

Herzlich willkommen zum Workshop **Löten, aber richtig**.

Heute werde ich ein wenig über das Löten erzählen und anschließend ein paar Tricks beim Umgang mit kleinen Bauteilen erläutern. Auch für diesen Workshop gilt wieder, wenn er Ihnen hilft, würde ich mich über eine kleine Aufwandsentschädigung freuen.

Konto Nummer 2714459, BLZ. 35070024 Deutsche Bank, Alfred Bernschneider, Stichwort: Workshop. Neu jetzt auch die IBAN-Nr. DE54350700240271445900.

Löten, was ist das überhaupt?

Löten ist das Verbinden mehrerer Metallteile durch ein anderes Metall oder durch eine Legierung, Lot genannt; wobei das Lot einen niedrigeren Schmelzpunkt als die zu verbindenden Teile hat.

Dabei fließt das geschmolzene Lot zwischen die erwärmten, aber festen Metalle. Lotverbindungen rechnet man zu den **unlöslichen** Verbindungen.



Kupfer Lot Messing

Hier sehen Sie eine starke Vergrößerung eines Schliffbildes von so einer Lötverbindung.

Anforderungen an die Lötverbindung

Die Anforderungen an eine Lötverbindung sind je nach Verwendung des gelöteten Stückes verschieden. Es können verlangt werden:

Dichtheit bei Behältern (Eimer, Dosen).

Widerstandsfähigkeit gegen Stoß, Druck und Zug (Rohrverbindungen, Schneidplatten auf Drehmeißeln).

Haltbarkeit bei Erwärmung (Boiler)

Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und chemische Einflüsse mit Rücksicht auf die Lebensdauer (Flüssigkeitsbehälter).

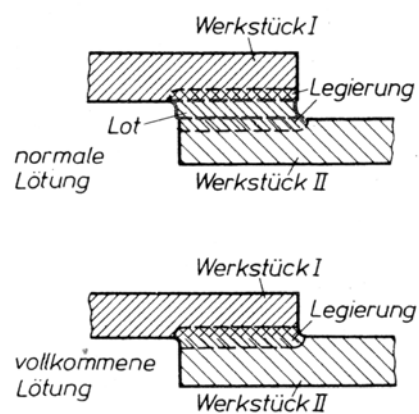
Unauffälliges Aussehen durch gleiche Farbe des Lotes wie die zu verbindenden Teile (Kunstgewerbe, Modellbau)

Einfache und rasche Ausführbarkeit mit Rücksicht auf den Preis.

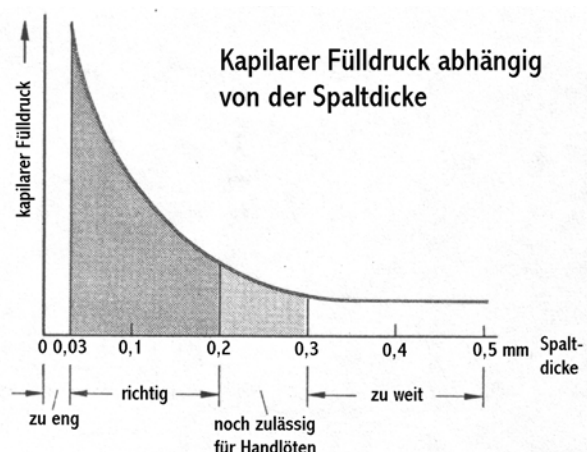
Elektrische Leitfähigkeit bei Leitungen in elektrischen Geräten.

Vorgänge beim Löten

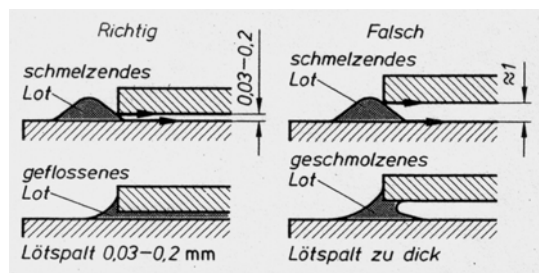
Zwischen flüssigem Lot und der Oberfläche der festen Metalle kommt es unter günstigen Voraussetzungen zu einer Legierungsbildung. Neigen Lot und die zu verbindenden Metalle dazu, sich zu legieren, so genügt es, wenn eines der beiden Metalle flüssig ist.



Vorgänge beim löten



Die Festigkeit der legierten Lötspaltschicht ist höher als die Festigkeit des Lots. Nähte mit einer geringen Lotdicke weisen die größte Festigkeit auf. Bei geringer Lotdicke und sonst günstigen Lötbedingungen legiert sich das ganze Lot mit dem Werkstoff der Werkstücke. Geringe Lötspaltdicke (0,03 bis 0,2 mm) begünstigt außerdem das bessere Eindringen und Durchfließen des Lots durch die Kapillarwirkung der nahe aneinanderliegenden Lötflächen.



Die wichtigsten Voraussetzungen für das Zustandekommen einer vollkommenen Lötung sind:

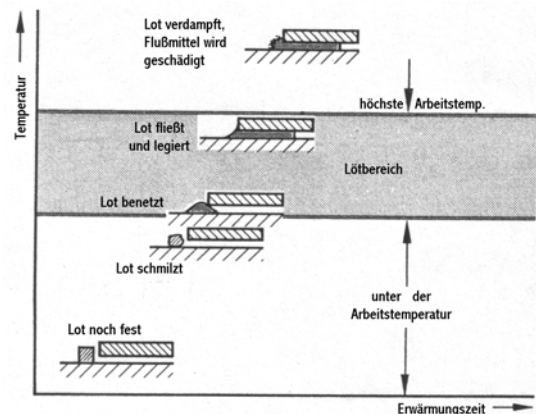
Die Lötstelle muss **metallisch rein**, also frei von Verunreinigungen und Oxidschichten sein.

Die Bildung einer neuen **Oxidschicht** muss während des Lötvorganges **verhindert** werden. Dies erfolgt durch Flussmittel oder Schutzgase.

Die Löttschicht muss so **dünn wie möglich** sein.

Werkstück und Lot müssen an der Lötstelle die **Arbeitstemperatur** aufweisen.

Die Arbeitstemperatur ist die niedrigste Oberflächentemperatur des Werkstücks an der Lötstelle, bei der das Lot **benetzt, fließt** und **legiert**.



Wichtige Löttemperaturen

Bei Temperaturen des Werkstücks unter der Arbeitstemperatur erfolgt weder ein Benetzen noch ein Fließen des Lots, obwohl das Lot schon flüssig sein kann.

Die Lötstelle muss während des Überganges vom flüssigen zum festen Zustand des Lotes **erschütterungsfrei** bleiben.

Der Lötvorgang vollzieht sich in drei Stufen:

Benetzen: Nachdem die Arbeitstemperatur erreicht ist und das Flussmittel gewirkt hat, verdrängt das flüssige Lot das Flussmittel und beginnt die Oberfläche der Werkstücke zu benetzen, d.h. es kommt zu inniger Berührung zwischen Lot und Werkstück.

Fließen: Das flüssige Lot breitet sich weiter aus, verdrängt das Flussmittel aus dem Lötspalt und füllt diesen aus.

Legieren: Das fließende Lot kann nun in den Randzonen der Lötstücke entlang der Korngrenzen eindringen und sich mit ihnen legieren. Dabei ist in jedem Fall die Eindringtiefe sehr klein.

Oberhalb der höchsten Arbeitstemperatur verdampfen Legierungsbestandteile des Lots, ferner bildet sich im Werkstück grobes Korn und außerdem werden die Wirksamkeit des Flussmittels und die Festigkeit der Lötstelle herabgesetzt.

Zwischen der niedrigsten und der höchsten Arbeitstemperatur liegt der Lötbereich des Lots.

Werkstoffeigenschaften lötlbarer Metalle

Für die Lötbarkeit der Metalle sind folgende Eigenschaften von besonderer Wichtigkeit:

Die Löslichkeit der Werkstoffe und ihrer Oxidschichten in den Flussmitteln. Davon hängt die Erzeugung einer chemisch reinen Lötstelle ab.

Die Schnelligkeit der Oxidbildung im erwärmten Zustand. Je schneller sich die Oxidhaut bildet, desto schwerer ist eine reine Lötstelle zu erreichen.

Der Schmelzpunkt der Werkstoffe. Nach ihm richtet sich die Lötart (Weich- oder Hartlötung).

Die Wärmeausdehnung. Metalle und Lot sollen sich möglichst gleich ausdehnen und zusammenziehen. Dehnen sie sich verschieden aus, so kann die Lötnaht aufspringen.

Der Fluss zwischen Lot und Metall. Darunter versteht man die Neigung der Lote, sich auf der Lötstelle auszubreiten und mit den zu lötlenden Metallen eine Legierung zu bilden. Man spricht von gutem Fluss, wenn sich das Lot schnell ausbreitet und sich leicht legiert.

Lötarten

Je nach Art der verwendeten Lote unterscheidet man Weichlöten und Hartlöten.

Lotzuführungen

Beim löten mit *angesetztem* Lot werden die Werkstücke an der Verbindungsstelle auf Löttemperatur erwärmt und das Lot durch Berühren mit den Werkstücken und der Wärmequelle zum Schmelzen gebracht.

Beim Löten mit *ingelegtem* Lot werden die Werkstücke ganz oder nur an der Verbindungsstelle mit einer abgemessenen Lotmenge auf Löttemperatur erwärmt.

Beim *Tauchlöten* werden die Werkstücke in einem Bad aus flüssigem Lot auf Löttemperatur erwärmt, wobei das geschmolzene Lot den Lötspalt ausfüllt.

Kommen wir nun zu den Loten

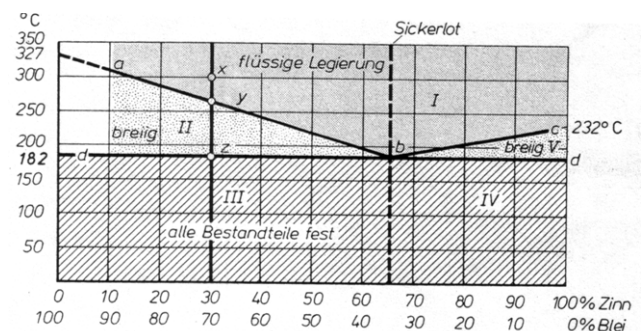
Der Schmelzpunkt der Lote muss stets niedriger sein als der Schmelzpunkt der zu lötlenden Metalle.

Weichlote

Bei ihnen liegen die Arbeitstemperaturen **unter 450 °C**. Das löten mit Weichlot wird als *Weichlöten* bezeichnet, weil die Lote aus weicheren Metallen bestehen (z.B. Zinn, Blei). Eine solche Verbindung ist gut biegsam. Nachteilig ist die geringe Festigkeit. Deshalb werden die Weichlote meist nur zum Löten bei Klempnerarbeiten und von stromleitenden Verbindungen in der Elektrotechnik verwendet.

Die wichtigsten und meist angewandten Weichlote sind Legierungen aus Zinn und Blei. Ist der Zinnanteil größer als 50%, so bezeichnet man sie als Zinnbleilote; ist er dagegen kleiner als 50%, so sind es Bleizinnlote.

Die für den Lötvorgang wichtigsten Eigenschaften dieser Lote sind aus dem folgenden Schaubild zu entnehmen.



Auf der waagerechten Achse des Schaubildes ist der Zinn- bzw. Blei-gehalt der Lote in Prozent, auf der senkrechten Achse der Temperaturzustand in Grad C aufgetragen. Reines Blei schmilzt bei 327 °C, geht also bei dieser Temperatur vom festen direkt in den flüssigen Zustand über. Beim Abkühlen verhält es sich umgekehrt.

Reines Zinn schmilzt bei 232 °C, geht also bei dieser Temperatur vom festen unmittelbar in den flüssigen Zustand über, beim Abkühlen umgekehrt.

Erwärmt man Zinnbleilot mit 65% Zinn- und 35% Bleigehalt, so schmilzt dieses Lot genau bei 182 °C.

Es geht vom festen unmittelbar in den flüssigen Zustand über, beim Erkalten umgekehrt. Dieses Lot wird als „Sickerlot“ bezeichnet. Nur die zwei reinen Metalle Zinn und Blei sowie das Sickerlot haben einen scharfen Schmelzpunkt. Bei ihnen gibt es keinen „breiigen“ Zustand zwischen fest und flüssig. Alle übrigen Lote aus Zinn und Blei gehen beim Erwärmen bei einer Temperatur von 182 °C (Linie d-d) vom festen in den *breiigen* Zustand über (Feld II und V). Bei weiterer Erwärmung über die Temperaturlinie a-b-c hinaus geht die Legierung in den flüssigen Zustand über. Beim Abkühlen aus Feld I wird unterhalb der Linie a-b-c die Legierung immer breiiger, und unter der Linie d-d (182 °C) sind alle Bestandteile wieder fest.

Beispiel: Ist ein Lot mit 30% Zinngehalt auf 300 °V erwärmt worden, so ist es flüssig (Feld I, Punkt x). Erreicht die Temperatur bei der folgenden Abkühlung etwa 260 °C (Linie a-c, Punkt y), so beginnen sich im flüssigen Lot feste Krusten zu bilden. Das Lot wird breiig. Bei weiterem Abkühlen ist vom Punkt z auf Linie d-d ab das Lot fest (182 °C)

Die auf den später folgenden Tabellen angegebenen Arbeitstemperaturen der Zinn-Blei-Lote stimmen mit den Werten des obigen Schaubildes nicht überein, da die in den Werkstätten verwendeten Weichlote meist einen Antimonzusatz haben, welcher die Schmelzpunkte beeinflusst.

Sickerlot hat einen scharf ausgeprägten Schmelzpunkt und wird nicht breiig.

Sickerlot hat den niedrigsten Schmelzpunkt. Alle anderen Lote gehen bei 182 °C in breiigen Zustand über. Sie sind daher nicht wärmebeständiger als Sickerlot.

Für Lötungen an Werkstücken aus Blei wählt man häufig Weichlote mit unscharfem Schmelzpunkt, da diese sich im breiigen Zustand „schieben“ lassen. Hierfür eignen sich bleireiche Lote, niemals aber reines Blei, Zinn oder Sickerlot. Bei letzteren gibt es keinen breiigen Zustand.

Legierungen sind meist härter und fester als jedes ihrer Legierungsmetalle. Bei Zinnbleiloten hat die Legierung mit höchstem Zinngehalt die größte Härte und Festigkeit. Zum Löten und Verzinnen von Geräten, die mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen, darf nur Lot mit höchstens 10% Bleigehalt verwendet werden (Blei ist giftig).

Weichlote für Schwermetalle (DIN 1707) sind in drei Gruppen A, B und C eingeteilt. Im Kurzzeichen steht der mengenmäßige Hauptbestandteil an erster Stelle.

Gruppe A: Bleizinn- und Zinnblei-Weichlote mit unterschiedlichem Antimonanteil, z. B. für Kühlerbau, Klempnerarbeiten und Verzinnungen.

Beispiele:

L-PbSn 20 Sb ist ein Bleizinnlot mit 20% Sn, bis 1,2% Sb, Rest Pb, antimonhaltig.

L-Sn 60 Pb ist Zinnbleilot mit 60% Sn, Rest Pb, antimonfrei.

Gruppe B: Zinnblei-Weichlote mit Kupfer- oder Silberzusatz, z. B. für Elektrogerätebau.

Beispiel:

L-Sn 60 Pb Cu ist ein Zinnbleilot mit 60% Sn, bis 0,3% Cu, Rest Pb.

Gruppe C: Sonderweichlote, z. B. für Kupferrohrlötungen.

Beispiel:

L-CdZnAg 10 ist ein Sonderweichlot mit 22% Zn, 10% Ag, Rest Cd.

Diese Lote werden in Blöcken, Bändern, Folien, Stangen, als Volldraht, Hohl Draht mit Flussmittelsee und als Pulver geliefert.

Außer den genormten gibt es nichtgenormte Sonderweichlote mit besonders niedrigem Schmelzpunkt, die meist Kadmium oder Wismut enthalten. Je nach Zusammensetzung liegen ihre Schmelzpunkte zwischen 60 und 160 °C.

Weichlote für Aluminium-Werkstoffe (DIN 8512) dienen zum Weichlöten von Al und Al-Legierungen. Das Löten dieser Metalle bietet Schwierigkeiten, da sich die Oxidhaut an der Lötstelle nur schwer entfernen lässt. Die Arbeitstemperaturen liegen zwischen 210 und 300 °C.

Hartlote

Die Arbeitstemperaturen der Hartlote liegen **über 450 °C**. Das Löten mit Hartloten bezeichnet man als Hartlöten. Es wird angewendet, wenn die Verbindung hohe Festigkeit haben soll oder wenn die Metalle sich durch Weichlöten nicht verbinden lassen (Edelmetalle). Die Hartlotnaht muss biegsam und hämmerbar sein. Oft soll das Lot dieselbe Farbe haben wie das Werkstück. Ferner soll es schnell flüssig werden, um ein Überhitzen und ein Verziehen der Werkstücke zu vermeiden.

Hartlote für Schwermetalle (DIN 8513) werden nach ihrer Zusammensetzung, ihrer Verwendung und ihrer Arbeitstemperatur unterteilt.

Kupferlote bestehen aus Kupfer oder Kupferlegierungen und werden zum Hartlöten von Werkstücken aus Eisen-, Kupfer- und Nickelwerkstoffen verwendet. Die Zusätze an Zink, Zinn und Phosphor bestimmen im Wesentlichen die Arbeitstemperaturen der Lote. Diese liegen zwischen 710 und 1100 °C. Die Kupferlote werden als Lotdraht, Lotstab, Lotfolie und Kornlot geliefert.

Beispiele:

L-SCu ist Kupferlot mit mindestens 99,9% Cu, sauerstofffrei, Arbeitstemperatur 1100 °C, verwendet zum Auflöten von Hartmetallschneidplättchen auf Werkzeugstähle.

L-Ms 60 ist Messinglot mit 60% Cu, bis 1,3% andere Legierungsbestandteile (Si, Sn, Mn, Fe), Rest Zn, Arbeitstemperatur 900 °C, verwendet zum Löten von Stahl, Kupfer- und Nickellegierungen.

Silberhaltige Hartlote mit weniger als 20% Silber bestehen aus Kupfer als Hauptbestandteil mit Zusätzen von Silber, Zink, Kadmium, Phosphor und Silizium. Ihre Arbeitstemperaturen liegen je nach Lot zwischen 710 und 860 °C. Sie werden zum Löten von Stahl, Temperguß, Kupfer- und Nickellegierungen verwendet.

Beispiele:

L-Ag 12 ist ein silberhaltiges Hartlot mit 12% Ag, 48% Cu, Rest Zn, Arbeitstemperatur 830 °C, verwendet zum Löten von hochschmelzenden Kupferlegierungen.

L-Ag 15 P ist silberhaltiges Hartlot mit 15% Ag, 5% P, Rest Cu, Arbeitstemperatur 710 °C, verwendet zum Löten von Kupferlegierungen.

Silberhaltige Hartlote mit mindestens 20% Silber haben, sofern sie Kadmium enthalten, verhältnismäßig niedrige Arbeitstemperaturen und ermöglichen ein werkstoff- und werkstückschonendes Hartlöten bei kurzen Lötzeiten. Die nickel- und manganhaltigen Hartlote werden wegen ihrer benetzungsfördernden Eigenschaft auch zum Auflöten von Hartmetallplättchen verwendet.

Beispiele:

L-AG 40 Cd ist silberhaltiges Hartlot mit 40% Ag, 20% Cd, 19% Cu, Rest Zn, Arbeitstemperatur 610 °C, verwendet zum Löten von Stahl, Temperguß, Kupfer.

L-Ag 27 ist silberhaltiges Hartlot mit 27% Ag, 38% Cu, 9,5% Mn, 5,5% Ni, Rest Zn, Arbeitstemperatur 840 °C, verwendet zum Löten von Wolfram- und Molybdänwerkstoffen.

Die silberhaltigen Hartlote werden als Draht oder Stab geliefert.

Hartlote für Aluminium-Werkstoffe

(DIN 1732 und 8512) sind Legierungen mit über 72% Aluminium und Zusätzen von Silizium, Kupfer, Nickel, Zinn und Kadmium. Ihre Arbeitstemperaturen liegen zwischen 450 und 590 °C. Diese Hartlote werden in Form von Stäben, Drähten und Körnern verwendet. Das Löten von Aluminium wird meist durch Schweißen ersetzt.

Flussmittel

Erwärmte Metalle verbinden sich rascher mit dem Sauerstoff der Luft als kalte. Dabei bildet sich auf dem Metall eine dünne Oxidschicht. Diese verhindert beim Löten den Zutritt des flüssigen Lots zum blanken Metall. Damit man eine einwandfreie Lötung erhält, verwendet man ein Flussmittel. Es muss die vorhandene Oxidschicht ablösen, sich vom nachfließenden Lot leicht verdrängen lassen und den erneuten Zutritt des Sauerstoffs zur Lötstelle verhindern.

Die Flussmittel haben die Aufgabe, die Oxidhaut vom Metall abzulösen und die blanke Metallfläche während des Löt-Vorgangs vor erneuter Oxydation zu schützen.

Die verschiedenen Arbeitstemperaturen und Lötmetalle beim Weichlöten und Hartlöten bedingen auch verschiedene Flussmittel. Auch Lote und Flussmittel müssen aufeinander abgestimmt sein. Sie müssen sich gegenseitig abstoßen, damit das Lot beim Füllen des Lötspalts das Flussmittel vollkommen verdrängen kann und keine Flussmittelreste eingeschlossen werden. Nach dem Löten müssen die Flussmittelreste von der Lötstelle entfernt werden, da sonst Korrosion entstehen kann.

Flussmittel zum Weichlöten von Schwermetallen:

Lötwasser (säurehaltig) ist ein flüssiges Flussmittel. Es wird zum Löten von Stahl, Messing, Zinn, Kupfer usw. angewandt. Man stellt es entweder aus Chlorzink in Stangenform, aufgelöst in Wasser, oder aber aus Salzsäure unter Zugabe von Zinkschnitzeln her (Vorsicht: Knallgasbildung).

Lötfett und Lötöl verwendet man, wenn eine schöne saubere Naht verlangt wird, z. B. bei Weißblecharbeiten. Lötfett und Lötöl sind nicht ganz säurefrei.

Kolophonium (säurefrei) findet vor allem bei Verbindungen elektrischer Leitungen Anwendung.

Stearin und **Talg**, beide säurefrei, wendet man für Bleilötungen an.

Salzsäure in verdünnter Form nimmt man bei Zink und verzinkten Blechen.

Flussmittel zum Hartlöten von Schwermetallen:

Der **ungebrannte Borax** ist ein weißes Pulver. Er hält den Sauerstoff nur unvollkommen ab, weil er wegen des Wassergehaltes stark schäumt.

Der **gebrannte Borax** enthält kein Kristallwasser (es wurde durch das Brennen ausgetrieben). Er hält den Sauerstoff der Luft von der Lötstelle ab. Dies ermöglicht eine gute Lötung.

Das **Streuborax** ist eine Mischung auf fein gepulvertem gebranntem Borax, Kochsalz und Pottasche. Er nimmt gerne Feuchtigkeit auf und ist daher luftdicht aufzubewahren. Mit ihm lassen sich sehr saubere und sehr gute Lötungen erreichen.

Flussmittel zum Weich- und Hartlöten von Leichtmetallen, (DIN 8511)

sind Salze, welche die schwer lösliche Aluminiumoxidhaut in kurzer Zeit auflösen und so die Benetzung des einfließenden Lots mit dem Werkstück ermöglichen. Sie sind pulverförmig und nehmen an der Luft Feuchtigkeit auf. Deshalb müssen sie verschlossen und trocken aufbewahrt werden.

Auf den nächsten beiden Seiten folgen die Tabellen über Lote und Flussmittel.

2)

1)

Lote und Flußmittel										
Hartlote für Schwermetalle, Kupferbasislote DIN 8513 T1 (10.79)										
Lotwerkstoff Kurzzeichen	Werkstoff Nr.	Zusammensetzung Mittelwerte Gew.-%				Schmelzbereich		Arbeits- temperatur °C	Hinweise für die Verwendung	
		Cu	Zn	Sn	sonstige	von °C	bis °C			
L-SFCu	2.0091	100	0	0	bis 0,04% P	1083		1100	Stähle Fe- und Ni-Werkstoffe	
L-CuSn6	2.1021	94	0	6	bis 0,4% P	910	1040	1040		
L-CuSn12	2.1055	88	0	12		825	990	990		
L-CuNi10Zn42	2.0711	48	42	0	10% Ni, 0,2% Si	890	920	910	St, GT, Ni, Ni-Leg., Gußeisen	
L-CuZn46	2.0413	54	46	0	0	880	890	890	St, GT, Cu, Cu-Leg.	
L-CuZn40	2.0367	60	40	0,5	bis 0,3% Mn	890	900	900	St, Gt, Cu, Ni, Cu- und Ni-Leg.	
L-CuZn39Sn	2.0533	60	39	1	1% Mn, 1% Ag	870	890	900	Gußeisen	
L-ZnCu42	2.2310	42	58	0	0	835	845	845	CuNiZn-Legierungen	
L-CuP7	2.1463	93	0	0	7% P	710	820	720	Cu, CuZn- und CuSn-Leg.	
Hartlote für Schwermetalle, silberhaltig DIN 8513, T2 und T3 (10.79)										
Gruppe	Lotwerkstoff Kurzzeichen	Werkstoff Nr.	Zusammensetzung Mittelwerte Gew.-%				Schmelzbereich		Arbeits- temperatur °C	Hinweise für die Verwendung
			Ag	Cu	Zn	sonstige	von °C	bis °C		
AgCuCdZn	L-Ag67Cd	2.5142	67	11	12	9% Cd	635	720	710	Edelmetalle
	L-Ag50Cd	2.5143	50	15	18	18% Cd	620	640	640	Edelmetalle, Stähle, Cu-Legierungen
	L-Ag45Cd	2.5146	45	17	18	20% Cd	620	635	620	Stähle, Temperguß, Cu, Cu-Legierungen Ni, Ni-Legierungen
	L-Ag40Cd	2.5141	40	19	21	20% Cd	595	630	610	
	L-Ag30Cd	2.5145	30	28	21	21% Cd	600	690	680	
	L-Ag20Cd	2.1215	20	40	25	15% Cd	605	765	750	
AgCuZn	L-Ag45Sn	2.5158	45	27	25	3% Sn	640	680	670	Stähle, Temperguß, Cu, Cu-Legierungen Ni, Ni-Legierungen
	L-Ag44	2.5147	44	30	26	0	675	735	730	
	L-Ag34Sn	2.5157	34	36	27	3% Sn	630	730	710	
	L-Ag25	2.1216	25	41	34	0	700	800	780	
Sonderhartlote	L-Ag85	2.5161	85	0	0	15% Mn	960	970	960	Stähle, Ni, Ni-Leg.
	L-Ag56InNi	2.5162	56	26	0	14% In, 4% Ni	620	730	730	Cr, CrNi-Stähle
	L-Ag50CdNi	2.5160	50	15	16	16% Cd, 3% Ni	645	690	660	Cu-Legierungen
	L-Ag49	2.5156	49	16	24	7% Mn, 4% Ni	625	705	690	Hartmetall auf Stahl, W- und Mo-Werkstoffe
	L-Ag27	2.1217	27	38	21	9% Mn, 5% Ni	680	830	840	Edelmetalle
	L-Ag83	2.5152	83	15	2	0	780	830	830	
	L-Ag67	2.5148	67	23	10	0	700	730	730	
	L-Ag60	2.5150	60	26	14	0	695	730	710	
	L-Ag60Sn	2.5155	60	23	14	3% Sn	620	685	680	Stähle, Temperguß, Cu, Cu-Legierungen Ni, Ni-Legierungen
	L-Ag12Cd	2.1208	12	50	31	7% Cd	620	825	800	
L-Ag12	2.1207	12	48	40	0	800	830	830		
L-Ag5	2.1205	5	55	40	bis 0,2% Si	820	870	860		
L-Ag15P	2.1210	15	80	0	5% P	650	800	710		
L-Ag5P	2.1466	5	89	0	6% P	650	810	710		
L-Ag2P	2.1467	2	92	0	6% P	650	810	710		
Hartlote, Nickelbasislote zum Hochtemeraturlöten DIN 8513 T5 (2.83)										
		Ni	Cr	Si					Nickel, Cobalt, Ni-, Co-Legierungen, unlegierte u. legierte Stähle	
L-Ni1	2.4140	74	14	4,5	4,5% Fe, 0,5% C		980	1040		k.A.
L-Ni3	2.4143	91	0	4,5	0,5% Fe, 3% B		980	1040		k.A.
L-Ni5	2.4148	71	19	10	0		1080	1135		k.A.
L-Ni7	2.4150	76	14	0	10% P		890	890		k.A.

Zu 1)

Die Kurzzeichen nach DIN 8513 sollen nach einer Übergangszeit durch Kurzzeichen nach DIN ISO 3677 (6.80) ersetzt werden. Diese Kurzzeichen bestehen aus dem Buchstaben **B** für Lotwerkstoffe, dem chemischen Zeichen und der Prozentangabe des Hauptbestandteiles, den chemischen Zeichen der weiteren Legierungsbestandteile mit mehr als 2% Gewichtsanteil sowie der *Solidus*- und der *Liquidustemperatur*.

Beispiel: Benennung des Lotes L-CuNi10Zn42 nach DIN ISO 3677: **B Cu48ZnNi 890-920**

Zu 2)

Unterer Wert ist *Solidustemperatur*, oberer Wert *Liquidustemperatur*.

Lote und Flußmittel									
Weichlote DIN 1707 (2.81)									
Lotwerkstoff		Werkstoff Nr.	Zusammensetzung Mittelwerte Gew.-%			Schmelzbereich		Hinweise für die Verwendung	
Gruppe	Kurzzeichen		Sn	Pb	sonstige	von °C	bis °C		
A Bleizinn- u. Zinnblei-Weichlote	Ah antimonhaltig	L-PbSn12Sb	2.3412	12	Rest	bis 0,7% Sb	250	295	Kühlerbau
		L-PbSn20Sb3	2.3423	20		bis 3% Sb	186	270	Karosseriebau (Schmierlot)
		L-PbSn40Sb	2.3442	40		bis 2,4% Sb	186	225	Kühlerbau
		L-PbSn30(Sb)	2.3430	30		bis 0,5% Sb	183	255	Feinblechpackungen
		L-PbSn40(Sb)	2.3440	40		bis 0,5% Sb	183	235	Verzinnung, Feinblech, Zink,
		L-Sn60Pb(Sb)	2.3665	60		bis 0,5% Sb	183	190	Verzinnung, Feinlötung, Elektro
	Aa antimonarm	L-PbSn2	2.3402	2	98	0	320	325	Feinblechpackungen
		L-Sn50Pb	2.3650	50	50	0	183	215	Elektroindustrie, Verzinnung
		L-Sn60Pb	2.3660	64	40	0	183	190	gedruckte Schaltungen
		L-Sn63Pb	2.3663	63	37	0	183	183	Elektronik, Feinwerktechnik
		L-Sn90Pb	2.3680	90	10	0	183	215	Zinnwaren
	Af antimonfrei	L-Sn60PbCu	2.3661	60	Rest	bis 0,2% Cu	183	190	Elektrogerätebau, Elektronik, gedruckte Schaltungen, Miniaturtechnik
		L-Sn60PbCu2	2.3662	60		bis 2% Cu	183	190	
		L-Sn60PbAg	2.3667	60		3,5% Ag	178	180	
		L-Sn63PbAg	2.3666	63		1,4% Ag	183	215	
L-Sn63PbP		2.3671	63	bis 0,004% P		183	183		
B Zinnblei-Weichlote mit Cu-, Ag-, oder P-Zusatz	L-Sn60PbCu	2.3661	60	Rest	bis 0,2% Cu	183	190	Elektrogerätebau, Elektronik, gedruckte Schaltungen, Miniaturtechnik	
	L-Sn60PbCu2	2.3662	60		bis 2% Cu	183	190		
	L-Sn60PbAg	2.3667	60		3,5% Ag	178	180		
C Sonder-Weichlote	L-SnAg5	2.3690	96	0	3 bis 5% Ag	221	240	Kupferrohrinstallation Kälteindustrie, Edelmetalle	
	L-CdZnAg5	2.2485	0	0	5% Ag 22% Zn	270	310	Elektromotore	
	L-CdAg5	2.2480	0	0	5% Ag, Rest Cd	340	395	Für hohe Betriebstemperaturen	

Flußmittel zum Hartlöten			Flußmittel zum Weichlöten von Schwermetallen		
Typ	Wirktemperatur		Typ	Wirkung der Rückstände	Hinweise für die Verwendung
	von °C	bis °C			
F-SH 1	550	800	F-SW 11	stark	für stark oxidierte Oberflächen, z. B. Dachrinnen
F-SH 2	750	1100	F-SW 12	korrodierend	Kühlerbau, Klempnerarbeiten, Tauchverzinnen
F-SH 3	ab 1000		F-SW 21	leicht korrodierend	Kupferrohrinstallation, Armaturen, Feinbleche
F-SH 4	600	1000	F-SW 22		Kupfer und Kupferlegierungen
Bedeutung der Typ-Kurzzeichen: F Flußmittel S für Schwermetalle H Hartlöten W Weichlöten			F-SW 23		Blei, Bleilegierungen, Feinlötungen
			F-SW 24	teilweise	Elektrotechnik, besonders Flammlötungen
			F-SW 25	korrodierend	Elektrotechnik, besonders Induktionslötung
			F-SW 26	nur bei Fe korrodierend	Elektrogerätebau
			F-SW 31	nicht	Elektrotechnik, Elektronik, Lotbadabdeckungen
			F-SW 32	korrodierend	gedruckte Schaltungen, Miniaturtechnik

Das Hartlöten

Das Hartlöten betrifft den Modelleisenbahnliebhaber wohl seltener als das Weichlöten. Ich will dennoch kurz darauf eingehen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Werkzeugwahl. Die beste ist das Löten mit Acetylen-Sauerstoff-Gemisch (Autogen).

Dazu wird folgende Ausrüstung benötigt:

- Acetylenflasche und Sauerstoffflasche →
- Armaturen mit Rückschlagventil
- Schläuche
- Handstück mit Spitze
- Anzünder
- Abgedunkelte Schweißbrille



Rückschlagventil

Handstück mit verschiedenen Spitzen und Brennervorsatz sowie weiteres Zubehör bekommt man auch in einem Komplett-Set.

Die Acetylen und Sauerstoffflasche bekommt man mittlerweile in jedem gut sortierten Baumarkt. Die Standardgröße ist 40 Liter (Industriebedarf) wobei es für den Heimanwender auch kleinere Gebinde gibt.



Etwas über das Acetylen

Acetylen gas is a chemical compound consisting of 2 atoms of carbon and 2 atoms of hydrogen (C_2H_2). It is produced by the reaction of water with calcium carbide in a retort.

Bei der Verbrennung von Acetylen mit Sauerstoff beträgt die Flammentemperatur $3200\text{ }^\circ\text{C}$ (Mittelwert), die Flammleistung bis $10,7\text{ kcal/cm}^2\text{s}$, die Verbrennungsgeschwindigkeit bis 1350 cm/s , der Heizwert bis 14090 kcal/m^3 .

Beim Umgang mit Acetylen ist besondere Vorsicht geboten; es entsteht schon bei nur 2,2% Acetylenanteil in der Luft ein zündfähiges Gemisch!

Vorbereiten einer Lötung

1. Sicheres Aufstellen der Flaschen

Die Flaschen sollten immer senkrecht stehen, zumindest aber der Flaschenhals der Acetylenflasche 40 cm höher als der Flaschenboden.

2. Anschlüssen der Armaturen

Die Sauerstoffarmatur wird mittels Überwurf verschraubt (32er SW) und die Gasarmatur wird mittels Spannbügel und Knebel verschraubt.

3. Anschlüssen der Schläuche

An den Armaturen müssen sich Rückschlagventile befinden in diese dann die Schlauchkupplungen eingesteckt werden.

4. Anschlüssen des Handstücks

Mittels Überwurfverschraubungen werden die Schläuche an das Handstück angeschlossen. Der kleinere Überwurf ist für Sauerstoff (blauer Schlauch Rechtsgewinde) und der größere ist für Acetylen (roter Schlauch Linksgewinde)

5. Einstellen der Gasdrücke

Nach dem öffnen der beiden Flaschen dreht man zuerst den Sauerstoffregler am Handstück auf. Der Sauerstoffdruck wird an der Armatur mit der unteren Regelschraube auf 4 bis 5 bar eingestellt (**Abb. A**). Lassen Sie den Regler am Handstück offen und drehen dann den Gasregler auf. Der Gasdruck wird an der Armatur auch 0,4 bar eingestellt. Nun schließen Sie wieder beide Regler am Handstück.

6. Zünden und Einstellen der Flamme

Zuerst wird der Sauerstoff leicht aufgedreht gefolgt vom Gas. Halten Sie dabei die Spitze von sich weg. Dann mittels Anzünder das Gemisch entzünden. Jetzt wird der Flammkegel eingestellt. Zum Löten sollte die Flamme einen leichten Acetylenüberschuß haben, erkennbar am leicht ausgefranzttem grünlichen Flammkegel (**Abb. B**)



Abb. A: Regelschraube

Abb. B: Flammbild



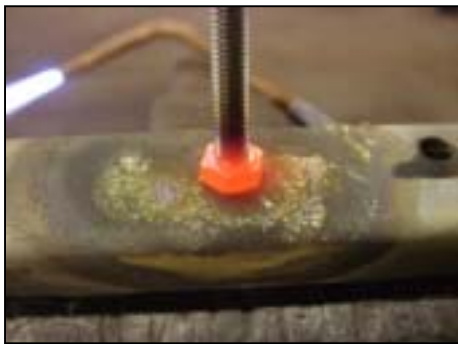
Das Auflöten einer Schraube auf ein Blech



Aufstellen der Schraube auf das Blech.



Gleichmäßiges erwärmen beider Bauteile.



Erwärmung bis Kirsch- oder hellrot.



Lotstab zuführen und mit der Flamme schmelzen (Dazu fehlte mir leider eine 3. Hand beim Knipsen)



Fertige Lötung aber noch mit Flussmittelresten.



Lötstelle nach dem reinigen.

Da ja heutzutage wirklich jeder eine Autogen-Anlage im Baumarkt erwerben und ohne Qualifikationsnachweis betreiben kann und das nicht ganz ungefährlich ist, möchte ich hier noch mal ganz klar auf die Risiken hinweisen.

Die Normalflasche hat 40 Liter Inhalt und wird unter einem Druck von 18 bar gefüllt. Um den Zerfall des Acetylen in der Flasche bei diesem hohen Druck zu vermeiden, wird das Acetylen in Aceton gelöst. Es ist dann nicht frei als Gas in der Flasche, sondern als flüssige, nicht explosible Aceton-Acetylenlösung. Außerdem ist die Flasche zur Verhinderung eines Acetylenzerfalls vollkommen mit einer feinporigen Masse (Poren < 0,3 mm) gefüllt. Diese Füllung besteht aus 25% fester Substanz und 75% Hohlraum. Das Aceton wird darin wie von einem Schwamm aufgesaugt. Durch die Aufnahme in unzähligen Poren verteilt sich das Aceton auf eine sehr große Oberfläche. Diese ermöglicht eine schnelle Gasaufnahme beim Füllen der Flasche und eine rasche Acetylenfreigabe bei der Gasentnahme.

Aceton hat die Eigenschaft, mit steigendem Druck große Mengen von Acetylen zu lösen und bei sinkendem Druck wieder freizugeben. 1 Liter Aceton löst bei 15 °C und einem Druck von 1 bar 25 Liter Acetylen. Bei 13 Liter Acetoninhalt und 18 bar Druck enthält eine Flasche von 40 Litern Rauminhalt $13 \times 25 \times 18 = 5850$ Liter Acetylen.

Damit bei der Gasentnahme kein Aceton aus der Flasche auslaufen kann, sollte die Acetylenflasche senkrecht stehen oder so gelagert werden, dass das Flaschenventil mindestens 40 cm höher als der Flaschenboden liegt.

Für Armaturen, Leitungen und Dichtungen an Acetylenanlagen ist wegen der **Explosionsgefahr** die Verwendung von Kupfer und Kupferlegierungen mit mehr als 65% Cu verboten.

Bei einem Flaschenbrand ist sofort das Flaschenventil zu schließen. Danach muss die Acetylenflasche, besonders am Flaschenhals, auf Erwärmung überwacht werden, um einen Zerfall des Gases und damit eine mögliche Explosion zu verhindern. Diese kann noch nach Stunden oder sogar Tagen eintreten. Wird eine Erwärmung festgestellt, ist mit großen Wassermengen solange zu kühlen, bis die normale Temperatur wieder erreicht ist. Bei erneuter Erwärmung ist sofort wieder zu kühlen.

Die Feuerwehr legt solche Flaschen für Wochen in ein Wasserbad zum auskühlen.

Auch der verwendete reine Sauerstoff ist nicht zu unterschätzen. Blasen Sie niemals damit Ihre Kleidung oder sonstige Gegenstände ab. Sauerstoff legt sich sehr gut in Kleidungsfasern ab und setzt somit die Entzündungstemperatur des Stoffs deutlich herab. Nun reicht ein einziger kleiner Funke und der Stoff verbrennt **Explosionsartig**.

Bringen Sie niemals Fett an von Sauerstoff umströmten Teilen. Der darin enthaltene Kohlenstoff und der Sauerstoff neigen zu schlagartiger Explosion.

Es gibt noch weitere Geräte zum Hartlöten

Propan/Butan Brenner können einmal an den bekannten Campinggasflaschen betrieben werden, oder in einer kleineren Ausführung als sogenannte Kartuschenbrenner.



Hierbei wird kein Sauerstoff aus Flaschen dem Gas zugeführt sondern die Mischung entsteht vorne in der Düse durch den Mitsaugeffekt. Für kleinere Lötarbeiten zu Hause ist das durchaus eine bezahlbare und somit vertretbare alternative zu der teureren Autogenausstattung.

Die Leistung dieser Geräte reicht für kleinere Hartlötaufgaben allemal aus.

Jetzt ziehe ich aber einen Schlussstrich unter das Hartlöten. Kommen wir nun zum Thema Weichlöten.

Hier haben ganz klar die elektrisch betriebenen LötKolben die Oberhand gewonnen. Selbst für die Dachrinnenmontage benutzt kaum noch jemand die alten Kupfer-Hammer-Kolben die in einem Ofen oder mit der Flamme vorgeheizt werden müssen.

Hier rechts im Bild hab ich mal einen **300 Watt** Kolben abgelichtet. Der ist natürlich nichts für elektro-Installationen, sondern nur für großflächige Lötarbeiten in der Karosseriewerkstatt oder der Dachdeckerei geeignet.

Für unsere Anforderungen kommen natürlich andere Geräte in Frage.



Die normalen FeinlötKolben von 10 bis 60 Watt sind für den Modellbauer eigentlich ausreichend. Entscheidend ist immer was gelötet werden soll. Schienenprofile, Kabel und Messingteile lötet man am besten mit einem 60 Watt Kolben. Hingegen ist beim z. B. Decodereinbau ein 25 Watt Kolben schon mehr als genug. Die Lötspitzen sind heutzutage alle als „Dauerspitzen“ ausgelegt, das heißt sie sind nicht mehr aus reinem Kupfer sondern einer haltbaren Legierung. Daher benötigt man auch keinen Salmiakstein zur Reinigung der Spitze sondern es reicht ein feuchter Viskoseschwamm.



Besser eignen sich sogenannte „Lötstationen“. Hier hat man im Regelbereich der Station die freie Temperaturwahl und durch austauschen der Spitzen die Möglichkeit sich auf alle Löttaufgaben einzustellen. Die Geräte reichen von Profiversion um 800 Euro bis Bastlerbedarf um 45 Euro. Warm machen sie alle, aber es sollte auf ausreichend verfügbares Zubehör geachtet werden und die Verarbeitungsqualität spielt bei der Haltbarkeit eine Rolle.



Ich selbst habe „noch“ keine Lötstation. Wenn ich aber die Kosten meiner nunmehr 5 verschiedenen LötKolben zusammenrechne, hätte ich mir auch eine Vernünftige Station leisten können.

Zum „Entlöten“ gibt es auch wieder einige Verschiedene Systeme. Hier reicht die Scala von einfacher Entlötlitze die das erwärmte Lot aufsaugt über eine Vakuumspritze bis hin zur Profiabsauganlage.



Die dritte Hand, oder wie bekomme ich kleine Teile verlötet

Ich vermute mal, dass es im Zuge der Evolution in Familien von Leuten die tagtäglich mit dem Löten zu tun haben, in ca. 100 bis 150 Jahren zu Geburten von drei oder vierarmigen Babys kommt.

Bis das aber soweit ist müssen wir uns irgendwie anders behelfen. Ich persönlich halte nichts von diesen Ständern mit den 2 Krokodilklemmen und einer Lupe als 3. Hand Ersatz. Ich finde die Handhabung etwas zu kompliziert.

Im Grund reicht es aus die kleinen Teile an den Stellen die zusammen kommen sollen zu Verzinnen. Danach einfach nur zusammenhalten und mit dem Kloben leicht erwärmen. Bei kleineren Gegenständen wie z. B. Schutzgeländern hilft folgender Trick:

Ein Bogen Millimeterpapier auf ein Holzbrett heften und ein Streifen Doppelklebeband darauf kleben. Nicht etwa das stark klebende für Teppichböden sondern das leicht klebende und durchsichtige für Papieranwendungen. Ich bevorzuge das der Marke **tesa®** mit der Artikelnummer „**tesafix 7224**“. Ebenso sind Holzwäscheklammern wahre Freunde bei der Arbeit. Vorne angespitzt lassen sich damit viele Gegenstände sauber halten und platzieren. Mit mehreren kleinen Vierkanteisenstücken lassen sich auch hervorragend kleine Teile beschweren oder einfach nur am wegrollen hindern.

Bei eng aneinanderliegenden Lötstellen kommt es mitunter zu einer ungewollten Entlötung, da die Wärme schnell auch in die bereits fertige Lötstelle geht. Das lässt sich leicht durch auflegen eines feuchten Wattestäbchens auf selbige verhindern.

Wie lötet man nun

Im Grund sehr einfach. Die Lötstelle muss sauber und fettfrei sein. Wenn die LötKolbenspitze aufgewärmt ist gibt man ein wenig Lötzinn darauf (Verzinnen). Das leitet die Wärme besser in die Bauteile. Jetzt führen wir die Spitze an die zu löten Stelle und warten bis diese ebenfalls die nötige Temperatur hat. In der Praxis hält man dazu nach ein paar Sekunden einfach den Lötendraht an die Stelle und man merkt von alleine ob es warm genug geworden ist. Das Flussmittel im Lot benetzt als erstes die Lötstelle und macht die chemische Reinigung. Dann folgt das Lot indem es das Flussmittel wieder verdrängt und in den Lötspalt läuft. Sobald sich ein Wulst bildet sollte kein weiteres Lot mehr zugeführt werden. Nehmen Sie jetzt den LötKolben zu Seite und lassen die Lötstelle langsam und ohne Bewegung erkalten, da sie sonst brüchig werden kann.

Das war schon alles.

Bei dem Löten von Kabelverbindungen geht man ebenso vor. Nach dem Absetzen der Adern mit einer Abisolierzange oder geeignetem anderen Gerät sollten Sie die Litze am Ende Verzinnen. Dazu legen Sie den Kolben einfach auf einer geeigneten Unterlage ab und halten dann mit einer Hand das Kabel und mit der anderen Hand das Lot an die Kolbenspitze.

Die Stelle an die das Kabel angelötet werden soll muss ebenfalls Verzinkt werden. Dazu haben Sie ja wieder 2 Hände, eine für den Kolben und eine für das Lot.

Nun folgt das Anlöten des Kabels. Wieder 2 Hände, eine für den Kolben und eine für das Kabel. Es geht also alles auch ohne dritte Hand.

Ich verzichte nun auf weitere Fotos von kleinen Lötarbeiten da ich glaube die Erklärungen waren ausreichend. Auf meiner Homepage haben Sie sicher schon die Fotoserien über den Bau diverser Kleinteile verfolgt. Es ist wirklich keine Hexerei und von jedem mit ein wenig Übung zu schaffen.

Schlusswort

Ich hoffe dass ich bei diesem Workshop nicht zu sehr in die graue Theorie abgedriftet bin. Im Grunde ist das Thema Löten so endlos groß, dass man nicht weiß wo der Anfang und wo das Ende liegen soll.

Ich habe jetzt über eine Woche jede freie Minute daran geschrieben und geändert, so dass ich letztendlich gar nicht mehr wusste worauf es eigentlich ankommt.

Auch hier gilt wieder, sollten Sie Fragen dazu haben bin ich jederzeit dazu bereit darauf zu antworten.

Mit freundlichen Grüßen, euer

Alfred Bernschneider
Dr. Wilh. Roelenstr. 142
47179 Duisburg

info@meine-n-welt.de
www.meine-n-welt.de