

# Leseprobe

**Christiani**

Technisches Institut für  
Aus- und Weiterbildung

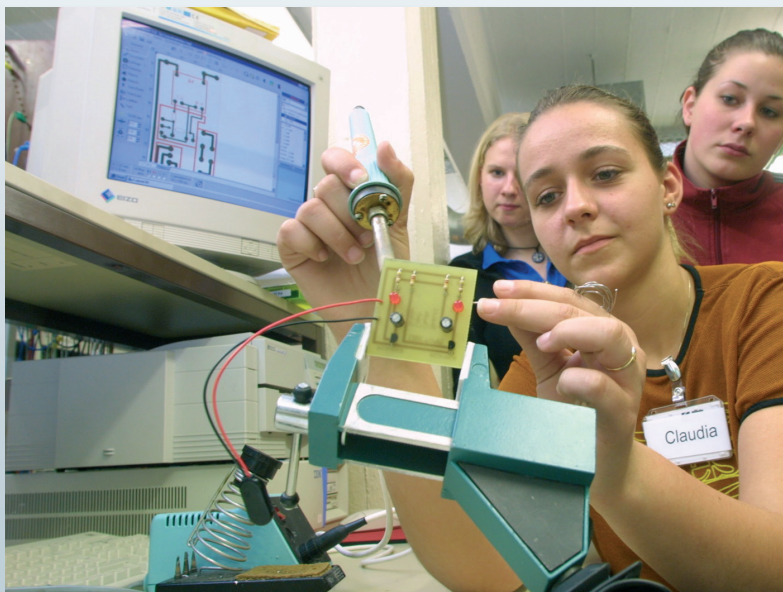
Metalltechnik

## Fertigungstechnik Metall

### Fügen – Löten

Arbeitsblätter

### Lernprogramm 10



Bestell-Nr. 80382  
ISBN-13: 978-3-87125-293-8  
ISBN-10: 3-87125-293-X

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG  
[www.christiani.de](http://www.christiani.de)

Fertigungstechnik Metall  
 Fügen – Löten

**Lernschritt-Aufgaben  
 Begleitbogen**

|               |              |
|---------------|--------------|
| <b>Datum:</b> | <b>Name:</b> |
|---------------|--------------|

Bei den vorgegebenen Antworten ist in der Regel nur **eine** Antwort richtig. Wenn Sie einen Lernschritt durchgearbeitet haben, dann kreuzen Sie bitte die Ihrer Meinung nach **richtige Antwort A, B, C oder D** auf dem **Begleitbogen** an.

Neben den Lernschritt-Aufgaben mit vorgegebenen Antworten, sind noch **schriftliche Aufgaben** gestellt. Tragen Sie auch diese Lösungen im Begleitbogen ein.

Der Begleitbogen dient zur **Selbstkontrolle** während des Lernens mit dem Lernprogramm.

Zum Abschluss des Lernprogramms werden noch **Zusatzaufgaben** und weitere Aufgaben zur **Lernzielkontrolle** gestellt, die Sie auf den vorbereiteten Arbeitsblättern lösen können.

Tragen Sie jetzt bitte im Schriftkopf dieses Blatts Ihren Namen sowie das heutige Datum ein.

| Lernschritt-Nr. | richtige Auswahlantwort |   |   |   |
|-----------------|-------------------------|---|---|---|
|                 | A                       | B | C | D |
| 1               |                         |   |   |   |
| 2               |                         |   |   |   |
| 3               |                         |   |   |   |
| 4               |                         |   |   |   |
| 5               |                         |   |   |   |

6

**1. schriftliche Aufgabe**

**Beschriften Sie die Darstellung unter Verwendung folgender Begriffe:**

Schmelzbereich

Arbeitstemperatur

Löttemperatur-Bereich

obere Schmelztemperatur

untere Schmelztemperatur

maximale Löttemperatur

Lot fließt, bindet

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 7 |   |   |   |   |
| 8 |   |   |   |   |
| 9 |   |   |   |   |
|   | A | B | C | D |

**Lernschritt-Aufgaben**  
**Begleitbogen**

Fertigungstechnik Metall  
 Fügen – Löten

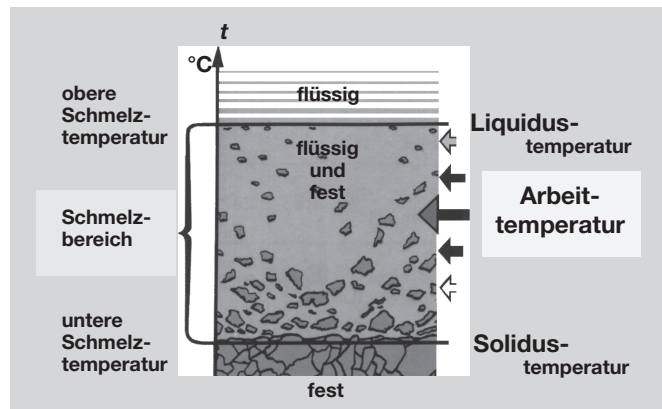
| Lernschritt-Nr.         | richtige Auswahlantwort   |  |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
|-------------------------|---|--|---|---|-----------|------------|-----------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------|--|--|--------------------|--|--|
|                         | A   | B  | C | D |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
| 10                      | <b>2. schriftliche Aufgabe</b><br><br><div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: #f0f0f0;"> <p>Ergänzen Sie die Tabelle und kreuzen Sie die zutreffenden Aussagen an.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Lötstelle</th> <th>Weichlöten</th> <th>Hartlöten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>obere Schmelztemperatur</td> <td>liegt unterhalb<br/>.... °C</td> <td>liegt oberhalb<br/>.... °C</td> </tr> <tr> <td>Zugfestigkeit</td> <td> <input type="checkbox"/> gering<br/> <input type="checkbox"/> hoch                             </td> <td> <input type="checkbox"/> gering<br/> <input type="checkbox"/> hoch                             </td> </tr> <tr> <td>Wärmebeständigkeit</td> <td> <input type="checkbox"/> gering<br/> <input type="checkbox"/> hoch                             </td> <td> <input type="checkbox"/> gering<br/> <input type="checkbox"/> hoch                             </td> </tr> </tbody> </table> </div> |  |   |   | Lötstelle | Weichlöten | Hartlöten | obere Schmelztemperatur | liegt unterhalb<br>.... °C | liegt oberhalb<br>.... °C | Zugfestigkeit | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch | Wärmebeständigkeit | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch |
| Lötstelle               | Weichlöten  | Hartlöten  |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
| obere Schmelztemperatur | liegt unterhalb<br>.... °C  | liegt oberhalb<br>.... °C  |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
| Zugfestigkeit           | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch  | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
| Wärmebeständigkeit      | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch  | <input type="checkbox"/> gering<br><input type="checkbox"/> hoch |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
| 11                      |   |  |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
| 12                      |   |  |   |   |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |
|                         | A   | B  | C | D |           |            |           |                         |                            |                           |               |  |  |                    |  |  |

**Verbindungsarten** Gefügte Verbindungen unterscheidet man danach, ob sie kraft-, form- oder stoffschlüssig sind. Darüber hinaus können sie lösbar oder unlösbar sein.

**Stoffschluss** Löten und Schmelzschweißen sind stoffschlüssige und unlösbare Verfahren. Beim Schmelzschweißen verschmelzen die Oberflächen der Einzelteile an den Fugestellen mit dem zum Auffüllen der Schweißfuge hinzugefügten Werkstoff. Die zu verbindenden Werkstoffe, Grundwerkstoffe genannt, sind auf den Zusatzwerkstoff genau abzustimmen. Ihre Schmelztemperaturen und Eigenschaften müssen etwa gleich sein. Dagegen können beim Löten die Schmelztemperaturen der Grundwerkstoffe sehr unterschiedlich sein. Der Zusatzwerkstoff wird flüssig, die Grundwerkstoffe bleiben jedoch immer fest. Im Gegensatz zum Schweißen können durch Löten auch Werkstoffe mit sehr unterschiedlichen Schmelzpunkten beispielsweise Hartmetall auf Werkzeugstahl, gefügt werden.

**Unlösbar** Als unlösbar werden Fertigungsverfahren bezeichnet, deren gefügte Einzelteile nur noch getrennt werden können, wenn das Verbindungselement oder das Werkstück beschädigt oder zerstört wird. Das trifft für ein Lot als Zusatzwerkstoff genauso zu, wie es für einen Niet gilt, denn das Lot ist auch ein Verbindungselement. Es bildet gemeinsam mit Bestandteilen, die aus den Grundwerkstoffen herausgelöst worden sind, eine neue Legierung. Der Vorgang der Diffusion und Legierungsbildung ist auch durch erneutes Schmelzen der Lötstelle nicht wieder rückgängig zu machen.

**Schmelzbereich** Lote sind fast immer Legierungen. Im Unterschied zu reinen Metallen haben sie keinen Schmelzpunkt. Sie schmelzen zwischen zwei Temperaturgrenzen, der unteren und oberen Schmelztemperatur. Im damit begrenzten Schmelzbereich ist der Zusatzwerkstoff eine Schmelze, die aus festen und flüssigen Bestandteilen besteht. Innerhalb des Schmelzbereichs liegt die Arbeitstemperatur. Sie ist die niedrigste Temperatur der Werkstückoberfläche, bei der das geschmolzene Lot plötzlich beginnt, sich auszubreiten, zu „benetzen“. Nur oberhalb dieses Temperaturpunkts kann gelötet werden.



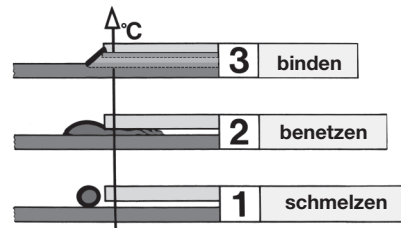
**Weich- und Hartlöten** Lötverfahren werden auch nach der oberen Schmelztemperatur unterschieden. Wird sie erreicht, ist das Lot völlig flüssig, „liquide“. Liegt die obere Schmelztemperatur unterhalb 450 °C, dann ist der Zusatzwerkstoff ein Weichlot, das Verfahren ein Weichlöten. Oberhalb dieser Temperaturgrenze ist das Lot ein Hartlot und das Verfahren ein Hartlöten.

**Spalt- und Fugenlöten** Lötverfahren können auch nach der Form der Lötstelle benannt werden. Liegen die zu verbindenden Oberflächen parallel zueinander und ist ihr Abstand kleiner als 0,5 mm, dann wird die Lötstelle als Lötspalt, das Verfahren als Spaltlöten bezeichnet. Ist der Abstand größer als 0,5 mm oder ist die Lötstelle V- oder X-förmig, dann spricht man von einer Lötstufe und folglich vom Fugenlöten.

## Zusammenfassung

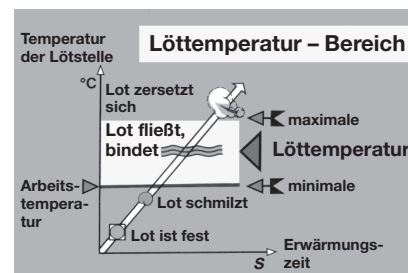
### Schmelzen Benetzen Binden

Bei zunehmender Erwärmung der Lötstelle kommt es zu folgenden Vorgängen: Schmelzen des Lots, Benetzen der Lötflächen und Binden durch Stoffschluss. Mit dem fließenden Ausbreiten (Benetzen) beginnt der Zusatzwerkstoff in die im festen Zustand verbleibenden Grundwerkstoffe einzudringen und an deren Oberflächen Bestandteile herauszulösen. Sie bilden gemeinsam eine neue Legierung. Den Vorgang der Legierungsbildung bis hin zum Erstarren der Schmelze bezeichnet man als Binden.



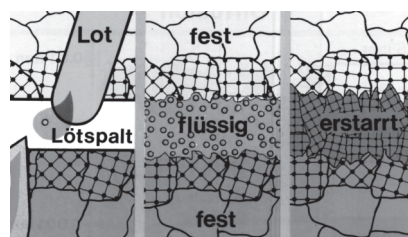
### Löttemperatur

In der Praxis ist es nicht möglich, an der Lötstelle eine ganz bestimmte Temperatur genau einzuhalten. Die tatsächlich während des Lötvorgangs an der Wirkstelle erreichte Temperatur ist die Löttemperatur. Die Annahme ist falsch, dass bei Arbeitstemperatur auch „gearbeitet“ wird. Dieser Temperaturpunkt ist lediglich die niedrigste Löttemperatur, bei der das Benetzen und Binden überhaupt möglich ist. Man wird diese minimale Löttemperatur in der Praxis immer überschreiten. Auf keinen Fall darf die maximale Löttemperatur erreicht werden, denn dann zersetzt sich das Lot oder der Grundwerkstoff wird geschädigt. Deshalb sollte man vor jedem Lötvorgang den Löttemperatur-Bereich kennen.



### Diffusion

Das Eindringen flüssiger Bestandteile in feste Grundwerkstoffe nennt man Diffusion. Sie beginnt in dem Moment, in dem das Lot mit Erreichen der Arbeitstemperatur sich plötzlich fließend ausbreitet. Während des Benetzungsvorgangs dringt flüssiges Lot an den Grenzflächen in die festen Atomgitter und in die Korngrenzen der Grundwerkstoffe ein. Dort herausgelöste Bestandteile mischen sich mit dem gesamten geschmolzenen Lot. Beim Erstarren der Legierung bilden sich neue Gitter. Die in die festen Grenzflächen eingedrungenen Atome sind in die neuen Gitter eingebaut. Die Legierungsbildung ist auch durch erneutes Erwärmen nicht wieder umkehrbar.



### Kapillare Steighöhe

Die Moleküle eines flüssigen Lots haben zu den Flächen des Lötspalts hin eine Haftkraft, die größer als die Zusammenhaltkraft zwischen den Molekülen selbst ist. Daraus ergibt sich die Kapillarwirkung. Es entsteht ein Fülldruck, der das Lot sogar entgegen seiner Gewichtskraft senkrecht in den Lötspalt treibt. Deshalb ist die kapillare Steighöhe umso größer, je enger der Lötspalt ist.

