

Löten



von

Hakan Ayyildiz

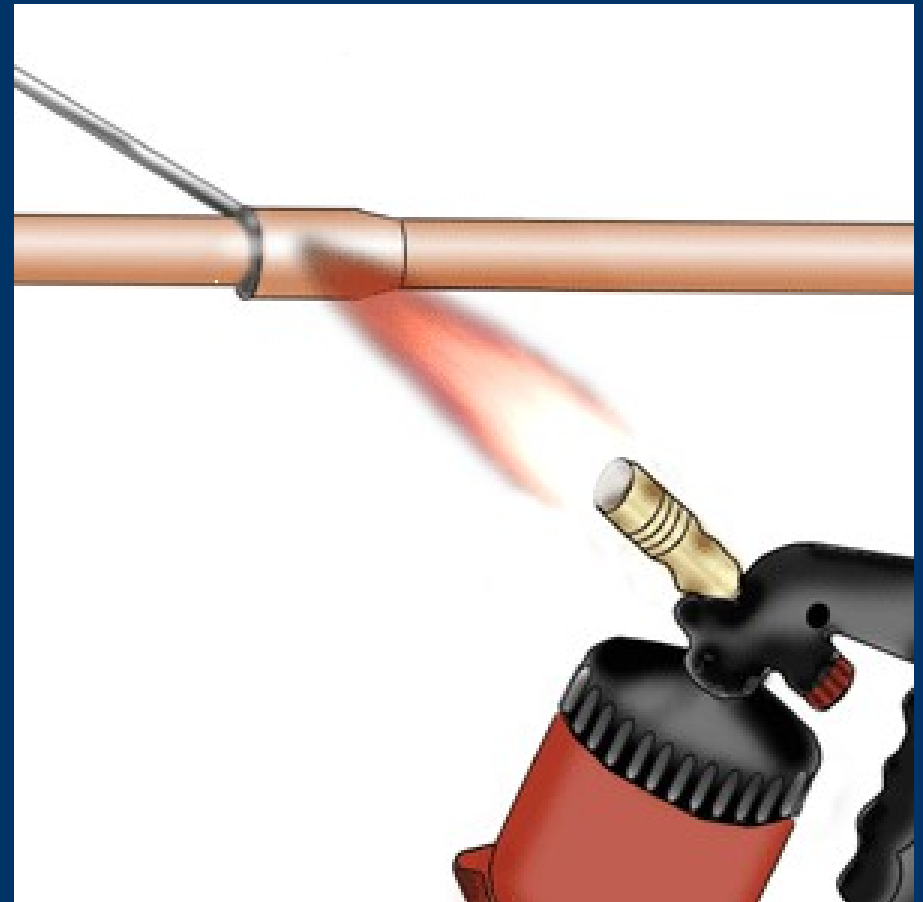


Inhaltsverzeichnis

- Was ist Löten
 - Lötverfahren
 - Lötvorgang
 - Einflussgrößen
 - Gestaltungsbeispiele für Lötverbindungen
 - Symbolische Darstellungen
 - Festigkeitsberechnungen
 - Video (Löten von Kupferrohren)
 - Test
 - Praktische Übungsaufgaben
-
-

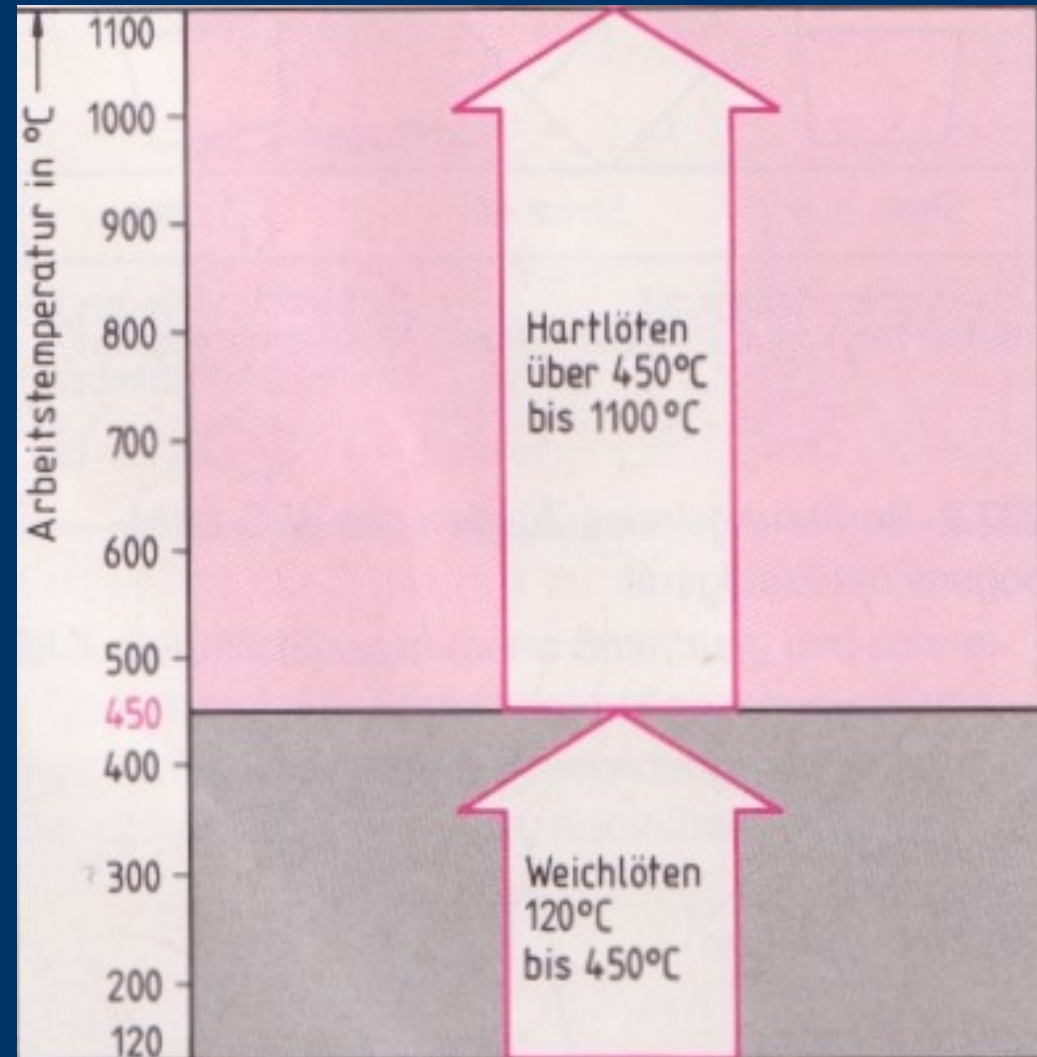
Was ist Löten ?

- Löten ist ein thermisches Verfahren bei dem eine stoffschlüssige Verbindung zwischen einem Grundwerkstoff und einem metallischen Zusatzwerkstoff (Lot) hergestellt wird.



Lötverfahren

- Nach der Arbeitstemperatur unterscheidet man folgende Lötverfahren:
- Weichlöten (unter 450°C)
- Hartlöten (über 450°C)



Weichlöten und Hartlöten in Vergleich

- Weichlöten:
 - Werkstoffe: Blei, Zink, Kupfer, Kupferlegierung, Aluminium
 - Lötnaht nicht hoch beanspruchbar
 - Hartlöten:
 - Werkstoffe: Unlegierte Stähle, Temperguss, Gusseisen, Aluminium, Kupfer
 - Lötnaht fest und biegsam
-
-

Lötvorgang

- Die Werkstücke müssen an den Verbindungsstellen gereinigt werden.
 - Einflussmittel ist zuzugeben.
 - Die Werkstücke sind passgerecht zusammenzufügen.
 - Die Werkstücke sind an der Fügestelle zu erwärmen.
 - Das Lot wird zu gegeben
 - Die Verbindungsstelle abkühlen lassen.
 - Die Flussmittelrückstände sind zu entfernen.
-
-

Werkstücke reinigen

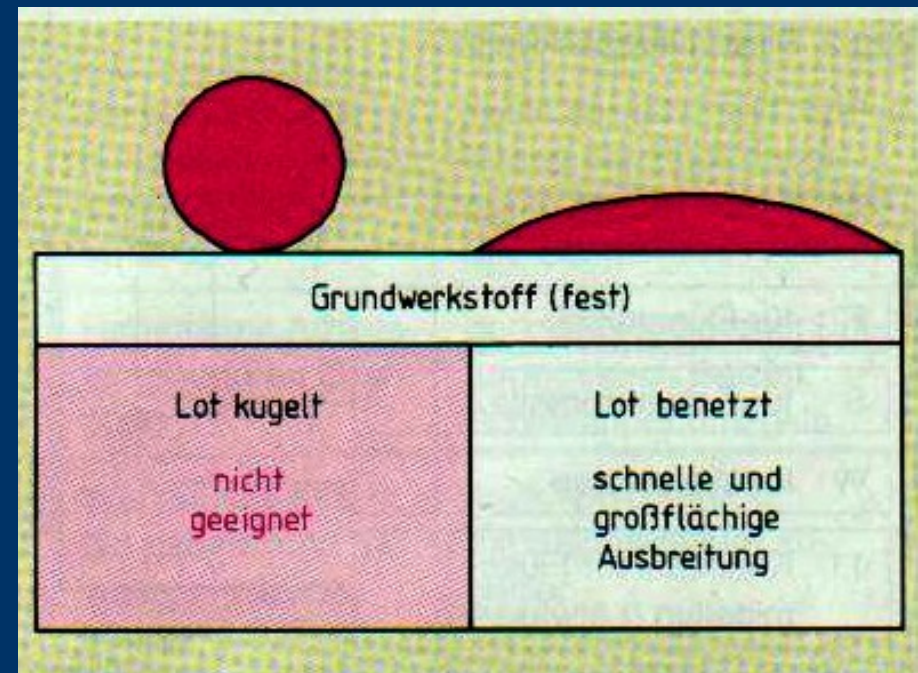


Nein!
Reinige weiter
immer Fleißig



Benetzung

- Voraussetzung für eine Benetzung sind:
- Die Grundwerkstoffe müssen metallisch rein sein
- Die Reinigung der Werkstücke erfolgt durch Entfernung der Oxidschicht mit einer Feile, Stahlwolle oder Schmirgelpapier

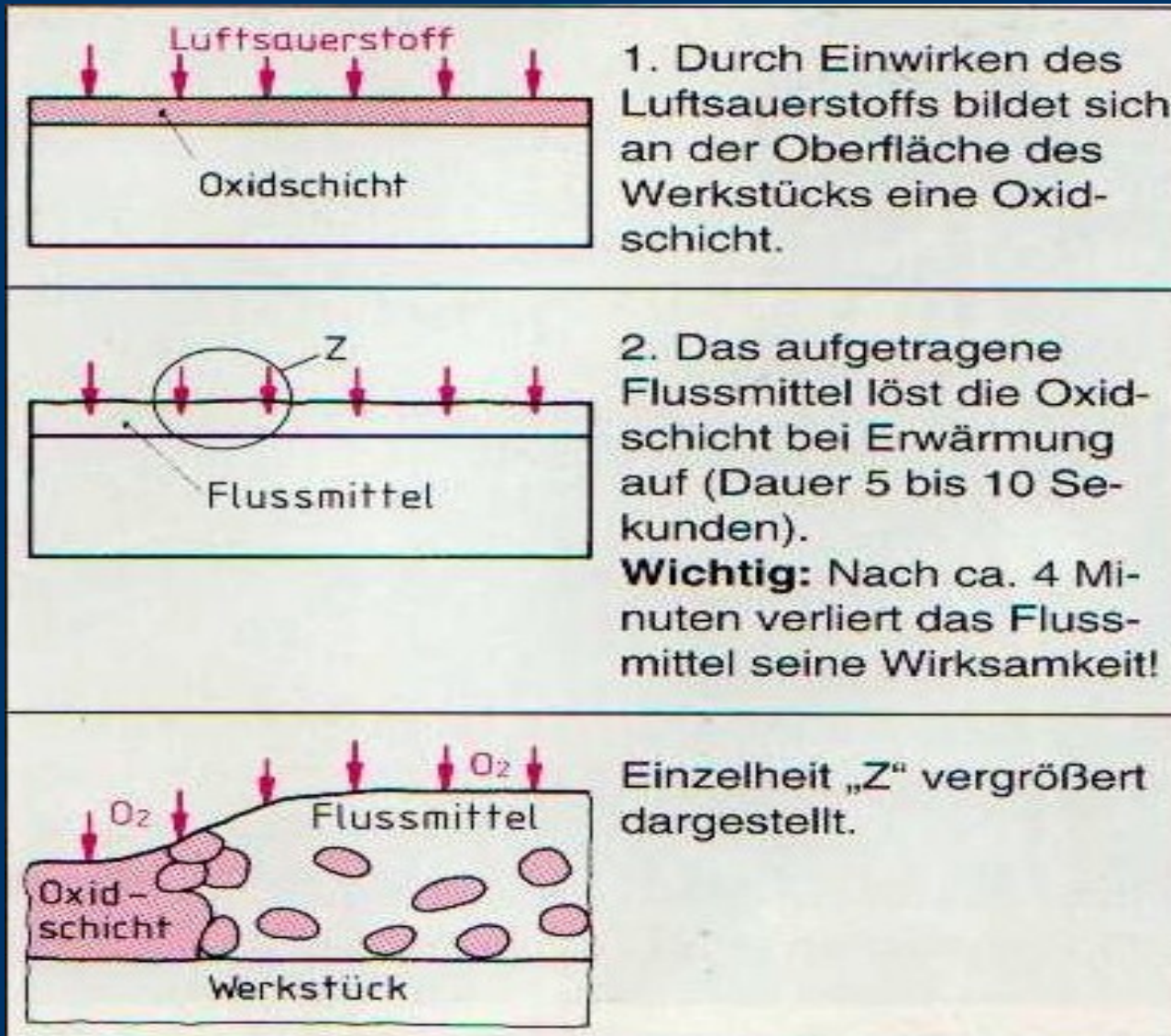


Flussmittel zugeben

- Flussmittel lösen Oxidschichten auf Metalloberflächen auf und verhindern die Oxidation während der Lötarbeit



Wirkungsweise der Flussmittel



1. Durch Einwirken des Luftsauerstoffs bildet sich an der Oberfläche des Werkstücks eine Oxidschicht.

2. Das aufgetragene Flussmittel löst die Oxidschicht bei Erwärmung auf (Dauer 5 bis 10 Sekunden).

Wichtig: Nach ca. 4 Minuten verliert das Flussmittel seine Wirksamkeit!

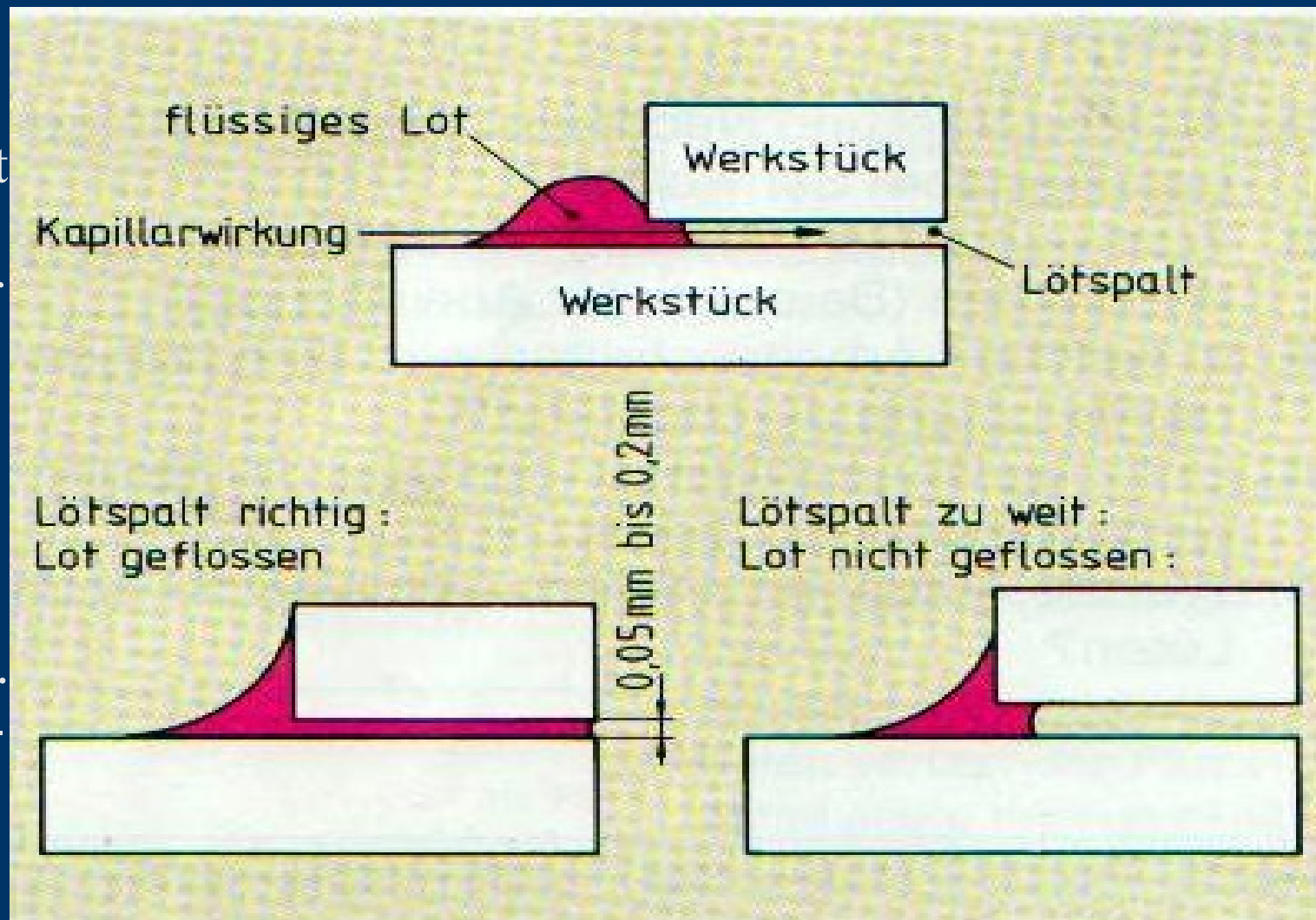
Einzelheit „Z“ vergrößert dargestellt.

Normgerechte Bezeichnung der Flussmittel



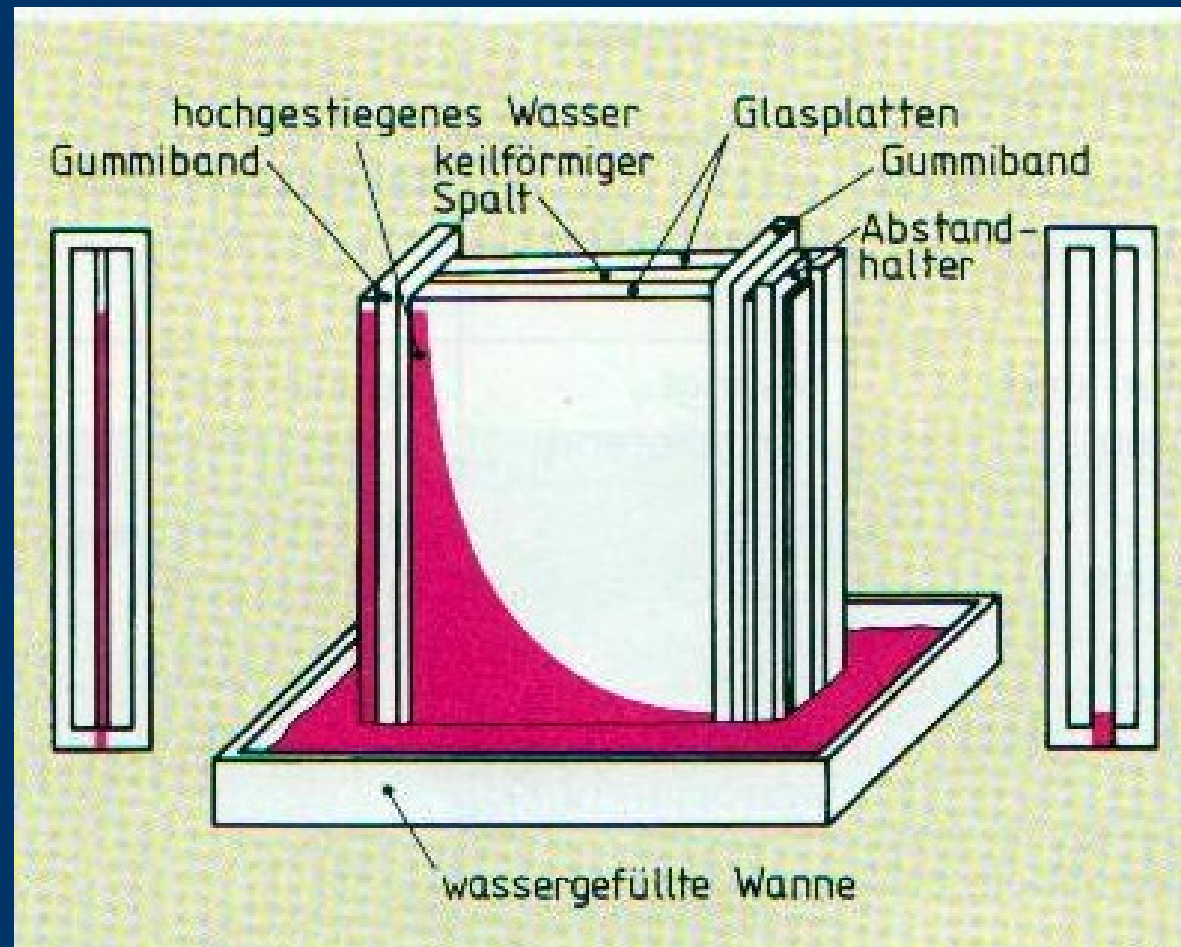
Werkstücke zusammenfügen

- Die Werkstücke werden so zusammengefügt, dass zwischen ihnen ein kleiner Spalt verbleibt. Beim Löten muss das schmelzflüssige Lot in diesen Spalt eindringen. Infolge Kapillarwirkung.



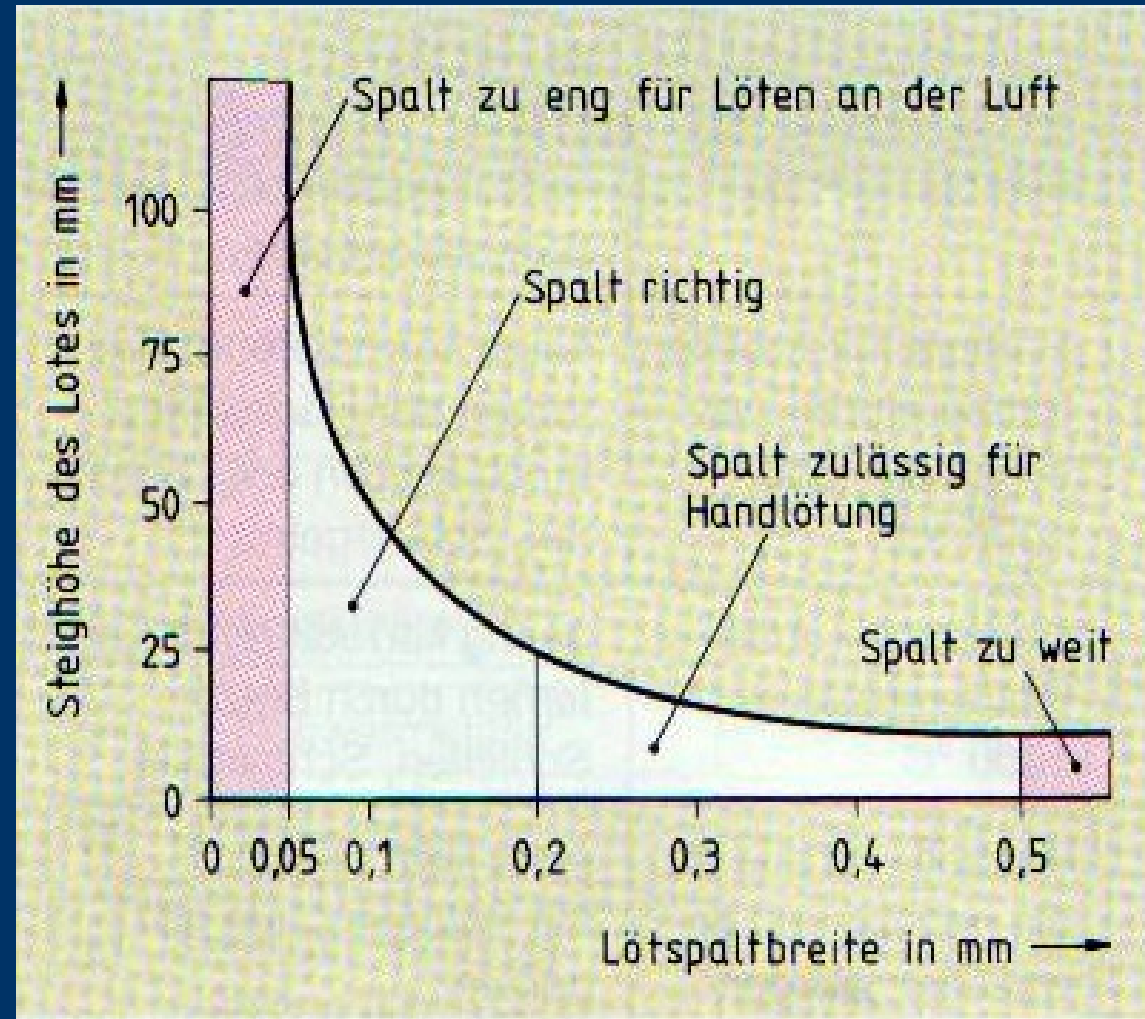
Kapillarwirkung

- Versuch:
Je enger der Spalt ist, umso größer ist die Kapillarwirkung

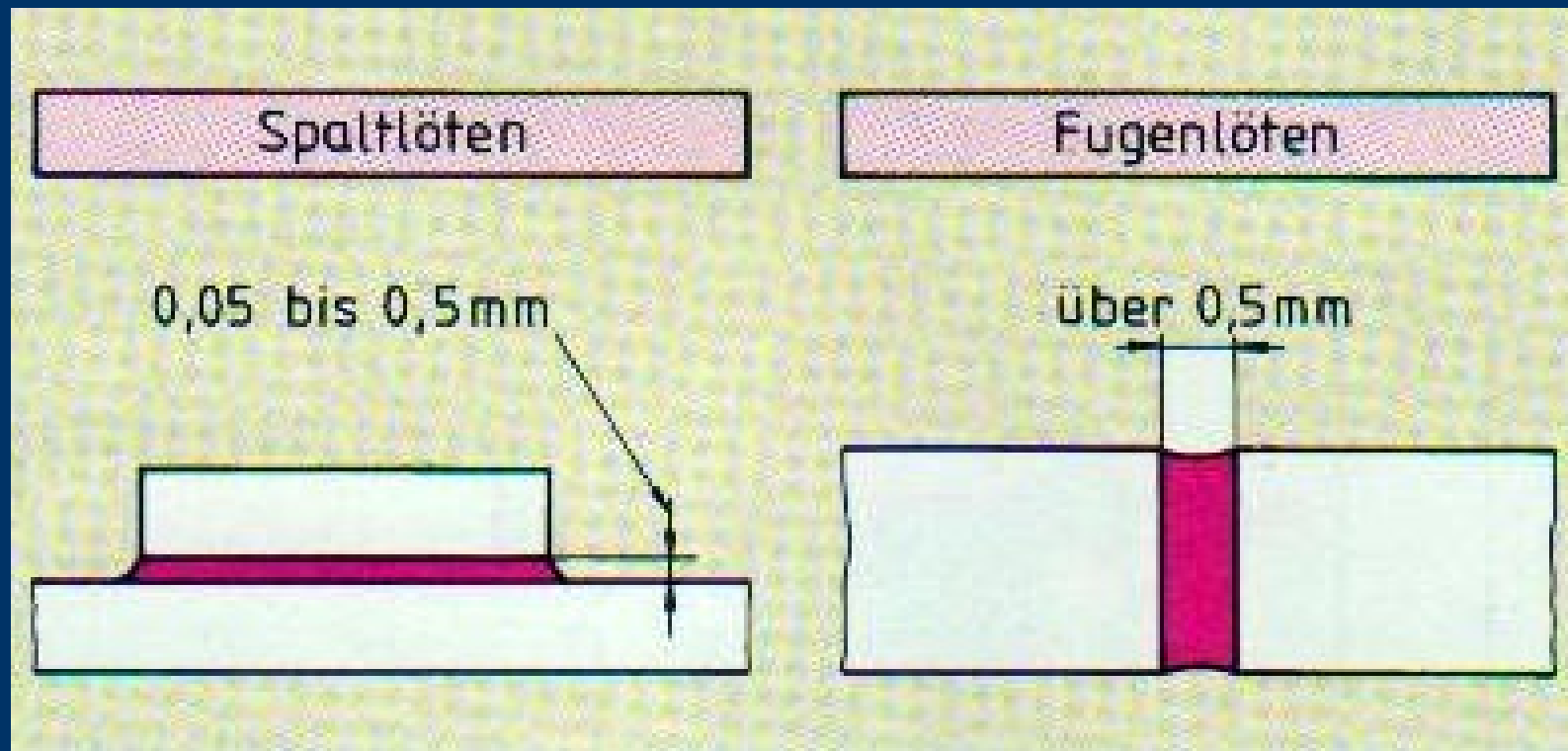


Spaltlöten

- Beim Spaltlöten soll der Lötspalt zwischen 0.05 mm und 0.5 mm breit sein

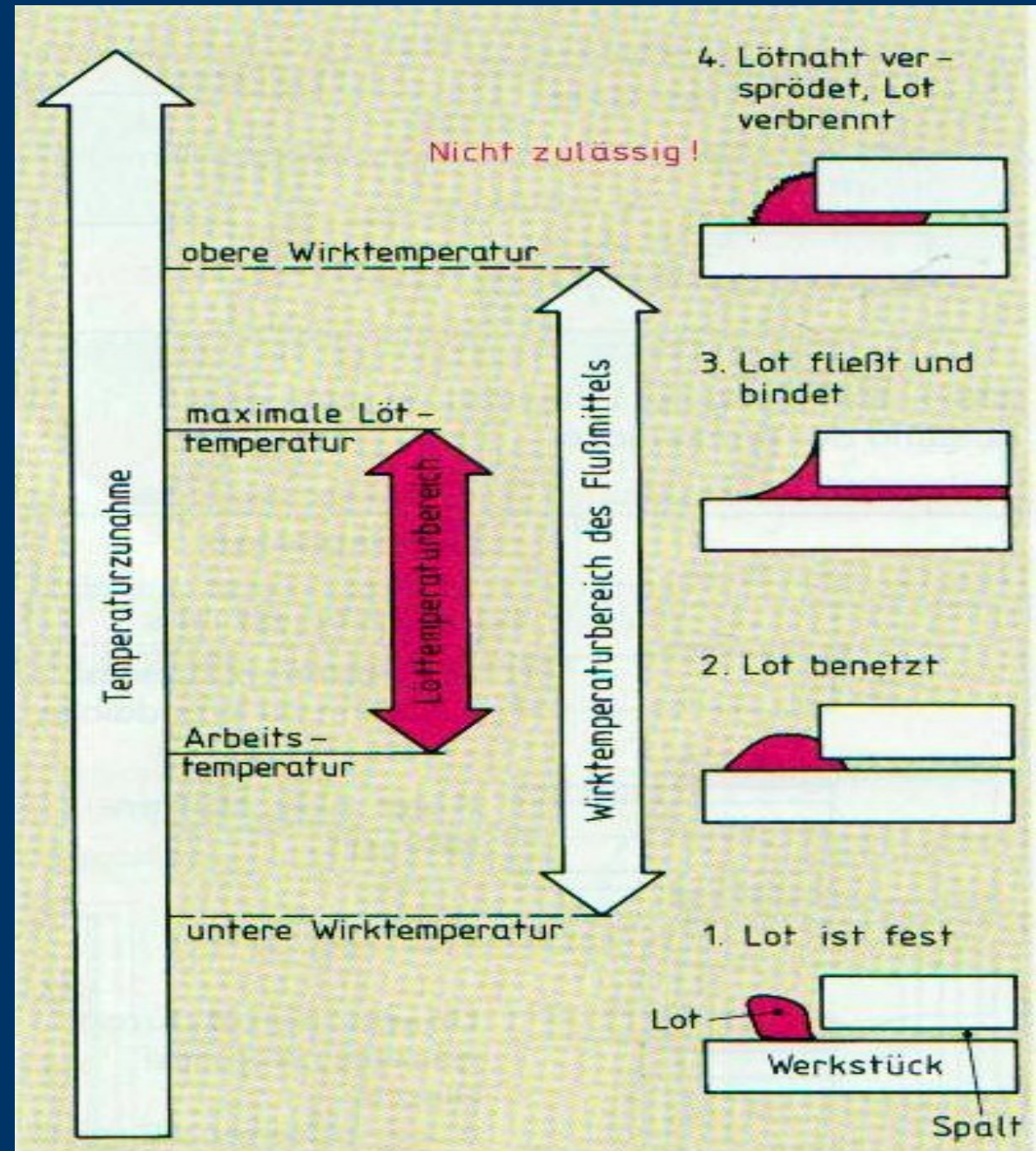


Einteilung der Lötverfahren nach dem Abstand der Werkstücke



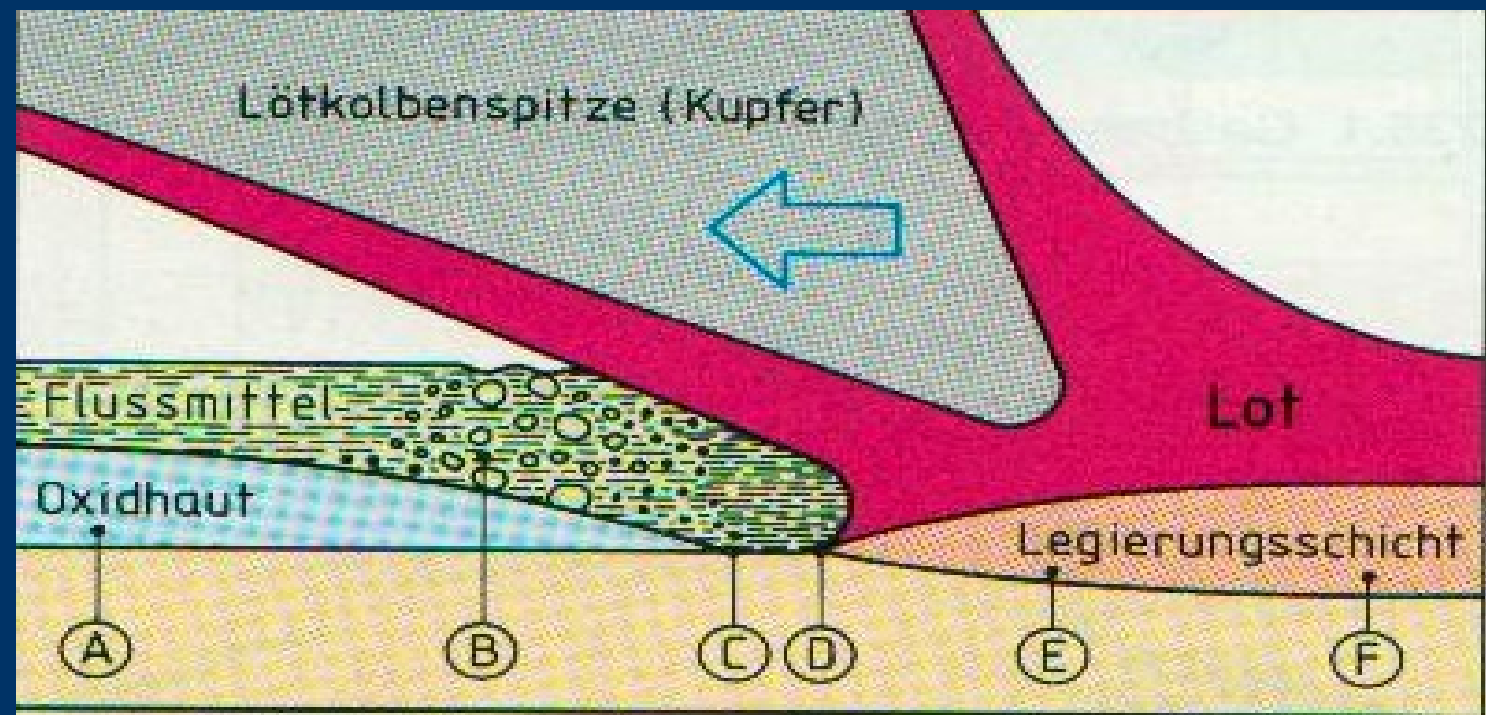
Erwärmen der Werkstücke auf Arbeitstemperatur

- Eine einwandfreie Lötung ist dann erreicht, wenn sich das Lot im Spalt ausbreitet und ihn vollständig ausfüllt. Dazu müssen die Werkstücke an der Verbindungsstelle gleichmäßig auf eine bestimmte Temperatur, die Arbeitstemperatur, erwärmt werden.



Lot am Lötspalt zugeben

- Bei Erreichen der Arbeitstemperatur wird das Lot an den Grundwerkstoff geführt und an diesem Geschmolzen
- Je stärker die Legierungsbildung ist, umso höher ist die Festigkeit der Verbindung.



236.2 Lötvorgang beim Kolbenlöten

- (A) Flussmittellösung liegt auf der oxidierten Metalloberfläche
- (B) Kochende Flussmittellösung entfernt den Oxidfilm (z. B. als Chlorid)
- (C) Blanke Metalloberfläche in Berührung mit dem geschmolzenen Flussmittel
- (D) Flüssiges Lot tritt an die Stelle des geschmolzenen Flussmittels
- (E) Zinn legiert mit dem Grundmetall
- (F) Lot erstarrt

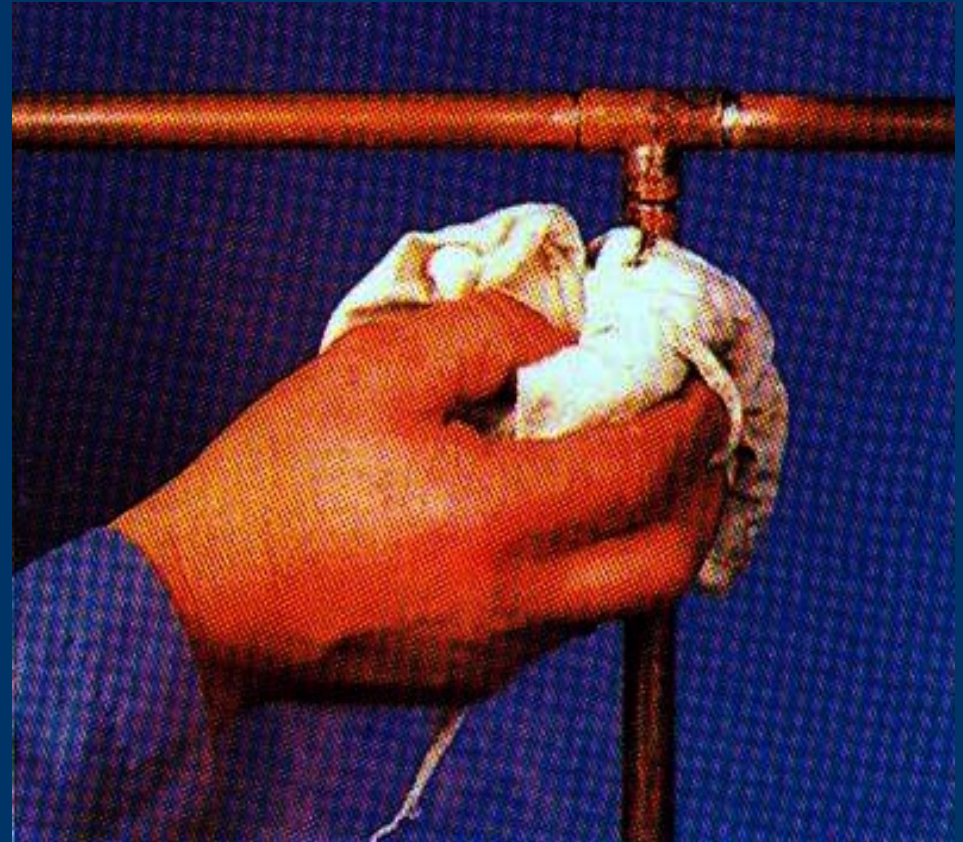
Nach dem Lötvorgang die Lötverbindung abkühlen lassen

- Die Fügeteile, abkühlen lassen und nicht bewegen
- An den Verbindungsstellen können durch Erschütterungen, Risse entstehen

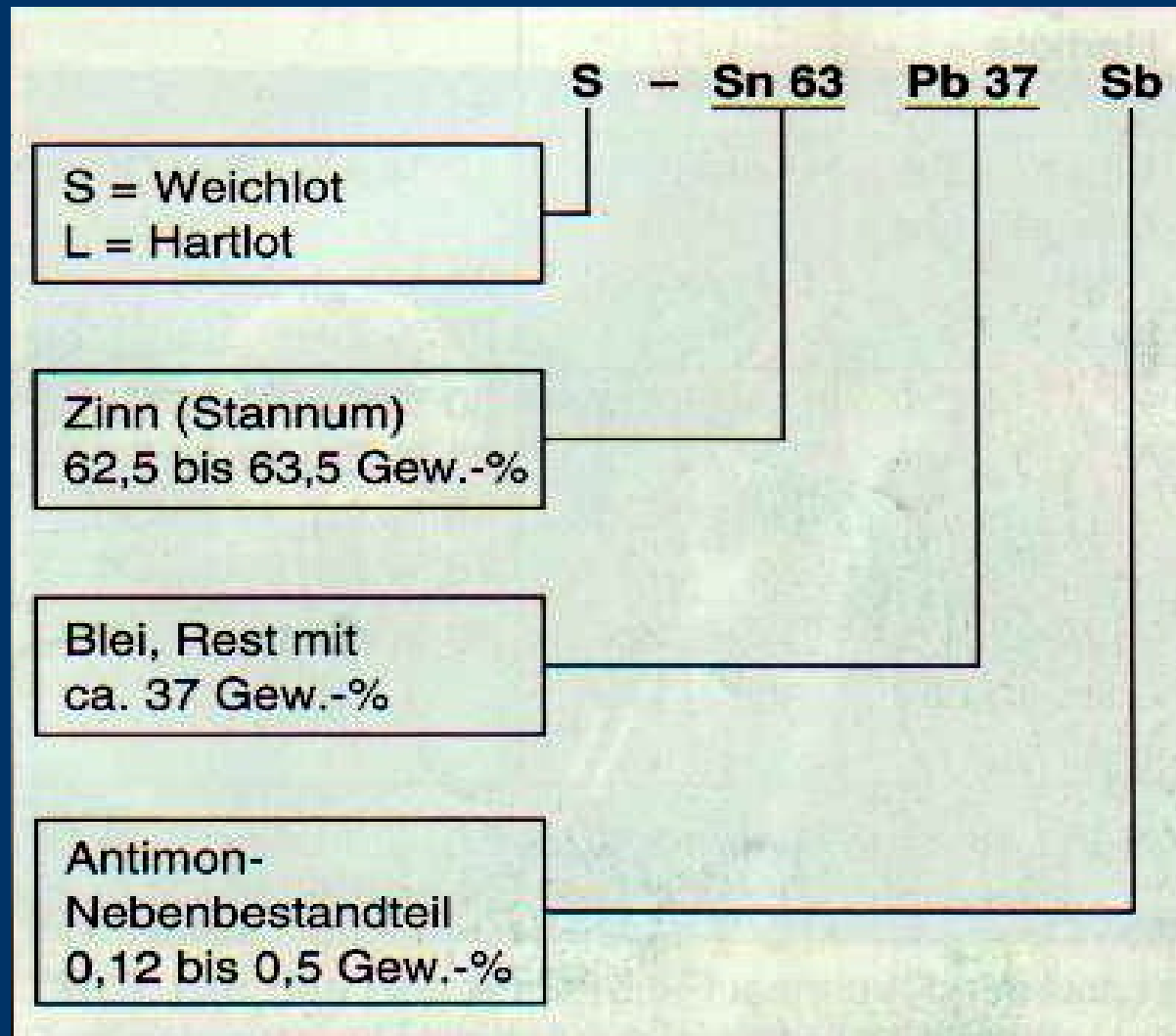


Flussmittelrückstände entfernen

- Flussmittelrückstände wirken korrodierend und sind nach den Lötarbeiten zu entfernen



Normgerechte Bezeichnung von Weichloten



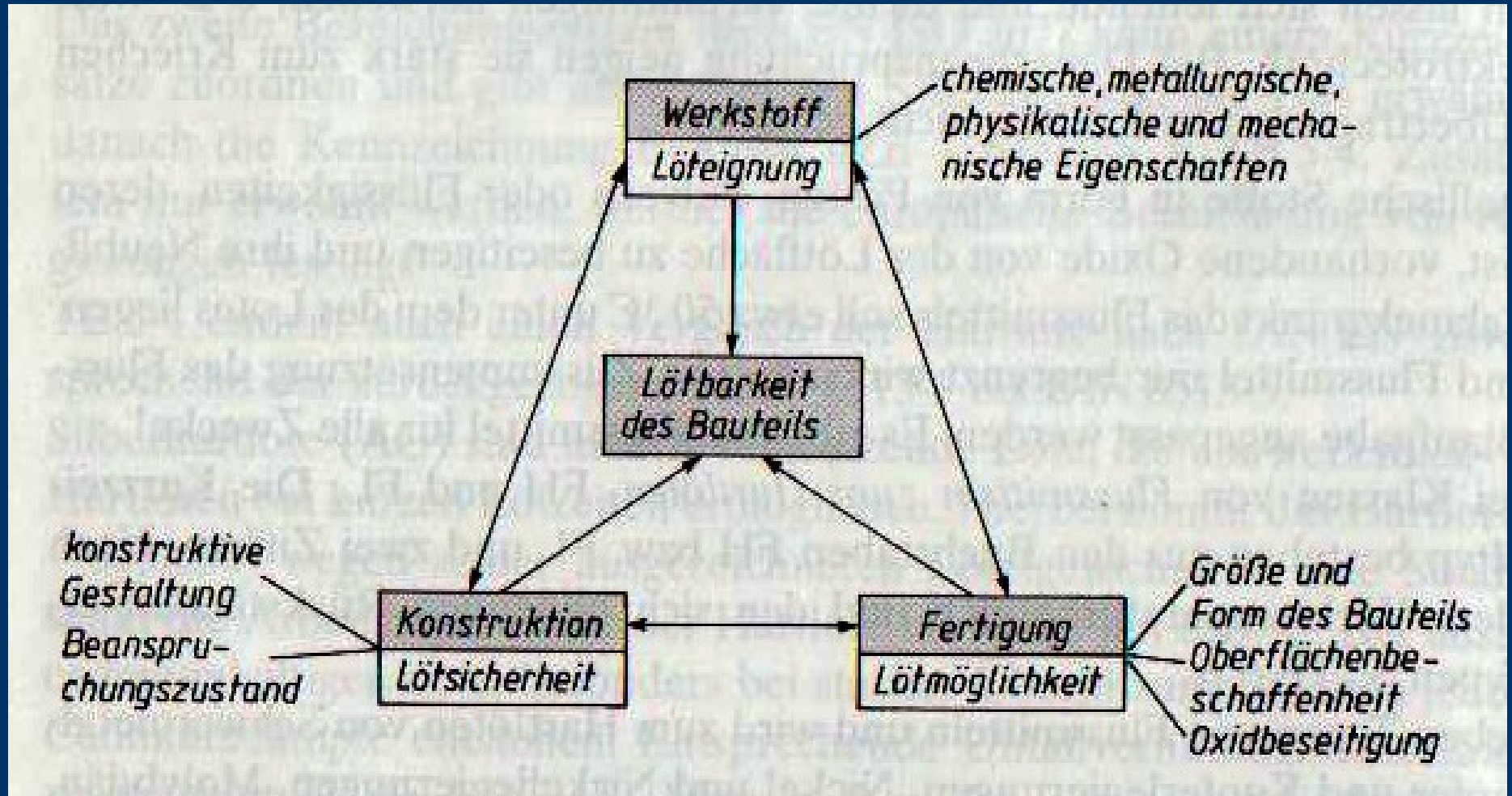
Legierungsmetalle für Lote

- Cadmiumhaltige Lote entwickeln bei Überhitzung giftige Dämpfe, die nicht eingeatmet werden dürfen
- Seit 1. Juli 2006 sind bleihaltige Lote verboten, wegen den giftigen Dämpfen

Metall	chem. Zeichen	Lateinische Bezeichnung	Schmelzpunkt in °C
Zinn	Sn	Stannum	232
Blei	Pb*	Plumbum	327
Zink	Zn	Zincum	419
Kupfer	Cu	Cuprum	1083
Silber	Ag	Argentum	960
Antimon	Sb*	Stibium	630
Cadmium	Cd*	Cadmium	321

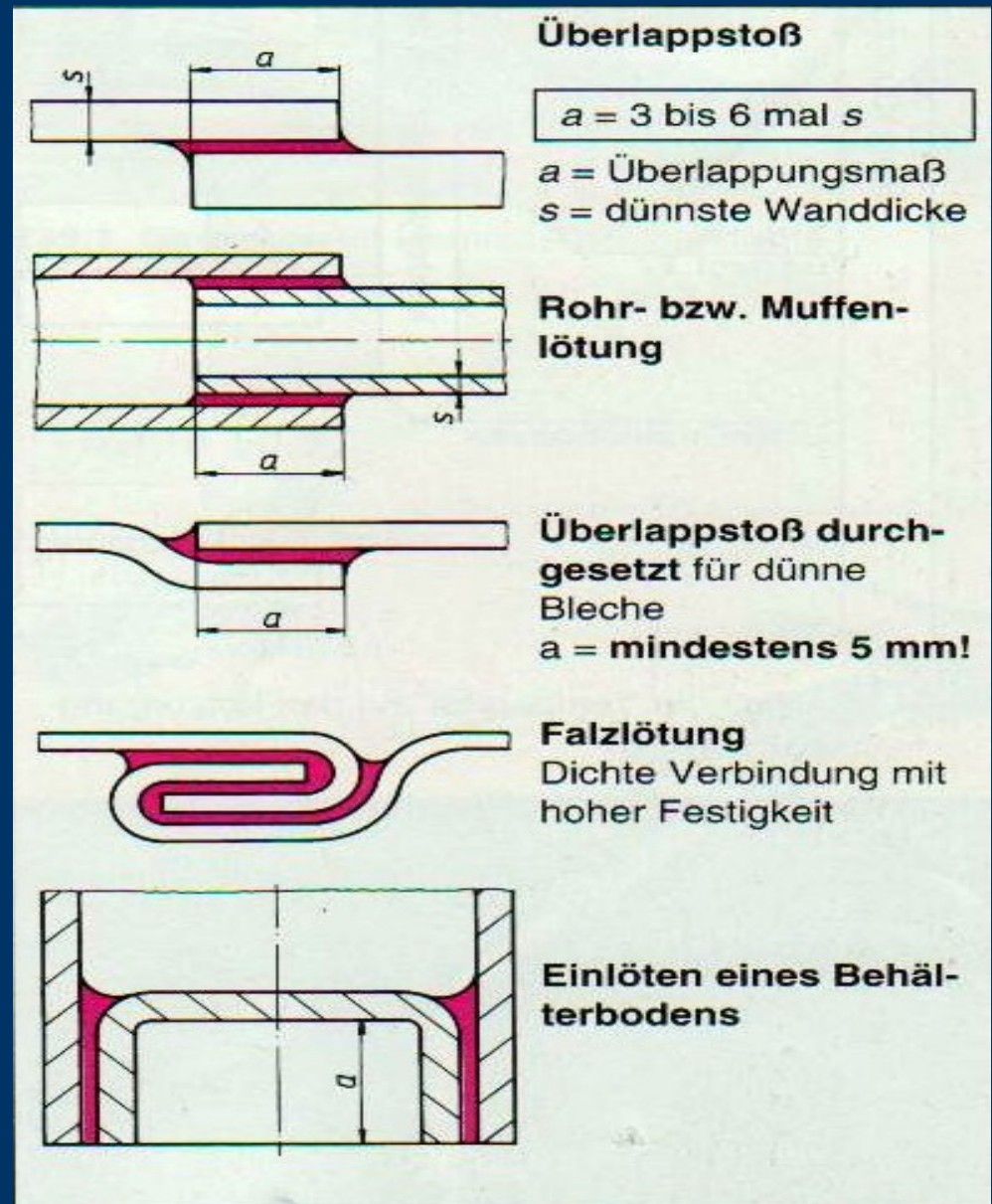
* gesundheitsgefährdende Schwermetalle

Einflussgrößen auf die Lötbarkeit eines Bauteiles



Gestaltungsbeispiele für Lötverbindung

- Eine einwandfreie Lötverbindung kann nur zustande kommen, wenn die Verbindung lötgerecht gestaltet ist.
- Durch Überlappen der Werkstücke wird eine hohe Festigkeit der Lötverbindungen erreicht.

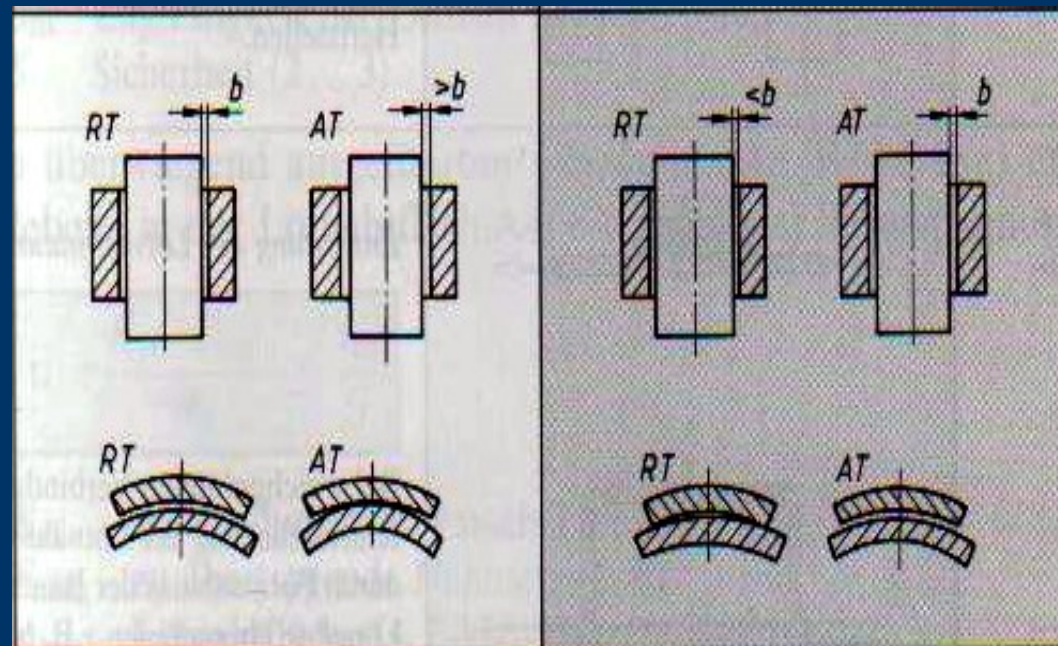


Lötspaltverhalten

- Die erforderliche Lötspaltbreite b muss bei der Arbeitstemperatur vorhanden sein. Der Lötspalt soll parallel oder in Lötflussrichtung enger werdend verlaufen.
- RT= Raumtemperatur
AT= Arbeitstemperatur

unzweckmäßig

zweckmäßig

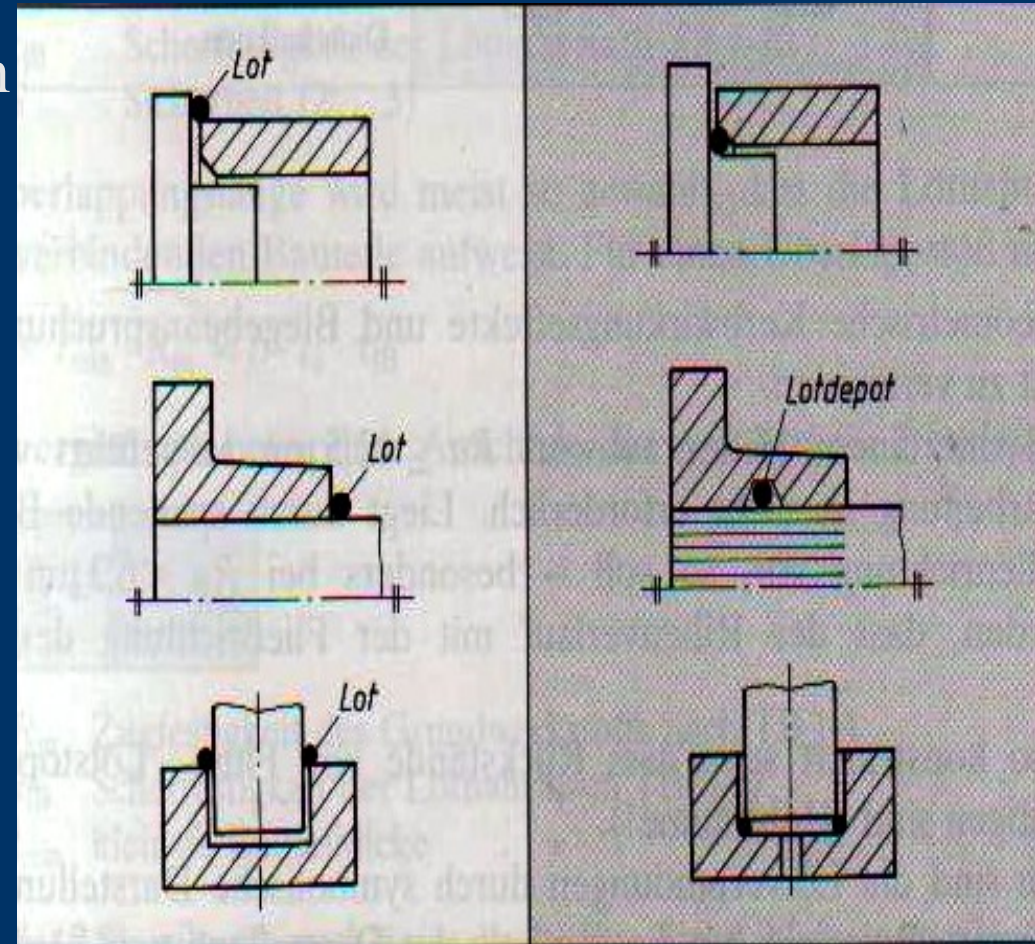


Lötflussverhalten

unzweckmäßig

zweckmäßig

- Lötspalt darf nicht unterbrochen werden. Lot kann Spalterweiterung nicht überbrücken.
- Lötfließweg wird durch eingelegten Lotdrahtring halbiert. Steigerung der Festigkeit durch achsparallele Rändelspalte.
- Lot fließt von innen nach außen, Flussmittel kann entweichen

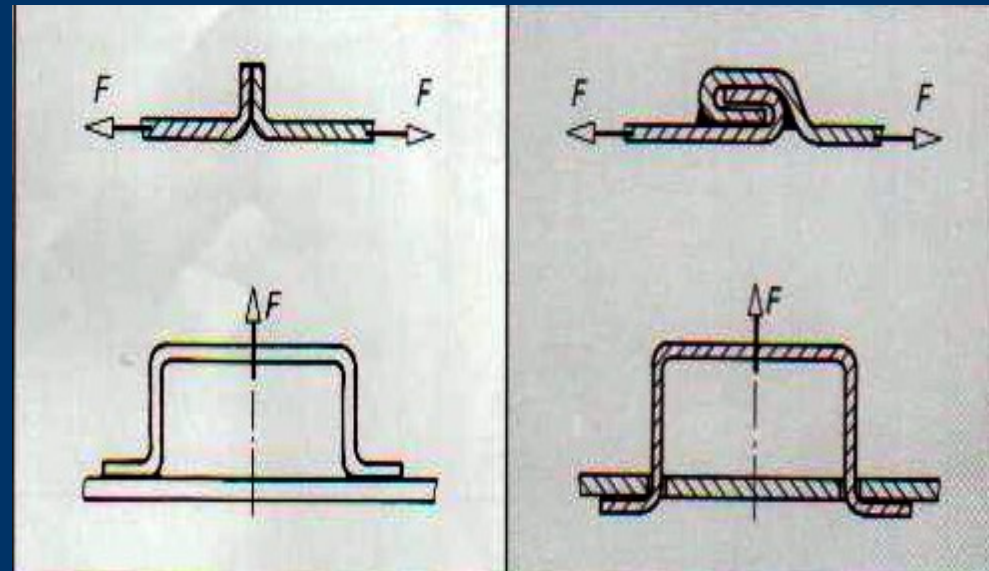


Entlastung der Lötverbindung

- Bei weichgelöteten Verbindungen Kraftentlastung der Löt Nähte durch Formschluss der Bauteile. Löt Nähte übernehmen z.B. nur Dichtfunktion.

unzweckmäßig

zweckmäßig

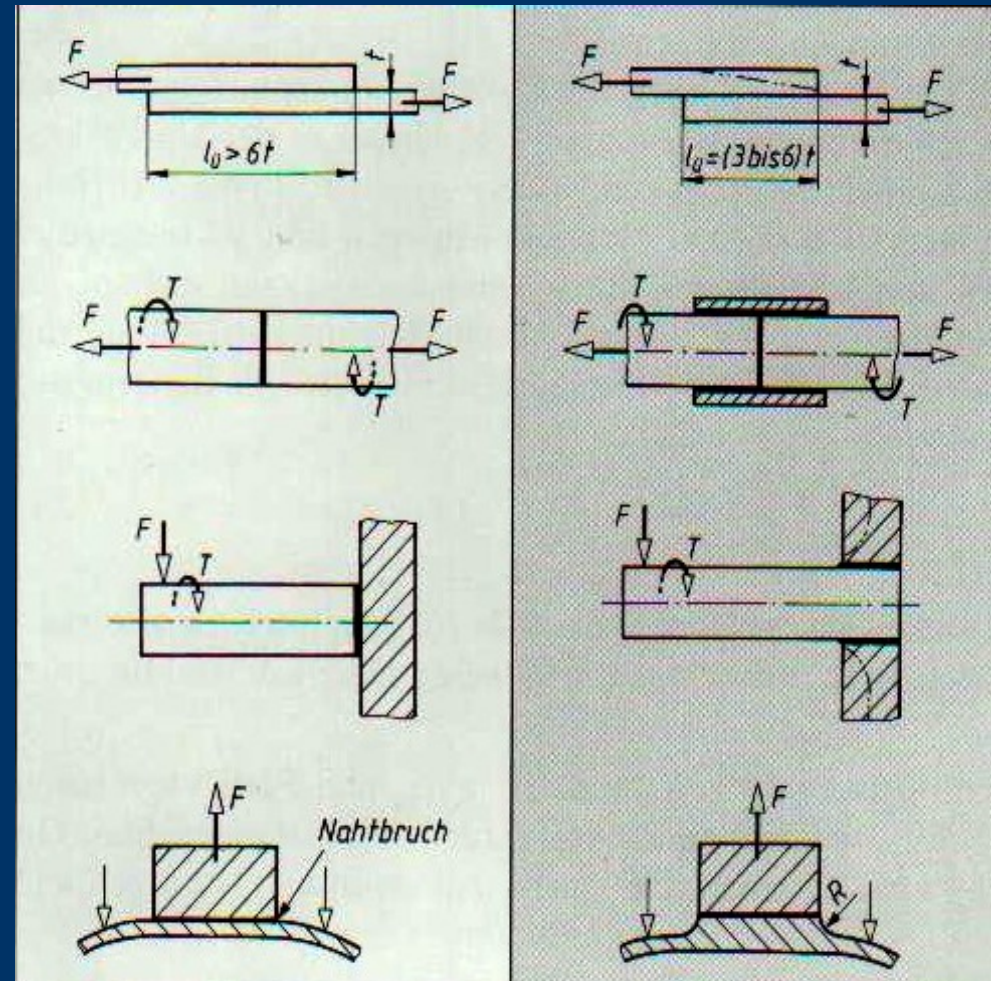


Kraftübertragung

- Um die Festigkeit des Grundwerkstoffes zu erreichen, genügt: $l_0 = (3 \dots 6) t$. Bei hoher Beanspruchung allmählicher Übergang günstiger.
- Erhöhung der Festigkeit
- Steckverbindung bei Biegebeanspruchung günstig. Verbesserung der Dauerfestigkeit durch allmählichen Übergang.
- Durch Steifigkeitserhöhung im Nahtbereich und allmähliche Übergänge können Spannungsspitzen abgebaut und in die Bauteile verlagert werden.

unzweckmäßig

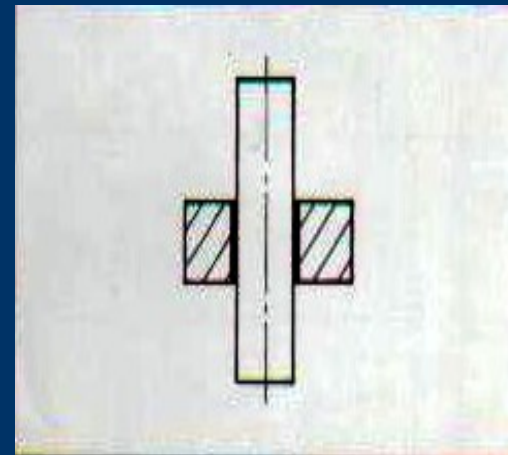
zweckmäßig



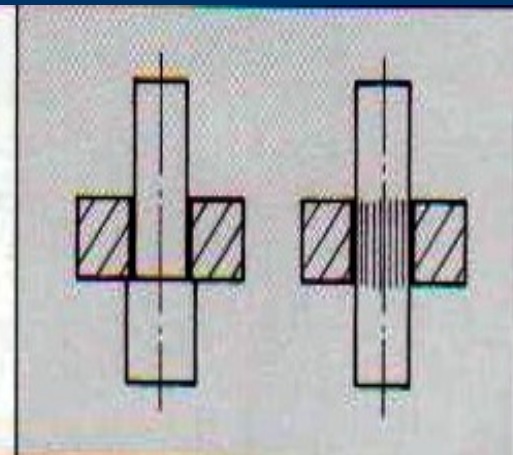
Fertigungserleichterung

- Beim Löten ohne Vorrichtung Lagersicherung der Bauteile durch Anschläge, Rändelpresssitze und Heftstellen

unzweckmäßig

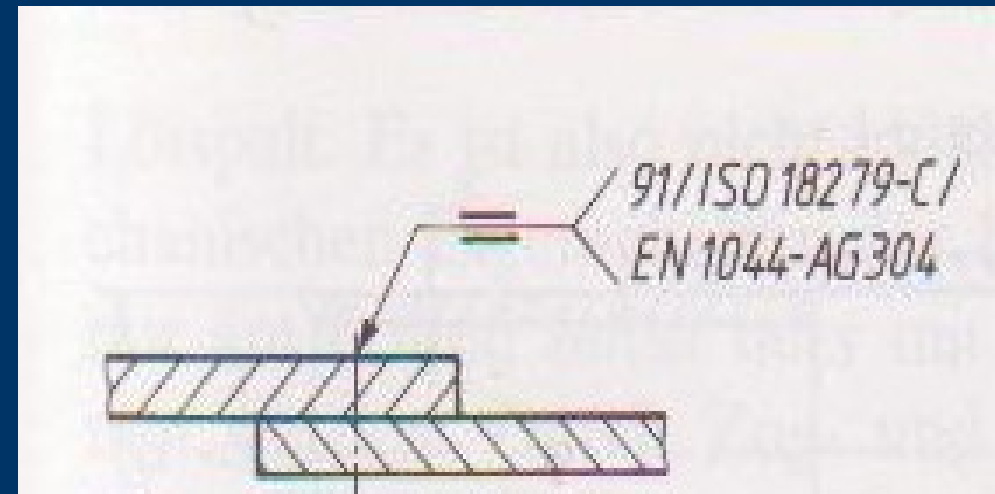


zweckmäßig



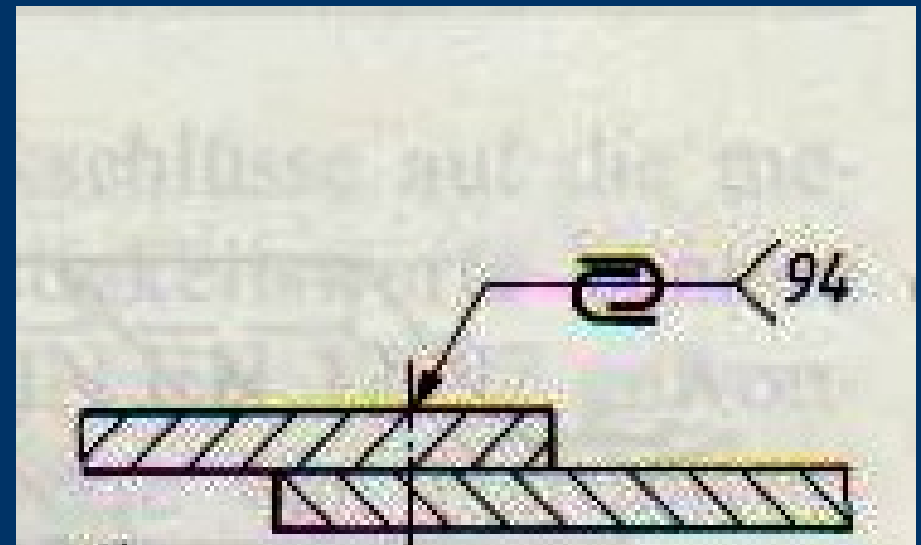
Symbolische Darstellung

- Überlappstoß mit Flächennaht; hergestellt durch Hartlöten (Kennzahl 91)



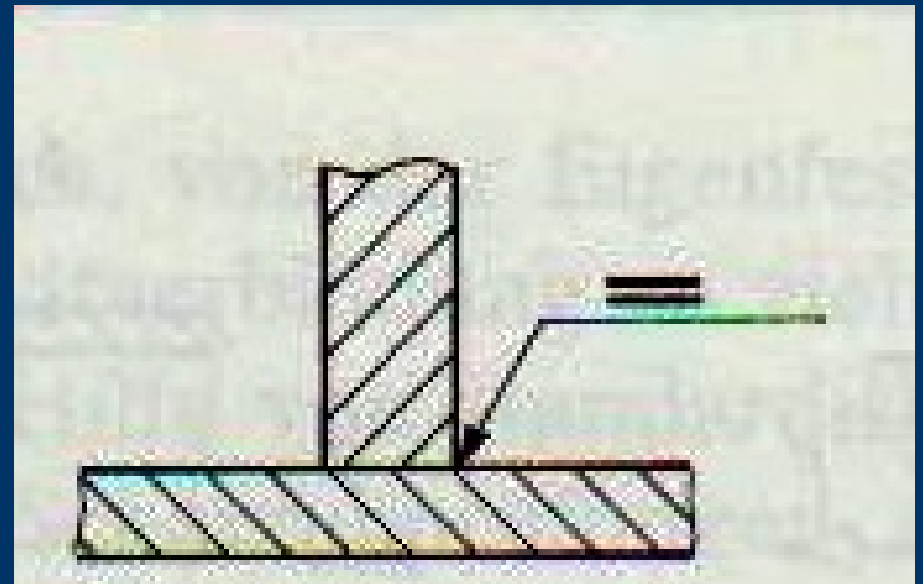
Symbolische Darstellung

- Falzstoß mit Falznaht;
hergestellt durch
Weichlöten
(Kennzahl 94)



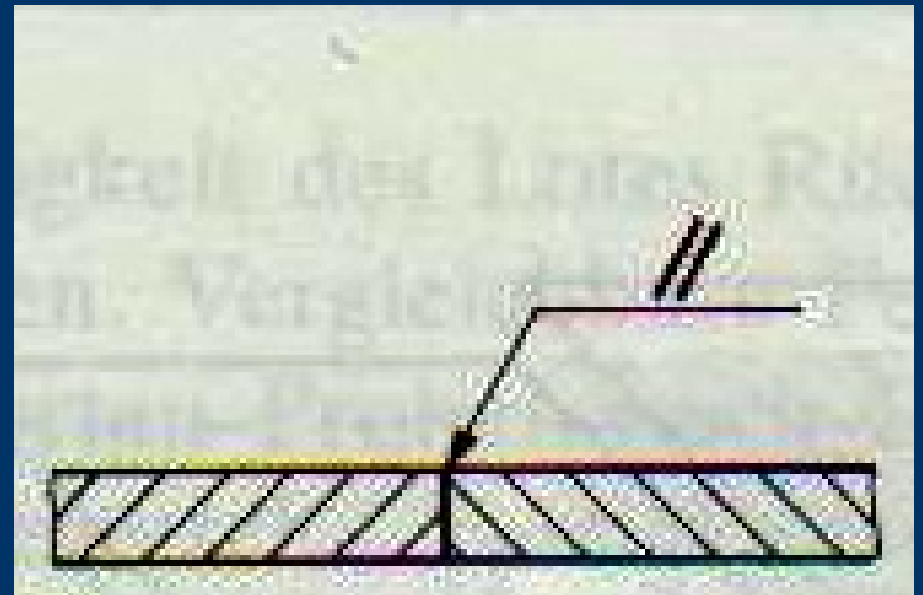
Symbolische Darstellung

- T-Stoß mit
Flächeninhalt

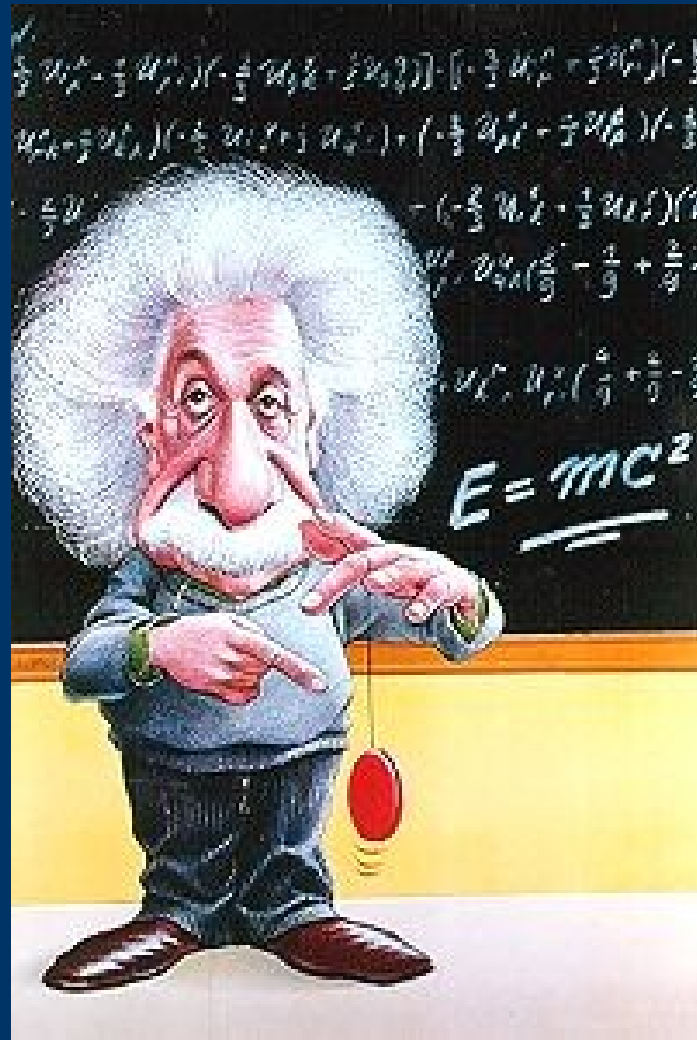


Symbolische Darstellung

- Stumpstoß mit Schrägnaht

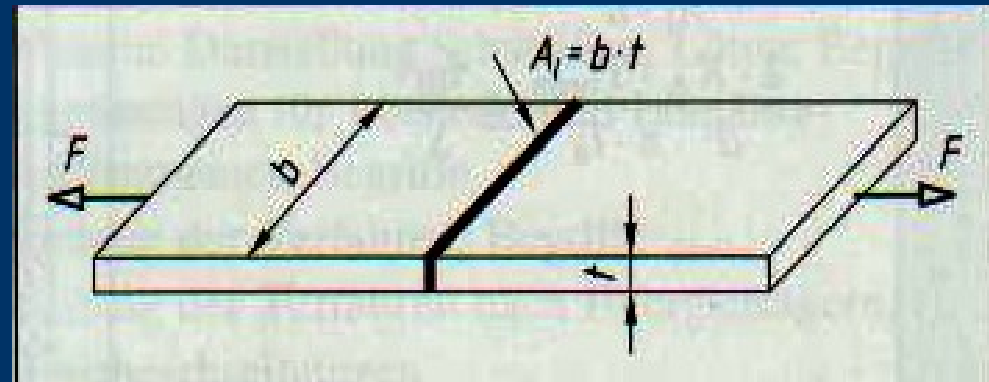


Festigkeitsberechnungen



Stumpfstoßverbindungen

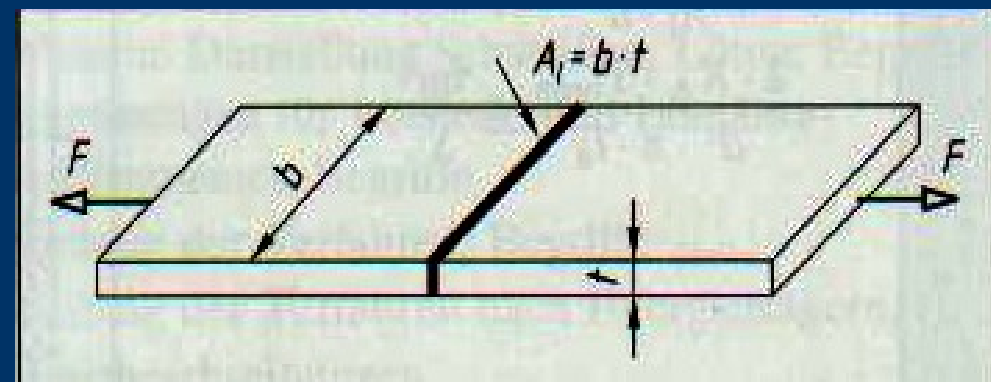
- Diese werden nur bei gering belasteten Bauteilen mit Blechdicken $t > 1\text{mm}$ ausgeführt.



Normalspannung der Lötnaht

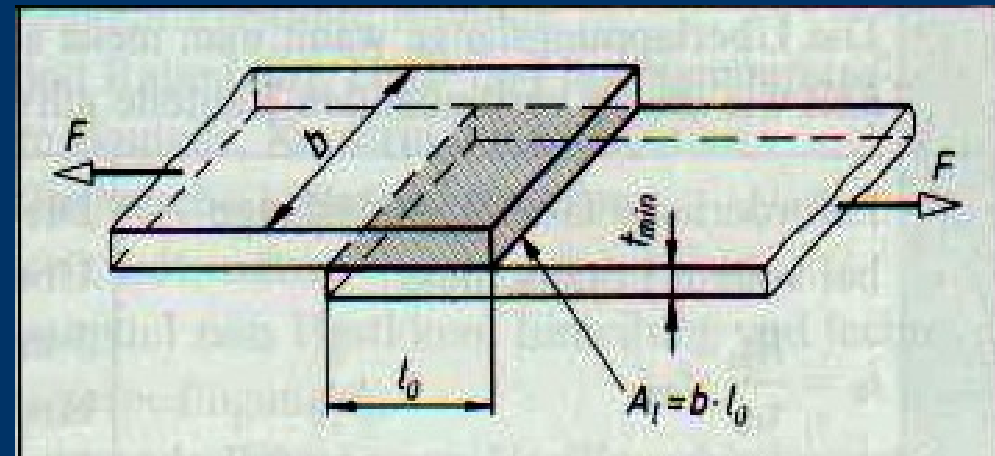
- σ_l = Normalspannung in der Lötnaht [N/mm²]
- K_A = Anwendungsfaktor [1]
- F_{nenn} = von der Lötnaht zu übertragende Nennkraft [N]
- A_l = Lötnahtfläche [mm²]
($b \cdot t$)
- σ_{lB} = Zugfestigkeit der Lötnaht [N/mm²]
- S = Sicherheit [2....3]

$$\sigma_l = \frac{K_A \cdot F_{\text{nenn}}}{A_l} \leq \frac{\sigma_{lB}}{S}$$



Überlappstoßverbindungen

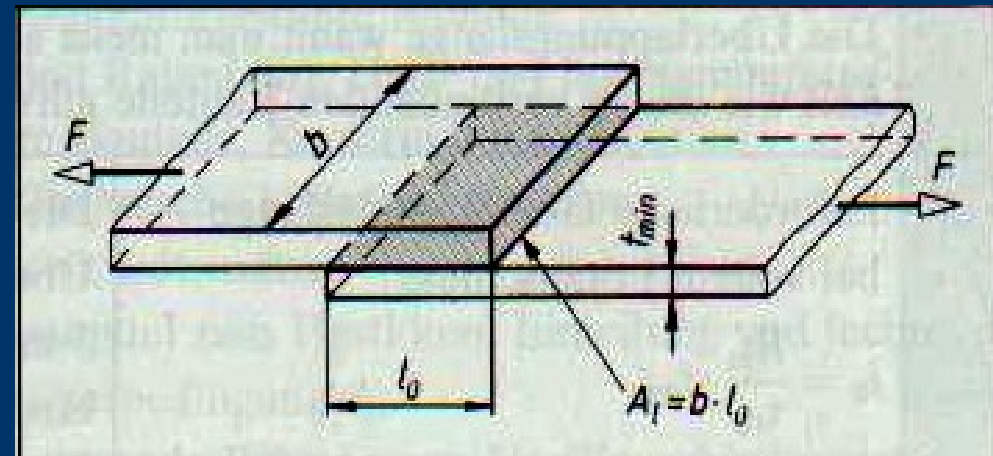
- Überwiegend ausgeführt, vor allem dann, wenn die Löt­nähte die gleiche Tragfähigkeit aufweisen soll wie die zu verbindenden Bauteile.



Scherspannung in der Lötnaht

- T_1 = Scher- bzw. Torsionsspannung in der Lötnaht [N/mm²]
- K_A = Anwendungsfaktor [1]
- F_{nenn} = von der Lötnaht zu übertragende Nennkraft [N]
- A_1 = Lötnahtfläche [mm²] ($b \cdot l_0$)
- l_0 = Überlappungslänge [mm]
- T_{1B} = Scherfestigkeit der Lötnaht [N/mm²]
- S = Sicherheit [2....3]

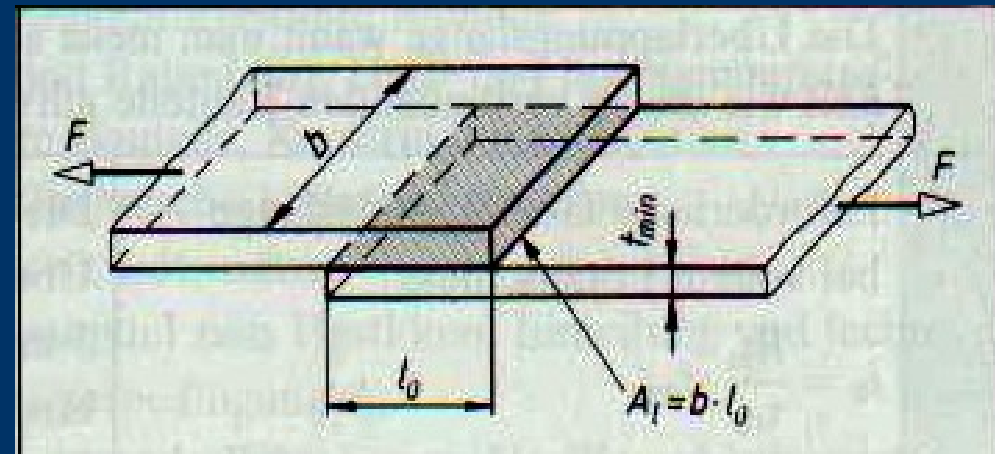
$$\tau_1 = \frac{K_A \cdot F_{\text{nenn}}}{A_1} = \frac{K_A \cdot F_{\text{nenn}}}{b \cdot l_0} \leq \frac{T_{1B}}{S}$$



Überlappungslänge

- Die Überlappungslänge wird meist so gewählt, dass die Lötnaht die gleiche Tragfähigkeit wie die zu verbindenden Bauteile aufweist.

$$l_0 = \frac{R_m}{\tau_{IB}} \cdot t_{\min}$$



Formel für die Überlappungslänge

- B = Breite des Lötstoßes [mm]
- t_{\min} = kleinste Bauteildicke am Lötstoß [mm]
- R_m = Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes [N/mm²]
- τ_{IB} = Scherfestigkeit [N/mm²]
- $l_{\text{Ü}}$ = Überlappungslänge [mm]

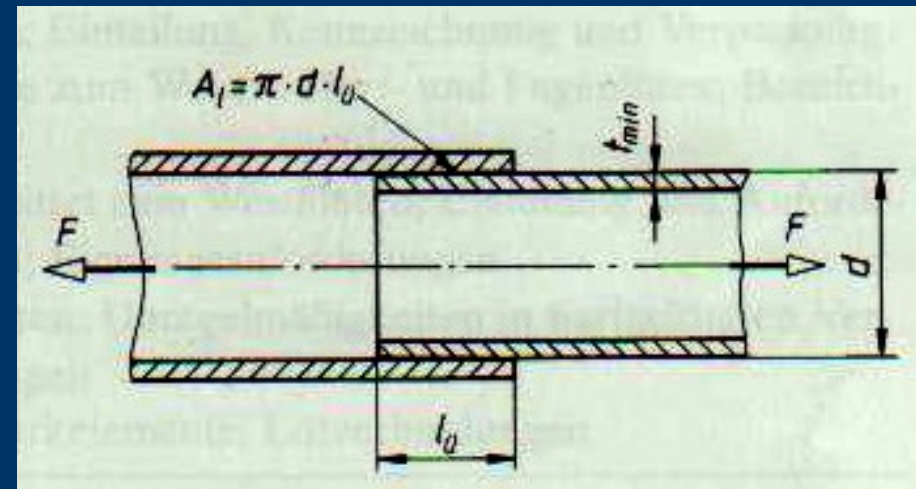
$$b \cdot t_{\min} \cdot R_m = b \cdot l_{\text{Ü}} \cdot \tau_{IB}$$

$$l_{\text{Ü}} = \frac{R_m}{\tau_{IB}} \cdot t_{\min}$$

Steckverbindung

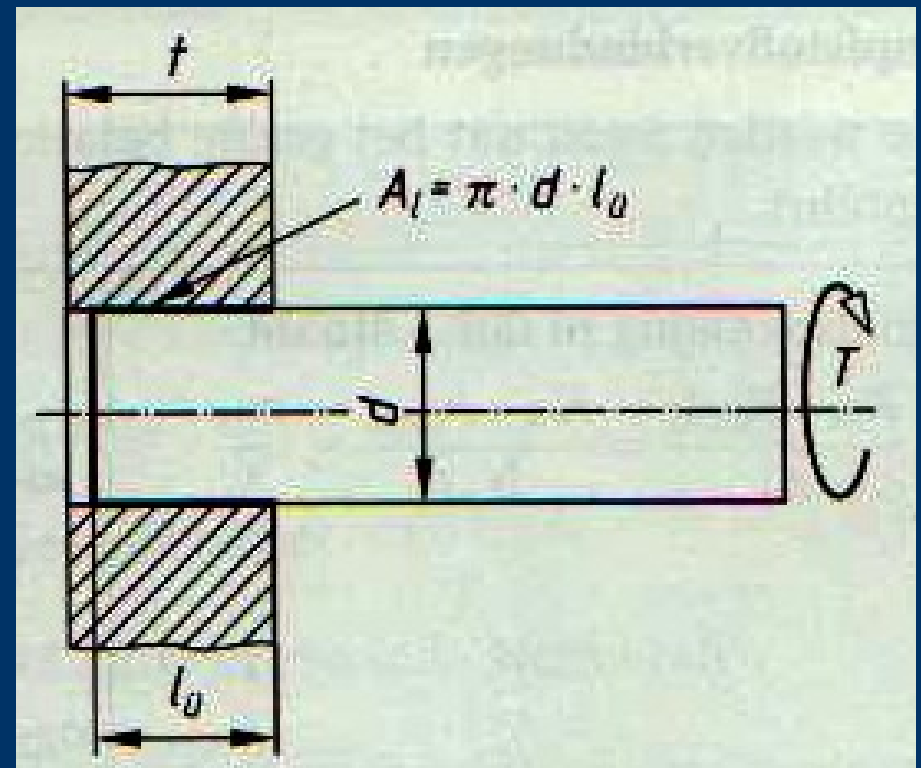
- T_1 = Scher- bzw. Torsionsspannung in der Lötnaht [N/mm²]
- K_A = Anwendungsfaktor [1]
- F_{nenn} = von der Lötnaht zu übertragende Nennkraft [N]
- A_1 = Lötnahtfläche [mm²] ($b \cdot t$)
- l_0 = Überlappungslänge $d/4$ anstatt t_{min} [mm]
- T_{1B} = Scherfestigkeit der Lötnaht [N/mm²]
- S = Sicherheit [2....3]

$$\tau_1 = \frac{K_A \cdot F_{\text{nenn}}}{A_1} = \frac{K_A \cdot F_{\text{nenn}}}{d \cdot \pi \cdot l_0} \leq \frac{T_{1B}}{S}$$



Scherspannung durch Torsionsbelastung

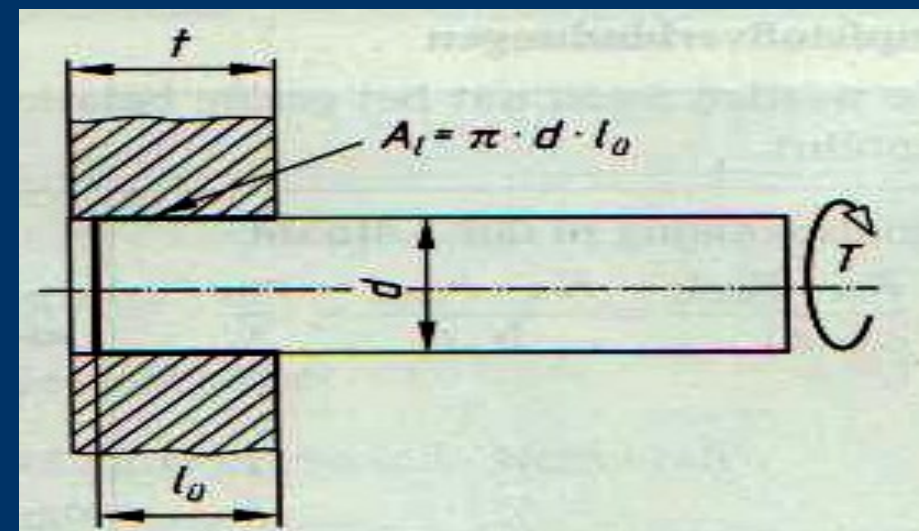
- Bei Torsionsbelastung von runden Steckverbindungen nimmt die ringförmige Lötfläche (Bild) das Torsionmoment T auf.



Scherspannung durch Torsionsbelastung

- τ_l = Scher- bzw. Torsionsspannung in der Lötnaht [N/mm²]
- K_A = Anwendungsfaktor [1]
- T_{nenn} = Nenntorsionmoment [Nmm]
- A_l = Lötnahtfläche [mm²]
($b \cdot t$)
- l_0 = Überlappungslänge $d/4$ anstatt t_{min} [mm]
- τ_{lB} = Scherfestigkeit der Lötnaht [N/mm²]
- S = Sicherheit [2....3]

$$\tau_l = \frac{2 \cdot K_A \cdot T_{\text{nenn}}}{A_l \cdot d}$$
$$= \frac{2 \cdot K_A \cdot T_{\text{nenn}}}{d^2 \cdot \pi \cdot l_0} \leq \frac{\tau_{lB}}{S}$$

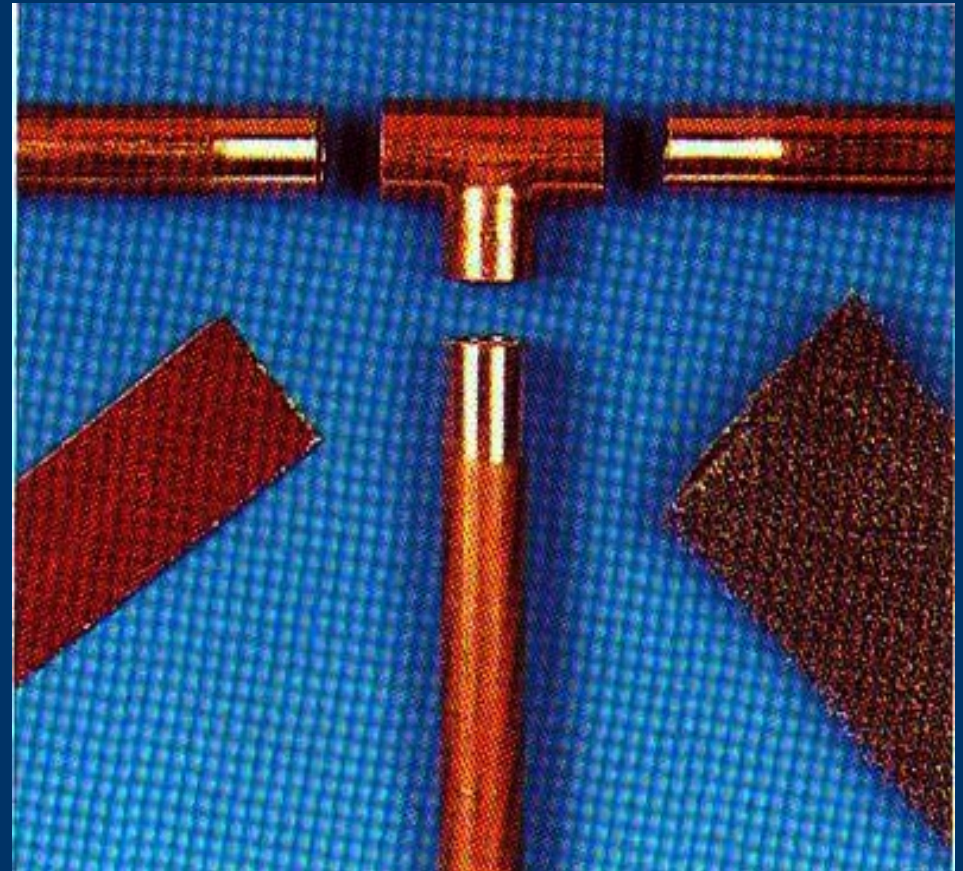


Video



Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- Rohrende außen und Fitting innen mit Schmirgelpapier, Rundbürste oder Vlies metallisch blank machen



Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- Nur das Rohrende mit dem Flussmittel bestreichen. Dadurch gelangt kein unverbrauchtes Flussmittel in das Rohrinne



Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- Das Rohrende bis zum Anschlag in den Fitting schieben und mit weicher Flamme gleichmäßig erwärmen



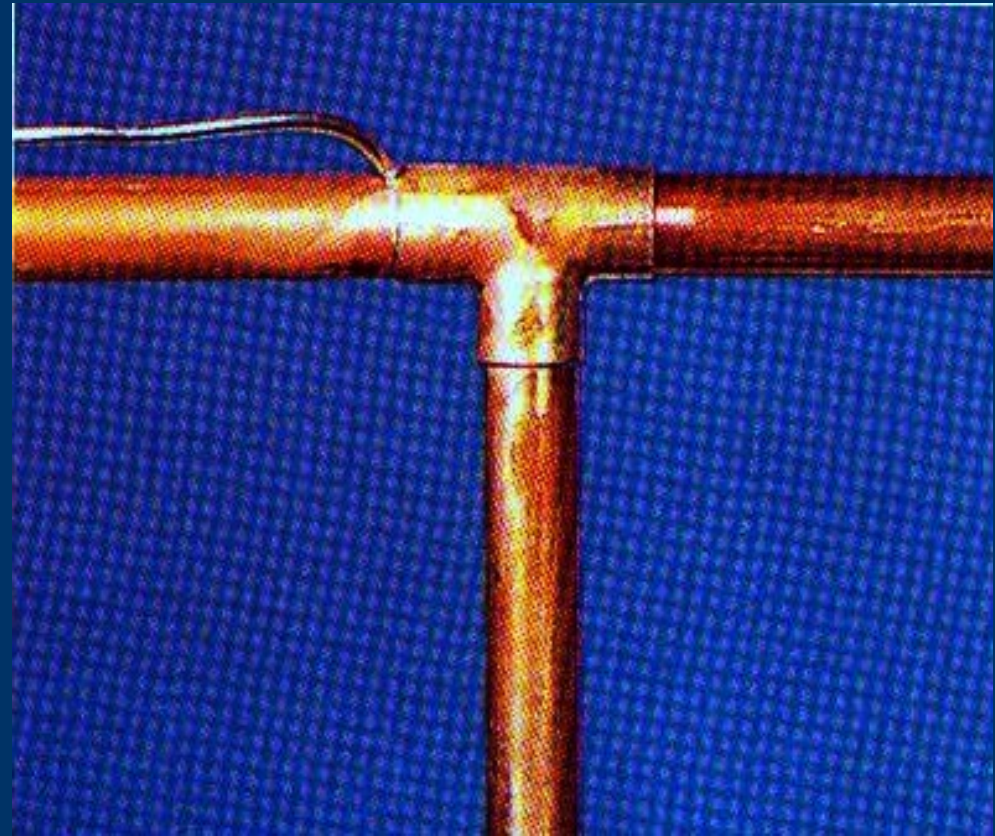
Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- An der Lötstelle erscheinen durch das verdampfende Flussmittel kleine Rauchwölkchen. Die Arbeitstemperatur ist erreicht.



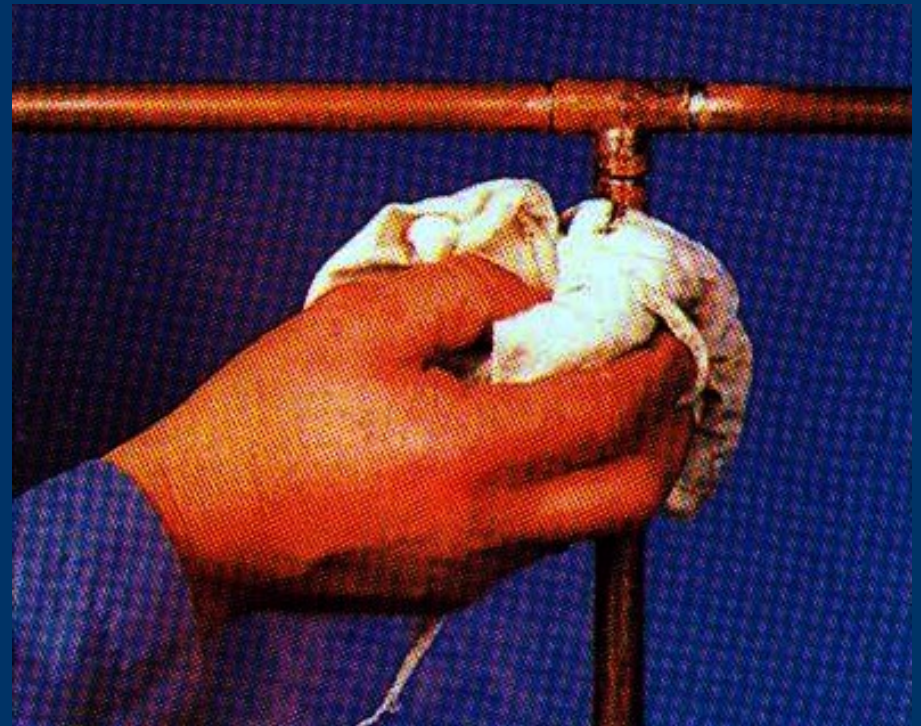
Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- Bei abgewendeter Flamme das Lot so lange am Lötspalt abschmelzen, bis ein Löttring sichtbar ist.



Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- Flussmittelreste
entfernen



Lötvorgang am Beispiel einer Kupferrohrlötung

- Beim Hartlöten wird das Lot in der Flamme abgeschmolzen



Unfallverhütung beim Löten

- Brenngase sofort nach dem Öffnen des Ventils entzünden. Es besteht Explosionsgefahr.
- Darauf achten, dass kein unverbrauchtes Gasgemisch in Rohre geblasen werden.
- Beim Löten auf Baustellen und in der Nähe brennbarer Werkstoffe Brandschutzmatten anbringen.
- Lote aus Schwermetalllegierungen können bei Überhitzung giftige Metaldämpfe entwickeln. Dämpfe niemals einatmen, Arbeitsplatz gut belüften.
- Beim Löten Schutzbrille und Schutzkleidung tragen.
- Flussmittelreste sollen mit der Haut nicht in Berührung kommen, da sie aggressive Stoffe. z.B. Säuren, enthalten.



Fragen

NÖÖÖ

- Wenn ja! Dann stehe ich Ihnen gern zu Verfügung.



Danke, fürs zu Hören

- Ich hoffe, es hat Ihnen genauso viel Spaß gemacht wie mir.

