

Praxis Seminar Weichlöten

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1 Einführung/ Theorie	2
1.1 Definition des Lötens	2
1.2 Lot.....	2
1.3 Flussmittel	3
1.4 Theorie des Lötvorgangs.....	3
1.5 Arbeitssicherheit	5
1.5.1 Allgemeines	5
1.5.2 ESD (Electrostatic Sensitive Device)	6
2 Praktische Anwendung.....	7
2.1 Die Lötspitze.....	7
2.1.1 Bauformen	7
2.1.2 Auswahl der richtigen Lötspitze.....	7
2.1.3 Pflege der Lötspitze.....	8
2.2 Verschiedene Löt -Prozesse	9
2.2.1 Allgemeine Hinweise	9
2.2.2 Löten von bedrahteten Bauteilen	9
2.2.3 Löten von SMD Bauteilen.....	11
3 Tipps und Tricks	13
3.1 Hartnäckige Kurzschlüsse mit Sauglitze entfernen.....	13
3.2 Bauteil und Leiterplatte reinigen	13

1 Einführung/ Theorie

1.1 Definition des Lötens

Löten ist ein thermisches Fügeverfahren zum Verbinden von metallischen Werkstoffen mit Hilfe von metallischen Bindemitteln (Lot). Der Schmelzpunkt des Lots liegt dabei immer unter dem der zu verbindenden Metalle

Liegt die Schmelztemperatur des Lots unter 450° C spricht man von "Weichlöten", darüber hinaus von "Hartlöten".

Wir beschäftigen uns im nachfolgenden ausschließlich mit dem Weichlöten, wie es zur Herstellung von sicheren elektrischen Verbindungen in der Elektrotechnik eingesetzt wird.

1.2 Lot

Weichlote für die Elektrotechnik bestehen meist aus einer Zinn-(SN) und Blei(PB)-Legierung. Zusatzstoffe können Antimon, Kupfer, Silber, Zink und Cadmium sein.

Seit Juli 2006 sind laut RoHS Richtlinien der EU bleihaltige Lote in vielen Bereichen der Elektrotechnik verboten. Bleifreie Lote sind Zinnlegierungen mit Zusätzen von Silber (AG) und/oder Kupfer (CU).

Die Zusammensetzung der Legierung bestimmt die Schmelztemperatur und die physikalischen Eigenschaften der Verbindung. Bleifreie Lote haben einen um 30° bis 50° Celsius höheren Schmelzpunkt als bleihaltige Lote. Die folgende Tabelle zeigt eine kleine Übersicht von verschiedenen Legierungen und deren Schmelzpunkte:

Legierung	Schmelzpunkt
L-Sn60Pb40	183°C - 190°C
L-Sn60Pb38Cu2	183°C - 190°C
L-Sn63Pb37	183°C eutektisch
L-Sn62Pb36Ag2	178°C - 190°C
Legierung - bleifrei/RoHS-WEEE konform	
L-Sn95,5Ag3,8Cu0,7	217°C eutektisch
L-Sn96,5/Ag3,5	221°C eutektisch
L-Sn99,3Cu0,7	227°C eutektisch

In der Elektrotechnik verwendet man meist Lot in der Form eines Drahtes (Röhrenlote), Stangen oder Paste. Für das Handlöten verwendet man meist Röhrenlote mit einer Flussmittelseele.

1.3 Flussmittel

Damit sich Lot und Metall möglichst intensiv miteinander verbinden können, werden Flussmittel eingesetzt. Sie sorgen für eine metallisch reine Oberfläche der zu lötenden Teile, befreien von Oxiden sowie löthemmenden Verunreinigungen und verhindern die Bildung von neuem Oxid beim Löten. Hier unterscheidet man zwischen säurehaltigen (für Installateurarbeiten) und säurefreien Produkten (für Elektrik und Elektronik). In der Elektrotechnik verwendet man meist Röhrenlote (Lötdrähte) mit einer oder mehreren Flussmittelseelen, im Installationsbereich sowie Kühler- und Karosseriebau in der Regel Stangenlote.

1.4 Theorie des Lötvorgangs

Beim Weichlöten werden die Fugen zweier Metalle durch ein Lot, meist bestehend aus einer Zinnlegierung, gefüllt. **Dabei ist die Arbeitstemperatur ein wichtiges Kriterium.** Die niedrigste Temperatur, mit der die nachfolgend beschriebenen drei Phasen reibungslos ablaufen, ist auch die ideale Arbeitstemperatur.

Der Lötvorgang in drei Phasen: Fließen – Benetzen – Binden

- Fließen: Wird das Lot auf einer Kupferoberfläche über seine Schmelztemperatur erhitzt, beginnt es zu fließen.
- Benetzen: Während des Fließens benetzt das Lot die Kupferoberfläche ohne sie zu schmelzen.
- Binden: Bei der Benetzung vereinigen sich die Oberflächen. Kupferatome aus dem Grundwerkstoff wandern in das Lot und Zinnatome aus dem Lot in den Grundwerkstoff.

Der Vorgang des Bindens wird Diffusion genannt. Die auf diese Weise entstandene Grenzschicht bildet die Diffusionszone, die auch als Intermetallische Zone bezeichnet wird. Die Diffusionszone fällt dem Zinn zu. Die restlichen Legierungsbestandteile des Lots dienen zum verflüssigen und sind für die mechanische Stabilität verantwortlich.

Eine gelötete Verbindung besteht aus fünf Schichten:

- Grundwerkstoff (1)
- Intermetallische Zone (2)
- Erstarrtes Lot (3)
- Intermetallische Zone (2)
- Grundwerkstoff (1)

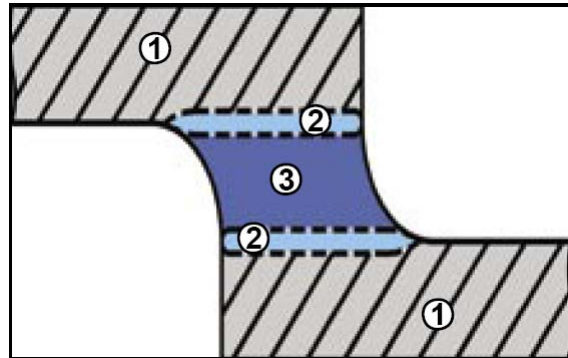


Abbildung 1: Verschiedene Schichten einer Lötverbindung

Fehlt die Intermetallische Zone zwischen Kupfer (Grundwerkstoff) und erstarrtem Lot, wird die Verbindung nur durch Klebekräfte (Adhäsion) bestimmt. Für eine größtmögliche Stabilität, die auch die Dauerhaftigkeit der Lötstelle bestimmt, ist es wichtig, dass die Intermetallische Zone nicht zu dick oder zu dünn ist. Ein idealer Wert wäre eine Intermetallische Zone von $0,5\mu\text{m}$. Bei einer zu dicken Intermetallischen Zone wird die Lötverbindung porös und brüchig, eine zu dünne lässt auf schlechte oder keine Verbindung schließen.

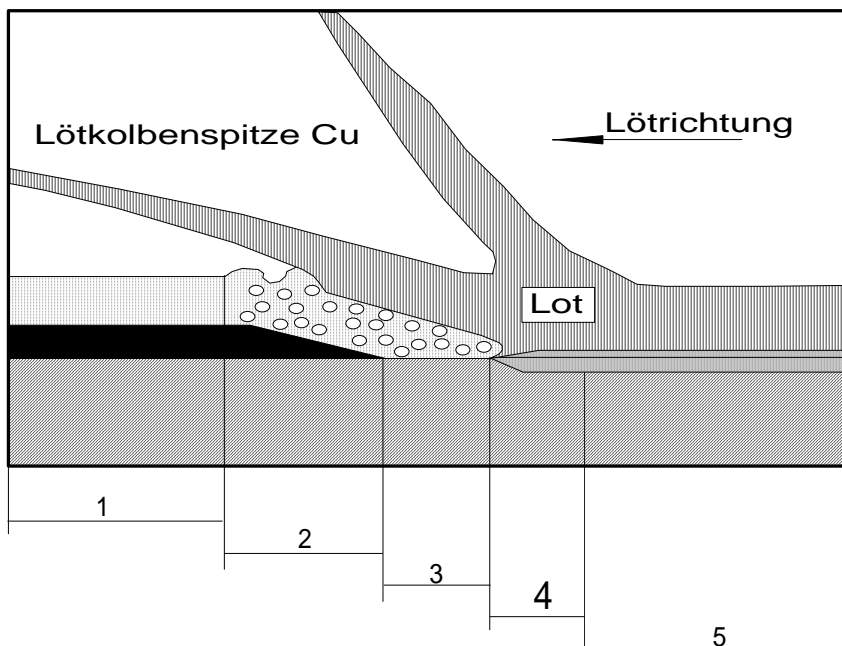


Abbildung 2: Lötvorgang

1. Das geschmolzene Flussmittel liegt auf der oxidierten Metalloberfläche.
2. Das kochende Flussmittel entfernt den Oxidfilm.
3. Das unter Wirktemperatur stehende Flussmittel berührt die blanke Metalloberfläche.
4. Das flüssige Lot verdrängt das überschüssige Flussmittel und benetzt unter Legierungsbildung (Diffusion) die Metalloberfläche.
5. Das Lot erstarrt. Die Intermetallische Zone ist voll ausgebildet.

1.5 Arbeitssicherheit

1.5.1 Allgemeines

Grundsätzlich sind die Hände nach Lötarbeiten gründlich zu waschen. Insbesondere bevor gegessen, getrunken oder geraucht wird. Aufenthaltsräume in denen gegessen, getrunken oder geraucht wird, müssen sich außerhalb der Lötarbeitsplätze befinden.

Lesen Sie die Sicherheitsdatenblätter von allen Gefahrstoffen denen Sie am Arbeitsplatz ausgesetzt sind und legen Sie diese für Notfälle bereit. Lötrauch, Flussmitteldämpfe und Lösungsmitteldämpfe sind gesundheitsschädlich. Rauch der beim Löten entsteht, besteht aus ca. 5% Gasen wie Aceton, Methylalkohol, Formaldehyd, Kohlendioxid, Diterpensäure, Kohlenmonoxyd, Isopropylalkohol und aus ca. 95% Partikel (Rauch). Lötrauch gilt als Reiz erzeugend!

Bei Personen, die diesen Dämpfen über einen längeren Zeitraum ausgesetzt sind, kann sich dies gesundheitsschädlich auswirken. Dies kann sich z.B. in Kopfschmerz, Augenreizung, Reizung der Lunge und der oberen Atemwege, Halsentzündung, Nasenbluten, Hautentzündungen und Aknebildung oder Berufsasthma äußern.

Schon nach kurzer Zeit kann sich das Einatmen von Lötrauch durch nachlassende Konzentration und beginnender Ermüdung bemerkbar machen. Häufig genutzte Arbeitsplätze müssen mit einer geeigneten Lötrauchabsaugung ausgestattet sein.



Abbildung 3: Regeln beim Löten

1.5.2 ESD (Electrostatic Sensitive Device)

Schaltungen in **MetalOxideSemiconductor** -Technik bedürfen besonderer Vorsichtsmaßnahmen gegenüber statischer Aufladung. Statische Aufladungen können an allen hoch isolierenden Kunststoffen auftreten und auf den Menschen übertragen werden, wenn Kleidung und Schuhe aus synthetischem Material bestehen.

Schutzstrukturen an den Ein- und Ausgängen der MOS-Schaltungen geben wegen Ihrer Ansprechzeit nur begrenzte Sicherheit.

Die folgenden Maßnahmen beim Umgang mit Halbleitern und elektronischen Baugruppen sollten in jedem Fall eingehalten werden, auch wenn diese nicht in MOS-Technik ausgeführt sind.

- Halbleiter bis zur Verarbeitung in elektrisch leitenden Verpackungen belassen.
- Keinesfalls Halbleiter in Styropor oder in Plastiktüten lagern oder transportieren sofern diese nicht besonders als antistatisch gekennzeichnet sind. Klebeband wie Tesafilm dürfen nicht für die Verpackung verwendet werden. Beim abrollen von Tesafilm entsteht eine statische Aufladung.
- Halbleiter nach Möglichkeit nur am Gehäuse anfassen, ohne die Anschlüsse zu berühren.
- Lösen oder kontaktieren Sie Halbleiter in Steckfassungen nicht unter Betriebsspannung.

Maßnahmen am Arbeitsplatz die elektrostatische Aufladungen wirkungsvoll verhindern:

- Arbeitsflächen mit einer leitfähigen Auflage versehen die mit Erde verbunden sind.
- Es sind geerdete Armbänder zu tragen.
- Arbeitskleidung wie Kittel und Schuhe müssen ESD gerecht sein.
- Der Arbeitsstuhl muss mit einem Baumwollstoff bezogen sein. Besser sind ESD gerechte Arbeitsstühle.
- Ableitfähiger Fußboden oder Bodenmatten müssen vorhanden sein.
- Falls möglich sollten Montagehilfen und Werkzeuge leitfähig sein.
- Die Lötspitze muss geerdet sein.
- Netzbetriebene Geräte zur Prüfung und Bearbeitung müssen geerdet sein.

Hinweis!

MOS- Bauteile, die durch statische Elektrizität beschädigt worden sind, müssen nicht sofort einen defekt aufweisen. Wenn die Oxydschicht des Halbleiters durch Elektrostatik nur leicht vorgeschädigt worden ist, kann der Halbleiter noch ohne merkliche Funktionseinschränkung funktionieren. Ein Ausfall des Halbleiters kann sich erst nach langer Betriebszeit bemerkbar machen oder wenn übermäßiger Stress wie z.B. thermische Belastungen auftreten.

2 Praktische Anwendung

2.1 Die Lötspitze

2.1.1 Bauformen

Runde Lötspitze:



Flache Lötspitze:



2.1.2 Auswahl der richtigen Lötspitze

Die Hersteller von Markenlötgeräten bieten eine breite Auswahl von Lötspitzengeometrien an. Es gibt Spitzengeometrien für die unterschiedlichsten Anwendungen, von filigraner Arbeit an SMD Bauteilen bis hin zu großen Spitzen wie sie häufig zum Löten von Leiterplatten mit großen Masseflächen oder in der Leistungselektronik eingesetzt werden.

Folgende Regeln gilt es bei der Auswahl einer Lötspitze zu beachten:

- Wählen Sie eine Spitze mit größtmöglichem Kontaktbereich zwischen Lötstelle und Spitze. Ein großer Kontaktbereich gewährleistet eine gute Wärmeübertragung und somit schnellere und bessere Lötresultate.
- Wählen Sie eine Spitze, die einen guten Zugang zur Lötstelle ermöglicht. Spitzen mit einem kurzen Konusbereich haben einen guten Wärmeübergang und erlauben ein schnelleres Arbeiten. Angewinkelte oder solche mit langem Konusbereich ermöglichen den Zugang von Bauteilen auf dicht bestückten Leiterplatten

2.1.3 Pflege der Lötspitze

Die Standzeit einer Lötspitze hängt von mehreren Faktoren ab, einschließlich der Korrosion durch Flussmittel, der Oxidation und der damit verbundenen Passivierung. Bei höheren Lötspitzen-Temperaturen erhöht sich der Anteil dieser Faktoren erheblich.

Wenn Sie nachfolgende Empfehlungen befolgen, können Sie die Standzeit der Lötspitzen erheblich verlängern.

- Wählen Sie immer die niedrigste Spitzentemperatur die ein einwandfreies Lötgergebnis liefert
- Während den Lötarbeiten Spitze stets sauber halten. Oxidiertes Lot und verbrannte Flussmittelreste am feuchtem Schwamm oder Messingwolle leicht abstreifen. Um zu verhindern das die Lötspitze nach dem Reinigungsprozess passiv werden (also kein Lot mehr annehmen) sofort mit neuem Lot leicht benetzen oder unverzüglich mit den Lötarbeiten fortfahren.
- Bei Lötpausen und vor dem Ablegen des LötKolbens stets darauf achten, dass die Lötspitze verzinkt ist.
- Verwenden Sie niemals die Lötspitze als Hebelwerkzeug.
- Üben Sie keinen Druck auf die Spitze aus. Mehr Druck bedeutet nicht mehr Hitze.
- Schalten Sie das Lötgerät bei Nichtverwendung aus.
- Nach dem letzten Lötvorgang Lötspitze am feuchtem Schwamm oder in Messingwolle leicht abwischen, so dass sie wieder metallisch glänzt. Gerät ausschalten und metallisch glänzende Fläche mit neuem Lot benetzen. Das Lot schützt die Lötspitze vor Oxidation und verlängert die Standzeit.

Passivierte Lötspitzen:

Wenn eine Spitze kein Lot mehr aufnimmt, so ist sie passiv. In diesem Fall kann die Beschichtung oxidieren, was die Wärmeübertragung der Spitze erheblich beeinträchtigt. Passivität wird verursacht durch:

- Zu hohe Lötspitzentemperatur.
- Unzureichende Benetzung der Spitze mit neuem Lot bei Nichtgebrauch.
- Reinigung der Spitze auf schmutzigen oder trockenen Schwämmen oder Lappen.
- Verunreinigung des Lötmittels oder der Lötstelle.
- Heiße Lötspitze kommt mit Kunststoffen in Berührung.

Reinigen Sie in diesem Falle die Lötspitze mit Messingwolle oder einer sehr feinen Messingdrahtbürste. Bei besonders schweren Fällen können Sie auch Lötspitzen Reactivator/ Verzinner verwenden. Wenn sich die Spitze dadurch nicht mehr mit neuem Lot aktivieren lässt oder die Beschichtung ersichtlich beschädigt ist, tauschen Sie diese aus. Passive oder beschädigte Lötspitzen bewirken lange Entlötzeiten und können bei Verwendung Leiterplatte oder Bauteile beschädigen.

2.2 Verschiedene Löt -Prozesse

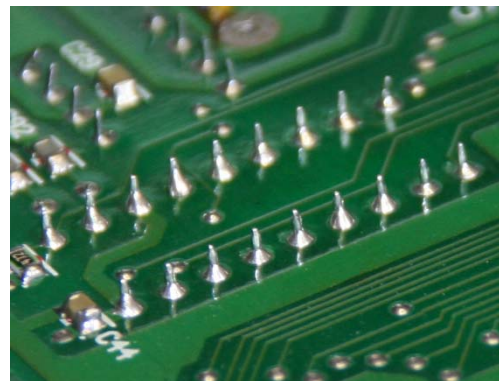
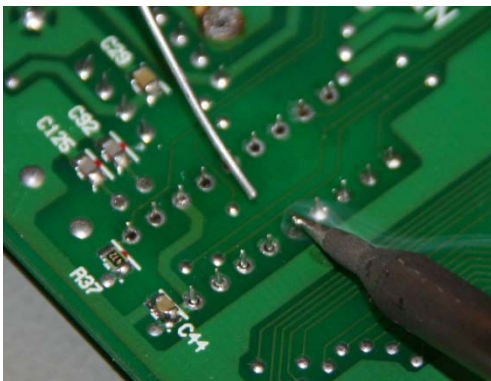
2.2.1 Allgemeine Hinweise

- Verwenden Sie nur Lötgeräte mit Temperaturregelung
- Halten Sie die Lötzeit so kurz wie möglich
- Verwenden Sie keine beschädigten oder passiven Lötspitzen.
- Belassen Sie die Bauteile bis zur Bearbeitung in der Originalverpackung. Damit wird die Oxidation der Kontaktflächen vermieden.
- Berühren Sie die Bauteile nach Möglichkeit nicht mit der bloßen Hand.

2.2.2 Löten von bedrahteten Bauteilen

Einlöten:

Zuerst wird das Bauteil mit seinen Pins in die Löcher der Leiterplatte eingesteckt. Anschließend erhitzen Sie mit der Lötspitze die Kontaktfläche der Leiterplatte und den Pin des Bauteils. Führen Sie das Lot an die Lötstelle, nicht auf die Lötspitze. Achten Sie darauf, dass nicht zu viel Lot zugeführt wird. Bei Leiterplatten mit Durchkontaktierung muss das Lot in die Bohrung fließen aber nicht durchfließen.



Die Lötstelle sollte wie Punkt A auf der nachfolgenden Abbildung aussehen. Punkte B – C stellen schlechte Lötstellen dar.

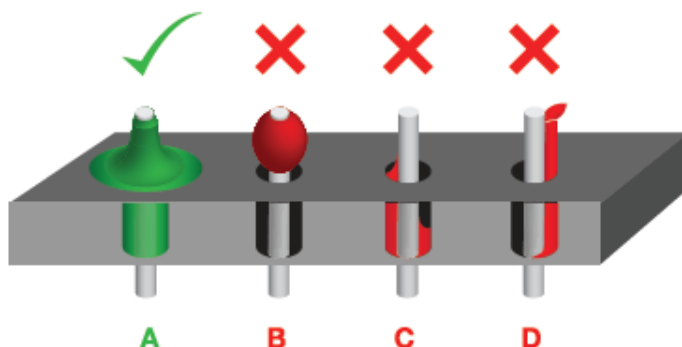


Abbildung 4: Gute/Schlechte Lötstelle

2 Praktische Anwendung

Entlöten:

Für das Entlöten von bedrahteten Bauteilen auf Doppelseitigen oder Multilayer Leiterplatten empfiehlt sich die Verwendung von beheizten Entlötgeräten. Für einseitige oder doppelseitige Leiterplatten mit einer kleinen Masseanbindung können auch Handpumpe oder Entlötlitze verwendet werden.

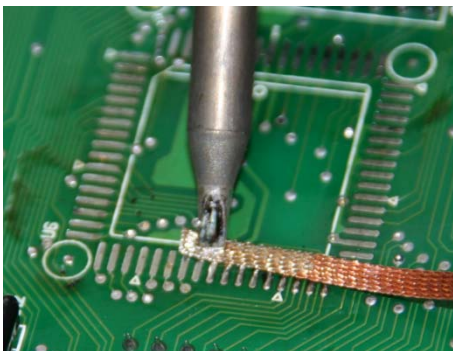
Falls Sie kein geeignetes Auslötwerkzeug zur Hand haben oder die Leiterplatte vor einer zu großen thermischen oder mechanischen Belastung geschützt werden muss, können Sie bedrahtete Bauteile mit einem Saitenschneider oder mit einem Cutter Messer entfernen. Die verbleibenden Anschlussbeinchen werden dann mit einem LötKolben und einer Pinzette von der Leiterplatte entfernen. Das Verbleibende Lot auf und in den Durchkontaktierungen können dann mit Handpumpe, Entlötlitze oder Entlötgerät entfernt werden.

Im nachfolgenden wird nur auf die Verwendung von Handpumpe und Entlötlitze eingegangen.

Handpumpe: Als Vorbereitung sollte zuerst die Handpumpe nach unten gedrückt werden. Anschließend erhitzen Sie mit der Lötspitze in der einen Hand die Lötstelle. Wenn das Lötzinn flüssig ist wird die angezogene Handpumpe über die Lötstelle gehalten und dann durch Drücken ausgelöst. Das flüssige Lot wird nun von der Handpumpe aufgesaugt.



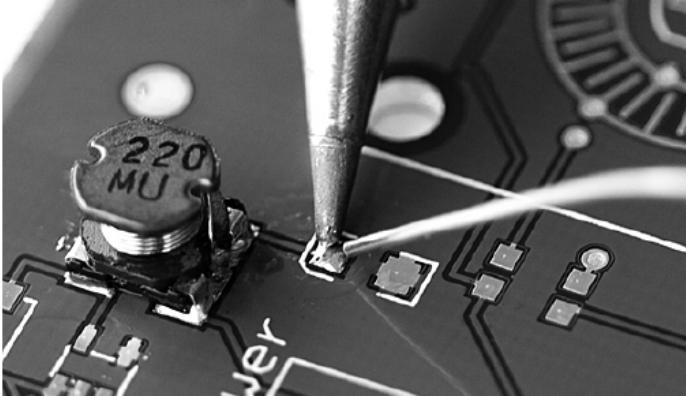
Entlötlitze: Die Entlötlitze über die Entlötstelle halten. Nun mit der Lötspitze die Sauglitze über den Pads erhitzen. Üben Sie dabei keinen Druck aus. Falls das Lot nicht aufgenommen wird, benetzen Sie die Lötspitze mit Lot und die Entlötlitze mit Flussmittel. Üben Sie keine Kraft aus, um die Pads nicht abzureißen.



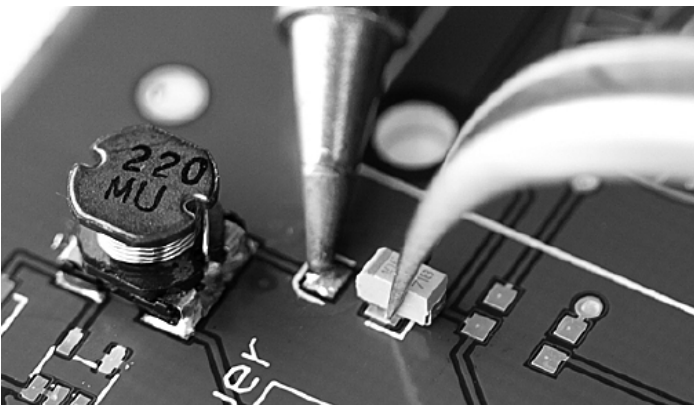
2.2.3 Löten von SMD Bauteilen

Einlöten:

Zunächst an ein Pad Lot anbringen.



Während das Lot geschmolzen ist, das Bauteil mit einer Pinzette auf das Pad schieben. Dabei nicht von oben auf das Pad drücken, sondern seitlich auf das Pad schieben.



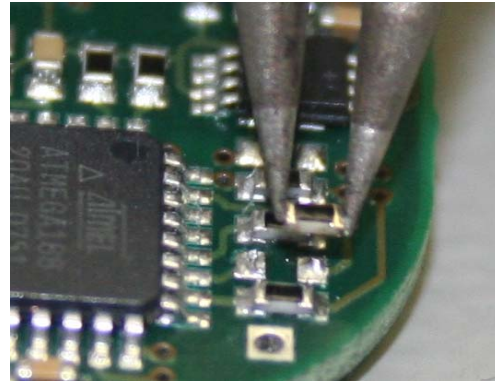
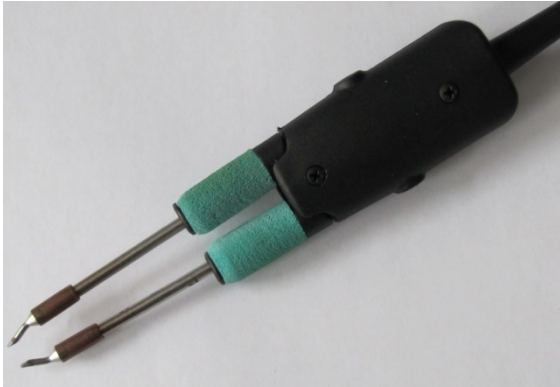
Wenn das das SMD Bauteil in Position ist 1-2 Sekunden warten bis das Lot hart ist.



Anschließend überprüfen, ob das Bauteil richtig auf beiden Pads aufsitzt. Ist dies der Fall, kann die freie Seite angelötet werden.

Entlöten:

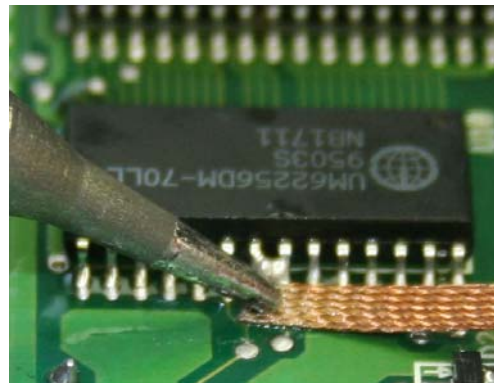
Das Entlöten eines SMD Bauteils funktioniert am Besten mit einer Lötspitze. Mit der Lötspitze können die Pads an beiden Seiten erhitzt werden. Wenn sich das Lot gelöst hat kann das Bauteil **ohne Kraftaufwand** mit der Lötspitze entfernt werden.



3 Tipps und Tricks

3.1 Hartnäckige Kurzschlüsse mit Sauglitze entfernen

Manchmal lässt es sich nicht vermeiden, dass Kurzschlüsse zwischen den Anschlussbeinchen sich nicht mit der Lötspitze und dem Einsatz von Flussmitteln herausziehen lassen. Sollte die der Fall sein, kann man diese mit Sauglitze entfernen. Dazu die Sauglitze an die Stelle mit dem Kurzschluss halten und dann die Sauglitze mit der Lötspitze erhitzen.



3.2 Bauteil und Leiterplatte reinigen

Leiterplatte und Bauteil können mit Pinsel und Isopropanol oder "Kontakt WL" gereinigt werden.

