

Inhalt des Referats:

1.Löten:

2.Materialien zum Löten:

2.1Lötkolben:

2.2Lötzinn:

2.3Flussmittel:

2.4Entlötlitze/ Entlötpumpe:

3.Prinzipieller Ablauf beim Löten:

4.Hinweise/Tipps:

5.Industrielles Löten:

6.Neuerungen:

1.Löten:

Def.: Löten ist das Herstellen einer dauerhaften, leitenden Verbindungen zwischen Metallen, unter zu Hilfenahme eines Verbindungsmaterials, dem Lot.

Als Lot dient eine Metalllegierung mit geringerem Schmelzpunkt, als der zu lötenden Metalle.

Arten der Lötung: Es wird unterschieden in Hart- und

Weichlot. Unterscheidungskriterium ist die Temperatur von 450°C.

Alles über 450°C wird als Hartlot bezeichnet.(Hartlot bildet sehr stabile Verbindungen und wird z.B. für Dachrinnen etc. angewendet.)

Weichlot wird unterhalb von 450°C verarbeitet und dient zum leitenden Verbinden von Metallen.(Das Löten, so wie wir es kennen! Ich werde mich in dem Referat hauptsächlich am Weichlöten orientieren.)

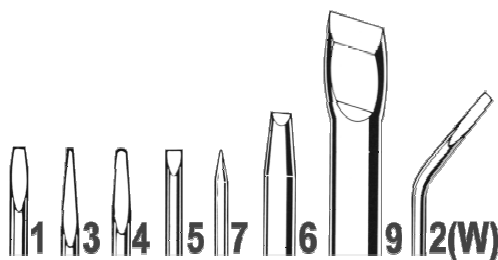
2. Materialien:

2.1 Lötkolben:

Der Lötkolben soll zum Löten Wärme liefern. Man kann sich zwischen Gaslötkolben und elektrischen Lötkolben entscheiden. Elektrische Lötkolben haben sich bei Weichlot durchgesetzt .

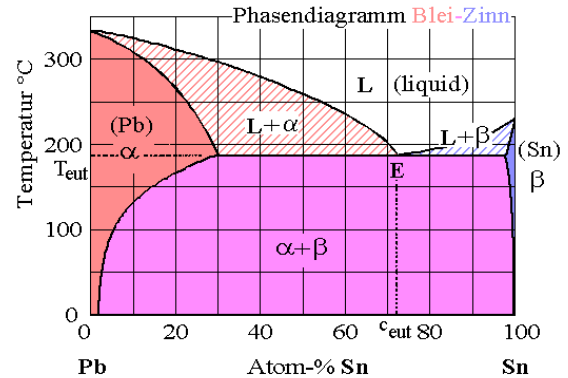
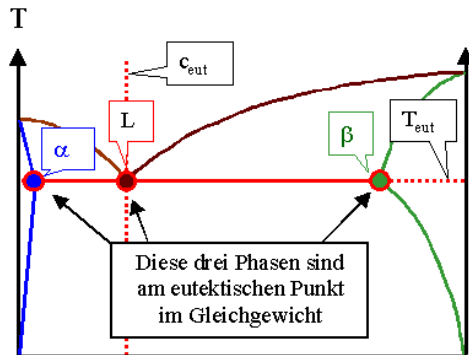
Der große Vorteil von elektrisch betriebenen Lötkolben liegt vor allem an den geringen Betriebskosten. Strom ist in Vergleich zu Gaspatronen billig und fast überall nutzbar.

Spezielle elektrische Lötkolben können fest auf eine Temperatur eingestellt werden, die dann automatisch gehalten wird.



Mögliche Lötspitzen für Lötkolben.

2.2 Lötzinn(Lot): Lötzinn ist eine Legierung verschiedener Metalle. Sinn dieser Legierung ist es, einen niedrigeren Schmelzpunkt zu haben, als die zu verbindenden Metalle. Lötzinn ist eine eutektische Legierung, die bestimmte charakteristische Eigenschaften aufweist. Unterhalb einer Solidustemperatur liegt das Lötzinn vollständig in festen Zustand vor, darüber in einem breiigen Zustand. Oberhalb der Liquidustemperatur liegt das Lötzinn vollständig in flüssigen Zustand vor.



Es gibt eine Vielzahl verschiedenster Lote, die sich alle in den Bestandteilen und dem Verhältnis der Bestandteile unterscheiden, dadurch haben sie auch alle unterschiedliche Arbeitstemperaturen und Eigenschaften (Benetzungsverhalten, Schmelzpunkt, Alterungs- und Rissbeständigkeit, PREIS). Das Radio/Elektroniklot z.B. besteht aus 60% Zinn, 38% Blei; 2% Kupfer, in der Mitte von dem Lötendraht befindet sich die Seele, in welcher Flussmittel (z.B. Kolophonium) befindet. Der Lötendraht ist 1,0-1,5mm dick und schmilzt bei 185°C. Arbeitstemperatur liegt teilweise bei bis zu 220 °C. Die LötKolben werden aber häufig auf über 300°C eingestellt. Somit dauert das Schmelzen und das Löten nicht solange. (Energieübertragung verläuft



deutlich schneller mit 350, statt 185°C.)

2.3 Flussmittel: Das Flussmittel soll die Oberflächenspannung des Lotes verringern, die Oberflächen der Metalle benetzen und zugleich mögliche Oxide von den Oberflächen entfernen. Es gibt verschiedenartigste Flussmittel, die je nach Anwendungsart genutzt werden können.

So z.B. flüssige Metallchloride (Zinkchlorid), Pasten (Löthönig), oder auch Pulver, Harze (Kolophonium).

Sie alle bestehen aus aktiven Substanzen, die falls nach dem Lötvorgang noch vorhanden, korrosiv² wirken können und somit das Bauelement zerstören können. Auch haben die Flussmittel häufig eine hygroskopische³ Wirkung, die auch zur Zerstörung der Bauelemente führen kann.

Wichtig: Die Flussmittel und Ihre Dämpfe sind teilweise GIFTIG!

2.4 Entlötlitze/ Entlötpumpe: Wie der Name schon sagt sind diese Werkzeuge zum



Lösen von Lötstellen. Die Entlötlitze ist ein Band aus geflochtenem feinen Kupferdraht. Die Entlötlitze wird auf die zu entlötende Stelle gehalten und dann mit dem LötKolben das Lötzinn erwärmt. Durch die Kapillarkräfte wird das flüssige Lot von der Entlötlitze aufgesogen und das Bauteil kann nun ohne weiteres von der Platine abgenommen werden.

Bei der Entlötpumpe nutzt man ein Vakuum. Das Lötzinn wird mit dem LötKolben verflüssigt und dann die Entlötpumpe ausgelöst, welche sofort das Lötzinn wegsaugt.

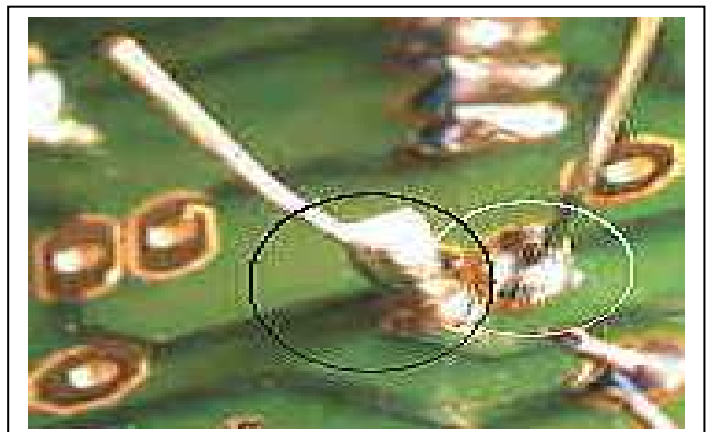
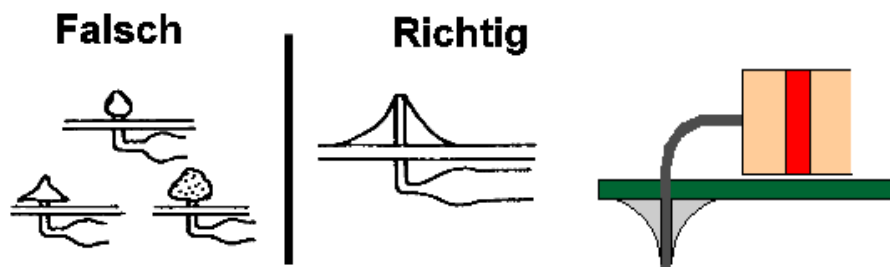
3. Prinzipieller Ablauf beim Löten:

Die zwei zu lötenden Körper und das Lötzinn(Flussmittel enthalten!) werden eng zueinander gebracht, und auf die Temperatur erwärmt, bei der das Lot vollständig in flüssiger Form vorliegt. Nun kann das Lot problemlos in Spalten fließen. Das Flussmittel sorgt dafür, dass das Lot die Metalloberflächen benetzt. Nun wirken die Flussmittel an der Oberfläche und beseitigen mögliche Oxidschichten. Wenn das Lot die entsprechende Temperatur hat und alle Oxidschichten gelöst wurden, können Atome des Lots in die Oberflächen der Metalle diffundieren, womit eine sehr gut leitfähige und stabile Verbindung entsteht.

Nun da der Lötvorgang vollständig abgeschlossen ist, wird der LötKolben wieder entfernt. Die Lötstelle kühlt sich ab und erstarrt.

Nach dem Löten sollte eine Form wie ein Kegel entstanden sein, mit einer metallisch glänzenden Oberfläche und der Draht muss auf der Platine vollständig vom Lot umgeben sein. Wenn nicht handelt es sich wahrscheinlich um eine kalte Lötstelle!

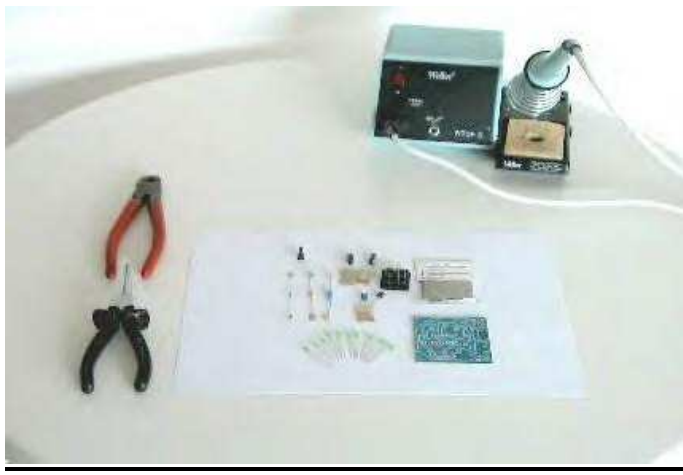
Siehe Abbildungen:



Im Bild, im schwarzem Kreis, befindet eine "kalte Lötstelle", im weißem Kreis eine schlechte Lötstelle, die keine gute Verbindung von Lötauge und Anschlussdraht bietet.

Lötzinn wurde zu lange erwärmt, dadurch ist das Flussmittel im Lot verdampft und die Lötstelle geht keine Verbindung mit dem Zinn mehr ein.

4. Hinweise/Tipps: -Kleine chronologische Lötlehre:



- Vor Beginn der Arbeit sollte man sich alle Werkzeuge und den Bausatz bereitlegen. Dazu gehört ein handelsüblicher 15-30 Watt Lötkolben, Elektroniklot 1mm mit Kolophoniumseele, sowie Spitzzange und Seitenschneider. Eine spitze Lötkolbenspitze bringt die Wärme an den richtigen Punkt, wenn nötig also neue Lötspitze installieren!
- Die Beinchen der Bauteile sollten möglichst frei von Verunreinigungen gehalten werden, jede Verunreinigung kann den Lötvorgang behindern. Daher auch möglichst dort nicht häufiger als nötig anfassen. Mögliche Verunreinigungen/Korrosionen² direkt vor dem Löten beseitigen. Falls man keine neuen Bauteile hat sollte man das unbedingt beachten.

Zum Löten von temperaturempfindlichen Bauteilen:

1. Richtige Temperatur einstellen. (Zwischen 270°C und 400°C.)
Die richtige Löttemperatur ist dem Datenblatt zu entnehmen, genauso wie die maximale Löttdauer.
2. Zange beim Löten verwenden, die zu große Hitze vom Bauteil fern hält.
3. Möglichst schnell löten, um die Belastung für das Bauteil zu minimieren.
4. Wenn es möglich ist, nicht direkt das empfindliche Bauteil einlöten, sondern einen thermisch stärker belastbaren Halter für das Bauteil einlöten. (Vereinfacht auch stark den Wechsel bei Defekt, oder auch die Fehlersuche.)

Bei Löten von MOS oder ähnlich elektrostatischempfindlichen Bauteilen:

Durch Erdung von Lötkolben, Platine und dem Lötenden kann man empfindliche Bauteile sicher ohne Zerstörung durch elektrostatische Entladungen löten. Meistens sind die Bauteile gekennzeichnet, und besitzen eine Verpackung, die antistatisch wirkt.



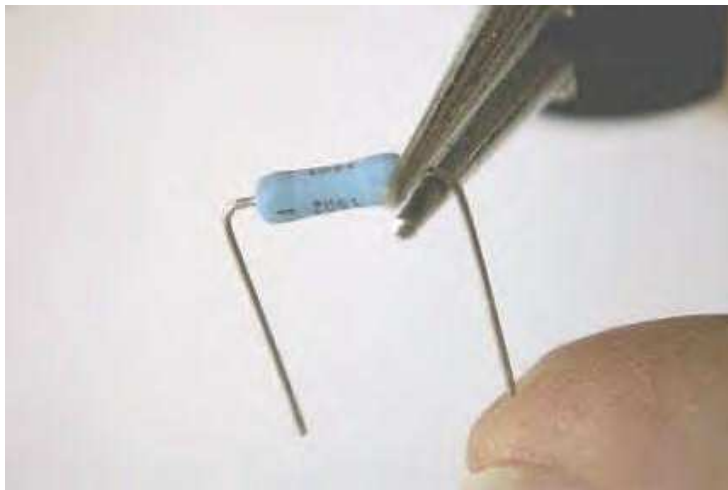
- Die Lötspitze sollte stets frei von Zunder und Oxyd sowie überschüssigem Lötzinn sein, um eine gute Lötverbindung herzustellen.

Wenn die Lötspitze verunreinigt sein sollte, auf keinen Fall durch Feilen etc. versuchen zu reinigen! Wenn die Oberfläche der Lötspitze zerstört ist, wird das Lot die Lötspitze mit der Zeit auswaschen, bis sie nicht mehr zu gebrauchen ist! Es ist besser die Lötspitze zu erwärmen und an einem nassen Schwamm zu reinigen!

Man sollte nur direkt vor dem Löten altes Lötzinn am Schwamm abstreifen. Wenn der LötKolben mit Lötzinn bedeckt ist kann auch bei längerer Nichtnutzung trotz Löttemperatur die Lötspitze vor dem korrosiven*³ Einfluss des Luftsauerstoffes geschützt werden. Somit erhöht sich die Lebensdauer einer Lötspitze teilweise erheblich.

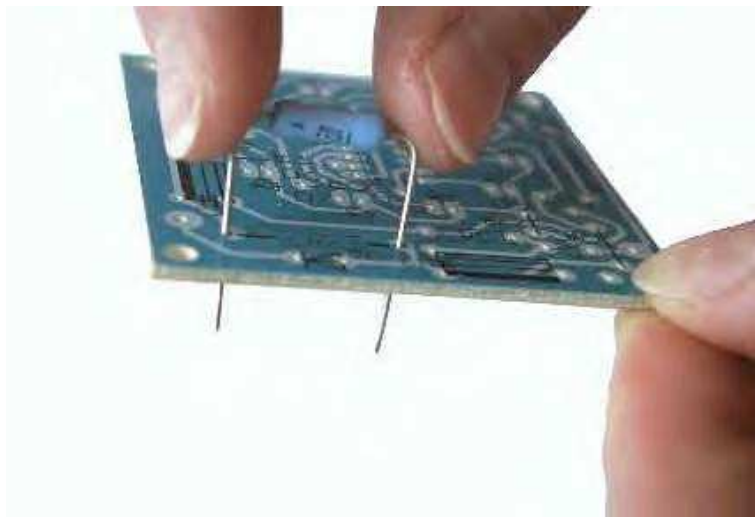


Der Schwamm an der Lötstation sollte leicht nass gehalten werden, um die Lötspitze (wie in der Abbildung) mit einer Drehbewegung von Zunder und überschüssigem Lot zu befreien. (Es reicht auch ein feuchter Lappen.)



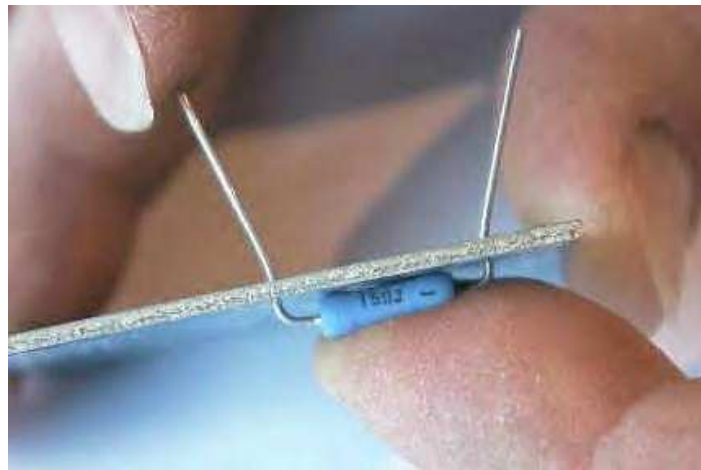
- Vor dem Bestücken der Leiterplatte müssen die Teile auf den Lochabstand der Leiterplatte gebogen werden. Sollte das Bauteil länger sein als der Lochabstand, muss es senkrecht eingesetzt werden. Das Bauteil sollte man so biegen, wie in der Abbildung gezeigt wird, um Beschädigungen des Bauteils zu vermeiden.

ACHTUNG: Die Drahtenden nicht vor dem Löten kürzen.

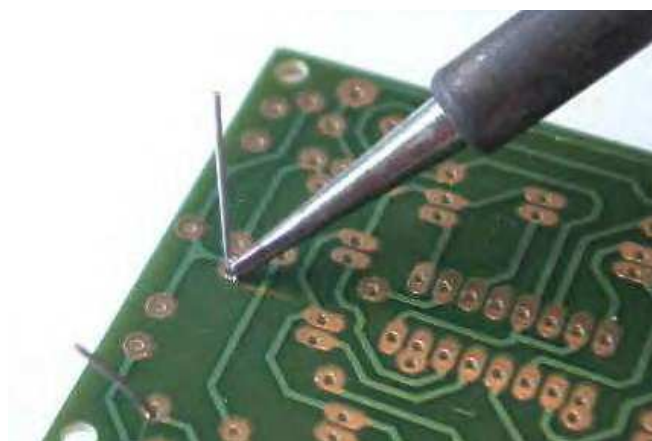


- Jetzt wird das Bauteil an der richtigen Position eingesteckt. Alle Bauteile an die richtigen Stellen setzen, wenn man sich unsicher ist, mit Bestückungsplan vergleichen.
- Am besten ist es natürlich, falls die Bauteile gleich auf der Oberseite der Platine aufgedruckt sind.

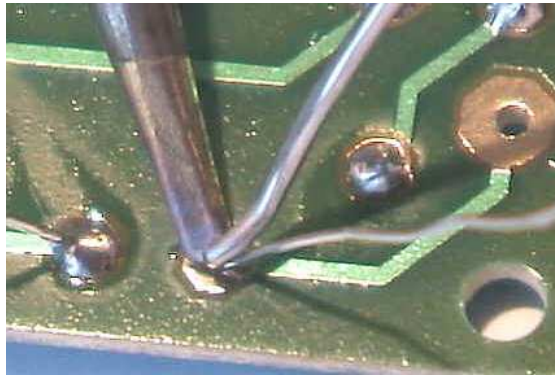
Bei Dioden, Transistoren und Elektrolytkondensatoren die Polung beachten!



- Das Bauteil nach dem Einstecken durch leichtes nach außen Biegen "der Anschlussdrähte", vor dem Herausfallen sichern.



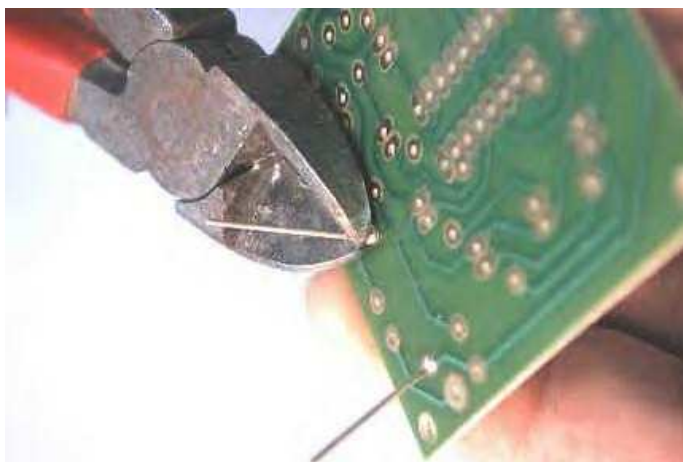
- Jetzt wird mit der Kolbenspitze der Lötbereich **maximal** 5 Sekunden erwärmt. Dabei ist zu beachten, dass der Anschlussdraht des Bauteils sowie das Lötauge, gleichzeitig erwärmt werden, damit sich das Lot mit beiden richtig verbinden kann.



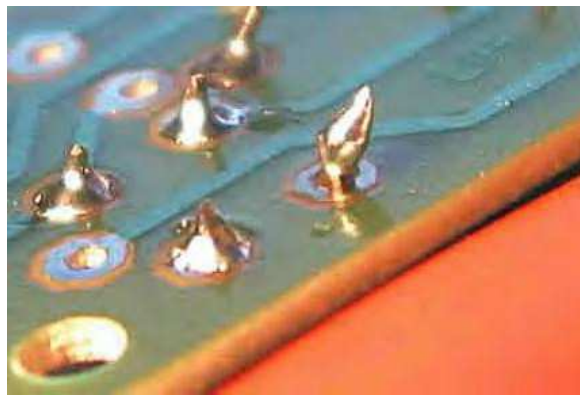
- Ohne die LötKolbenspitze von der Lötstelle zu nehmen, wird nun das Lötzinn an der Lötstelle **(nicht am LötKolben)** geschmolzen, bis Lötauge und Anschlussdraht vollständig vom Lot umflossen sind (siehe Lötstelle ganz links im Bild).



- Nach dem Lötvorgang Lötendraht und LötKolben von der Lötstelle entfernen und die Lötstelle gut abkühlen lassen.
- Nun können die Überstehenden Beinchen problemlos abgeschnitten werden.

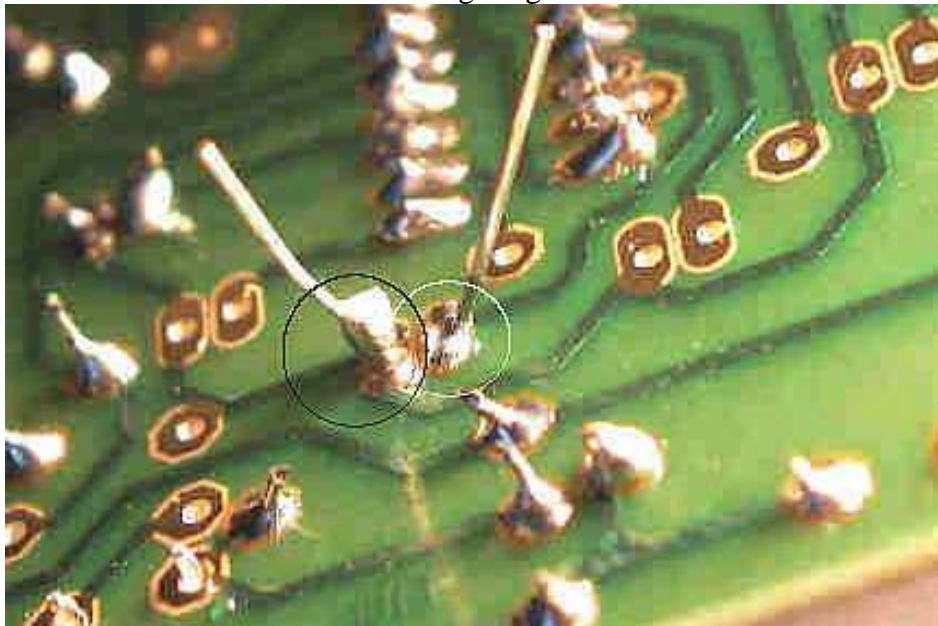


In den nächsten Bildern wird auf mögliche Fehler beim Löten eingegangen.



Ursache: Es wurde nur der Bauteilanschlussdraht erwärmt und nicht das Lötauge.

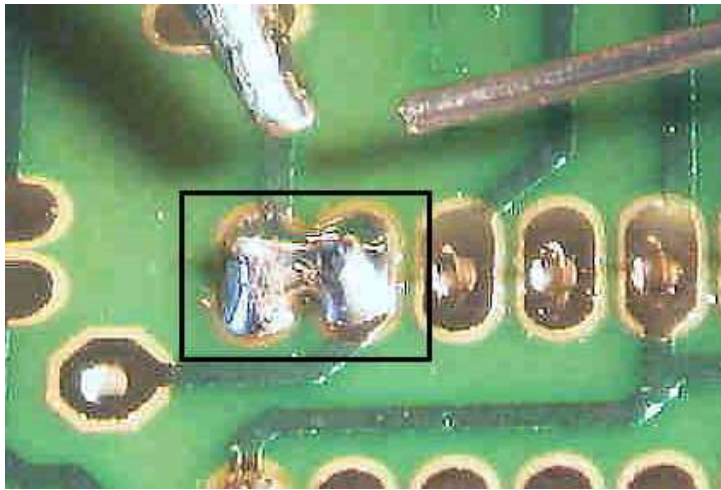
Die Lötstelle ganz rechts, ist eindeutig als so genannte "*kalte Lötstelle*" zu erkennen. Das Lötzinn befindet sich nur am Bauteilanschlussdraht und hat keine Verbindung zum Lötauge. Man erkennt den Unterschied zu den richtig ausgeführten Lötstellen.



Im Bild, im schwarzem Kreis, befindet eine "*kalte Lötstelle*", im weißem Kreis eine schlechte Lötstelle, die keine gute Verbindung von Lötauge und Anschlußdraht bietet.

Ursache: Lötzinn wurde zu lange erwärmt, dadurch ist das Flußmittel im Lot verdampft und die Lötstelle geht keine Verbindung mit dem Zinn mehr ein.

Kalte, schlechte Lötstellen besitzen einen deutlich schlechteren Leitwert(Wenn sie überhaupt leiten!) und bedeuten auch schlechteren Halt auf der Platine. Durch sie können häufig schwer erkennbare Fehler in der Schaltung auftreten. Daher am besten gleich richtig Löten, falls trotzdem eine kalte, schlechte Lötstelle entstanden ist, die Lötstelle erneut erwärmen und falls nötig neues Flussmittel hinzugeben. Wenn man sich nicht recht sicher ist und das Lötzinn nicht metallisch glänzt, sollte man erneut löten.



Im Bild links (schwarzer Rahmen) sieht man einen weiteren Fehler, der häufig gemacht wird, nämlich eine Zinnbrücke (**Kurzschluss!!!**).

Bei Bauteilen mit sehr engem Lötungenabstand verbindet das Lötzinn zwei Lötungen miteinander.

Lösung: Nur soviel Zinn zugeben, dass das Lötauge und der Anschlussdraht optimal umhüllt ist.

Achtung: LötKolbenspitze so halten, dass nur eine Lötstelle erwärmt wird.

- Nach dem Löten immer Reste von Flussmitteln entfernen, falls es nötig ist, also in größeren Mengen mit Flussmittel gearbeitet wurde und es noch vorhanden ist.

5. Industrielles Löten:

Hier gelten natürlich ganz andere Maßstäbe, alles muss in Serienproduktion gelötet werden.

Hierzu ein paar **Lötverfahren:**

Def.:

- **Reflowlöten** = "simultanes" Löten mit Lotpaste
- **Wellenlöten** = "simultanes" Löten auf bewegtem Bad
- **Tauchlöten, Schlepplöten** (kaum noch verwendet)
= "simultanes" Löten auf ruhendem Bad

Lötbäder: Fertig bestückte Platine wird über flüssiges Lötzinn gezogen, an den Kontakten bleibt Lötzinn hängen.

- **automatisierter Kolbenlöten** = Selektivlöten mit Roboter
- **Mikroflammlöten** = Reflow-Selektivlöten mit Knallgasflamme (Wasserstoff/Sauerstoff) als Heizquelle
- **Laserlöten** = Reflow-Selektivlöten mit Laser als Heizquelle

-Lasern: Punktgenau kann sehr viel Energie genau dosiert übertragen werden, es entstehen nahezu keine thermischen Belastungen für die Bauteile. (Sehr teuer, nur für sehr empfindliche Bauteile oder für Massenproduktion geeignet.)

- **Minischwall, "Microwave", Punktwelle, Hubtauchlöten** = selektives Löten auf bewegter bis ruhender Schmelze
- **Maskenlöten** = selektives Wellenlöten
- **Handlöten** = Selektivlöten manuell mit Lötstation und Lotdraht
- **Rework** = Selektives Aus- und Einlöten von Bauelementen, Nacharbeit defekter Lötstellen, vom Handlöten über Minischwall, PC-gesteuerte Aus- und Einlötstationen bis zum Laserlötssystem
- Löten durch beheizte Formteile, Bügel, Stempel; Direkt an die Bauteile angepasste Stempel drücken Bauteil auf Platine, erwärmen die Kontaktstellen der Bauteile und löten so.
 - Dampfphase/Kondensationslöten: Lötdampf kommt an die Lötstellen und kondensiert dort.(für Serienproduktion, nur unter Schutzgas möglich)
- **Reflowlöten:**

Infrarotstrahler\Strahlungslöten: Hier werden fertig bestückte Platinen durch einen Ofen gefahren und durch die Hitze das Lötzinn aufgeschmolzen.(häufiges Verfahren für Serienproduktion).

Nach dem Prinzip der Wärmeübertragung unterscheidet man:

Strahlungslöten mittels Infrarotheizung an Luft oder inert, d. h. unter Schutzgas; S. wird als Massenfertigungsverfahren derzeit wegen der großen Temperaturdifferenzen auf komplexen Baugruppen kaum noch eingesetzt.

Konvektionslöten mittels Heißgas, entweder atmosphärisch mit Luft, oder inert, d. h. unter Schutzgas. In der Fertigung elektronischer Flachbaugruppen wird Stickstoff als Schutzgas (Inertgas) verwendet. Die Kosten für Stickstoffverbrauch schrecken viele Anwender ab, weil der Vorteil bei modernen Lotpasten kaum augenfällig wird.

Kondensations- oder Dampfphasenlöten (= Vapour Phase Soldering).
Der Dampf verdrängt den Luftsauerstoff, wirkt also als Inertgas.

Kontaktlöten: Baugruppen mit flacher Unterseite werden auf einem wärmebeständigen Band über beheizte/gekühlte Platten transportiert

Induktionslöten: im elektrisch leitenden Lötgut wird die Lötwärme mittels Induktionsspulen erzeugt - die Frage muss bei elektronischen Baugruppen immer sein, ob die Bauelemente das aushalten...

Diese Prinzipien sind **Aufschmelzverfahren** = engl. **Reflow Soldering**. Für das Reflowlöten (eingedeutschter Begriff) werden Lotdepots mit Flussmittel an den Fügestellen aufgetragen, meist in Form von **Lotpaste** (siehe Material). Wenn die Temperatur die Schmelztemperatur = **Liquidus** überschreitet, wird das Lotdepot flüssig und benetzt mit Unterstützung des Flussmittels die zu lötenden Anschluss-Oberflächen.

Wellenlöten:

Von den Verfahren, die mit einer flüssigen Lotschmelze sowohl das Lot als auch die Lötwärme einbringen (**Badlöten**), ist das **Wellenlöten** = engl. **Wave Soldering** das am häufigsten eingesetzte. Beim Wellenlöten wird zuerst verdünntes Flussmittel aufgetragen, dann wird das Lösungsmittel verdampft und vorgewärmt, und dann werden die Fügestellen

über einen hochgepumpten Wellenkamm gefahren. Für das Wellenlötén findet man auch den engl. Begriff **Flow Soldering**.

Wellen- und Reflowlötung sind **Massenlötverfahren**. Die Arbeitstemperatur liegt hier für elektronische Baugruppen zwischen ca. 200°C bei extrem wärmeempfindlichen Bauelementen (z. B. fragile Spritzgussformkörper) und ca. 260°C als Obergrenze beim Wellenlötén.

Selektivlötén:

Maschinengestütztes **Selektivlötén** wird auf die Fügestellen angewendet, die lokal gelötét werden sollen, ohne dass die gesamte Baugruppe auf Löttemperatur gebracht wird, z. B. wenn schon andere temperaturempfindliche Bauelemente auf der Baugruppe montiert sind. Auch beim Selektivlötén werden Aufschmelzverfahren (mit deponierter Lotpaste, oder mit Lotdrahtzufuhr) und Badlötverfahren verwendet. Selektivlötverfahren sind

Automatisiertes Kolbenlötén: Beim Kolben- lötén erzeugt ein elektrisches Heizelement im metallischen Schaft des LötKolbens die Wärme. Um einer Verzunderung vorzubeugen wird die Lötspitze mit einer Nickel- oder Eisenschicht überzogen. Eine Erweiterung des LötKolbens sind speziell geformte Heizstempel, die mit Ihrer Kontur für die Lötstelle angepasst werden. Lot und Flussmittel werden als Draht mit Flussmittelseele automatisch zugeführt (/ATN/).



- **Bügellötén:** Bei diesem Verfahren werden temperaturgeregelte Werkzeuge (Lötbügel, Thermoden) für die Wärmeeinbringung in die Fügestelle verwendet; im Unterschied zum Kolbenlötén kann der Bügel kalt aufgesetzt werden, dann ein Lötprofil durchfahren und erst nach der Erstarrung abgehoben werden. **Bügellötén, Thermodenlötén** = Selektivlötén mit geregelter Werkzeugtemperatur zum Durchfahren eines Lötprofils

Mikroflammlötén: Die Lötwärme wird berührungslos mittels einer Knallgasflamme zugeführt. Lot und Flussmittel können als Paste vor dem Lötvorgang aufgetragen werden, oder als Draht beim Lötvorgang ohne oder mit Flussmittelseele zugeführt werden. Das Mikroflammlötén wird aufgrund der Verfügbarkeit preiswerter Diodenlaser kaum noch verwendet (/ATN/).



Laserlöten: Die Lötwärme wird berührungslos mittels CO₂-Laser (hohe Investition) oder Diodenlaser (gute Regelbarkeit der Leistung) zugeführt. Lot und Flussmittel können als Paste vor dem Lötvorgang, oder als Draht beim Lötvorgang ohne oder mit Flussmittelseele zugeführt werden. Mit umgeschmolzenen Lotdepots ist das Löten ohne Flussmittel möglich, da der Laser lokal eine so hohe Temperatur erzeugt, dass Metalloxide zerfallen und die Lotschmelze die aufgeheizten Kontakt- flächen in extrem kurzer Zeit benetzt (/ATN/).



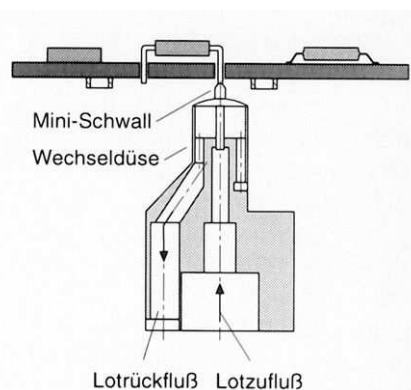
Beim **Lichtlöten** wird Infrarotlicht mit einem halbelliptischen Spiegel auf der Fugestelle fokussiert. Die Strahlungsenergie wird an der Oberfläche der Lötstelle durch Absorption in Wärme umgewandelt. Die Energie kann über die Leistung der Lichtquelle, die Strahlungs- dauer und die Art der Fokussierung variiert werden. Der Durchmesser des Brennfleckes liegt je nach optischem System bei 2-3 mm (/ATN/).



Beim **Induktionslöten** wird an eine Sekundärspule, dem Lötinduktor, eine Mittel- oder Hoch- frequenz- Stromquelle angelegt. Der im Induktor fließende Wechselstrom induziert ein Magnetfeld, das in Fügepartnern an der Lötstelle Wirbelströme erzeugt, die die Erwärmung auf Löttemperatur bewirken. Das Induktionslöten ermöglicht die Übertragung großer Energiemengen. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist der geringe Wartungs- und Instandhaltungsaufwand (/ATN/).



Löten mit einer **Punktquelle** (dynamisches Bad, /Scheel/)



- Aufheizphase/Temperaturgradient,
- Lötzeit/Arbeitstemperatur,

Hubbewegung der Tiegelpatte

Lötziegel

LP

Lot

Grundplatte

Löten mit maskierten Baugruppen im Wellenlötssystem

Da Blei ein giftiges Schwermetall ist, läuft in der EU die Umstellung auf bleifreie Lote (EU-Richtlinie ROHS + Elektronikschrott-Richtlinie WEEE) Hintergrund: In unsachgemäß behandelten Abfällen (Elektronikschrott) belastet das Schwermetall die Umwelt und kann im menschlichen Körper das Blutbild verändern und das Nervensystem schädigen. Auch wird die Natur geschützt, wenn weniger Blei Grundwasser, Flüsse usw. verschmutzen kann. Es muss somit nach neuen besseren Stoffen zum Löten gesucht werden, die kein Blei enthalten.

Als Ersatz für das Blei sind Reinzinn-, Zinn-Kupfer-, Zinnsilberlote geplant.

Problematisch ist, dass alle Techniken zum Löten angepasst werden müssen, da Lote ohne Blei wieder völlig andere Eigenschaften besitzen und deshalb andere Flussmittel usw. eingesetzt werden müssen. Es entstehen somit sehr hohe Kosten. Auch, weil BleiZinnLot natürlich am einfachsten zu prozessieren und sehr zuverlässig war.

*2Korrosion: Ist eine chem. Reaktion, bei der sich der Stoff und seine Eigenschaften ändern.(Bsp.: Rost)

*³Hygroskopie: Chem. oder physikal. Eigenschaft Wasser aus der Umgebung aufzunehmen. Verstärkt häufig Korrosion.

<http://www.weichloeten.de/themenschwerpunkte/09loetverfahren.htm>

Löttechnik Leitfaden für die Praxis ISBN:3-87155-149-X