

Ag

Al

Bi

Cu

In

Pb

Sn

Weichlötten und Hartlötten

seit
Jahrzehnten
die optimale
Verbindung
in der
Rohrinstallation, Bedachung und Kfz-Reparaturtechnik

FELDER
Löttechnik

- Allgemeine Anwendungen
- Kfz-Reparaturen
- Bedachungslote und Flussmittel
- Sanitärklote und Flussmittel



FELDER GMBH
Löttechnik
Im Lipperfeld 11
D-46047 Oberhausen



Tel.: 0208 / 8 50 35 - 0
Fax: 0208 / 2 60 80
info@felder.de
www.felder.de

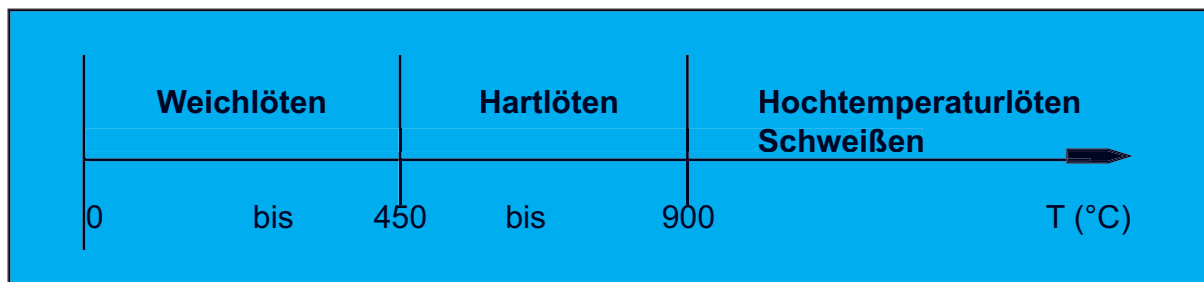
Schweißen

Der metallische Grundwerkstoff wird beim Erwärmen angeschmolzen und bildet mit dem ebenfalls geschmolzenen Zusatzwerkstoff eine nicht lösbare stoffschlüssige Verbindung.

Löten (Weichlöten und Hartlöten)

Löten ist ein Verfahren zum Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe einer geschmolzenen NE-Metalllegierung (Lot). Die Schmelztemperatur des Lotes liegt unterhalb der Schmelztemperaturen der zu verbindenden Grundwerkstoffe.

Die Grundwerkstoffe werden durch das flüssige Lot benetzt, ohne geschmolzen zu werden.



Die wichtigsten Daten aus der Geschichte des Lötens:

4000 v. Chr.	• vermutlich erste Lötungen in Ägypten und Mesopotamien
3200 v. Chr.	• Mesopotamien. Mehrere Gold- u. Silberlote sind bereits bekannt. Erste gelötete Gefäße.
2500 v. Chr.	• Erste Weichlötungen
um Chr. Geburt	• Verwendung von kupfernen Lötrohren u. LötKolben
24 – 79 n. Chr.	• Plinius beschreibt die Löttechnik
1420	• Erste Erwähnung von Ms-Schlaglot
1546	• Erwähnung von Salmiak u. Borax als Flußmittel
1679	• Kunkel beschreibt die Lötlampe mit Luftgebläse
1797	• Marquardt konstruiert die Lötlampe
1830	• Neusilberlote
1838	• Druckluft-H ² -Brenner, Bunsenbrennersystem
1906	• Schutzgaslötung
1915	• Cd zur Senkung des Schmelzpunktes
1930	• Phosphor in Ag-Cu-Loten

Das sind die Vorteile des Lötens gegenüber dem Schmelzschweißen:

- Niedrigere Arbeitstemperatur
- Leichtere Handhabung
- Kürzere Arbeitszeit
- Geringere oder keine Veränderung der Werkstoffgüte
- Verschiedenartige Grundwerkstoffe können fast beliebig miteinander kombiniert werden

Weichlöten - < 450°C

Hartlöten - > 450° - 900°C

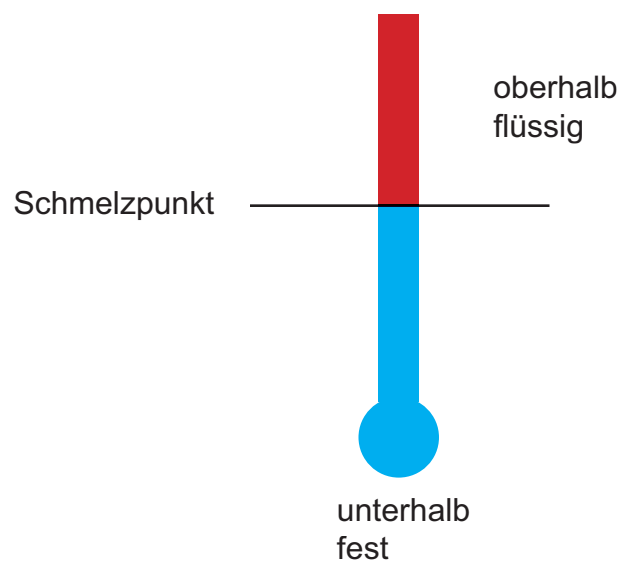
Hochtemperaturlöten - > 900°C



Die charakteristischen Temperaturen der Löttechnik:

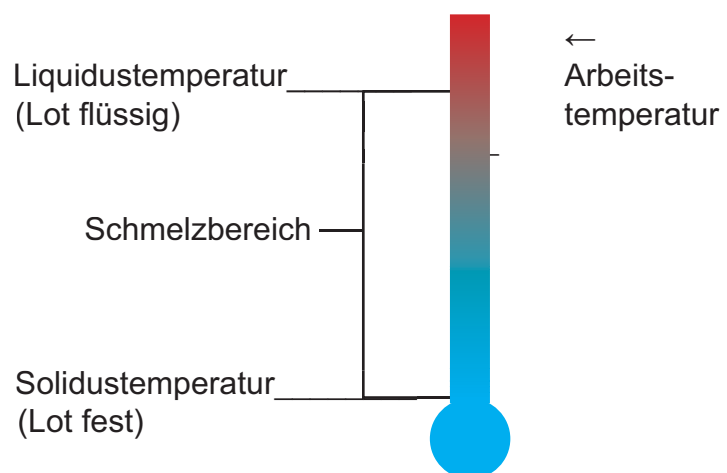
Der Schmelzpunkt

Reine Metalle und eutektische Legierungen haben einen definierten Schmelzpunkt.



Der Schmelzbereich

Lote sind meist nicht-eutektische Legierungen und haben einen Schmelzbereich. Nach Erreichen der Solidustemperatur geht das Lot innerhalb des Schmelzbereiches vom festen in den flüssigen Zustand über und ist bei Erreichen der Liquidustemperatur vollständig flüssig.



Die Arbeitstemperatur liegt **nie** unter der Solidus-Temperatur

Was ist die Arbeitstemperatur ?

Die Arbeitstemperatur ist die niedrigste Oberflächentemperatur an den zu verbindenden Grundwerkstoffen, bei der das Lot benetzt, sich ausbreitet und bindet.

Voraussetzung, für das Benetzen der Werkstücke mit dem Lot:

- keine Oxidhaut und kein Fettfilm
- Werkstück muß Arbeitstemperatur erreicht haben.

Was ist die Löttemperatur ?

Der Löttemperaturbereich wird nach unten durch die Arbeitstemperatur (= minimale Löttemperatur), nach oben durch

- das Flussmittel (sättigt sich bei zu hoher Temperatur mit Oxiden), oder
- das Lot (einzelne Lotbestandteile können verdampfen), oder
- die Wirtschaftlichkeit (unnötig hohe Temperaturen kosten unnötige Zeit und Energie)

begrenzt.

Was ist der Flussmittel-Wirktemperaturbereich ?

Als Wirktemperaturbereich eines Flussmittels wird der Bereich bezeichnet, innerhalb dessen das Flussmittel in der Lage ist, Metalloxide aufzulösen um damit die Benetzung des Lotes einzuleiten.

Die Aufgaben des Flussmittels !

- Zerstörung der vorhandenen Oberflächenoxide
- Verhinderung der Neubildung von Oxidschichten während der Erwärmung

Die Möglichkeiten, ohne Flussmittel zu löten !

- 1) mit phosphorhaltigen Loten
- 2) im reduzierenden Schutzgas
- 3) im Vakuum

zu 1) Wirkung des Phosphors bei P-haltigen Loten
Durch eine chemische Reaktion besitzt der Phosphoranteil gleiche Eigenschaften wie ein Flussmittel und überzieht das geschmolzene Lot mit einem schützenden Belag.

Diese Reaktion geschieht jedoch nur, wenn Kupfer an Kupfer hartgelötet wird.

zu 2 + 3) Beim Löten unter Schutzgas oder im Vakuum wird der Sauerstoff von der Lötstelle ferngehalten. So können während der Erwärmung keine neuen Oxide entstehen.

Die Vorteile des flussmittelfreien Lötens !

- 1) keine oder nur geringe Nacharbeit
- 2) keine Flussmitteleinschlüsse



Lötzeiten beim Löten mit Flussmittel

- minimale Lötzeit 5 – 10 Sekunden
- maximale Lötzeit \approx 3 Minuten

Folgende Vorgänge müssen ablaufen:

- 1) Das Wasser aus dem Flussmittel muß verdampfen.
- 2) Die Metalloxide müssen mit dem Flussmittel reagieren.
- 3) Das Lot muß das Flussmittel verdrängen.
- 4) Das Lot und der Grundwerkstoff legieren sich.

Folgende Vorgänge dürfen nicht ablaufen:

- 1) Das Flussmittel darf nicht oxidgesättigt werden.
- 2) Das Werkstück und das Lot dürfen sich nicht nachteilig verändern (z. B. durch zu hohe Temperatur).



Die Kapillar- oder Haarröhrchenwirkung tritt in unserer Umgebung häufig auf:

- Das Wasser steigt durch die Kapillarwirkung in der Pflanze auf (von unten nach oben).
- Wegen der Kapillarwirkung wird Kaffee vom Würfelzucker aufgesogen, auch wenn er nur wenig eingetaucht wird.

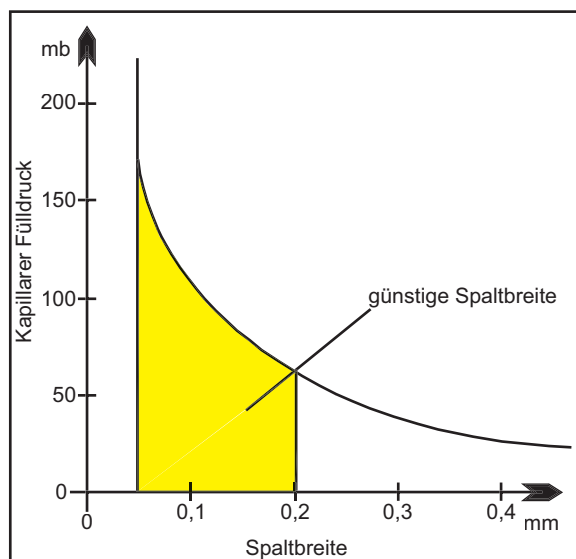
Beim Löten werden gleiche Voraussetzungen erzeugt !

Ein Rohr und eine dazu passende Lötstufe ergeben ineinandergesteckt einen sehr engen Spalt (Kapillarspalt). Taucht man sie zusammen in Wasser, so wird es entgegen der Schwerkraft nach oben in den Spalt gesogen – gleiches geschieht mit dem Lot beim Lötvorgang.

Ist der Spalt zu breit, wird kein Wasser nach oben gesogen. Das Wasser steht überall gleich hoch.

Ideale Lötspaltbreite: 0,05 – 0,2 mm (0,5 mm bei Handlötungen)

Kapillarlöt fittings müssen so maßhaltig sein, dass der Lötspalt zwischen Rohr und Fitting je nach Fittinggröße 0,05 mm bis höchstens 0,5 mm breit ist.



Aufgrund der sehr hartnäckigen Oxidhaut beim Aluminium ist eine Weichlötverbindung sehr schwierig.

Bei der Weichlötverbindung wird das mit Oxiden angereicherte Flussmittel nicht automatisch vom Lot verdrängt, sondern muss teilweise beiseite geschoben werden. Deshalb nennt man diese speziellen Aluminiumweichlote auch Reibelote.

FELDER-Artikelbezeichnung	Schmelzbereich
Aluminiumweichlot, S-SnZn40	200 – 340 °C
Aluminiumweichlot, S-Sn90Zn10	200 – 250 °C
	Wirktemperaturbereich
Aluminium-Weichlötflussmittel, DIN EN 19454	150 – 350 °C

Des Weiteren können fluoridhaltige Flussmittel in Verbindung mit einem bleifreien Lot S-Sn97Ag3 eingesetzt werden. Hier erübrigt sich dann der Prozess des Einreibens. Dieses Lot wird insbesondere beim Löten kleiner Bauteile eingesetzt.

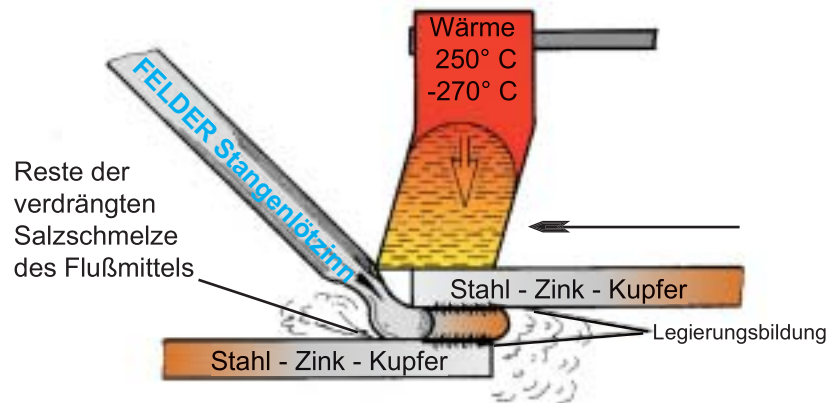
FELDER-Artikelbezeichnung
Weichlot S-Sn97Ag3, DIN EN 29453



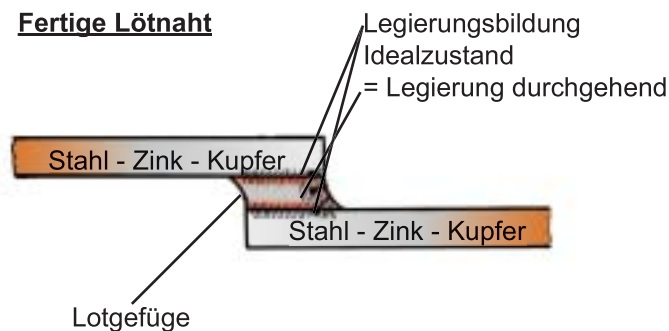
Weichlöten von Dachrinnen und Fallrohren

Weichlöten von Dachrinnen und Fallrohren:

Je enger der Lötspalt und je sauberer das Lot umso durchgehender ist die Legierungsbildung und umso fester die Lötnaht.



Fertige Lötnaht



Mit FELDER-Produkten ist die fachgerecht ausgeführte Spaltlötnaht:

wasserdicht - haltbar	belastbar - wirtschaftlich
dauerhaft fest	korrosionssicher
und von gutem Aussehen, wie es viele Beispiele aus der Praxis beweisen.	

Anwendung

Die Lötstelle wird gereinigt und mit Flussmittel (Lötwater) eingestrichen. Danach wird die Lötstelle mit einem LötKolben oder Brenner erwärmt und auf Arbeitstemperatur gebracht. Das Lot (Dreikantstange) wird nun an dem LötKolben (oder am Werkstück) abgeschmolzen. Der Lötspalt füllt sich durch die Kapillarkraft. Die Flussmittelrückstände sind nach der Lötung zu entfernen.



Wir empfehlen folgende Lote und Flussmittel:

Für Zinkrinnen und -Fallrohre			
Lötverfahren	FELDER-Lot	Schmelzbereich	Flussmittel
weichlöten	Stangenlötzinn S-Pb65Sn35	183 – 245 °C	Lötwasser ZD *
weichlöten	Stangenlötzinn S-Pb60Sn40	183 – 235 °C	Lötwasser ZD *
hartlöten	zum Löten von verzinkten Stahlblechen		
Sondermessing-hartlot	L-CuZn39Sn / B-Cu59ZnSn gedrillt oder ummantelt	Arbeitstemperatur: 900 °C	Hartlötpaste „Universal“
* Das Lötwasser ZD-Pro ist besonders geeignet für vorbewittertes Zinkblech.			

Für Kupferrinnen und -Fallrohre			
Lötverfahren	FELDER-Lot	Schmelzbereich	Flussmittel
weichlöten	Stangenlötzinn S-Pb65Sn35	183 – 245 °C	Lötwasser KD
weichlöten	Stangenlötzinn S-Pb60Sn40	183 – 235 °C	Lötwasser KD
weichlöten	Stangenlötzinn S-Sn97Cu3	230 – 235 °C	Lötwasser KD
Die Verwendung von Lot S-Sn97Cu3 bietet den großen Vorteil, dass die Kupferrinne vor dem Löten nicht mehr genietet werden muss.			
hartlöten	Kupferhartlot Cu-Ro phos 2 [®]	Arbeitstemperatur: 710 °C	Cu-Cu ohne Flussmittel sonst Cu-Ro sil [®]

Für Edelstahlrinnen und -Fallrohre			
Lötverfahren	FELDER-Lot	Schmelzbereich	Flussmittel
weichlöten	Stangenlötzinn S-Sn60Pb40Sb	183 – 190 °C	VA-Nox
hartlöten	Silberlot Ag 102 (L-Ag55Sn)	Arbeitstemperatur: 650 °C	Flussmittel Cu-Fe Nr. 1

Anwendung

Zum Löten von Karosserieblechen und zum Ausbessern, sowie zum Ausgleichen von Karosserieschäden werden die nachfolgenden Weichlote, Flussmittel und Lötpasten eingesetzt.

- Die Lötstelle wird gereinigt und mit Flussmittel eingestrichen.
- Wir empfehlen die Verwendung unserer Weichlöt- und Verzinnungspaste, da diese hervorragend an senkrechten Lötstellen haftet und sich beim Erwärmen so gleich eine Verzinnung zeigt.
- Durch langsames Erwärmen der Lötstelle und Herantasten an die Löttemperatur wird das Lot nicht dünnflüssig und lässt sich sehr gut verteilen.
- Das Erreichen der Arbeitstemperatur zeigt sich durch die Veränderung der Lötpastenfarbe bis hin zum glänzenden Metall.
- Die Flussmittelrückstände sind nach der Lötung zu entfernen.

FELDER-Weichlot

Stangenlötzinn, S-Pb74Sn25Sb1, DIN EN 29453 als Dreikantstange oder bevorzugt als gepreßte Stange, 25,- kg Kartons

Die gepreßte Stange ist homogener und lässt sich leichter verbiegen.



FELDER-Flussmittel

Lötwasser, DIN EN 29454, 3.1.1.A (F-SW 12), 50 ml bis 1.000 ml Flaschen



FELDER-Weichlöt- und Verzinnungspaste

bestehend aus 60 –70 % Metallpulveranteil nach DIN EN 29453, S-Pb74Sn25Sb1 oder S-Pb60Sn40 und Flussmittel nach DIN EN 29454, 3.1.1.C, 100 g bis 1.000 g Dosen.

- zum Verzinnen und Löten von Karosserieblechen.

FELDER-Hartlot

Hier wird bevorzugt das flussmittelgefüllte Sondermessinghartlot "G" B-Cu60Zn(Si)(Mn) (früher L-CuZn40) eingesetzt. Dieses wird in Verbindung mit unserer Hartlötpaste „UNIVERSAL“ verwendet.

In vielen Bereichen der Industrie und der Elektronik werden flussmittelgefüllte Weichlötdrähte verwendet.

Die jeweilige Flussmittelfüllung richtet sich nach dem speziellen Anwendungsfall.

Lötdraht	Flussmittelgruppe	Anwendungsbereich
ISO-Core® "SP"	2.1.3.B (F-SW 24)	allgemeine Lötarbeiten z. B. Armaturenfertigung zur Verbindung von MS/Cu/Rotguß
ISO-Core® "Kolo"	1.1.1.B (F-SW 31)	für Lötungen im Fernmeldebau (Elektronik)
ISO-Core® "RA"	1.1.2.B (F-SW 26)	für Lötungen in der Elektronik und Elektrotechnik (halogenhaltig)
ISO-Core® "RA-AT"	1.1.2.B (F-SW 26)	speziell entwickelt für Maschinenlötungen mit kurzen Taktzeiten in der Elektronik
ISO-Core® "EL"	1.1.3.B (F-SW 32)	für Lötungen in der Elektronik (kleine Lötstellen) (halogenfrei)

Die wichtigsten Legierungen

Legierung	Zusammensetzung %				Schmelzbereich
	Zinn	Blei	Kupfer	Silber	
S-Pb60Sn40	40	60	--	--	183 – 235 °C
S-Sn60Pb40	60	40	--	--	183 – 190 °C
S-Sn60Pb38Cu2	60	38	2,0	--	183 – 190 °C
S-Sn99Cu1	99,3	--	0,7	--	227 °C
S-Sn97Cu3	97	--	3,0	--	230 – 250 °C
S-Sn97Ag3	97	--	--	3,0	221 – 230 °C
Sn96Ag04Cu0,7	95,5	--	3,8	0,7	217 – 219 °C



Sollten Sie bei der Auswahl des Lotes oder des Flussmittels unsicher sein, stehen wir Ihnen jederzeit gerne beratend zur Seite.

Wichtig für die richtige Lotauswahl sind selbstverständlich viele technische Anforderungen, wie z. B.:

- Welche Grundwerkstoffe werden gelötet?
- Einsatzbereich des gelöteten Werkstückes?
- Mit welcher Arbeitstemperatur kann gelötet werden?
- Welchen Betriebstemperaturen ist das Werkstück ausgesetzt?
- Welche Zugfestigkeit wird verlangt?
- Mit welchen Medien oder Stoffen kommt das Werkstück in Berührung?

→ **Je mehr Informationen wir erhalten,
desto präziser ist die Lotauswahl.**

Weichlöten in der Kupferrohrinstallation:

- Weichlöten wird definiert als Löten bei einer Arbeitstemperatur unter 450°C.
- Es wird empfohlen, sowohl in der Kalt- und Warmwasserinstallation als auch in der Heizungsinstallation bei Betriebstemperaturen bis 110°C Weichlötverbindungen einzusetzen.

Da bei der Wärmegewinnung durch Solaranlagen Temperaturspitzen von über 110°C auftreten können, ist hier von einer Weichlötverbindung abzuraten – hier sollte Hartlot verwendet werden.

- Außerdem müssen Gas-, Flüssiggas- und Ölleitungen auch weiterhin hartgelötet werden.
- Anders als beim Hartlöten müssen beim Weichlöten auf der Baustelle Fittings verwendet werden. Eine Ausnahme bildet bei Trinkwasserleitungen die Muffenverbindung zweier Kupferrohre gleichen Durchmessers. Derartige Verbindungen dürfen auch ohne Fittings weichgelötet werden, wenn die nachfolgenden Anforderungen beachtet werden.
 1. Das zum Überlappen erforderliche Innenlötende muß mit einem geeigneten Werkzeug aufgeweitet werden.
 2. Ein optimaler Kapillarlötpalt muß gewährleistet sein.
 3. Einhaltung der vorgeschriebenen Überlappungslänge.



Die Vorbereitungen für eine fachgerechte Weichlötverbindung:

- Die Rohre müssen rechtwinklig zur Rohrachse getrennt werden.
- Anschließend müssen die Rohre unbedingt entgratet werden, da die Grate sonst eine Querschnittsverengung verursachen. Die hierdurch entstehenden höheren Fließgeschwindigkeiten verursachen sonst starke Verwirbelungen und Schäden durch Erosionskorrosion.
- Die Enden weicher Rohre und verformter Rohrenden müssen mit Hilfe von Ring und Dorn kalibriert und so wieder maßhaltig gemacht werden.
- Die Maßhaltigkeit der Rohrenden und Fittings ist besonders wichtig, um die kapillaren Fließeigenschaften des Lotes zu gewährleisten.
- Der optimale Lötspalt liegt zwischen 0,05 bis 0,2 mm und darf bei Rohren von 54 mm Außendurchmesser 0,4 mm nicht überschreiten.
- Schließlich müssen die Lötflächen metallisch blank gereinigt werden.

Hierzu empfehlen wir unser:	
FELDER-Reinigungsvlies Cu-Rovlies	60x130 mm, abgepackt á 10 Stück Umkartons á 250 Stück oder als Rollenware
FELDER-Rohrinnenbürsten	15 mm, 18 mm, 22 mm, 28 mm



Weichlötflusmittel für die Kupferrohrinstallation:



- Das Weichlötflusmittel hat die Aufgabe, die metallene Oberfläche bei Erwärmung auf die Arbeitstemperatur des Lotes oxidfrei zu halten um so eine einwandfreie Benetzung durch das Lot zu gewährleisten.
- Folgende gütegeprüfte Weichlötflusmittel bzw. Weichlötpasten stehen zur Auswahl:

Fittingslötpaste "Cu-Rofix 3", S-Sn97Cu3	mind. 60 % Metallanteil
Fittingslötpaste "Cu-Rofix 3-Spezial", S-Sn97Cu3	mind. 60 % Metallanteil
Fittingslötpaste "Cu-Rofix 4", S-Sn97Ag3	mind. 60 % Metallanteil
Weichlötflusmittel "Cu-Roplus"	pastös
Weichlötflusmittel "Cu-Roflux 39"	flüssig
Weichlötflusmittel "Cu-Roclean"	pastös, zinkchloridfrei
Weichlötflusmittel "Cu-Roflow"	pastös, zinkchloridfrei

Diese Flussmittel entsprechen selbstverständlich dem DVGW-Arbeitsblatt GW 7 und sind mit dem RAL-Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kupferrohr e. V. ausgezeichnet.

Die Fittingslötpasten enthalten einen 60%-igen Lotanteil in Pulverform. Der Lotpulveranteil bietet den Vorteil, dass die Lötfläche vorverzinnt und hierdurch der Kapillareffekt begünstigt wird. Außerdem zeigt er optisch das Erreichen der Arbeitstemperatur an. Ein Überhitzen des Flussmittels ist somit praktisch ausgeschlossen.

Der Einsatz von Cu-Rofix - Fittingslötpasten wird für die Kupferrohrinstallation ausdrücklich empfohlen.



Folgende gütegeprüfte Weichlote stehen zur Auswahl:

- Fittingslot "Cu-Rotin 3", S-Sn97Cu3,
DIN EN 29453, Schmelzintervall 230 – 250°C
- Fittingslot "Cu-Rotin 4", S-Sn97Ag3,
DIN EN 29453, Schmelzintervall 221 – 240°C

Die Lote entsprechen selbstverständlich den Vorschriften des DVGW-Arbeitsblattes GW 2 und den Richtlinien der Gütegemeinschaft Kupferrohr e.V. und tragen das RAL-Gütezeichen.



Der Lötvorgang

- Nach dem Abschluß der Lötnahtvorbereitung, ist **nur** das Außenlötende des Rohres dünn mit Fittingslötpaste oder Flussmittel zu bestreichen.
- Rohrende in Fitting einführen
(nicht verkanten, da sonst der Lötspalt und damit auch der Kapillareffekt negativ beeinflußt werden)
- Die Lötstelle wird nun mit einem Brenner auf Arbeitstemperatur ("Cu-Ro**tin** 3" – ca. 270°C) erwärmt.
- Beim Einsatz der Fittingslötpasten "Cu-Ro**fix** 3" und "Cu-Ro**fix** 4" erkennt man das Erreichen der Arbeitstemperatur durch das Schmelzen des Lotpulveranteils. Hierdurch wird ein metallischer Spiegel sichtbar.
- Bei Erreichen der Arbeitstemperatur, ohne unmittelbare Flammeneinwirkung, Lot zugeben bis der Lotspalt gefüllt ist.
- Nach dem Abkühlen der Lötverbindungen müssen, als letzter aber sehr wichtiger Arbeitsgang, die Flussmittelrückstände von Außen mit einem feuchten Lappen entfernt werden.

Da die Rückstände kaltwasserlöslich sind, werden sie im Rohrrinnern durch die vorgeschriebene Spülung entfernt.

Hartlöten in der Kupferrohrinstallation:

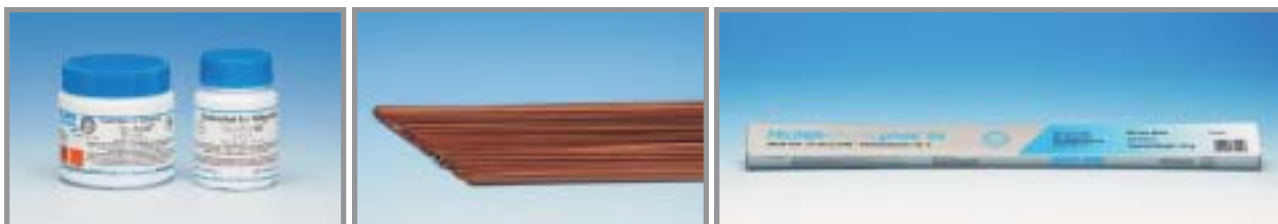
Im Bereich des Hartlötens sind die gleichen Vorbereitungsarbeiten wie beim Weichlöten notwendig.

Kupfer-Kupfer-Verbindungen können ohne Zugabe von Flussmittel erstellt werden, wenn ein phosphorhaltiges Hartlot eingesetzt wird.

Beim Löten verbrennt ein Teil des Phosphors zu Phosphorpentoxid. Dieses setzt sich mit Kupferoxydul um zu Kupfermetaphosphat. Dieses Kupfermetaphosphat besitzt Flussmitteleigenschaften und überzieht das geschmolzene Lot mit einem schützenden Belag.

Wenn allerdings an Messing- oder Rotgußfittingen gelötet wird, muss ein Flussmittel nach DIN EN 1045 – FH 10 eingesetzt werden. Gleiches gilt beim Hartlöten mit Silberhartloten.

→ Der Flussmittelmantel bei den Silberhartloten ist ausreichend für Rohrabmessungen bis 22 mm.



Folgende Hartlote stehen zur Auswahl:		
FELDER-Kupferhartlot	Arbeits- temperatur	FELDER- Flussmittel
Cu-Rophos 94	730 °C	Cu-Rosil®
Cu-Rophos 2	710 °C	Cu-Rosil®
FELDER-Silberhartlot		

Die Möglichkeiten ohne Flussmittel zu Löten:

- 1.) mit phosphorhaltigen Loten
- 2.) im reduzierten Schutzgas
- 3.) im Vakuum
- 4.) im Inertgas: beizen unmittelbar vor dem Löten

Nur unter diesen Voraussetzungen ist ein Löten ohne Flussmittel möglich.

Bei **Cu-Ro~~phos~~**-Hartloten sind folgende Regeln zu beachten:

- Kupfer an Kupfer kann ohne Flussmittel gelötet werden.
- Rotguß, CuZn-, CuSn-Legierungen müssen mit Flussmittel Cu-Rosil nach DIN 1045 – FH 10 gelötet werden.
- Nicht für Fe- und Ni-Legierungen:
Versprödung (Es bildet sich Fe- bzw. Ni-Phosphid in Lötnaht.)

Diese Hartlote dürfen nicht bei schwefelhaltigen Medien verwendet werden, weil die Lötstelle sonst korrodiert und porig wird.