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Endbreite der Lötstelle (C)

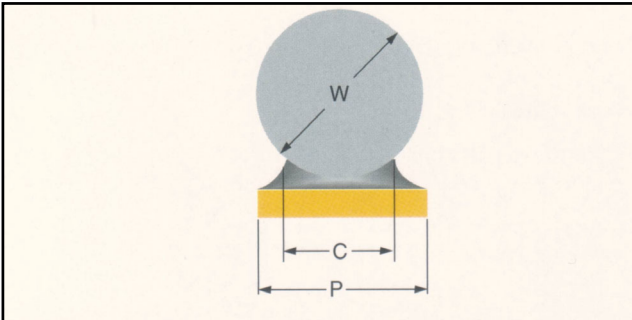


Abbildung 8-46



Abbildung 8-47



Abbildung 8-48

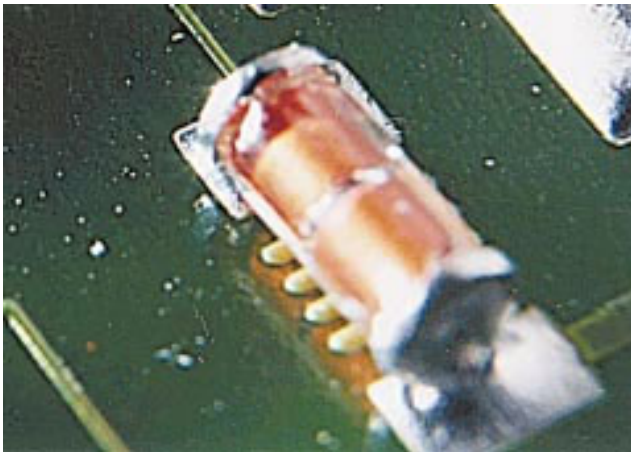


Abbildung 8-49

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich oder größer als der Bauteildurchmesser (W) oder die Breite der Anschlussfläche (P), je nachdem welches Maß kleiner ist.

Zulässig - Klasse 1

- Die Endbreite der Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Zulässig - Klasse 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 50% des Bauteildurchmessers (W) oder 50% der Breite der Anschlussfläche (P), je nachdem welches Maß kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 1

- Die Endbreite der Lötstelle weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 50% des Bauteildurchmessers (W) oder als 50% der Breite der Anschlussfläche (P), je nachdem welches Maß kleiner ist.

8.2.3.4 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Seitenlänge der Lötstelle (D)

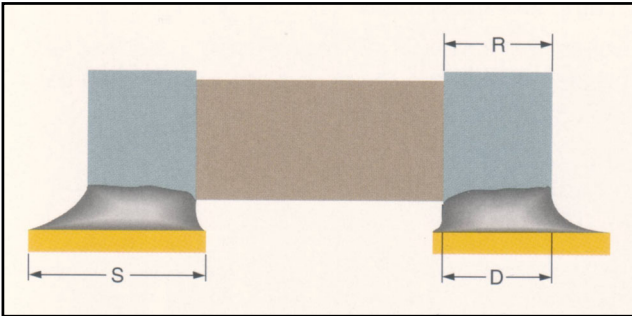


Abbildung 8-50



Abbildung 8-51

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) ist gleich der Länge des Bauteilanschlusses (R) oder der Länge der Anschlussfläche (S), je nachdem welche kleiner ist.

Zulässig - Klasse 1

- Die Seite der Lötstelle (D) weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Zulässig - Klasse 2

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) beträgt mindestens 50% der Länge des Bauteilanschlusses (R) oder der Länge der Anschlussfläche (S), je nachdem welche kleiner ist.

Zulässig - Klasse 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) beträgt mindestens 75% der Länge des Bauteilanschlusses (R) oder der Länge der Anschlussfläche (S), je nachdem welche kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 1

- Die Seite der Lötstelle (D) weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 2

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) beträgt weniger als 50% der Länge des Bauteilanschlusses (R) oder der Länge der Anschlussfläche (S), je nachdem welche kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) beträgt weniger als 75% der Länge des Bauteilanschlusses (R) oder der Länge der Anschlussfläche (S), je nachdem welche kleiner ist.

8.2.3.5 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Maximale Höhe der Lötstelle (E)

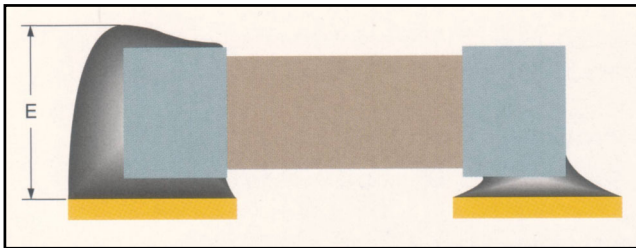


Abbildung 8-52

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstelle darf über die Anschlussfläche hinausragen und/oder bis auf die obere Bauteilanschlussfläche reichen, jedoch nicht die Oberseite des Bauteilkörpers berühren.

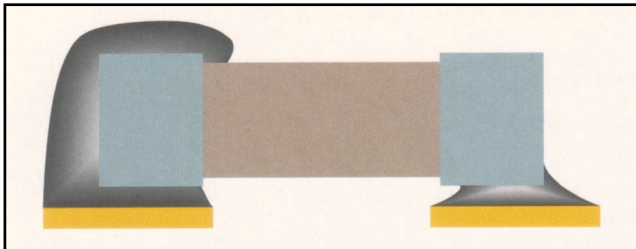


Abbildung 8-53

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot reicht bis auf den Bauteilkörper.

8.2.3.6 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Minimale Höhe der Lötstelle (F)

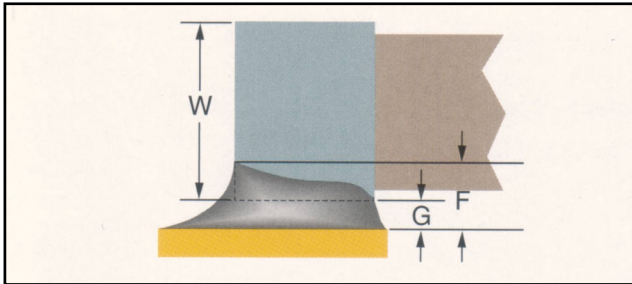


Abbildung 8-54

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Lötstelle (F) weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Zulässig - Klasse 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) entspricht der Lotspaltdicke (G) plus 25% vom Durchmesser (W) der Bauteilendkappe oder 1,0 mm (0,039 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

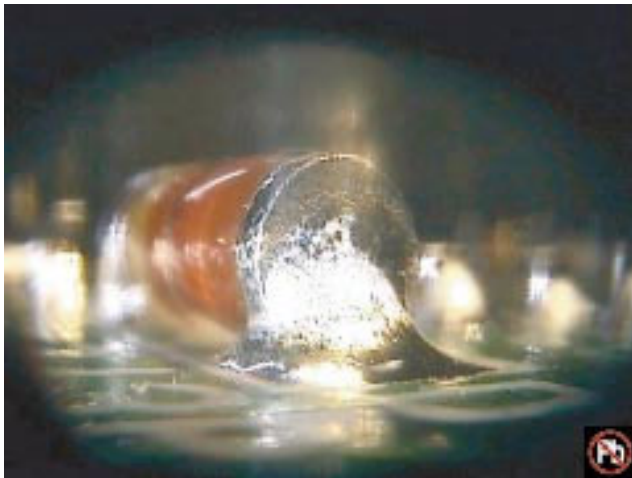


Abbildung 8-55

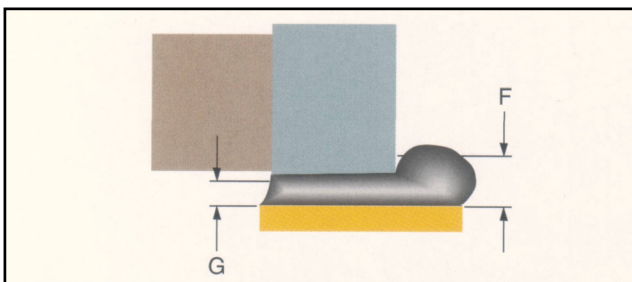


Abbildung 8-56

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstelle (F) weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) ist geringer als die Lotspaltdicke (G) plus 25% vom Durchmesser (W) der Bauteilendkappe oder als 1,0 mm (0,039 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

8.2.3.7 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Lotspaltdicke (G)

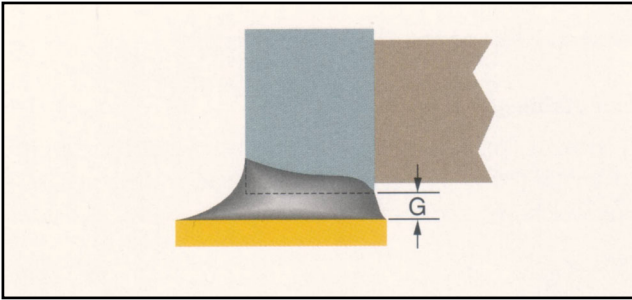


Abbildung 8-57

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine gute Benetzung ist sichtbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine gute Benetzung ist nicht sichtbar.

8.2.3.8 Zylindrische Endkappenanschlüsse – Endüberlappung (J)

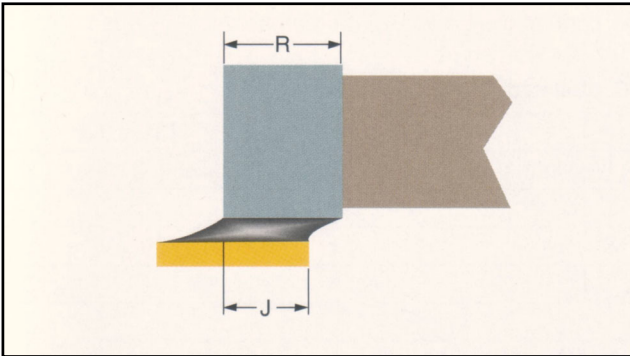


Abbildung 8-58

Zulässig - Klasse 1

- Eine gute Benetzung ist sichtbar.

Zulässig - Klasse 2

- Die Endüberlappung (J) zwischen Bauteileanschluss und Anschlussfläche beträgt mindestens 50% der Länge des Bauteilanschlusses (R).

Zulässig - Klasse 3

- Die Endüberlappung (J) zwischen Bauteileanschluss und Anschlussfläche beträgt mindestens 75% der Länge des Bauteilanschlusses (R).

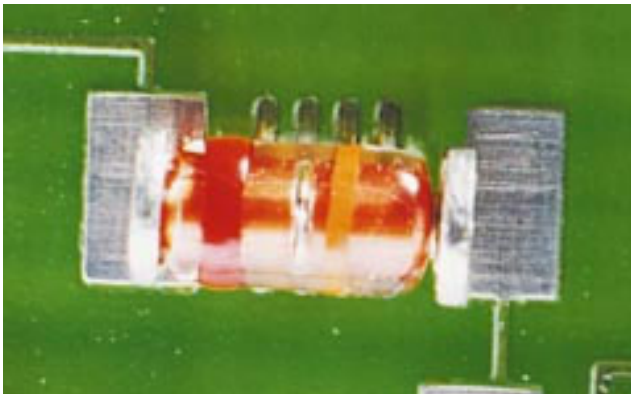


Abbildung 8-59

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bauteilanschluss und Anschlussfläche überlappen sich nicht.

Unzulässig - Klasse 2

- Die Endüberlappung (J) ist kleiner als 50% der Länge des Bauteilanschlusses.

Unzulässig - Klasse 3

- Die Endüberlappung (J) ist kleiner als 75% der Länge des Bauteilanschlusses.

8.2.4 Anschlüsse mit Metallisierung in Einbuchtungen (LCC)

Lötstellen bei Bauteilen mit Metallisierung in Einbuchtungen (LCC) müssen die unten aufgeführten Abmessungs- und Lötstellenanforderungen für die jeweilige Produktklasse erfüllen. Das Lot darf Kontakt zur Bauteilunterseite haben.

Tabelle 8-4 Abmessungskriterien – Metallisierung in Einbuchtungen

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) Anmerkung 1		25% (W) Anmerkung 1
Endüberhang	B	Nicht zulässig		
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% (W)		75% (W)
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3	Tiefe der Einbuchtung	
Maximale Höhe der Lötstelle	E	G + H		
Minimale Höhe der Lötstelle	F	Anmerkung 3	(G) + 25% (H)	(G) + 50% (H)
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Einbuchtungshöhe	H	Anmerkung 2		
Anschlussflächenlänge	S	Anmerkung 2		
Einbuchtungsbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Benetzung ist sichtbar.

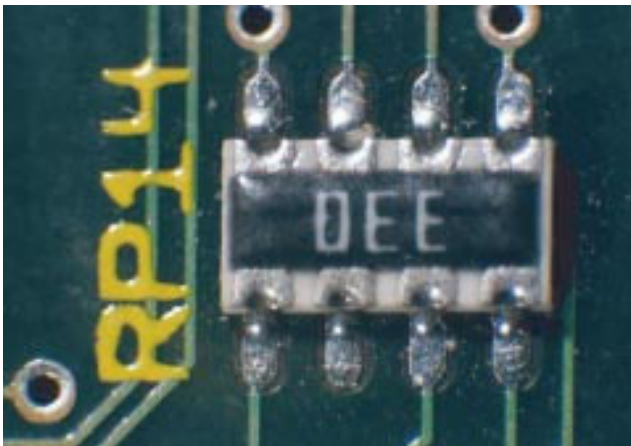


Abbildung 8-60

8.2.4.1 Metallisierung in Einbuchtungen – Seitenüberhang (A)

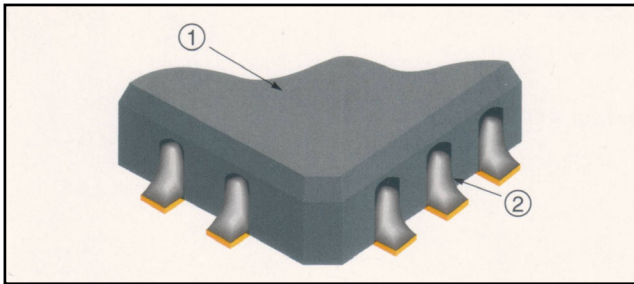


Abbildung 8-61
1. Leadless Chip Carrier
2. Metallisierung in Einbuchtungen

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

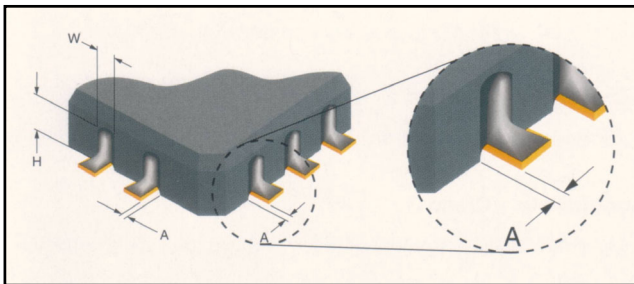


Abbildung 8-62

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der maximale Seitenüberhang (A) beträgt 50% der Anschlussbreite (W).

Zulässig - Klasse 3

- Der maximale Seitenüberhang (A) beträgt 25% der Anschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) überschreitet 50% der Anschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) überschreitet 25% der Anschlussbreite (W).

8.2.4.2 Burgartige Anschlüsse – Endüberhang (B)

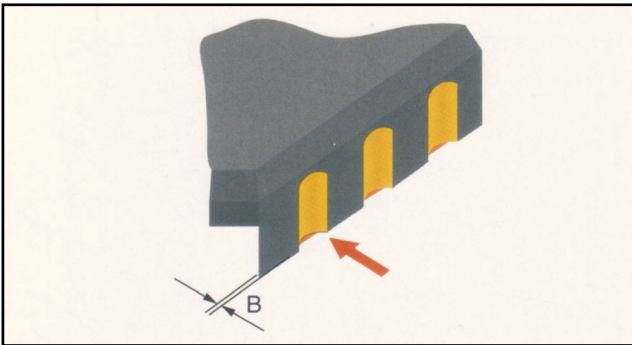


Abbildung 8-63

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kein Endüberhang.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Jeglicher Endüberhang (B).

8.2.4.3 Metallisierung in Einbuchtungen – Minimale Endbreite der Lötstelle (C)

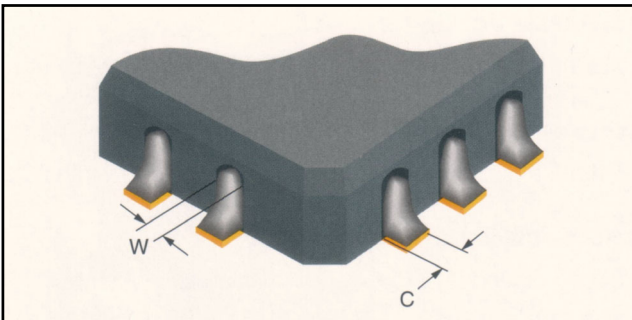


Abbildung 8-64

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich der Anschlussbreite (W).

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt 50% der Anschlussbreite (W).

Zulässig - Klasse 3

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt 75% der Anschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 50% der Anschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 75% der Anschlussbreite (W).

8.2.4.4 Metallisierung in Einbuchtungen – Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)

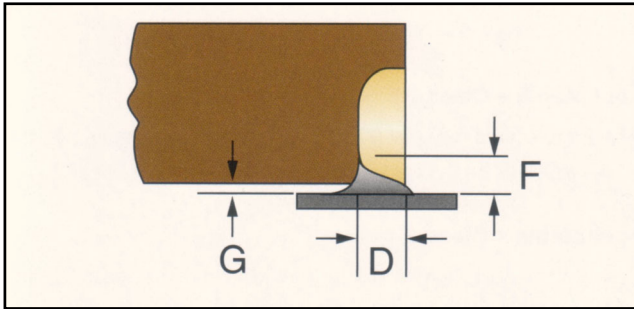


Abbildung 8-65

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot reicht von der Rückseite der Einbuchtung auf der Anschlussfläche bis zur Gehäusekante oder darüber hinaus.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot reicht nicht von der Rückseite der Einbuchtung auf der Anschlussfläche bis zur Gehäusekante oder darüber hinaus.

8.2.4.5 Metallisierung in Einbuchtungen – Maximale Höhe der Lötstelle (E)

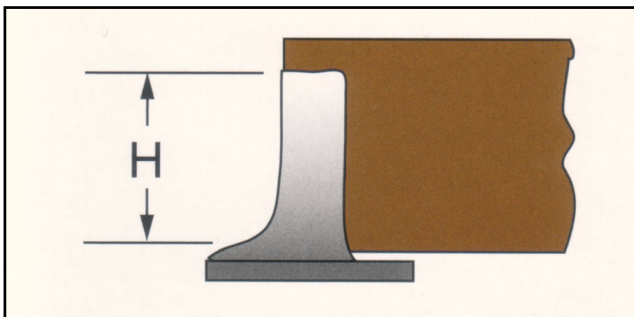


Abbildung 8-66

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot reicht bis zum oberen Ende der Einbuchtung.

Anmerkung: Es gibt keine unzulässige maximale Höhe der Lötstelle.

8.2.4.6 Metallisierung in Einbuchtungen – Minimale Höhe der Lötstelle (F)

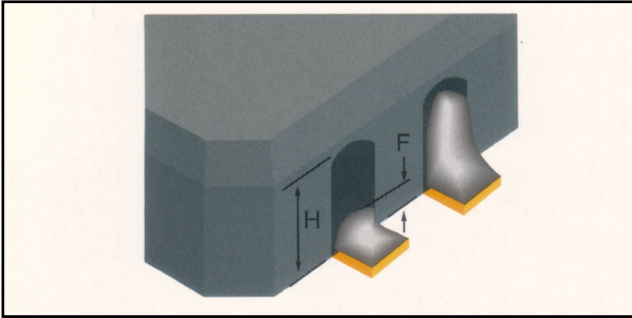


Abbildung 8-67

Zulässig - Klasse 1

- Sichtbar gute Benetzung.

Zulässig - Klasse 2

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) entspricht der Lotspaltdicke (G) (nicht abgebildet) plus 25% der Einbuchtungshöhe (H).

Zulässig - Klasse 3

- Minimale Höhe der Lötstelle (F) ist die Lotspaltdicke (G) (nicht abgebildet) plus 50% der Einbuchtungshöhe (H).

Unzulässig - Klasse 1

- Eine gute Benetzung ist nicht sichtbar.

Unzulässig - Klasse 2

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) ist weniger als die Lotspaltdicke (G) (nicht abgebildet) plus 25% der Einbuchtungshöhe (H).

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle (F) ist weniger als die Lotspaltdicke (G) (nicht abgebildet) plus 50% der Einbuchtungshöhe (H).

8.2.4.7 Metallisierung in Einbuchtungen – Lotspaltdicke (G)

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Sichtbar gute Benetzung.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine ausreichende Benetzung sichtbar.

8.2.5 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse

Tabelle 8-5 Abmessungskriterien – Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse

Eigenschaft		Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang		A	50% (W) oder 0,5 mm [0,02 in], je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1		25% (W) oder 0,5 mm [0,02 in], je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1
Maximaler Spitzenüberhang		B	Anmerkung 1		
Minimale Endbreite der Lötstelle		C	50% (W)		75% (W)
Minimale Seitenlänge der Lötstelle; Anmerkung 6	Wenn (L) ≥3 W	D	(1W) oder 0,5 mm [0,02 in], je nachdem was geringer ist	3 (W) oder 75% L, je nachdem was länger ist	
	Wenn (L) <3 W			100% (L)	
Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse		E	Anmerkung 4		
Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse		F	Anmerkung 3	(G) + 50% (T) Anmerkung 5	(G) + (T) Anmerkung 5
Lotspaltdicke		G	Anmerkung 3		
Geformte Fußlänge		L	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussdicke		T	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite		W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Sichtbar gute Benetzung.

Anmerkung 4: Siehe 8.2.5.5

Anmerkung 5: Bei einer Anschlusskonfiguration mit Spitze nach unten muss die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse mindestens bis zum Mittelpunkt der äußeren Anschlussbiegung reichen.

Anmerkung 6: Fine-Pitch Bauteilanschlüsse erfordern eine minimale Seitenlänge der Lötstelle von 0,5mm [0,02 inch].

8.2.5.1 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Seitenüberhang (A)

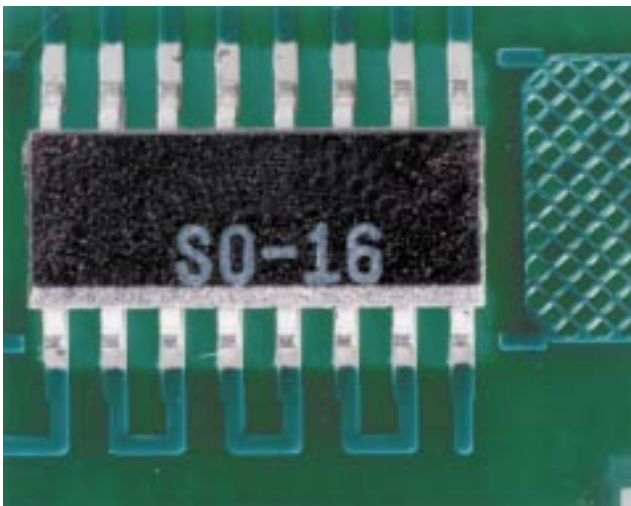


Abbildung 8-68

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

8.2.5.1 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Seitenüberhang (A) (Fortsetzung)

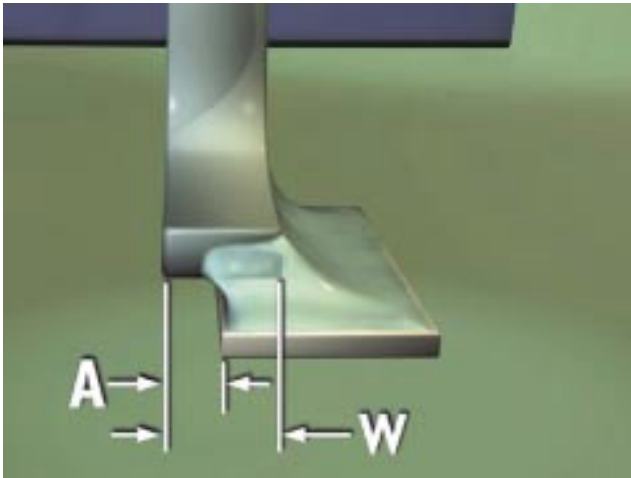


Abbildung 8-69

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der maximale Seitenüberhang (A) ist nicht größer als 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.



Abbildung 8-70

8.2.5.1 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Seitenüberhang (A) (Fortsetzung)

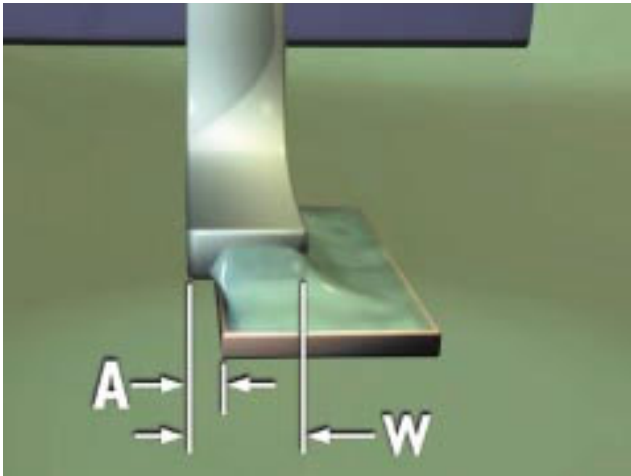


Abbildung 8-71

Zulässig - Klasse 3

- Der maximale Seitenüberhang (A) ist nicht größer als 25% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.



Abbildung 8-72

8.2.5.1 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Seitenüberhang (A) (Fortsetzung)

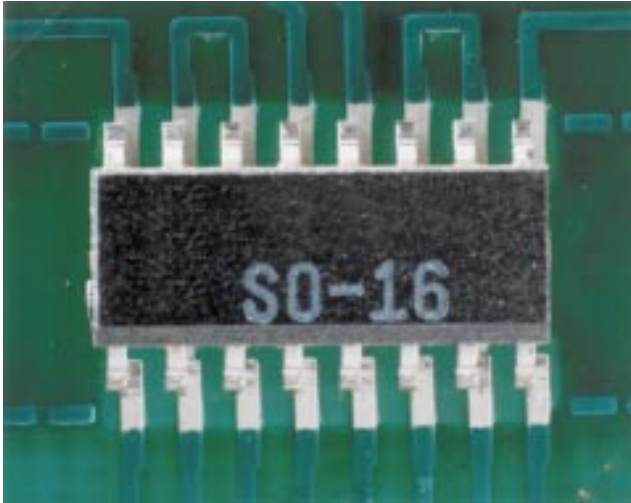


Abbildung 8-73

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Der maximale Seitenüberhang (A) ist größer als 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 3

- Der maximale Seitenüberhang (A) ist größer als 25% der Bauteilanschlussbreite (W) oder 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

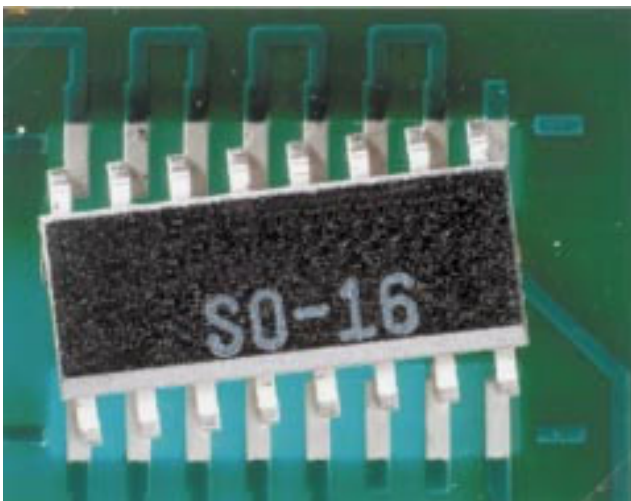


Abbildung 8-74

8.2.5.2 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Spitzenüberhang (B)

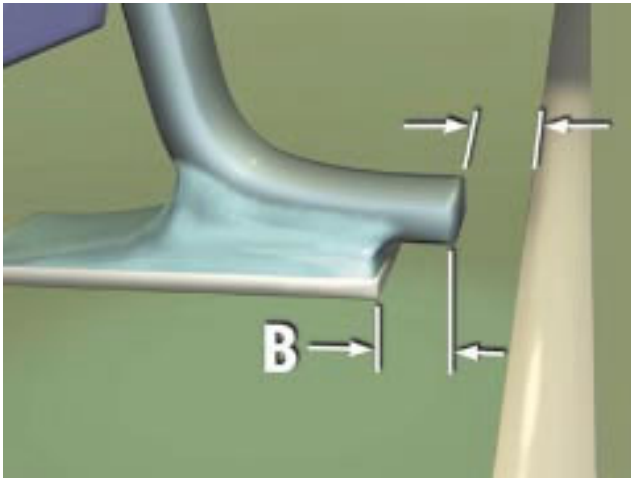


Abbildung 8-75

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Spitzenüberhang verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Spitzenüberhang verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

8.2.5.3 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Minimale Endbreite der Lötstelle (C)



Abbildung 8-76

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich oder größer als die Bauteilanschlussbreite (W).

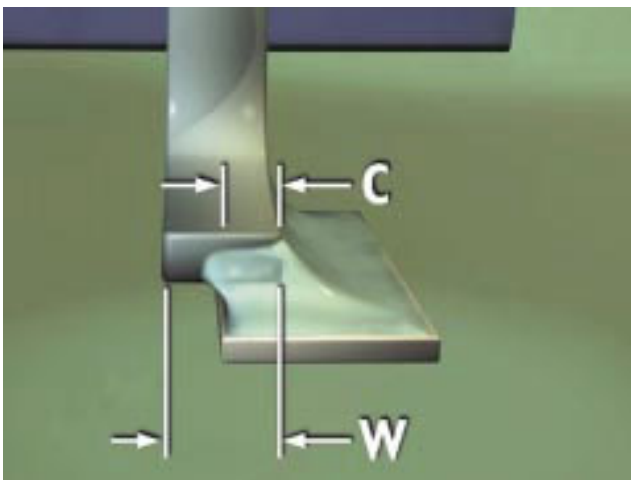


Abbildung 8-77

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt 50% der Bauteilanschlussbreite (W).

8.2.5.3 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Minimale Endbreite der Lötstelle (C) (Fortsetzung)

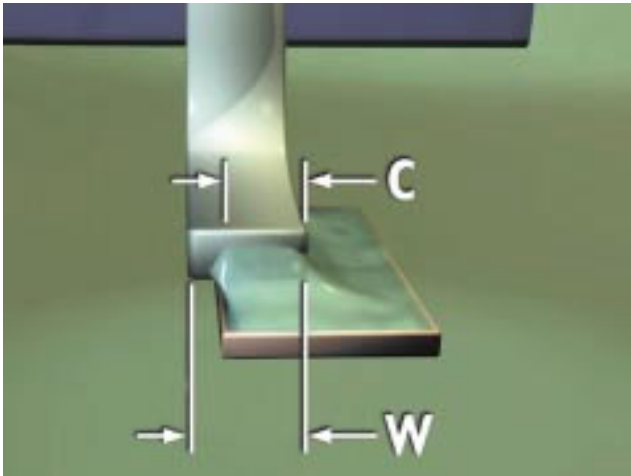


Abbildung 8-78

Zulässig - Klasse 3

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt 75% der Bauteilanschlussbreite (W).

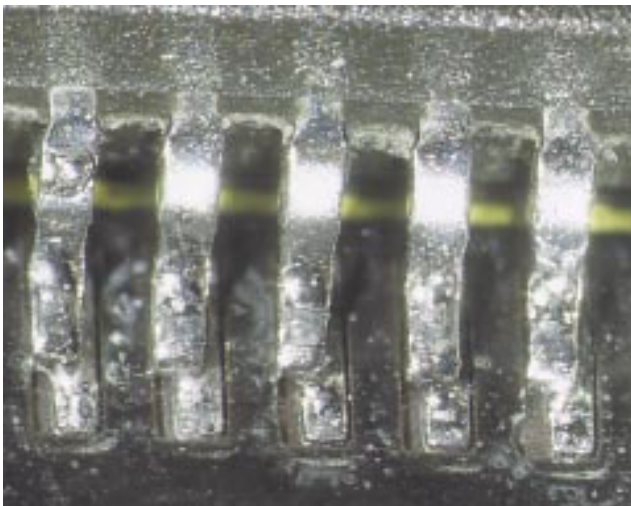


Abbildung 8-79

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) ist kleiner als 50% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) kleiner als 75% der Bauteilanschlussbreite (W).

8.2.5.4 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)

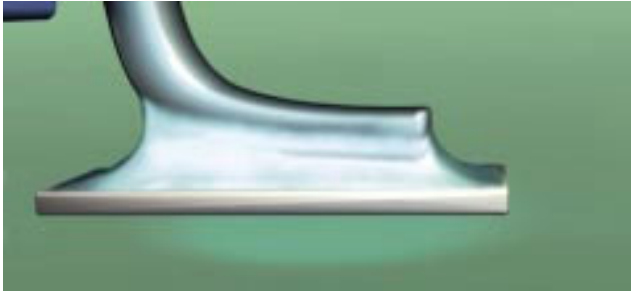


Abbildung 8-80

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstelle weist über die gesamte Bauteilanschlusslänge eine sichtbar gute Benetzung auf.



Abbildung 8-81



Abbildung 8-82

8.2.5.4 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) (Fortsetzung)

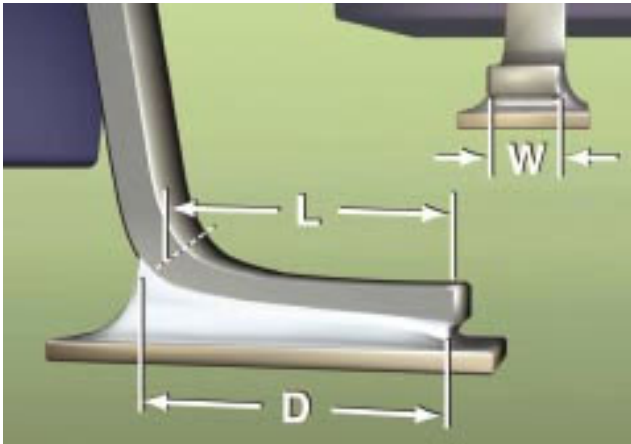


Abbildung 8-83

Zulässig - Klasse 1

- Die minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) ist gleich der Anschlussbreite (W) oder 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist (nicht abgebildet).

Zulässig - Klasse 2, 3

- Ist die Fußlänge (L) größer als 3 (W) oder 75% von (L), je nachdem welcher Wert größer ist, so muss die minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) drei oder mehr Anschlussbreiten (W) sein, Abbildung 8-84.
- Ist die Fußlänge (L) kleiner als 3 (W), so ist (D) gleich 100% (L), Abbildung 8-83.

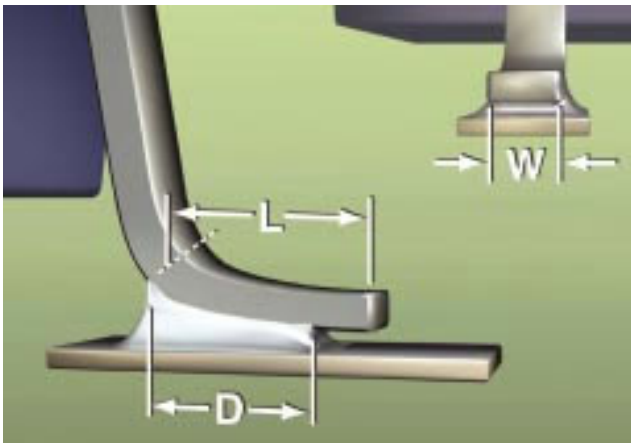


Abbildung 8-84

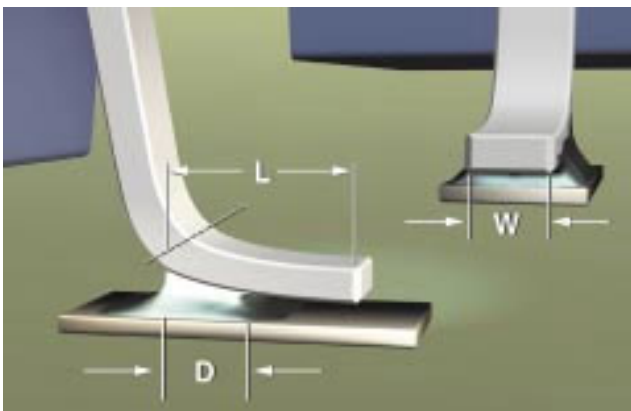


Abbildung 8-85

Unzulässig - Klasse 1

- Die minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) ist kleiner als die Bauteilanschlussbreite (W) oder 0,5 mm (0,02 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Wenn die Fußlänge (L) größer als 3 (W) und die minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) weniger als drei Bauteilanschlussbreiten (W) oder weniger als 75% von (L) ist, je nachdem welches Maß größer ist.
- Wenn die Fußlänge (L) kleiner als 3 (W) und (D) kleiner 75% (L) ist.

8.2.5.5 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E)

In diesem Standard wird der Begriff "Kunststoffbauteil" im allgemeinen Sinne verwendet, um den Unterschied zwischen Kunststoffbauteilen und Bauteilen aus anderen Materialien zu verdeutlichen, z.B. Keramik/Aluminium oder Metall (normalerweise hermetisch versiegelt).

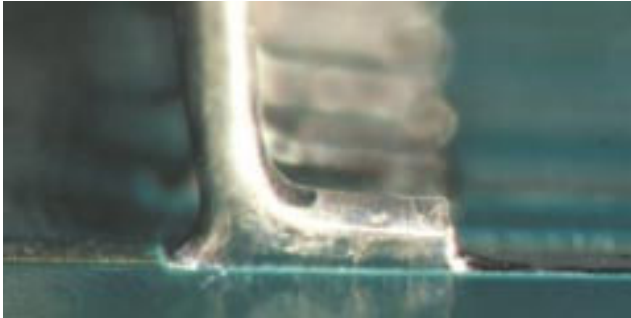


Abbildung 8-86

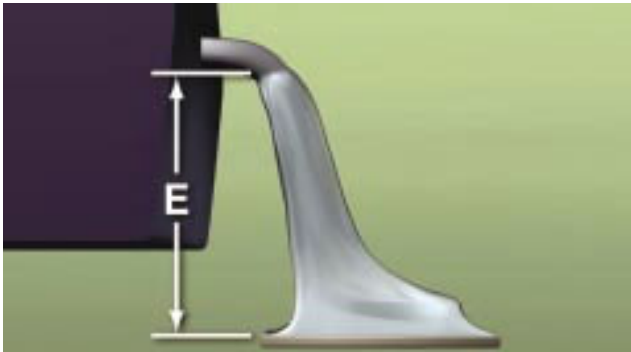


Abbildung 8-87

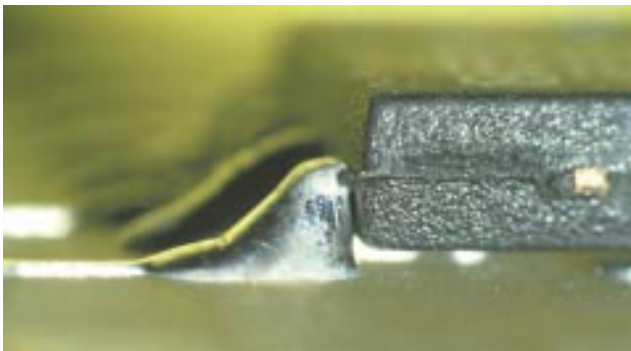


Abbildung 8-88



Abbildung 8-89

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse ist größer als die Anschlussdicke, füllt aber nicht den oberen Bauteilanschlussbogen aus.
- Das Lot berührt nicht den Bauteilkörper.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot berührt den Körper eines Kunststoffbauteils (SOIC oder SOT).
- Lot berührt nicht den Körper eines keramischen oder metallischen Bauteils.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Lot berührt den Körper eines Kunststoffbauteils (außer SOIC oder SOT).
- Lot berührt den Körper eines keramischen oder metallischen Bauteils.

8.2.5.6 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F)

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist größer als die Lotspaltdicke (G) plus Bauteilanschlussdicke (T), reicht jedoch nicht bis in das Knie des Biegeradius.

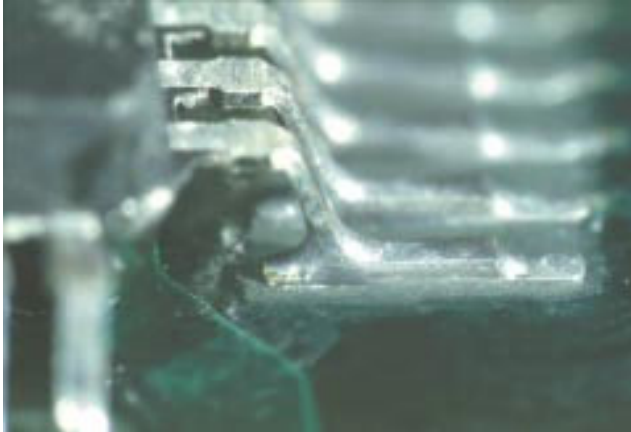


Abbildung 8-90

Zulässig - Klasse 1

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

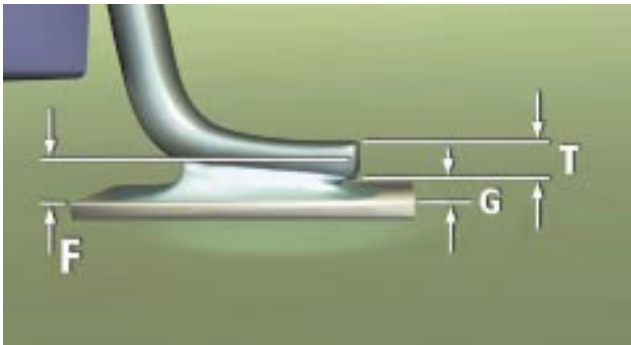


Abbildung 8-91

Zulässig - Klasse 2

- Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist gleich der Lotspaltdicke (G) plus 50% der Bauteilanschlussdicke (T).

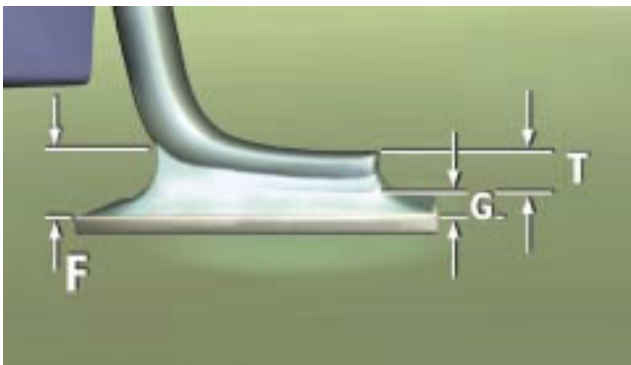


Abbildung 8-92

Zulässig - Klasse 3

- Die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist gleich der Lotspaltdicke (G) plus der Bauteilanschlussdicke (T).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei einem Bauteilanschluss mit der Spitze nach unten (nicht abgebildet), überschreitet die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) mindestens den Mittelpunkt der äußeren Bauteilanschlussbiegung.

8.2.5.6 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) (Fortsetzung)



Abbildung 8-93

Unzulässig - Klasse 1

- Die Lötstelle weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 2

- Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) weniger als die Lotspaltdicke (G) plus 50% der Bauteilanschlussdicke (T).

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Fersenfüllhöhe (F) ist weniger als die Lotspaltdicke (G) plus Bauteilanschlussdicke (T).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei einem Bauteilanschluss mit der Spitze nach unten (nicht abgebildet), überschreitet die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) nicht den Mittelpunkt der äußeren Bauteilanschlussbiegung.

8.2.5.7 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Lotspaltdicke (G)

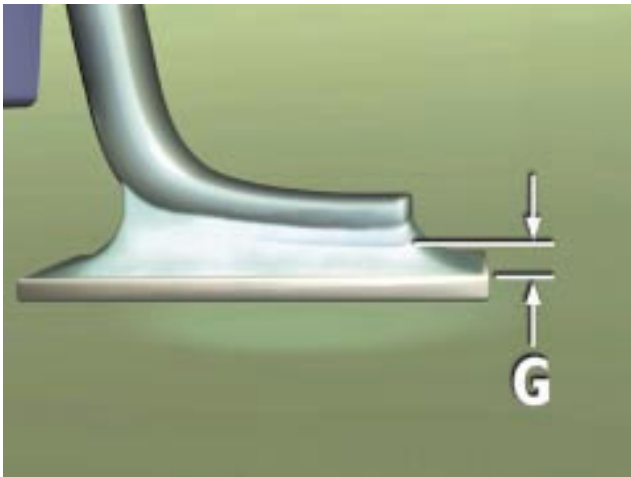


Abbildung 8-94

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine ausreichende Benetzung der Lötstelle sichtbar.

8.2.5.8 Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse – Koplanarität

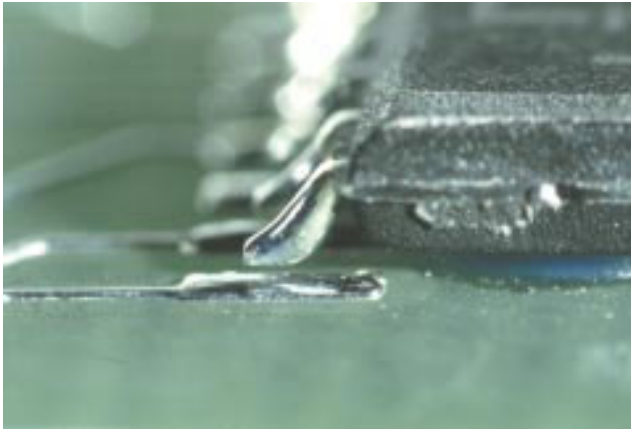


Abbildung 8-95

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Verbogene Bauteilanschlüsse (keine Koplanarität) verhindern die Ausbildung einer zulässigen Lötverbindung.

8.2.6 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse

Tabelle 8-6 Abmessungskriterien – Eigenschaften runder oder abgeflachter (geprägter) Anschlüsse

Eigenschaft	Anm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) oder 0,5 mm [0,02 in], je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1		25% (W) oder 0,5 mm [0,02 in], je nachdem was geringer ist; Anmerkung 1
Maximaler Spitzenüberhang	B	Anmerkung 1		
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	Anmerkung 3		75% (W)
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	100% (W)		150% (W)
Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse	E	Anmerkung 4		
Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse	F	Anmerkung 3	(G) + 50% (T) Anmerkung 5	(G) + (T) Anmerkung 5
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Bauteilanschlusslänge	L	Anmerkung 2		
Minimale Seitenhöhe der Lötstelle	Q	Anmerkung 3	(G) + 50% (T)	
Seitliche Bauteilanschlussdicke	T	Anmerkung 2		
Breite des abgeflachten Bauteilanschlusses oder Durchmesser runder Bauteilanschlüsse	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Benetzung ist sichtbar.

Anmerkung 4: Siehe 8.2.6.5

Anmerkung 5: Bei einem Bauteilanschluss mit der Spitze nach unten, muss die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) mindestens den Mittelpunkt der äußeren Anschlussbiegung überschreiten.

8.2.6.1 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Seitenüberhang (A)

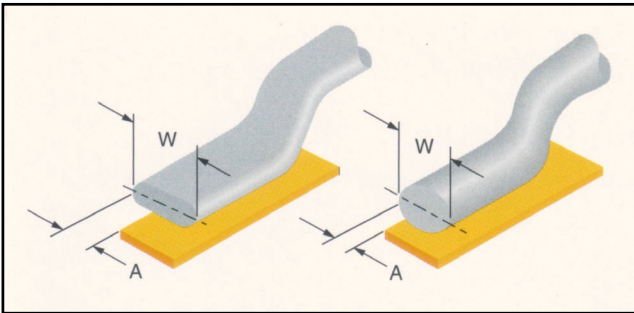


Abbildung 8-96

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) beträgt nicht mehr als 50% der Bauteilanschlussbreite bzw. des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

Zulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) beträgt nicht mehr als 25% der Bauteilanschlussbreite bzw. des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 50% der Bauteilanschlussbreite bzw. des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 25% der Bauteilanschlussbreite bzw. des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

8.2.6.2 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Spitzenüberhang (B)

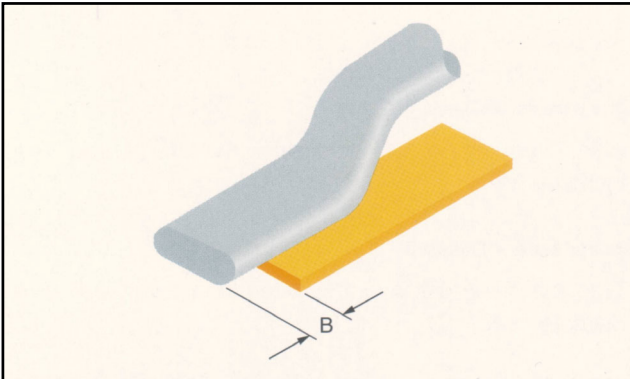


Abbildung 8-97

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Spitzenüberhang (B) ist nicht festgelegt.
- Der minimale elektrische Sicherheitsabstand wird nicht verletzt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Spitzenüberhang verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

8.2.6.3 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Minimale Endbreite der Lötstelle (C)

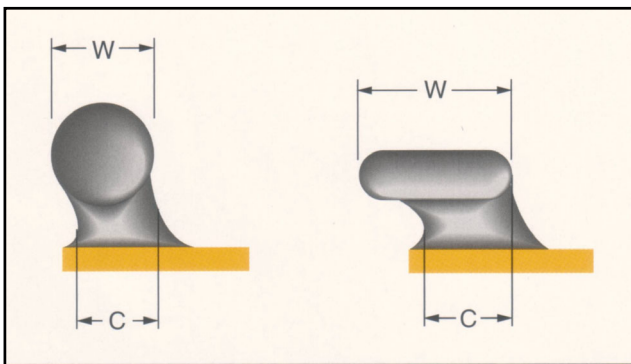


Abbildung 8-98

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich groß oder größer als die Bauteilanschlussbreite bzw. der Bauteilanschlussdurchmesser (W).

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Zulässig - Klasse 3

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 75% der Bauteilanschlussbreite bzw. des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Lötstelle weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 75% der Bauteilanschlussbreite bzw. des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

8.2.6.4 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)

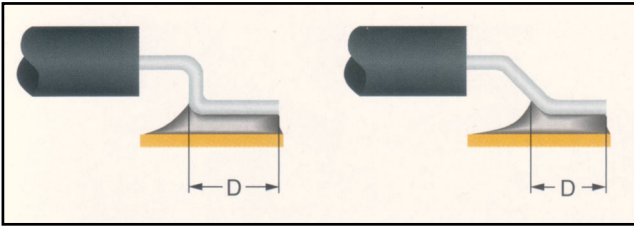


Abbildung 8-99

Zulässig - Klasse 1, 2

- Seitenlänge der Lötstelle (D) ist gleich der Bauteilanschlussbreite oder dem Bauteilanschlussdurchmesser (W).

Zulässig - Klasse 3

- Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) ist gleich 150% der Bauteilanschlussbreite oder des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Seitenlänge der Lötstelle (D) ist kleiner als die Bauteilanschlussbreite oder der Bauteilanschlussdurchmesser (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) ist kleiner als 150% der Bauteilanschlussbreite oder des Bauteilanschlussdurchmessers (W).

8.2.6.5 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse (E)

In diesem Standard wird der Begriff "Kunststoffbauteil" im allgemeinen Sinne verwendet, um den Unterschied zwischen Kunststoffbauteilen und Bauteilen aus anderen Materialien zu verdeutlichen, z.B. Keramik/Aluminium oder Metall (normalerweise hermetisch versiegelt).

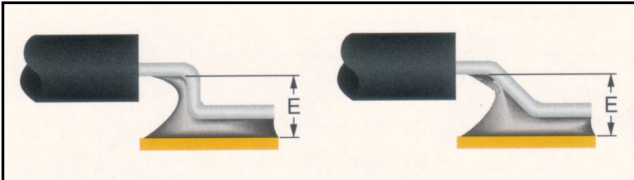


Abbildung 8-100

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse reicht über die Bauteilanschlussdicke, füllt jedoch nicht den oberen Bauteilanschlussbogen.
- Lot steht nicht in Kontakt mit dem Bauteilkörper.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot berührt den Körper eines Kunststoffbauteils (SOIC oder SOT).
- Lot berührt keinen keramischen oder metallischen Bauteilkörper.

Unzulässig - Klasse 1

- Keine sichtbare Benetzung.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Lot berührt den Körper eines Kunststoffbauteils (außer SOIC oder SOT).
- Lot berührt einen keramischen oder metallischen Bauteilkörper.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Zu viel Lot, so dass der minimale elektrische Sicherheitsabstand verletzt wird.

8.2.6.6 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F)

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei einem Bauteilanschluss mit der Spitze nach unten (nicht abgebildet), überschreitet die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) mindestens den Mittelpunkt der äußeren Anschlussbiegung.

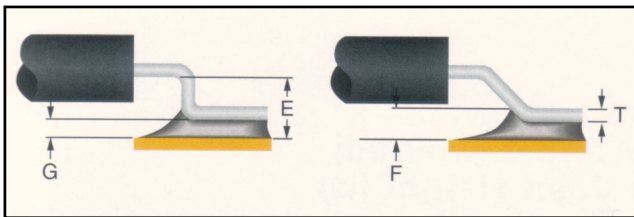


Abbildung 8-101

Zulässig - Klasse 1

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Zulässig - Klasse 2

- Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist gleich der Lotspaltdicke (G) plus 50% der Dicke des Bauteilanschlusses (T).

Zulässig - Klasse 3

- Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist gleich der Lotspaltdicke (G) plus der Dicke des Bauteilanschlusses (T).

Unzulässig - Klasse 1

- Die Lotfüllung weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 2

- Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist geringer als Lotspaltdicke (G) plus 50% der Dicke des Bauteilanschlusses (T).

Unzulässig - Klasse 3

- Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist geringer als Lotspaltdicke (G) plus Dicke des Bauteilanschlusses (T).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei einem Bauteilanschluss mit der Spitze nach unten (nicht abgebildet), überschreitet die minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) nicht den Mittelpunkt der äußeren Bauteilanschlussbiegung.

8.2.6.7 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Lotspaltdicke (G)

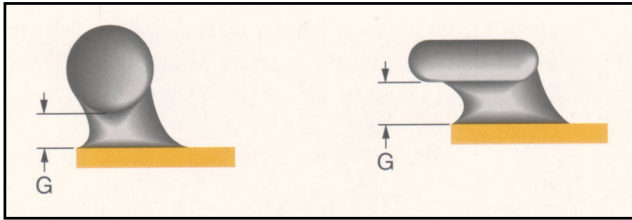


Abbildung 8-102

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine gute Benetzung sichtbar.

8.2.6.8 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Minimale seitliche Lötstellenhöhe (Q)

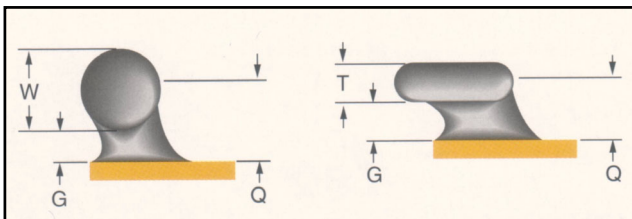


Abbildung 8-103

Zulässig - Klasse 1

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Zulässig - Klasse 2, 3

- Die minimale Seitenhöhe (Q) entspricht mindestens der Lotspaltdicke (G) plus 50% des Durchmessers eines runden Bauteilanschlusses (W) bzw. 50% der Dicke eines geprägten Bauteilanschlusses auf der Seite der Lötstelle (T).

Unzulässig - Klasse 1

- Die Lötstelle weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die minimale Seitenhöhe der Lötstelle (Q) ist kleiner als die Lotspaltdicke (G) plus 50% des Durchmessers eines Bauteilanschlusses (W) oder 50% der Dicke des geprägten Bauteilanschlusses auf der Seite der Lötstelle (T).

8.2.6.9 Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse – Koplanarität

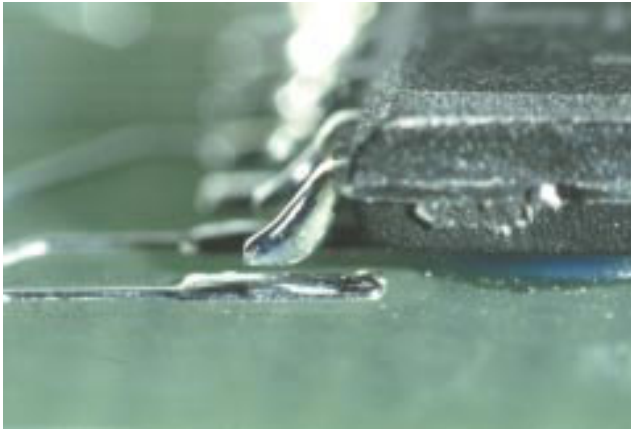


Abbildung 8-104

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ein Bauteilanschluss oder eine Reihe von Anschlüssen eines Bauteiles ist verbogen und hat daher keinen Kontakt zur Anschlussfläche.

8.2.7 „J“-förmige Anschlüsse

Lötstellen bei Bauteilen mit Anschlüssen, die auf der Lötseite eine „J“-Form aufweisen, müssen die unten aufgeführten Abmessungs- und Lötstellenforderungen für die jeweilige Produktklasse erfüllen.

Tabelle 8-7 Abmessungskriterien – „J“-Anschlüsse

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) Anmerkung 1		25% (W) Anmerkung 1
Maximaler Spitzenüberhang	B	Anmerkungen 1, 2		
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% (W)		75% (W)
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3	150% (W)	
Maximale Höhe der Lötstelle	E	Anmerkung 4		
Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse	F	(G) + 50% (T)		(G) + (T)
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Bauteilanschlussdicke	T	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Sichtbar gute Benetzung.

Anmerkung 4: Lot berührt nicht den Bauteilkörper.

8.2.7.1 „J“-förmige Anschlüsse – Seitenüberhang (A)

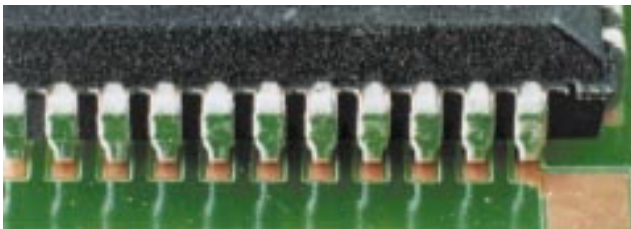


Abbildung 8-105

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Seitenüberhang.

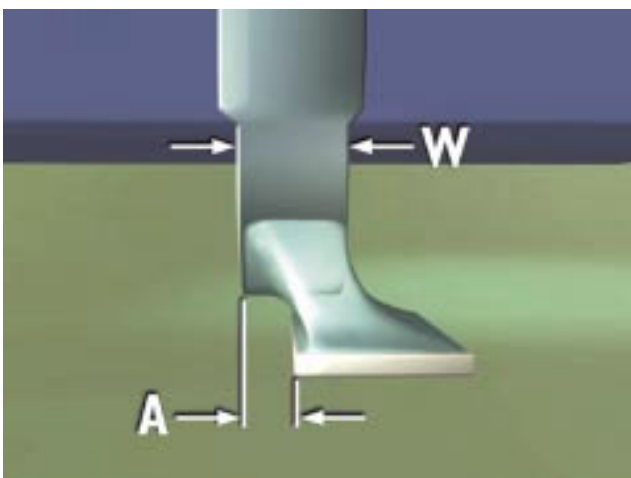


Abbildung 8-106

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) ist gleich 50% der Bauteilanschlussbreite (W) oder weniger.

8.2.7.1 „J“-förmige Anschlüsse – Seitenüberhang (A) (Fortsetzung)

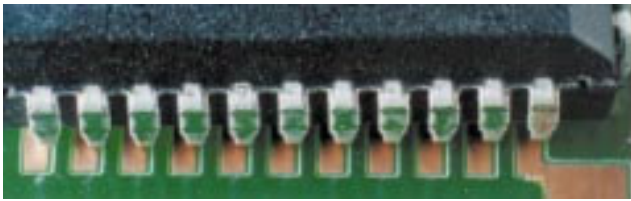


Abbildung 8-107

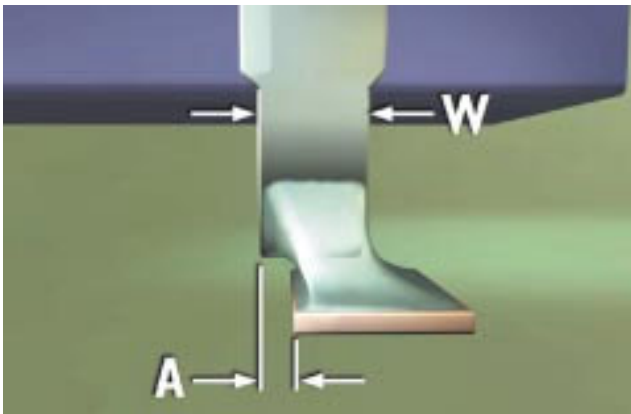


Abbildung 8-108

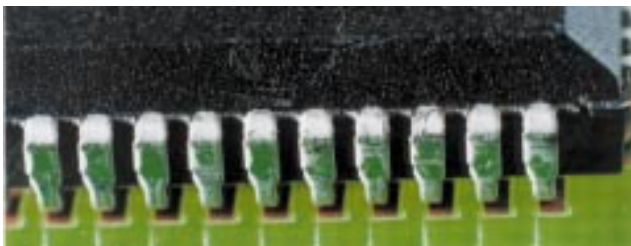


Abbildung 8-109



Abbildung 8-110

Zulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) ist gleich 25% der Bauteilanschlussbreite (W) oder weniger.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 50% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Der Seitenüberhang (A) ist größer als 25% der Bauteilanschlussbreite (W).

8.2.7.2 „J“-förmige Anschlüsse – Spitzenüberhang (B)

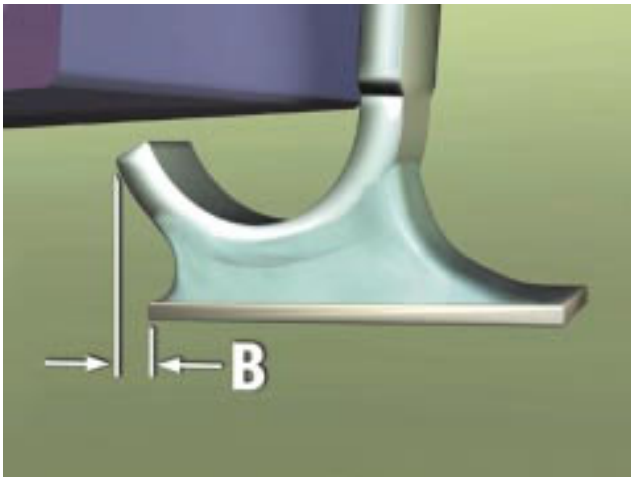


Abbildung 8-111

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Spitzenüberhang (B) ist ein nicht festgelegter Parameter.

8.2.7.3 „J“-förmige Anschlüsse – Endbreite der Lötstelle (C)

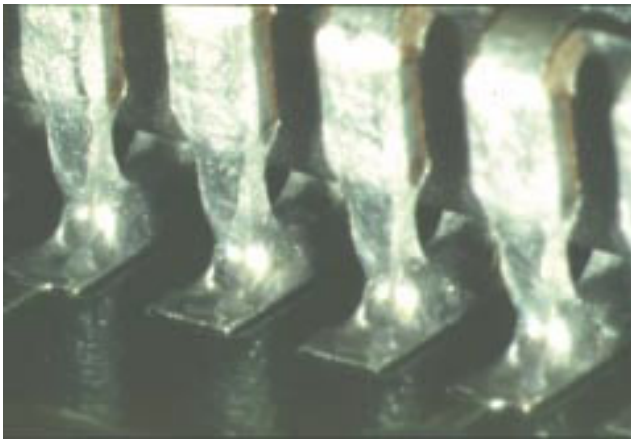


Abbildung 8-112

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist gleich groß oder größer als die Bauteilanschlussbreite (W).

8.2.7.3 „J“-förmige Anschlüsse – Endbreite der Lötstelle (C)

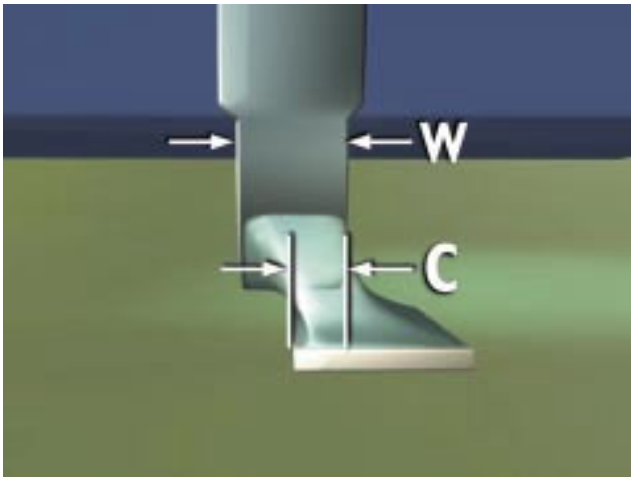


Abbildung 8-113

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 50% der Bauteilanschlussbreite (W).

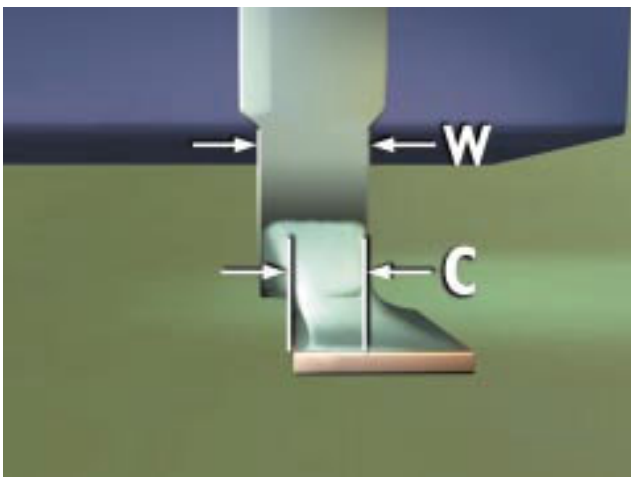


Abbildung 8-114

Zulässig - Klasse 3

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 75% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 50% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 3

- Die minimale Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 75% der Bauteilanschlussbreite (W).

8.2.7.4 „J“-förmige Anschlüsse – Seitenlänge der Lötstelle (D)

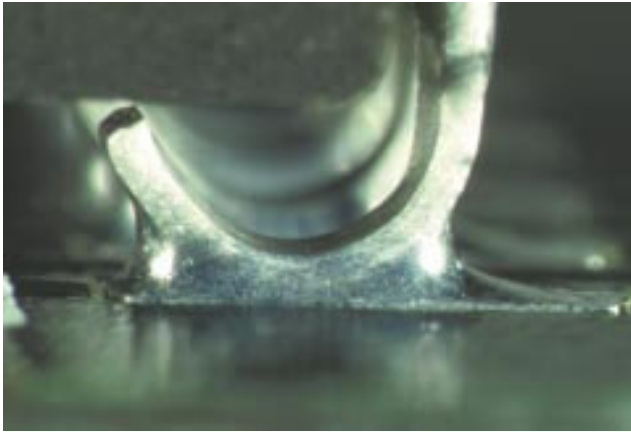


Abbildung 8-115

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) ist größer als 200% der Bauteilanschlussbreite (W).

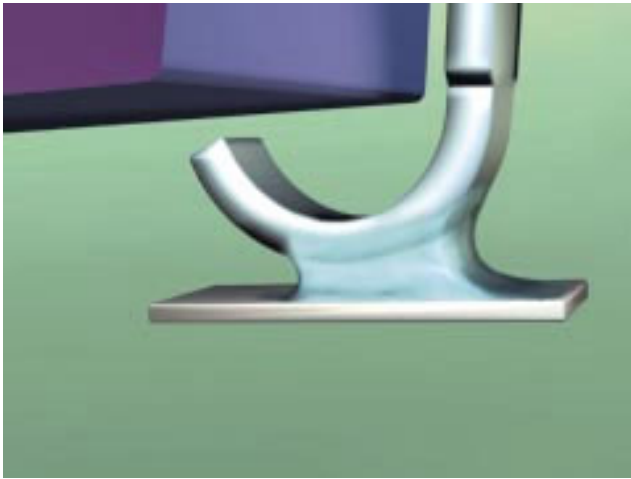


Abbildung 8-116

Zulässig - Klasse 1

- Die Lotfüllung weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

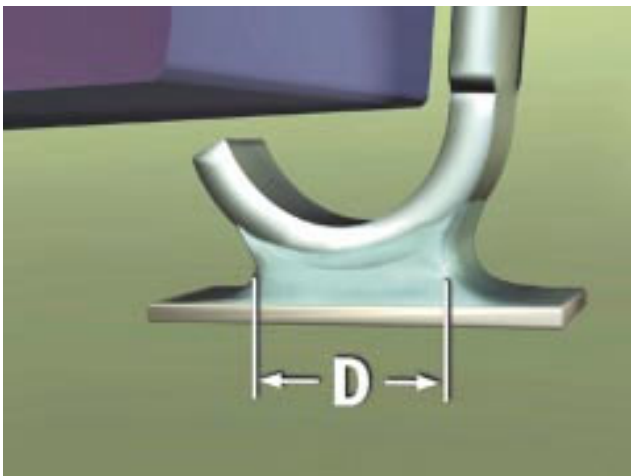


Abbildung 8-117

Zulässig - Klasse 2, 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) ist größer als 150% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die Seitenlänge der Lötstelle (D) ist kleiner als 150% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lotfüllung weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

8.2.7.5 „J“-förmige Anschlüsse – Maximale Höhe der Lötstelle (E)

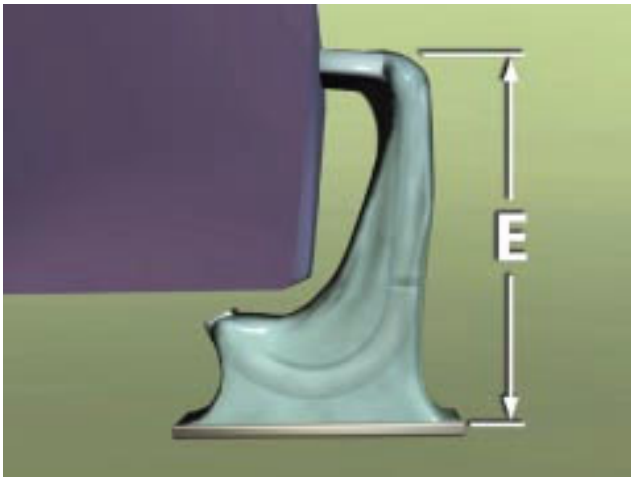


Abbildung 8-118

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot berührt nicht den Bauteilkörper.

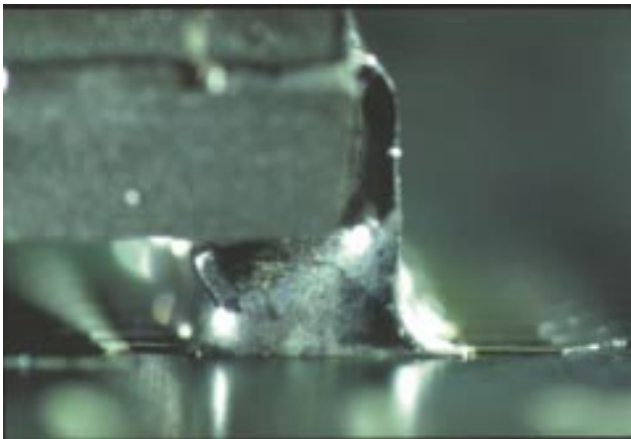


Abbildung 8-119

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot berührt den Bauteilkörper.

8.2.7.6 „J“-förmige Anschlüsse – Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F)

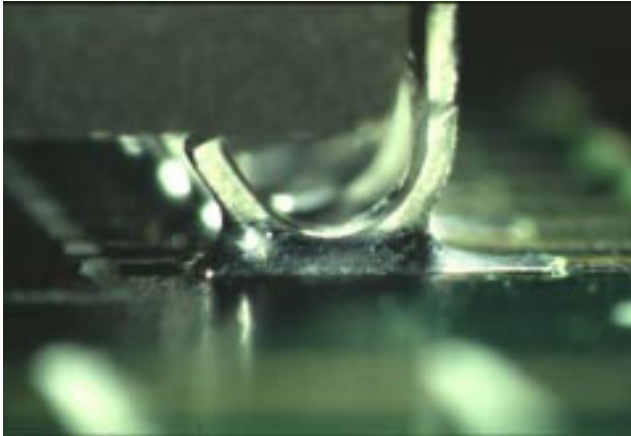


Abbildung 8-120

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) ist größer als die Bauteilanschlussdicke (T) plus die Lotspaltdicke (G).



Abbildung 8-121

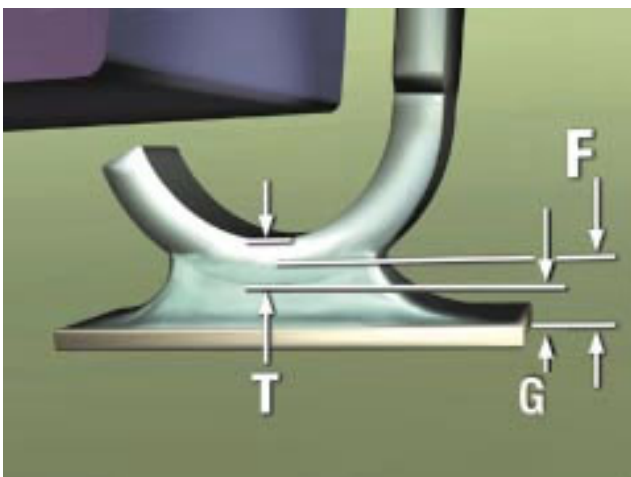


Abbildung 8-122

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) entspricht mindestens 50% der Bauteilanschlussdicke (T) plus der Lotspaltdicke (G).

8.2.7.6 „J“-förmige Anschlüsse – Minimale Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) (Fortsetzung)

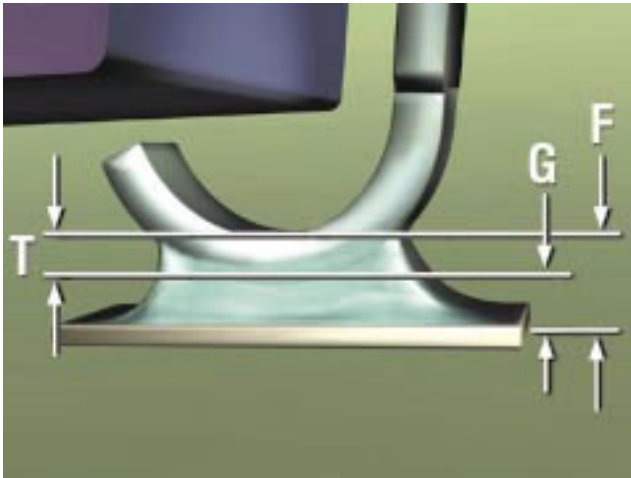


Abbildung 8-123

Zulässig - Klasse 3

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) entspricht wenigstens der Bauteilanschlussdicke (T) plus die Lotspaltstärke (G).

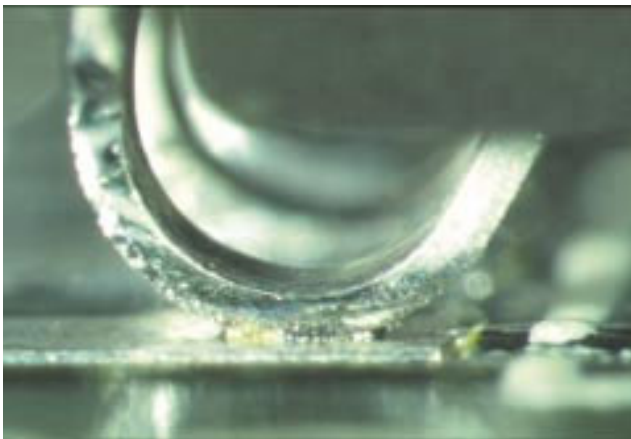


Abbildung 8-124

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Fersenfüllung weist keine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) beträgt weniger als die Lotspaltstärke (G) plus 50% der Bauteilanschlussdicke (T).

Unzulässig - Klasse 3

- Die Höhe der Lötstelle an der Ferse (F) beträgt weniger als die Lotspaltstärke (G) plus die Bauteilanschlussdicke (T).

8.2.7.7 „J“-förmige Anschlüsse – Lotspaltdicke (G)



Abbildung 8-125

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lotspaltfüllung weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine sichtbar gute Benetzung der Lotspaltfüllung.

8.2.7.8 Anomalien beim SMT-Löten – Koplanarität

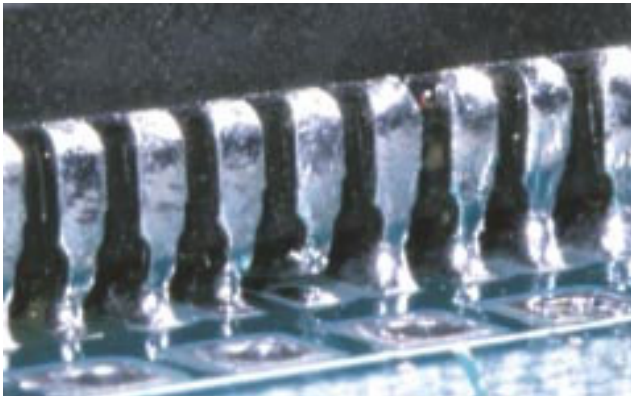


Abbildung 8-126

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ein Bauteilanschluss oder eine Reihe von Anschlüssen eines Bauteils ist verbogen und hat daher keinen Kontakt zur Anschlussfläche.

8.2.8 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse)

Lötstellen, die durch senkrecht auf die Leiterplatte aufstoßende Bauteilanschlüsse gebildet werden, müssen die unten in Tabelle 8-8 aufgeführten Abmessungs- und Lötstellenanforderungen erfüllen. Eine Abnahmebewertung nach der Montage soll die mit dieser Montagetechnik verbundenen Beschränkungen berücksichtigen, damit das Arbeitsumfeld bestehen bleibt, wenn es mit Bauteilen mit ausgeformten Anschlüssen oder Durchsteckmontage verglichen wird.

Für Produkte der Klassen 1 und 2 sind für Anschlüsse, die konstruktionsbedingt keine benetzbaren Seiten haben (geprägte oder geschnittene Anschlüsse), keine seitlichen Lotfüllungen erforderlich. Das Design sollte eine einfache Überprüfung des Benetzungsgrades der benetzbaren Oberflächen erlauben.

Stoßlötstellen sind für Produkte der Klasse 3 nicht zulässig.

Tabelle 8-8 Abmessungskriterien – Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) (Nicht anwendbar auf Klasse 3)

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2
Maximaler Seitenüberhang	A	25% (W), Anmerkung 1	Nicht zulässig
Spitzenüberhang	B	Nicht zulässig	
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	75% (W)	
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 2	
Maximale Höhe der Lötstelle	E	Anmerkung 4	
Minimale Höhe der Lötstelle	F	0,5 mm [0,0197 in]	
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3	
Bauteilanschlussdicke	T	Anmerkung 2	
Bauteilanschlussbreite	W	Anmerkung 2	

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Sichtbar gute Benetzung.

Anmerkung 4: Die maximale Lotfüllung darf in den Biegeradius hineinreichen. Das Lot berührt nicht den Bauteilkörper.

8.2.8.1 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Maximaler Seitenüberhang (A)

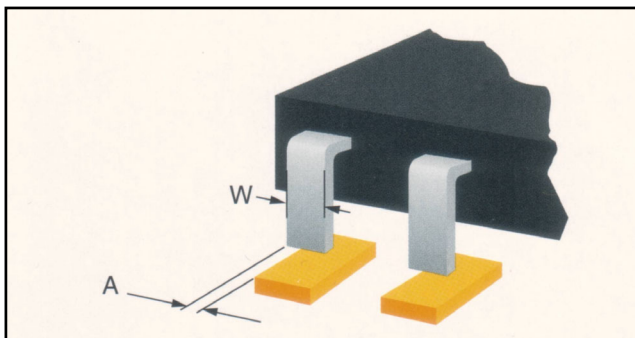


Abbildung 8-127

Anzustreben - Klasse 1, 2

- Kein Seitenüberhang.

Zulässig - Klasse 1

- Seitenüberhang (A) beträgt weniger als 25% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 1

- Seitenüberhang (A) beträgt mehr als 25% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 2

- Jeglicher Seitenüberhang (A).

8.2.8.2 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Maximaler Spitzenüberhang (B)

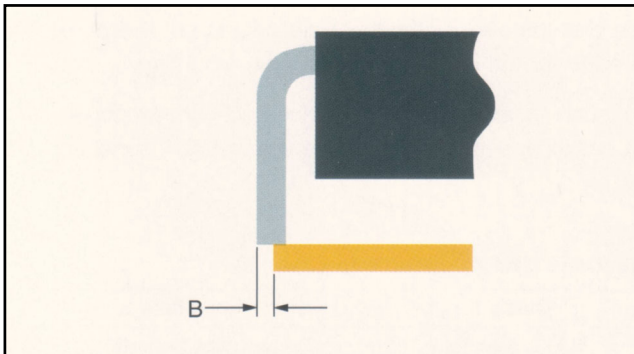


Abbildung 8-128

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Jeglicher Spitzenüberhang (B).

8.2.8.3 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Minimale Endbreite der Lötstelle (C)

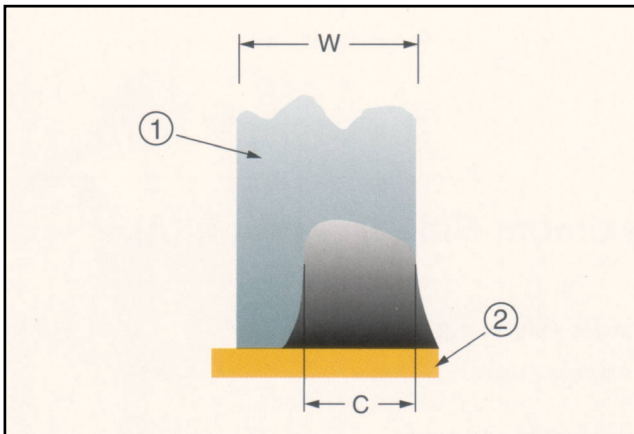


Abbildung 8-129

1. Bauteilanschluss
2. Anschlussfläche

Anzustreben - Klasse 1, 2

- Die Endbreite der Lötstelle (C) ist größer als die Bauteilanschlussbreite (W).

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt mindestens 75% der Bauteilanschlussbreite (W).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Endbreite der Lötstelle (C) beträgt weniger als 75% der Bauteilanschlussbreite (W).

8.2.8.4 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)

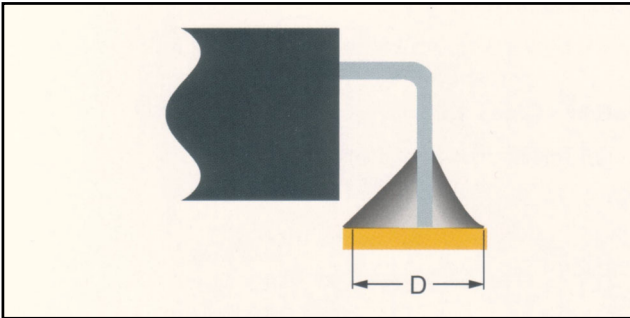


Abbildung 8-130

Zulässig - Klasse 1, 2

Die minimale Seitenlänge der Lötstelle (D) ist kein festgelegter Parameter.

8.2.8.5 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Maximale Höhe der Lötstelle (E)

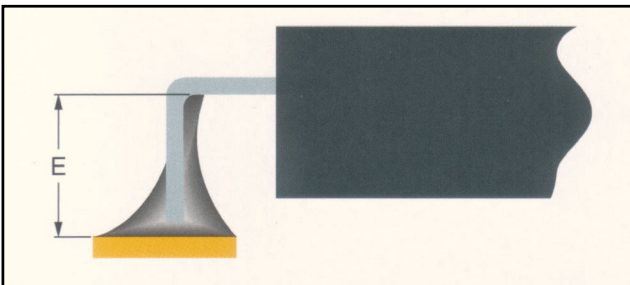


Abbildung 8-131

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Lötstelle weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Lötstelle weist keine sichtbar gute Benetzung auf.
- Das Lot berührt den Bauteilkörper.

8.2.8.6 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Minimale Höhe der Lötstelle (F)

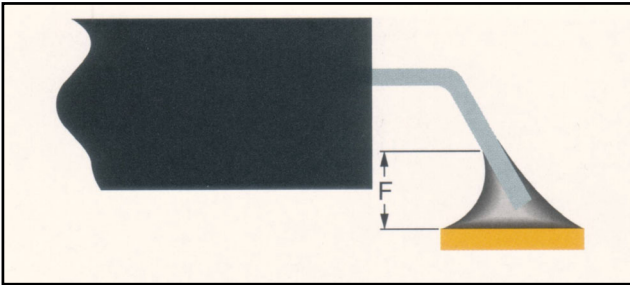


Abbildung 8-132

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die Höhe der Lötstelle (F) beträgt mindestens 0,5 mm (0,02 in).

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Die Höhe der Lötstelle (F) beträgt weniger als 0,5 mm (0,02 in).

8.2.8.7 Stoßlötstellen (Butt/I-Anschlüsse) – Lotspaltdicke (G)

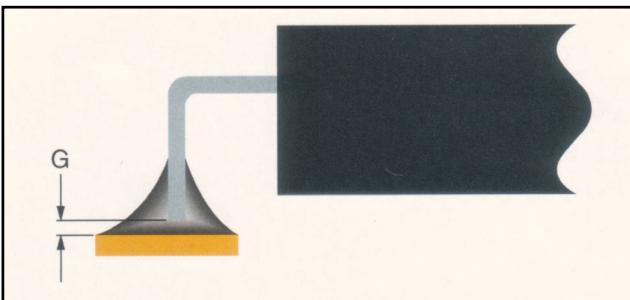


Abbildung 8-133

Zulässig - Klasse 1, 2

- Der Lotspalt weist eine sichtbar gute Benetzung auf.

Unzulässig - Klasse 1, 2

- Keine Benetzung des Lotspalts sichtbar.

8.2.9 Flache Lötflächen-Anschlüsse

Lötstellen bei Wärme abführenden Bauteilen mit flachen Lötflächen-Anschlüssen müssen die Abmessungsanforderungen von Tabelle 8-9 und Abbildung 8-134 erfüllen. Das Design sollte eine einfache Überprüfung des Benetzungsgrades der benetzbaren Oberflächen erlauben. Abweichungen von den Anforderungen der Tabelle 8-9 sind als Fehler einzustufen.

Tabelle 8-9 Abmessungskriterien – Flache Lötflächen-Anschlüsse

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) Anmerkung 1	25% (W) Anmerkung 1	Nicht zulässig
Maximaler Spitzenüberhang	B	Anmerkung 1	Nicht zulässig	
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% (W)	75% (W)	(W)
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3	(L)-(M), Anmerkung 4	
Maximale Höhe der Lötstelle	E	Anmerkung 2		(G) + (T) + 1,0 mm [0,039 in]
Minimale Höhe der Lötstelle	F	Anmerkung 2		(G) + (T)
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Bauteilanschlusslänge	L	Anmerkung 3		
Maximaler Abstand	M	Anmerkung 2		
Breite der Anschlussfläche	P	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussdicke	T	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Darf nicht den minimalen elektrischen Abstand verletzen.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Die Lotfüllung muss eine sichtbar gute Benetzung aufweisen.

Anmerkung 4: An Stellen, wo die Lötfläche unterhalb des Bauteilekörpers anzulöten ist und die Anschlussfläche hierfür ausgelegt ist, muss der Anschluss eine sichtbar gute Benetzung im Spalt (M) aufweisen.

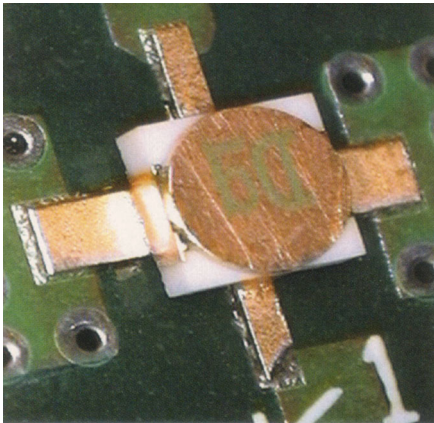


Abbildung 8-134

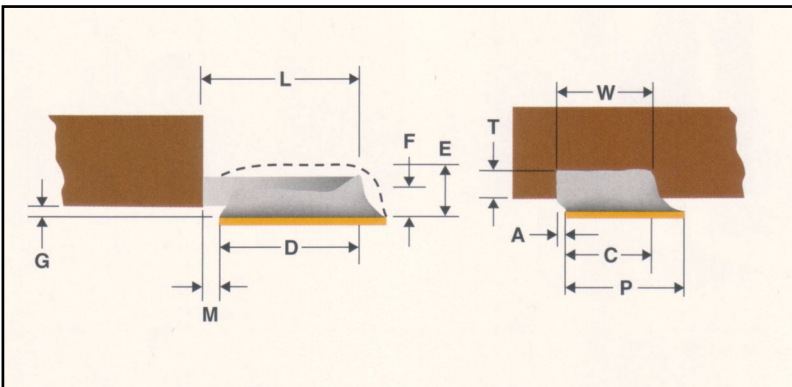


Abbildung 8-135

8.2.10 Hoch aufragende Bauteile mit Anschlüssen nur auf der Unterseite

Lötstellen bei hohen Bauteilen (Bauteilhöhe ist mehr als doppelte Breite oder Dicke, je nachdem welches kleiner ist) mit Anschlüssen nur auf der Unterseite müssen die Abmessungsanforderungen von Tabelle 8-10 und Abbildung 8-136 erfüllen.

Abweichungen von den Anforderungen der Tabelle 8-10 sind als Fehler einzustufen.

Tabelle 8-10 Abmessungskriterien – Hoch aufragende Bauteile mit Anschlüssen nur auf der Unterseite

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W); Anmerkungen 1, 4	25% (W); Anmerkungen 1, 4	Nicht zulässig; Anmerkungen 1, 4
Maximaler Endüberhang	B	Anmerkungen 1, 4	Nicht zulässig	
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% (W)	75% (W)	(W)
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3	50% (S)	75% (S)
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Länge der Anschlussfläche	S	Anmerkung 2		
Anschlussbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Darf nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzen.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Die Lotfüllung muss eine sichtbar gute Benetzung aufweisen.

Anmerkung 4: Je nach der Bauart des Bauteiles kann der Anschluss möglicherweise nicht bis zur Bauteilkante reichen und der Bauteilkörper kann über die Anschlussfläche auf der Leiterplatte hinausragen. Die lötbare Anschlussfläche des Bauteils darf nicht über die Anschlussfläche auf der Leiterplatte hinausragen.

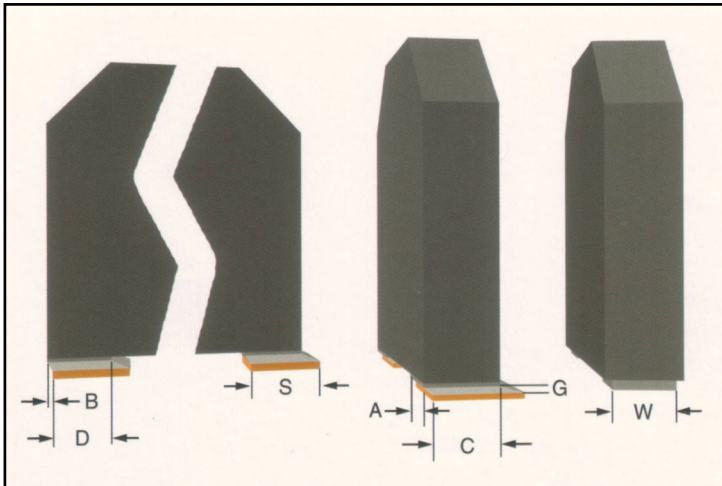


Abbildung 8-136

8.2.11 Nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse

Lötstellen bei Bauteilen, die nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse aufweisen, müssen die Anforderungen an Abmessungen und Lötstellen von Tabelle 8-11 und Abbildung 8-137 erfüllen. Das Design sollte eine einfache Überprüfung des Benetzungsgrades der benetzbaren Oberflächen erlauben.

Abweichungen von den Anforderungen der Tabelle 8-11 sind als Fehler einzustufen.

Tabelle 8-11 Abmessungskriterien – Nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse⁵

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% (W) Anmerkungen 1, 5		25% (W) oder 25% (P), je nachdem was geringer ist; Anmerkungen 1, 5
Maximaler Spitzenüberhang	B	Anmerkung 1	Nicht zulässig	
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% (W)		75% (W) oder 75% (P), je nachdem was geringer ist
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 3	50% (L)	75% (L)
Maximale Höhe der Lötstelle	E	(H) + (G) Anmerkung 4		
Minimale Höhe der Lötstelle Anmerkung 5, 6	F	Benetzung sichtbar auf den vertikalen Bauteilanschlussflächen	(G) + 25% (H) oder (G) + 0,5 mm [0,0197 in], je nachdem was geringer ist	
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Bauteilanschlusshöhe	H	Anmerkung 2		
Anschlussflächenüberstand	K	Anmerkung 2		
Bauteilanschlusslänge	L	Anmerkung 2		
Anschlussflächenbreite	P	Anmerkung 2		
Anschlussflächenlänge	S	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Darf nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzen.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Die Lotfüllung muss eine sichtbar gute Benetzung aufweisen.

Anmerkung 4: Das Lot darf nicht den Bauteilkörper auf der Innenseite der Anschlussbiegung berühren.

Anmerkung 5: Falls ein Anschluss gabelförmig aufgeteilt ist, muss die Lötstelle bei jeder der Laschen allen Anforderungen entsprechen.

Anmerkung 6: Designs mit Durchkontaktierungen (Vias) in Anschlussfläche können die Erfüllung dieser Kriterien ausschließen. Abnahmeanforderungen müssen zwischen Kunden und Hersteller vereinbart werden.

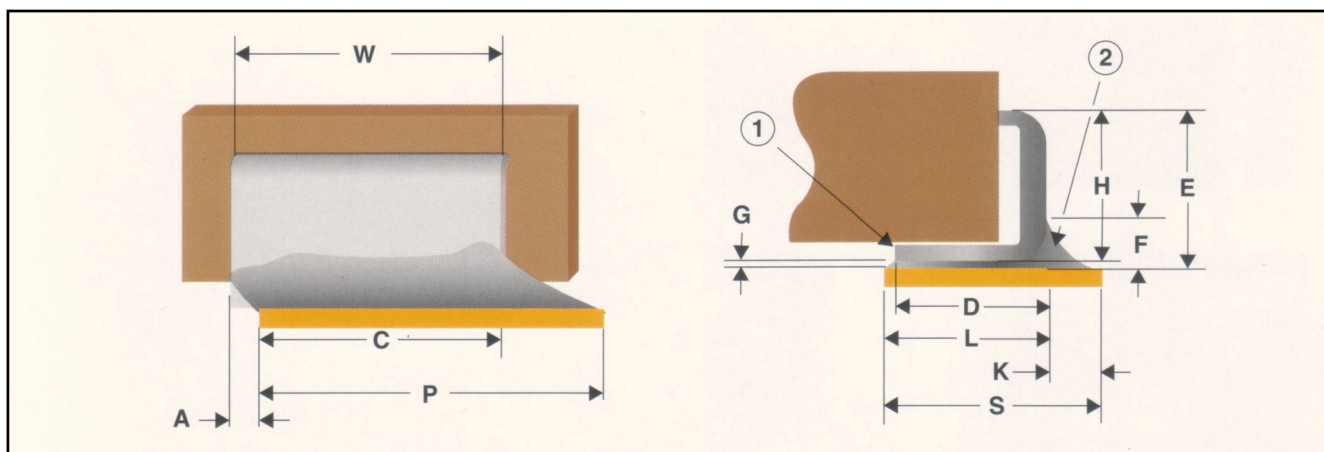


Abbildung 8-137

1. Spitze

2. Ferse

8.2.11 Nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse (Fortsetzung)

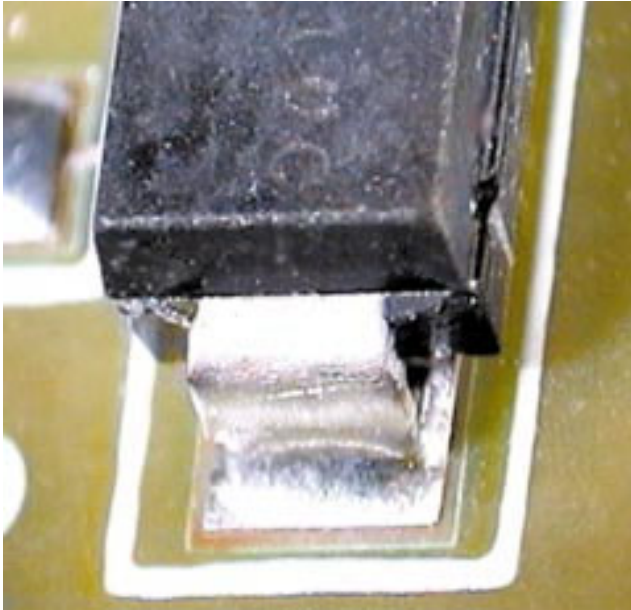


Abbildung 8-138

Beispiele für Bauteile mit nach innen geformten L-förmigen Band-Anschlüssen.

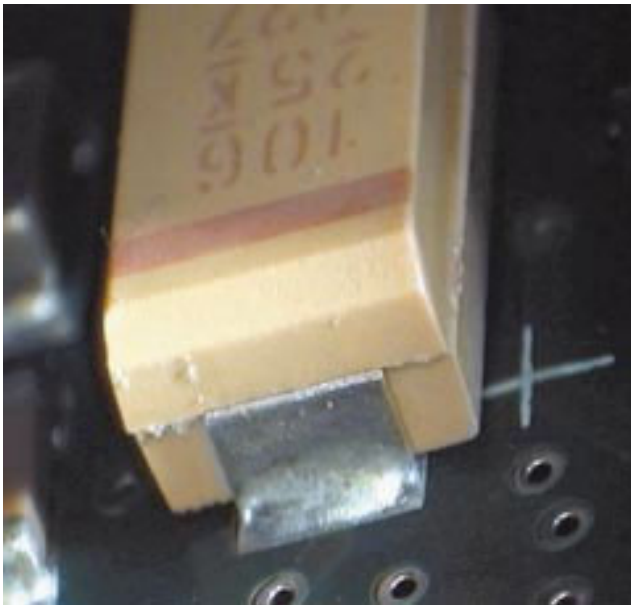


Abbildung 8-139



Abbildung 8-140

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ungenügende Höhe der Lotfüllung.

8.2.12 BGA (Ball Grid Array) = Oberflächenmontage-Bauteile mit Anschlüssen im Flächenraster auf der Unterseite

Diese Kriterien sollen bei Bauteilen mit Lotkugeln angewendet werden, die während des Aufschmelzens absinken.

Das hier festgelegte BGA-Kriterium ist für einen Inspektionsprozess ausgelegt, der Übereinstimmung sowohl für Röntgeninspektion wie auch für visuelle Begutachtung ermöglicht. In einem eingeschränkten Maße kann die Beurteilung durch eine visuelle Inspektion erfolgen; im Allgemeinen ist jedoch eine Bewertung durch Röntgen erforderlich, um eine Überprüfung von Eigenschaften zu ermöglichen, die mit den normalen visuellen Mitteln nicht erreicht werden kann. Prozessentwicklung und -kontrolle sind wesentlich für den gleich bleibenden Erfolg der Montagemethoden und die Anwendung der Materialien. Nicht-Erfüllung der Anforderungen nach Tabelle 8-12 ist ein Fehler, wenn die visuelle oder die Röntgen-Begutachtung zur Überprüfung der Produktabnahme durchgeführt wird. Anstelle der Röntgen-/visuellen Begutachtung kann eine Prozessbewertung vorgenommen werden, wenn die Erfüllung der Kriterien objektiv offenkundig ist.

Die BGA-Prozessrichtlinien sind in IPC-7095 bereitgestellt; diese beinhaltet Empfehlungen, die auf ausführlicher Besprechung von Fragen in Zusammenhang mit der BGA-Prozessentwicklung basieren.

Anmerkung: Röntgengeräte, die nicht für elektronische Bauteile entwickelt wurden, können empfindliche Bauteile beschädigen.

Anforderungen an die visuelle Begutachtung:

- Wird die visuelle Methode verwendet, um die Zulässigkeit eines Produktes sicherzustellen, so werden die Vergrößerungsstufen aus Tabelle 1-2 angewendet.
- Die Lötanschlüsse der äußeren Reihe (Perimeter) des BGA sollten visuell überprüft werden, wenn dies praktikabel erscheint.
- Der BGA muss in X & Y - Richtung mit den Eckmarkierungen auf der Leiterplatte (falls vorhanden) übereinstimmen.
- Das Fehlen von BGA-Lotkugel(n) ist ein Fehler; es sei denn, dass durch das Design etwas anderes festgelegt ist.

Tabelle 8-12 Abmessungskriterien – BGA – Eigenschaften

Eigenschaft	Abschnitt	Klassen 1, 2, 3
Ausrichtung	8.2.12.1	Lotkugelversatz verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
Lotkugelabstand	8.2.12.2	Lotkugelabstand verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
Lötverbindungen	8.2.12.3	Keine Lotbrücken; BGA Lotkugelkontakt und Benetzung an der Anschlussfläche formt einen elliptisch-runden Säulenanschluss.
Fehlstellen	8.2.12.4	25% oder weniger Fehlstellen von Kugeln in einem Röntgen-Bildbereich. Anmerkung 1,2
Unterfüllung oder Klebermaterial	8.2.12.5	Geforderte Unterfüllung und Klebermaterial sind vorhanden und vollständig ausgehärtet.

Anmerkung 1: Designbedingte Fehlstellen, z.B. Microvia in der Anschlussfläche, sind von diesen Kriterien ausgenommen. In diesen Fällen werden die Akzeptanzkriterien zwischen Hersteller und Anwender festgelegt.

Anmerkung 2: Hersteller können Tests oder Analysen verwenden, um andere Zulässigkeitskriterien für Fehlstellen zu entwickeln, durch die Endanwender-Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden.

8.2.12.1 BGA – Platziergenauigkeit



Abbildung 8-141

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Zentrierte Anordnung der BGA-Lotkugeln ohne sichtbaren Versatz der Kugeln von der Anschlussflächenmitte.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Abstand der Lotkugeln verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

8.2.12.2 BGA – Lotkugelabstand

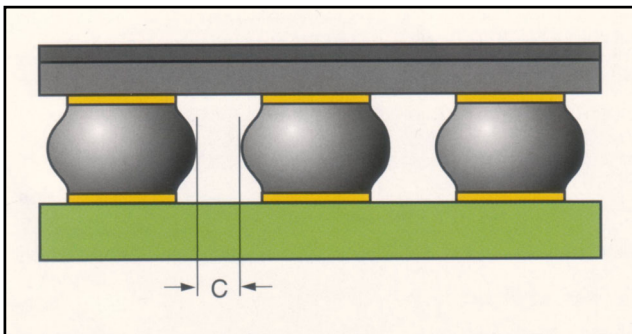


Abbildung 8-142

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- BGA-Lotkugeln verletzen nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand (C).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- BGA-Lotkugeln verletzen den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

8.2.12.3 BGA – Lötverbindungen

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die BGA-Lotkugeln sind einheitlich in Größe und Form.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine Lotbrücken.
- BGA-Lotkugeln kontaktieren und benetzen die Anschlussfläche und bilden einen kontinuierlichen ellip-tisch-runden oder säulenförmigen Anschluss.

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- BGA-Lotkugeln sind nicht einheitlich in Größe, Form, Farbe und Farbkontrast.

8.2.12.3 BGA – Lötverbindungen (Fortsetzung)

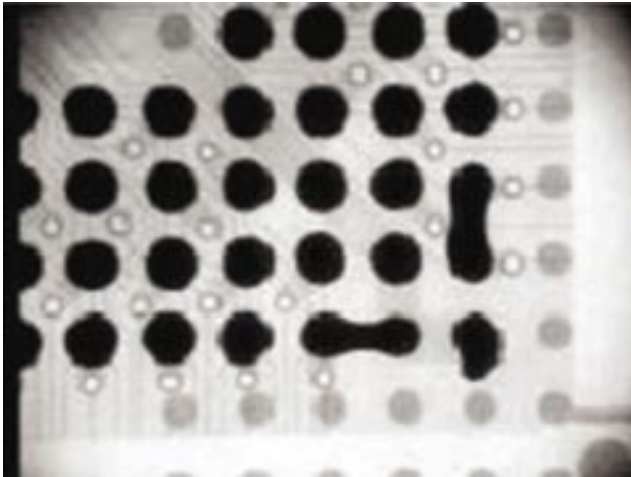


Abbildung 8-143

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lotbrücke ist visuell oder durch Röntgen sichtbar (Abbildung 8-143).
- Eine Einschnürung in der Lötverbindung zeigt an, dass die Lotkugeln und die aufgebrachte Lotpaste nicht zusammengeflossen sind (Abbildung 8-144).
- Unvollständige Anschlussflächenbenetzung.
- BGA-Lotkugeln zeigen ein unvollständiges Aufschmelzen der Lotpaste (Abbildung 8-145).
- Gebrochene Lötverbindung (Abbildung 8-146).

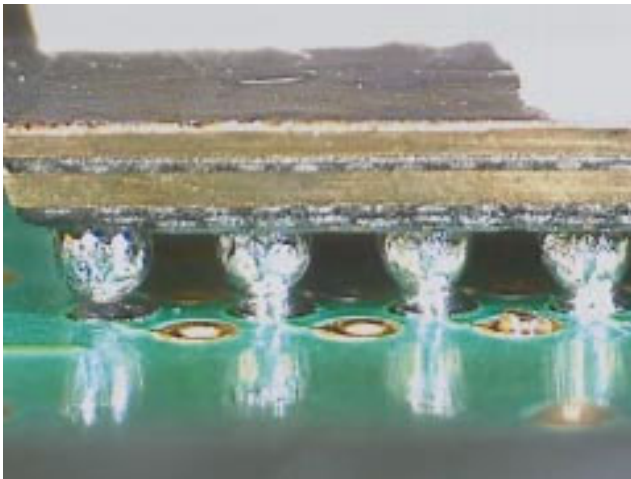


Abbildung 8-144

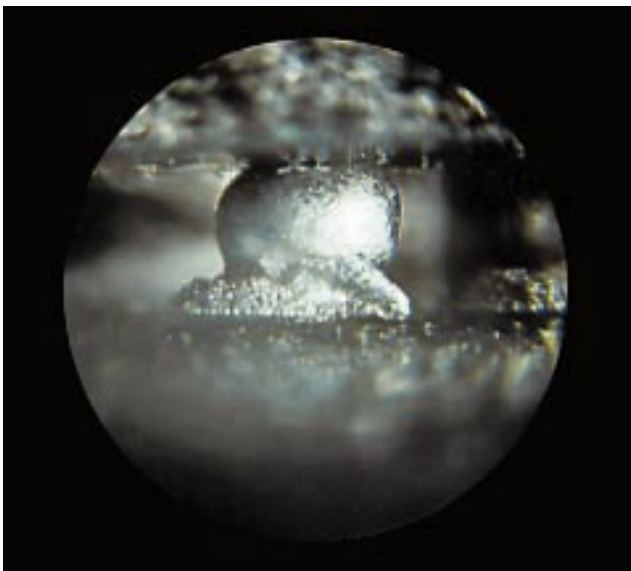


Abbildung 8-145

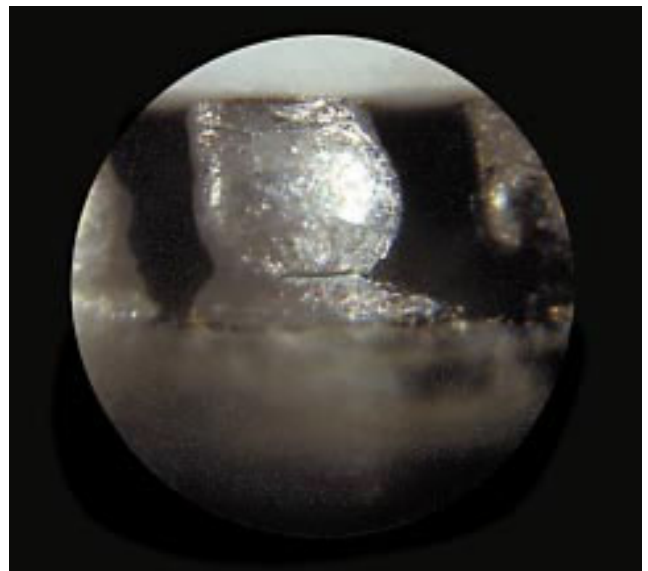


Abbildung 8-146

8.2.12.4 BGA – Poren

Designbedingte Poren, z.B. durch Microvias in der Anschlussfläche, sind von diesen Kriterien ausgenommen. In diesen Fällen werden die Abnahmekriterien zwischen Hersteller und Anwender festgelegt.

Hersteller können Tests oder Analysen verwenden, um andere Zulässigkeitskriterien für Poren zu entwickeln, durch die Umgebungsbedingungen bei der Endanwendung berücksichtigt werden.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- 25% oder weniger Poren in der Lotkugel im Röntgenbild.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Mehr als 25% Poren in der Lotkugel im Röntgenbild.

8.2.12.5 BGA – Unterfüllung/Fixierklebung

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gefordertes Unterfüll- oder Fixierungsmaterial ist vorhanden.
- Unterfüll- oder Fixierungsmaterial ist vollständig ausgehärtet.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Fehlendes oder nicht vollständig vorhandenes gefordertes Unterfüll- oder Fixierungsmaterial.
- Unterfüll- oder Fixierungsmaterial außerhalb der geforderten Bereiche.
- Unterfüll- oder Fixierungsmaterial ist nicht vollständig ausgehärtet.

8.2.13 Kunststoff-Quad Flat Pack – Keine Anschlussbeine (PQFN)

Weitere Bezeichnungen für diese Gehäuse sind Microlead Packages, Leadless Plastic Chip Carriers (LPCC) und Quad Flat Pack No-Lead Exposed Pad (QFN-EP). Nicht-Übereinstimmung mit den Anforderungen in Tabelle 8-13 ist unzulässig.

Tabelle 8-13 Abmessungskriterien – PQFN

Eigenschaft	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	50% W, Anmerkung 1	25% W, Anmerkung 1	
Spitzenüberhang (außerhalb der Kanten des Bauteilanschlusses)	B	Nicht zulässig		
Minimale Endbreite der Lötstelle	C	50% W	75% W	
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D	Anmerkung 4		
Lotspaltdicke	G	Anmerkung 3		
Minimale Höhe der Lötstelle an der Spitze (Ende)	F	Anmerkungen 2, 5		
Bauteilanschlusshöhe	H	Anmerkung 5		
Lotbedeckung der Thermalpads		Anmerkung 4		
Breite der Anschlussfläche	P	Anmerkung 2		
Bauteilanschlussbreite	W	Anmerkung 2		

Anmerkung 1: Verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung 2: Nicht festgelegter Parameter oder von der Bauteilkonstruktion abhängige Größe.

Anmerkung 3: Sichtbar gute Benetzung.

Anmerkung 4: Keine visuell überprüfbare Eigenschaft.

Anmerkung 5: Oberflächen der Spitzen (Enden) müssen nicht lötbar sein. An den Spitzen ist keine Benetzung gefordert.

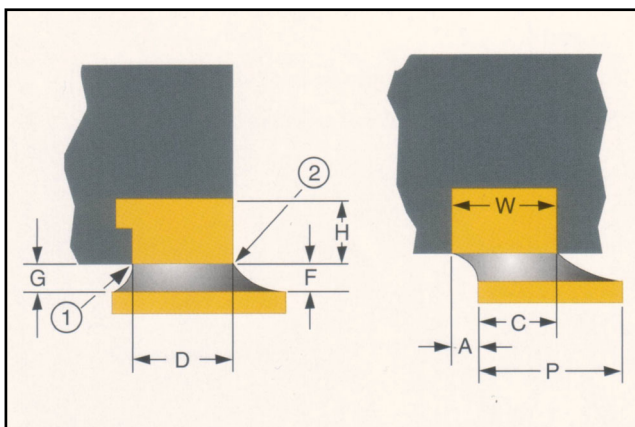


Abbildung 8-147

1. Ferse

2. Spitze

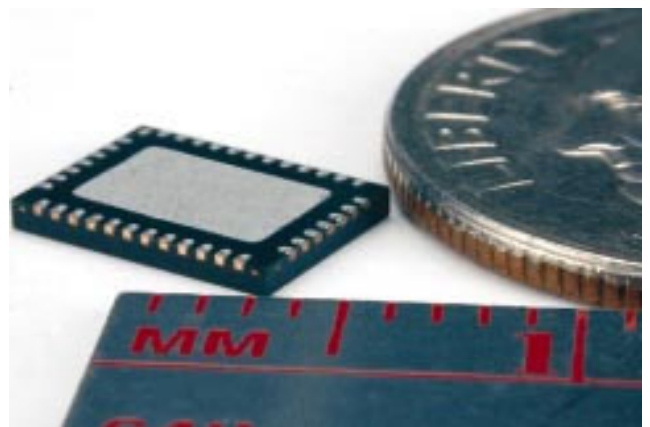


Abbildung 8-148

8.2.13 Kunststoff-Quad Flat Pack – Keine Anschlussbeine (PQFN) (Fortsetzung)



Abbildung 8-149

Es gibt einige Gehäuseausführungen, die keine herausgeführte Bauteilanschlussfläche oder an der Aussenkante des Bauteilkörpers keine durchgehend lötbare Oberfläche besitzen (Abbildung 8-149 Pfeil); es kann dann keine Lötstelle an der Spitze ausgebildet werden, siehe Abbildungen 8-150 und 8-151.

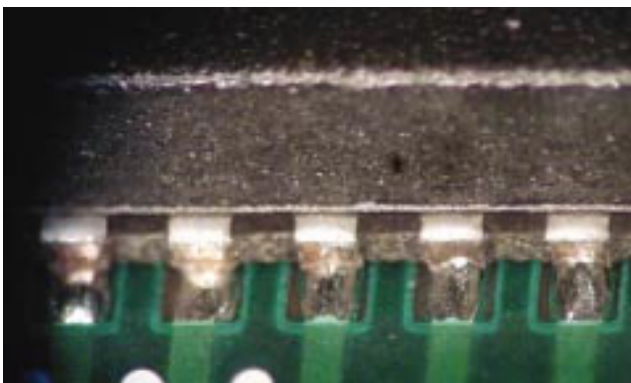


Abbildung 8-150

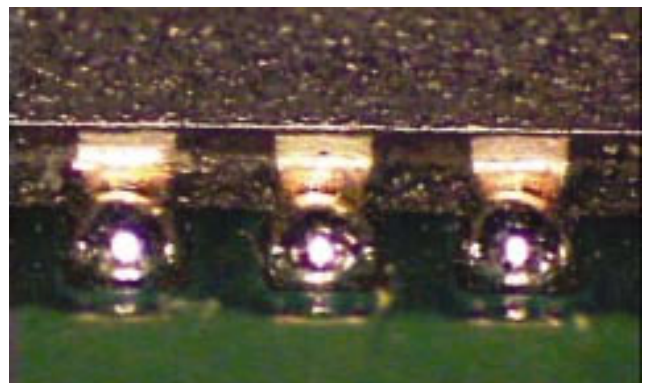


Abbildung 8-151

8.2.14 Bauteile mit lötbaren Kühlflächen auf der Unterseite

Diese Kriterien gelten für Bauteile, die über Kühlflächen auf der Unterseite verfügen, wie D-Pak™.

Kriterien für nicht sichtbare Kühlflächen-Lötverbindungen sind in diesem Dokument nicht beschrieben; sie erfordern eine Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller. Die Abnahmekriterien für Kühlflächen sind abhängig von Design und Prozess. Zu beachtende Punkte beinhalten Lotabdeckung, Poren, Lötöhe etc., sind jedoch nicht begrenzt auf die Anwendungsempfehlungen des Bauteilherstellers. Beim Löten dieser Art von Bauteilen sind Poren in der Kühlfläche üblich.

Anmerkung: Die Kriterien für andere als die Kühlflächenanschlüsse liegen in 8.2.5. vor.

Tabelle 8-14 Abmessungskriterien – Kühlflächenanschlüsse auf der Unterseite

Eigenschaft (alle Anschlüsse außer Kühlflächen)	Abm.	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Maximaler Seitenüberhang	A	Siehe 8.2.5		
Spitzenüberhang (außerhalb der Kanten des Bauteilkörpers)	B			
Minimale Endbreite der Lötstelle	C			
Minimale Seitenlänge der Lötstelle	D			
Lotspaltdicke	G			
Maximale Höhe der Lötstelle an der Ferse	F			
Eigenschaft (nur für untere Kühlflächen-Anschlüsse)		Klasse 1, 2, 3		
Kühlflächen-Seitenüberhang (Abbildung 8-153)		Nicht größer als 25% der Anschlussbreite.		
Kühlflächen-Endüberhang		Kein Überhang.		
Kühlflächen-Endbreite der Lötstelle		100% Benetzung der Anschlussfläche im Kontaktbereich.		

8.2.14 Bauteile mit lötbaren Kühlflächen auf der Unterseite (Fortsetzung)

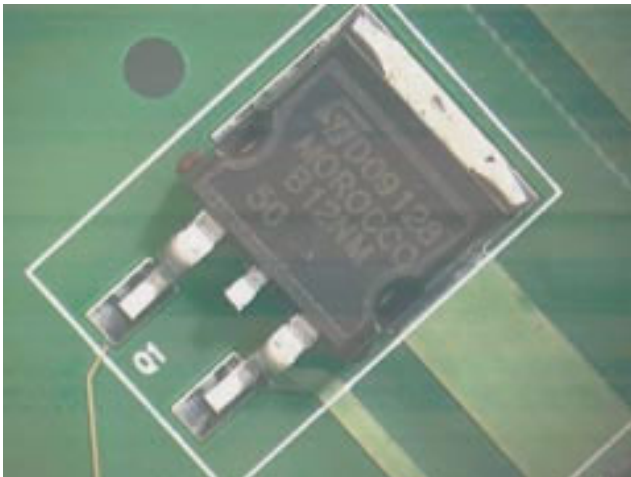


Abbildung 8-152

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Kühlflächen-Seitenüberhang.
- Die Kanten des Kühlflächen-Anschlusses sind zu 100% benetzt.

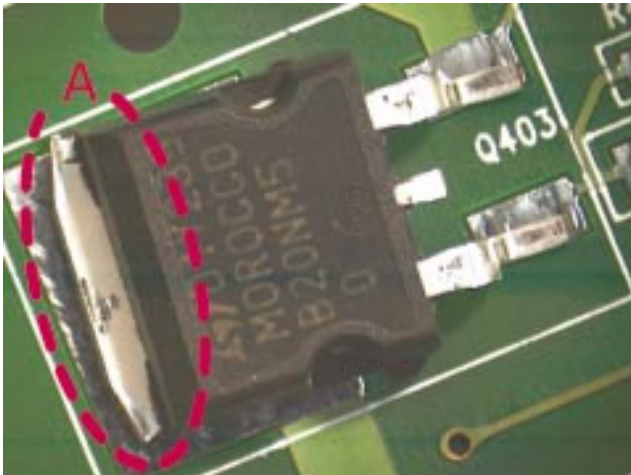


Abbildung 8-153

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Seitenüberhang des Kühlflächen-Anschlusses (A) ist nicht größer als 25% der Anschlussbreite.
- Endbreite der Lötstelle des Kühlflächen-Anschlusses beträgt 100% der Anschlussfläche im Kontaktbereich.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Seitenüberhang des Kühlflächen-Anschlusses (A) ist größer als 25% der Anschlussbreite.
- Ende des Kühlflächen-Anschlusses hängt über die Anschlussfläche.
- Endbreite der Lötstelle des Kühlflächen-Anschlusses beträgt weniger als 100% der Anschlussfläche im Kontaktbereich.

8 Abnahmekriterien für oberflächenmontierte Baugruppen

- Diese Seite ist absichtlich frei gelassen -

9 Bauteilbeschädigungen

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

- 9.1 Verlust der Metallisierung und Ablegieren
- 9.2 Funktionsschicht am Chipwiderstand
- 9.3 Bauteile mit/ohne Drahtanschluss
- 9.4 Chip-Bauteile
- 9.5 Steckverbinder

9.1 Verlust der Metallisierung und Ablegieren

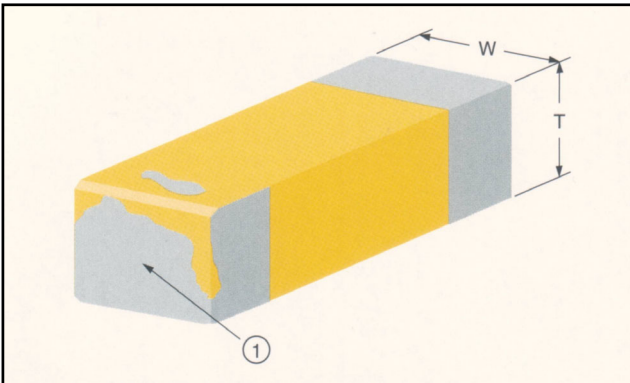


Abbildung 9-1
1. Ablegierung

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ablegierung (Abbildungen 9-1, 2) auf allen Kanten bis 25% der Bauteilbreite (W) oder der Bauteildicke (T), Abbildung 9-3.
- Maximal 50% Verlust der Metallisierung der oberen Anschlussfläche (für jedes Anschlussende), Abbildung 9-1, 2.

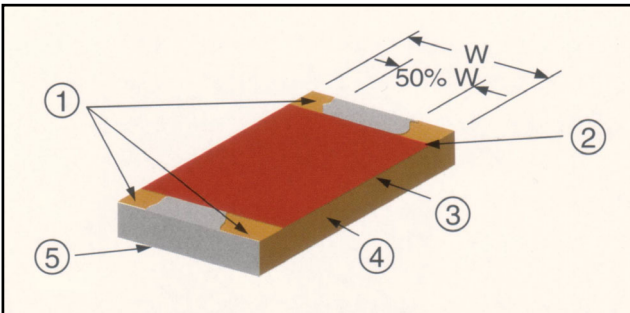


Abbildung 9-2
1. Metallisierung fehlt
2. Schutzschicht
3. Widerstandselement
4. Substrat (Keramik/Aluminium)
5. Anschlussende

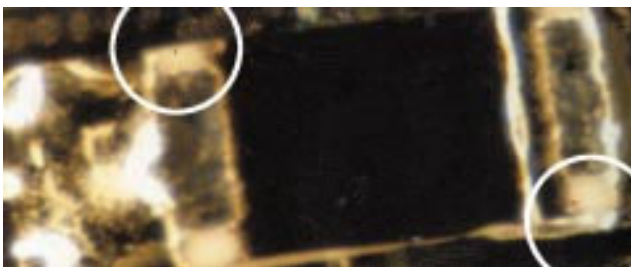


Abbildung 9-3

9.1 Verlust der Metallisierung und Ablegieren (Fortsetzung)

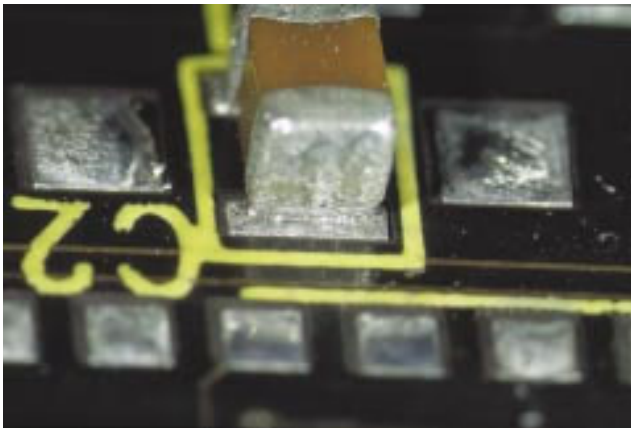


Abbildung 9-4

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Ablegierung der Anschlussendfläche mit Freilegung der Keramik, Abbildung 9-4.
- Ablegierung von mehr als 25% der Bauteilbreite (W) oder der Bauteildicke (T), Abbildungen 9-1 und 9-5.
- Metallisierungsverlust übersteigt 50% der oberen Anschlussfläche, Abbildungen 9-5 und 9-6.
- Unregelmäßige Konturen, die außerhalb der maximalen oder minimalen Abmessungen der jeweiligen Bauteilart liegen, Abbildungen 9-2, 9-3 und 9-6.



Abbildung 9-5



Abbildung 9-6

9.2 Funktionsschicht am Chipwiderstand

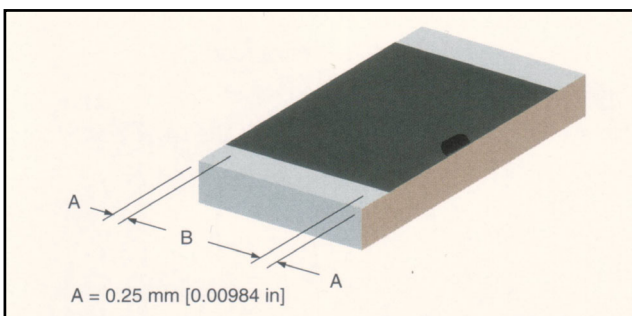


Abbildung 9-7

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Bei Chipwiderständen der Bauform 1206 und größer sind Abplatzungen (Kerben) im Randbereich der oberen Außenfläche zulässig, solange sie kleiner sind als $A=0,25\text{ mm}$ ($0,00984\text{ in}$), von der Bauteilkante aus gemessen.
- Keine Beschädigungen der Widerstandsschicht auf Fläche B.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Jegliche Abplatzungen in der Widerstandsschicht.

9.3 Bauteile mit/ohne Drahtanschluss

Diese Kriterien sind auf Bauteile mit und ohne Drahtanschluss anwendbar.

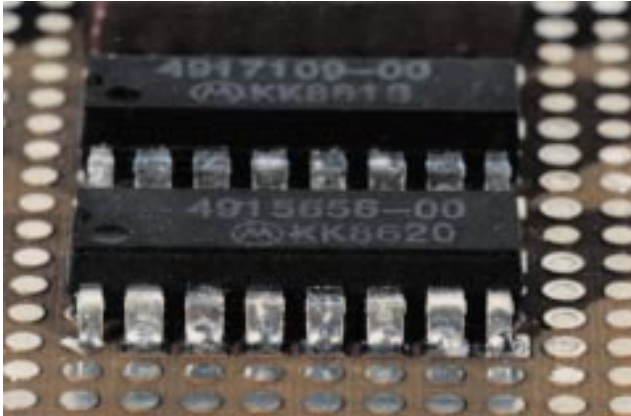


Abbildung 9-8

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Oberfläche nicht beschädigt.
- Bauteilgehäuse sind frei von Kratzern, Brüchen, Absplitterungen und Haarrissen.
- Kennzeichnungen sind lesbar.

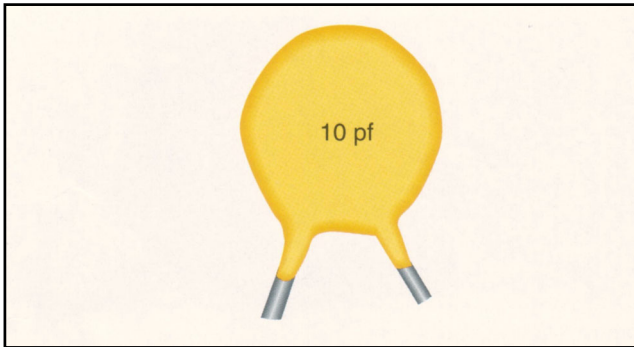


Abbildung 9-9

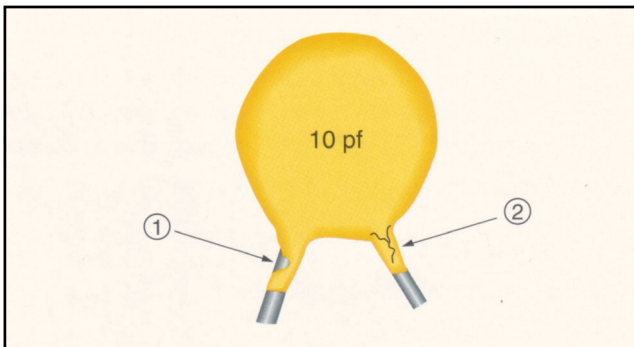


Abbildung 9-10
1. Absplitterung
2. Riss

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Geringe Oberflächenkratzer, Risse oder - Absplitterungen, durch die der Bauteilträger oder der Funktionsbereich nicht freigelegt werden.
- Strukturelle Integrität ist nicht angegriffen.
- Keine sichtbaren Kratzer oder Schäden an Deckel- oder Anschlussversiegelung eines Bauteils.

9.3 Bauteile mit/ohne Drahtanschluss (Fortsetzung)

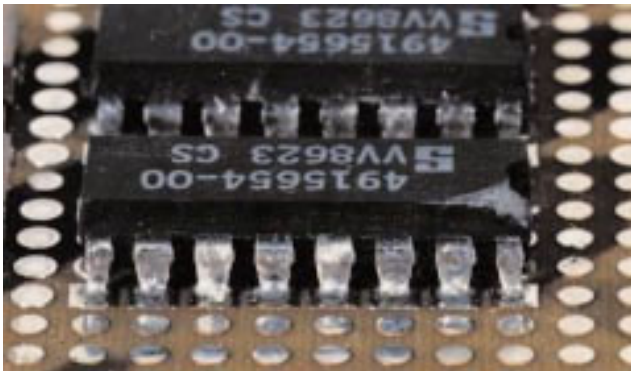


Abbildung 9-11

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Risse oder Absplitterungen bei Kunststoff-Bauteilen reichen nicht bis in die Anschluss- oder Abdeckungsversiegelung und legen kein inneres Funktionselement frei, Abbildungen 9-11, 9-12.
- Beschädigung des Bauteils hat die erforderliche Kennzeichnung nicht entfernt.
- Bauteilisolierung/Isolierschlauch ist beschädigt, jedoch
 - der beschädigte Bereich zeigt keine Tendenz zur Vergrößerung.
 - die freigelegte leitfähige Bauteiloberfläche kann keinen Kurzschluss zu benachbarten Bauteilen oder Leiterbahnen herbeiführen.



Abbildung 9-12

Prozessindikator- Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Absplitterungen bei Keramik-Bauteilgehäusen reichen nicht:
 - in Anschluss- oder Abdeckungsversiegelungen.
 - zeigen Risse, die von der Absplitterung ausgehen.



Abbildung 9-13

9.3 Bauteile mit/ohne Drahtanschluss (Fortsetzung)

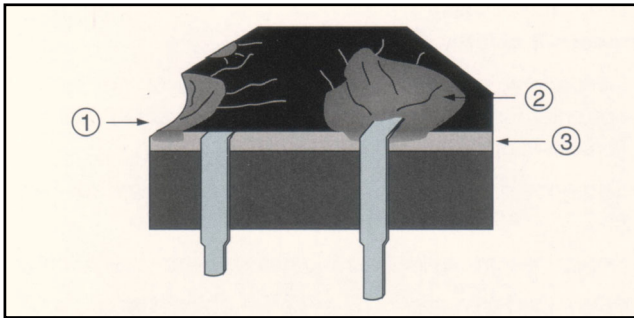


Abbildung 9-14
 1. Absplitterung bis in die Versiegelung
 2. Freiliegender Leiter
 3. Versiegelung



Abbildung 9-15

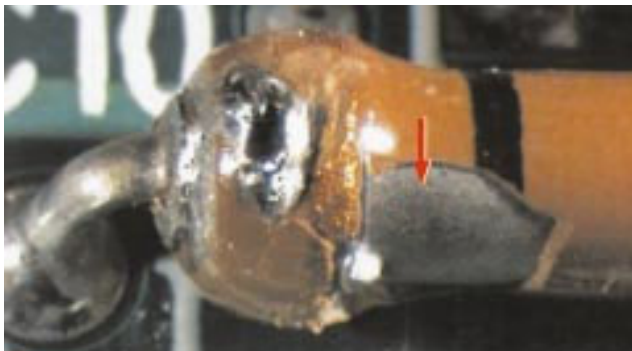


Abbildung 9-16



Abbildung 9-17

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Absplitterung oder Riss:
 - bis in die Versiegelung, Abbildung 9-14.
 - Freilegung des Anschlusses in einem normalerweise nicht freiliegenden Bereich, Abbildung 9-14.
 - Freilegung eines inneren Funktionselements oder Beeinträchtigung der Integrität des Bauteils, Abbildungen 9-15, 9-16, 9-17, 9-18, 9-19, 9-20.
- Es sind Risse vorhanden, die von der Absplitterung zu einer keramischen Gehäusekomponente führen, Abbildung 9-14.
- Absplitterungen oder Brüche in Glasgehäuse, Abbildung 9-18.
- Gebrochene oder beschädigte Glasperlen (nicht dargestellt).
- Geforderte Kennzeichnung fehlt aufgrund von Beschädigung des Bauteils.
- Die Isolationsabdeckung ist beschädigt, so dass innere Funktionselemente frei liegen oder die Form des Bauteils deformiert ist, Abbildung 9-16.
- Der beschädigte Bereich zeigt eine Tendenz zur Vergrößerung.
- Der Schaden könnte Kurzschlüsse an benachbarten Bauteilen oder Leiterbahnen ermöglichen.

9.3 Bauteile mit/ohne Drahtanschluss (Fortsetzung)



Abbildung 9-18

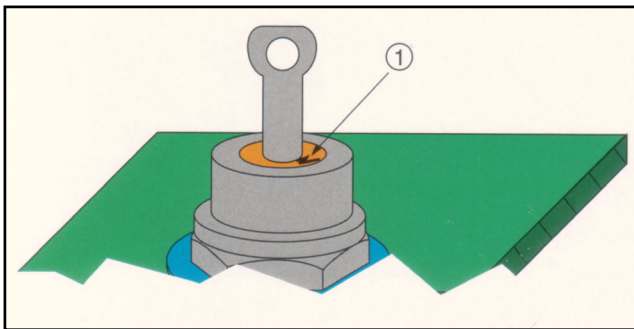


Abbildung 9-19
1. Gebrochener Isolator

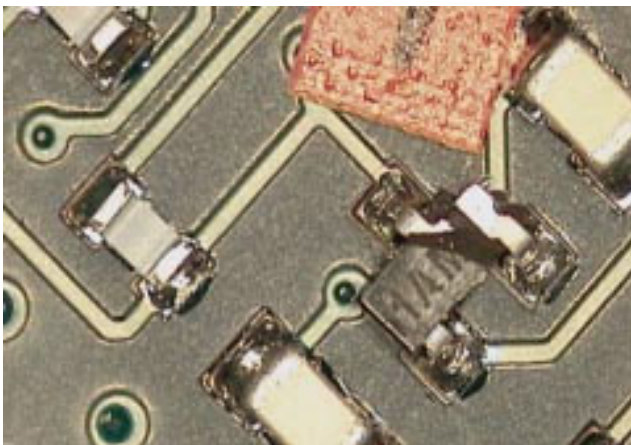


Abbildung 9-20

9.4 Chip-Bauteile

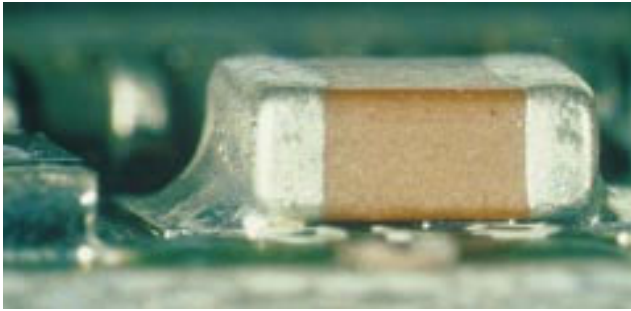


Abbildung 9-21

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Ausbrüche, Risse oder Spannungsbrüche.

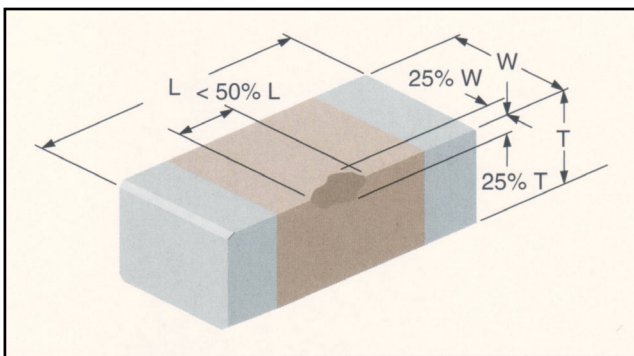


Abbildung 9-22

Zulässig - Klasse 1, 2

- Ausbrüche oder Absplitterungen nicht größer als die in Tabelle 9-1 angegebenen Werte; jeder muss einzeln berücksichtigt werden.

Tabelle 9-1 Absplitterungskriterien

(T)	25% der Dicke
(W)	25% der Breite
(L)	50% der Länge



Abbildung 9-23

Unzulässig - Klasse 1, 2

(Abbildungen 9-22 bis 9-27)

- Ausbrüche oder Absplitterungen, die Elektroden freilegen.
- Risse, Ausbrüche oder alle Arten von Schäden an Bauteilen mit Glasgehäuse.
- Alle Absplitterungen in Widerstandselementen.
- Alle Risse oder Spannungsbrüche.
- Der Schaden übersteigt die Angaben in Tabelle 9-1.

9.4 Chip-Bauteile (Fortsetzung)

Unzulässig - Klasse 3

- Alle Ausbrüche, Risse, Absplitterungen oder Spannungsbrüche.



Abbildung 9-24



Abbildung 9-25

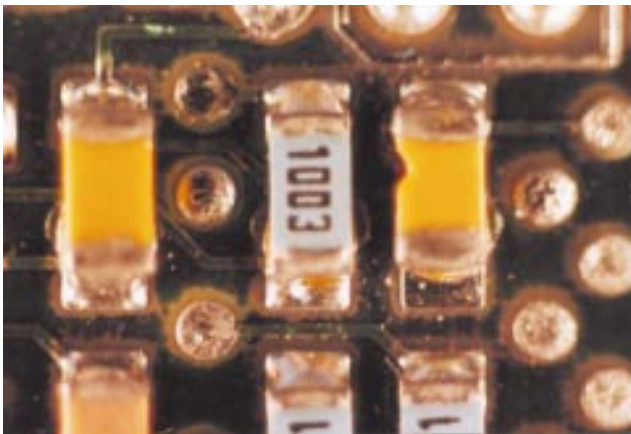


Abbildung 9-26

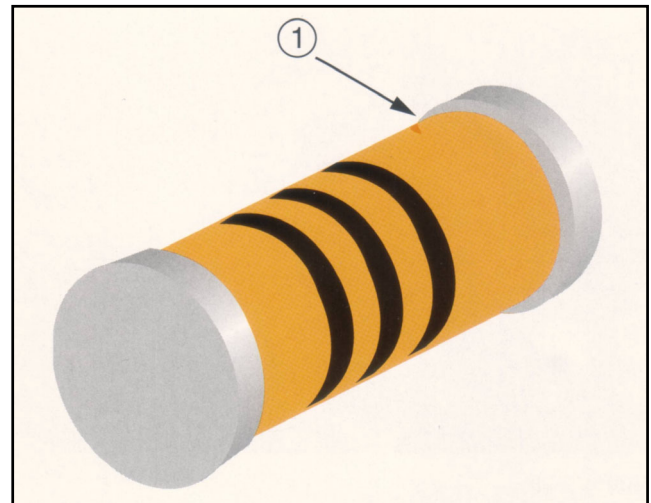


Abbildung 9-27
1. Ausbruch

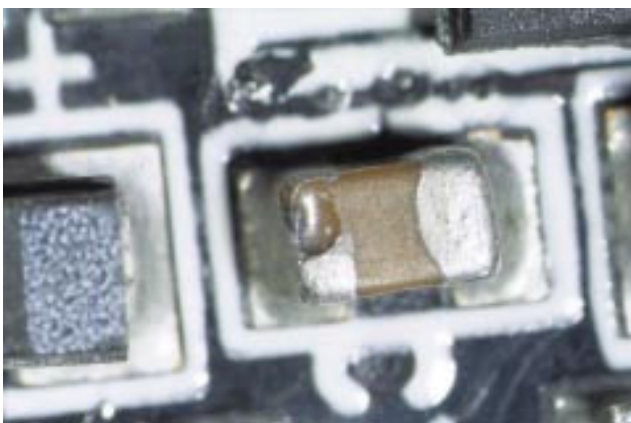


Abbildung 9-28

9.5 Steckverbinder

Diese Kriterien betreffen Kunststoffgehäuse/Abdeckungen, die hauptsächlich als Führung für die Steckverbinder dienen. Steckeranschlüsse werden normalerweise durch Einpressung im Gehäuse gehalten. Der Verbinder ist auf einer Leiterplatte bestückt und kann, wenn erforderlich, auch auf der Rückseite mit einer Abdeckung versehen werden. Visuelle Begutachtung von Gehäuse und Abdeckung umfassen physische Schäden wie Risse und Deformationen sowie die Sicherstellung, dass das Gehäuse korrekt auf der Leiterplatte sitzt.

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein sichtbarer physischer Schaden.
- Gehäuse sitzt vollständig auf der Leiterplatte auf.
- Keine Grate auf Gehäuse/Abdeckung.
- Keine Risse an Gehäuse/Abdeckung.

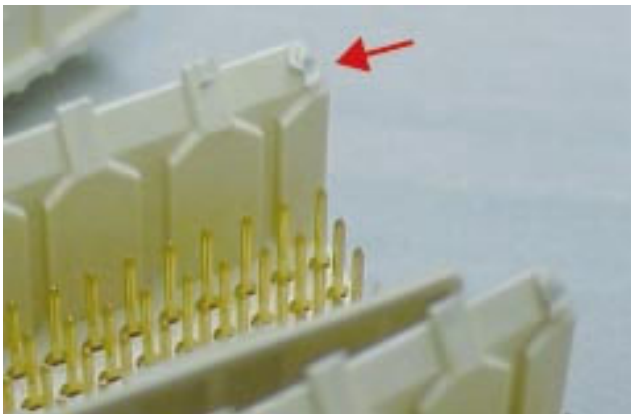


Abbildung 9-29

Zulässig - Klasse 1, 2

- Kunststoffgrat auf dem Gehäuse, jedoch fest (nicht lose/abgebrochen).
- Risse in nicht-kritischen Bereichen (betrifft die Integrität von Gehäuse/Abdeckung nicht).

Zulässig - Klasse 3

- Keine Risse in Gehäuse/Abdeckung.

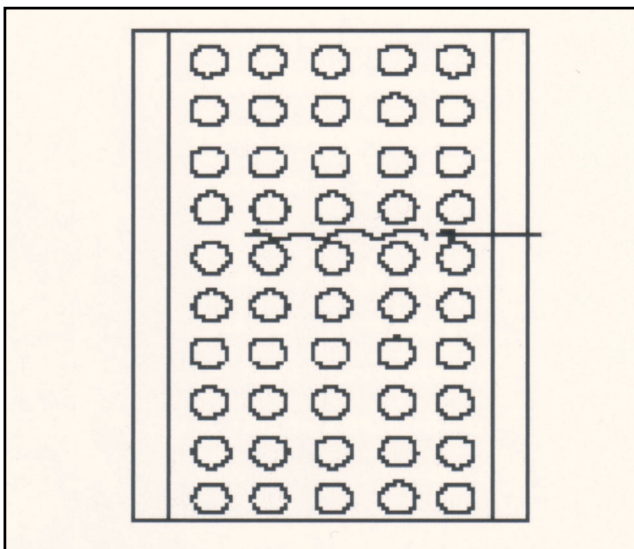


Abbildung 9-30

9.5 Steckverbinder (Fortsetzung)

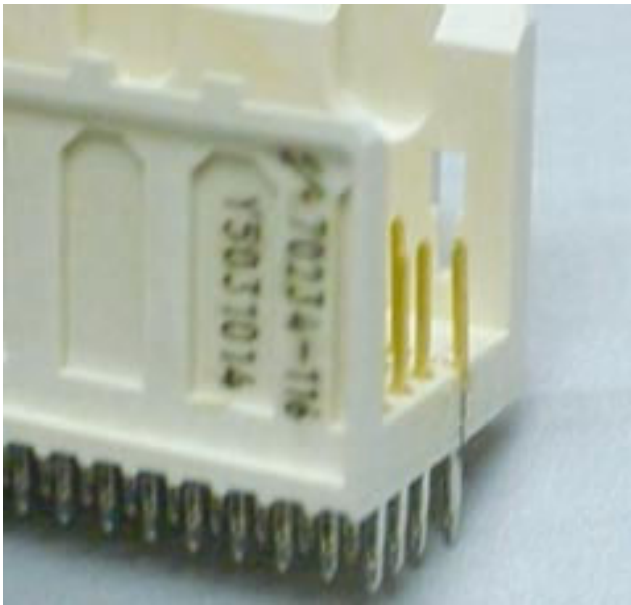


Abbildung 9-31

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Risse oder andere Beschädigungen, die die mechanische Integrität oder Funktionalität des Gehäuses beeinträchtigen.
- Risse am Übergang von der Seitenwand zur Grundfläche.



Abbildung 9-32

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine sichtbare Verbrennung oder Verkohlung.
- Kleine Absplitterungen, Kratzer oder Schmelzstellen, die Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion nicht beeinträchtigen.

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Leichte Verfärbung.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Sichtbare Verbrennung oder Verkohlung.
- Veränderungen der Form, Absplitterungen, Kratzer, Schmelzstellen oder andere Schäden, die Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion beeinträchtigen.



Abbildung 9-33

9 Bauteilbeschädigungen

- Diese Seite ist absichtlich frei gelassen -

10 Leiterplatten und Baugruppen

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

10.1 Vergoldete Direktstecker

10.2 Laminat-Anforderungen

- 10.2.1 Fleckenbildung (Measling) und Gewebezerrüttung (Crazing)
- 10.2.2 Blasenbildung (Blistering) und Delaminierung
- 10.2.3 Gewebestrukturbildung/Gewebefreilegung
- 10.2.4 Hofbildung (Haloing) und Kanten-Delaminierung
- 10.2.5 Rotring (Pink Ring)
- 10.2.6 Verbrennungen
- 10.2.7 Wölbung und Verwindung
- 10.2.8 Flexible und starr-flexible Leiterplatten
 - 10.2.8.1 Knicke und Risse
 - 10.2.8.2 Delaminierung in der Versteifung
 - 10.2.8.3 Verfärbungen
 - 10.2.8.4 Lotunterwanderung
- 10.2.9 Leiterzüge/Anschlussflächen
 - 10.2.9.1 Reduzierung des Querschnitts
 - 10.2.9.2 Abgehobene Anschlussflächen
 - 10.2.9.3 Mechanische Beschädigung

10.3 Kennzeichnung

- 10.3.1 Geätzte Kennzeichnungen (Handdruck eingeschlossen)

- 10.3.2 Siebdruck-Kennzeichnungen
- 10.3.3 Gestempelte Kennzeichnungen
- 10.3.4 Laserkennzeichnungen
- 10.3.5 Etiketten (Label)
 - 10.3.5.1 Barcode
 - 10.3.5.2 Lesbarkeit
 - 10.3.5.3 Adhäsion und Beschädigung
 - 10.3.5.4 Position

10.4 Sauberkeit

- 10.4.1 Flussmittelrückstände
- 10.4.2 Schmutzpartikel
- 10.4.3 Chloride, Carbonate und weiße Rückstände
- 10.4.4 No-Clean-Prozess – Erscheinungsform
- 10.4.5 Korrosionsmerkmale an Oberflächen

10.5 Beschichtungen

- 10.5.1 Lötstoppmasken
 - 10.5.1.1 Falten/Risse
 - 10.5.1.2 Poren und Blasen
 - 10.5.1.3 Durchbrüche
 - 10.5.1.4 Verfärbungen
- 10.5.2 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings)
 - 10.5.2.1 Grundsätzliches
 - 10.5.2.2 Bedeckung
 - 10.5.2.3 Schichtdicke

10.1 Vergoldete Direktstecker

Siehe IPC-A-600, IPC-6011 und IPC-6012 für weitere Kriterien zu vergoldeten Direktsteckern.

Die Inspektion wird normalerweise ohne Vergrößerung oder Zusatzbeleuchtung durchgeführt. Es können jedoch Umstände eintreten, wo diese Hilfsmittel erforderlich sind; z.B. Korrosion in Poren, Oberflächenverschmutzung.

Die kritische Kontaktfläche (der Teil der Steckzungen, der den Federkontakt des Steckverbinders kontaktiert) hängt davon ab, welches Steckverbindersystem für die Kontaktierung festgelegt ist. Die Dokumentation muss diese besonderen Abmessungen darstellen.

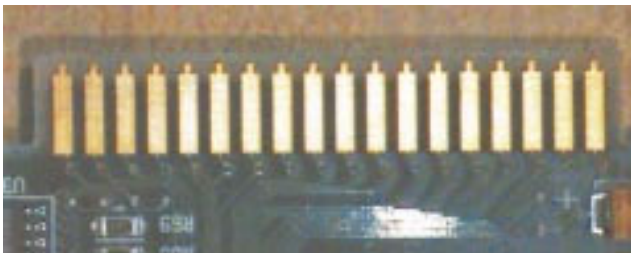


Abbildung 10-1

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Verschmutzung auf den Steckzungen.

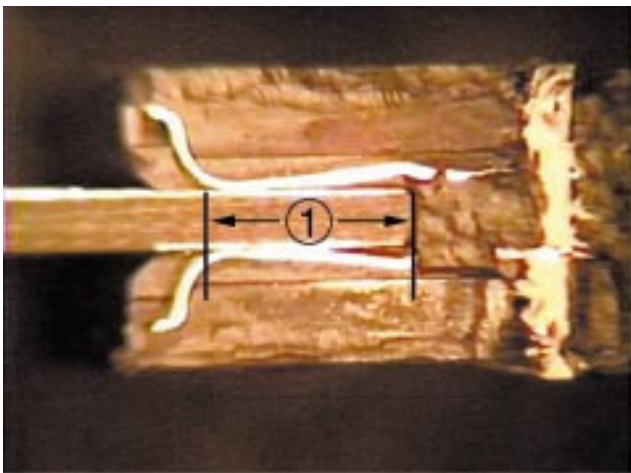


Abbildung 10-2

1. Kritische Kontaktfläche an den Steckzungen, die in Kontakt mit Federkontakten sind.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot ist erlaubt außerhalb des Steckbereichs.

10.1 Vergoldete Direktstecker (Fortsetzung)

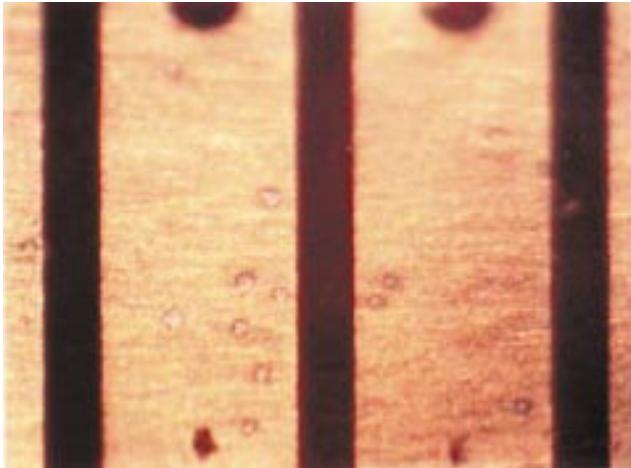


Abbildung 10-3

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lot, jegliches andere Metall als Gold, oder jegliche andere Verschmutzung auf den kritischen Kontaktflächen der Steckungen.

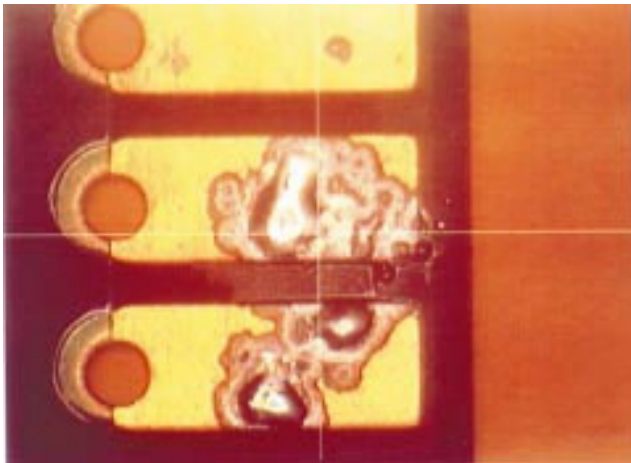


Abbildung 10-4

10.2 Laminat-Anforderungen

Zweck dieses Abschnittes ist es, den Leser bei der Erkennung von Laminatdefekten zu unterstützen. Zusätzlich zu detaillierten Zeichnungen und Fotos als Hilfe bei der Identifizierung von üblichen Laminatdefekten bietet dieser Abschnitt auch Abnahmekriterien beim Vorliegen von Fleckenbildung bei der Baugruppenfertigung.

Dieser Abschnitt basiert auf den Anforderungen von IPC-A-600.

Anmerkung: Dieses Dokument unterscheidet sich in den Kriterien für Leiterplatten-Fleckenbildung von manchen Ausgaben von IPC-A-600 und IPC-6012

Die Identifikation der Laminatdefekte kann verwirrend sein. Die nachfolgenden Seiten mit Definitionen, Illustrationen und Fotografien sollen bei der Identifizierung der Defekte helfen. Zu folgenden Fehlern und Akzeptanzkriterien werden genaue Definitionen und Identifikationsmerkmale gegeben:

- Fleckenbildung (Measling)
- Gewebezerrüttung (Crazing)
- Blasenbildung (Blistering)
- Delaminierung
- Gewebestrukturbildung (Weave Texture)
- Gewebefreilegung (Weave Exposure)
- Hofbildung (Haloing)

Anzumerken ist, dass die Laminatdefekte in Erscheinung treten können, wenn der Leiterplattenhersteller das Material vom Laminatlieferanten erhält oder während der Fertigung der Leiterplatte oder Baugruppe.

10.2.1 Laminat-Anforderungen – Fleckenbildung (Measling) und Gewebezerrüttung (Crazing)

Es handelt sich hierbei um eine innere Schwäche des Laminates, die während der Fertigung der Leiterplatte oder der Bestückung auftritt.

Fleckenbildung oder Gewebezerrüttung, die infolge eines Bestückungsprozesses auftreten (z.B. durch Anwendung von Einspreßstiften, Reflowlöten usw.), breiten sich gewöhnlich nicht weiter aus.

Wenn Fleckenbildung vorliegt, die den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzt, können zusätzliche Leistungstests oder dielektrische Widerstandsmessungen erforderlich sein, wobei die gesamten Einsatzanforderungen zu berücksichtigen sind, z.B. feuchte Umgebung, Unterdruck.

Enthält das Trägermaterial eingebettete Bauelemente, so müssen zusätzliche Kriterien festgelegt werden.

Fleckenbildung (Measling): Ein interner Zustand des laminierten Basismaterials, wobei die Glasfasern an den Schnittpunkten vom Harz getrennt sind. Dieser Zustand zeigt sich in Form einzelner weißer Punkte oder Kreuze unter der Oberfläche des Basismaterials und tritt normalerweise infolge von Wärmestress auf.

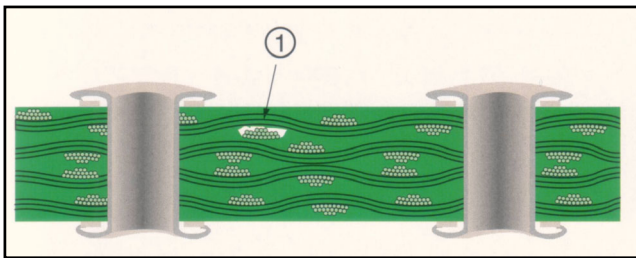


Abbildung 10-5
1. Fleckenbildung (Measling)

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine sichtbare Fleckenbildung (Measling).

Zulässig - Klasse 1

- Die Kriterien für Fleckenbildung (Measling) bestehen in der Funktionsfähigkeit der Baugruppe.

Zulässig - Klasse 2, 3

- Fleckenbereiche im laminierten Basismaterial überschreiten nicht 50% des Abstandes zwischen internen Leitern.

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Fleckenbereiche im laminierten Basismaterial überschreiten 50% des Abstandes zwischen internen Leitern.

Anmerkung: Dieses Dokument unterscheidet sich in den Kriterien für Leiterplatten-Fleckenbildung von manchen Ausgaben von IPC-A-600 und IPC-6012.



Abbildung 10-6

10.2.1 Laminat-Anforderungen – Fleckenbildung (Measling) und Gewebezerrüttung (Crazing) (Fortsetzung)

Gewebezerrüttung (Crazing): Ein interner Zustand des laminierten Basismaterials, wobei die Glasfasern an den Schnittpunkten vom Harz getrennt werden. Dieser Zustand zeigt sich in Form einzelner weißer Punkte oder Kreuze unter der Oberfläche des Basismaterials und tritt normalerweise bei mechanischen Spannungen auf.

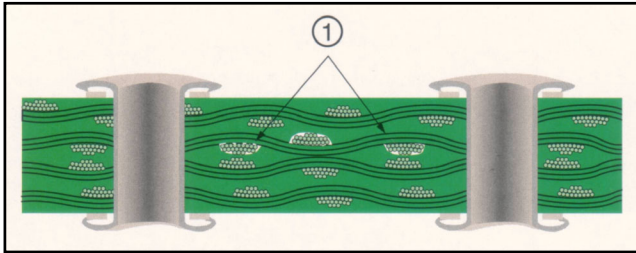


Abbildung 10-7
1. Gewebezerrüttung (Crazing)

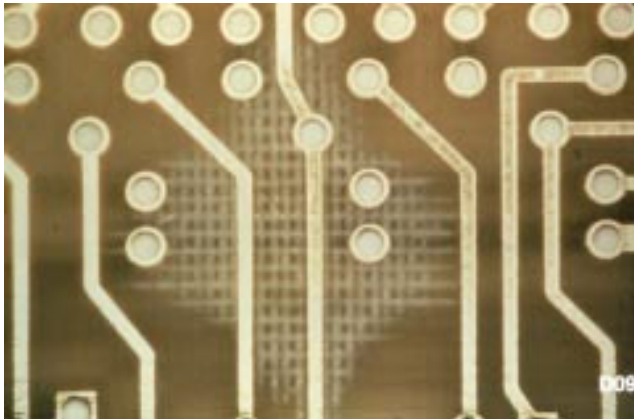


Abbildung 10-8

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine sichtbare Gewebezerrüttung.

Zulässig - Klasse 1

- Die Kriterien für Gewebezerrüttung bestehen in der Funktionsfähigkeit der Baugruppe.

Zulässig - Klasse 2, 3

- Bereiche mit Gewebezerrüttung im laminierten Basismaterial überschreiten nicht 50% des Abstandes zwischen nicht gemeinsamen Leitern.
- Gewebezerrüttung reduziert den Abstand nicht unter den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Bereiche mit Gewebezerrüttung im laminierten Basismaterial überschreiten 50% des Abstandes zwischen nicht gemeinsamen Leitern.
- Gewebezerrüttung reduziert den Abstand unter den elektrischen Mindestsicherheitsabstand.
- Gewebezerrüttung an der Leiterplattenkante reduziert den minimalen Abstand zwischen Kante und Leiterbild oder ist größer als 2,5 mm [0,0984 in], falls nicht spezifiziert.

10.2.2 Laminat-Anforderungen – Blasenbildung (Blistering) und Delaminierung

Blasen und Delaminierung erscheinen als Ergebnis einer inneren Schwäche des Materials oder des Prozesses. Blasenbildung und Delaminierung zwischen nichtfunktionellen und funktionellen Flächen können zulässig sein, vorausgesetzt die Mängel sind nichtleitend und alle anderen Kriterien sind erfüllt.

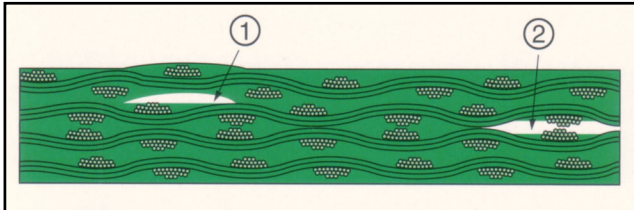


Abbildung 10-9
1. Blasenbildung (Blistering)
2. Delaminierung

Blasenbildung (Blistering): Eine Delaminierung in Form einer lokalen Ausbeulung und Trennung zwischen den Lagen von laminiertem Basismaterial oder zwischen Basismaterial und leitender Folie oder Schutzbeschichtung.

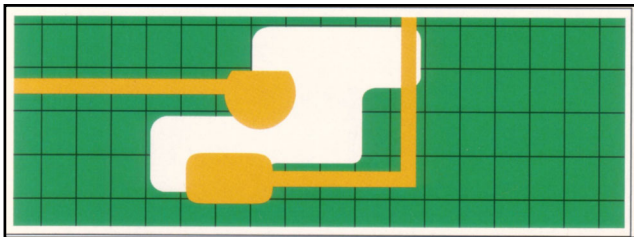


Abbildung 10-10

Delaminierung: Eine Trennung zwischen den Lagen innerhalb des Basismaterials oder zwischen Basismaterial und einer leitenden Folie oder jede andere Trennung von Flächen in der Leiterplatte.

10.2.2 Laminat-Anforderungen – Blasenbildung (Blistering) und Delaminierung (Fortsetzung)

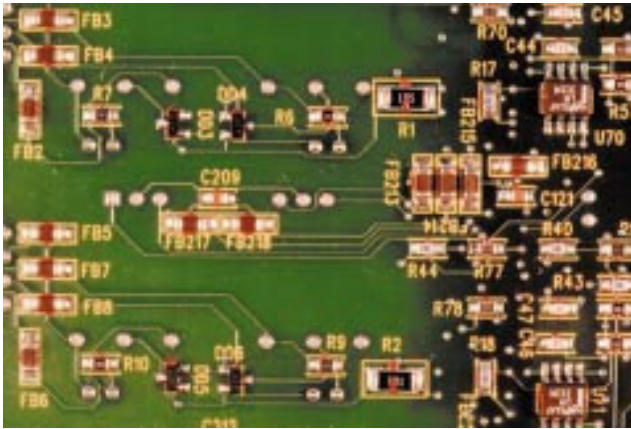


Abbildung 10-11

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Blasenbildung (Blistering) oder Delaminierung.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Blasenbildung/Delaminierung überbrückt nicht mehr als 25% des Abstandes zwischen durchkontaktierten Bohrungen oder inneren Leiterbahnen.

10.2.2 Laminat-Anforderungen – Blasenbildung (Blistering) und Delaminierung (Fortsetzung)

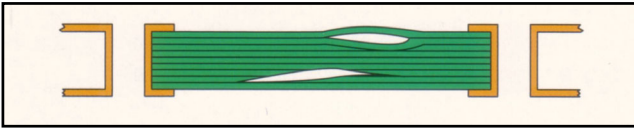


Abbildung 10-12

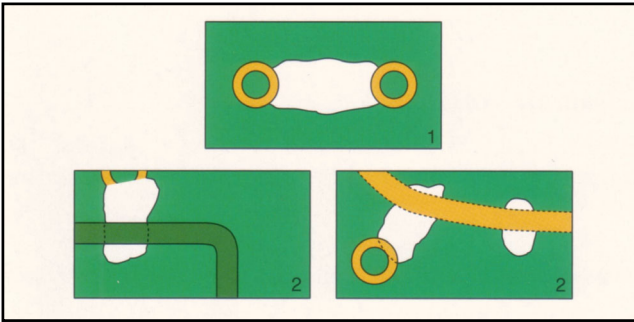


Abbildung 10-13



Abbildung 10-14



Abbildung 10-15

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Blasenbildung/Delaminierung überbrückt mehr als 25% des Abstandes zwischen durchkontaktierten Bohrungen oder den inneren Leiterbahnen.
- Die Blasenbildung/Delaminierung reduziert den Abstand zwischen Leiterbahnen unter den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung: Bereiche mit Blasenbildung/Delaminierung können während der Bestückung zunehmen. Möglicherweise müssen besondere Kriterien festgelegt werden.

10.2.3 Laminat-Anforderungen – Gewebestrukturbildung / Gewebefreilegung

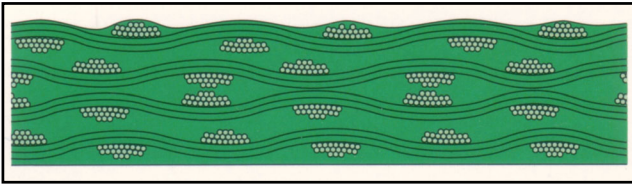


Abbildung 10-16

Gewebestrukturbildung - Ein Oberflächenzustand des Basismaterials, bei dem ein Muster des Glasgewebes durchscheint, obwohl die ungebrochenen Glasfasern vollständig mit Harz bedeckt sind.

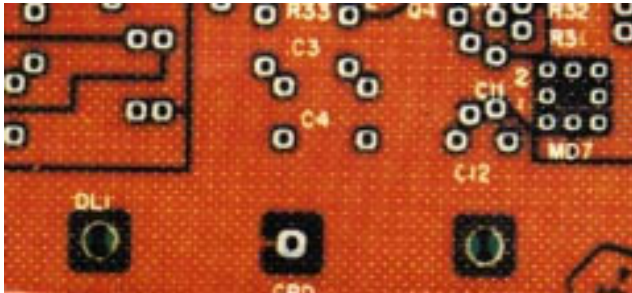


Abbildung 10-17

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gewebestrukturbildung ist ein akzeptabler Zustand in allen Klassen, der aber aufgrund seiner Ähnlichkeit oft mit Gewebefreilegung verwechselt wird.

Anmerkung: Ein Schliffbild kann zur Klärung verwendet werden.

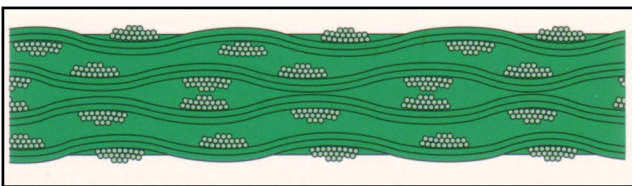


Abbildung 10-18

Gewebefreilegung - Ein Oberflächenzustand des Basismaterials, in dem die ungebrochenen Glasfasern nicht vollständig von Harz bedeckt sind.



Abbildung 10-19

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Gewebefreilegung.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Gewebefreilegung reduziert nicht den Abstand zwischen Leiterbahnen unter den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Gewebefreilegung reduziert den Abstand zwischen Leiterzügen auf weniger als den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

10.2.4 Laminat-Anforderungen – Hofbildung (Haloing) und Kanten-Delaminierung

Hofbildung (Haloing): Ein Zustand, bei dem sich im Basismaterial helle Gebiete um Löcher oder andere mechanisch behandelte Flächen auf oder unter der Oberfläche des Basismaterials bilden.

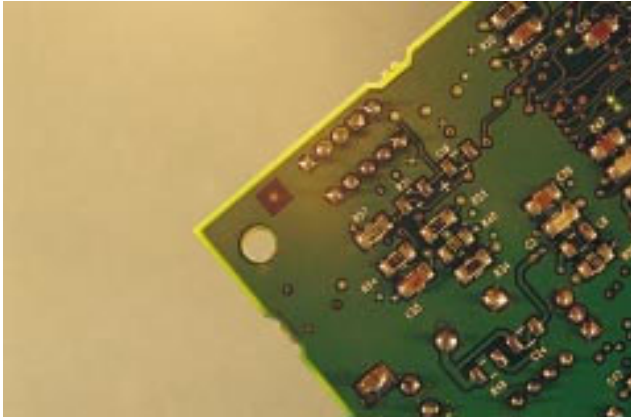


Abbildung 10-20

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Hofbildung oder Kantendelaminierung.

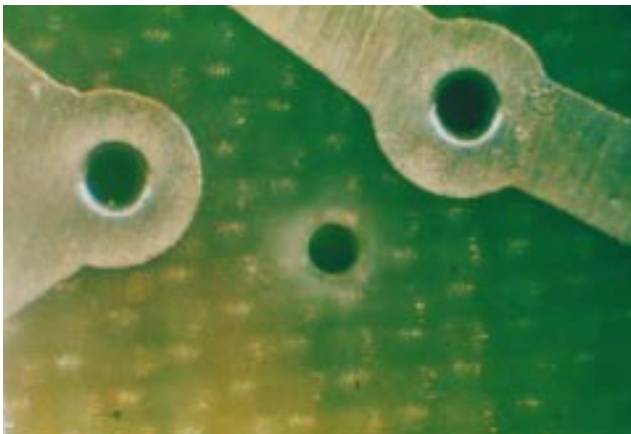


Abbildung 10-21

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Eindringen in die Leiterplatte bei Hofbildung oder Kanten-Delaminierung darf die geforderten Abstände nicht um mehr als 50% des in Zeichnungen oder gleichwertigen Spezifikationen festgelegten Maßes reduzieren. Wenn nichts spezifiziert ist, so darf die Hofbildung oder Kanten-Delaminierung nicht mehr als 2,5 mm (0,0984 in) betragen.

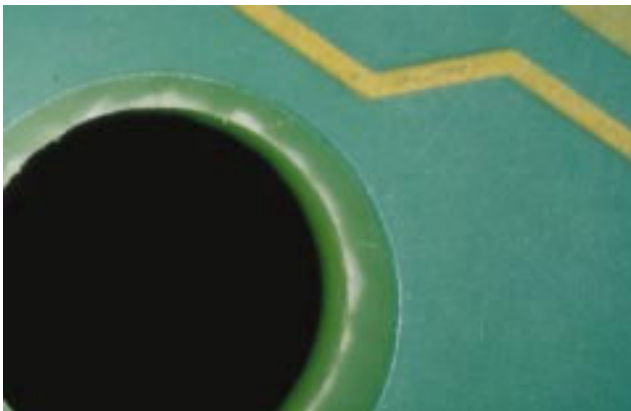


Abbildung 10-22

10.2.4 Laminat-Anforderungen – Hofbildung (Haloing) und Kanten-Delaminierung (Fortsetzung)

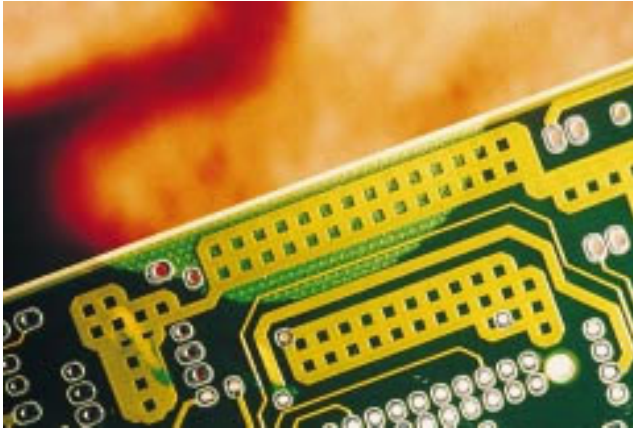


Abbildung 10-23

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Hofbildung oder Kanten-Delaminierung verringern die geforderten Randabstände um mehr als 50% des festgelegten Maßes, oder wenn kein Maß angegeben ist, um mehr als 2,5 mm (0,0984 in), je nachdem welches Maß kleiner ist.



Abbildung 10-24

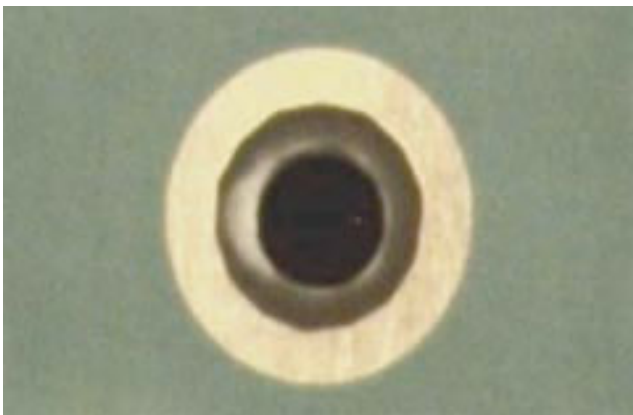


Abbildung 10-25

10.2.5 Laminat-Anforderungen – Rotring (Pink Ring)

Es gibt keinen bekannten Hinweis, dass Rotring (Pink Ring) die Funktionalität beeinträchtigt. Das Vorliegen exzessiver Rotringe kann als Indikator für eine Prozess- oder Designabweichung gewertet werden, stellt jedoch keinen Grund für eine Zurückweisung dar. Am wichtigsten ist die Qualität der Laminathaftung.

10.2.6 Verbrennungen

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Verbrennungen mit physikalischer Beschädigung der Oberfläche oder der Baugruppe.



Abbildung 10-26



Abbildung 10-27

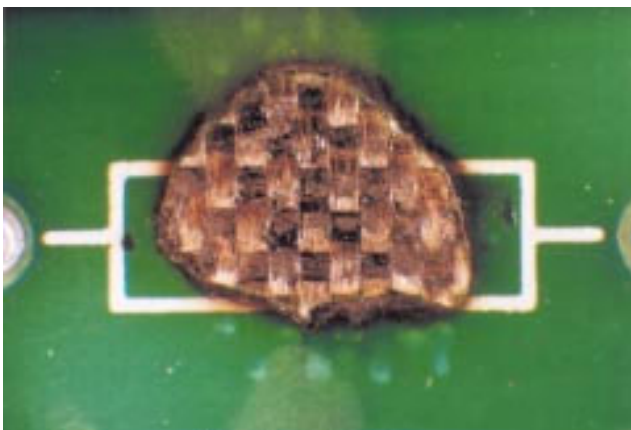


Abbildung 10-28

10.2.7 Laminat-Anforderungen – Wölbung und Verwindung

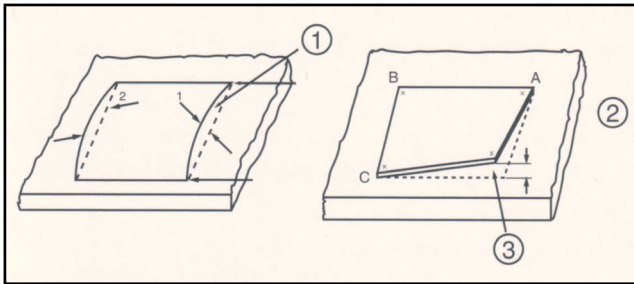


Abbildung 10-29

1. Wölbung

2. Die Punkte A, B und C berühren die Basis

3. Verwindung

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Wölbung und Verwindung verursachen keine Beschädigungen in Arbeitsschritten nach dem Löten oder in der Endanwendung. Zu berücksichtigen sind Form, Einsatzfähigkeit, Funktion und Produktzuverlässigkeit.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Wölbung und Verwindung verursachen Beschädigungen in den Fertigungsschritten nach dem Lötprozess während der Endanwendung des Produktes.

Anmerkung: Die Wölbung und Verwindung der Leiterplatte nach dem Löten sollte nicht größer sein als 1,5% bei Leiterplatten in Durchsteck-Technik und 0,75% bei SMD-Leiterplatten (siehe IPC-TM-650, 2.4.22).

10.2.8 Laminat-Anforderungen – Flexible und starr-flexible Leiterplatten

10.2.8.1 Laminat-Anforderungen – Flexible und starr-flexible Leiterplatten - Knicke und Risse

Die Schnittkante einer flexiblen Leiterplatte oder des flexiblen Bereichs einer starr-flexiblen Leiterplatte ist frei von Graten, Knicken, Delaminierung und Rissen in dem von der vorliegenden Dokumentation zugelassenen Umfang. Der minimale Kantenabstand zu Leiterzügen muss in der Einkaufsdokumentation festgelegt sein.

Die Deformation einer Versteifungsplatte soll mit den Festlegungen in der Originalzeichnung oder der individuellen Spezifikation übereinstimmen.

Anmerkung: Für SMT oder Montage mit durchkontaktierten Löchern, Anordnung, Lötung, Reinheitsanforderungen für flexible Bestückungen etc. beachten Sie die entsprechenden Abschnitte dieses Standards.

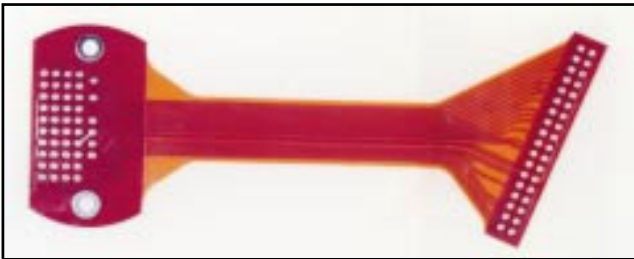


Abbildung 10-30

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Frei von Knicken und Einrissen. Minimaler Kantenabstand zum Leiterzug ist eingehalten.
- Die Schnittkante der flexiblen Leiterplatte oder der flexible Bereich einer fertigen starr-flexiblen Leiterplatte ist frei von Graten, Knicken, Delaminierung und Rissen.

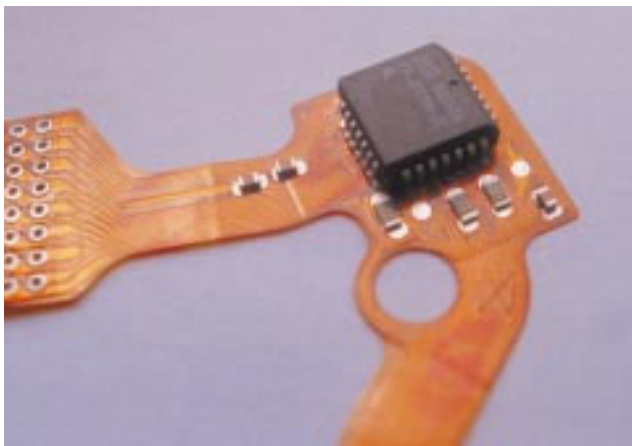


Abbildung 10-31

10.2.8.1 Laminat-Anforderungen – Flexible und starr-flexible Leiterplatten - Knicke und Risse (Fortsetzung)

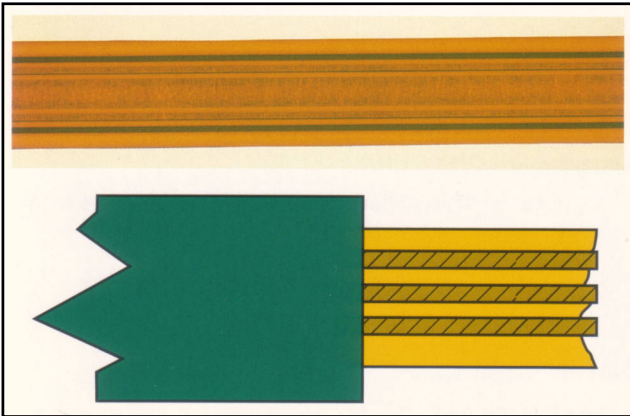


Abbildung 10-32

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine Knicke oder Risse, die über die Festlegungen in der Einkaufsdokumentation hinausgehen.
- Der Kantenabstand zu Leiterzügen im flexiblen Bereich liegt im Rahmen der in der Einkaufsdokumentation festgelegten Werte.
- Knicke oder Hofbildung entlang der Kanten flexibler Leiterplatten, von Ausschnitten und nicht durchkontaktierten Löchern, wenn die Eindringtiefe weniger als 50% des Abstandes von der Kante bis zum nächstliegenden Leiterzug ist oder 2,5 mm [0,0984 in], je nachdem welches Maß kleiner ist.
- Der Bereich mit Blasen oder Delaminierung zwischen flexiblem und starrem Teil der Leiterplatte ist nicht größer als 20% des verbundenen Bereiches, wenn die Dicke der Blase die Maximaldicke der Leiterplatte nicht übersteigt.

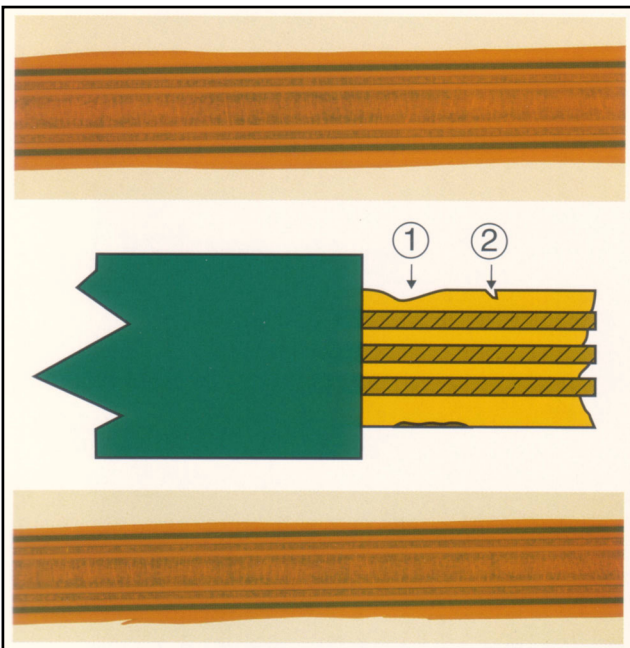


Abbildung 10-33

1. Knick
2. Riss

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Knicke, Risse, Hofbildung oder Mängel, wenn sie 50% des Abstandes von der Kante bis zum nächstliegenden Leiterzug oder 2,5 mm [0,0984 in], je nachdem was weniger ist, oder die Anforderungen der Einkaufsdokumentation übersteigen.
- Der Kantenabstand zum Leiterzug liegt nicht im Rahmen der in der Einkaufsdokumentation festgelegten Bedingungen.
- Der Bereich mit Blasen oder Delaminierung zwischen flexiblem und starrem Teil der Leiterplatte ist größer als 20% des verbundenen Bereiches.



Abbildung 10-34

10.2.8.2 Laminat-Anforderungen – Flexible und starr-flexible Leiterplatten - Delaminierung in der Versteifung

Gelegentlich kommt es zur Delaminierung zwischen flexiblem Teil und der Kante der Versteifung während des Reflowlötens, Reinigungsabschnittes etc. im Bestückungsprozess.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstand von der Kante des starren Abschnitts beträgt 0,5mm [0,0197 in] oder weniger.
- Der Abstand von der Kante im Biegebereich beträgt 0,3mm oder weniger.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstand von der Kante des starren Abschnitt beträgt mehr als 0,5mm [0,0197 in].
- Der Abstand von der Kante im Biegebereich beträgt mehr als 0,3mm [0,012 in].

10.2.8.3 Laminat-Anforderungen – Flexible und starr-flexible Leiterplatten - Verfärbungen

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine verfärbte Leiterbahn erfüllt die Anforderungen des dielektrischen Widerstandes, des Widerstandes gegen elastische Ermüdung, des Biegewiderstandes und der Widerstandsfähigkeit gegen die Lottemperatur, nachdem sie 96 Stunden lang bei 40°C einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40% ausgesetzt war.

Zulässig - Klasse 1

- Minimale Verfärbungen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Eine verfärbte Leiterbahn erfüllt nicht die Anforderungen des dielektrischen Widerstandes, des Widerstandes gegen elastische Ermüdung, des Biegewiderstandes und der Widerstandsfähigkeit gegen die Lottemperatur, nachdem sie 96 Stunden lang bei 40°C einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40% ausgesetzt war.

10.2.8.4 Laminat-Anforderungen – Flexible und starr-flexible Leiterplatten - Lotunterwanderung

Zusätzliche Darstellungen in IPC-A-600G Abschnitt 4.1.7.

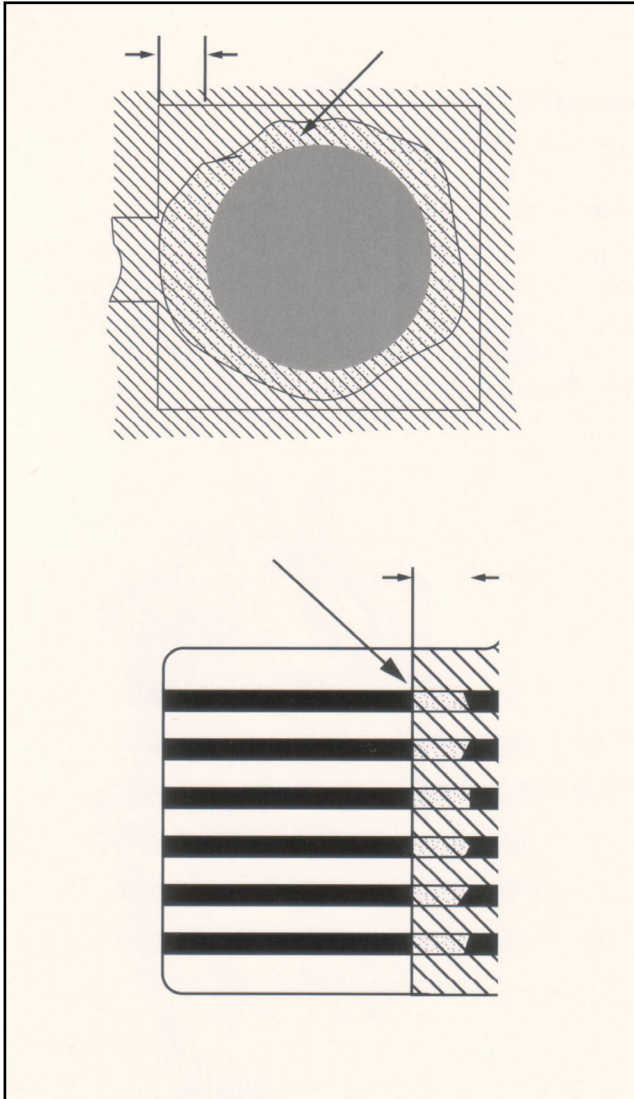


Abbildung 10-35

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Lot oder Metallisierung auf den Lötflächen bedeckt alles Basismetall bis zur Deckschicht.
- Lot oder Metallisierung reicht nicht bis zur Biegung oder in den flexiblen Bereich.

Zulässig - Klasse 1

- Wie zwischen Anwender und Lieferanten vereinbart.
- Lot oder Metallisierung reicht nicht in den Biegebereich oder in den flexiblen Bereich.
- Abstandsanforderungen an die Leiterbahnen werden erfüllt.

Zulässig - Klasse 2

- Lot oder Metallisierung breitet sich nicht um mehr als 0,5 mm [0,020 in] unter die Deckschicht aus.
- Lot oder Metallisierung reicht nicht in den Biegebereich oder in den flexiblen Bereich.
- Abstandsanforderungen an die Leiterbahnen werden erfüllt.

Zulässig - Klasse 3

- Lot oder Metallisierung breitet sich nicht um mehr als 0,3 mm [0,012 in] unter die Deckschicht aus.
- Lot oder Metallisierung reicht nicht in den Biegebereich oder in den flexiblen Bereich.
- Abstandsanforderungen an die Leiterbahnen werden erfüllt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Unzulässige Überschreitung der oben angegebenen Merkmale.

10.2.9 Laminat-Anforderungen – Leiterzüge/Anschlussflächen

10.2.9.1 Laminat-Anforderungen – Leiterzüge/Anschlussflächen - Reduzierung des Querschnitts

IPC-6012 dokumentiert die Anforderungen an die Leiterbreite und die Reduzierung der Dicke.

Unvollkommenheiten des Leiters - Die physikalische Geometrie eines Leiters ist definiert durch Breite x Dicke x Länge. Jede Kombination von Fehlern darf die äquivalente Querschnittsfläche (Breite x Dicke) des Leiters nicht um mehr als 20% des Mindestwertes (Mindestdicke x Mindestbreite) für Klasse 2 und 3 und 30% des Mindestwertes für Klasse 1 reduzieren.

Reduzierung der Leiterbreite - Die zulässige Reduzierung der Leiterbreite (spezifiziert oder abgeleitet) infolge einzelner Fehler (d.h. raue Kanten, Einkerbungen, Nadellöcher und Kratzer) darf nicht 20% der Leiterbreite für Klasse 2 und 3 und 30% der Leiterbreite für Klasse 1 überschreiten.

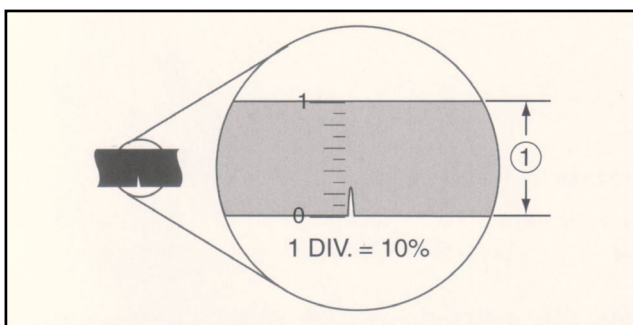


Abbildung 10-36
1. Minimale Leiterzugbreite

Unzulässig - Klasse 1

- Reduzierung der Breite gedruckter Leiter um mehr als 30%.
- Reduzierung der Breite oder der Länge von Anschlussflächen um mehr als 30%.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Reduzierung der Breite gedruckter Leiter um mehr als 20%.
- Reduzierung der Breite oder der Länge von Anschlussflächen um mehr als 20%.



Abbildung 10-37

10.2.9.2 Laminat-Anforderungen – Leiterzüge/Anschlussflächen - Abgehobene Löt pads/Anschlussflächen

Wenn die äußere untere Kante einer Anschlussfläche um mehr als eine Dicke (Höhe) der Anschlussfläche abgehoben oder abgelöst ist.



Abbildung 10-38

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Ablösung zwischen Leiterzug, Lötauge oder Anschlussfläche und der Laminatoberfläche.



Abbildung 10-39

Prozessindikator - Klasse 1, 2, 3

- Die Ablösung zwischen der äußeren Kante des Leiterzuges, dem Lötauge oder der Anschlussfläche und der Laminatoberfläche ist geringer als eine Anschlussdicke.

Anmerkung: Abgehobene und/oder abgelöste Anschlussbereiche sind ein typisches Ergebnis des Lötprozesses, welches eine sofortige Überprüfung zur Bestimmung der Ursache erfordert. Es müssen Anstrengungen zur Vermeidung und Vorbeugung dieses Zustandes unternommen werden.

10.2.9.2 Laminat-Anforderungen – Leiterzüge/Anschlussflächen - Abgehobene Löt pads/Anschlussflächen (Fortsetzung)

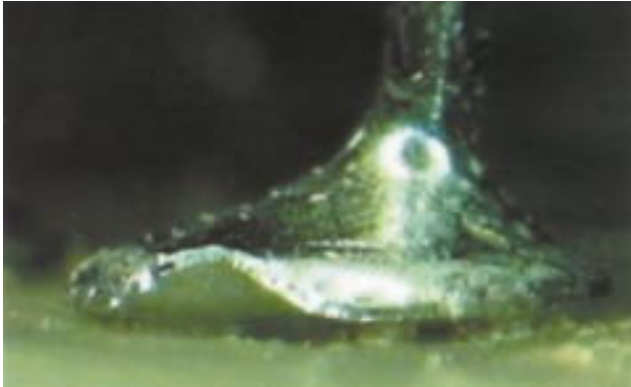


Abbildung 10-40

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Trennung zwischen Leiterzug, Lötage oder Anschlussfläche und Laminatoberfläche ist größer als die Dicke des Anschlusses.

Unzulässig - Klasse 3

- Jegliche Abhebung einer Anschlussfläche mit einer Durchkontaktierung.



Abbildung 10-41



Abbildung 10-42

10.2.9.3 Laminat-Anforderungen – Leiterzüge/Anschlussflächen - Mechanische Beschädigung

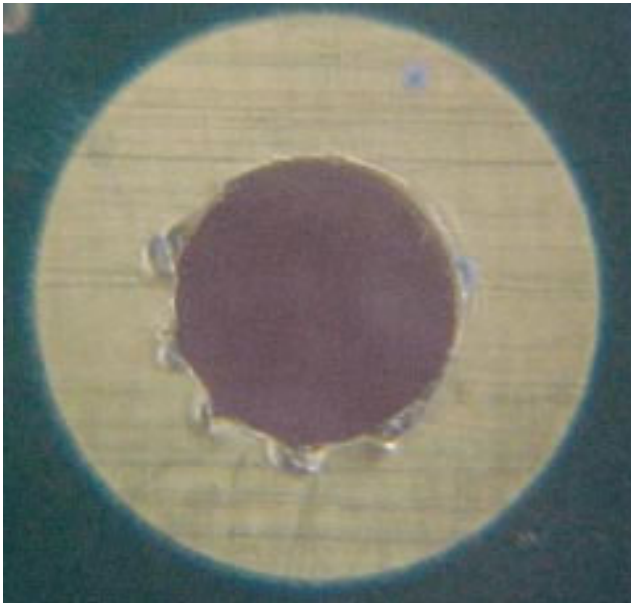


Abbildung 10-43

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Beschädigungen von Leiterbahnen oder Anschlussflächen.

10.3 Kennzeichnung

Abnahmekriterien für die Kennzeichnung

Dieser Abschnitt umfasst die Abnahmekriterien für die Kennzeichnung von Leiterplatten und elektronischen Baugruppen. Die Kennzeichnung ermöglicht sowohl Produktidentifikation als auch Rückverfolgbarkeit. Sie hilft bei Bestückung, Prozesskontrolle und Reparatur am Einsatzort. Die zur Kennzeichnung verwendeten Methoden und Materialien müssen den Einsatzbedingungen angepasst sein, zu lesbarer und dauerhafter Kennzeichnung führen und mit dem Fertigungsprozess und der Endnutzung des Produktes verträglich sein. Die Lesbarkeit muss über den ganzen Produktlebenszyklus gewährleistet sein.

Die Beispiele in diesem Abschnitt enthalten die folgenden Kennzeichnungsmerkmale:

a) Elektronische Baugruppen

- Firmenlogo
- Leiterplatten-Artikelnummer und Revision
- Baugruppen-Artikelnummer, Gruppennummer, Revision
- Bestückungsdruck mit Referenzen und Polaritätskennzeichen (nur anzuwenden vor dem Bestückungs-/Reinigungsprozess)
- verschiedene Inspektions- und Testindikatoren zur Rückverfolgung
- Hinweise zu erfolgten Zertifizierungen von US-amerikanischen oder anderen Einrichtungen
- individuelle eindeutige Seriennummer
- Datumscode

b) Module und/oder übergeordnete Baugruppen/Geräte (Higher Level Assemblies)

- Firmenlogo
- Produkt-Identifikationsnummern, z.B. Zeichnungsnummer, Revision und Seriennummer
- Einbau- und Anwenderinformation
- Zulassungsbehörden, Zertifizierungskennzeichnungen

Die Fertigungs- und Bestückungszeichnungen stellen die Kontrolldokumente für Lage und Art der Kennzeichnung dar. In den Zeichnungen aufgeführte Kennzeichnungskriterien haben Vorrang vor den Hinweisen in dieser Richtlinie.

Generell werden keine zusätzlichen Kennzeichnungen auf Metalloberflächen empfohlen. Kennzeichnungen, die als Hilfe für die Bestückung und Inspektion dienen, müssen nach erfolgter Bauteilmontage nicht mehr sichtbar sein.

Baugruppenmarkierungen (Teilenummern, Seriennummern) müssen lesbar bleiben (d.h. lesbar und verständlich entsprechend den Anforderungen dieser Norm) nach allen Tests, Reinigungs- und anderen Prozessen. Bauteilkennzeichnungen, Referenz- und Polaritätskennzeichen müssen lesbar sein.

Die Bauteile sind derart zu montieren, dass die Kennzeichnungen sichtbar sind. Es ist jedoch zulässig, dass diese Kennzeichnungen während des normalen Fertigungs- oder Reinigungsprozesses entfernt oder beschädigt werden. Wenn die Bauteilkennzeichnung sichtbar und lesbar sein soll, muss diese Anforderung in der Einkaufsdokumentation ausdrücklich festgelegt werden.

Kennzeichnungen dürfen durch den Baugruppenproduzenten nicht absichtlich verändert, verwischt oder entfernt werden, außer es ist in den Herstellerunterlagen so festgelegt. Zusätzliche Kennzeichnungen wie Etiketten, die im Verlauf der Fertigung hinzugefügt wurden, dürfen die ursprüngliche Kennzeichnung des Zulieferers nicht verdecken. Dauerhafte Kennzeichnungen müssen den Anforderungen an die Haftung nach 10.3.5.3 entsprechen. Bauelemente und Fertigteile dürfen nach der Montage keine Referenzen verdecken.

Die Akzeptanz der Kennzeichnungen basiert auf der Prüfung mit bloßem Auge.

Wenn Vergrößerungshilfen erforderlich sind, muss die Markierung mit einer höchstens 4-fachen Vergrößerung lesbar sein.

10.3.1 Geätzte Kennzeichnung (Handdruck eingeschlossen)

Handdruck kann Kennzeichnung durch ätzbeständige Stifte und maschinelle Ätzung enthalten.

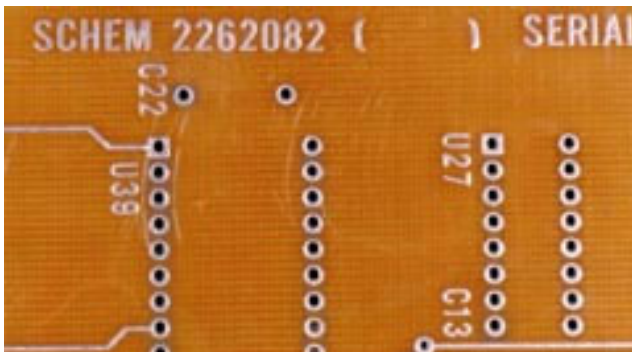


Abbildung 10-44

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Alle Zahlen oder Buchstaben sind vollständig, d.h. keine der Linien, die ein Zeichen formt, fehlt oder ist unterbrochen.
- Polaritäts- und Ausrichtungssymbole sind vorhanden und lesbar.
- Die Linien der Zeichen haben scharfe Konturen und sind gleichmäßig breit.
- Die Mindestabstandsanforderungen zwischen aktiven Leitern werden auch zwischen geätzten Symbolen und aktiven Leiterzügen eingehalten.



Abbildung 10-45

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kanten der Linien, die ein Zeichen formen, können leicht ungleichmäßig sein. Freiräume innerhalb der Zeichen können gefüllt sein, vorausgesetzt sie sind lesbar und nicht verwechselbar mit anderen Zeichen oder Zahlen.
- Die Linienbreite der Zeichen kann um bis zu 50% reduziert sein, wenn dieses nicht die Lesbarkeit der Zeichen beeinträchtigt.
- Die Linien einer Zahl oder eines Buchstabens können unterbrochen sein, wenn dieses nicht die Lesbarkeit der Zeichen beeinträchtigt.



Abbildung 10-46

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Beschriftungen sind unregelmäßig geformt, aber die allgemeine Bedeutung der Beschriftung oder Kennzeichnung ist erkennbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Fehlende oder unleserliche Zeichen in der Kennzeichnung.
- Die Kennzeichnung verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.
- Lotbrücken innerhalb der Zeichen oder zwischen ihnen bzw. zwischen Leiterzug und Zeichen machen ein Erkennen unmöglich.
- Die Linien, die ein Zeichen formen, fehlen oder sind so unterbrochen, so dass das Zeichen nicht erkennbar ist oder die Gefahr der Verwechslung besteht.

10.3.2 Siebdruck-Kennzeichnungen

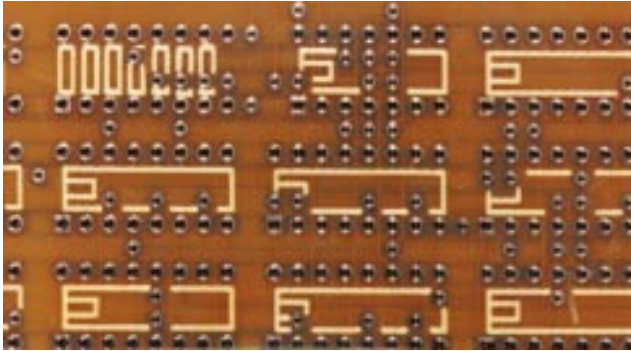


Abbildung 10-47

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Alle Zahlen oder Buchstaben sind vollständig, d.h. keine der Linien, die ein Zeichen formt, fehlt oder ist unterbrochen.
- Polaritäts- und Ausrichtungssymbole sind vorhanden und lesbar. Die Linien der Zeichen sind scharf und gleichmäßig breit.
- Die Farbe der Symbole ist gleichmäßig, d.h. es gibt keine Dünnstellen oder starke Anhäufungen.
- Die offenen Bereiche in den Zeichen sind nicht gefüllt (bezieht sich besonders auf die Zeichen 0, 6, 8, 9 und A, B, D, O, P, Q, R).
- Keine Doppelbilder.
- Die Farbe ist nur auf die Linien der Zeichen beschränkt, d.h. keine verschmierten Zeichen. Die Anhäufungen des Materials auf die Fläche außerhalb der Beschriftung sind minimal.
- Farbmarkierungen können Leiterzüge berühren oder kreuzen, dürfen aber Anschlussflächen nur tangieren.

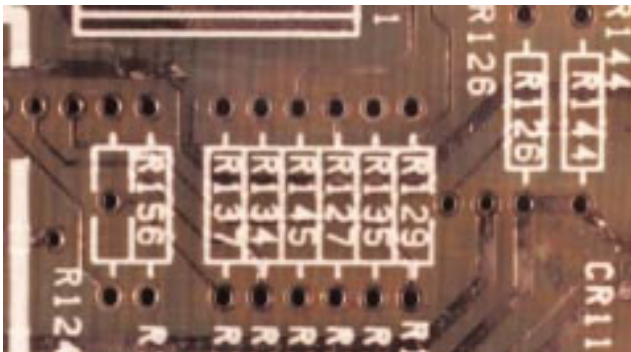


Abbildung 10-48

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Farbe kann sich außerhalb der Linie eines Zeichens befinden, jedoch muss das Zeichen lesbar sein.
- Markierungsfarbe auf der Anschlussfläche verletzt nicht die Lötanforderungen.

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Linien eines Buchstabens oder einer Zahl können unterbrochen sein (oder die Farbe ist ausgedünnt in einem Teil des Zeichens), jedoch muss die Lesbarkeit gesichert sein.

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die offenen Bereiche in den Zeichen können gefüllt sein, jedoch müssen die Zeichen lesbar sein, d.h. es darf keine Verwechslungsgefahr mit anderen Zahlen oder Buchstaben bestehen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kennzeichnungsfarbe ist auf der Anschlussfläche und verletzt die Lötanforderungen der Tabelle 7-3, 7-6 oder 7-7 bzw. die Anforderungen an das SMT-Löten des Kapitels 8.

10.3.2 Siebdruck-Kennzeichnungen (Fortsetzung)

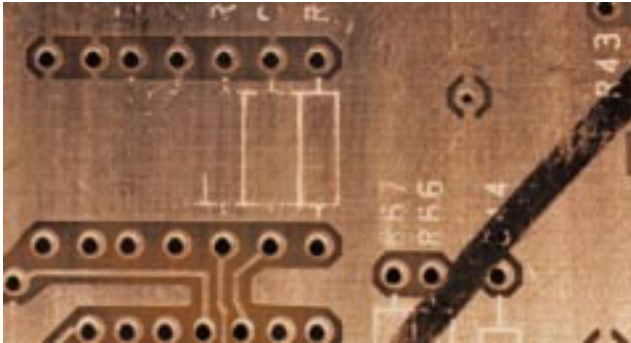


Abbildung 10-49

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Verschmierte oder verschwommene Kennzeichnung, aber noch lesbar.
- Doppelt gedruckte Zeichen, aber noch lesbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Fehlende oder unlesbare Zeichen oder Referenzen für die Bauteilplatzierung oder Bauelementumrisse.
- Fehlende oder unlesbare Zeichen in der Kennzeichnung.
- Die offenen Bereiche in den Zeichen sind gefüllt und nicht lesbar, oder es besteht Verwechslungsgefahr mit anderen Zahlen oder Buchstaben.
- Die Linien eines Zeichens fehlen, sind unterbrochen oder so verschmiert, dass das Zeichen nicht lesbar ist oder mit anderen verwechselt werden kann.

10.3.3 Gestempelte Kennzeichnungen

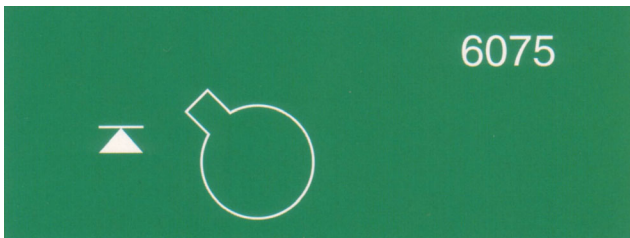


Abbildung 10-50

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Zahlen und Buchstaben sind komplett, d.h. keine der die Kennzeichnung bildenden Linien fehlt oder ist unterbrochen.
- Polaritäts- und Ausrichtungssymbole sind vollzählig und lesbar.
- Die Linien der Zeichen sind scharf umrissen und gleichmäßig breit.
- Die Farbe der Symbole ist gleichmäßig, d.h. es gibt keine Dünnstellen oder starke Anhäufungen.
- Die offenen Flächen in den Zeichen sind nicht gefüllt (bezieht sich auf die Zahlen 6, 8, 9 und die Buchstaben A, B, D, O, P, Q, R).
- Keine Doppeldrucke.
- Die Farbe ist nur auf die Linien der Zeichen beschränkt, d.h. es gibt keine verschmierten Zeichen. Die Materialanhäufungen außerhalb der Beschriftung sind minimal.
- Farbmarkierungen können Leiterzüge berühren oder kreuzen, tangieren aber nur die Anschlussflächen.

10.3.3 Gestempelte Kennzeichnungen (Fortsetzung)

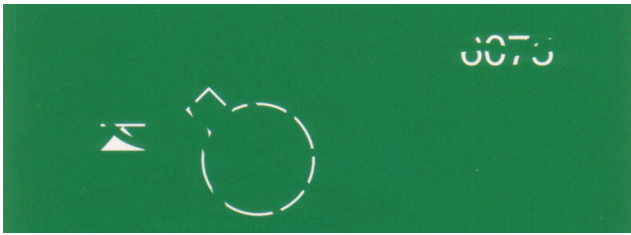


Abbildung 10-51

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Farbe kann sich außerhalb der Linie eines Zeichens anhäufen, jedoch muss das Zeichen lesbar sein.
- Kennzeichnungsfarbe befindet sich auf den Anschlussflächen (siehe Lötanforderungen Tabelle 7-3, 7-6 oder 7-7 oder SMT-Lötanforderungen in Kapitel 8).

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Die Linien eines Buchstabens oder einer Zahl können unterbrochen sein (oder die Farbe ist ausgedünnt in einem Teil des Zeichens), jedoch muss die Lesbarkeit gesichert sein.
- Die offenen Bereiche in den Zeichen können gefüllt sein, jedoch müssen die Zeichen lesbar sein, d.h. es darf keine Verwechslungsgefahr mit anderen Zahlen oder Buchstaben bestehen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Kennzeichnungsfarbe ist auf der Anschlussfläche und verletzt die Lötanforderungen der Tabelle 7-3, 7-6 oder 7-7 bzw. die Anforderungen an das SMT-Löten des Kapitels 8.

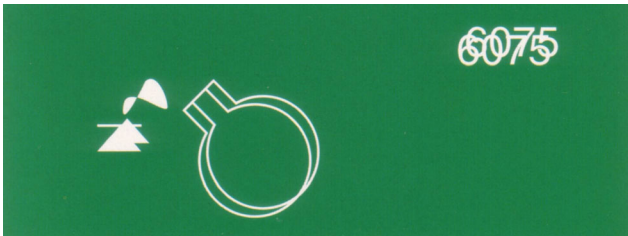


Abbildung 10-52

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Verschmierte oder verschwommene Kennzeichnung, aber noch lesbar.
- Doppelt gestempelte Zeichen, aber der generelle Inhalt noch erkennbar.
- Maximal 10% des Zeichens sind verschmiert oder fehlen, das Zeichen ist aber noch lesbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Fehlende oder unlesbare Zeichen in der Kennzeichnung.
- Offene Flächen der Zeichen sind gefüllt und nicht lesbar, oder können leicht mit anderen Buchstaben bzw. Zahlen verwechselt werden.
- Die Linien eines Zeichens fehlen, sind unterbrochen oder so verschmiert, dass das Zeichen nicht lesbar ist oder mit anderen verwechselt werden kann.

10.3.4 Laserkennzeichnungen

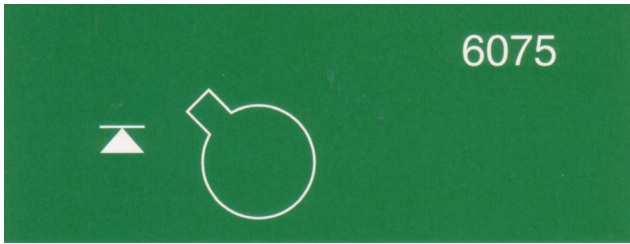


Abbildung 10-53

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Zahlen und Buchstaben sind komplett, d.h. keine der die Kennzeichnung bildenden Linien fehlt oder ist unterbrochen.
- Polaritäts- und Ausrichtungssymbole sind vorhanden und lesbar.
- Die Linien der Zeichen sind scharf und gleichmäßig breit.
- Die Linien der Symbole sind gleichmäßig, d.h. es gibt keine dünnen oder dicken Stellen.
- Die offenen Flächen in den Zeichen sind nicht gefüllt (bezieht sich auf die Zeichen 0, 6, 8, 9 und A, B, D, O, P, Q, R).
- Die Kennzeichnung ist nur auf die Linien der Zeichen beschränkt, d.h. keine verschmierten Zeichen. Die Kennzeichnung berührt oder kreuzt keine zu lötenden Oberflächen.
- Die Tiefe der Kennzeichnung darf nicht die Funktion des Teils ungünstig beeinflussen.
- Es dürfen keine Kupferflächen freigelegt werden, wenn die Masselage einer Leiterplatte mit Kennzeichnungen versehen wird.
- Es darf keine Delaminierung entstehen, wenn das Dielektrikum der Leiterplatte mit Kennzeichnungen versehen wird.

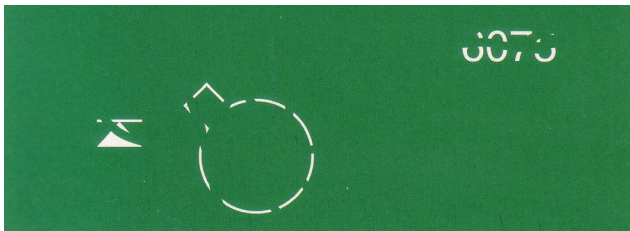


Abbildung 10-54

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kennzeichnung kann sich außerhalb der Linie eines Zeichens befinden, jedoch muss das Zeichen lesbar sein.

10.3.4 Laserkennzeichnungen (Fortsetzung)

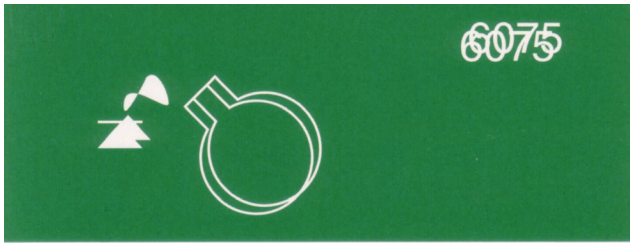


Abbildung 10-55

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Mehrfachabbildungen sind noch lesbar.
- Maximal 10% des Zeichens dürfen fehlen.
- Die Linien einer Zahl oder eines Buchstabens können unterbrochen sein (oder ausgedünnt in einem Teil des Zeichens).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Fehlende oder unlesbare Zeichen in der Kennzeichnung.
- Offene Flächen der Zeichen sind gefüllt und nicht lesbar, oder können leicht mit anderen Buchstaben bzw. Zahlen verwechselt werden.
- Die Linien eines Zeichens fehlen, sind unterbrochen oder so stark verschmiert, dass sie nicht lesbar sind oder mit anderen Zeichen verwechselt werden können.
- Die Tiefe der Kennzeichnung beeinflusst die Funktion des Teils ungünstig.
- Durch Kennzeichnung der Masselage einer Leiterplatte werden Kupferflächen freigelegt.
- Delaminierung des Dielektrikums der Leiterplatte durch die Kennzeichnung der Leiterplatte.
- Die Kennzeichnung berührt oder kreuzt Lötflächen.

10.3.5 Kennzeichnung – Etiketten (Label)

Dauerhafte Etiketten werden allgemein als Träger von Barcode-Daten verwendet, können aber auch Text enthalten. Zu berücksichtigende Kriterien bei dauerhaften Etiketten sind Lesbarkeit, Haftung und Beschädigung.

10.3.5.1 Kennzeichnung – Etiketten - Barcode

Kennzeichnung mittels Barcode hat als Methode zur Produktidentifizierung, zur Prozesskontrolle und Rückverfolgung große Akzeptanz gewonnen, weil die Daten einfach und genau zu erfassen und zu nutzen sind. Die verfügbaren Barcode-Etiketten benötigen nur wenig Platz (einige von ihnen können sogar an die Stirnseite der Leiterplatte geklebt werden) und widerstehen den normalen Bedingungen des Wellenlötens und des Reinigungsprozesses. Barcodes können mittels Laser auch direkt auf das Basismaterial aufgetragen werden. Die Abnahmebedingungen sind dieselben wie bei den anderen Kennzeichnungsarten, außer der Lesbarkeit; in diesem Punkt ersetzen maschinelle Lesevorrichtungen das menschliche Auge.

10.3.5.2 Kennzeichnung – Etiketten - Lesbarkeit



Abbildung 10-56

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Flecken oder Fehlstellen auf der bedruckten Oberfläche.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Flecken oder Fehlstellen in Barcodes auf Leiterplatten sind erlaubt, jedoch:
 - müssen Barcodes mit drei oder weniger Versuchen bei Nutzung eines Griffelscanners lesbar sein.
 - müssen Barcodes mit zwei oder weniger Versuchen bei Nutzung eines Laserscanners lesbar sein.
- Text ist lesbar.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Barcode ist mit drei Versuchen bei Nutzung eines Griffelscanners nicht lesbar.
- Barcode ist mit zwei Versuchen bei Nutzung eines Laserscanners nicht lesbar.
- Fehlende oder unlesbare Zeichen in den Markierungen.

10.3.5.3 Kennzeichnung – Etiketten – Adhäsion und Beschädigung

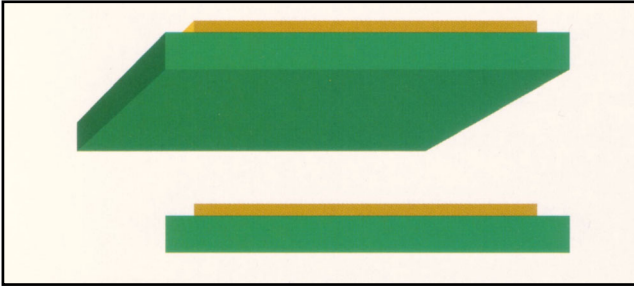


Abbildung 10-57

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Haftung ist vollständig, keine Zeichen von Beschädigung oder Ablösung.

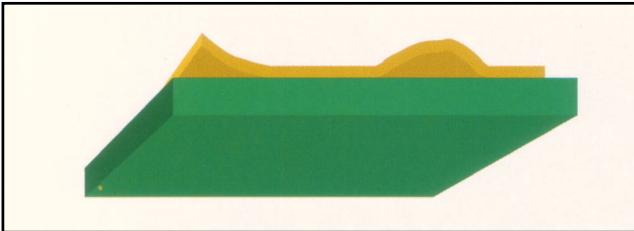


Abbildung 10-58

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Mehr als 10% des Etikettenbereichs löst sich ab.
- Fehlende Etiketten.
- Faltung in Etiketten beeinträchtigt die Lesbarkeit.

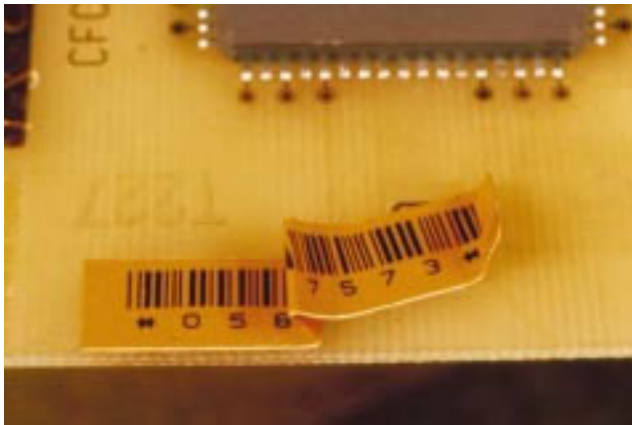


Abbildung 10-59

10.3.5.4 Kennzeichnung – Etiketten - Position

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Etikett befindet sich an der geforderten Position.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Etikett befindet sich nicht an der geforderten Position.

10.4 Sauberkeit

Abnahmekriterien für die Sauberkeit

Dieses Kapitel beschreibt die Abnahmekriterien in Bezug auf die Sauberkeit der Baugruppe. Nachfolgend werden Beispiele typischer Verunreinigungen auf Baugruppen behandelt. Andere können jedoch auftreten und alle abweichenden Zustände sollten untersucht werden. Die in diesem Abschnitt präsentierten Zustände sind auf die Primär- und Sekundärseite der Baugruppe anzuwenden. Für zusätzliche Informationen bezüglich der Reinigung siehe IPC-CH-65.

Verunreinigungen sollen nicht nur unter kosmetischen oder funktionellen Gesichtspunkten beurteilt, sondern als Warnung dafür angesehen werden, dass etwas im Reinigungsprozess nicht ordentlich läuft.

Das Testen einer Verunreinigung auf funktionelle Einflüsse soll unter den zu erwartenden Einsatzbedingungen des Gerätes durchgeführt werden.

Jede Fertigungseinrichtung sollte eine Richtgröße (Norm) besitzen, die darauf basiert, wie viel von jeder Verunreinigungsart toleriert werden kann. Je mehr Reinigungsarbeiten nötig sind, umso teurer wird die Baugruppenfertigung. Die Testmethode zur Ermittlung der ionischen Verunreinigungen nach J-STD-001, der Test des Isolationswiderstandes unter Umweltbedingungen sowie weitere Test von elektrischen Parametern werden in IPC-TM-650 beschrieben und als Werksnorm empfohlen.

Siehe 1.8: Anforderungen für Inspektion mit Vergrößerung.

10.4.1 Flussmittelrückstände

Die Klassifikation des Flussmittels (siehe J-STD-004) und der Fertigungsprozess, z.B. einschließlich Reinigung, ohne Reinigung (No-clean, Clean) usw., müssen festgelegt werden und sind vor Anwendung der folgenden Abnahmekriterien zu berücksichtigen.

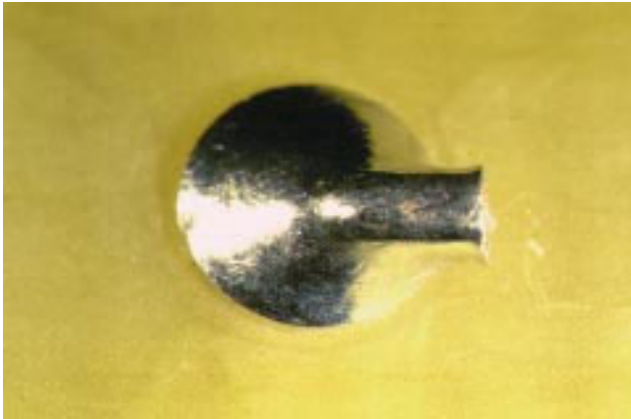


Abbildung 10-60

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Sauber, keine erkennbaren Rückstände.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Nicht erkennbare Flussmittel-Rückstände von entfernbaren Flussmitteln (Cleanable Fluxes) sind zulässig.
- Flussmittelrückstände von reinigungsfreien Prozessen (No-Clean) können zulässig sein.



Abbildung 10-61

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Erkennbare Rückstände von entfernbaren Flussmitteln (Cleanable Fluxes) oder jegliche aktivierte Flussmittelrückstände auf elektrischen Kontaktoberflächen.

Anmerkung 1: Für Klasse 1 akzeptabel nach dem Qualifikationstest. Zu prüfen sind auch Einschlüsse von Flussmittelrückständen in und unter Bauelementen.

Anmerkung 2: Die Aktivität der Flussmittelrückstände ist in J-STD-001 und J-STD-004 definiert.

Anmerkung 3: Ein reinigungsfreier Prozess (No-Clean), muss die Sauberkeitsanforderungen des Endproduktes erfüllen.

10.4.2 Schmutzpartikel



Abbildung 10-62

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Sauber.



Abbildung 10-63

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Schmutz und Schmutzpartikel auf der Baugruppe, d.h. Schmutz, Fusseln, Krätze, Metallpartikel usw., Ausnahmen siehe 5.2.6.1.



Abbildung 10-64

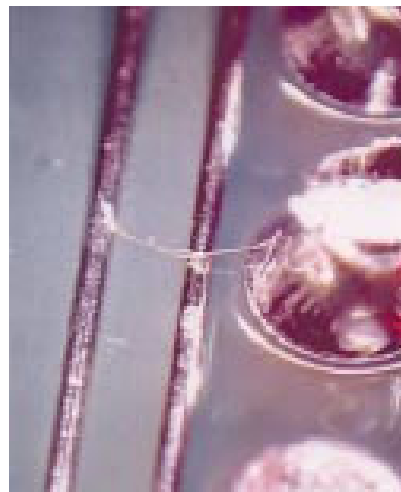


Abbildung 10-65

10.4.3 Chloride, Carbonate und weiße Rückstände

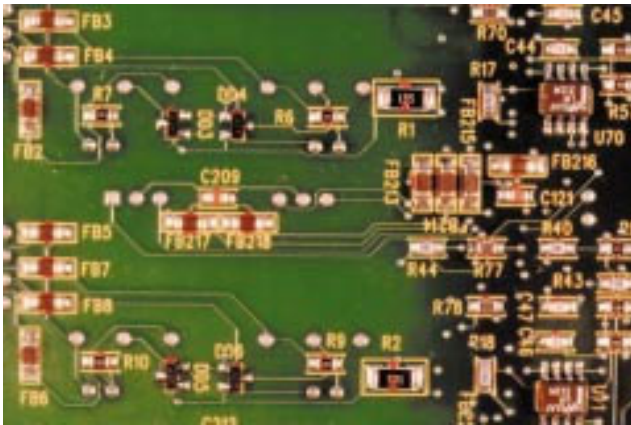


Abbildung 10-66

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine erkennbaren Rückstände.

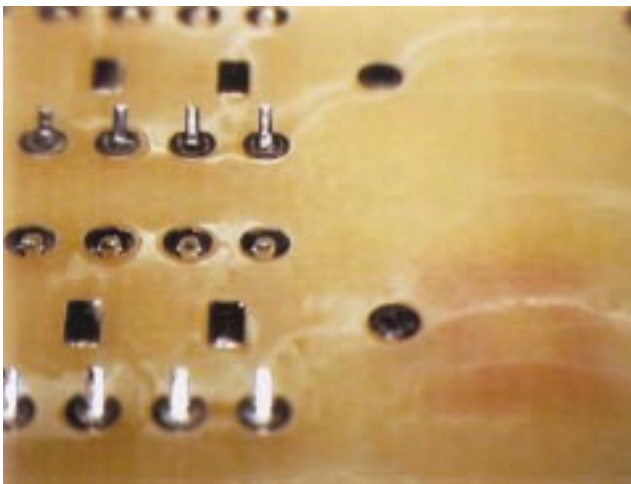


Abbildung 10-67

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Weiße Rückstände auf der Leiterplattenoberfläche.
- Weiße Rückstände auf oder um die Lötfläche.
- Metallische Bereiche zeigen weiße kristalline Abscheidungen.

Anmerkung: Weiße Rückstände, die aus reinigungsfreien (No-Clean) oder anderen Prozessen resultieren, sind zulässig, vorausgesetzt die Rückstände der verwendeten chemischen Substanzen sind als zulässig qualifiziert und dokumentiert worden. Siehe 10.4.4.

10.4.3 Chloride, Carbonate und weiße Rückstände (Fortsetzung)



Abbildung 10-68



Abbildung 10-69

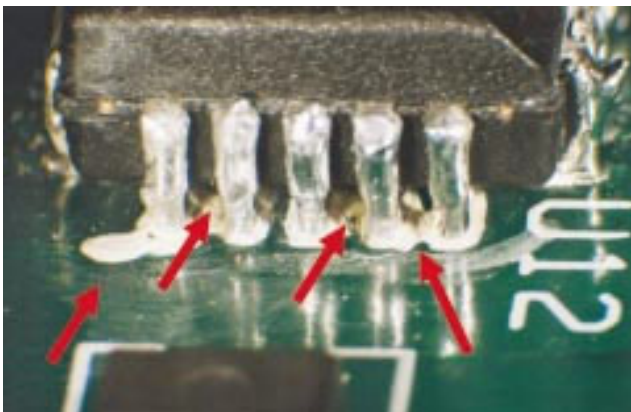


Abbildung 10-70

10.4.4 Flussmittelrückstände – No-Clean-Prozess - Erscheinungsform



Abbildung 10-71

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Flussmittelrückstände auf bzw. um oder brückend zwischen nicht gemeinsamen Anschlussflächen, Bauelementeanschlüssen und Leitern.
- Flussmittelrückstände behindern nicht die Sichtprüfung.
- Flussmittelrückstände behindern nicht den Zugang zu den Testpunkten der Baugruppe.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Flussmittelrückstände behindern die Sichtprüfung.
- Flussmittelrückstände behindern den Zugang zu den Testpunkten der Baugruppe.

Anmerkung 1: Es gibt kein Unzulässigkeitsmerkmal für die Verfärbung von OSP-Leiterplattenoberflächen durch Einwirkung eines reinigungsfreien Lötprozesses.

Anmerkung 2: Das Erscheinungsbild der Rückstände kann durch die Flussmitteleigenschaften und die Eigenschaften des Lötprozesses variieren.

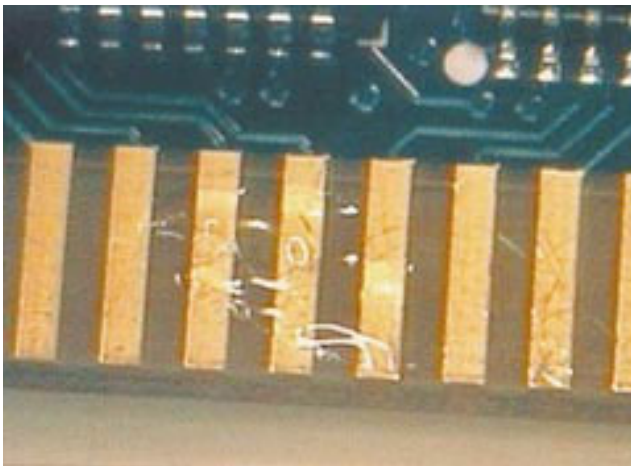


Abbildung 10-72

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2

Unzulässig - Klasse 3

- Fingerabdrücke in nicht zu entfernenden Rückständen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Nasse, klebrige oder übermäßige Flussmittelrückstände, die sich über andere Oberflächen erstrecken.
- Nicht zu entfernende Flussmittelrückstände auf sämtlichen elektrisch zu verbindenden Flächen, welche die elektrische Verbindung beeinträchtigen.

10.4.5 Korrosionsmerkmale an Oberflächen

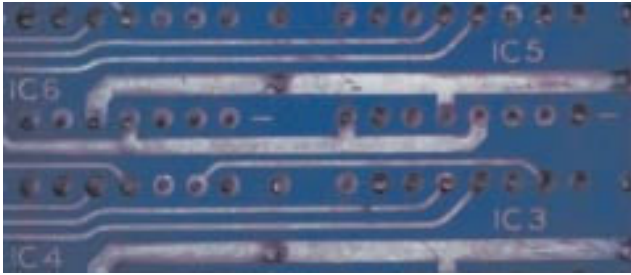


Abbildung 10-73

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Leichte Mattierung der sauberen metallischen Oberflächen.

10.4.5 Korrosionsmerkmale an Oberflächen (Fortsetzung)

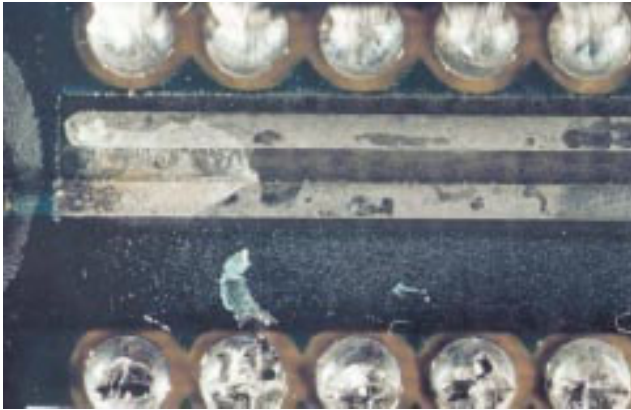


Abbildung 10-74

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Farbige Rückstände oder Rosterscheinungen auf metallischen Oberflächen oder Befestigungsteilen.
- Anzeichen von Korrosion.

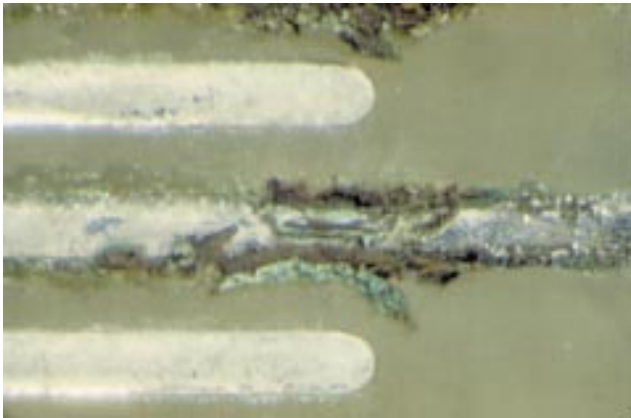


Abbildung 10-75



Abbildung 10-76

10.5 Beschichtungen

Abnahmekriterien für Beschichtungen

Dieses Kapitel befasst sich mit den Abnahmebedingungen für Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings) und Lötstoppmasken auf elektronischen Baugruppen.

Zusätzliche Informationen zu Lötstoppmasken sind in IPC-SM-840 zu finden, Informationen über Baugruppenbeschichtungen in IPC-CC-830 und IPC-HDBK-830.

10.5.1 Lötstoppmasken-Beschichtung

Lötstopmmaske - Eine wärmebeständige Beschichtung auf ausgewählten Flächen der Leiterplatte zur Verhinderung der Lotablagerung auf diesen Flächen während des nachfolgenden Lötens. Das Material der Lötstopmmaske kann in flüssiger Form oder als Trockenfilm aufgebracht werden. Beide Typen entsprechen den Anforderungen dieser Richtlinie.

Obwohl die Lötstopmmaske nicht als dielektrische Isolationsschicht eingestuft ist und deshalb die Anforderungen an eine Isolationsschicht nicht erfüllt, gewährleisten einige Lötstoppmaterialien eine begrenzte Isolation und werden gewöhnlich als Isolationsschicht auf der Leiterplattenoberfläche eingesetzt, wenn keine Hochspannungsanforderungen beachtet werden müssen. Zusätzlich ist die Lötstopmmaske ein nützlicher Schutz gegen Beschädigungen der Leiterplattenoberfläche während der Baugruppenfertigung.

Haftungstest - Der in diesem Abschnitt zitierte Klebeband-Abzugstest ist die IPC-Testmethode 2.4.28.1 aus IPC-TM-650. Alles lose und nicht haftende Material ist zu entfernen.

Siehe IPC-A-600.

10.5.1.1 Lötstoppmasken-Beschichtung – Falten/Risse

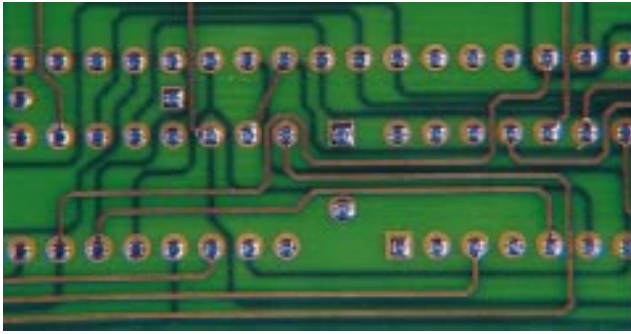


Abbildung 10-77

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Anzeichen von Rissen in der Lötstoppmaske nach den Löt- und Reinigungsoperationen.

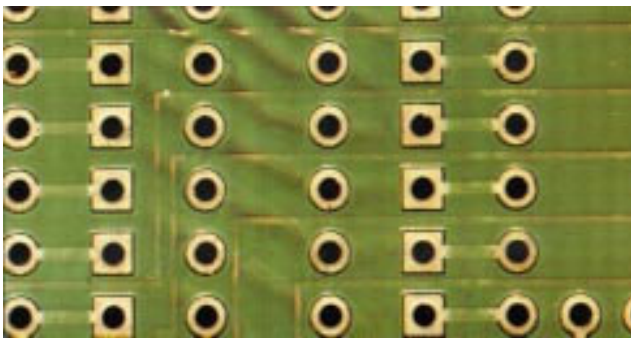


Abbildung 10-78

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Minimale Faltenbildung in einem Bereich, der keine Leiterzüge überbrückt und die Forderungen des Haftungstests nach IPC-TM-650, 2.4.28.1 erfüllt.

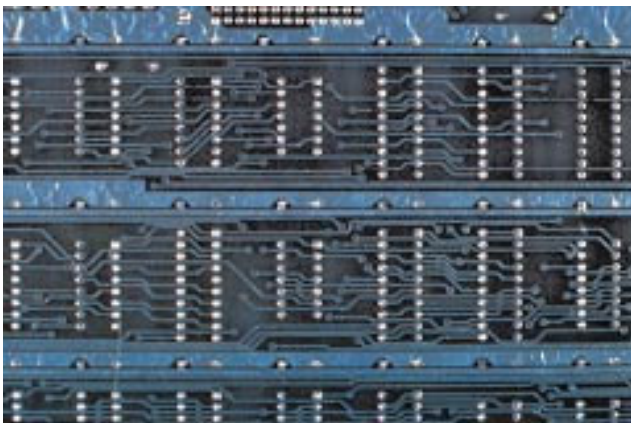


Abbildung 10-79

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Faltenbildung der Lötstoppmaske über aufgeschmolzenem Lot unter der Lötstoppmaske ist erlaubt, wenn gewährleistet ist, dass keine Risse, kein Abheben und kein Güteverlust der Maske auftreten können. Die Haftung der gefalteten Flächen kann durch den Klebeband-Abziehtest geprüft werden.

10.5.1.1 Lötstoppmasken-Beschichtung – Falten/Risse (Fortsetzung)

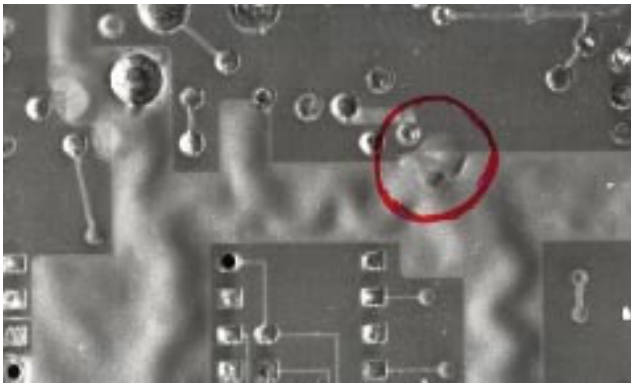


Abbildung 10-80

Zulässig - Klasse 1, 2

Unzulässig - Klasse 3

- Risse in der Lötstoppmaske.

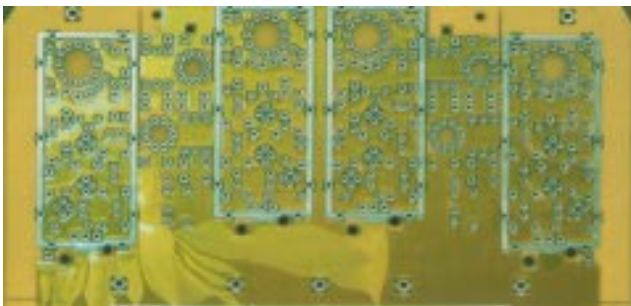


Abbildung 10-81

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Lose Partikel können nicht vollständig entfernt werden und werden den Bestückungsprozess beeinträchtigen.

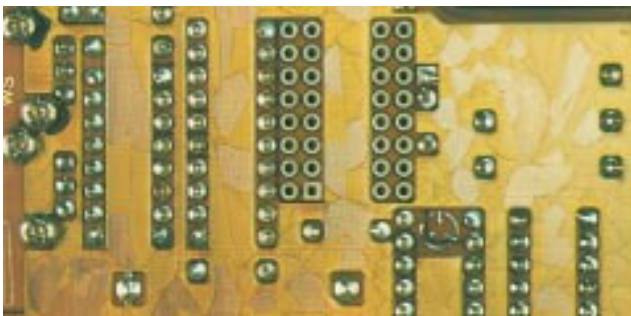


Abbildung 10-82

10.5.1.2 Lötstoppmasken-Beschichtung – Poren und Blasen

Während der Lötprozesse verhindert die Lötstoppmaske Lotbrücken. Blasen und lose Teilchen der Lötstoppmaske sind nach erfolgter Bestückung zulässig, vorausgesetzt sie beeinflussen nicht andere Funktionen in der Baugruppe.

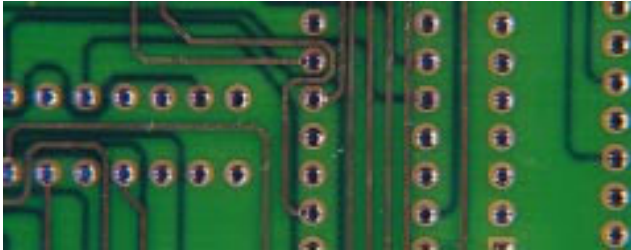


Abbildung 10-83

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine Erscheinungen von Blasen, Kratzer, Fehlstellen oder Falten in der Lötstoppmaske nach den Löt- und Reinigungsoperationen.



Abbildung 10-84

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Blasen, Kratzer oder Fehlstellen, die keine Leiterzüge freilegen und angrenzende Schaltungsteile bzw. Leiteroberflächen nicht brücken oder zu gefährlichen Bedingungen führen können, in denen beispielsweise lose Maskenteilchen in bewegliche Bauteile wandern oder zwischen zwei elektrisch leitende Oberflächen gelangen und diese verbinden.

Anmerkung: Blasen, Kratzer oder Fehlstellen, die Stromkreise freilegen, sind zulässig, solange sie keine benachbarten Leiterzüge überbrücken.

- Flussmittel, Öl oder Reinigungsmittel sind nicht unter Blasen eingeschlossen.

10.5.1.2 Lötstoppmasken – Poren und Blasen (Fortsetzung)

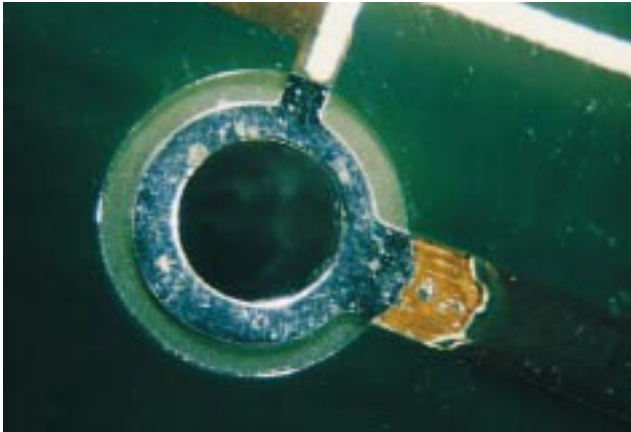


Abbildung 10-85

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Blasen und Abblätterungen legen blankes Kupfer frei.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Blasen/Kratzer/Fehlstellen ermöglichen es dem Film, in kritischen Baugruppen nach einem Streifentest abzublättern.
- Flussmittel, Öle oder Reinigungsmittel sind unter der Lötstoppmaske eingeschlossen.

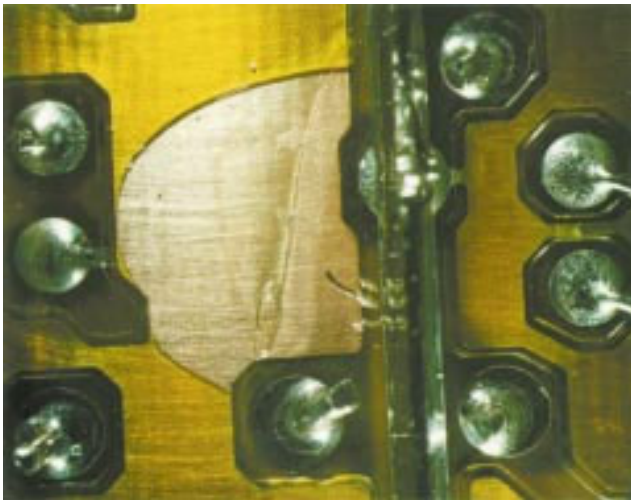


Abbildung 10-86

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Blasen/Kratzer/Poren in der Beschichtung brücken zu benachbarten nicht-gemeinsamen Stromkreisen.
- Lose Teilchen des Lötstoppmaskenmaterials können Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion beeinträchtigen.
- Blasen/Kratzer/Poren in der Beschichtung haben zu Lotbrücken geführt.

10.5.1.3 Lötstoppmasken-Beschichtung – Durchbrüche

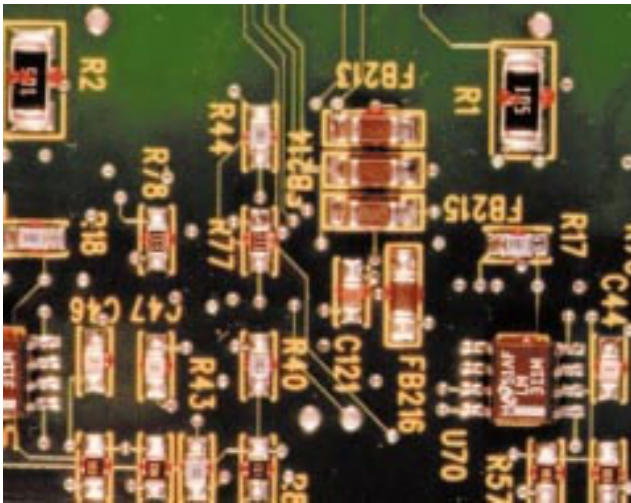


Abbildung 10-87

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Oberflächen der Lötstoppmasken sind homogen ohne Abplatzungen über zu isolierenden Flächen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstoppmasken erscheinen pudrig-kreidig mit möglichen Einschlüssen von Lot.

10.5.1.4 Lötstoppmasken-Beschichtung – Verfärbungen

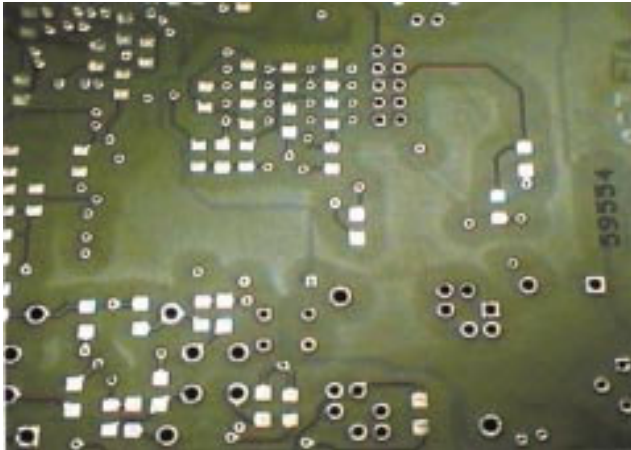


Abbildung 10-88

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Verfärbungen der Lötstoppmaske.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötstoppmaske entspricht nicht den Anforderungen aus 10.5.1.1 bis 10.5.1.3.

10.5.2 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings)

10.5.2.1 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings) – Grundsätzliches

Die Beschichtungen müssen transparent und homogen in Farbe und Konsistenz sein und einheitlich Leiterplatte und Bauelemente bedecken.

Die einheitliche Verteilung der Beschichtung hängt teilweise von der Beschichtungsmethode ab und kann das visuelle Erscheinungsbild sowie die Kantenabdeckung beeinflussen. Baugruppen, die durch Tauchen mit einem Schutzlack versehen wurden, können Abtropfnasen oder lokale Materialanhäufungen an den Kanten der Leiterplatte aufweisen. Diese Anhäufungen können eine kleine Anzahl Blasen enthalten, die aber keinen Einfluss auf die Funktion oder Zuverlässigkeit der Beschichtung ausüben.

10.5.2.2 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings) – Bedeckung

Die Baugruppe kann mit bloßem Auge ohne Hilfsmittel begutachtet werden, siehe 1.8. Materialien, die ein fluoreszierendes Pigment enthalten, können zur Kontrolle der Abdeckung mit Schwarzlicht (Blacklight) geprüft werden. Weißes Licht kann als Hilfsmittel für die Prüfung der Abdeckung eingesetzt werden.

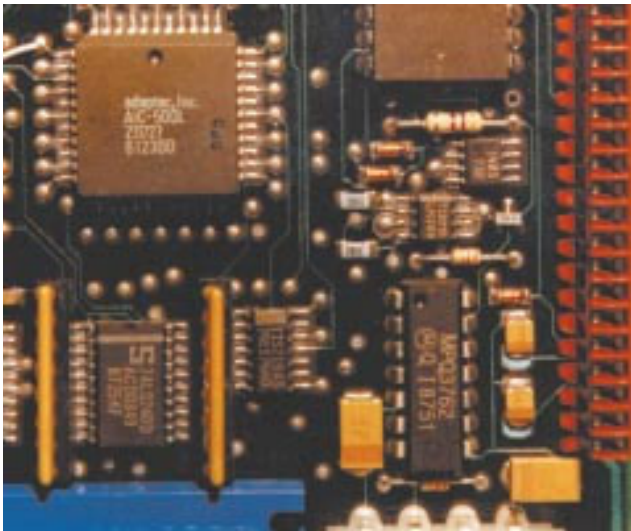


Abbildung 10-89

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Haftungsverlust.
- Keine Fehlstellen oder Blasen.
- Keine Entnetzungen, Abschälungen, Kräuselungen (lose Bereiche), Risse, Falten, Fischaugen und Orangenhaut.
- Die Beschichtung enthält keine eingebetteten/eingeschlossenen Fremdkörper.
- Keine Verfärbungen oder Verlust der Transparenz.
- Vollständig und gleichmäßig ausgehärtet.

10.5.2.2 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings) – Bedeckung (Fortsetzung)



Abbildung 10-90

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Vollständig und gleichmäßig ausgehärtet.
- Bedeckung nur derjenigen Bereiche, für die dies gefordert ist.
- Die Beschichtung kann einen Verlust an Haftung am Rand von Maskierungsbereichen aufweisen.
- Keine Brückung zu benachbarten Anschlussflächen oder leitenden Oberflächen durch:
 - Haftungsverlust (Measling)
 - Fehlstellen oder Blasen
 - Entnetzung
 - Risse
 - Kräuselungen
 - Fischaugen oder Orangenhaut
- Fremdkörper verletzen nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand zwischen Bauelementen, Anschlussflächen oder leitenden Oberflächen.
- Die Beschichtung ist dünn, bedeckt jedoch die Kanten von Bauteilen/Modulen.

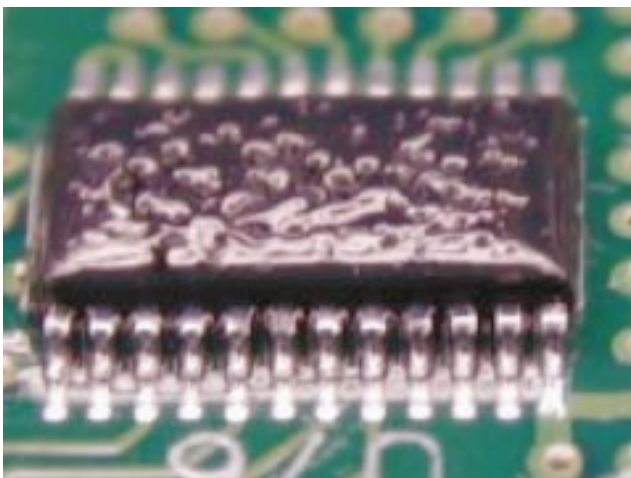


Abbildung 10-91

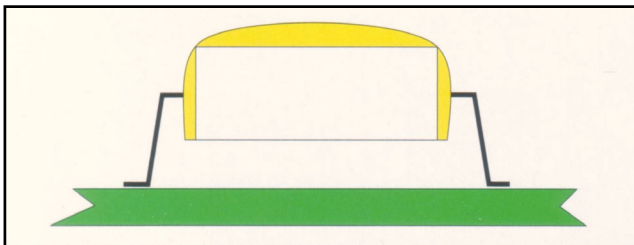


Abbildung 10-92

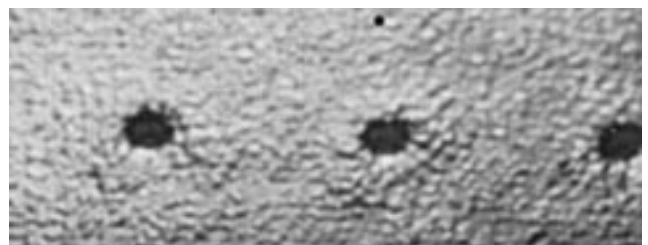


Abbildung 10-93

10.5.2.2 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings) – Bedeckung (Fortsetzung)



Abbildung 10-94

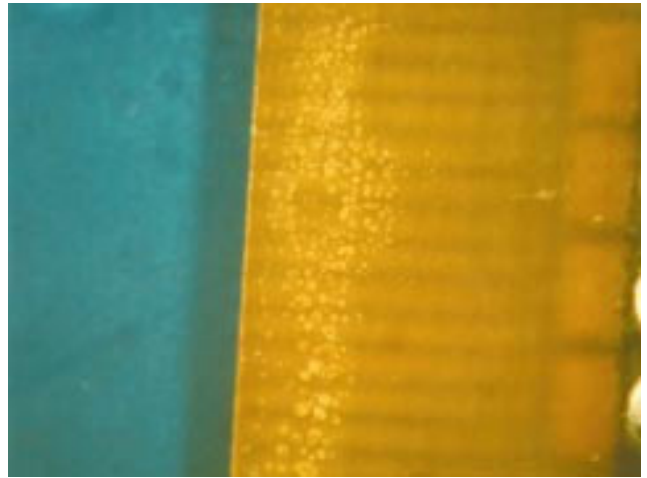


Abbildung 10-95



Abbildung 10-96

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Abdeckung ist nicht ausgehärtet (klebrig).
- Die Beschichtung ist nicht auf die geforderten Flächen aufgebracht worden.
- Beschichtungen auf Flächen, die frei von Beschichtung sein müssen.
- Jegliche Überbrückung von benachbarten Anschlussflächen oder leitenden Oberflächen durch:
 - Adhäsionsverlust (Measling)
 - Fehlstellen oder Blasen
 - Entnetzung
 - Brüche
 - Kräuselungen
 - Fischaugen oder Orangenhaut
- Fremdkörper brücken Anschlussflächen oder benachbarte leitende Oberflächen, legen Leiterbahnen frei oder verletzen den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand zwischen Bauelementen, Anschlussflächen oder leitenden Oberflächen.
- Verfärbungen oder Transparenzverlust.
- Beschichtungsmaterial kriecht in Steckergehäuse.
- Beschichtungsmaterial kriecht in zusammengesteckte Teile.

10.5.2.3 Baugruppenbeschichtungen/Schutzlackierung (Conformal Coatings) – Schichtdicke

Tab. 10-1 gibt Anforderungen an die Beschichtungsdicke vor. Die Dicke ist auf einer flachen, unbelasteten, durchgetrockneten Oberfläche der Baugruppe zu messen oder mittels eines Kupons, der zusammen mit der Baugruppe den Prozess durchlaufen hat. Der Kupon kann aus demselben Material wie die Leiterplatte sein, aber auch aus nichtporösem Material wie Metall oder Glas gefertigt werden. Als Alternative kann eine Nassfilm-Dickenmessung durchgeführt werden, um die Beschichtungsdicke festzustellen. Voraussetzung dafür ist, dass es eine Dokumentation gibt, die die Nass- und Trockenfilmdicke korreliert.

Anmerkung: Tabelle 10-1 dieses Standards gilt für Leiterplatten. Die Dickenanforderung in IPC-CC-830 ist nur für Testobjekte in Zusammenhang mit Tests und Qualifizierungen für Beschichtungsmaterialien anzuwenden.

Tabelle 10-1 Überzugsdicke

Typ AR	Acrylharz	0,03-0,13 mm [0,00118-0,00512 in]
Typ ER	Epoxydharz	0,03-0,13 mm [0,00118-0,00512 in]
Typ UR	Urethanharz	0,03-0,13 mm [0,00118-0,00512 in]
Typ SR	Silikonharz	0,05-0,21 mm [0,00197-0,00827 in]
Typ XY	Paraxylharz	0,01-0,05 mm [0,00039-0,00197 in]

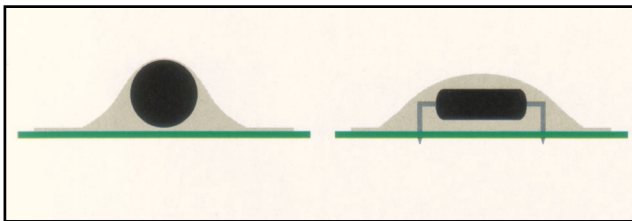


Abbildung 10-97

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Beschichtung erfüllt die Dicke-Anforderungen in Tab. 10-1.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Beschichtung erfüllt nicht die Dicke-Anforderungen in Tab. 10-1.

10 Leiterplatten und Baugruppen

- Diese Seite ist absichtlich frei gelassen -

11 Einzelverdrahtungen

Die Einzelverdrahtung bezieht sich auf einen Träger oder eine Grundplatte, auf der Einzelverdrahtungen vorgenommen werden, um elektrische Verbindungen zu erzielen. Dieses Kapitel zeigt gesonderte Sichtprüfungsanforderungen für jeden in diesem Abschnitt dargestellten Typ.

Abnahmeanforderungen für Einzelverdrahtungen

Das Verlegen und Anschließen von Einzeldrähten in Form von elektrischen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mittels spezieller Maschinen oder Werkzeuge kann zum Ersetzen oder Ergänzen von Leiterbahnen auf Leiterplatten verwendet werden. Es können ebene, zwei- oder dreidimensionale Anordnungen eingesetzt werden.

Dieses Kapitel definiert die Kriterien für die Abnahme der wichtigsten Einzelverdrahtungsarten in elektronischen Baugruppen. Die Abbildungen dienen zur Darstellung spezifischer Merkmale dieser Techniken. Diese sind in folgende Typen unterteilt:

- 1) Halb-permanente Verbindungen
- 2) Dauerhafte Verbindungen

Zusätzlich zu den Merkmalen in diesem Abschnitt müssen die Lötverbindungen die Anforderungen von Abschnitt 5 erfüllen.

Dieses Kapitel enthält folgende Abschnitte:

11.1 Lötfreie Wickeltechnik

- 11.1.1 Windungsanzahl
- 11.1.2 Windungsabstand
- 11.1.3 Wicklungsauslauf (Tail), Wicklung mit Isolation
- 11.1.4 Überlappung abstehender Windungen
- 11.1.5 Anordnung der Verbindungen
- 11.1.6 Drahtführung
- 11.1.7 Drahtspiel
- 11.1.8 Drahtbeschichtung
- 11.1.9 Beschädigte Isolierung
- 11.1.10 Beschädigung an Draht und Anschlussstift

11.2 Drahtbrücken

- 11.2.1 Drahtauswahl
- 11.2.2 Drahtverlegung
- 11.2.3 Drahtbefestigung mittels Klebstoff
- 11.2.4 Durchkontaktierte Löcher
 - 11.2.4.1 Anschlüsse im Loch
 - 11.2.4.2 Verbindung mit Drahtwindung
 - 11.2.4.3 Überlappungslötung
- 11.2.5 Drahtbrücken - SMT
 - 11.2.5.1 Chips und Bauteile mit zylindrischen Anschlusskappen (MELF)
 - 11.2.5.2 Gull-Wing-Anschlüsse
 - 11.2.5.3 „J“-förmige-Anschlüsse
 - 11.2.5.4 Unbestückte Anschlussflächen

11.3 Kabelvorbereitung zur Zug-/Spannungsentlastung an Steckverbindern

11.1 Lötfreie Wickeltechnik

Dieser Abschnitt legt Abnahmeanforderungen für die Sichtprüfung von Verbindungen fest, die mittels lötfreier Wickeltechnik hergestellt sind. Es wird vorausgesetzt, dass die Kombination Anschlussstift/Draht speziell für diese Verbindungsart konstruiert wurde.

Die Festigkeit der Wickelverbindung ist durch entsprechende Prüfwerkzeuge nachzuweisen.

Es wird ebenfalls angenommen, dass ein Kontrollsystem vorhanden ist, welches durch Prüfung von Testverbindungen nachweist, dass die eingesetzte Kombination Bediener/Werkzeug fähig ist, Wickelverbindungen herzustellen, welche die Anforderungen an die Abzugskräfte erfüllen.

In Abhängigkeit von der Einsatzumgebung legt die Verbindungsvorschrift fest, ob eine konventionelle oder modifizierte Verbindung eingesetzt werden soll.

Nachdem eine akzeptable lötfreie Wickelverbindung mit dem Anschlussstift hergestellt wurde, darf diese nicht mehr extremer Hitze oder irgendwelchen mechanischen Einflüssen und Bearbeitungen ausgesetzt werden.

Eine defekte Verbindung darf nicht durch nochmalige Anwendung des Wickelwerkzeuges oder anderer Werkzeuge korrigiert werden.

Der Vorzug einer lötfreien Wickelverbindung hinsichtlich Zuverlässigkeit und Wartungsfähigkeit besteht darin, dass die Reparatur einer defekten Verbindung durch Löten nicht erforderlich ist. Defekte Verbindungen müssen mittels eines speziellen Werkzeugs abgewickelt (nicht vom Stift abgezogen) und dann mit einem neuen Wickelanschluss versehen werden. Für jede nochmalige Wicklung sind neue Drähte einzusetzen. Der Stift kann wiederholt bewickelt werden.

11.1.1 Lötfreie Wickeltechnik – Windungsanzahl

Die Zählung der Windungen beginnt an der Stelle des ersten Kontaktes des nicht isolierten Drahtes mit einer Ecke des Stiftes und endet mit dem letzten Kontakt zu einer Stiftecke (siehe Tabelle 11-1).

Für Klasse 3 ist eine modifizierte Wickeltechnik erforderlich. Diese verfügt über einen zusätzlichen Wickel von isoliertem Draht, der zu mindestens 3 Ecken des Anschlussstiftes Kontakt hat.

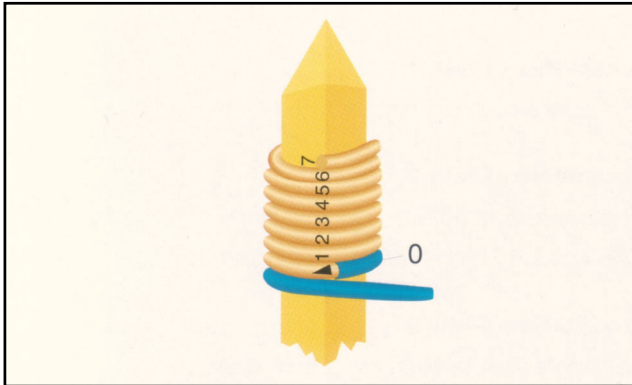


Abbildung 11-1

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Eine halbe (50%) Windung mehr, als der in Tabelle 11-1 festgelegte Minimalwert.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Die zählbaren Windungen erfüllen die Anforderungen der Tabelle 11-1.

Zulässig - Klasse 3

- Die zählbaren Windungen erfüllen die Anforderungen der Tabelle 11-1.
- Erfüllt die Anforderungen der modifizierten Wicklung.

Tabelle 11-1 Minimale Anzahl von Windungen des nicht isolierten Drahtes

Drahtstärke AWG	Windungen
30	7
28	7
26	6
24	5
22	5
20	4
18	4

Anmerkung: Das Maximum der Windungen isolierten und nicht isolierten Drahtes wird nur durch die Werkzeugkonfiguration und den am Anschlussstift zur Verfügung stehenden Platz begrenzt.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Anzahl der zählbaren Windungen erfüllt nicht die Vorgaben von Tabelle 11-1.

Unzulässig - Klasse 3

- Erfüllt nicht die Anforderungen der modifizierten Wicklung.

11.1.2 Lötfreie Wickeltechnik – Windungsabstand

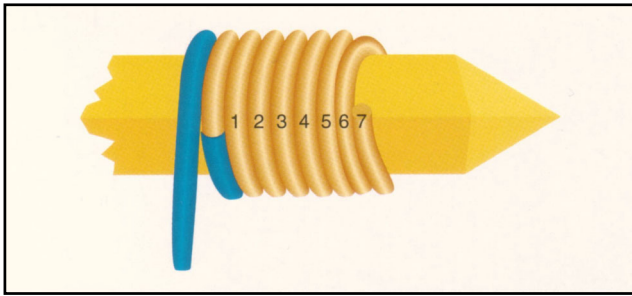


Abbildung 11-2

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Kein Abstand zwischen jeglichen Windungen.

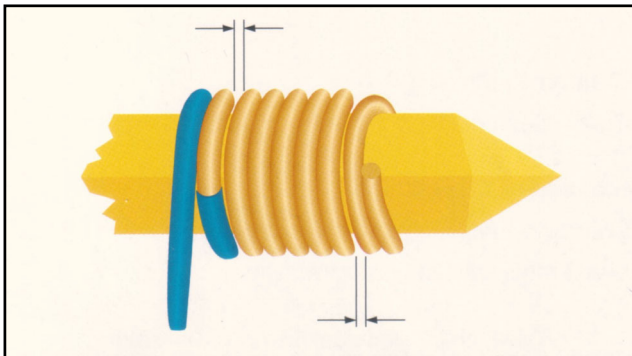


Abbildung 11-3

Zulässig - Klasse 1

- Kein Abstand größer einem Drahtdurchmesser.

Zulässig - Klasse 2

- Kein Abstand größer 50% des Drahtdurchmessers innerhalb der zählbaren Windungen.
- Kein Abstand größer einem Drahtdurchmesser an irgendeiner Stelle.

Zulässig - Klasse 3

- Nicht mehr als drei Windungen mit Abstand voneinander.
- Abstand nicht größer als 50% eines Drahtdurchmessers.

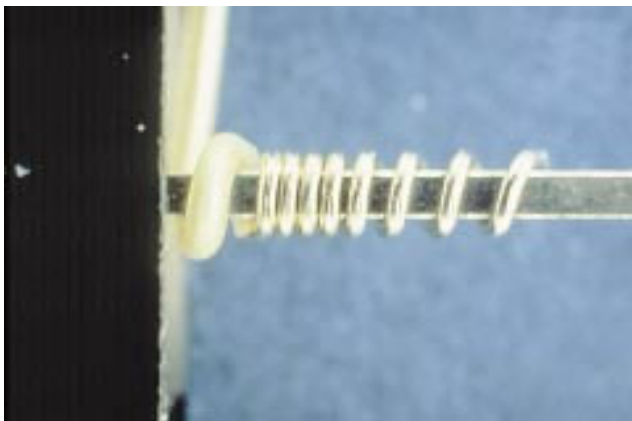


Abbildung 11-4

Unzulässig - Klasse 1

- Abstand größer als ein Drahtdurchmesser.

Unzulässig - Klasse 2

- Abstand größer als einen halben Drahtdurchmesser innerhalb der zählbaren Windungen.

Unzulässig - Klasse 3

- Abstand größer als einen halben Drahtdurchmesser.
- Mehr als drei Abstände gleich welcher Größe.

11.1.3 Lötfreie Wickeltechnik – Wicklungsauslauf (Tail) - Wicklung mit Isolation

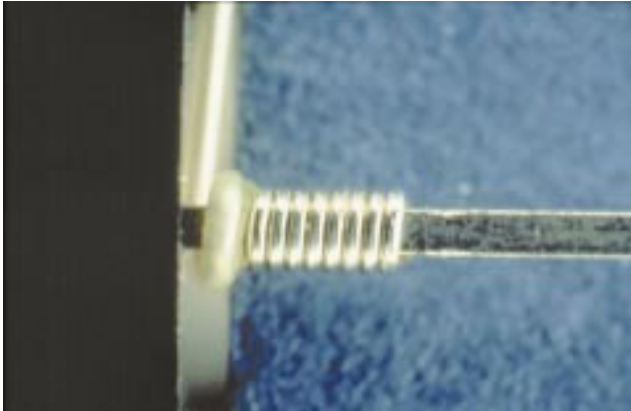


Abbildung 11-5

Anzustreben - Klasse 1, 2

- Der Wicklungsauslauf ragt nicht über den Wicklungsumfang hinaus.
- Die Isolation reicht bis an den Anschlussstift.

Anzustreben - Klasse 3

- Der Wicklungsauslauf ragt nicht über den Wicklungsumfang einschließlich der Isolation der modifizierten Wicklung hinaus (siehe 11.1.1).

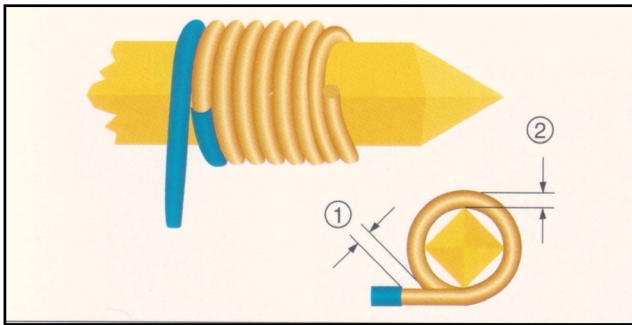


Abbildung 11-6
1. Isolationsabstand
2. Drahtdurchmesser (von unten gesehen)

Zulässig - Klasse 1

- Keine Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes.
- Freiliegender Draht in der Isolation.

Zulässig - Klasse 2

- Das Isolationsende erfüllt die Abstandsanforderungen zu anderen Schaltungsteilen.
- Der Wicklungsauslauf ragt nicht mehr als 3 mm (0,12 in) aus dem Wicklungsumfang hinaus.

Zulässig - Klasse 3

- Der Wicklungsauslauf ragt nicht mehr als einen Drahtdurchmesser aus dem Wicklungsumfang heraus.
- Die Isolation muss Kontakt zu mindestens drei Kanten des Wickelstiftes haben.

11.1.3 Lötfreie Wickeltechnik – Wicklungsauslauf (Tail) - Wicklung mit Isolation (Fortsetzung)

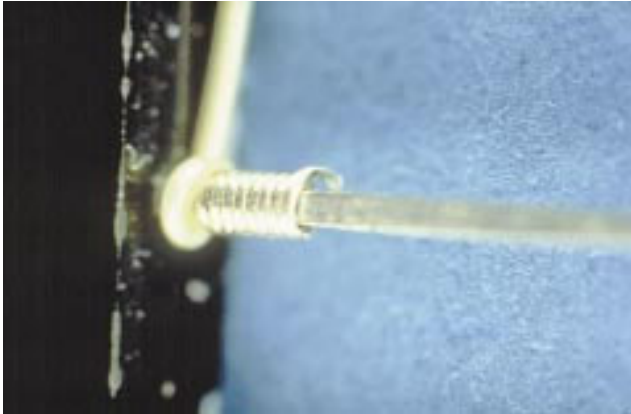


Abbildung 11-7

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Wicklungsauslauf ist größer als 3,0 mm (0,12 in).

Unzulässig - Klasse 3

- Der Wicklungsauslauf ist größer als ein Drahtdurchmesser.



Abbildung 11-8

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Wicklungsauslauf verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

11.1.4 Lötfreie Wickeltechnik – Überlappen absteigender Windungen

Absteigende Windungen sind aus der Wickelspirale (Helix) herausgehoben und deshalb nicht mehr in Kontakt mit den Stiftenden. Absteigende Windungen können andere Windungen überlappen oder diese überkreuzen.

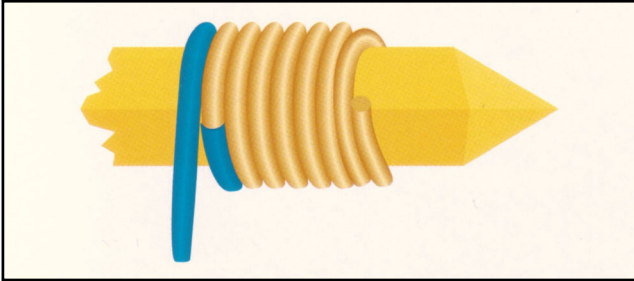


Abbildung 11-9

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Keine absteigenden Windungen.

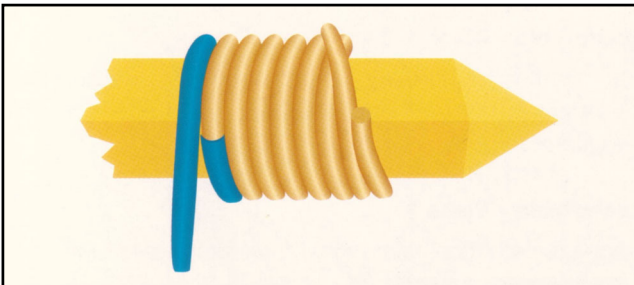


Abbildung 11-10

Zulässig - Klasse 1

- Absteigende Windungen unter der Bedingung, dass die übrigen Windungen in der geforderten Mindestzahl vorschriftsmäßig Kontakt haben.

Zulässig - Klasse 2

- Nicht mehr als eine halbe Windung innerhalb der zählbaren Windungen (beliebige Anzahl und Stelle) ist angehoben.

Zulässig - Klasse 3

- Keine absteigenden Windungen innerhalb der zählbaren Windungen (beliebige Anzahl und Stelle).

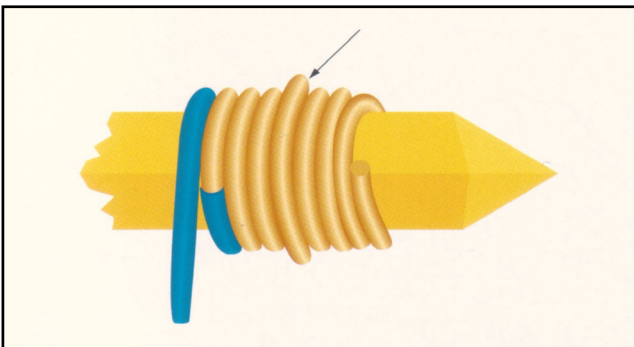


Abbildung 11-11

Unzulässig - Klasse 1

- Die Gesamtzahl der noch in Kontakt befindlichen Windungen ist kleiner als das geforderte Minimum an Windungen.

Unzulässig - Klasse 2

- Mehr als eine halbe Windung innerhalb der zählbaren Windungen ist angehoben.

Unzulässig - Klasse 3

- Jegliche absteigende Windungen innerhalb der zählbaren Windungen.

11.1.5 Lötfreie Wickeltechnik – Anordnung der Verbindungen

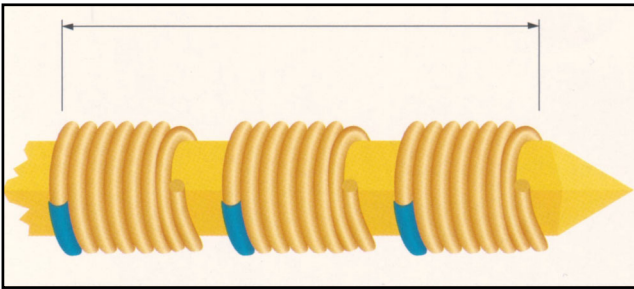


Abbildung 11-12

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Alle Windungen jeder Verbindung sind auf dem vorgeschriebenen Wickelabschnitt.
- Sichtbarer Abstand zwischen den einzelnen Verbindungen (Wicklungspaketen) auf dem Wickelstift.

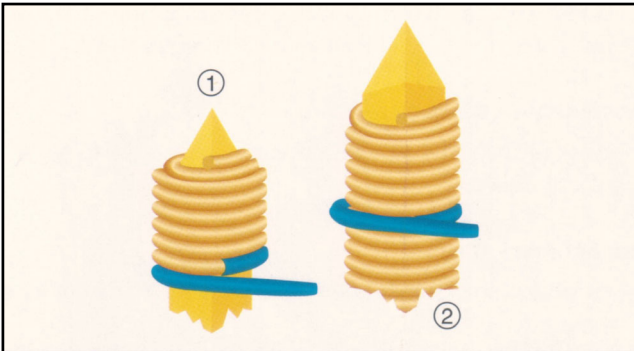


Abbildung 11-13

1. Die Wicklungen übersteigen den nutzbaren Bereich des Wickelstiftes
2. Isolierte Wicklung überlappt eine vorhergehende Wicklung

Zulässig - Klasse 1, 2

- Zusätzliche Windungen des nicht isolierten Drahtes oder Windungen des isolierten Drahtes (ob modifizierte Wicklung oder nicht) außerhalb der für die Bewicklung vorgesehenen Arbeitslänge des Wickelstiftes.

Zulässig - Klasse 1

- Zusätzliche Windungen des nicht isolierten Drahtes oder Windungen des isolierten Drahtes überlappen eine vorhergehende Wicklung.

Zulässig - Klasse 2

- Nur Windungen isolierter Drähte überlappen eine vorhergehende Wicklung.

Zulässig - Klasse 3

- In der Wicklung kann ein isolierter Draht die letzte Windung eines unisolierten Drahtes überlappen.
- Keine Windungen nicht isolierter oder isolierter Drähte außerhalb der beiden Enden des Wickelbereiches.

11.1.5 Lötfreie Wickeltechnik – Anordnung der Verbindungen (Fortsetzung)

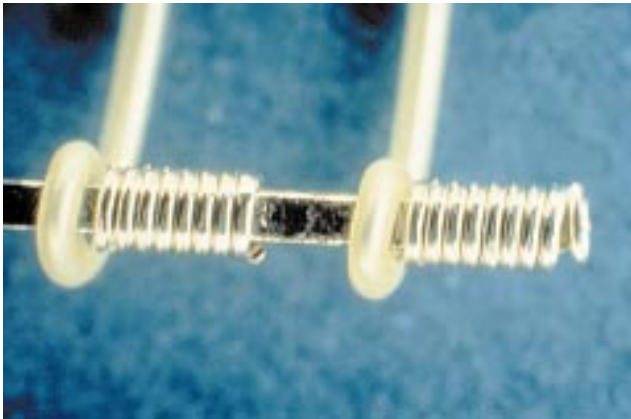


Abbildung 11-14

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Windungen nicht isolierten Drahtes außerhalb der Enden der Wickelbereiche.
- Draht überlappt die Windungen einer vorhergehenden Wickelverbindung.

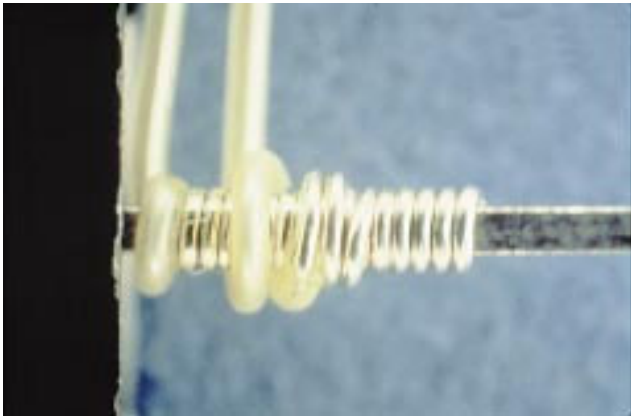


Abbildung 11-15

11.1.6 Lötfreie Wickeltechnik – Drahtführung

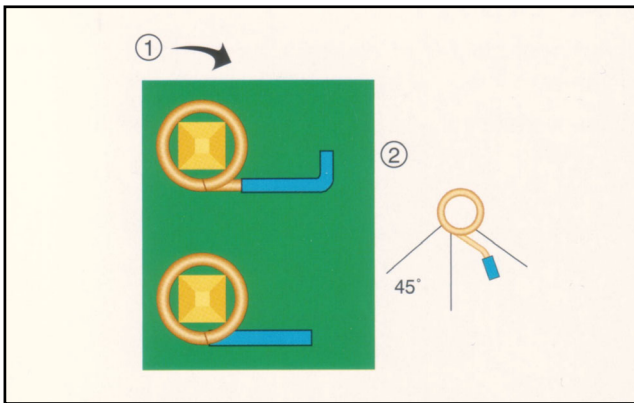


Abbildung 11-16
1. Windungsrichtung
2. Geeigneter Radius

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Ausrichtung eines Drahtes muss so erfolgen, dass eine axial auf den Draht wirkende Kraft nicht zur Abwicklung desselben führen oder die Haftung des Drahtes an der Stiftkante aufheben kann. Diese Forderung ist erfüllt, wenn der Draht so gelegt ist, dass er die 45 Grad-Linie in der in der Abbildung gezeigten Art kreuzt.

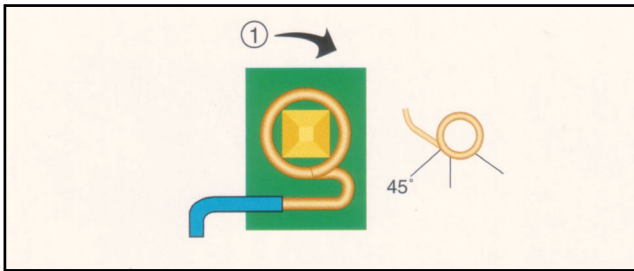


Abbildung 11-17
1. Windungsrichtung

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die axial auf die Wicklung wirkenden Kräfte bewirken ein Abwickeln der Drähte oder ein Lockern der Drahthaftung an den Stifteen.

11.1.7 Lötfreie Wickeltechnik – Drahtspiel

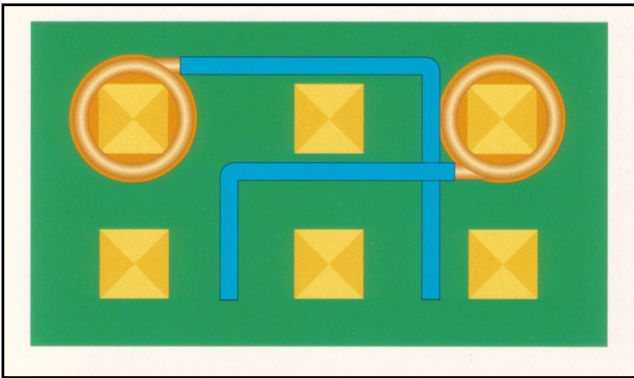


Abbildung 11-18

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Drähte müssen ein ausreichendes Spiel haben, damit sie sich nicht um die Ecken der anderen Stifte ziehen oder andere Drähte überbrücken bzw. belasten.

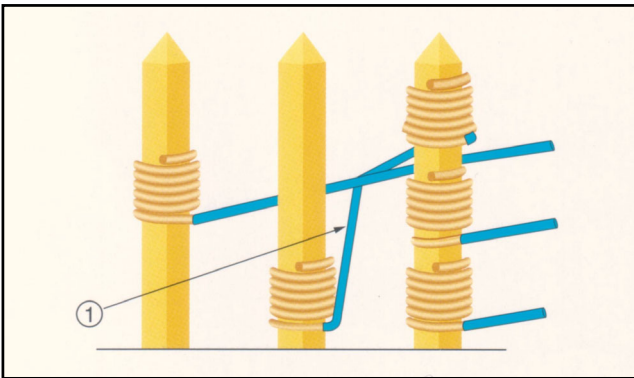


Abbildung 11-19
1. Drahtkreuzung

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Unzureichendes Drahtspiel bewirkt:
 - Abrieb zwischen der Drahtisolation und dem Wickelstift.
 - Spannung auf die Drähte zwischen den Wickelstiften und dadurch eine Verformung der Stifte.
 - Druck auf Drähte, die von straffen Drähten gekreuzt werden.

11.1.8 Lötfreie Wickeltechnik – Drahtbeschichtung

Drahtbeschichtung

Kupferdrähte, die für das lötfreie Wickeln eingesetzt werden, sind normalerweise beschichtet, um die Kontaktzuverlässigkeit zu verbessern und die Korrosionsgefahr zu verringern.

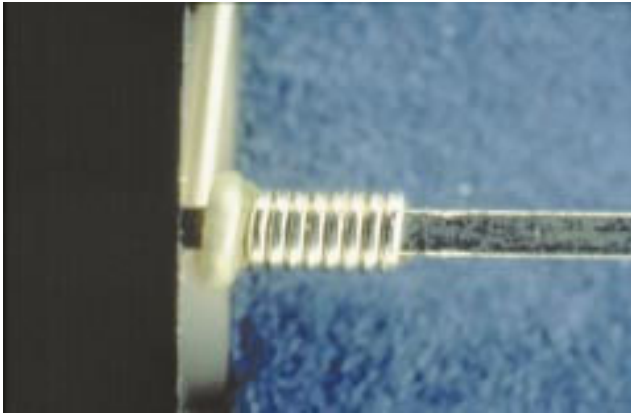


Abbildung 11-20

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Nach dem Wickeln weist der nicht isolierte Draht kein freigelegtes Kupfer auf.

Zulässig - Klasse 1

- Freigelegtes Kupfer.

Zulässig - Klasse 1, 2

- Bis zu 50% der zählbaren Windungen weisen freigelegtes Kupfer auf.

Unzulässig - Klasse 2

- Mehr als 50% der zählbaren Windungen weisen freigelegtes Kupfer auf.

Unzulässig - Klasse 3

- Jegliches freigelegte Kupfer (die letzte halbe Wicklung und das Drahtende ausgenommen).

11.1.9 Lötfreie Wickeltechnik – Beschädigte Isolierung

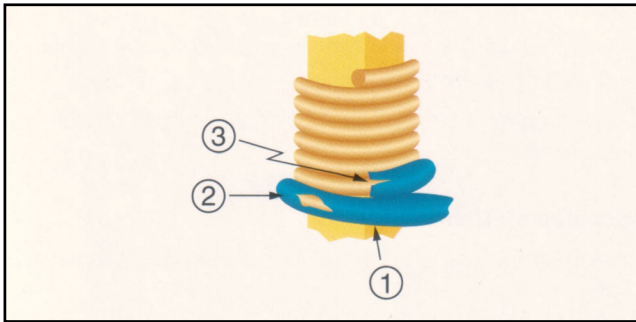


Abbildung 11-21

1. Anfangskontaktkante
2. Risse in der Isolation
3. Schnitte oder Ausfransungen an der Isolation

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Nach dem Erstkontakt mit dem Stift:
 - Isolationsbeschädigung.
 - Risse.
 - Schnitte oder Ausfransungen an der Wicklung.



Abbildung 11-22

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der minimale elektrische Sicherheitsabstand ist verletzt.

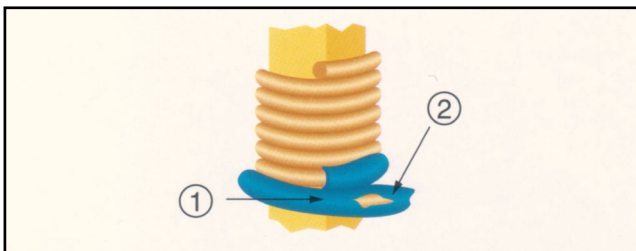


Abbildung 11-23

1. Anfangskontaktkante
2. Gerissene Isolation usw. zwischen dem Wickelstift. Leiter ist freigelegt.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Risse, Schnitte oder Ausfransungen der Isolierung zwischen den Wickelstiften vor dem Erstkontakt mit der Stiftkante.
- Abstandsorderungen werden verletzt.

11.1.10 Lötfreie Wickeltechnik – Beschädigung an Draht und Anschlussstift

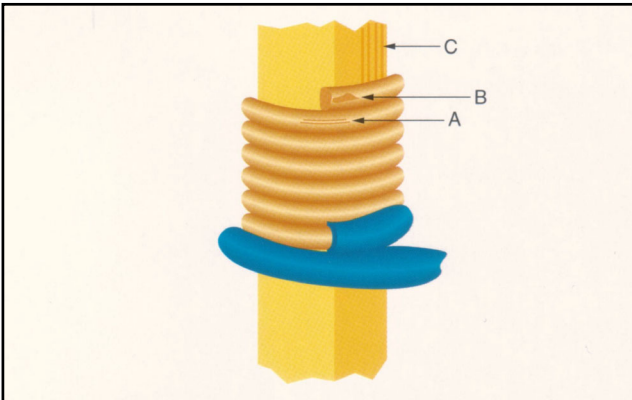


Abbildung 11-24

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtoberfläche ist nicht geprägt oder abgeschliffen, geknickt, verkratzt, geriffelt oder auf andere Weise beschädigt.
- Der Wickelstift ist nicht eingepreßt, verkratzt oder auf andere Weise beschädigt.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Drahtoberfläche ist eingepreßt oder abgeschliffen (leichte Werkzeugspuren) (A).
- Die oberste oder letzte Windung ist durch das Wickelwerkzeug beschädigt (z.B. Knicke, Kratzer, Riffelungen), wobei aber 25% des Drahtdurchmessers nicht überschritten werden (B).
- Durch Werkzeuge verursachte Stiftbeschädigungen wie Prägungen, Kratzer, usw. (C).

Zulässig - Klasse 1, 2

Unzulässig - Klasse 3

- Basismetall ist am Anschlussstift freigelegt.

11.2 Drahtbrücken

Diese Anforderungen stellen keine Erlaubnis zur Reparatur von Baugruppen ohne vorherige Genehmigung durch den Kunden dar, siehe 1.1. Dieser Abschnitt legt Sichtprüfungsanforderungen für Einzelverdrahtungen fest (Drahtbrücken, freie Verdrahtung (Haywires) etc.), die zur Verbindung von Bauteilen an solchen Stellen dienen, wo keine Leiterbahnen auf der Leiterplatte vorhanden sind.

Die Anforderungen hinsichtlich Drahttyp, Verlegung, Befestigung, Lötanforderungen sind für beide Typen gleich. Der Einfachheit halber wird der gängigere Begriff Drahtbrücke in diesem Abschnitt verwendet; die Anforderungen sind aber sowohl für Drahtbrücken als auch für die nachträgliche freie Verdrahtung (Haywire) gültig.

Informationen zu Überarbeitung und Reparatur können in IPC-7711A/IPC-7721A gefunden werden.

Folgende Schwerpunkte werden behandelt:

- Drahttyp
- Drahtverlegung
- Klebefestigung von Drähten
- Lötanschlüsse

Sie können in durchkontaktierten Bohrungen und/oder an Lötstützpunkten, auf Anschlussflächen oder Bauteilanschlüssen angeschlossen werden.

Drahtbrücken sind wie Bauteile zu behandeln. Für die Verlegung, den Anschluss, die Befestigung und den Drahttyp gelten die entsprechenden Verarbeitungsvorschriften.

Drahtbrücken sind so kurz wie möglich zu halten und nicht unter oder über ersetzbaren Bauteilen zu befestigen. Designvorgaben wie die verfügbare Fläche und der minimale elektrische Sicherheitsabstand sind bei ihrer Verlegung oder Befestigung zu berücksichtigen. Drahtbrücken mit einer maximalen Länge von 25 mm, die keine leitenden Flächen kreuzen und nicht die konstruktiven Bedingungen für den Abstand verletzen, bedürfen keiner Isolation. Ist eine Isolation der Drahtbrücken erforderlich, muss diese mit der Schutzbeschichtung (Conformal Coating) verträglich sein.

11.2.1 Drahtbrücken – Drahtauswahl

Die folgenden Überlegungen müssen bei der Auswahl des Drahtes berücksichtigt werden:

1. Der Draht muss isoliert sein, falls er länger als 25 mm oder anfällig für Kurzschlüsse zwischen Anschlussflächen oder Bauteilanschlüssen ist.
2. Versilberte Litzendrähte dürfen nicht benutzt werden. Es könnte unter bestimmten Einsatzbedingungen zur Korrosion kommen.
3. Es ist der Draht mit dem kleinsten zulässigen Durchmesser zu wählen, der den geforderten Strom übertragen kann.
4. Die Drahtisolation muss den Löttemperaturen widerstehen können und widerstandsfähig gegen Abrieb sein. Der dielektrische Widerstand muss gleich oder besser sein als der des Leiterplattenmaterials.
5. Der empfohlene Draht ist massiver, isolierter Kupferdraht mit Oberflächenmetallisierung.
6. Chemische Lösungen, Pasten und Cremes, die zum Abisolieren des massiven Drahtes dienen, dürfen keine Beeinträchtigung des Drahtes verursachen.

11.2.2 Drahtbrücken – Drahtverlegung

Sofern es keine High-Speed-/HF-Anforderungen gibt, müssen die Drahtbrücken immer auf dem kürzesten Weg zum Anschlusspunkt unter Vermeidung von Testpunkten gelegt werden. Es muss eine ausreichende Länge für das Verlegen, Abisolieren und Befestigen vorgesehen werden.

Drahtbrücken auf Baugruppen mit derselben Teilenummer sollen das gleiche Verlegemuster haben.

Das Verlegen soll für jede Teilenummer dokumentiert werden und ohne Abweichung erfolgen.

Auf der Primärseite der Leiterplatte ist es nicht erlaubt, dass Drahtbrücken über oder unter Bauteilen verlaufen. Sie dürfen jedoch auf der Leiterplatte Bauteile wie integrierte Kühlflächen, Montagewinkel und Bauteile, die auf die Leiterplatte geklebt sind, überqueren.

Anschlussflächen auf der Primärseite der Leiterplatte dürfen überquert werden, vorausgesetzt, der Draht ist ausreichend lang, um von der Lötstelle weg geschoben werden zu können, falls Bauteile ausgetauscht werden müssen.

Kontakt mit Kühlkörpern, besonders mit Bauteilen, die hohe Temperaturen produzieren, muss unbedingt vermieden werden.

Auf der Sekundärseite, ausgenommen für Steckverbinder am Rand der Leiterplatte, dürfen Drahtbrücken nicht zwischen den Anschlussflächen eines Bauteils verlaufen, außer wenn das Schaltungslayout keinen anderen Weg zulässt.

Auf der Sekundärseite dürfen keine Drahtbrücken über Leiterbilder oder durchkontaktierte Verbindungsbohrungen laufen, die als Testpunkte benutzt werden.

11.2.2 Drahtbrücken – Drahtverlegung (Fortsetzung)

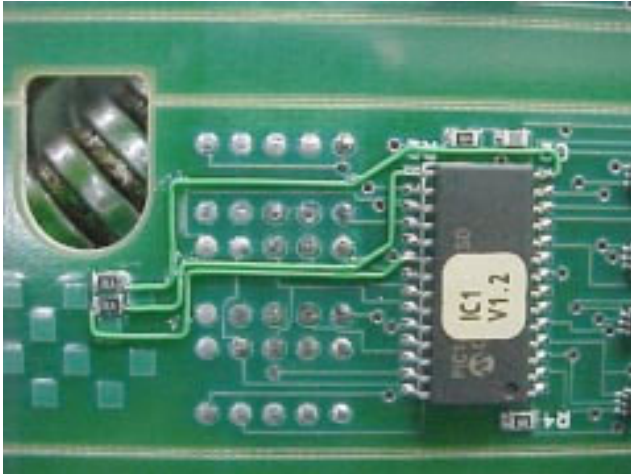


Abbildung 11-25

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Drähte sind auf dem kürzesten Wege verlegt.
- Die Drähte sind nicht über oder unter den Bauteilen verlegt.
- Die Drähte sind nicht über Anschlussflächen oder durchkontaktierte Verbindungsbohrungen verlegt, die als Testpunkte benutzt werden.
- Die Drähte kreuzen keine Bauteilanschlussflächen.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Drähte bedecken keine Bauteilanschlussflächen.
- Ausreichende Reserve der Drahtlänge, um ein Wegschieben des Drahtes von unvermeidlich abgedeckten Anschlussflächen während eines Bauteilaustausches oder Tests zu ermöglichen.

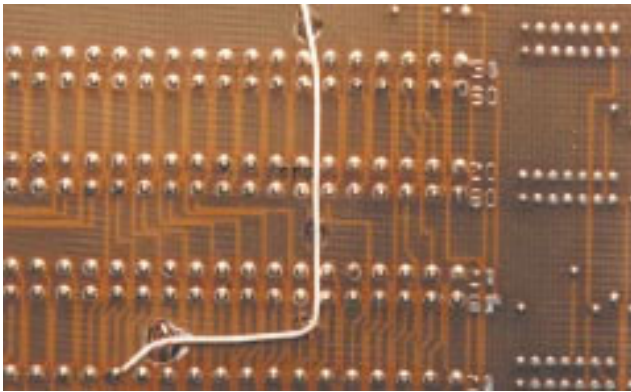


Abbildung 11-26

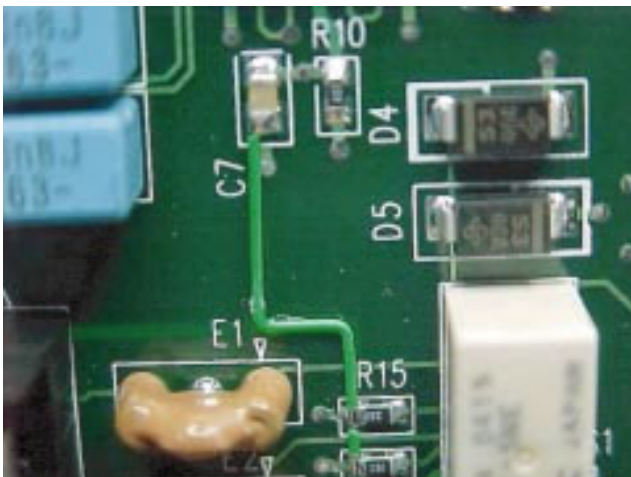


Abbildung 11-27

11.2.2 Drahtbrücken – Drahtverlegung (Fortsetzung)

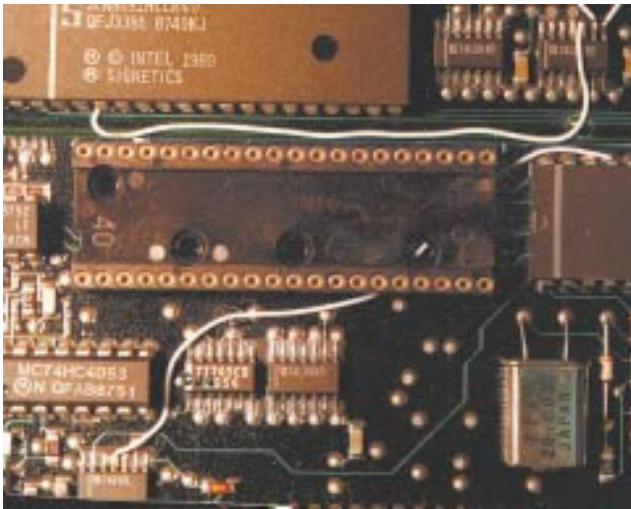


Abbildung 11-28

Zulässig - Klasse 1

Prozessindikator - Klasse 2, 3

- Nicht ausreichende Reserve der Drahtlänge, um ein Wegschieben des Drahtes von unvermeidlich abgedeckten Anschlussflächen während eines Bauteilaustausches zu ermöglichen.
- Unvermeidbares Kreuzen von Anschlussflächen der Bauteile.

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Draht unter oder über Bauteilen verlegt.

Anmerkung: Beachten Sie das Einschließen von Verschmutzungen, wenn Drähte unter Bauteilen verlegt werden. Werden sie über Bauteile verlegt, beachten Sie die Folgen, wenn Drähte mit Kühlkörpern oder heißen Teilen in Kontakt kommen, oder Störungen durch Interferenz bei Hochfrequenzanwendungen.

11.2.3 Drahtbrücken – Drahtbefestigung mittels Klebstoff

Drahtbrücken können am Basismaterial (oder einer integrierten Kühlfläche oder anderen Befestigungsmöglichkeiten) mit Klebstoffen oder Klebebändern (Klebpunkte oder -streifen) befestigt werden. Beim Einsatz von Klebern muss das Mischen und Aushärten entsprechend den Vorgaben des Herstellers erfolgen. Alle Kleber müssen vor der Abnahme (der Baugruppe) vollständig ausgehärtet sein. Bei der Auswahl der Befestigungsmethode sind sowohl die Einsatzbedingungen des Endproduktes als auch die Verträglichkeit mit den nachfolgenden Prozessen zu berücksichtigen.

Die Klebpunkte sind so zu setzen, dass der Draht ausreichend gesichert ist, aber keine benachbarten Anschlussflächen oder Bauteile durch überschüssigen Kleber benetzt werden.

Es darf nicht an entfernbaren oder gesockelten Bauteilen befestigt werden. Wo die Designvorgaben ein Hindernis darstellen, muss die Befestigungsfrage mit dem Kunden geklärt werden.

Drahtbrücken dürfen weder an irgendwelchen beweglichen Teilen befestigt werden noch diese berühren. Die Drähte sind innerhalb des Biegeradius unter Berücksichtigung aller ihrer möglichen Bewegungsrichtungen zu befestigen.



Abbildung 11-29

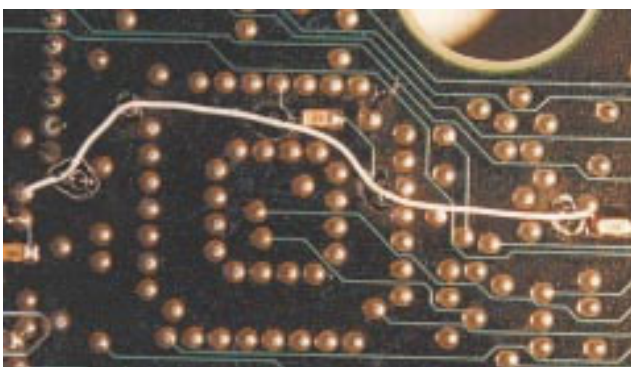


Abbildung 11-30

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Drahtbrücken sind in solchen Abständen zu befestigen, wie es in der technischen Dokumentation vorgesehen ist oder:
 - an allen Punkten mit Richtungsänderungen, um Drahtbewegungen zu vermeiden.
 - so eng wie möglich an der Lötstelle.
- Der Draht ist nicht so locker, dass er sich höher als benachbarte Bauteile heben kann, wenn er stramm gezogen wird.
- Klebeband/Klebstoff darf nicht über die Leiterplattenkanten treten oder die Anforderungen an den Kantenabstand verletzen.

11.2.3 Drahtbrücken – Drahtbefestigung mittels Klebstoff (Fortsetzung)

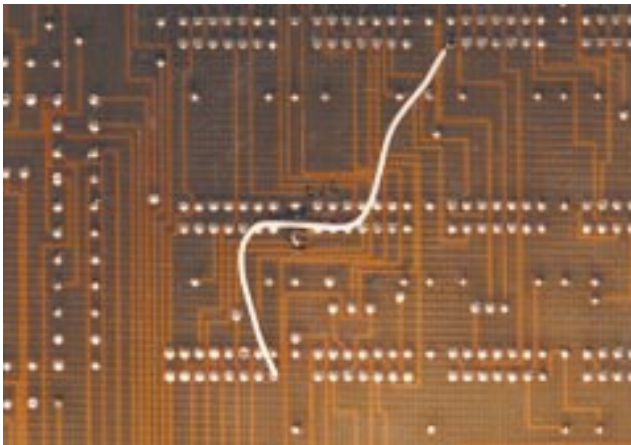


Abbildung 11-31

Zulässig - Klasse 1

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Der Draht ist locker und kann höher als benachbarte Bauteile gehoben werden, wenn er stramm gezogen wird.
- Die Drahtbrücken sind nicht vorschriftsmäßig befestigt.
- Klebeband/Klebstoff ragt über die Leiterplattenkanten oder die Anforderungen an den Kantenabstand werden verletzt.

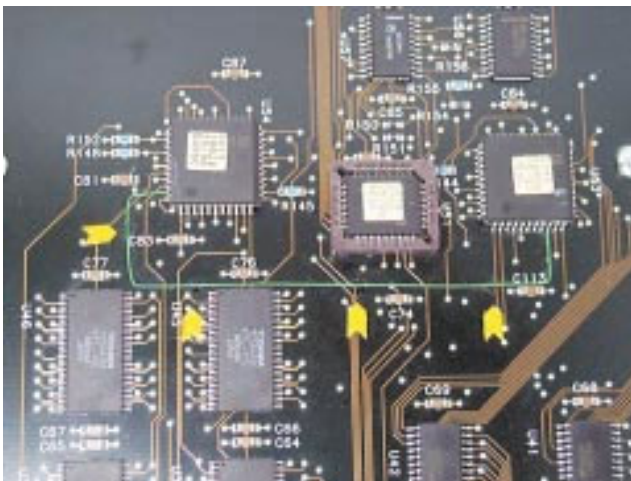


Abbildung 11-32

11.2.4 Drahtbrücken – Durchkontaktierte Löcher

Drahtbrücken können mit jeder der nachstehenden Methoden befestigt werden. Die für einen speziellen Baugruppentyp verwendete Methode muss jedoch festgelegt sein.

Dieser Abschnitt zeigt Praktiken der Anwendung von Drahtbrücken, wie sie in der Fertigung üblich sind. Für zusätzliche Informationen über Drahtbrücken, welche die Reparatur und Modifikation betreffen, siehe IPC-7711A/7721A.

Im Falle von Drahtbrücken, die an nicht axiale Bauteile angebracht werden, muss der Draht den Bauteilanschluss überlappend angelötet werden. Es muss sichergestellt sein, dass die Länge der Lötstelle und der Isolationsabstand den geforderten minimalen/maximalen Abnahmeanforderungen entspricht.

11.2.4.1 Drahtbrücken – Durchkontaktierte Löcher - Anschlüsse im Loch

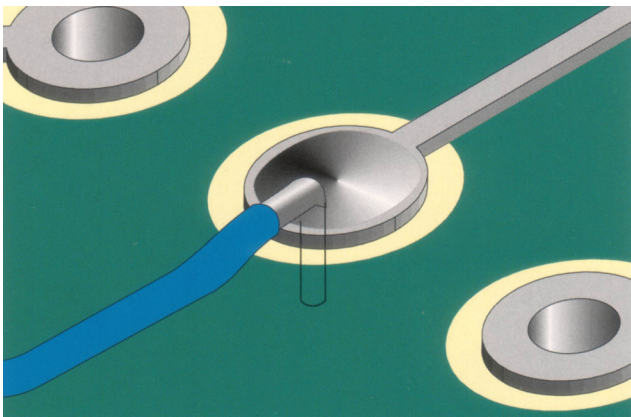


Abbildung 11-33

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Drähte können in eine Durchkontaktierung gelötet werden.

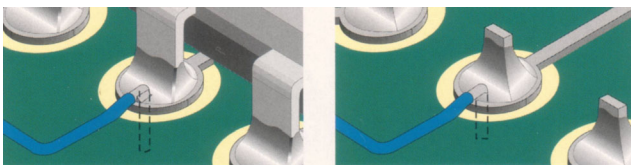


Abbildung 11-34

Zulässig - Klasse 1, 2

Unzulässig - Klasse 3

- Der Draht ist in eine durchkontaktierte Bohrung zusammen mit einem Bauteilanschluss eingelötet.

11.2.4.2 Drahtbrücken – Durchkontaktierte Löcher - Verbindung mit Drahtwindung

Die Enden der Drahtbrücken sind an die Verbreiterung der Bauteilschlüsse durch Umwickeln der Drähte befestigt.

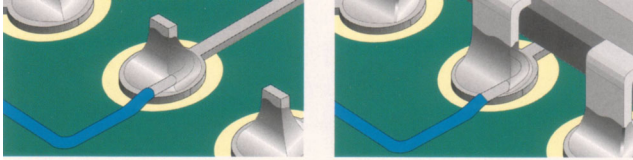


Abbildung 11-35

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist mit 180° bis 270° um den Bauteilanschluss gelegt und gelötet.

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist mindestens mit 90° um einen flachen oder 180° um einen runden Bauteilanschluss gelegt.
- Akzeptable Lötverbindung an der Schnittstelle Draht/Bauteilanschluss.
- Die Umriss- oder das Ende des Drahtes sind klar im Lot erkennbar.
- Keine Isolation im Lot.
- Der Drahtüberhang am Bauteilanschluss verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.



Abbildung 11-36

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist mit weniger als 90° um einen flachen oder 180° um einen runden Bauteilanschluss gelegt.
- Isolation in der Lötverbindung.
- Überhängende Drähte an der Lötverbindung, die den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand verletzen.

11.2.4.3 Drahtbrücken – Durchkontaktierte Löcher - Überlappungslötung

Im Falle von Drahtbrücken, die an nicht axiale Bauteile angebracht werden, muss der Draht an den Bauteilanschluss überlappend angelötet werden.

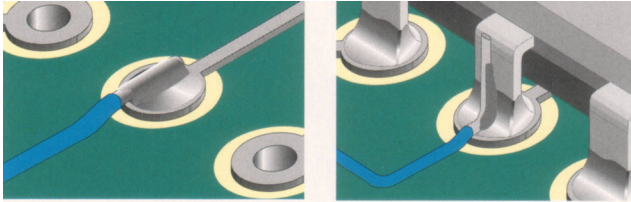


Abbildung 11-37

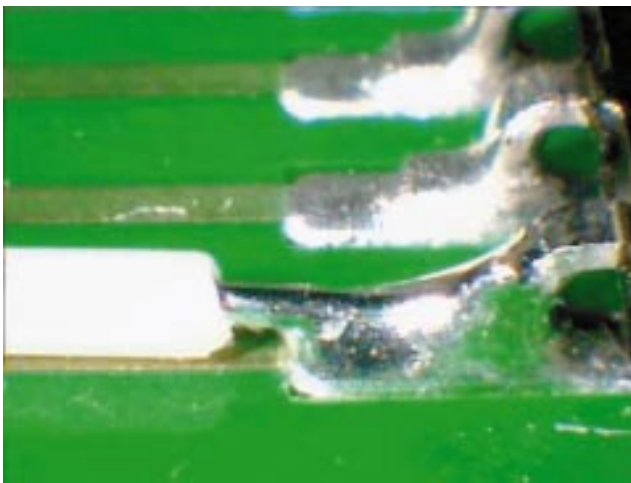


Abbildung 11-38

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist am Bauteilanschluss mit mindestens 75% der Anschlusslänge des Bauteiles (L) überlappend angelötet (vom Zeh bis zum Knie des Anschlusses).
- Der Draht ist überlappend an einer Durchkontaktierung angelötet.
- Akzeptable Lötverbindung an der Schnittstelle Draht/Bauteilanschluss.
- Der Draht ist im Lot erkennbar.
- Die Isolation steht in Kontakt zum Lot, behindert jedoch die Ausbildung einer zulässigen Verbindung nicht.
- Drahtüberhang oder Drahtausdehnung hinter die Anschlussfläche oder das Knie des Bauteilanschlusses verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Draht ist nicht auf mindestens 75% der Länge des Bauteilanschlusses (L) überlappend angelötet (vom Zeh bis zum Knie des Anschlusses).
- Drahtüberhang verletzt die Anforderungen an den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

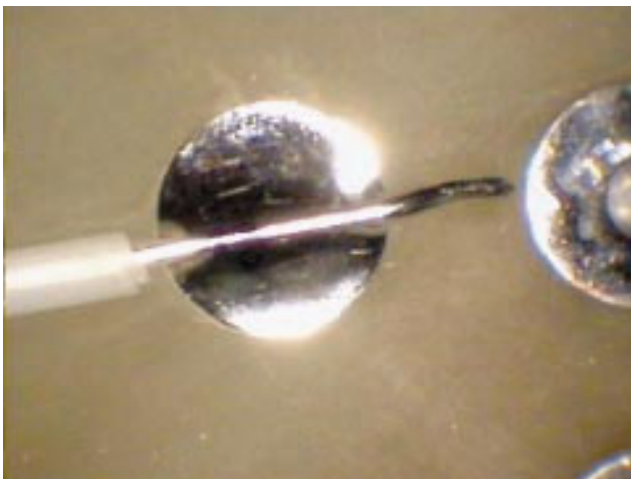


Abbildung 11-39

11.2.4.3 Drahtbrücken – Durchkontaktierte Löcher - Überlappungslötung (Fortsetzung)



Abbildung 11-40



Abbildung 11-41



Abbildung 11-42

11.2.5 Drahtbrücken – Drahtbrücken - SMT

Es ist kein Kleber auf Bauteilkörpern, Bauteilanschlüssen oder Anschlussflächen auf der Leiterplatte. Kleberablagerungen verdecken oder beeinträchtigen nicht die Lötverbindung.

Für alle in diesem Abschnitt beschriebenen überlappenden Lötverbindungen sind folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Der Isolationsabstand verhindert Kurzschlüsse mit elektrisch nicht gemeinsamen Leiterzügen oder verhindert die Verletzung des minimalen elektrischen Sicherheitsabstandes.
- Drahtisolation in Kontakt mit dem Lot beeinträchtigt nicht die Ausbildung der Lötstelle.
- Ausreichende Benetzung der Drahtbrücke und des Bauteileanschlusses/der Anschlussfläche auf der Leiterplatte.
- Die Drahtkontur ist sichtbar in der Lötverbindung oder das Drahtende ist sichtbar.
- Keine Risse in der Lötverbindung.
- Drahtüberhang verletzt nicht den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

Anmerkung: Bei Hochfrequenzanwendungen können Drahtenden, die über das Knie des Bauteilanschlusses hinausragen, zu Problemen führen.

11.2.5.1 Drahtbrücken – SMT – Chips und Bauteile mit zylindrischen Anschlusskappen (MELF)

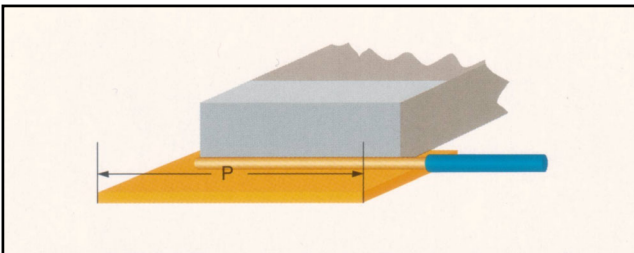


Abbildung 11-43

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Drahtanschluss ist parallel zur längsten Seite der Anschlussfläche zu positionieren.
- Die Lötstellenbreite entspricht der Anschlussflächenbreite (P).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Mindestlänge der Lötstelle beträgt 50% der Anschlussflächenbreite (P) oder mehr.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Länge der Lötstelle beträgt weniger als 50% der Anschlussflächenbreite (P).
- Draht auf der Oberseite der Endkappe des Bauteils angelötet.

11.2.5.2 Drahtbrücken – SMT - Gull-Wing-Anschlüsse

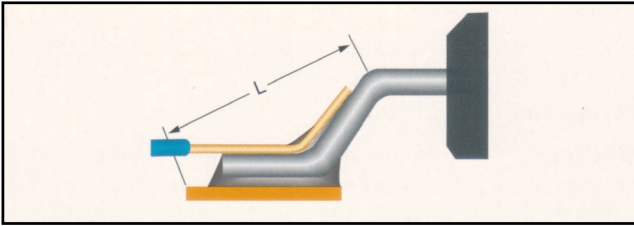


Abbildung 11-44

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die minimale Länge der Lötstelle beträgt 75% der Länge (L) (vom Zeh bis zum Knie des Anschlusses).
- Das Drahtende ragt nicht über das Knie des Anschlusses hinaus.

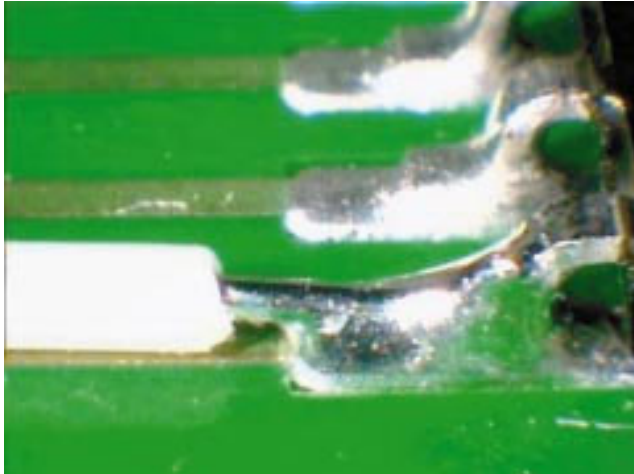


Abbildung 11-45



Abbildung 11-46

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Gerissene Lötverbindungen.
- Die minimale Länge der Lötstelle beträgt weniger als 75% der Länge (L).
- Das Drahtende ragt über das Knie des Anschlusses hinaus.
- Der Draht verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

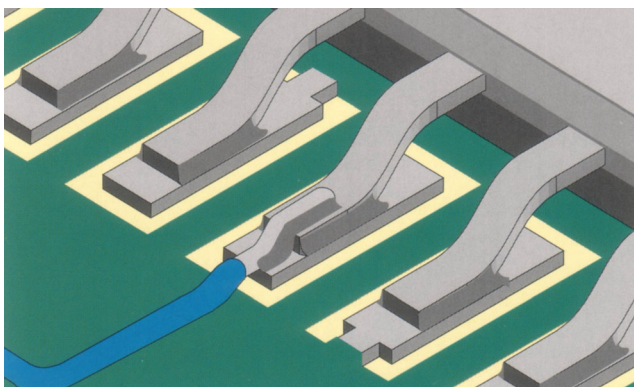


Abbildung 11-47

11.2.5.3 Drahtbrücken – SMT – „J“-förmige Anschlüsse

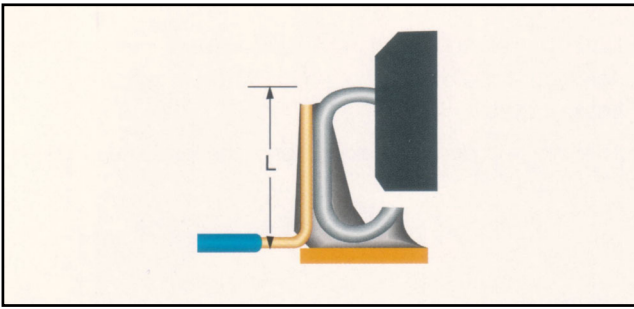


Abbildung 11-48

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die Länge der Lötverbindung entspricht (L).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die minimale Länge der Draht-/Anschlusslötstelle beträgt 75% der Länge (L) (Höhe des J-förmigen Anschlusses).
- Das Drahtende ragt nicht über das obere Ende des J-Anschlusses hinaus.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Länge der Lötstelle beträgt weniger als 75% der Länge von (L).
- Das Drahtende ragt über das obere Ende des Bauteilanschlusses hinaus.
- Der Draht verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

11.2.5.4 Drahtbrücken – SMT - Unbestückte Anschlussflächen

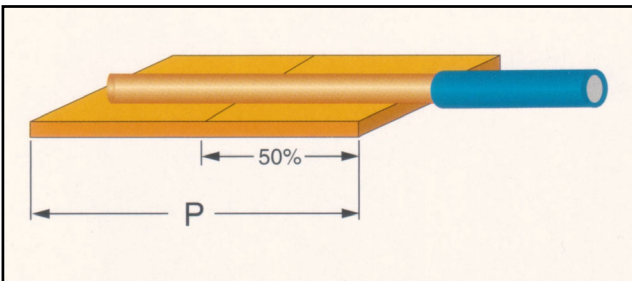


Abbildung 11-49

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Anschluss ist parallel zur längsten Seite der Anschlussfläche zu positionieren.
- Anschlusslänge und Länge der Lötstelle = (P).

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die minimale Länge der Lötstelle beträgt 50% von (P).

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Länge der Lötstelle beträgt weniger als 50% von (P).
- Der Draht verletzt den minimalen elektrischen Sicherheitsabstand.

11.3 Kabelvorbereitung zur Zug-/Spannungsentlastung an Steckverbindern

Die Leitungen zu Mehrfachsteckverbindern haben Bögen, um Spannung auf einzelnen Leitungen zu vermeiden.

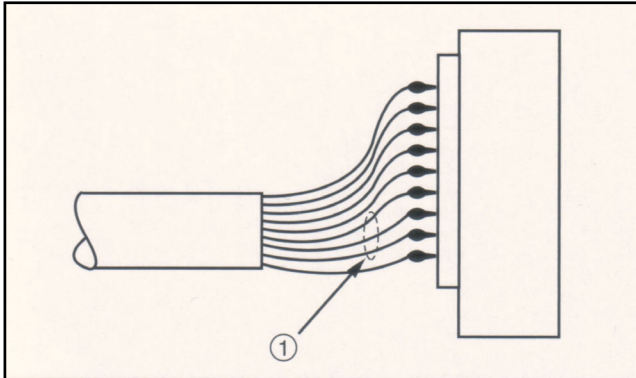


Abbildung 11-50
1. Leitungsführung ist kritischer bei diesen Drähten

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Leitungen verlassen den Steckverbinder in der gleichen Position wie bei der Montage.
- Alle Leitungen sind mit gleichmäßigen Bögen ausgestattet, um Spannungen an den Lötstellen zu verhindern.
- Die kürzesten Leitungen sind in direkter Linie mit der zentralen Achse des Kabels.

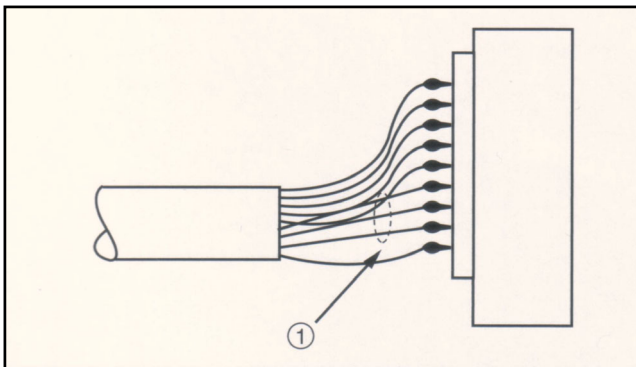


Abbildung 11-51
1. Anschlüsse stehen unter Spannung

Unzulässig - Klasse 1

- Leitungen sind vom Steckverbinder getrennt.

Unzulässig - Klasse 2, 3

- Die Leitungen sind nicht locker genug, um Spannung auf einzelne Leitungen zu verhindern.

11 Einzelverdrahtungen

- Diese Seite ist absichtlich frei gelassen -

12 Hochspannung

Dieser Abschnitt liefert die einheitlichen Anforderungen für Lötverbindungen, die für Hochspannung bestimmt sind. Siehe auch 1.4.6.

Folgende Themen werden in diesem Abschnitt behandelt:

12.1 Lötstützpunkte

- 12.1.1 Drähte/Bauteilanschlüsse
- 12.1.2 Anschlüsse im Bodenbereich
- 12.1.3 Nicht genutzte Lötstützpunkte

12.2 Löthülsen

- 12.2.1 Drähte/Bauteilanschlüsse
- 12.2.2 Nicht genutzte Löthülsen

12.3 Isolation

12.4 Durchsteckverbindungen

12.5 Gebördelter Flansch

12.6 Sonstige Befestigungsteile

12.1 Hochspannung – Lötstützpunkte

12.1.1 Hochspannung – Lötstützpunkte - Drähte/Bauteilanschlüsse

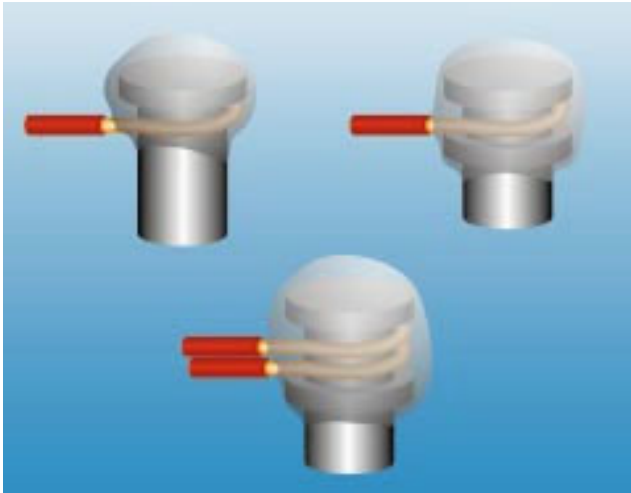


Abbildung 12-1

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Die kugelförmige Lötverbindung hat ein vollständig rundes, ebenmäßiges und glattes Profil.
- Keine scharfen Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen, Einschlüsse (Fremdmaterial) oder Litzendrähte.
- Die Isolation ist so dicht als möglich an der Lötverbindung, ohne eingebettet zu sein.

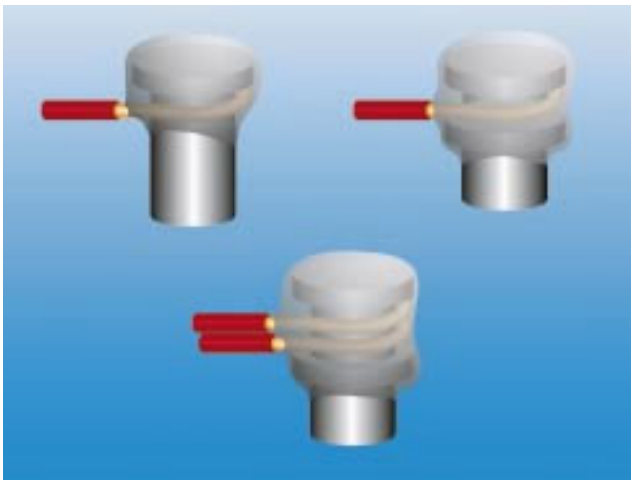


Abbildung 12-2

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötverbindung weist ein eiförmiges, sphärisches oder ovales Profil auf, welches der Kontur des Lötstützpunktes und der Leitung folgt.
- Keine scharfen Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen, Einschlüsse (Fremdmaterial) oder Litzendrähte.
- Die Seiten können etwas uneben mit etwas Schichtstruktur oder Aufschmelzlinien sein.
- Die kugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen.
- Der Abstand der Draht-/Litzenisolation beträgt maximal einen Drahtdurchmesser zur Lötstelle.

12.1.1 Hochspannung – Lötstützpunkte - Drähte/Bauteilanschlüsse (Fortsetzung)

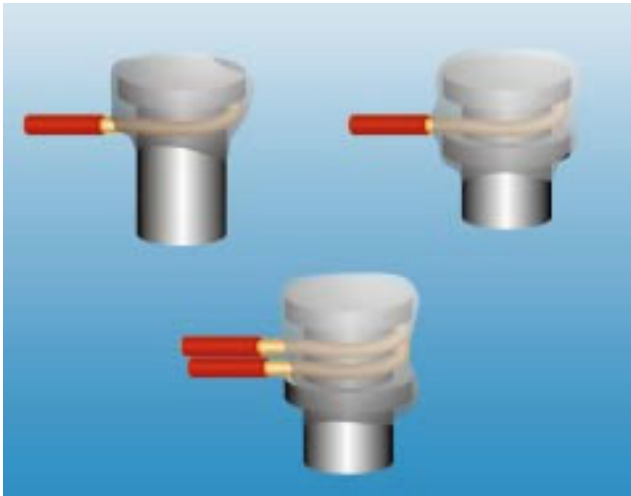


Abbildung 12-3

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot folgt der Kontur des Lötstützpunktes und der Drahtwicklung, jedoch sind scharfe Kanten an hervorstehenden Teilen des Lötstützpunktes zu erkennen.
- Das Lot ist rund und ebenmäßig, jedoch sind Lotspitzen vorhanden.
- Auftreten von nicht glatten und nicht abgerundeten Kanten mit Ausbrüchen oder Spalten.
- Erscheinung von nicht vollständig bedeckten Litzen-
drähten oder sie sind in der Lötverbindung erkennbar.

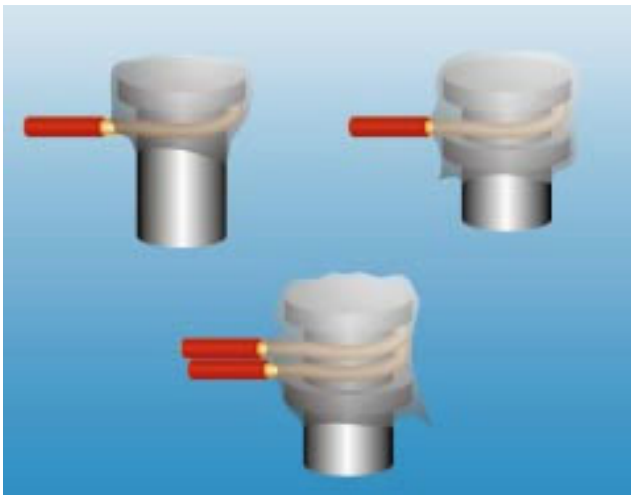


Abbildung 12-4

12.1.2 Hochspannung – Lötstützpunkte - Anschlüsse im Bodenbereich

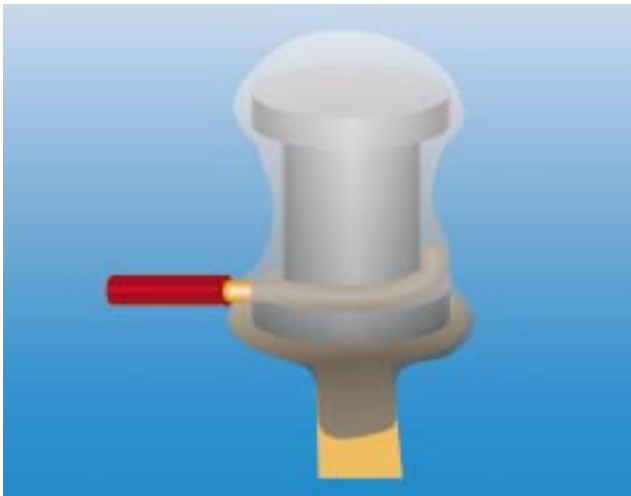


Abbildung 12-5

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Kontur der Drähte/Bauteilanschlüsse ist sichtbar mit einem ebenen Lotverlauf auf Leitung/Bauteilanschluss und dem Lötstützpunkt. Einzelne Litzendrähte können sichtbar sein.
- Kein Auftreten von scharfen Kanten, Lotpunkten, Lotzapfen oder Einschlüssen (Fremdmaterial).
- Die kugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen und berücksichtigt die Anforderungen für die Kugellötung.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Erkennbare scharfe Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen oder Einschlüsse (Fremdmaterial).
- Die kugelförmigen Lötverbindungen überschreiten die festgelegten Höhenanforderungen.

12.1.3 Hochspannung – Lötstützpunkte - Nicht genutzte Lötstützpunkte

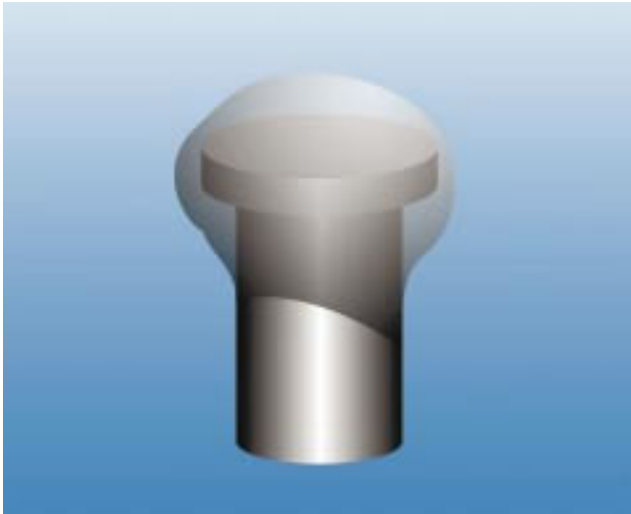


Abbildung 12-6

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Alle scharfen Kanten des Lötstützpunktes sind vollständig mit einer ebenmäßig verlaufenden Lotkugel abgedeckt.

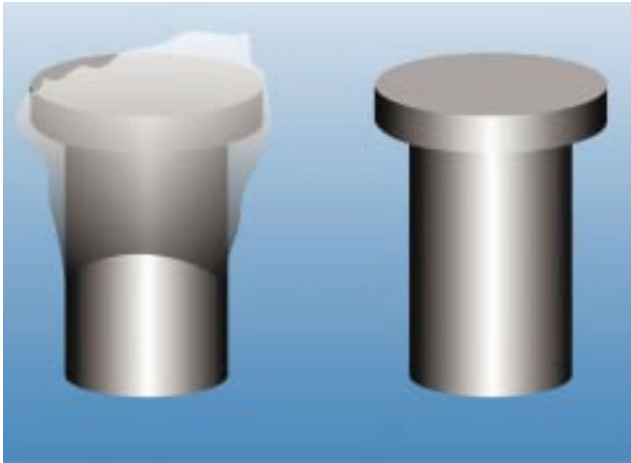


Abbildung 12-7

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Lot weist ein ebenmäßiges Aussehen auf, jedoch gibt es Lotspitzen, Lotzapfen oder scharf hervortretende Kanten.
- Im Anschlussbereich des Lötstützpunktes gibt es Lot-Fehlstellen.

12.2 Hochspannung – Löthülsen

12.2.1 Hochspannung – Löthülsen - Drähte/Bauteilanschlüsse

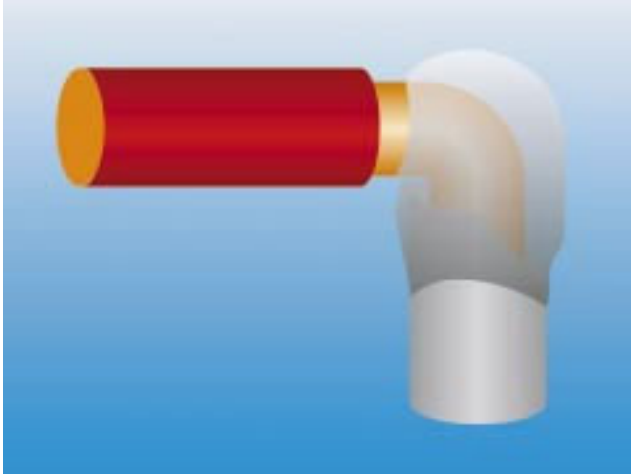


Abbildung 12-8

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötverbindung weist ein eiförmiges, sphärisches oder ovales Profil auf, welches der Kontur der Leitung folgt.
- Keine scharfen Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen, Einschlüsse (Fremdmaterial) oder Litzendrähte.
- Die kugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen und berücksichtigt die Anforderungsmerkmale für das Kugellöten.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Erkennbare scharfe Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen oder Einschlüsse (Fremdmaterial).
- Der Abstand der Draht-/Litzenisolation zur Lötstelle ist größer als ein Drahtdurchmesser.
- Die kugelförmigen Lötverbindungen entsprechen hinsichtlich Höhe und Profil (Form) nicht den Anforderungen.

12.2.2 Hochspannung – Löthülsen - Nicht genutzte Löthülsen



Abbildung 12-9

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Die Lötverbindung weist ein eiförmiges, sphärisches oder ovales Profil auf.
- Keine scharfen Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen, Einschlüsse (Fremdmaterial).
- Die kugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen und berücksichtigt die Anforderungsmerkmale für das Kugellöten.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Erkennbare scharfe Kanten, Lotpunkte, Lotzapfen oder Einschlüsse (Fremdmaterial).
- Die kugelförmigen Lötverbindungen entsprechen hinsichtlich Höhe und Profil (Form) nicht den Anforderungen.

12.3 Hochspannung – Isolierung

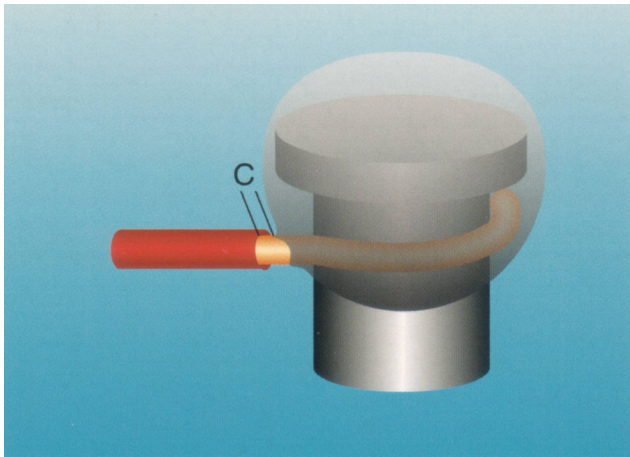


Abbildung 12-10

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Der Abstand (C) ist minimal, so dass die Isolation dicht an der Lötverbindung ist, ohne von ihr eingeschlossen zu werden.
- Die Isolation ist frei von irgendwelchen Beschädigungen (zerfetzt, angescheuert, angeschmolzene Kanten oder Einschnitte).

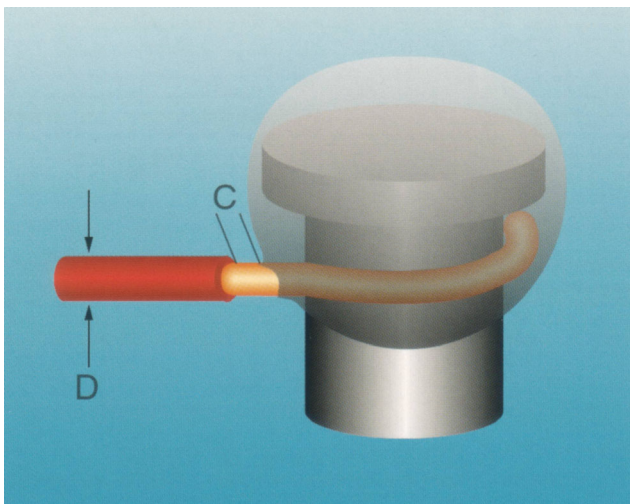


Abbildung 12-11

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Isolationsabstand (C) ist etwas weniger als ein Drahtdurchmesser (D) von der Lötverbindung entfernt.
- Die Isolation ist frei von irgendwelchen Beschädigungen (zerfetzt, angescheuert, angeschmolzene Kanten oder Einschnitte).

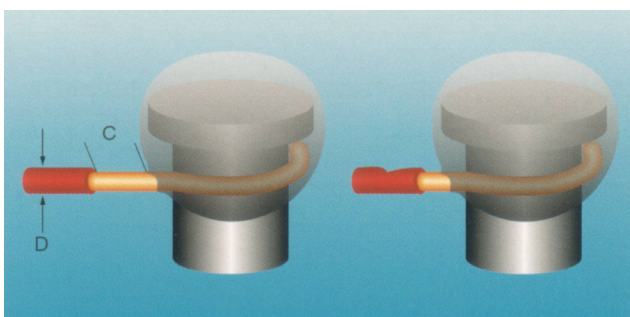


Abbildung 12-12

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Der Isolationsabstand (C) ist mehr als ein Drahtdurchmesser (D) von der Lötverbindung entfernt.
- Erscheinung von Isolationsbeschädigungen (zerfetzt, angescheuert, angeschmolzene Kanten oder Einschnitte).
- Isolation stört die Form des geforderten Lotballs.

12.4 Hochspannung – Durchsteckverbindungen

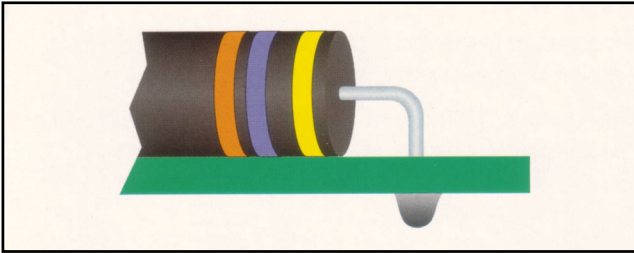


Abbildung 12-13

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Alle scharfen Kanten des Bauteilanschlusses sind vollständig mit einer ebenmäßig glatt gerundeten Lotschicht bedeckt, die eine Halbkugel formt.
- Gerade durchgesteckte Anschlüsse ermöglichen eine Lothalbkugel.
- Die kugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Erkennbare scharfe Kanten, Lötunkte, Lotzapfen oder Einschlüsse (Fremdmaterial).
- Die kugelförmigen Lötverbindungen entsprechen hinsichtlich Höhe und Profil (Form) nicht den Anforderungen.

12.5 Hochspannung – Gebördelter Flansch

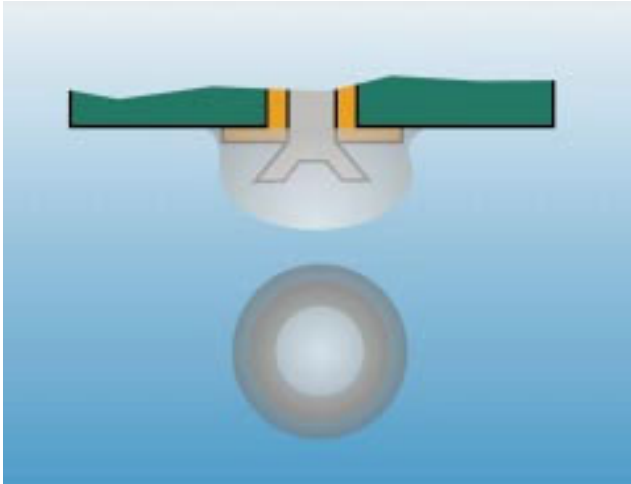


Abbildung 12-14

Anzustreben - Klasse 1, 2, 3

- Alle scharfen Kanten des Lötstützpunktes sind vollständig mit einer ebenmäßig glatt gerundeten Lotschicht bedeckt, die eine Lothalbkuugel formt.
- Die halbkugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen.

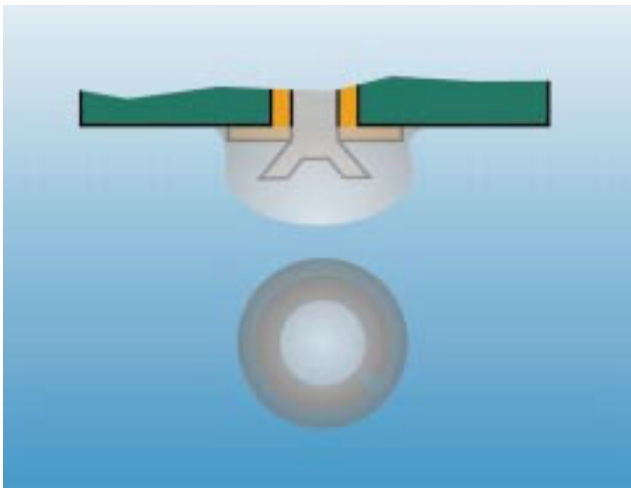


Abbildung 12-15

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Alle scharfen Kanten der radialen Spalten des Lötstützpunktes sind vollständig mit einer ebenmäßig glatt gerundeten Lotschicht bedeckt, die eine halbkugelförmige Lötverbindung formt.
- Die halbkugelförmige Lötverbindung überschreitet nicht die festgelegten Höhenanforderungen.

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Erkennbare scharfe Kanten, Lötunkte, Lotzapfen oder Einschlüsse (Fremdmaterial).
- Die halbkugelförmigen Lötverbindungen entsprechen hinsichtlich Höhe und Profil (Form) nicht den Anforderungen.

12.6 Hochspannung – Sonstige Befestigungsteile

Dieser Abschnitt befasst sich mit individuellen Anforderungen an mechanische Teile, die Hochspannungen ausgesetzt sind.

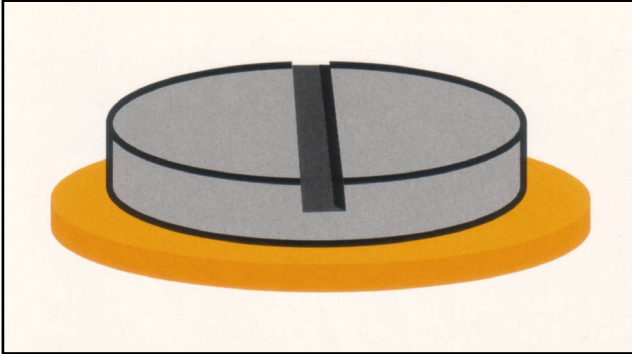


Abbildung 12-16

Zulässig - Klasse 1, 2, 3

- Keine sichtbaren Grate oder Abnutzung der Kanten des Montagematerials.

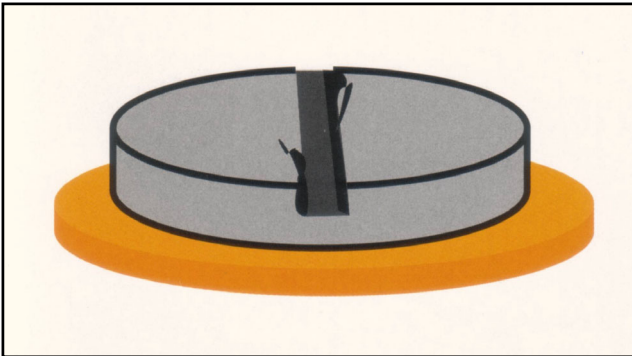


Abbildung 12-17

Unzulässig - Klasse 1, 2, 3

- Das Montagematerial weist Grat oder Abnutzung der Kanten auf.

12 Hochspannung

- Diese Seite ist absichtlich frei gelassen -

Elektrischer Leiterabstand

Anmerkung: Anhang A entstammt IPC-2221, Grundnorm für das Design von Leiterplatten (Februar 1998) und dient hier nur der Information. Die zum Herausgabezeitpunkt dieses Dokumentes aktuelle Version ist gültig. Dem Anwender obliegt die Verantwortung, die aktuelle Ausgabe von IPC-2221 zu ermitteln und daraus die Spezifikationen für seine Produkte abzuleiten. Paragraphen und Tabellennummern sind der IPC-2221 entnommen.

Die folgenden Forderungen der IPC-2221 sind nur auf diesen Anhang anzuwenden.

1.4 Wortwahl: Die Worte "muss" bzw. "soll" (Shall) in Befehlsform werden innerhalb dieses Werkes [IPC-A-610C, Anhang A] immer dann verwendet, wenn eine Bedingung oder Vorschrift einzuhalten ist.

IPC-2221 – 6.3 - Elektrische Isolationsabstände

Der Abstand zwischen den Leiterbahnen auf den einzelnen Lagen sollte größtmöglich gewählt werden. Der Mindestabstand zwischen Leiterbahnen, Leiterbildern, sowie der elektrische Abstand der Leiter zwischen den Lagen (Z-Achse) und zwischen leitenden Materialien (beispielsweise leitende Kennzeichnungen oder Befestigungen) und Leiterbahnen **muss** den Werten aus Tabelle 6-1 entsprechen und auf der Fertigungszeichnung dokumentiert sein. Zusätzliche Informationen bezüglich der elektrischen Sicherheitsabstände, welche die Fertigungstoleranzen beeinflussen, sind in Abschnitt 10 nachzulesen.

Wenn unterschiedliche Spannungen auf derselben Leiterplatte auftreten und diese separat elektrisch zu testen sind, **müssen** die entsprechenden Bereiche auf der Fertigungszeichnung oder in einer Testvorschrift festgelegt sein. Bei Verwendung hoher Spannungen, insbesondere Wechselströme und gepulsten Spannungen größer als 200 V,

müssen in Verbindung mit den empfohlenen Abständen die Dielektrizitätskonstante und der Effekt der Kapazitätsverteilung des Materials (Flächenkapazität) Berücksichtigung finden.

Für Spannungen größer als 500 V muss der Tabellenwert (pro Volt) zum 500 V-Wert addiert werden. Beispielsweise berechnet sich der elektrische Isolationsabstand für eine Leiterplatte des Typs B1 mit 600 V wie folgt:

$$\begin{aligned} 600 \text{ V} - 500 \text{ V} &= 100 \text{ V} \\ 0,25 \text{ mm} + (100 \text{ V} \times 0,0025 \text{ mm}) \\ &= 0,50 \text{ mm Abstand} \end{aligned}$$

Wenn, bedingt durch kritische Vorgaben des Designs, die Verwendung anderer Leiterabstände erwogen wird, **muss** der Leiterabstand auf derselben Lage, wo immer möglich, größer gewählt werden als der nach Tabelle 6-1 erforderliche Mindestabstand. Das Layout der Leiterplatte sollte so geplant werden, dass ein maximaler Abstand zwischen solchen leitenden Bereichen der äußeren Lage möglich ist, die mit hoher Impedanz oder Hochspannungs-Schaltungsteilen verbunden sind. Dieses minimiert die elektrischen Verlustprobleme, die aus kondensierter bzw. hoher Feuchtigkeit (Nässe) resultieren. Der alleinige Verlass auf Beschichtungen, die einen hohen Oberflächenwiderstand zwischen Leiterbahnen gewährleisten sollen, muss vermieden werden.

IPC-2221 – 6.3.1 B1 - Innere Leiterbahnen

Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Mindestabstände zwischen inneren Leiterbahnen sowie zwischen Leiterbahnen und durchkontaktierten Bohrungen für beliebige Höhen sind in Tabelle 6-1 zu finden.

IPC-2221 – Tabelle 6-1 Elektrischer Leiterabstand

Elektrische Spannung zwischen den Leiterbahnen	Mindestabstand						
	Unbestückte Leiterplatte				Bestückte Leiterplatte		
	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0-15	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm	0.05 mm	0.13 mm	0.13 mm	0.13 mm
16-30	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm	0.05 mm	0.13 mm	0.25 mm	0.13 mm
31-50	0.1 mm	0.6 mm	0.6 mm	0.13 mm	0.13 mm	0.4 mm	0.13 mm
51-100	0.1 mm	0.6 mm	1.5 mm	0.13 mm	0.13 mm	0.5 mm	0.13 mm
101-150	0.2 mm	0.6 mm	3.2 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.8 mm	0.4 mm
151-170	0.2 mm	1.25 mm	3.2 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.8 mm	0.4 mm
171-250	0.2 mm	1.25 mm	6.4 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.8 mm	0.4 mm
251-300	0.2 mm	1.25 mm	12.5 mm	0.4 mm	0.4 mm	0.8 mm	0.8 mm
301-500	0.25 mm	2.5 mm	12.5 mm	0.8 mm	0.8 mm	1.5 mm	0.8 mm
> 500 (Berechnung s. Kap. 6.3)	0.0025 mm/V	0.0025 mm/V	0.025 mm/V	0.00305 mm/V	0.00305 mm/V	0.00305 mm/V	0.00305 mm/V

B1 - Innere Leiterbahnen

B2 - Äußere Leiterbahnen, unbeschichtet, Meeresspiegel bis 3050 m

B3 - Äußere Leiterbahnen, unbeschichtet, über 3050 m,

B4 - Äußere Leiterbahnen, mit permanenter Polymerbeschichtung (beliebige Höhe)

A5 - Äußere Leiterbahnen, mit Schutzschichten auf der Baugruppe (beliebige Höhe)

A6 - Äußere Bauelementanschlüsse, unbeschichtet,

A7 - Äußere Bauelementanschlüsse, mit Schutzschichten (beliebige Höhe)

* Spitzenwert der Wechsel- oder Gleichspannung

Elektrischer Leiterabstand (Fortsetzung)

IPC-2221 – 6.3.2 B2 - Äußere Leiterbahnen, nicht beschichtet, Meeresspiegel bis 3050 m

Die Anforderungen an die elektrischen Mindestabstände für nicht abgedeckte äußere Leiterbahnen sind wesentlich strenger als für Leiterbahnen, die durch eine Beschichtung vor äußerlichen Verschmutzungen geschützt sind. Wenn das Endprodukt nicht mit einem Schutzüberzug versehen werden soll, **muss** der Leiterabstand der unbestückten Leiterplatte die in dieser Kategorie (Anwendungen vom Meeresspiegel bis zu einer Höhe von 3050 m) geforderten Abstände erfüllen (Siehe Tabelle 6-1).

IPC-2221 – 6.3.3 B3 - Äußere Leiterbahnen, nicht beschichtet, über 3050 m

Äußere Leiterbahnen nicht beschichteter Leiterplatten für den Einsatz in Höhen über 3050 m erfordern noch größere als die in der Kategorie B2 festgelegten elektrischen Isolationsabstände (siehe Tabelle 6-1).

IPC-2221 – 6.3.4 B4 - Äußere Leiterbahnen mit dauerhaftem Polymerüberzug (beliebige Höhe)

Wenn das bestückte Endprodukt nicht mit einem Schutzüberzug (Conformal Coating) versehen werden soll, ermöglicht ein dauerhafter Polymerüberzug über den Leiterbahnen unbestückter Leiterplatten geringere Leiterbahnabstände als bei den durch die Kategorien B2 und B3 definierten unbeschichteten Leiterplatten. Die elektrischen Abstände nicht beschichteter Anschlussflächen und Bauelementanschlüsse **müssen** den Anforderungen der Klasse A6 genügen (siehe Tabelle 6-1). Diese Vorschrift ist nicht gültig für Anwendungen die Schutz vor rauen, feuchten und verunreinigenden Umgebungsbedingungen fordern.

Zu den typischen Anwendungen zählen die Computertechnologie, Büro- und Kommunikationsausrüstungen sowie unter überwachten Umgebungsbedingungen eingesetzte Leiterplatten, die unbestückt mit einer beidseitigen Polymerbeschichtung versehen sind. Nach dem Bestückungs- und Lötprozess werden die Leiterplatten nicht mit einem Schutzüberzug versehen, die Lötverbindung und die gelötete Anschlussfläche bleiben also unbeschichtet.

Anmerkung: Sämtliche Leiterbahnen mit Ausnahme der gelöteten Anschlussflächen müssen vollständig beschichtet

sein, um die elektrischen Anforderungen an die Mindestabstände in dieser Kategorie sicherzustellen.

IPC-2221 – 6.3.5 A5 - Äußere Leiterbahnen mit Schutzüberzügen über der Baugruppe (beliebige Höhe)

Äußere Leiterbahnen, die im bestückten Endzustand der Leiterplatte mit einem Schutzüberzug versehen werden, müssen unabhängig von der Einsatzhöhe die elektrischen Vorgaben dieser Kategorien erfüllen.

Typische Anwendungsgebiete sind militärische Einsatzbereiche, bei denen die gesamte fertiggestellte Baugruppe mit einem Schutzüberzug versehen wird. Dauerhafte Polymerbeschichtungen werden in der Regel nicht verwendet, es sei denn, sie dienen als Lötstopmmaske. Die Verträglichkeit der Polymerbeschichtung mit dem Schutzüberzug muss gewährleistet sein, wenn beide Materialien gemeinsam eingesetzt werden.

IPC-2221 – 6.3.6 A6 - Äußere, nicht beschichtete Bauelementanschlüsse und Anschlussstellen

Äußere Bauelementanschlüsse und Anschlussstellen ohne Schutzüberzug müssen den in dieser Kategorie festgelegten elektrischen Abständen genügen.

Charakteristische Anwendungen sind die zuvor in der Gruppe B4 aufgeführten Beispiele. Die Kombination B4/A6 wird meist in kommerziellen Anwendungen und unter nicht rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt. Hier kommt der Vorteil einer hohen Leiterbahndichte, welche durch eine permanente Polymerabdeckung (auch Lötstopmmaske) geschützt ist, zum tragen. Weitere Einsatzbereiche sind dort zu finden, wo die Zugänglichkeit von Bauelementen für Nacharbeiten oder zu Reparaturzwecken nicht erforderlich ist.

IPC-2221 – 6.3.7 A7 - Mit Schutzüberzügen versehene äußere Bauelementanschlüsse/Anschlussstellen (beliebige Höhe)

Genau wie beim Verhältnis freiliegender zu beschichteten Leiterbahnen auf der unbestückten Leiterplatte ist der bei beschichteten Bauelementanschlüssen und Anschlussstellen verwendete elektrische Abstand geringer als bei nicht beschichteten.

Schlagwortverzeichnis (Index)

Ablegieren (Leaching)	1.4.8, 9.1	Bauteile, Sicherung	7.3.1, 7.3.2, 7.3.4
Abnahmekriterien	1.4.2	Bauteilzerstörungen	7.1.2.3
Abschirmmaterial, ESD	3.1.4	Benetzung, Anschlussfläche	7.4.5, 7.5.5
Abstand, Bauteilmontage	7.1.3, 7.1.6, 7.5.1, 7.5.2, 7.5.5.7	Benetzung, Hülse	7.5.5
Abstand, elektrisch	1.4.5	Benetzung, Lötstützpunkt	6.10
Abstand, Isolation	6.8.1, 7.5.5.9, 11.1.3, 12.3	Beschädigung, Anschlussflächen	10.2.9.3
Abstandshalter, Bauteile	7.1.6.1	Beschädigung, Bauelement- anschlussdraht	7.1.2.3
Akzeptanzbedingung - Zulässig (Definition)	1.4.2.2	Beschädigung, Bauelemente	7.1.2.3, 9.0
Anschlussbeschneidung	7.1.9, 7.4.4, 7.5.4	Beschädigung, Etiketten (Label)	10.3.5
Anschlussbiegung	4.5.2, 7.1.2.1	Beschädigung, Isolation	6.8.2, 11.1.9
Anschlussdraht, Kreuzung	7.1.3	Beschädigung, Kabelbaum	4.4.2.1
Anschlussentlastung	6.4, 6.6	Beschädigung, Leiterzug	6.9, 6.11
Anschlussflächenbeschädigung	6.6.2, 10.2.9.3	Beschädigung, Lötstopplack	10.5.1
Anschlusslaschen, gelocht	6.7.5, 6.10.4	Beschädigung, Lötstützpunkt	6.8.2
Anschlussrestlänge	7.4.3, 7.5.3	Beschädigung, Montage/ Befestigungsteile	4.2
Anschlussstifte, gabelförmig	6.2.4.2, 6.7.2, 6.7.8, 6.10.2	Beschädigung, Nietverbindungen	6.2
Area Grid Array, BGA	8.1.12	Beschädigung, Steckverbinder	4.2, 9.5
Ausziehvorrichtung für Leiterplatten	4.2	Beschädigung, Steckverbinderstift	4.3
Barcode-Kennzeichnung	10.3.5.1	Beschädigung, Verbrennungen	10.2.6
Barcode-Kennzeichnungen	10.3.5.1	Beschädigung, EOS, ESD	3.1
Basismetall, Kupfer	4.3.2, 4.3.3, 5.2.1	Beschichtung (Plating)	11.1.8
Baugruppe, Beschichtung	10.5.2	Beschichtung, Abdeckung	10.5.2.2
Bauteilanschlüsse beschneiden	7.1.9, 7.4.4, 7.5.4	Beschichtung, Baugruppe	10.5.2
Bauteilanschlüsse biegen, formen, wickeln	4.5.2, 7.1.2, 11.3	Beschichtung, Fehler	10.5.1.2, 10.5.1.3
Bauteilanschlüsse, beschädigt	6.6.2	Beschneiden	7.1.9, 7.4.4, 7.5.4
Bauteilanschlüsse, Drahtrestlänge	7.4.3, 7.5.3	Biegung, Anschlussdraht	7.1.2.1
Bauteilanschlüsse, Lot in der Drahtbiegung	7.5.5.6	Blasen, Blasenbildung	10.2.2, 10.2.8.1, 10.5.1.2
Bauteilanschlüsse, Spannungs- entlastung	6.4, 6.6	Blasloch	5.2.2, 6.3, 10.2.9
Bauteile, Abstandshalter	7.1.5, 7.1.6, 7.1.8	Brücken, Brückenbildung (Lot)	5.2.6.2
Bauteile, Anschlussbeschneidung	7.5.5.8	Carbonate	10.4.3
Bauteile, Ausrichtung	7.1.1	Chloride	10.4.3
Bauteile, Beschädigung	7.1.2.3, 9.0	Clinch (Umbiegen)	7.1.9, 7.4.4, 7.5.4
Bauteile, durchkontaktierte Löcher	7.5	Conformal Coating (Beschichtung)	10.5.2
Bauteile, gestapelt	8.2.2.9.3	Delaminierung	10.2.2
Bauteile, Grabsteineffekt	8.2.2.9.4	Drahtbefestigung	11.2.3
Bauteile, hochgesetzt	7.3.3	Drahtbrücken (Haywire)	11.2
Bauteile, Hochleistung	7.1.9	Drahtbrücken (Jumper)	11.2
Bauteile, Kühlkörper	7.2	Drahtdurchmesser	1.4.11
Bauteile, Montageclips	7.3.1, 7.3.2, 7.3.4	Drahtfixierung (Kleber)	6.7.3, 7.1.7, 7.2, 7.3.2, 7.3.3, 11.2.3
Bauteile, nicht hochgesetzt	7.3.2	Drahtführung	4.5, 11.2.2, 11.1.6, 11.3
Bauteile, nicht durchkontaktierte Löcher	7.4	Drahtniederhalter	7.3.4
Bauteile, Rückenlage	8.2.2.9.2	Drahtrestlänge	7.4.3, 7.5.3
Bauteile, Seitenlage	8.2.2.9.1	Drahtspiel	11.1.7, 11.2.2, 11.3
		Drahtverlegung	4.5, 11.2.2
		Drehmoment	4.1.3.1
		Dual-In-Line (DIP)	7.1.5, 7.5.4

Schlagwortverzeichnis (Index)

Durchkontaktiertes Loch (PTH)	5.2.10, 7.1.4, 7.5.5, 11.2.4	Kennzeichnung, Bauteile	10.3
Durchverbindungs-Vias	7.5.5.10	Kennzeichnung, geätzt	10.3.1
Eingepresste Steckerstifte	4.3.2	Kennzeichnung, gestempelt	10.3.3
Elektrische Überlastung (EOS)	3.1.1	Kennzeichnung, Siebdruck	10.3.2
Elektrischer Isolationsabstand	1.4.5	Klassifikation (Klasse 1, 2, 3)	1.4.1
Elektrostatische Entladung (ESD)	3.1.2	Klebepunkt	11.2.3
Fehlerzustand - Defekt, Unzulässig (Definition)	1.4.2.3	Kleber, Befestigung	7.3.2, 7.3.3, 8.1, 11.2.3
Fingerlinge	3.3.6	Korrosion	3.3, 10.1, 10.4.5
Fleckenbildung (Measling)	10.2.1	Kühlkörper	7.2
Flexibler Schutzschlauch	6.8.3	Kupfer, Basismetall	5.2.1
Flussmittel	1.2, 10.4.1, 10.4.4, 10.5.1.2	Label	10.3.5
Freiliegendes Basismetall, Oberflächenfinish	5.2.1	Leistungsbauelemente	7.1.9
Gabelförmige Anschlussstifte	6.2.4.2, 6.7.2, 6.7.8, 6.10.2	Leiterbeschädigung/-zerstörung	6.9, 6.11, 10.2.9.3
Geätzte Kennzeichnungen	10.3.1	Leiterplattenausziehvorrichtung	4.2
Gewebestrukturbildung/ Gewebefreilegung	10.2.3	Leiterplattenverriegelung	7.1.8
Gewebezerrüttung (Crazing)	10.2.1	Löcher, blockierte	7.1.4
Grabsteineffekt, Bauteile	8.2.2.9.4	Lot, bleifrei	5.5.1, 5.2.7, 5.2.10, 5.2.11
Griffe für Leiterplatten	4.2	Lötbarkeit	6.2, 6.3
Hakenanschlüsse	6.7.6, 6.10.5	Lotfüllung, Bauteilanschluss	8.2.5.5, 8.2.6.5, 8.2.7.5, 8.2.8.5
Handhabung (Handling) Baugruppen	3.3.1	Lotfüllung, Loch, Hülse	6.10.6, 7.5.5
Handschuhe	3.3.6	Löthülsen, Lotfüllung	6.10.6, 7.5.5
Hochgesetzte Bauelemente	7.3.3	Löthülsen-Anschluss	6.7.7, 6.10.6
Hofbildung (Haloing)	10.2.4	Lotkugeln	5.2.6.1
Hofbildung, Haloing	10.2.4	Lotnetze	5.2.6.3
Hülse	7.5.5	Lot-Quellseite/Sekundärseite (Definition)	1.4.3.2
Isolation der Verbindungen	4.1.3.2, 6.8.1, 7.5.5.9, 11.1.3, 11.2.4.2, 12.1.1, 12.3	Lotspinnweben	5.2.6.3
Isolationsabstand	4.1.3.2, 6.3, 6.7, 6.8.1, 6.10.3, 7.3.1, 7.5.5.9, 11.1.3, 11.2.4, 12.1.1, 12.2.1, 12.3	Lötstelle, kalte	1.4.4
Isolationsbeschädigung	4.4.1, 4.4.2, 4.5.1, 6.8.2, 9.3, 11.1.9	Lötstopmmaske, Beschichtungen	10.5.1
Isolierschlauch, flexibel	6.8.3	Lötstopmmaske, Blasen, Poren	10.5.1.2
Kabelbinder, Kabelverschnürung	4.4.1, 4.4.2, 4.5.3, 4.5.5	Lötstopmmaske, Durchbrüche	10.5.1.3
Kalte Lötstellen	1.4.4	Lötstopmmaske, Falten, Risse	10.5.1.1
Kantenclip	6.1	Lötstützpunkt, Anschlusspositionierung	6.7
Kantensteckerstift	4.3.1	Lötstützpunkt, Beschädigung	6.2.4
Kennzeichen (Label)	10.3.5	Lötstützpunkt, dünne Drahtdurchmesser	6.7.9
Kennzeichnung mittels Laser	10.3.4	Lötstützpunkt, Gabel	6.2.4.2, 6.7.2, 6.10.2
Kennzeichnung, Barcode	10.3.5.1	Lötstützpunkt, gelocht	6.7.5, 6.10.4
		Lötstützpunkt, gerade	6.7.1, 6.10.1
		Lötstützpunkt, Haken	6.7.6, 6.10.5
		Lötstützpunkt, Löthülsen	6.7.7, 6.10.6
		Lötstützpunkt, Nietverbindungen	6.2
		Lötstützpunkt, seriell verbunden	6.7.9
		Lötstützpunkt, Turmanschluss	6.2.4.1, 6.7.1, 6.10.1
		Lotüberschuss	4.1.2, 5.2.6, 7.4.5
		Lotzapfen	5.2.9, 12.1.1, 12.1.2, 12.1.3, 12.2.1

Schlagwortverzeichnis (Index)

Lot-Zielseite/Primärseite (Definition)	1.4.3.1	Sekundärseite, Lotzielseite (Definition)	1.4.3.2
Meniskus	1.4.9, 7.5.5.7	Seriell verbundene Anschlussstifte	6.7.8
Mindestdrehmoment	4.1.3.1	Sicherheitsabstand, elektrisch	1.4.5
Montageclips	7.3.1, 7.3.2, 7.3.4	Siebdruckkennzeichnungen	10.3.2
Nadellöcher/Blaslöcher	5.2.2, 6.3, 7.4.5, 8.2.12.4, 8.12.14, 10.5.1.2, 10.3.5.2, 10.5.1.2, 10.5.2.2, 12.1.3	Spalt, definiert	6.2.3
Nietverbindungen	6.2	Spannungsreduzierung an Anschlüssen	6.4, 6.6
No-Clean	10.4.4	Spreizflansch, gelötet	6.2.5
Pin-in-Paste	1.4.10, 1.4.7	Steckerstift	4.3
Pink Ring	10.2.5	Steckerstiftzerstörung	4.3.1
Primärseite - Lotzielseite (Definition)	1.4.3.1	Steckverbinder	4.2, 7.1.8, 9.5
Primärseite	4.3.2.1, 5.2.10, 7.1.4, 7.5.5, 11.2.2	Überlappen	4.1.3.2, 6.7, 6.8.3, 11.1.4, 11.1.5
Prozessindikator (Definition)	1.4.2.4	Überschüssiges Lot	4.1.2, 5.2.6, 7.4.5
Reflowlöten - Durchsteckbauteile (Intrusiv Soldering)	1.4.7, 7.5.5	Verbrennung (Baugruppe)	10.2.6
Reinigung, No-Clean	10.4.4	Verbrennung (Steckverbinder)	9.5
Reinigung, Reinigungsmittel	10.4, 10.5.1.2	Vergrößerungshilfen	1.8, 10.1, 10.3
Restlänge Anschlussdraht	7.4.3, 7.5.3	Verschmutzung	3.3, 10.1
Risse	4.3.2, 5.2.8, 6.2.4.1, 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.5.5.8, 9.4	Vertikalfüllung	6.10.6, 7.5.5
Rückenlage, Bauteile	8.2.2.9.2	Verwindung	10.2.7
Schraubverbindungen	4.1.3	Wärmeleitpasten	7.2.1
Schraubverbindungen, Drehmoment	4.1.3.1	Wärmeleitende Kleber	7.2.1
Schutzschlauch, flexibel	6.8.3	Weißer Rückstände	10.4.3
Sekundärseite	4.3.2.1, 7.4.5, 7.5.5.4, 11.2.2	Wickelanschluss	11.1
		Wicklungsauslauf	11.1.3
		Windungsabstand	11.1.2
		Zielwertbedingung-Anzustreben (Definition)	1.4.2.1
		Zulässig, Akzeptabel (Definition)	1.4.2.2

Referenzliste der Kapitel etwa gleichen Inhalts in IPC-A-610C und IPC-A-610D

IPC-A-610C

IPC-A-610D

1	Vorwort	1
1.1	Übersicht	1.1
1.2	Ziele/Anwendungsbereich	1.2
1.3	Spezielles Design	1.3
1.4	Fachbegriffe und Definitionen	1.4
1.4.1	Klassifikation.....	1.4.1
1.4.2	Kundenverantwortung.....	----
1.4.3	Abnahmekriterien.....	1.4.2
1.4.3.1	Zielwertbedingung.....	1.4.2.1
1.4.3.2	Abnahmebedingung.....	1.4.2.2
1.4.3.3	Fehlerbedingung.....	1.4.2.3
1.4.3.4	Prozessindikatorbedingung.....	1.4.2.4
1.4.3.5	Nicht festgelegte Bedingungen.....	1.4.2.6
1.4.4	Ausrichtung der Leiterplatte.....	1.4.3
1.4.4.1	Primärseite.....	1.4.3.1
1.4.4.2	Sekundärseite.....	1.4.3.2
1.4.4.3	Lot-Quellseite.....	1.4.3.3
1.4.4.4	Lot-Zielseite.....	1.4.3.4
1.4.5	Elektrischer Isolationsabstand.....	1.4.5
1.4.6	Kalte Lötstelle.....	1.4.4
1.4.7	Ablegieren.....	1.4.8
1.4.8	Meniskus (Bauelement).....	1.4.9
1.5	Beispiele und Abbildungen	1.5
1.6	Methoden der Inspektion	1.6
1.7	Überprüfung der Abmessungen	1.7
1.8	Vergrößerungshilfen und Beleuchtung	1.8
2	Mitgeltende Normen und Vorschriften	2
2.1	IPC-Dokumente	2.1
2.2	Gemeinschafts-Industrie-Richtlinien (Joint Industry Documents)	2.2
2.3	Dokumente in Verbindung mit EOS/ESD	2.3
2.4	Dokumente der Electronics Industries Alliance (EIA)	2.4
2.5	Dokumente der International Electrotechnical Commission (IEC)	2.5
3	Handling elektronischer Baugruppen	3
3.1	Vorbeugung gegen Beschädigung durch elektrische Überlastung (EOS)	3.1
3.2	Vorbeugung gegen Beschädigung durch elektrostatische Entladung (ESD)	3.1.2
3.2.1	Warnkennaufkleber.....	3.1.3
3.2.2	Schutzmaterialien.....	3.1.4
3.3	EOS/ESD-sichere Arbeitsplätze/EPA	3.2
3.4	Handling	3.3
3.4.1	Richtlinien.....	3.3.1
3.4.2	Physische Beschädigung.....	3.3.2
3.4.3	Verunreinigung/Kontamination.....	3.3.3
3.4.4	Elektronische Baugruppen.....	3.4.4
3.4.5	Nach dem Löten.....	3.3.5
3.4.6	Handschuhe und Fingerlinge.....	3.3.6
4	Mechanische Montage	4
4.1	Montageteile (Hardware)	4.1
4.2	Montage der Befestigungselemente (Hardware)	4.1
4.2.1	Elektrische Isolationsabstände.....	4.1.1
4.2.2	Überschüssiges Lot.....	4.1.2
4.2.3	Schraubverbindungen.....	4.1.3
4.2.3.1	Mindestdrehmoment für elektrische Verbindungen.....	4.1.3.1
4.2.3.2	Drähte.....	4.1.3.2
4.2.3.3	Hochspannungsanwendungen.....	12.6

4.2.4	Bauelementbefestigung	----
4.2.4.1	Hochleistungsbauelemente	7.1.9
4.2.4.2	Verstopfung von Bohrungen durch Lotfüllungen	7.1.4
4.3	Quetschverbindungen	6.2
4.3.1	Trichterflansch	6.2.2
4.3.1.1	Definierte Spalten	6.2.3
4.3.2	Flache Flansche – eingeschweißt	6.2.5
4.3.3	Anschlussstifte	6.2.4, 6.2.4.1
4.4	Bauelementemontage	----
4.4.1	Montageclips	7.3.1
4.4.2	Befestigung durch Kleber – Nicht hochgesetzte Bauelemente	7.3.2
4.4.3	Befestigung durch Kleber – Hochgesetzte Bauelemente	7.3.3
4.4.4	Drahtniederhalter	7.3.4
4.4.5	Kabelbinder, Kabelschellen	4.4.1
4.4.6	Kabelverschnürung	4.4.2
4.4.7	Kabelbefestigung ohne Zug-/Spannungsentlastung	11.3
4.5	Steckverbinder, Griffe, Ausziehvorrichtungen	----
4.6	Kühlkörper	7.2
4.6.1	Isolatoren und wärmeleitende Verbindungsmaterialien	7.2.1
4.6.2	Kontakte	7.2.2
4.7	Anschlussklemmen, Kantenclips	6.1
4.8	Steckverbinder-Stifte	4.3, 4.3.1
4.8.1	Stifte für Kanten-Steckerleisten	4.3.1
4.8.2	Einpress-Steckerstifte	4.3.2
5	Bauelementebestückung Positionierung/Orientierung	7
5.1	Ausrichtung	7.1.1
5.1.1	Horizontal	7.1.1.1
5.1.2	Vertikal	7.1.1.2
5.2	Bestückung	----
5.2.1	Horizontal – Axiale Drahtanschlüsse - Durchkontaktierte Löcher	7.5.1
5.2.2	Horizontal – Axiale Drahtanschlüsse - Nicht durchkontaktierte Löcher	7.5.1
5.2.3	Horizontal – Radiale Drahtanschlüsse	7.1.7
5.2.4	Vertikal – Axiale Drahtanschlüsse - Durchkontaktierte Löcher	7.5.2
5.2.5	Vertikal – Axiale Drahtanschlüsse - Nicht durchkontaktierte Löcher	7.4.2
5.2.6	Vertikal – Radiale Drahtanschlüsse	7.1.6
5.2.6.1	Bauelementeabstandshalter	7.1.6.1
5.2.6.2	Bauelementemeniskus	7.5.5.7
5.2.7	Bauelementedraht-Anschluss – Leiterplatte	----
5.2.7.1	Draht-Restlänge – Gerade und partiell umgebogener Draht	7.4.3
5.2.7.2	Umbiegen	7.4.4
5.2.8	Dual-in-Line-Gehäuse (DIP)/Single-in-Line-Gehäuse (SIP) Pins und Sockel	7.1.5
5.2.9	Steckverbinder	7.1.8
5.2.10	Kreuzung von Anschlussdrähten und Leiterzügen	7.1.3
5.3	Anschlussdraht-Formgebung	----
5.3.1	Biegungen	7.1.2.1
5.3.2	Spannungsentlastung	7.1.2.2
5.3.2.1	Durchkontaktierte Löcher	7.1.2.2
5.3.2.2	Nichtdurchkontaktierte Löcher	5.3.2.2
5.3.2.3	Anschlussstifte	6.4
5.4	Beschädigungen	----
5.4.1	Anschlussdrähte	7.1.2.3
5.4.2	DIP und SOIC	9.3
5.4.3	Axiale Anschlüsse und Glaskörper/Abdichtung	9.3
5.4.4	Radiale Anschlüsse (zwei Drähte)	9.3
5.5	Anschlussstifte	----
5.5.1	Wickelanschluss	6.7
5.5.1.1	Linsenkopf- und gerade Stifte	6.7.1
5.5.1.2	Gabelstifte	6.7.2.1
5.5.1.3	Gestanzte und perforierte Anschlüsse	6.7.5
5.5.1.4	Hakenanschlüsse	6.7.6
5.5.1.5	Seriell verbundene Anschlüsse	6.7.8
5.5.1.6	AWG 30- und dünnere Drahtdurchmesser	6.7.9
5.5.1.7	Befestigte Drähte/Bauelemente	6.7.3
5.5.2	Löthülsen	6.7.7
5.5.3	Spannungsentlastung Bauelementanschluss/Drahtabbiegung	6.6.1, 6.6.2

5.5.4	Serviceschleifen	6.5
5.5.5	Anschlussdrahtplatzierung.....	6.7
5.6	Isolation	
5.6.1	Abstände	6.8.1
5.6.2	Beschädigungen	6.8.2.1
5.6.3	Schutzhülsen	6.8.3
5.7	Leiter	6.9
5.7.1	Deformierungen	6.9.1, 6.9.2
5.7.2	Beschädigungen	6.9.3
6	Lötstellen	5
6.1	Abnahmeanforderungen für Lötstellen	5.1
6.2	Drahtrestlänge	7.4.3
6.3	Durchkontaktierte Löcher (PTH)	7.5.5
6.3.1	Vertikales Füllen der Löcher	7.5.5.1
6.3.2	Umfangsbenetzung – Primärseite	----
6.3.2.1	Draht und Hülse.....	7.5.5.2
6.3.2.2	Abdeckung des Löttauges – Primärseite	7.5.5.3
6.3.3	Umfangsbenetzung – Sekundärseite (PTH) und nichtgestützte Löcher	7.5.5.4, 7.5.5.5
6.3.4	PTH-montierte Bauelemente	7.5.5.6
6.3.4.1	Lötbedingungen	7.5.5
6.3.4.2	Lot in der Drahtabiegung	7.5.5.6
6.3.4.3	Meniskus im Lot.....	7.5.5.7
6.3.5	Beschichtete Drahtisolation im Lot	7.5.5.9
6.3.6	Verbindungen zwischen den Lagen ohne Bauelementanschlüsse – Durchkontaktierte Löcher	7.5.5.10
6.4	Nichtdurchkontaktierte Löcher	7.4.5
6.5	Weiteres	----
6.5.1	Anschlussbeschneidung nach dem Löten	7.5.5.8
6.5.2	Freiliegendes Basismetall	5.2.1
6.5.3	Überschusslot.....	----
6.5.3.1	Lotkugeln/Spritzer.....	5.2.6.1
6.5.3.2	Lotbrücken.....	5.2.6.2
6.5.3.3	Lotnetz.....	5.2.6.3
6.5.4	Nadellöcher/Blaslöcher.....	5.2.2
6.5.5	Lotvorsprünge.....	5.2.9
6.5.6	Nichtbenetzung.....	5.2.4
6.6	Anschlussstifte	6.10
6.6.1	Gabelstifte	6.10.2
6.6.2	Linsenstifte	6.10.1
6.6.3	Hakenstift	6.10.5
6.6.4	Lochsteg.....	6.10.4
6.6.5	Löthülsen	6.10.6
6.6.6	Konisch erweiterte Flansche.....	6.2.5
6.7	Isolation	----
6.7.1	im Lot.....	6.8.2.2
6.7.2	Beschädigung.....	6.8.2.2
6.7.3	Abstand	6.8.1
6.8	Hochspannung	12
6.8.1	Anschlussstifte.....	----
6.8.1.1	Drähte/Bauelementeanschlüsse	12.1.1
6.8.1.2	Bodenkontakt.....	12.1.2
6.8.1.3	Nichtgenutzte Anschlussstifte.....	12.1.3
6.8.2	Löthülsen	12.2
6.8.2.1	Drähte/Bauelementeanschlüsse	12.2.1
6.8.2.2	Nichtgenutzte Löthülsen	12.2.2
6.8.3	Isolation	12.3
6.8.4	Durchsteckverbindungen	12.4
6.8.5	Konisch erweiterte Anschlussstifte	12.5
6.9	Verbindungsstifte – Einpresstifte	4.3.2.1
6.10	Gold-Kontaktkämme	10.1
7	Sauberkeit	10.4
7.1	Flussmittelnrückstände	10.4.1
7.2	Schmutzpartikel	10.4.2
7.3	Chloride, Carbonate und weiße Rückstände	10.4.3
7.4	Flussmittelnrückstände – No-Clean-Prozess – Erscheinungsform	10.4.4

7.5	Oberflächenerscheinungsform	10.4.5
8.	Kennzeichnung	10.3
8.1	Geätzte Markierungen (Handdruck eingeschlossen)	10.3.1
8.2	Siebdruck-Markierungen	10.3.2
8.3	Gestempelte Markierungen	10.3.3
8.4	Lasermarkierungen	10.3.4
8.5	Kennzeichen (Label)	10.3.5
8.5.1	Barcode	10.3.5.1
8.5.2	Lesbarkeit	10.3.5.2
8.5.3	Adhäsion und Beschädigung	10.3.5.3
9.0	Beschichtungen	10.5
9.1	Baugruppenüberzüge (Conformal Coatings)	----
9.1.1	Grundsätzliches	10.5.2.1
9.1.2	Abdeckung	10.5.2.2
9.1.3	Dicke	10.5.2.3
9.2	Lötstoppmasken-Beschichtung	10.5.1
9.2.1	Falten/Risse	10.5.1.1
9.2.2	Poren und Blasen	10.5.1.2
9.2.3	Durchbrüche	10.5.1.3
10	Laminatzustand	10.2
10.1	Einführung	----
10.1.1	Identifikation der Defekte	10.2
10.2	Laminatbeschädigung	----
10.2.1	Fleckenbildung (Measling) und Gewebezerrüttung	10.2.1
10.2.2	Blasenbildung (Blistering) und Delamination	10.2.2
10.2.3	Gewebestrukturbildung/Gewebefreilegung	10.2.3
10.2.4	Hofbildung und Kantendelamination	10.2.4
10.2.5	Rotring (Pink Ring)	10.2.5
10.3	Flexible und Starr-Flexible Leiterplatten	10.2.8.1
10.4	Verfärbungen der Lötstoppmaske	10.5.1.4
10.5	Verbrennungen	10.2.6
10.6	Verwölbung und Verwindung	10.2.7
10.7	Beschädigung von Leiterzügen/Anschlussflächen	----
10.7.1	Reduzierung des Querschnitts	10.2.9.1
10.7.2	Abgehobene Anschlussflächen	10.2.9.2
11	Einzelverdrahtungen	11
11.1	Lötlose Wickeltechnik	11.1
11.1.1	Windungsanzahl	11.1.1
11.1.2	Windungsabstand	11.1.2
11.1.3	Wicklungsauslauf (Tail), Aufwicklung der Isolation	11.1.3
11.1.4	Überlappen angehobener Windungen	11.1.4
11.1.5	Verbindungspositionen	11.1.5
11.1.6	Drahtausrichtung	11.1.6
11.1.7	Drahtspiel	11.1.7
11.1.8	Metallisierung	11.1.8
11.1.9	Beschädigte Isolation und Anschlussstellen	11.1.9
11.1.10	Leiterbeschädigung	11.1.10
11.2	Drahtbrücken	11.2
11.2.1	Drahtauswahl	11.2.1
11.2.2	Drahtverlegung	11.2.2
11.2.2.1	Bauelementseite	11.2.2
11.2.2.2	Befestigungsseite der durchkontaktierten Bohrung	11.2.2
11.2.3	Drahtbefestigung	11.2.3
11.2.4	Durchkontaktierte Bohrungen	11.2.4
11.2.4.1	Anschlüsse in der Bohrung	11.2.4.1
11.2.4.2	Gewickelte Verbindungen	11.2.4.2
11.2.4.3	Überdeckende Lötung	11.2.4.3
11.2.5	SMT	11.2.5
11.2.5.1	Chips und Bauelemente mit zylindrischen Anschlusskappen (MELF)	11.2.5.1
11.2.5.2	Gull-Wing-Anschlüsse	11.2.5.2
11.2.5.3	J-förmige Anschlüsse	11.2.5.3
11.2.5.4	Freie Anschlussflächen	11.2.5.4

12	Abnahmekriterien für oberflächen montierte Baugruppen	8
12.1	Fixierkleber	8.1
12.2	Lötverbindungen	---
12.2.1	Chipbauelemente – Anschlüsse nur unten	8.2.1
12.2.1.1	Seitenüberhang (A)	8.2.1.1
12.2.1.2	Endüberhang (B)	8.2.1.2
12.2.1.3	Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.1.3
12.2.1.4	Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.1.4
12.2.1.5	Maximale Höhe der Lotfüllung (E)	8.2.1.5
12.2.1.6	Minimale Höhe der Lotfüllung (F)	8.1.2.6
12.2.1.7	Minimale Lotdicke (G)	8.2.1.7
12.2.2	Chipbauelemente – Rechteckige/quadratische Anschlüsse auf 1, 3 oder 5 Seiten	8.2.2
12.2.2.1	Seitenüberhang (A)	8.2.2.1
12.2.2.2	Endüberhang (B)	8.2.2.2
12.2.2.3	Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.2.3
12.2.2.4	Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.2.4
12.2.2.5	Maximale Höhe der Lotfüllung (E)	8.2.2.5
12.2.2.6	Minimale Höhe der Lotfüllung (F)	8.2.2.6
12.2.2.7	Minimale Lotdicke (G)	8.2.2.7
12.2.2.8	Überlappung am Ende (J)	8.2.2.8
12.2.3	Bauelemente mit zylindrischen Anschlusskappen	8.2.3
12.2.3.1	Seitenüberhang (A)	8.2.3.1
12.2.3.2	Endüberhang (B)	8.2.3.2
12.2.3.3	Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.3.3
12.2.3.4	Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.3.4
12.2.3.5	Maximale Höhe der Lotfüllung (E)	8.2.3.5
12.2.3.6	Minimale Höhe der Lotfüllung (F)	8.2.3.6
12.2.3.7	Minimale Lotdicke (G)	8.2.3.7
12.2.3.8	Überlappung am Ende (J)	8.2.3.8
12.2.4	Leadless Chip Carrier (LCC) mit burgartigen Anschlüssen	8.2.4
12.2.4.1	Seitenüberhang (A)	8.2.4.1
12.2.4.2	Endüberhang (B)	8.2.4.2
12.2.4.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.4.3
12.2.4.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.4.4
12.2.4.5	Maximale Höhe der Lotfüllung (E)	8.2.4.5
12.2.4.6	Minimale Höhe der Lotfüllung (F)	8.2.4.6
12.2.4.7	Lotdicke (G)	8.2.4.7
12.2.5	Flachband-, L- und Gull Wing-Anschlüsse	8.2.5
12.2.5.1	Seitenüberhang (A)	8.2.5.1
12.2.5.2	Spitzenüberhang (B)	8.2.5.2
12.2.5.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.5.3
12.2.5.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.5.4
12.2.5.5	Maximale Höhe der Lotfüllung an der Ferse (E)	8.2.5.5
12.2.5.6	Minimale Höhe der Lotfüllung an der Ferse (F)	8.2.5.6
12.2.5.7	Minimale Lotdicke (G)	8.2.5.7
12.2.6	Runde oder abgeflachte (geprägte) Anschlüsse	8.2.6
12.2.6.1	Seitenüberhang (A)	8.2.6.1
12.2.6.2	Spitzenüberhang (B)	8.2.6.2
12.2.6.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.6.3
12.2.6.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.6.4
12.2.6.5	Maximale Höhe der Fersen-Lotfüllung (E)	8.2.6.5
12.2.6.6	Minimale Höhe der Fersen-Lotfüllung (F)	8.2.6.6
12.2.6.7	Lotdicke (G)	8.2.6.7
12.2.6.8	Minimale seitliche Lötstellenhöhe (Q)	8.2.6.8
12.2.7	„J“-Anschlüsse	8.2.7
12.2.7.1	Seitenüberhang (A)	8.2.7.1
12.2.7.2	Spitzenüberhang (B)	8.2.7.2
12.2.7.3	Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.7.3
12.2.7.4	Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.7.4
12.2.7.5	Maximale Höhe der Lotfüllung (E)	8.2.7.5
12.2.7.6	Minimale Höhe der Lotfüllung an der Ferse (F)	8.2.7.6
12.2.7.7	Lotdicke (G)	8.2.7.7
12.2.8	Stoßlötstellen (Butt-/I-Anschlüsse)	8.2.8
12.2.8.1	Maximaler Seitenüberhang (A)	8.2.8.1
12.2.8.2	Maximaler Spitzenüberhang (B)	8.2.8.2
12.2.8.3	Minimale Endbreite der Lötstelle (C)	8.2.8.3

12.2.8.4	Minimale Seitenlänge der Lötstelle (D)	8.2.8.4
12.2.8.5	Maximale Höhe der Lotfüllung (E)	8.2.8.5
12.2.8.6	Minimale Höhe der Fersenfüllung (F)	8.2.8.6
12.2.8.7	Lotdicke (G)	8.2.8.7
12.2.9	Flache Lötflächen-Anschlüsse	8.2.9
12.2.10	Hoch aufragende Bauelemente mit Anschlüssen nur auf der Unterseite	8.2.10
12.2.11	Nach innen geformte L-förmige Band-Anschlüsse	8.2.11
12.2.12	Flächig angeordnete Anschlüsse (Area Array/Ball Grid Array)	8.2.12, 8.2.12.1 bis 8.2.12.5
12.3	Chipbauelemente – Anschlussvarianten	8.2.2.9
12.3.1	3- oder 5-seitige Anschlüsse – Befestigung auf der Seite	8.2.2.9.1
12.3.2	Beschichtete elektrische Elemente – umgekehrte Befestigung	8.2.2.9.2
12.4	Anomalien beim SMT-Löten	----
12.4.1	Grabsteinbildung	8.2.2.9.4
12.4.2	Koplanarität	8.2.5.8, 8.2.6.9, 8.2.7.8
12.4.3	Rückfluss von Lotpaste	5.2.3
12.4.4	Nichtbenetzung	5.2.4
12.4.5	Entnetzung	5.2.5
12.4.6	Lotstörung	5.2.7
12.4.7	Lotbruch	5.2.8
12.4.8	Löcher an Anschlüssen/Einschlüsse	5.2.2
12.4.9	Brückenbildung	5.2.6.2
12.4.10	Lotkugeln/Lotfeinteilchen	5.2.6.1
12.4.11	Lotklumpenbildung	5.2.6.3
12.5	Bauelementeschädigungen	----
12.5.1	Risse und Chipabplatzungen	9.2, 9.4
12.5.2	Metallisierung	9.1
12.5.3	Ablegieren (Leaching)	9.1

Anmerkung

In dieser Übersicht sind nicht die neu in IPC-A-610D aufgenommenen etwa 34 Gliederungspunkte enthalten, da nur die Referenz von der C- zur D-Ausgabe angestrebt wurde. In der Gliederung von IPC-A-610D sind u.a. folgende neue Inhaltspunkte enthalten:

1.4.2.5	Combined Conditions
1.4.6	High Voltage
1.4.7	Intrusive Solder
1.4.10	Pin-in-Paste
1.4.11	Wire Diameter
4.3.3	Backplanes
4.4.2.1	Wire Bundle Damage
4.5	Routing
4.5.1	Wire Crossover
4.5.2	Bend Radius
4.5.3	Coaxial Cable
4.5.4	Unused Wire Termination
4.5.5	Ties over Splices and Ferrules
5.2.10	Lead Free – Fillet Lift
5.2.11	Hot Tear/Shrink Hole
8.2.12.4	Voids
8.2.12.5	Underfill/Staking
8.2.13	Plastic Quad Flat Pack (PQFN)
8.2.14	Components with Bottom Thermal Plane Termination
9.5	Connector Damage

FED - Fortschrittliche Elektronik Dienste

Partnerschaft für Engineering und Produktion

Der Fachverband Elektronik-Design e.V. (FED) wurde 1992 gegründet. Seine Arbeitsfelder umfassen Engineering und Produktion von Elektronik - mit dem gesamten Wertschöpfungsprozess vom Schaltungsentwurf über das Leiterplattendesign bis hin zum fertigen elektronischen System.

Der Verband ist in drei Fachbereiche strukturiert:

- ☐ Design
- ☐ Leiterplatten
- ☐ Baugruppen/Geräte

Der FED verbindet alle beteiligten Disziplinen und unterstützt Experten und das Management bei der täglichen Arbeit durch

- Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Fach- und Managementseminare
- Bereitstellung einschlägiger Richtlinien und Normen insbesondere des IPC
- Diskussionsforen für die Lösung fachlicher Probleme
- Veröffentlichungen zu aktuellen Themen in Fachzeitschriften
- eine jährliche dreitägige Fachkonferenz.

Der FED ist zu einem etablierten Partner für die gesamte Elektronikindustrie avanciert und zählt heute mehr als 400 Mitglieder in Deutschland, Österreich, der Schweiz und anderen Ländern.

- ☐ Als anerkannter Berufsverband will er Partner für alle Unternehmen der Branche, unabhängig von deren Größe und unabhängig von einer Mitgliedschaft sein. Mitglieder jedoch erhalten alle Leistungen vergünstigt, so dass sich die überschaubaren Jahresbeiträge oft schon nach kurzer Zeit bezahlt machen.
- ☐ Der FED pflegt umfassende Kontakte zum IPC in den Vereinigten Staaten und ist autorisierter Vertriebspartner für die Richtlinien des IPC. Der Grund ist einleuchtend: IPC-Richtlinien gewinnen im Rahmen der fortschreitenden Globalisierung weltweit an Bedeutung und erleichtern damit die nationale und internationale Arbeit der Firmen. Die FED-Mitglieder wünschen sich immer mehr IPC-Richtlinien in Deutsch, denn nicht jeder Mitarbeiter in der Elektronik verfügt über so gute Sprachkenntnisse, um problemlos Originaltexte lesen und ausreichend verstehen zu können. Der FED hat die Übersetzungs- und Vermarktungsrechte vom IPC erhalten. Fast schon ein Klassiker ist z.B. die Richtlinie IPC-A-610 "Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen".
- ☐ Erwähnenswert sind auch die guten Kontakte zum Designers Council des IPC - einer Fachabteilung, mit der inhaltliche Fragestellungen zur Ausbildung von Elektronikdesignern behandelt werden.
- ☐ Auf der jährlichen Herbst-Konferenz werden Ergebnisse internationaler Forschung und Entwicklung von anerkannten Experten vorgestellt. Der ständige Kontakt und die Arbeitsbeziehungen zur Industrie sowie zu den Hochschulen sind Quelle für die zeitnahe Vermittlung neuester Erkenntnisse auf dem Gebiet der Elektronikentwicklung und -produktion an Fachleute und Management.

Weitere Informationen zum FED: www.fed.de, Rubrik Verband, oder info@fed.de.

IPC-A-610

Trainings- und Zertifikationsprogramm des FED für Unternehmen

IPC-A-610 "Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen" ist die weltweit meist genutzte Spezifikation, die der IPC für die Baugruppenindustrie publiziert hat.

Jetzt steht Ihrem Unternehmen auch ein geeignetes Programm für Training und Zertifizierung Ihrer Mitarbeiter zur Verfügung, das auf IPC-A-610 beruht.

Da dieses Programm auf einer IPC-Spezifikation basiert, die auch vom IPC entwickelt wurde, hat diese Zertifizierung sehr schnell große Anerkennung in der Elektronikindustrie gefunden.

Von Vorteil ist, dass das Programm zu geringeren Kosten zur Verfügung gestellt werden kann, als es jemals eine andere Organisation mit einem ähnlich umfassenden, selbst entwickelten Programm tun könnte.

"Die IPC-A-610 erlaubt es allen Herstellern - selbst den kleinsten Unternehmen - ihre Arbeitskräfte nach einem abgestimmten und technisch akkuratem Trainingsprogramm zu schulen. Solch ein Training unterstützt die Firmen dabei, Übereinstimmung mit ISO 9000 zu erreichen. Diese fordert ja von den Arbeitskräften eine kontinuierliche Verbesserung der Produktqualität und -zuverlässigkeit. Ein weiteres Ergebnis ist der wertvolle Befähigungsnachweis für die Arbeitskräfte."

(Scott Enebo, Training Manager, Electronic Systems Inc.)

Wie funktioniert das Zertifizierungsprogramm?

Das Trainings- und Zertifizierungsprogramm des IPC nach IPC-A-610 besteht aus zwei Stufen:

- ♦ Die Arbeitskräfte werden in 4-Tages-Kursen in so genannten Worker Proficiency-Kursen (zentral als Inhouse-Kurse in der Firma oder dezentral als "Outhouse"-Kurse in unterschiedlichen Durchführungsorten) durch einen "Instrukteur Klasse A" (Instructor Class A) geschult und erhalten ein Zertifikat. Der FED verfügt über mehrere praxiserfahrene "Instrukteure Klasse A" und kann diese Schulungen vornehmen.
- ♦ Das Unternehmen lässt selbst durch ein 5-Tage-Intensivtraining auf Basis IPC-A-610 in einem anerkannten Trainingszentrum von einem Mastertrainer einen "Instrukteur Klasse A" ausbilden mit anschließender Zertifizierungsprüfung. Dieser ist anschließend befugt, als Instrukteur die eigene Belegschaft auf Basis IPC-A-610 und den dazu bereitstehenden weiteren Trainingsmaterialien weiterzubilden. Der FED verfügt über mehrere Mastertrainer und ist anerkanntes Trainingszentrum des IPC.

Wie kann man sich für das Worker Proficiency-Training bewerben oder eine Inhouse-Schulung organisieren?

Wie kann man sich für das "Instructor Klasse A"-Training bewerben?

**Fragen Sie bitte dazu einfach in der FED-Geschäftsstelle
nach Terminen und Bedingungen:**

e-Mail: info@fed.de

Ansprechpartner:

Dr. Stephan Weyhe, Antje Brandt

Internet: www.fed.de, Rubrik Kurse.

IPC-2223A

Designrichtlinie für flexible und starrflexible Leiterplatten (in Deutsch)

IPC-2223A ist in erweiterter und überarbeiteter Form im Juni 2004 erschienen. Es ist ein Standardwerk des US-amerikanischen Fachverbandes IPC, welches die Basisrichtlinie für das Leiterplattendesign IPC-2221 für den Produktbereich „Flexible und starrflexible Leiterplatten“ fachlich untersetzt.

Mit der Herausgabe von IPC-2223A in Deutsch will der FED die Anwendung dieser zukunfts-trächtigen Leiterplattenart fördern. Das Dokument gibt auf 25 Seiten A4 grundlegende Designhinweise. Es ist nicht nur für Schaltungsentwickler und Designer hilfreich, sondern auch für die Ausbildung von Studenten und Facharbeitern sowie für die betriebliche Weiterbildung nutzbar.

Die Richtlinie wurde vom nationalen Normeninstitut ANSI der USA bestätigt und findet dadurch nicht nur in den USA, sondern auch weltweit zunehmend Anwendung.

IPC-2223A löst die Vorläuferrichtlinien IPC-D-249 und IPC-2223 ab.

Das Dokument gliedert sich in 12 Kapitel:

1. Anwendungsbereich
2. Anwendbare Dokumente
3. Allgemeine Anforderungen an das Design
4. Materialien für Flex-Leiterplatten
5. Mechanische und physikalische Eigenschaften
6. Elektrische Eigenschaften
7. Wärmemanagement
8. Bauteil- und Bestückungsaspekte
9. Löcher und Zwischenverbindungen
10. Generelle Anforderungen an Leiterzüge und Anschlussflächen
11. Dokumentation
12. Qualitätssicherung

Zahlreiche Prinzipdarstellungen untermauern anschaulich die Hinweise und Vorgaben.

Bezugsbedingungen

	FED-Mitglieder	Nichtmitglieder
Papierversion s/ oder CD-ROM	€ 50,00	€ 65,00
Paket (Papier s/w + CD-ROM)	€ 70,00	€ 110,00

Bezug über die FED-Geschäftsstelle:
eMail: info@fed.de, Fax: 030 / 834 18 31
Internet: www.fed.de, Rubrik Normen/Dokumente, FED-Shop

IPC-6011

Allgemeine Leistungsspezifikation für Leiterplatten (in Deutsch)

IPC-6011 „Generic Performance Specification for Printed Boards“ ist das Dachdokument der Richtlinien-Familie IPC-6010. Diese ist die Basis für die Anwendung der visuellen Abnahmekriterien in IPC-A-600G.

IPC-6011 enthält auf 15 Seiten A4 Informationen und Hinweise über den grundlegenden Inhalt von Spezifikationen für Leiterplatten und gilt für alle Typen von ihnen: starre, flexible, starr-flexible, HDI-, Hochfrequenz-Leiterplatten usw. Die Richtlinie ermöglicht es, die Beziehungen zwischen Leiterplatteinkäufer und Leiterplattenhersteller zu stabilisieren und zu rationalisieren und so die Bereitstellung der Leiterplatten in gleichbleibender akzeptabler Abnahmequalität zu sichern. Sie gibt auch Designern viele Hinweise für ihre Arbeit.

Durch das Vorliegen von IPC-6011 in Deutsch erhalten insbesondere auch diejenigen Mitarbeiter in Einkauf und Auftragsabwicklung ein wesentliches Arbeitsinstrument in die Hand, die der amerikanischen Fachsprache nicht ausreichend mächtig sind. Das Vorliegen der Dokumente in beiden Sprachen erleichtert ebenfalls die Abwicklung internationaler Aufträge.

Das Dokument gliedert sich in 6 Kapitel:

1. Anwendungsbereich
2. Anwendbare Dokumente
3. Anforderungen an Leiterplatten
4. Qualitätssicherungsmaßnahmen
5. Vorbereitungen zur Auslieferung
6. Hinweise

Anhang A: Leiterplattenherstellung – Matrix möglicher Ursachen/Wirkungen für Fehler

Bezugsbedingungen

	FED-Mitglieder	Nichtmitglieder
Papierversion s/w oder CD-ROM	€ 30,00	€ 40,00

Bezug über die FED-Geschäftsstelle:

eMail: info@fed.de, Fax: 030 / 834 18 31

Internet: www.fed.de, Rubrik Normen/Dokumente, FED-Shop

Weitere Hinweise

Die Richtlinien-Serie IPC-6010 umfasst insgesamt folgende Dokumente:

- IPC-6012B Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards
- IPC-6013 Generic Performance Specification for Flexible Printed Boards (einschl. Starrflex)
- IPC-6015 Qualification and Performance Specification for Organic Multichip Module (MCM-L) Mounting and Interconnecting Structures
- IPC-6016 Qualification and Performance Specification for High Density Interconnect (HDI) Layers or Boards
- IPC-6018A Microwave End Product Board Inspection and Test

IPC-6012B

Qualifikation und Leistungsspezifikation für starre Leiterplatten (in Deutsch)

IPC-6012B „Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards“ untersetzt auf 45 Seiten A4 das Dachdokument IPC-6011 (Allgemeine Anforderungen an Leiterplatten) bezüglich der spezifischen Anforderungen an starre Leiterplatten. Die Richtlinie wird vorteilhaft zusammen mit IPC-A-600G (Visuelle Abnahmekriterien für Leiterplatten) eingesetzt. Sowohl IPC-6012B als auch IPC-A-600G sind im Juli 2004 in völlig überarbeiteter Form erschienen.

IPC-6012B unterscheidet - wie auch die anderen genannten Richtlinien - zwischen äußeren und inneren Qualitätsmerkmalen. Sie gilt für starre ein- und Mehrlagen-Leiterplatten mit und ohne Durchkontaktierungen, auch für HDI-Leiterplatten nach IPC-6016 sowie Leiterplatten mit eingebetteten passiven Bauelementen (Embedded Components) bzw. Metalleinlagen oder externen Kühlvorrichtungen. Damit ist der Gültigkeitsbereich von IPC-6012B gegenüber dem Vorgänger IPC-6012A wesentlich erweitert worden.

Inhaltliche Änderungen in IPC-6012B gegenüber IPC-6012A beziehen sich z.B. auf Oberflächenbeschichtungen, Loch- und Reststringabmessungen, Ausbrüche, BGA-Anschlusspattern minimale innere und äußere Kupferleiterdicke, Tests für Wärmebelastbarkeit der Leiterplatte.

Die Richtlinie gliedert sich in 5 Kapitel:

1. Anwendungsbereich, Klassifikation u.a.
2. Anwendbare Dokumente
3. Anforderungen an Leiterplatten
4. Qualitätssicherungsmaßnahmen
5. Hinweise

Eine Extra-Anlage enthält in einer 5-seitigen Tabelle die spezifischen Anforderungen an Leiterplatten für Luft-, Raumfahrt und Militärelektronik, die über Klasse 3 hinausgehen (als Klasse 3/A aufgenommen).

In Anlage A sind in einer 6-Seiten-Tabelle die Leistungsanforderungen an Leiterplatten - unterteilt nach den Klassen 1, 2, 3 - übersichtlich zusammengefasst.

Bezugsbedingungen

	FED-Mitglieder	Nichtmitglieder
Papierversion s/w oder CD-ROM	€ 60,00	€ 80,00

Bezug über die FED-Geschäftsstelle:
eMail: info@fed.de, Fax: 030 / 834 18 31
Internet: www.fed.de, Rubrik Normen/Dokumente, FED-Shop

IPC-A-600G

Abnahmekriterien für Leiterplatten

(in Deutsch)

Die neue Ausgabe der Publikation des US-amerikanischen Fachverbandes IPC vom September 2004 enthält auf 126 Seiten A4 eine Zusammenstellung von Abnahmekriterien für die visuelle Qualitätskontrolle von Leiterplatten. Das Dokument ist das Schwesterndokument zur Baugruppen-Richtlinie IPC-A-610D.

Die Beurteilung der Qualität der Leiterplatten erfolgt - wie bei IPC-Richtlinien üblich - anhand ihrer Zuordnung zu drei Qualitätsklassen 1, 2, 3. Ein ähnlich vielseitiges und anschauliches Dokument gibt es in der deutschen Normen- und Fachliteratur nicht.

IPC-A-600G bietet eine große Anzahl Aufnahmen von Leiterplattenausschnitten, zeichnerischen Prinzipdarstellungen, mikroskopischen Aufnahmen und Schlifffdarstellungen, ergänzt durch textliche Erläuterungen und Parametertabellen.

Durch die gute Gestaltung des Dokumentes mit über 50% Anteil der bildlichen Darstellungen ist die Richtlinie durchgängig vom Designer bis zum Baugruppenproduzenten für Qualitätseinschätzungen und Weiterbildung nutzbar. Darüber hinaus kann IPC-A-600G aufgrund des hohen Bildanteils sehr gut für die Ausbildung von Studenten und für die Schulung des gesamten Fertigungspersonals eingesetzt werden. IPC-A-600G erleichtert die Abwicklung internationaler Verträge.

Gegenüber dem Vorgänger IPC-A-600F geben in der überarbeiteten G-Fassung mehr als 80 neue bzw. überarbeitete Bilder und Illustrationen zusätzliche oder veränderte Informationen zur Produktabnahme. Das betrifft u.a. abgehobene Anschlussflächen und Leiterzüge, Restranganforderungen, Unterätzen, Folienunterbrechungen, flexible Leiterzüge und die minimale Dicke für Leiterzüge.

IPC-A-600G baut synchron auf den Leistungsanforderungen an Leiterplatten in der Richtlinie IPC-6011 sowie in den ebenfalls überarbeiteten Richtlinien IPC-6012B und IPC-6013A auf.

Auszüge aus dem Inhalt der Norm:

- Äußere Beurteilungsmerkmale wie Kanten, Basismaterial-Oberfläche, Delaminierung, Blister, Einschlüsse, Zinn-Blei-Beschichtungen, Durchkontaktierungen, unplattierte Bohrungen, gedruckte Kontakte und Kontaktkämme, Markierungen, Lötstopmasken, Abmessungskennwerte für Leiterzugbreiten- und -abstände, Ebenheit, Bohrungen
- Innere Beurteilungsmerkmale wie Delaminierung, Blister, Harzaustritte, Fehlstellen, Hinterätzungen bei den dielektrischen Materialien, allgemeine Kennwerte des Leiterbildes, Kennwerte der verschiedenen Arten von durchkontaktierten Bohrungen
- Beurteilungsbesonderheiten der einzelnen Leiterplattentypen wie flexible und starr-flexible Leiterplatten sowie Leiterplatten mit Metallkern
- Testarten und Testhinweise wie elektrische Integrität, Lötbarkeit.

Bezugsbedingungen

	FED-Mitglieder	Nichtmitglieder
Papierversion s/w oder CD-ROM farbig (nicht ausdrückbar)	€ 80,00	€ 110,00
CD-ROM farbig (ausdrückbar)	€ 160,00	€ 220,00

Bezug über die FED-Geschäftsstelle:

eMail: info@fed.de, Fax: 030/834 18 31

Internet: www.fed.de, Rubrik Normen/Dokumente, FED-Shop

IPC/EIA J-STD-001D

Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen (in Deutsch)

IPC/EIA J-STD-001D „Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies“ erschien im Februar 2005 in überarbeiteter und erweiterter Form - parallel mit dem Partnerdokument IPC-A-610D.

Die in Vielfarben-Druck mit vielen Fotos, Prinzipdarstellungen und Tabellen ausgestattete Richtlinie J-STD-001D beschreibt auf 52 Seiten A4 die praktischen Anforderungen an die Lötung elektrischer und elektronischer Baugruppen. Ziel ist die Realisierung stabiler hochqualitativer Fertigungsprozesse.

Die Richtlinie stellt das verbale und inhaltliche Begleitdokument zu IPC-A-610D dar. Beide Dokumente sollten im Unternehmen und in der Ausbildung als Einheit eingesetzt werden.

J-STD-001D ist der praktisch weltweit anerkannte Standard für Lötmaterialien, Lötprozesse und Verifizierung der Produktqualität. Wie schon sein Vorgänger J-STD-001C geht er bei der Einschätzung der Lötstellenqualität von den beim IPC üblichen Produkteinsatzklassen 1, 2, 3 aus. Die neue Ausgabe berücksichtigt bereits erste Aspekte des bleifreien Lötens. Anlage E enthält bildliche Vergleichsbeispiele bleihaltiger und bleifreier Lötstellen (Basis Sn AgCu-Lote).

Inhalt der 12 Kapitel:

1. Grundlegendes
2. Anzuwendende weitere Dokumente (EIA, IPC, ASTM, ESDA...)
3. Anforderungen an Materialien, Bauelemente, Ausrüstungen
4. Basisanforderungen an das Löten und die Bestückung
5. Drähte und Anschlusspunkte (Terminals)
6. Steckmontage und Anschlussflächen
7. SMD-Montage
8. Anforderungen an den Reinigungsprozess
9. Anforderungen an Leiterplatten
10. Beschichtungen und Verguss
11. Einschätzung der Produktqualität
12. Nacharbeit und Reparatur

IPC J-STD-001D ist vom DoD (Department of Defense) der USA bestätigt, d.h. die Richtlinie ist für den militärischen Bereich einsetzbar.

Weitere Informationen und Bezugsbedingungen:

FED-Geschäftsstelle

eMail: info@fed.de, Fax: 030 / 834 18 31

Internet: www.fed.de, Rubrik Normen/Dokumente, FED-Shop