

# Bewertung von SMT-Lötstellen

Trainingshandbuch &  
Nachschlagewerk

IPC DRM-SMT-E DE

Aktualisiert auf  
**A-610**  
Rev. E



Association Connecting Electronics Industries

Übersetzung:

**TRAINALYTICS**<sup>®</sup>

Quellen: IPC-A-610E und IPC J-STD-001E



Chip-Bauteile  
J-Lead-Bauteile  
Gullwing-Bauteile  
Klasse 1  
Klasse 2  
Klasse 3  
Fotos

# Inhaltsverzeichnis

Chip-Bauteile  
J-Lead-Bauteile  
Gullwing-Bauteile  
Klasse 1  
Klasse 2  
Klasse 3  
Fotos

Einleitung	2
Abnahmekriterien	2
Bleifrei	2
Klassifizierung	3
Fachbegriffe	4

## Chip-Bauteile

Klasse 1 Abmessungskriterien	6
Klasse 2 Abmessungskriterien	8
Klasse 3 Abmessungskriterien	10
Lötstellen – Fotos	12

## J-Lead-Bauteile

Klasse 1 Abmessungskriterien	18
Klasse 2 Abmessungskriterien	20
Klasse 3 Abmessungskriterien	22
Lötstellen – Fotos	24

## Gull-Wing-Bauteile

Klasse 1 Abmessungskriterien	28
Klasse 2 Abmessungskriterien	30
Klasse 3 Abmessungskriterien	32
Lötstellen – Fotos	34



## Einleitung

Dieses Trainingshandbuch und Nachschlagewerk für die Bewertung von elektronischen Baugruppen in der Oberflächenmontage (SMT = Surface Mount Technology) gibt visuelle Abnahmekriterien von SMT-Lötstellen an den drei bekanntesten SMT-Anschlussstypen: Rechteckige Chip-Bauteile, Bauteile mit „J“-Anschlüssen und Bauteile mit Gullwing-Anschlüssen. Gezeigt werden auch die dimensionellen Abnahmekriterien dieser Anschlussstypen, wie sie nach Industriestandards bestimmt wurden. Dieses Handbuch bezieht sich auf und reflektiert daher die folgenden zwei IPC Standards:

1. **IPC-A-610 Rev. E:** Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen; der Standard beschreibt die Anforderungen an viele Arten von Lötverbindungen.
2. **IPC J-STD-001 Rev. E:** Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen; Definition der Mindestanforderungen an das Löten elektronischer Leiterplattenbaugruppen.

## Abnahmekriterien

Hier werden die minimalen und maximalen Abnahmekriterien für die Bauteiltypen und jede Produktklasse gezeigt. Lötstellen, die diese Kriterien nicht erfüllen, werden nach der IPC-A-610 Rev. E und dem IPC J-STD-001 Rev. E. als Fehler bewertet.

Eine Zielvorgabe („Anzustreben“) ist ebenfalls gegeben, um die ideale Lötstelle zu zeigen. Nach den Abnahmekriterien für die jeweiligen Bauteiltypen folgen Fotos von verschiedenen Lötstellen.

**Hinweis:** Abnahme- und/oder Rückweisungsentscheidungen müssen auf einer Dokumentation, z.B. Vertrag, Zeichnungen, Referenzdokumenten und Normen, wie der IPC-A-610 und dem IPC J-STD-001 beruhen.

## Bleifrei



### Kennzeichnet Bleifrei

Zulässige Bleifrei- und Zinn-Blei-Lötstellen können ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen. Bleifreie Legierungen weisen jedoch mit höherer Wahrscheinlichkeit eine raue Oberfläche (körnig oder stumpf), sowie größere Benetzungswinkel\* auf. Alle anderen Kriterien sind gleich.

\*Benetzung kann nicht immer anhand des Aussehens der Oberfläche bewertet werden. Das große Angebot an Lotlegierungen variiert von niedrigen oder fast 0° Benetzungswinkeln, bis hin zu beinahe 90° Kontaktwinkeln.

## Klassifizierung

Die Anforderungen an gelötete SMT-Baugruppen sind in drei Klassen aufgeteilt, abhängig von der Endanwendung, von den Anforderungen an die Lebensdauer und von der Betriebsumgebung der elektronischen Baugruppe. Diese drei Klassen sind die folgenden:

### Klasse 1 – Allgemeine Elektronikprodukte

Privatanwendung: Schließt Produkte ein (Consumer Products), bei denen die Hauptforderung in der Funktion der fertigen Baugruppe besteht, nicht notwendigerweise in einer besonders langen Lebensdauer, Zuverlässigkeit des Betriebes oder der äußeren Perfektion.

### Klasse 2 – Elektronikprodukte mit höheren Ansprüchen

Professioneller Einsatz: Schließt Produkte ein, bei denen durchgehende Leistung und verlängerte Lebensdauer gefordert sind und wo ununterbrochener Betrieb gewünscht, aber nicht kritisch ist. Typischerweise verursacht die Betriebsumgebung keine Schäden durch extreme Belastungen, wie Temperatur oder Verunreinigungen.

*Nicht zu verwechseln mit Leistungselektronik – jener Begriff beschreibt eine elektrische Leistung.*

### Klasse 3 – Hochleistungselektronik

Hohe Zuverlässigkeit: Schließt Produkte ein, bei denen hohe Leistungsfähigkeit oder Leistung auf Abruf kritisch sind, ein Geräteausfall nicht gestattet werden kann, die Betriebsumgebung ungewöhnlich harsh sein kann und das Gerät unbedingt funktionieren muss, wenn es eingesetzt wird. Diese Produkte vom Typus hoher Zuverlässigkeit werden in Systemen, wie zum Beispiel zur Lebenserhaltung und in der Luftfahrt eingesetzt.

#### Hinweis:

Der Prüfer / die Prüferin hat bei der Inspektion eines Teils nicht die Wahl, nach welcher Klasse er / sie bewertet. Mit dem Inspektionsauftrag sollte der Prüfer / die Prüferin die anzuwendende Klasse für das jeweilige Teil vorliegen haben.

# Fachbegriffe

Nachfolgend die Definitionen von Fachbegriffen, die in der Anwendung dieses Handbuchs immer wieder zu finden sind (aus IPC-T-50, Fachbegriffe und Definitionen der Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik):

**Anschluss (Bauteil-Beinchen, Pin)** – die metallisierten Bereiche eines Chip-Bauteils; das metallisierte Anschlussbein eines Bauteils oder das Pad bzw. der Lötstützpunkt an dem eine Lötstelle geformt wird.

**Anschlussfläche (Pad)** – ein Bestandteil eines Leiterbildes (auf einer Leiterplatte), welches gewöhnlich zur Herstellung einer elektrischen Verbindung, zur Bauteilmontage oder für beides genutzt wird.

**Anschlussleiter** – ein Stück eines isolierten oder nichtisolierten metallischen Leiters, das zur elektrischen Verbindung verwendet wird.

**Anzustreben** – der Idealzustand der Lötstelle, der nicht immer erreichbar oder notwendig ist. Die Lötstelle zeigt guten Lotfluss und Benetzung, keine Lotzapfen oder Anzeichen von Verunreinigungen.

**Baugruppe** – eine Reihe von miteinander verbundenen Teilen, Unterbaugruppen oder Kombinationen aus diesen.

Hinweis: Dieser Begriff wird auch für eine bestückte Leiterplatte verwendet.

**Bauteil / Bauelement** – ein Einzelteil oder eine Kombination von Teilen, die gemeinsam eine Schaltungsfunktion erfüllen.

**Bauteilbestückung** – der Prozess der Bauteilplatzierung auf der Leiterplatte oder die Methode, wie sie platziert werden.

**Bauteilkörper** – der nicht-metallisierte oder anschlussfreie Teil elektronischer Bauteile.

**Benetzung** – die Ausbreitung von Lot auf einer Metalloberfläche unter Bildung eines gleichmäßigen, glatten, ununterbrochenen und fest haftenden Lotfilms.

**Blasloch** – eine Pore in der Lötstelle, verursacht durch aus dem geschmolzenen Lot entweichende Luft.

**Brückenbildung** – die unerwünschte Bildung eines Kurzschlusses zwischen benachbarten Anschlüssen.

**Chip** – das rechteckige „Chip“-Bauteil ist ein SMT-Bauteil mit Anschlussflächen oder metallisierten Kontaktbereichen anstelle von Anschlussbeinchen.

**Entnetzung** – ein Zustand, der entsteht, wenn flüssiges Lot eine Oberfläche bedeckt und sich dann zurückzieht. Es werden unregelmäßige Hügel von Lot hinterlassen, zwischen denen ein dünner Lotfilm liegt aber das Basismetall nicht freiliegt.

**Fehler** – ein Zustand, der die Akzeptanzanforderungen und Abnahmekriterien nicht erfüllt oder anderweitig ein Rückweisungsgrund ist.

**Ferse** – die untere Biegung eines SMT-Anschlussbeines, kurz bevor der Anschluss in Kontakt mit der Anschlussfläche kommt.

**Fette Lötstelle** – eine Lötstelle, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Fügeteil-Oberflächen vollständig im Lot eingebettet sind und/oder das Lot über die Lötflächen hinausragt. Eine Anschlusskontur ist nicht sichtbar.

**Flussmittel** – eine chemische Mischung, die wenn sie aufgeheizt wird, die Benetzung des Basismetalls mit dem geschmolzenen Lot unterstützt.

**Flussmittelrückstand** – die Reste des Flussmittels, die auf oder neben der Oberfläche einer Lötverbindung zu finden sind.

Im „no-clean“ Prozess in Ordnung, solange der Rückstand fest ist, sich nicht ausbreitet und keine Kontaktflächen verschmutzt.

**Gestörte Lötverbindung** – eine Lötstelle, die in ihrem Erscheinungsbild erkennen lässt, dass die Fügeteile während der Erstarrung des Lotes bewegt wurden.

**Grabsteineffekt (engl. „Tombstoning“)** – das komplette Aufrichten eines Chip-Bauteils. Das Bauteil steht nur noch auf einem Anschlussende und das andere Ende hat keine Lötverbindung mit der Anschlussfläche.

**Gullwing-Anschluss** – ein SMT-Anschlussstyp, bei dem die Anschlussbeine eine ähnliche Form haben wie der Flügel einer Seemöwe (engl. „Sea Gull“).

**Hohlkehle (Lotmeniskus, engl. „Fillet“)** – die konkave Oberfläche einer Lötstelle, die den Zwischenraum der verlöteten Metalloberflächen ausfüllt.

**„J“-Anschluss** – ein SMT-Anschlussstyp, bei dem das Anschlussbein nach unten und unter das Bauteil gebogen ist und dadurch die Form des Buchstabens „J“ hat.

**Kalte Lötstelle** – eine Lötstelle mit schlechter Benetzung, von grauer und poröser Erscheinung.

**Kleber** – in der Oberflächenmontage wird ein Klebematerial/Leim benutzt, um die Bauteile auf der Leiterplatte zu befestigen.

**Knie** – die obere Biegung eines SMT-Anschlussbeins, nahe am Bauteilkörper.

**Kontakt- oder Benetzungswinkel** – der Winkel zwischen dem Rand der Lötstelle und der Anschluss-Oberfläche.

**Leiterbahn** – ein einzelner leitender (metallischer) Pfad in einem Leiterbild.

**Leiterbild** – was ist ein Leiterbild?!

**Lötbarkeit** – die Eignung einer metallische Oberfläche mit Lot zu benetzen.

In der Weichlöt-Normung wird „Lötbarkeit“ mit „Benetzbarkeit mit Weichlot“ synonym verwendet.

**Lotkugel** – eine kleine Kugel aus Lot, die an der Leiterplatte, dem Lötstopplack oder der Leiterbahn haftet, üblicherweise nach dem Wellen- oder Reflowlöten.

**Lotpaste** – eine Paste aus sehr feinen Lotpartikeln und Zusatzmitteln, die die Benetzung und andere Eigenschaften fördern. Sie hält die oberflächenmontierten Bauteile in Position bis zum Aufschmelzen des Lotes.

**Nadelloch** – ein kleines Loch in der Oberfläche einer Lötstelle, welches nach innen in eine Pore undefinierter Größe im Inneren der Lötstelle mündet.

**Nichtbenetzung** – geschmolzenes Lot haftet nur teilweise und breitet sich nicht auf der Oberfläche aus, das Grundmetall bleibt sichtbar; der Kontaktwinkel am Übergang vom Lot zum Grundmetall ist größer als 90°.

**Prozessindikator** – eine messbare Abweichung in der Qualität, kein Fehler, die das Ergebnis aus Material, Design und/oder bediener-/maschinenbedingten Ursachen ist.

**Rückstand** – jegliche optisch auffällige oder messbare Erscheinung von Verunreinigungen, die aus dem Prozess stammen.

„no-clean“-Flussmittel-Rückstände werden nicht als Verunreinigung gewertet.

**Spinweben** – ein durchgängiger Film oder Vorhang aus Lotfäden, der an, aber nicht notwendigerweise, auf einer Oberfläche hängt, die eigentlich frei von Lot sein sollte.

**Spitze** – das Ende bzw. die Spitze eines SMT-Anschlussbeinchens.

**Weichlot** – eine metallische Legierung mit einer Liquidustemperatur unter 450°C.

**Weichlöten** – das Fügen metallischer Oberflächen mittels Weichlot, wobei das Grundmetall nicht aufschmilzt.

# Chip-Bauteile • Klasse 1

## Anzustreben

Diese Foto zeigt eine **ideale** SMT-Lötstelle an einem rechteckigen Chip-Bauteil für alle 3 Produktklassen.

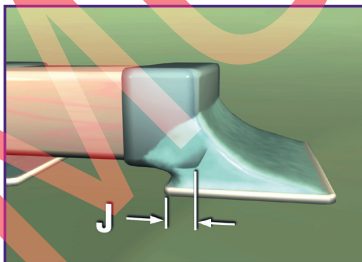


**Hinweis:** Die Lötstellen sind halbdurchsichtig dargestellt, um das Verhältnis zwischen Anschlussfläche und Anschluss darstellen zu können.

Der Seitenüberhang (A) darf den minimalen elektrischen Isolationsabstand nicht verletzen. Eine minimale Länge der Lötstelle an der Seite (D) ist für Chip-Bauteile nicht erforderlich. Nur Benetzung muss erkennbar sein. Die unten angegebenen Quellen sind anzuwenden für die Abnahmekriterien von Chip-Bauteilen mit 1-, 3- oder 5-seitigen Anschlüssen.

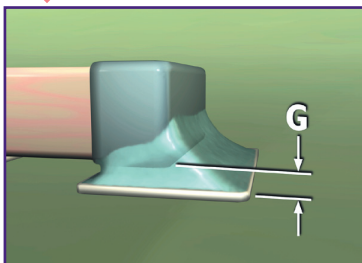
**Quellen:** A-610E: 8.3.2, Tabelle 8-2; 8.3.2.1 bis 8.3.2.8  
J-STD-001E: 7.5.4, Tabelle 7-4

## Abnahmekriterien



### Endüberlappung (J)

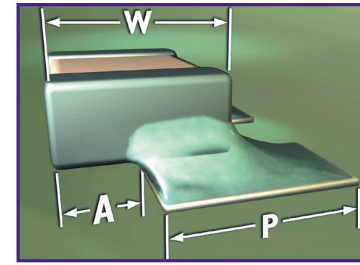
Eine Überlappung zwischen dem Bauteilanschluss und der Anschlussfläche ist erforderlich. Benetzung muss erkennbar sein.



### Lotspaltdicke (G)

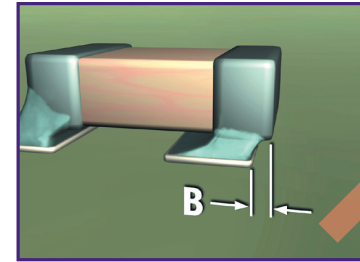
Der minimale Abstand zwischen der Oberseite der Anschlussfläche und der Unterseite des Bauteilanschlusses ist nicht spezifiziert. Benetzung muss erkennbar sein.

## Abnahmekriterien



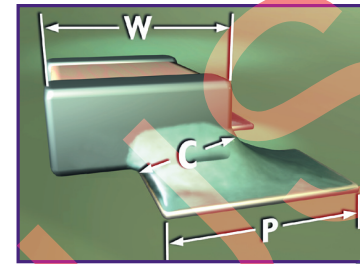
### Seitenüberhang (A)

Das Bauteil darf die Anschlussfläche seitlich um **maximal 50%** der Bauteilanschlussbreite (W) oder der Anschlussflächenbreite (P) überhängen, je nachdem, was kleiner ist.



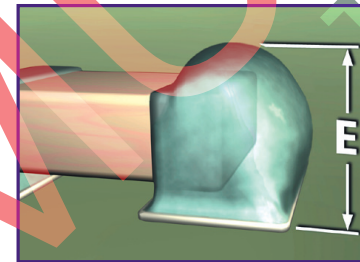
### Endüberhang (B)

**Kein** Teil des Bauteilanschlusses darf über die Anschlussfläche hinausragen oder überhängen.



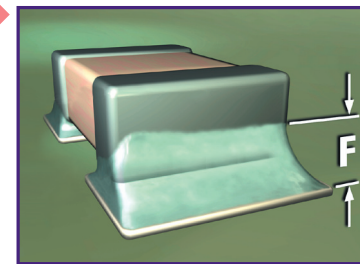
### Endbreite der Lötstelle (C)

Die Breite der Lötstelle muss an der schmalsten Stelle **mindestens 50%** der Bauteilanschlussbreite (W) oder der Anschlussflächenbreite (P) betragen, je nachdem, was kleiner ist.



### Maximale Lötstellenhöhe (E)

Der maximale Lotanstieg kann über die Anschlussfläche hinausragen und/oder die Oberseite der metallisierten Endkappe bedecken, darf jedoch **nicht**, über die Metallisierung hinaus, auf der Oberfläche des Bauteilkörpers liegen.



### Minimale Lötstellenhöhe (F)

Benetzung muss an der senkrechten Fläche des Bauteilanschlusses **sichtbar** sein.