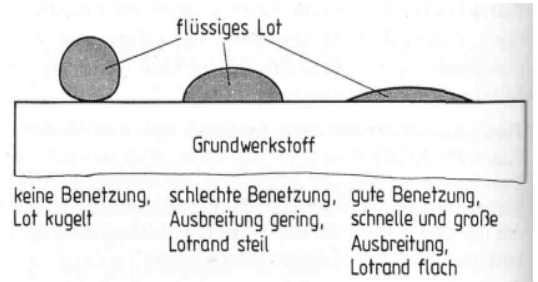


# Löten

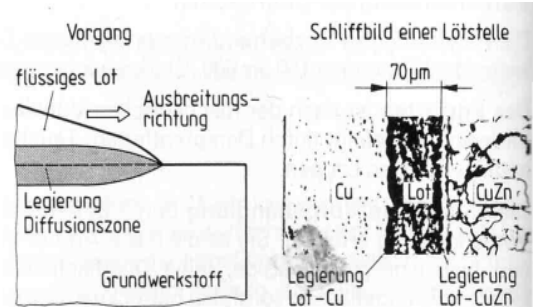
Löten ist ein Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen und Beschichten von Werkstoffen mit Hilfe eines geschmolzenen Zusatzmetalls, dem Lot. Die Schmelztemperatur des Lotes liegt unterhalb der Schmelztemperatur der zu verbindenden Grundwerkstoffe. Die Grundwerkstoffe werden benetzt, ohne geschmolzen zu werden. Das Löten erfolgt vielfach unter Anwendung von Flussmitteln, Schutzgasen oder im Vakuum.

Durch das Löten entstehen unlösbare, stoffschlüssige Verbindungen, die fest, dicht und leitfähig für Wärme und elektrischen Strom sind. Die zu verbindenden Grundwerkstoffe können sehr unterschiedliche Eigenschaften und Zusammensetzungen haben, sofern das Lot sich mit beiden Stoffen verbindet. So können z. B. Hartmetall-Schneidplatten auf Drehmeißelschäfte aus Werkzeugstahl gelötet werden.

**Durch Löten lassen sich gleichartige oder verschiedene metallische Werkstoffe fest, dicht und leitfähig verbinden.**



**Bild 260/1: Verschiedene Benetzungsformen**



**Bild 260/2: Legierungsbildung (Diffusion) beim Löten**

## 3.9.7.1 Grundlagen des Löten

### Benetzungsvorgang

Voraussetzung für eine Lötverbindung ist, daß das flüssige Lot den Grundwerkstoff benetzt. Dabei kommt es zu einer innigen Berührung und zu einer raschen Ausbreitung des flüssigen Lotes auf der Werkstückoberfläche (Bild 260/1). Das Lot dringt in das Gefüge des Grundwerkstoffes, löst einen Teil davon und bildet eine Legierung (Bild 260/2).

Diesen Vorgang der gegenseitigen Durchdringung nennt man Diffusion.

Eine gute Benetzung wird nur erreicht, wenn

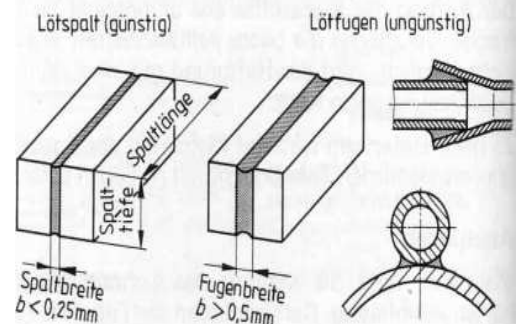
- der Grundwerkstoff mit dem Lot eine Legierung bilden kann,
- die Lötstelle metallisch rein ist und
- Werkstück und Lot genügend erwärmt werden.

### Lötspalt und Lötfläche .

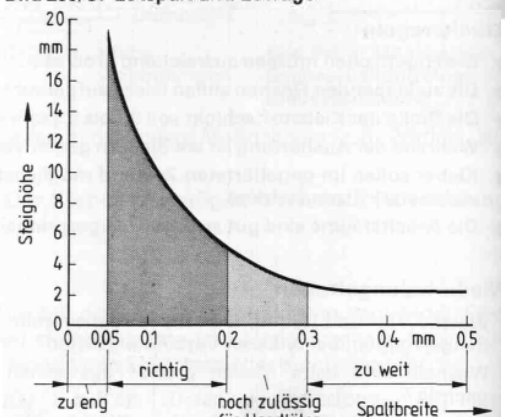
Neben der Benetzung ist der Abstand der beiden Fügeflächen von besonderem Einfluss auf den Lötvorgang. Einen Zwischenraum von weniger als 0,25 mm (in Ausnahmefällen bis 0,5 mm) bezeichnet man als Lötspalt. Ist der Zwischenraum größer als 0,5 mm, so wird er als Lötfläche bezeichnet (Bild 260/3). Nach Möglichkeit sollte die Lötstelle stets als Lötspalt ausgeführt werden.

Die Breite des Lötspaltes ist für den Lötvorgang entscheidend. Durch die beiden dicht gegenüberliegenden Benetzungsflächen des Lötspaltes wird die Ausbreitung des Lotes wesentlich verbessert. Diese Erscheinung nennt man Kapillarwirkung.

Die Kapillarwirkung ist umso größer, je geringer die Lötspaltbreite ist. Bei richtig bemessener Lötspaltbreite wird das Lot in den Lötspalt hineingezogen. Es entsteht ein kapillarer Fülldruck, der das Lot auch gegen die Schwerkraft in den Lötspalt hochziehen kann (Bild 260/4).



**Bild 260/3: Lötspalt und Lötfläche**



**Bild 260/4: Steighöhe des Lotes abhängig von der Spaltbreite**

Ist der Lötspalt zu breit (über 0,5 mm), so wird das Lot nicht in den Spalt gezogen (Bild 261/1). Auch ein zu enger Lötspalt wird ungenügend gefüllt, da er nicht genügend Flußmittel aufnimmt und das zähflüssige Flußmittel nicht schnell genug vom Lot verdrängt werden kann.

Die Länge und die Tiefe des Lötspaltes richten sich nach der Festigkeit des verwendeten Lotes und nach den Anforderungen, die an die Lötnaht gestellt werden.

Lötspalttiefen über 15 mm sollten vermieden werden, da sie meist nur ungenügend gefüllt werden. Bei richtiger Bemessung des Lötspaltes und richtiger Wahl des Lotes erreichen Lötverbindungen die gleiche Festigkeit wie der Grundwerkstoff.

**Der Lötspalt soll 0,05 bis 0,2 mm breit sowie ausreichend tief und lang sein. •**

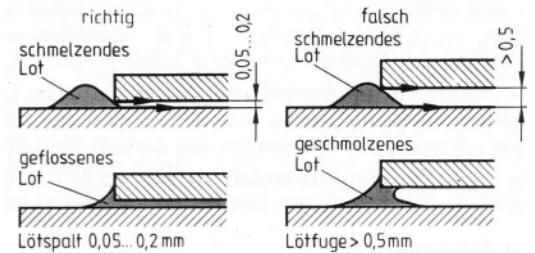


Bild 261/1: Kapillarwirkung beim Löten

## Temperaturen beim Löten

Beim Schmelzpunkt geht ein Metall unmittelbar vom festen in den flüssigen Zustand über. Oberhalb des Schmelzpunktes ist es flüssig, unterhalb fest. Nur reine Metalle und eine bestimmte prozentuale Zusammensetzung verschiedener Zweistofflegierungen, sogenannte eutektische Legierungen, haben einen festen Schmelzpunkt. Dabei liegt der Schmelzpunkt der eutektischen Legierung niedriger als die einzelnen Schmelzpunkte der reinen Legierungsmetalle.

So schmilzt z. B. reines Zinn bei 232 °C, reines Blei bei 327 °C, eine Legierung aus 63% Zinn und 37% Blei dagegen bei 183 °C (Bild 261/2).

Legierungen, die in ihrer prozentualen Zusammensetzung nicht dem Eutektikum entsprechen, haben keinen festen Schmelzpunkt, sondern einen Schmelzbereich.

Erwärmt man z. B. eine Legierung aus 30% Zinn und 70% Blei, so schmilzt ein Teil der enthaltenen Kristalle bei 183 °C, der Rest bleibt zunächst noch fest. Er geht erst bei weiterer Erwärmung über die Linie a-b des Diagrammes in den flüssigen Zustand über (Bild 261/2). Im Schmelzbereich zwischen 183 °C und ca. 260 °C ist diese Legierung daher breiig. Beim Erstarren wird das flüssige Lot zunächst wieder breiig und anschließend fest. Erschütterungen der Lötstellen während des Erstarrens vermindern den Zusammenhang des Lotes und verringern damit die Festigkeit der Lötverbindung wesentlich.

**Lot muß erschütterungsfrei erstarren!**

Die Arbeitstemperatur eines Lotes ist die niedrigste Oberflächentemperatur des Werkstückes, bei der das Lot benetzt, fließt und legiert (Bild 261/3).

Die Arbeitstemperatur liegt im breiigen oder flüssigen Bereich eines Lotes. Bei Temperaturen unterhalb der Arbeitstemperatur erfolgt keine Verbindung zwischen Grundwerkstoff und Lot, auch wenn das Lot bereits flüssig ist („kalte Lötstelle“). Daher müssen sowohl die Lötstelle am Werkstück wie auch das Lot mindestens auf Arbeitstemperatur erwärmt werden.

Die maximale Löttemperatur darf weder vom Lot noch vom Flussmittel oder vom Werkstück überschritten werden, da sonst eine Schädigung der Verbindung eintreten kann. Arbeitstemperatur und maximale Löttemperatur begrenzen den Bereich der Löttemperatur (Bild 261/3).

Der Wirktemperaturbereich ist der Bereich, innerhalb dessen ein Flussmittel oder Schutzgas das

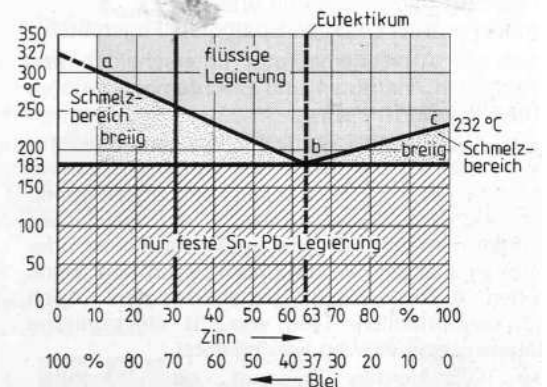


Bild 261/2: Zinn-Blei-Zustandsschaubild

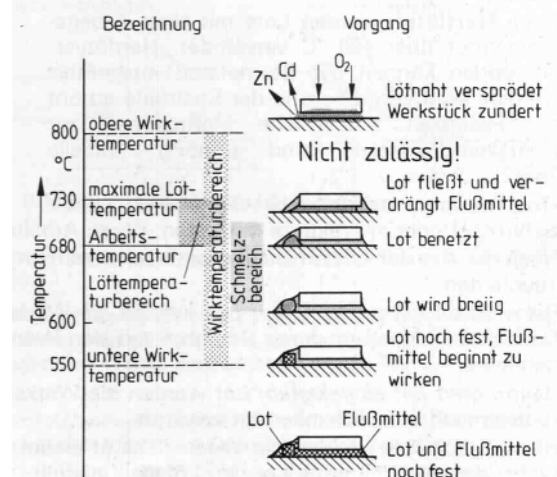


Bild 261/3: Wichtige Löttemperaturen für das Lot L-Ag30Cd und das Flussmittel F-SH 1

Benetzen der Werkstücke durch das flüssige Lot ermöglicht (Bild 261/3).

Arbeitsregeln:

- **Werkstück und Lot müssen auf Arbeitstemperatur gebracht werden.**
- **Die maximale Löttemperatur darf nicht überschritten werden.**
- **Die Arbeitstemperatur des Lotes muß unter dem Schmelzpunkt des Werkstückes liegen.**

## Lötverfahren

Die verschiedenen Lötverfahren werden eingeteilt nach

- der Arbeitstemperatur,
  - der Lotzuführung,
  - der Art der Erwärmung und
  - der Form der Lötstelle (Spaltlöten, Fugenlöten).
- Nach der Arbeitstemperatur unterscheidet man Weichlöten, Hartlöten und Hochtemperaturlöten (Tabelle 262/1).

Beim **Weichlöten** liegt die Arbeitstemperatur **unter 450 °C**. Der Name des Verfahrens kommt von der geringen Festigkeit der überwiegend verwendeten Zinn-Blei-Lote. Das Weichlöten wendet man an, wenn die Verbindung dicht oder leitfähig sein soll, an die Belastbarkeit aber keine hohen Anforderungen gestellt werden. Auch wärmeempfindliche Teile, wie z.B. elektronische Bauelemente, werden weichgelötet. Die Teile werden überlappt oder ineinander gesteckt. Durch Bördeln, Falzen oder Punktschweißen vor dem Weichlöten kann die Festigkeit der Verbindung erhöht werden (Tabelle 262/2).

Beim **Hartlöten** werden Lote mit einer Arbeitstemperatur **über 450 °C** verwendet. Hartlötverbindungen können mit Stumpfstoß ausgeführt werden, eine Vergrößerung der Spalttiefe erhöht die Festigkeit. Zusätzliche Maßnahmen zur Festigkeitssteigerung sind unnötig (Tabelle 262/2).

**Hochtemperaturlöten** ist ein Löten unter Schutzgas oder im Vakuum mit Loten, deren Arbeitstemperatur **über 900 °C** liegt.

**Hochtemperaturlöten** ist ein Löten unter Schutzgas oder im Vakuum mit Loten, deren Arbeitstemperatur **über 900 °C** liegt.

### 3.9.7.4 Flussmittel

Erwärmte Metalle verbinden sich rascher mit Sauerstoff als kalte. Die dadurch entstehende Oxidschicht verhindert das Benetzen durch das Lot. Zum Lösen der Oxidschicht und zur Verhinderung weiterer Oxidation verwendet man beim Löten Flussmittel, Schutzgase oder Vakuum.

Flussmittel haben die Aufgabe, Oxide zu lösen und weitere Oxidation zu verhindern.

Die Auswahl des Flussmittels richtet sich nach dem zu lötenden Grundwerkstoff und dem Lötverfahren, vor allem aber nach der Arbeitstemperatur des verwendeten Lotes. Die Wirkung des Flussmittels muss unterhalb der Arbeitstemperatur einsetzen und über die maximale Löttemperatur hinaus reichen. Flussmittel werden daher nach ihrem Wirktemperaturbereich eingeteilt.

Um ein sicheres Durchlöten zu erreichen, werden die flüssigen oder pastenförmigen Flussmittel meist kurz vor dem Zusammensetzen der Teile auf den Lötbereich aufgetragen. Nach dem Löten müssen die Reste der meisten Flussmittel von der Lötstelle entfernt werden, da sonst Korrosion entstehen kann.

Weichlöten unter 450 °C	Hartlöten über 450 °C mit Flußmittel	Hochtemperaturlöten über 900 °C mit Schutzgas oder Vakuum
----------------------------	--	--

Art der Lötstelle	Lötspalttiefe gering	Lötspalttiefe vergrößert	zusätzliche Erhöhung der Festigkeit
Blechnaht gerade			
Blechnaht T-förmig			
Rundteil mit Flachteil			
Rohrverbindung			
Eignung zum	Weichlöten Hartlöten	ungeeignet möglich	gut geeignet sehr gut geeignet
			sehr gut geeignet unnötiger Aufwand

## **Arbeitsregeln**

**Die Lötstelle ist vor dem Löten gründlich zu reinigen und mit Flussmittel zu bestreichen. Nach dem Löten sind die Flussmittelreste von der Lötstelle zu entfernen.**

Flussmittel sollen nicht mit der Haut in Berührung kommen. Der Arbeitsplatz ist ausreichend zu lüften. Nach dem Löten müssen die Reste der meisten Flussmittel von der Lötstelle entfernt werden, da sonst Korrosion entstehen kann.

Die Kennzeichnung der Flussmittel erfolgt durch Buchstaben und Ziffern. Dabei bedeuten: F Flussmittel, S Schwermetall, L Leichtmetall, W Weichlöten, H Hartlöten. Durch die angehängten Ziffern wird bei Flussmitteln zum Weichlöten die Korrosionswirkung der Flussmittelreste, bei Flussmitteln zum Hartlöten der Wirkungstemperaturbereich angegeben.

## **Wiederholungsfragen**

1. Was versteht man unter Löten?
2. Welche Anforderungen können an eine Lötnaht gestellt werden?
3. Wovon hängt eine gute Legierungsbildung zwischen Lot und Grundwerkstoff ab?
4. Was versteht man unter der Arbeitstemperatur eines Lotes?
5. Welchen Einfluss hat eine zu hohe Löttemperatur auf Lot und Lötnaht?
6. Wodurch unterscheidet sich das Weichlöten vom Hartlöten?
7. Welche Aufgaben haben die Flussmittel?
8. Warum müssen Flussmittelreste meist entfernt werden?