

Löten

Das Löten ist das Verbinden von Metallteilen durch eine Metalllegierung (das Lot) unter Einfluss von Wärme/Hitze. Die Schmelztemperatur des Lotes liegt unterhalb der anderen zu verbindenden Metallen. Ab der richtigen Temperatur fließt das geschmolzene Lot zwischen die beiden Metallteile. Unter günstigen Voraussetzungen kommt es zwischen dem Lot und den Metallen zu einer festen, dichten, korrosionsbeständigen, strom- und wärmeleitenden Verbindung.

Alle weiteren Erläuterungen beziehen sich auf das Löten in der Elektronik und Elektrotechnik (Weichlöten). Das sogenannte Hartlöten soll hier der Vollständigkeit nur erwähnt werden.

Das Lot (Weichlot)

Weichlote sind Legierungen aus Zinn (Sn) und Blei (Pb). Zusätzlich wird geringe Mengen von Antimon (Sb), Silber (Ag) oder Kupfer (Cu) hinzugefügt. Die Zusammensetzung des Lotes richtet sich nach dem Anwendungsgebiet. Weichlote sind nach DIN 1707 genormt und durch Kurzzeichen gekennzeichnet.

Kurzzeichen	Zusammensetzung in %	Arbeitstemperatur in °C	Anwendung
PbSn40	60 Pb, 40 Sn	235	Feinbleche
Sn60Pb	60 Sn, 40 Pb	183	Verzinnen
Sn50PbCu	50 Sn, 49 Pb, 1 Cu	190	Elektrogeräte
Sn60PbAg	60 Sn, 36 Pb, 4 Ag	180	Elektronik

Das, in der Elektrotechnik, übliche Lot wird in der Umgangssprache Lötzinn genannt und ist eine Zinn-Blei-Legierung dessen Schmelzpunkt zwischen 180 °C und 260 °C liegt. Sein Arbeitszustand ist eine Art Draht, der in seiner Mitte ein Rohr besitzt, in dem sich Kolophonium befindet. Das Kolophonium dient als Flußmittel, weil das Lötzinn beim Schmelzvorgang mehr klebt als fließt.

Das Weichlot wird verwendet, wenn die Verbindung zweier Metalle dicht und leitfähig sein soll und um die mechanische Belastbarkeit keine hohe Anforderung gestellt wird. Folgende Metalle können weichgelötet werden:

- Zinn
- Zink
- Blei
- Kupfer
- Kupferlegierungen
- weicher Stahl
- Rotguß

Bleifreies Lot/Lötzinn

Seit Einführung der RoHS-Richtlinie geht das Schreckgespenst um, dass bleihaltiges Löten verboten ist. Doch bleifreies Lötzinn ist nach der RoHS-Richtlinie nur in kommerziellen Geräten vorgeschrieben. Das bedeutet, im Privatbereich darf man immer noch mit bleihaltigem Lötzinn arbeiten.

Ein bleifreies Lötzinn ist zum Beispiel die Lötzinn-Legierung S-Sn99Cu1 mit Zinn und Kupfer. Eventuell tut man sich mit einem höheren Flussmittelanteil leichter (Zinn/Silber/Kupfer), was dann natürlich auch teurer ist.

Lötverfahren

Generell unterscheidet man die Lötverfahren Weich- und Hartlöten. Weichlote haben einen Schmelzpunkt unter 450 °C. Hartlote haben einen Schmelzpunkt zwischen 450 °C und 1100 °C. Welches Lötverfahren angewendet wird entscheidet der Anwendungszweck.

Lötgeräte

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Typen von elektrischen Lötgeräten: LötKolben und LötPistole.

Der LötKolben ist das klassische Lötgerät, das zum Löten von gedruckten Schaltungen verwendet wird. Es handelt sich dabei um einen Griff mit einem Kabel auf der einen und einer metallischen Lötspitze auf der anderen Seite. Das Kabel steckt entweder in der Steckdose oder in einer regelbaren Lötstation, bei der die Temperatur der Lötspitze geregelt werden kann und als Ablage für den LötKolben dient. Es gibt auch LötKolben mit Akku- oder Gasbetrieb.

Die LötPistole hat eine typische Pistolenform mit einer Lötspitze vorne und einem Anschlusskabel im Griff. Die LötPistole hat den Vorteil, dass die Spitze schneller heiß wird. Mit ihr lassen sich auch thermoplastische Werkstoffe und großflächige Metallverbindungen löten.

Wer öfter und vor allem lange lötet, der ist mit einer temperaturgeregelten Lötstation (50 bis 80 Watt) auf der sicheren Seite. Damit kann man auch bleifrei löten.

Die Lötspitze ist sehr heiß. Gegenstände, die diese Temperaturen nicht vertragen werden durch Berührung mit der Lötspitze beschädigt oder zerstört. Vorsicht, es besteht auch Brandgefahr. In Gefahr ist auch die Haut der lötenden Person. Je nachdem wie lange der Kontakt mit der Lötspitze andauert, kann die Haut an der Kontaktstelle dauerhafte oder lebenslange Brandspuren oder Narben aufweisen. Die Umgebungstemperatur der Lötstelle darf nicht unterschätzt werden.

Zinksalbe kann bei leichten Verbrennungen Blasenbildung verhindern und führt zusätzlich dazu, dass die ganze Sache weniger schmerzhaft ist. Wichtig ist, dass die Zinksalbe griffbereit ist. Wer auf Zinksalbe verzichten will, der sollte bei einer Verbrennung den Gang zum Wasserhahn antreten und lauwarmes (!) Wasser über die Brandstelle fließen lassen. Auf keinen Fall sollte man kaltes Wasser zum Kühlen der Verbrennung benutzen. Wenn man ganz kaltes Wasser nimmt verengen sich die Blutgefäße und das hat zur Folge, dass in den tieferen Gewebeschichten der Haut die Wärmeabfuhr durch das zirkulierende Blut nicht mehr gewährleistet ist.

Das Löten / Der Lötvorgang

Vor dem Löten müssen folgende Dinge sichergestellt werden:

- Das Lötgerät hat die richtige Lötleistung (Temperatur/Watt).
- Die Größe der Lötspitze ist für die Größe der Lötstelle geeignet.
- Das Lot ist für die Lötleistung geeignet.
- Die Lötstelle ist metallisch rein, d. h. frei von Verunreinigungen und Oxydationsschichten (evt. mit Alkohol reinigen).
- Die Festigkeit der Lötstelle ist höher als die des Lotes.
- Die Lötspitze muss verzinkt und frei von Verunreinigungen sein.
- Für eine geeignete Ablage für das Lötgerät ist zu sorgen (z.B. Metallständer).
- Zum Reinigen der Lötspitze eignet sich ein kleiner nasser Schwamm.
- Einmal verlötete Stellen lassen sich nicht mehr rückstandsfrei vom Lötzinn befreien. Deshalb sollte sparsam mit dem Lötzinn umgegangen werden.
- Zu viel Lötzinn bildet Kugeln.

Beachtet man bereits beim Bestücken einer Platine ein paar Dinge, dann erspart man sich hinterher viele Probleme. Bei fertigen Bausätzen mit Platinen kommen die meisten Fehler durch schlechte Lötstellen und durch das Löten beschädigte Bauteile (Hitzetod).

Löten - Schritt für Schritt

1. Soweit es möglich ist, sollte zwischen den beiden zu verbindenden Metallen eine mechanische Verbindung bestehen. Drähte sollten miteinander verdreht werden. Die Beinchen von elektronischen Bauelementen sollte an der Lötstelle auf der Platine umgeknickt werden, damit sie nicht verrutschen.
2. Metalle, die vor dem Lötvorgang nicht mechanisch miteinander verbunden werden können, sollten verzinkt werden.
3. Das Verlöten von elektronischen Bauteilen ohne mechanische Verbindung dauert länger und kann deshalb zu einem Hitzeschaden an diesem Bauteil führen. Das Bauteil sollte deshalb mit einer metallischen Spitzzange oder ähnlichem während dem Lötvorgang fixiert werden.
4. Um zwei Metalle zu verlöten werden sie an der Lötstelle auf die richtige Arbeitstemperatur gebracht. Dazu wird das Lötgerät verwendet. Hat die Lötspitze des Lötgerätes die richtige Temperatur, dann dauert das ca. 2 bis 3 Sekunden.
5. Danach wird das Lötzinn kurz hinzugeführt (ca. 1 bis 3 Sekunden). Das Lötzinn beginnt im Optimalfall zwischen die Metalle zu fließen. Dabei steigt ein kleiner Rauchfaden auf und es knistert etwas an der Lötstelle. Je nach Größe der Lötstelle dauert das zwischen 2 bis 5 Sekunden. Sauber fließendes Lötzinn glänzt silbrig. Hat sich das Zinn verteilt, wird das Lötgerät entfernt.
6. Danach kühlt die Lötstelle ab. Haben die Metalle eine mechanische Verbindung und werden keiner Erschütterung (Verwackeln, Zittern) ausgesetzt glänzt die Lötstelle silbrig.
7. Hat die Lötstelle keine Möglichkeit erschütterungsfrei zu erstarren, so entsteht eine sogenannte kalte Lötstelle bei der es zu keiner Legierung der Metalle kommen konnte. Diese Lötstelle führt zu einem sehr hohen Übergangswiderstand, der bei ungünstigen Umständen zu keiner elektrischen Verbindung führen kann. Diese Lötstelle muss noch einmal nachbearbeitet werden (ab Schritt 4).
8. Überflüssiges Lötzinn oder Flußmittel an der Lötspitze sollte umgehend mittels eines nassen Schwammes entfernt werden.

Vor dem Löten verzinnen?

Ein recht häufiger Vorgang in der Praxis ist das Verzinnen der Kontaktflächen, vor dem eigentlichen Lötvorgang. Das heißt, die Kontaktflächen werden mit der Lötspitze leicht mit Zinn überzogen. Dabei macht man sich den Vorteil zu nutze, dass sich die Kontaktflächen schon in leicht erhitzten Zustand besser zusammenführen lassen. Doch wenn man sich dabei ungeschickt anstellt, dann kleben die Lötflächen nachher nichtleitend zusammen. Schon bei geringen mechanischen Erschütterungen bricht dann die Lötstelle auseinander. Hält die Lötstelle trotzdem, oxidiert das bereits erhitzte Lötzinn und stört die Verbindung. Im ungünstigsten Fall hat man sich eine kalte Lötstelle eingefangen. Später kann es dann zu einer Unterbrechung evt. sogar sporadisch kommen.

Richtig sauber gelötet ist dann, wenn beide Lötflächen zusammen erhitzt werden und darauf das Lötzinn gegeben wird. Das bedeutet, dass man vor dem Löten die Kontaktflächen irgendwie zusammen fixieren muss. Bei Drähten ist das relativ einfach. Hier verwirbelt man die Drähte einfach miteinander. Bauelemente mit Drahtanschlüssen verklemmt man in den Löchern auf der Platine. Und SMD-Bauteile klebt man vor dem Löten auf die Platine.

Kalte Lötstelle

Eine "kalte Lötstelle" ist eine Lötstelle mit sehr schlechten Kontakteigenschaften und führt zu einer schlechten elektrischen Verbindung. Im besten Fall ist der Übergangswiderstand einfach nur hoch. Im ungünstigsten Fall liegt überhaupt keine elektrische, sondern nur noch eine mechanische Verbindung vor. Das bedeutet, auf dem ersten Blick sieht alles in Ordnung aus. Aber eine Verbindungstrennung liegt trotzdem vor. Von daher ist eine "kalte Lötstelle" das schlimmste, was einem Hobby-Elektroniker beim Löten passieren kann.

Eine "kalte Lötstelle" entsteht dann, wenn ...

- die Leistung des LötKolbens zu schwach ist.
- die Spitze zu kalt ist.
- das Lötzinn zu früh zugeführt wird und die Kontaktstellen noch nicht heiß genug sind.
- die Kontaktstellen beim Erkalten bewegt werden.

Eine "kalte Lötstelle" erkennt man an ihrem fehlenden Glanz und häufig auch daran, dass sie eine Perlenform besitzt. Bei einer guten Lötstelle bildet das Lötzinn eine vulkanische Form, die glänzt. Nur bei bleifreiem Lötzinn kommt es zu matten oder stumpfen Oberflächen.

Bleifreies Löten / Löten mit bleifreiem Lötzinn

Hin und wieder gibt es Schwierigkeiten beim Löten mit bleifreiem Lötzinn. Insbesondere einfache LötKolben eignen sich nur bedingt. Ihre Spitze wird nach einiger Zeit sehr heiß und nach mehrmaligem Gebrauch kühlen sie zu schnell ab.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Qualität der Lötstelle mit dem bloßen Auge kaum feststellen lässt. Eine erkaltete, mit bleifreiem Lötzinn gelötete, Lötstelle sieht immer irgendwie wie ein kalte Lötstelle aus. Besonders Anfänger tun sich schwer damit, festzustellen, ob sie sauber gelötet haben, oder nicht. Der erfahrene Hobby-Elektroniker weiß aus Erfahrung heraus, ob der gerade abgeschlossene Lötvorgang erfolgreich war, oder nicht. Wenn man folgende Regeln beim bleifreien Löten beachtet, dann könnte trotzdem etwas daraus werden:

- Mit einer sauberen und verzinnnten Lötspitze arbeiten.
- Mit einer Temperatur von ca. 320 bis 340 Grad löten.
- Man sollte ca. 3 Sekunden länger auf der Lötstelle bleiben, als gewohnt (damit das Lötzinn richtig verlaufen kann).
- Die erkalteten Lötstellen haben eine graue, matte und raue Oberfläche. Sie sehen aus wie eine "kalte Lötstelle".

Entlöten

Lötstellen sind mechanisch dauerhafte Verbindungen. Lötstellen kann man auch wieder entfernen. In der Regel macht man das beim Austauschen von Bauteilen. Manchmal reicht es aus, wenn man die Lötstelle nochmals erhitzt und das Bauteil dann herauszieht. Doch in der Regel lassen sich Lötstellen nur mit viel Mühe und Aufwand wieder entfernen.

Muss Lötzinn entfernt werden, dann kann man sich zwei verschiedener Hilfsmittel bedienen. Das eine Hilfsmittel ist die Entlötpumpe. Sie wird durch Druck gespannt, auf die erhitzte und flüssige Lötstelle aufgesetzt und ausgelöst. Sie erzeugt einen kurzzeitigen Staubsaugereffekt, bei dem sie das heiße und flüssige Lötzinn nach oben in sich hineinzieht. Die Lötstelle ist dann mit einem leichten Zinn-Rückstand frei gelegt. Die Kontaktstellen lassen sich im Regelfall voneinander lösen.

Doch Vorsicht, beim Betätigen der Entlötpumpe entsteht ein Rückstoß, der die Leiterplatte beschädigen kann. Deshalb ist mit der Entlötpumpe vorsichtig umzugehen.

Das zweite Hilfsmittel ist die Entlötlitze. Sie ist ein feines Drahtgeflecht aus Kupfer, dass in erhitztem Zustand flüssiges Lötzinn aufsaugt. Dazu muss sich die Entlötlitze zwischen Lötstelle und Lötspitze befinden. Damit das Lötzinn durch die Entlötlitze flüssig wird, braucht der LötKolben sehr viel Wärmeleistung. Entlöten mit der Entlötlitze entfernt das Lötzinn nahezu rückstandsfrei. Es bleibt nur eine geringe Lötzinnschicht auf der Leiterbahn zurück.

Ganz professionell entlötet man mit einer Lötstation mit elektrischer Pumpe. Durch ein Loch in der Entlötpitze wird das Lötzinn abgesaugt. Das ist die sauberste, aber auch teurere Lösung.

Beim Entlöten muss man berücksichtigen, dass die Gefahr besteht, dass das entlötete Bauteil anschließend nicht mehr funktioniert. Beim Entlötvorgang wird erheblich länger gelötet, als beim Einlöten. Das Bauteil ist dadurch länger der Hitze ausgesetzt. Manche Bauteile gehen kaputt, wenn sie zu lange einer großen Hitze ausgesetzt sind.

Wenn sicher ist, dass das Bauteil nicht mehr gebraucht wird, dann nimmt man am besten die Entlötlitze. Danach ist auch die Lötstelle sauber. Braucht man das Bauteil noch, dann eignet sich dafür eher die Entlötpumpe.