

# SMD - SURFACE MOUNTED DEVICE

Ing. Paul Ostermaier, N, TGM

## 1. ALLGEMEINES

### 1.1 Bezeichnungen und Abkürzungen

SMD	SURFACE MOUNTED DEVICE
SMT	SURFACE MOUNTED TECHNOLOGY
SMC	SURFACE MOUNTED COMPONENT
SMA	SURFACE MOUNTED ASSEMBLY
OMB	OBERFLÄCHENMONTIERTE BAUTEILE

### 1.2 Was ist SMD

Bei der bisher üblichen "bedrahteten" Platinenbestückung werden die Anschlußdrähte der Bauteile durch Printbohrungen gesteckt und auf der Platinenrückseite (CU-Seite) verlötet. Bei SMD werden die Bauteile mit ihren kurzen Anschlußföhnen oder direkt mit den Metallkontakten des Bauteils auf die entsprechenden Kupferflächen der Printplatte (Pads od. Landeflächen bezeichnet) gelötet. Es sind keine Bohrungen erforderlich.

### 1.3 Vorteile von SMD

- Miniaturisierung durch kleine und kleinste Bauteile.
- Kostengünstig bei Massenfertigung durch schnelle automatische Bestückung.
- Hohe Zuverlässigkeit.
- Gute HF-Eignung durch kurze Verbindungen.
- Beidseitige Bestückung der Platine ist ohne weiteres möglich.

## 2. BISHERIGE ENTWICKLUNG UND PROGNOSEN

Die Möglichkeit einer Bestückung von unbedrahteten Bauelementen wurde erstmals 1961 in einer deutschen Patentschrift festgehalten. Damals waren allerdings weder Bauteilhersteller noch Anwender in der Lage, diese Technologie zu realisieren.

Ab etwa 1970 gab es einzelne passive Bauteile und Einzelhalbleiter in heute noch vorkommenden SMD-Bauformen. Diese wurden damals ausschließlich auf Keramikplättchen, manchmal mit Dickfilmttechnologie gemischt, aufgebaut und in dieser Form als Subplatinen vor allem in der HF-Technik verwendet.

Erst seit etwa 1980 werden SMD-Bauteile in heutiger Technologie verarbeitet. Als Platinenmaterial wird vor allem Glasfaserverstärktes Epoxi verwendet, aber für Billigproduktion mit minderer Qualität auch immer häufiger Pertinax. Seit einigen Jahren steigt auch sehr schnell das SMD-Bauteileangebot, so daß derzeit nahezu alle in SMD herstellbaren Bauteile erhältlich sind. Der Preis für SMD-Bauteile ist etwa mit dem Preis für bedrahtete Bauteile vergleichbar, wird aber unter den Preis für bedrahtete Bauteile fallen.

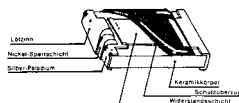
## 3. BAUTEILE

### 3.1 Passive Bauteile

#### 3.1.1 Widerstände

##### 3.1.1.1 Widerstände in Chip - Bauform

Auf einem rechteckigen Keramikplättchen wird eine Widerstands-(Kohle)schicht aufgebracht, durch Lasertrimmung abgeglichen und mit einer Glasur überzogen. Die Endkontakte sind mehrlagig, die äußerste Schicht aus Bleizinn. Die 4 Ziffern der Baugrößenbezeichnung geben Länge und Breite in 1/100 Zoll an.

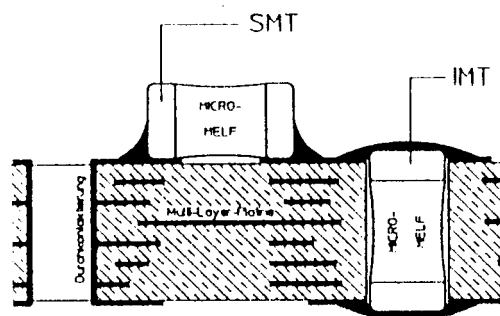


Die größte Widerstandsbauf orm CHIP 1206 z.B. bedeutet l=12/100 Zoll b=6/100 Zoll (ca 3,2 x 1,6 mm). Bei dieser Baugröße ist eine Beschriftung des Ohmwertes mittels dreier Ziffern üblich. Die ersten

beiden Ziffern geben den Zahlenwert an, die dritte Ziffer die Anzahl der anzuhängenden Nullen. z.B.: 104 bedeutet 10 und 0000, also 100 kOhm. CHIP 1206 bis zu maximal 1/4 W belastbar.

Weitere Baugrößen für Chipwiderstände: CHIP 0805 bis max 1/8 W. Seit 1990 auch noch zwei kleinere Baugrößen: CHIP 0603 und CHIP 0402. CHIP-Widerstände sind mit (10%), 5% und 1% Toleranz verfügbar.

Mit den kleinsten Bauformen werden Bauteildichten bis zu 36 Bauteilen je  $\text{cm}^2$  erreicht.



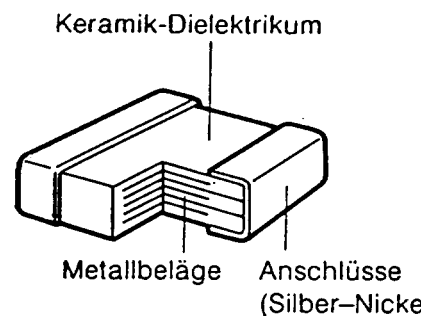
#### 3.1.1.2 Widerstände in Melf-Bauform

Zylindrischer Widerstand, meistens Metallfilmausführung höherer Genauigkeit. Toleranzklassen: 5%, 2%, 1%, 0,5%, 0,25%, 0,1%. Die 2 derzeit erhältlichen Baugrößen bei Widerständen Minimelf und Mikromelf entsprechen in Länge und Durchmesser etwa den CHIP - Größen 1206 und 0805. Die Mikromelfbauform eignet sich zusätzlich auch für IMD (INTERN MOUNTED DEVICE).

#### 3.1.2 Kondensatoren

##### 3.1.2.1 Ungepolte Kondensatoren

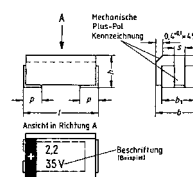
Die mit Abstand größte Bedeutung haben hier Keramische CHIP-Kondensatoren. Diese sind sowohl in den auch bei CHIP- Widerständen vorkommenden Gehäusegrößen CHIP1206 und CHIP0805 erhältlich, als auch in größeren CHIP-Baustufen (z.B. 1505, 1812, 2220, 2225). SMD-Keramik Kondensatoren gibt es derzeit von wenigen pF bis max 1,8  $\mu\text{F}$ .



Weit seltener als Keramik Kondensatoren sind die im würfelförmigen Kunststoffgehäuse lieferbaren metallisierten Polyesterfilm CHIP-Kondensatoren (MKT).

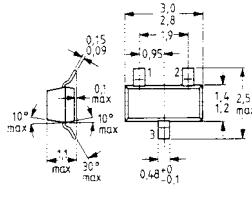
##### 3.1.2.2 Gepolte Kondensatoren

In SMD-Ausführung gibt es sowohl Aluminium- als auch Tantalelkos. In meist würfelförmiger Bauform unterschiedlicher Größenstufen sind derzeit Aluminium- als auch Tantalelkos bis maximal 1000  $\mu\text{F}$  bei etwa 4V Spannungsfestigkeit lieferbar. Bei höherer Spannungsfestigkeit kleinere Kapazitäten.

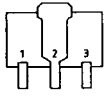


### 3.2 Einzelhalbleiter

Eine sehr häufige Bauform für Transistoren, Dioden, Z-Dioden, LED usw ist das SOT23 Gehäuse. Bei Dioden bleibt einer der 3 Anschlüsse unbelegt. Maximale Verlustleistung dieser Bauform 310mW. Bei Dioden werden auch Melf, Minimelf und Mikromelfausführungen verwendet.



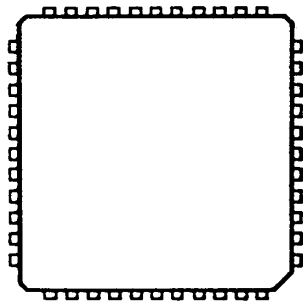
Gehäuse: SOT 89



Für höhere Verlustleistung bis 1 (3) Watt! gibt es einige größere Bauformen. Diese haben zur optimalen Wärmeübertragung zwischen Substrat und Platine den mittleren Anschluß



(Kollektor) großflächig unter dem Kunststoffkörper auf der Platine voll aufliegend und verlötbar fortgesetzt.



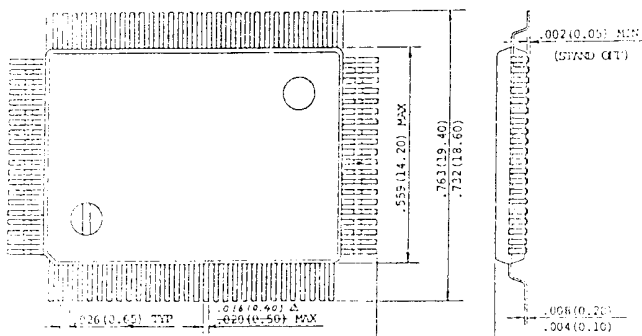
PLCC



### 3.3 ICs

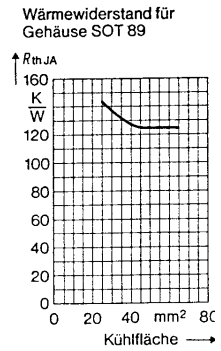
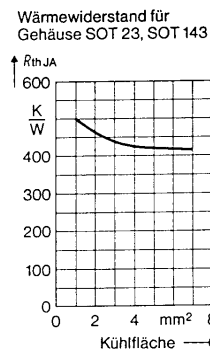
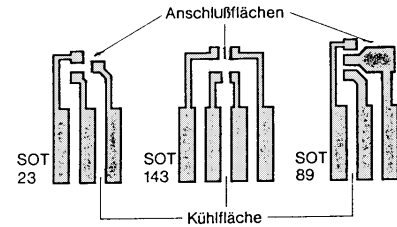
Den in der bedrahteten Technik fast ausschließlich angebotenen DIL und DIL-L (breit) Bauformen stehen in SMD die SO und SO-L bzw VSO (small outline / very small outline) gegenüber. SO-ICs besitzen Pins im 1/20 Zoll Raster (maximal 28 Pins), VSO verwenden ein noch kleineres Raster (maximal 56 Pins). Gleiche IC-Typen im DIL- und SO Gehäuse sind PINKOMPATIBEL! Immer häufiger werden in SMD auch ICs in quadratischer Bauform mit den Pins an allen 4 Seiten angeboten. Die PLCC-Bauform (Plastic Leaded Chip Carrier) gibt es von 16 bis 84 Pins. Der Abstand der J-förmig unter den Kunststoffkörper gebogenen Pins beträgt 1/20 Zoll. Nachteile: Relativ große Bauhöhe; nicht schwallötfähig. Vorteil: Es gibt Stecksockel sowohl für SMD als auch bedrahtete Montage.

Bauformmäßig weit flacher sind die QFP-Baugrößen. Die quadratischen oder rechteckigen "Quad Flat Pack Gehäuse haben "gull wing" Anschlüsse, das sind etwas gekrümmte Kontaktfahnen, die flach auf der Lötfläche aufliegen. Rastermaß je nach Pinanzahl. Das kleinstmögliche Rastermaß ist 1/50 Zoll (ca. 0,5mm!) bei einer Pinanzahl bis über 200 Pins!



## 4. MECHANISCHE UND THERMISCHE BEANSPRUCHUNG

Verformungen der Printplatte, durch mechanische oder thermische Einflüsse, bringen bei den direkt auf die Platine gelöteten SMD-Bauteilen hohe mechanische Krafteinwirkung auf Bauteile und Lötstellen. Dies kann bei der Konstruktion einerseits durch Verringerung der Platinenverformungen berücksichtigt werden (stärkeres Material, gute Befestigung, ausreichende Kühlung usw), andererseits durch geeignete Bauteilwahl (Auswahl kleiner Bauformen, besonders bei



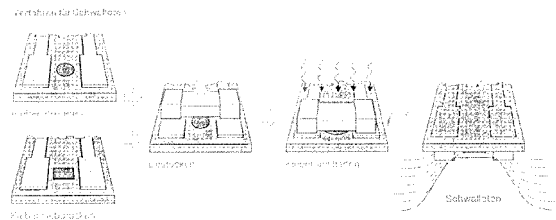
Keramikkondensatoren).

Bei der Konstruktion von SMD-Platinen sollte immer beachtet werden, daß die Verlustwärme bei SMD-Bauteilen direkt über Kontaktfläche und Lötstelle an die Platinenumgebung gelangt. Dadurch haben die relativ kleinen SMD-Bauteile laut den Angaben in Datenbüchern oft gleiche Leistungsverlustwerte als die weit größeren bedrahteten Bauteile. Dafür wird aber auch ein erheblicher Teil der Wärme von der Platine abgestrahlt werden, weshalb nie mehrere Bauteile mit hoher Verlustleistung nah beinander sein sollen. Bei SMD können Kupferflächen am Print als Kühlflächen wirken. Damit dennoch die Bauteile ordnungsgemäß verlötet werden können, muß die Lötfläche von der "Kühlfläche" durch ein kurzes Leiterbahnstück getrennt werden. Bei bedrahteten Bauteilen wird ein weit höherer Prozentsatz der Wärme vom Bauteil direkt abgegeben, der Wärmekontakt zur Platine ist durch die längeren Anschlußdrähte weit schlechter.

## 5. HERSTELLUNGSTECHNOLOGIEN FÜR SMD-PLATINEN

### 5.1. Schwallöten (Wellenlöten)

Dieses Verfahren wird schon seit langem auch bei Verlötung bedrahteter



Bauteile verwendet.

Die SMD-Bauteile werden mit einem Klebepunkt auf die Lötseite der Platine geklebt, der Kleber ausgehärtet (Wärme oder UV- Licht) und anschließend die Bauteile mit der Lötwellen (2-Wellen-Anlage) verlötet. Die Bauteile durchlaufen dabei

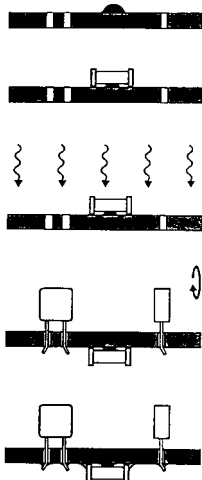
das flüssige Lötzinn. Daher können nur wellentaugliche Bauteile eingesetzt werden. Trimmer, Folienkondensatoren, etliche IC-Bauformen, Alu-Elkos, Relais, Leuchtdioden usw. dürfen mit diesem Verfahren nicht verlötet werden.

Nachteile des Wellenlötens:

- Klebe Probleme
- Brückenbildung
- Lötshadowen
- Blasenbildung durch Fluxmittel
- kalte Lötstellen
- geringe Bestückungsdichte
- nicht alle Bauteile lötbar
- schwieriges Platinendesign
- nur für größere Stückzahl geeignet

Vorteile des Wellenlötens:

Bei Mischbestückung können SMD und bedrahtete Bauteile gemeinsam in einem Arbeitsgang verlötet werden. Hierbei werden zuerst die SMD Bauteile verklebt, danach die Platine gewendet und die bedrahteten Bauteile eingesetzt.



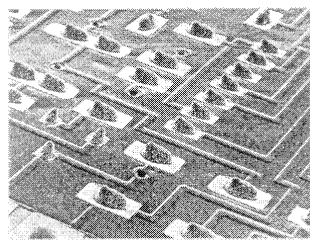
**5.2. Reflowlötens**

Unter die Bezeichnung REFLOWLÖTEN fallen alle

Verfahren für Reflowlötens

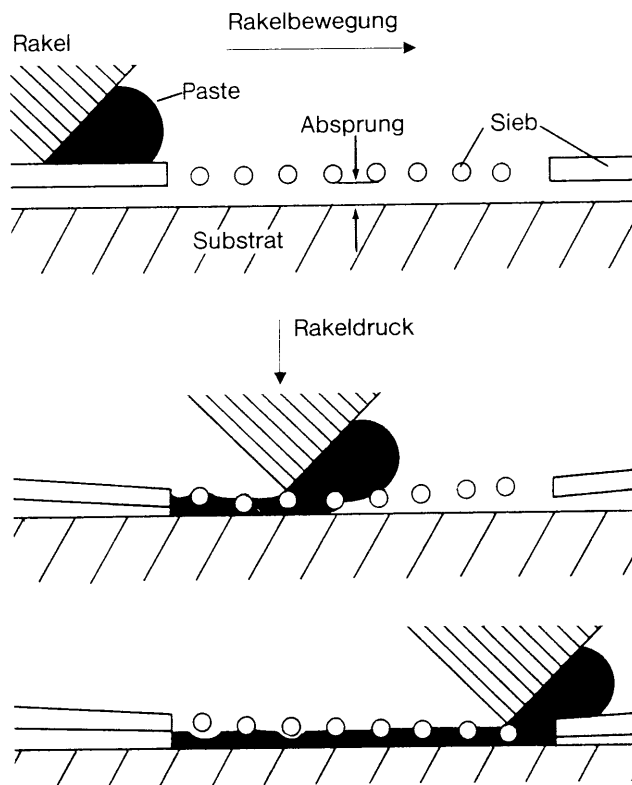


Verarbeitungsverfahren, bei denen die Bauteile in die zuvor auf die PADS (Landflächen) aufgebraute Lötpaste gesetzt werden und durch Erhitzung bis zur Schmelztemperatur des in der Lötpaste enthaltenen Lötzinns verlötet werden. Die Lötpaste wird partiell, das heißt Punkt für Punkt (automatengesteuert), oder mittels Sieb- bzw Schablonendruck auf die Pads aufgebracht. Die Menge der Lötpaste bestimmt wesentlich die spätere Lötstellenqualität. In der Lötpaste ist Zinn und Blei in feinsten Kugelform enthalten sowie geeignete Lösungs- und Flußmittel. Etwa 62% Zinn, 36% Blei mit 2% Silberanteil hat sich vielfach bewährt. Die Lotkugeln in der Paste sollten möglichst rund sein und einen Durchmesser unter 40 μ aufweisen. Durchschnittlich wird ein optimaler Pastenauftrag eine Stärke von ca. 150 Mikron aufweisen, um die unterschiedlichen Bauteile, wie z.B. ein vielpoliges IC genauso wie einen Keramik Kondensator optimal zu verlöten. Die Schichtstärke der aufzudruckenden Lötpaste wird bei Siebdruck von der auf das Sieb aufgetragenen lichtempfindlichen Fotoschicht zusammen mit dem Drahtdurchmesser des Gewebes bestimmt, bei Schablonendruck von der Blechstärke der Schablone.



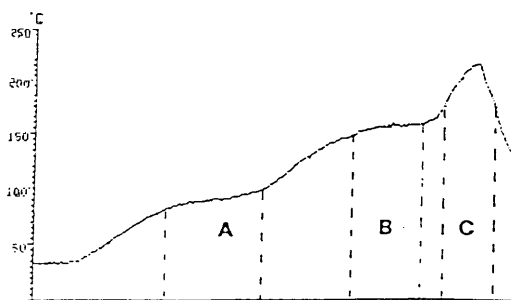
Bei Sieb- bzw. Schablonendruck wird die Lötpaste durch die Maschen des Siebes bzw. Öffnungen der Schablone (Nirosta) gedrückt und auf die darunterliegende Leiterplatte gebracht. Das Sieb hat einen Abstand von ca. 1 bis 1,5mm von der Platine. Das Raket mit einer scharfen Kante drückt das Sieb auf die Platine und wird in eine Richtung gezogen. Der hintere Winkel hinter der Raketkante besorgt das Drücken (Absprung). Die durchgedrückte Paste erhält Kontakt mit der Platine und der Absprung sorgt dafür, daß die Paste aus den Maschen des Siebes heraus auf die Platine gelangt.

Beim Sieb- bzw. Schablonendruck wird die Lötpaste durch die Maschen des Siebes bzw. Öffnungen der Schablone (Nirosta) gedrückt und auf die darunterliegende Leiterplatte gebracht. Das Sieb hat einen Abstand von ca. 1 bis 1,5mm von der Platine. Das Raket mit einer scharfen Kante drückt das Sieb auf die Platine und wird in eine Richtung gezogen. Der hintere Winkel hinter der Raketkante besorgt das Drücken (Absprung). Die durchgedrückte Paste erhält Kontakt mit der Platine und der Absprung sorgt dafür, daß die Paste aus den Maschen des Siebes heraus auf die Platine gelangt.



Beim Reflowofen wird die Platine zuerst über ein oder besser mehrere Vorheizzonen geführt. Durch das Verweilen auf verschiedenen Vorheizzonen unterschiedlicher Temperatur wird mehreres erreicht:

1. Keine Schädigung der Bauteile durch zu schnelles Aufheizen
2. Gleichmäßige Wärmeverteilung bei unterschiedlicher Bauteilgröße bzw. Art
3. Aktivierung der vorhandenen Lösungs- und Flußmittel



In nebenstehender Skizze sind A und B Vorheizzonen, C die Lötzone

Vorteile des Reflowlötens:

- Geringe Temperaturbelastung der Bauteile
- Alle SMD - Bauteile lötbar
- Doppelseitige Bestückung in SMD möglich
- Auch für niedrigste Stückzahlen geeignet

Nachteile des Reflowlötens:

Bedrahtete Bauteile können nicht mitverlötet werden, daher keine Mischbestückung möglich.

**5.3. Dampfphasenlötens**

Hierbei wird Fluorinert durch Erhitzen verdampft. In den exakt auf 215° Celsius temperierten Dampf wird die Platine mit den Bauteilen gebracht und verlötet.

Nachteile des Dampfphasenlötens:

- hoher Anschaffungspreis
- durch Dampfverlust UMWELTSCHÄDLICH!!!
- verstärkte Lötperlenbildung
- lange Lötzeiten bei PLCC und Steckern

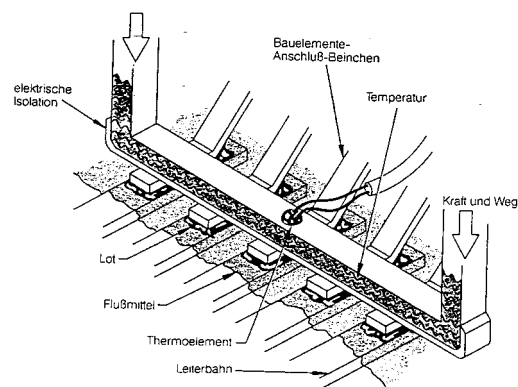
Wegen der Nachteile, vor allem wegen der Umweltunverträglichkeit derzeit nicht mehr von Bedeutung.

### 5.4. Reparaturverfahren und Bestückung von Einzelbauteilen

Für die Reparatur von SMD-Schaltungen wie auch zur Einzelbestückung von Bauteilen (z.B. Bauteile, die beim Schwallöten nicht mitverarbeitet werden können, sind folgende Lötmethoden am geeignetsten:

#### 5.4.1 Stempellöten

##### 5.4.1 Stempellöten:



Mit einem, auf den zu verlötenden Bauteil (meistens größere ICs) genau passenden, Stempel wird der zu verlötende Bauteil auf die ausreichend mit Lötzinn und Flußmittel versorgten Pads gedrückt. Die Erwärmung wird durch Widerstandserwärmung des Stempels erreicht (hohe Stromstärke erforderlich).

#### 5.4.2 Heißluftlöten

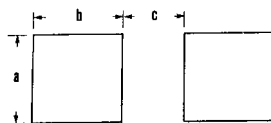
Mit genau auf die Pins des zu verlötenden Bauteils gerichtete Heißluftdüsen wird das Zinn verflüssigt. Zum Löten und Entlöten geeignet.

### 5.5 Platinenlayout

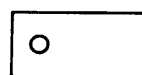
Die Pads (auch Landflächen genannt) sollten die richtige, dem Lötverfahren angepassten Abmessungen haben. Jedenfalls werden die Pads etwas größer sein als die darauf zu verlötenden Bauteilanschlußflächen. Für Schwallöttechnik werden etwas größere Pads benötigt als für Reflowtechnik.

Beispiel für Padabmessungen (REFLOWTECHNIK)

Bauform	Größe	a	b	c
CHIP 0804	2 x 1,25mm	2mm	1,5mm	1mm
CHIP 1206	3,2 x 1,6mm	2,5mm	2mm	2mm
Mini Melf	3,5 x 1,5mm	2mm	2mm	2mm



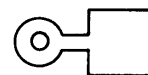
Wärmefallen vermeiden (siehe Bild)! Etwaige Durchkontaktierungen sind nicht direkt an den Pads anzuschließen, da diese das Zinn von der Lötstelle beim Reflowlöten abziehen würden.



falsch



falsch



richtig

Falls erforderlich, eigene Meßpunkte vorsehen!

Nie direkt auf den Bauteilen die Prüfspitzen andrücken!

Bei Platinen für Schwallötung müssen entsprechend der verwendeten Lötstraße noch etliche weitere Konstruktionsmerkmale berücksichtigt werden!

### 5.6 Lötfehler

Wichtige Kriterien für optimale Lötstellen sind:

Lötflächenbeschaffenheit

Lötzinne Menge

Löttemperatur

Fluß- und Lösungsmittelzusätze

(Qualität und Quantität)

Mögliche Lötfehler:

Kurzschluß durch Lötbrücken

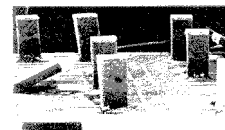
Zuviel oder zuwenig Zinn

Bildung von Lötperlen rund um die Lötstelle (obere Abbildung)

Luft einschließen in der Lötstelle

Schlechte Benetzung der Bauteilanschlüsse oder der Platinen Pads.

Manhattan-Effekt (Die leichten Bauteile im Chip Gehäuse stellen sich auf) dieser Effekt ist hauptsächlich auf eine Druckbildung unter dem Bauteilgehäuse beim Reflowprozess zurückzuführen. Dieser Druck entsteht, wenn Platinenbeschichtung oder Lötpaste zuviel oder ungeeignete Lösungsmittel enthalten (untere Abbildung). □



- \* Origin: Mal function. Reboot universe ?? (2: 242/400. 2)
- \* Origin: Mei waer i gern a Tiroler (2: 310/64. 2)
- \* Origin: Mein Luftkissenfahrzeug ist voller Aale (2: 240/10. 18)
- \* Origin: message terminated normally (2: 246/403. 5)
- \* Origin: Mit allem Komfort und Komzurueck. (2: 249/38. 11)
- \* Origin: mit SUPER-VERBLEIT macht das Modem 2km/h (2: 240/35. 15)
- \* Origin: Newton, Sir Isaac, Physiker, \*1643, +1727 (2: 2405/6. 23)
- \* Origin: Nicht behebbarer User im Anwendungsprogramm. (2: 2401/608)
- \* Origin: NICHT GENUEGEND - Setzen !!! (2: 310/60. 11)
- \* Origin: Nicht jeder der es besser weiss hat auch Ahnung davon...! (2: 2402/102. 8)
- \* Origin: Nix is fix (2: 313/14. 75)
- \* Origin: No Brain - No Pain ! (2: 2402/317. 6)
- \* Origin: Nobody is perfect ... I am Nobody (2: 310/72. 88)
- \* Origin: Ob die Hardware weiss, was meine Software will ?? (2: 245/620. 1)
- \* Origin: Origin is still in Beta-Test ! (2: 240/100. 27)
- \* Origin: OS/2, the better one wins! (2: 249/22. 35)
- \* Origin: Politik ? - Nein, Real satire ! (2: 249/31)
- \* Origin: prepare to be assimilated (2: 310/90. 30)
- \* Origin: Puenktlichkeit stiehlt uns die beste Zeit [0. Wilde] (2: 316/2. 9)
- \* Origin: quadratischpraktischgut: kompakteMail spartKosten! (2: 2402/102. 23)
- \* Origin: Rettet dem Dativ! (2: 2405/47. 15)
- \* Origin: Rettet die Gumbibaerchen - Kein Verzehr, kein Verkauf (2: 243/91. 10)