

## Fugenlöten

Fugenlöten wird ähnlich dem Gasschmelzschweißen durchgeführt. Die Lötfläche wird, ohne den Grundwerkstoff zu schmelzen, mit Lot gefüllt. Die Arbeitstemperatur des Lotes darf dabei nicht überschritten werden. Dieses Verfahren wird nur manuell ausgeführt. Ein Anwendungsbereich ist zB das Löten verzinkter Stahlrohre.

## 4. Lötvorgang

### Erwärmen auf Arbeitstemperatur

Beim Flammlöten wird die für den Lötvorgang notwendige Wärme durch eine Brenngas-Sauerstoffflamme oder eine Brenngas-Luftflamme zugeführt. Dazu werden Schweiß- oder Wärmebrenner nach DIN EN ISO 5172 verwendet. Die Leistung des Lötbrenners muss dem Wärmebedarf des zu lötenden Bauteils angepasst sein. Der Lötvorgang muss innerhalb von 5 Minuten abgeschlossen sein. Das Flussmittel ist nach dieser Zeit mit Oxiden gesättigt und verliert somit seine Wirkung. Die Flamme sollte nicht direkt auf die mit Flussmittel versehene Lötstelle gerichtet werden, da sonst eine Flussmittelschädigung erfolgt. Beim Wärmen auf Löttemperatur ist darauf zu achten, dass der zu lötende Bereich gleichmäßig und flächig erwärmt wird. Bei unterschiedlichen Werkstückdicken wird zuerst das Bauteil mit der größeren Masse erwärmt und dann das mit der kleineren. Bei Werkstoffen mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten wird zuerst das Bauteil mit der größeren Wärmeleitfähigkeit bzw das Bauteil, das mehr Wärme aufnimmt, erwärmt.

### Zuführen des Lotes

Es wird zwischen angesetzttem und eingelegtem Lot unterschieden.

Beim Löten mit angesetzttem Lot wird das Lot erst dann zugegeben, wenn die Löttemperatur erreicht ist. Diese ist erreicht, wenn das Flussmittel schmilzt und glasig wird. Zur Vermeidung von Oxidation sollte der Lötstab vor und während des Lötens durch das Flussmittel geschützt werden.

## Flammlöten von Kupfer mit angesetzttem Lot

Beim Löten mit eingelegtem Lot wird das Lot durch Kapillarkapillarwirkung in den Lötspalt gesogen. Das Lot fließt von innen nach außen, das Flussmittel kann einfach entweichen. Diese Art der Lötung bietet die Möglichkeit, die Ausfüllung des Lötspaltes zu überprüfen. Für eine einwandfreie Lötverbindung ist ein relativ enger Lötspalt notwendig, um eine ausreichende Kapillarkapillarwirkung zu erreichen. Zu enge Spalten sind ebenfalls zu vermeiden, weil in diesen nicht ausreichende Mengen von Flussmittel, die zur Lösung der Oxide erforderlich sind, Platz finden.

### Entfernen der Flussmittelrückstände

Flussmittelrückstände auf Schwermetallen werden durch Abspülen in heißem oder kaltem Wasser, durch Beizen oder mechanisch durch Bürsten oder Strahlen entfernt. Bei Leichtmetallen sind die Flussmittelrückstände durch gründliches Spülen in heißem Wasser zu entfernen.

## 5. Löten von Kupferrohren

Kupferrohre werden wegen ihrer besonderen Eigenschaften seit langem mit gutem Erfolg in der Kälte- und Klimatechnik, im Klein- und Großapparatebau, bei Sanitäts- und Heizungsinstallationen sowie in der Gas- und Flüssiggasinstallation eingesetzt. Für die Kupferrohrinstallation wurden deshalb besondere Kapillarlötfitings, Hartlote, Verarbeitungs- und Löttechniken entwickelt. Kupfer-Kupfer-Verbindungen können mit Loten mit selbstfließenden Eigenschaften gelötet werden. Das sind phosphorhaltige Lote, bei denen der zulegierte Phosphor Flussmittelwirkung hat und deshalb kein zusätzliches Flussmittel erforderlich ist. Bei Verbindungen von Kupferrohren für die Gas- und Wasserinstallation ist das DVGW-Arbeitsblatt GW2 zu beachten. Für die Trinkwasser-Installation gelten besondere Bestimmungen. So dürfen zB Fittings nach DIN EN 1254 nur größer 28 x 1,5 mm durch Hartlöten verbunden werden. Die zum Löten von Kupferrohren geeigneten Hartlote sind im DVGW-Arbeitsblatt GW2 aufgeführt. Das Weich- und Hartlöten und Verarbeiten von Kupferrohren ist ein sehr umfangreiches Anwendungsgebiet. Weitere Informationen siehe Informationsdruck „Die fachgerechte Kupferrohrinstallation“ Deutsches Kupferinstitut Düsseldorf.

## 6. Brenner zum Flammlöten

Für die Wärmezuführung zum Flammlöten eignen sich sowohl handelsübliche Schweißbrenner als auch Mehrflammen-Wärmebrenner. Einstelldrücke und Gasverbräuche sind in der für den Brennertyp gültigen Betriebsanleitung enthalten. In Form und Leistung angepasste Sonderbrenner (siehe auch Linde Prospekt LINDOFLAMM®) sind häufig zum automatisierten Flammlöten vorteilhaft.



Lindoflamm® Sonderbrenner: Acetylen-Druckluft-Brenner

## 7. Zusammenfassung

Für eine einwandfreie Lötverbindung sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

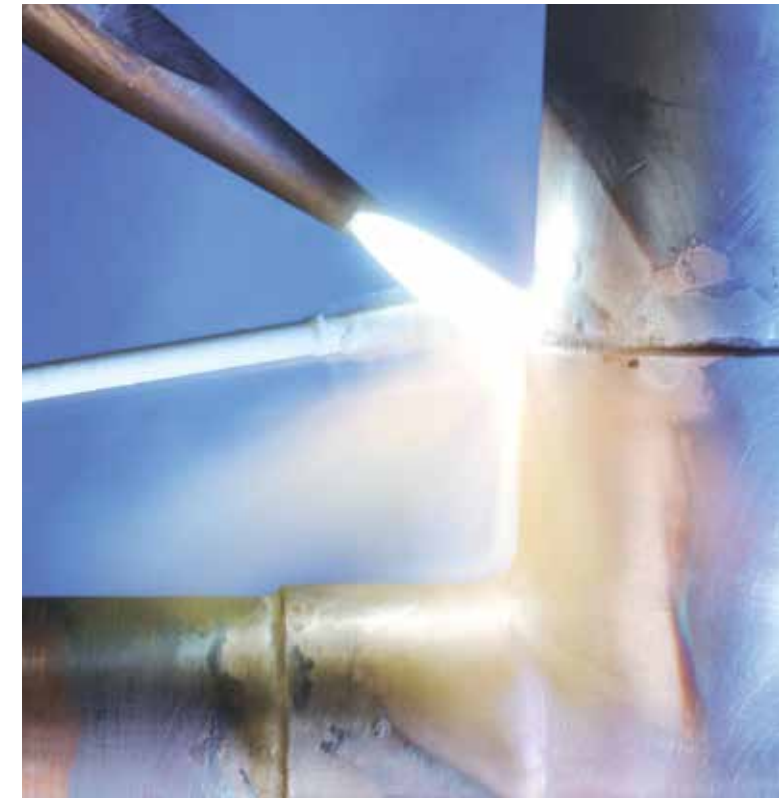
- Ausreichender Lötspalt
- Reinigen der Lötflächen
- Auftragen des Flussmittels
- Sicherung der zu lötenden Teile gegen Verrutschen
- Erwärmen auf Arbeitstemperatur
- Zuführen des Lötstabes
- Entfernen der Flussmittelrückstände

## Tipps für Praktiker.

### Flammlöten mit der Acetylenflamme.

Inhalt:

1. Verfahrensprinzip
2. Voraussetzungen zum Flammlöten
3. Verfahrensvarianten
4. Lötvorgang
5. Löten von Kupferrohren
6. Brenner zum Flammlöten
7. Zusammenfassung



# 1. Verfahrensprinzip

Das Flammlöten ist ein Verfahren zum stoffschlüssigen Verbinden metallischer Werkstoffe, wobei eine flüssige Phase durch Schmelzen eines Lotes entsteht. Im Gegensatz zum Schweißen werden nicht die zu verbindenden Werkstücke selbst, sondern nur das Lot schmelzflüssig. Deshalb muss das verwendete Lot stets einen niedrigeren Schmelzpunkt als die zu verbindenden Grundwerkstoffe haben. Ein Vorteil des Lötens gegenüber dem Schweißen ist, dass durch das Löten viele und unterschiedliche Werkstoffe miteinander verbunden werden können.

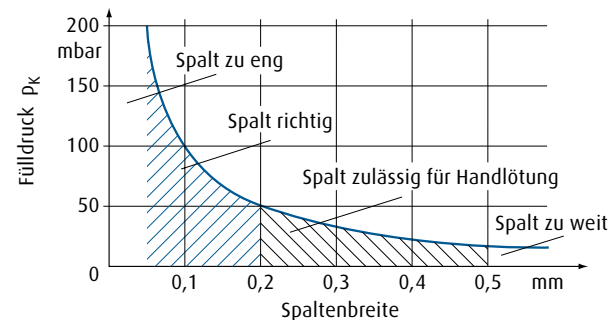
In der Löttechnik wird je nach Arbeitstemperatur des verwendeten Lotes zwischen Weich- und Hartlötens unterschieden. Als Arbeitstemperatur wird die Temperatur bezeichnet, bei der das Lot vollständig flüssig ist und sich gut ausbreitet. Bei Arbeitstemperaturen bis 450° C spricht man von Weichlötens, bei Arbeitstemperaturen über 450° C von Hartlötens. Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich hauptsächlich mit dem Hartlötens.

## 2. Voraussetzungen zum Flammlöten

Der Lötvorgang beruht darauf, dass die metallisch sauberen, oxidfreien und auf Arbeitstemperatur erwärmten Lötflächen der zu verbindenden Bauteile durch das aufgeschmolzene Lot gut benetzt werden. Damit werden eine Haftung und eine Art Legierungsbildung zwischen Grundwerkstoff und Lot herbeigeführt. Zur Beseitigung der Oberflächenoxide ist ein geeignetes Flussmittel notwendig. Die Festigkeit der Lötverbindung hängt von der Ausbildung der Lötstelle, den Eigenschaften des Lotes und der gelöteten Grundwerkstoffe ab. Zum Lötens werden die Lötflächen der zu verbindenden Bauteile mit einem geeigneten Wärmebrenner auf die Arbeitstemperatur des für den zu lötenen Werkstoff geeigneten Lotes erwärmt und das Lot zugeführt.

### Lötspalt

Bereits bei der Konstruktion muss Platz für das Flussmittel und das Lot eingeplant werden. Beim Spaltlöten ist darauf zu achten, dass ein Lötspalt von 0,05 bis 0,2 mm vorhanden ist.



Kapillarer Fülldruck  $p_k$  in Abhängigkeit von der Spaltbreite  $b$

### Reinigen der Lötflächen

Die Lötfläche muss vor dem Erwärmen frei von Rost, Zunder, Öl, Fett oder Farbe sein. Die störende dünne Oxidschicht wird durch das Flussmittel gelöst.

### Flussmittel

Die Art des verwendeten Flussmittels muss auf den zu lötenen Werkstoff und das verwendete Lot abgestimmt sein. Die Flussmittel werden nach ihren Eigenschaften und ihrem Verwendungszweck eingeteilt.

Die Flussmittel zum Hartlöten sind in DIN EN 1045 genormt. Flussmittel werden nur in dem vorgegebenen Temperaturbereich wirksam. Die Bereichsgrenzen nennt man untere und obere Wirktemperatur. Die untere Wirktemperatur muss mindestens 50° C unter der Arbeitstemperatur liegen. Flussmittel werden flüssig, pulverförmig oder als Paste geliefert. Außerdem sind Flussmittel-Lot-Mischungen, Lote mit Flussmittelumhüllung und Lote mit Flussmittelsee im Handel.

Als Gasflux werden gasförmige Flussmittel bezeichnet. Sie können nur beim Flammlöten eingesetzt werden. Der Brenngasstrom wird durch ein flüchtiges Flüssigkeitsgemisch geleitet und reichert sich dabei mit dem Flussmittel an. Das Flussmittel wird dann mit der Flamme auf das Bauteil befördert und entfernt dort die Oxide. Beim Spaltlöten muss für das Durchlöten zusätzlich ein Flussmittel zugegeben werden. Der Vorteil des Verfahrens liegt im optimalen Schutz der Lötstelle während des gesamten Lötprozesses und der leichten Entfernbarkeit der nicht korrosiven Rückstände mit Wasser.



Ventilblock im Brenngasschlauch zum Anschließen an das Flussmittelgemisch (Bild: Everwand und Fell)

### Auftragen des Flussmittels

Das Flussmittel muss vor Lötbeginn aufgebracht und gleichmäßig auf der gesamten Lötfläche verteilt sein. Beim Flammlöten von Hand wird das Flussmittel in der Regel mit einem Pinsel aufgetragen. Das automatisierte Flammlöten erfordert häufig das maschinelle Auftragen von Flussmitteln.

Um eine sichere und maßhaltige Lötverbindung zu garantieren, muss sichergestellt werden, dass die Bauteile während des Lötvorganges nicht verrutschen können. Wenn das Flussmittel zu schmelzen beginnt, besteht die Gefahr, dass die zu lötenen Werkstücke wandern. Das muss bereits bei der Konstruktion der Lötverbindung berücksichtigt werden. Während des Lötvorganges ist oft eine mechanische Fixierung notwendig.

### Lot

Das verwendete Lot muss auf die jeweilige Lötaufgabe abgestimmt sein. Als Lot zum Hartlöten von Schwermetallen kommen im wesentlichen Kupferbasislote und silberhaltige Lote nach DIN EN 1044 zum Einsatz. Hartlote für Aluminium haben nach DIN EN 1044 Arbeitstemperaturen unter 600° C. Für das Fugenlöten von verzinkten Rohren werden kostengünstige hochschmelzende Kupferbasislote verwendet. Zum Löten von Kupfer an Kupfer gibt es Lote, die ohne Flussmittel gelötet werden können (siehe auch Abschnitt 5; Löten von Kupferrohren).

Lote	Arbeits-temp.	Flussmittel	Wichtige Anwendungsgebiete
AG 106	710° C	mit	Gas- und Wasserinstallation
AG 203	730° C	Flussmittel	Elektrotechnik
AG 104	670° C		Gas- und Wasserinstallation
AG 403	730° C	mit	Edelstahl
AG 502	690° C	Flussmittel	Hartmetallwerkzeuge
CP 105	710° C	mit/ohne	Kupferrohrinstallationen
CP 203	730° C	Flussmittel*	nach DVGW – GW2

\* Bei Kupfer-Phosphor-Loten sind für Verbindungen von Kupfer an Kupfer keine Flussmittel erforderlich. Bei Verbindungen von Kupfer an Messing oder Rotguss muss ein Flussmittel eingesetzt werden.

## 3. Verfahrensvarianten

### Spaltlöten

Beim Spaltlöten werden die Werkstücke so vorbereitet, dass zwischen den zu lötenen Bauteilen ein enger Kapillarspalt vorhanden ist. Der Spalt wird nach Erreichen der Arbeitstemperatur hauptsächlich durch den kapillaren Fülldruck des Lotes gefüllt. Diese Verfahrensvariante wird sowohl zum Handlöten, zum teilmechanisierten Löten als auch zum vollautomatischen Löten eingesetzt.



Mechanisiertes Spaltlöten mit automatischer Lotzufuhr (Bild: Everwand und Fell)