

## 2 Lernfeld 2: Herstellen von Anlagenteilen kälte- und klimatechnischer Baugruppen (Metalltechnik)

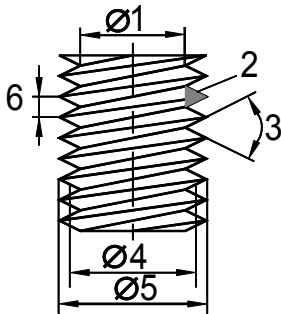
### 2.1 Grundlagen der Werkstofftechnik

1. Welche chemischen Elemente werden mit den folgenden Kurzzeichen bezeichnet? Al, Sb, Pb, Br, Cd, C, Cl, Fe, F, Cu, Mg, Mn, N, O, P, Hg, S, Ag, H, Zn, Sn.
2. Nennen Sie je ein Leicht- und ein Schwermetall und ein Verwendungsbeispiel aus der Kältetechnik.
3. Welche technologischen Eigenschaften zeichnen reines Aluminium aus?
4. Warum wird Aluminium meist in Legierungen verwendet?
5. Welche technologischen Eigenschaften zeichnen reines Kupfer aus?
6. Wegen welcher Eigenschaften wird Aluminium benutzt für
  - a) Verdampferlamellen,
  - b) Ventilatorflügel?
7. Warum ist Kupfer ein idealer Werkstoff für Rohrleitungen in Kälteanlagen?
8. Was versteht man unter SF-Cu F22?
9. Warum sind sauerstofffreie Kupfersorten für Rohrleitungen in Kälteanlagen besonders geeignet?
10. Warum ist Stahl der am meisten verwendete Werkstoff in der Technik?
11. Was versteht man unter Baustahl?
12. Was bedeutet St-37 bzw. S235?
13. Wie beeinflusst steigender Kohlenstoffgehalt die Festigkeit und Schweißbarkeit von Baustahl?
14. Ordnen Sie die Werkstoffe Aluminium (Al), Eisen (Fe), Kupfer (Cu) steigend nach der Zugfestigkeit, der Dichte, dem Schmelzpunkt, der Wärmeleitfähigkeit, der temperaturabhängigen Längenänderung.

### 2.2 Grundlagen des Fügens

1. Beim Fügen wird der Zusammenhalt durch Kraftschluss, Formschluss oder Stoffschluss hergestellt. Erläutern Sie diese Begriffe anhand von Beispielen.
2. Unterscheiden Sie lösbare und unlösbare Verbindungen, und geben Sie je zwei Beispiele an.
3. Geben Sie Beispiele für lösbare und unlösbare Verbindungen aus dem Bereich der Kältetechnik an.

4. Warum empfiehlt EN 378 (Kälteanlagen) für Rohrleitungsverbindungen vor allem nicht-lösbare Verbindungen?
5. Bezeichnen Sie die Positionen 1–6 am skizzierten Gewinde (Abbildung 2.1).



**Abb. 2.1**

6. Nennen Sie drei verschiedene Gewindeprofile.
7. Wie unterscheiden sich Regelgewinde und Feingewinde voneinander?
8. Was versteht man bei einem Gewinde unter Selbsthemmung?
9. Geben Sie mindestens 2 Losdrehsicherungen für Schrauben/Muttern an.
10. Geben Sie mindestens 3 Möglichkeiten an, Muttern vor dem Verlieren zu sichern (Verliersicherung).
11. Geben Sie mindestens fünf verschiedene Kopfformen von Schrauben an.
12. Was bedeutet die Angabe 12.9 auf einer Schraube?
13. Was versteht man unter einem Drehmomentschlüssel? Wozu wird er benötigt?
14. Was versteht man unter Löten?
15. Wie werden Weich-, Hart- und Hochtemperaturlöten unterschieden?
16. Welche Vorteile bietet Hartlöten gegenüber Weichlöten?
17. Welche Vorteile bietet Weichlöten gegenüber Hartlöten?
18. Was sagt EN 378 über das Weichlöten von Kältemittelleitungen?
19. Erläutern Sie die Begriffe Arbeitstemperatur, maximale Löttemperatur, Löttemperatur.
20. Welche Aufgabe hat das Flussmittel beim Löten?
21. Wie groß ist die optimale Lötspaltbreite? Was geschieht bei Über- bzw. Unterschreiten dieses Wertes?
22. Warum sollten Flussmittelreste nach dem Löten entfernt werden?
23. Warum sollten Flussmittel nicht mit der Haut in Berührung kommen?
24. Was bedeutet das Kürzel FH 10 bzw. F-SH 1?
25. Was bedeuten die Kürzel L-Ag 40 Cd (AG 304), L-Ag 15 P (CP 102)?
26. Vergleichen Sie die beiden Lote aus Aufgabe 25 miteinander.

27. Welche Silberlote sind frei von Kadmium und haben dennoch eine geringere Arbeitstemperatur als die Kupfer-Silber-Phosphor-Hartlote (z. B. L-Ag 15 P (CP 102) mit 710 °C)?
28. Im Rohrleitungssystem von Kälteanlagen muss besondere Sauberkeit herrschen. Welche Maßnahmen ergeben sich aus dieser Tatsache beim Erstellen einer Rohrleitungsverbindung (Löten)?
29. Was versteht man unter Formiergas?
30. Was versteht man unter einer neutralen Flamme? Wie ist sie zu erkennen? Warum wird sie beim Löten angewendet?

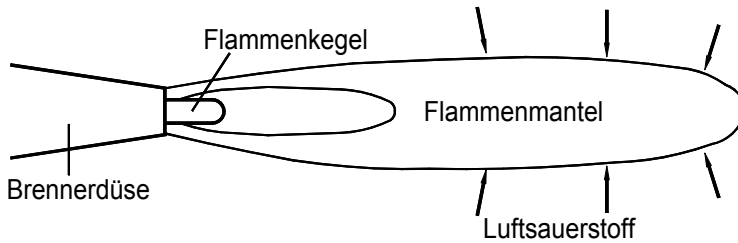


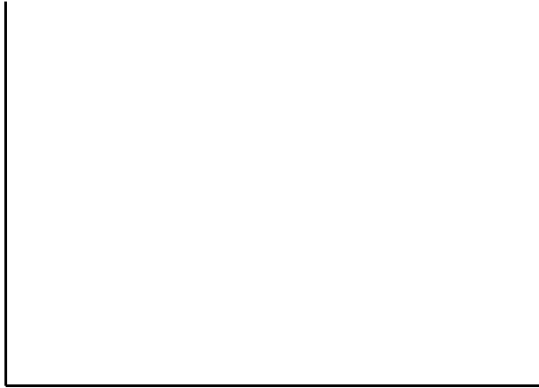
Abb. 2.2

31. Warum darf nicht mit harter Flamme gelötet werden? Woran ist sie zu erkennen?
32. Nennen Sie mindestens fünf Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Sauerstoff und Acetylen.
33. Wie unterscheiden sich Löten und Schweißen?
34. Welche Aufgabe hat die Umhüllung der Stabelektrode beim Metall-Lichtbogenschweißen?
35. Beim Metall-Schutzgasschweißen (MSG) unterscheidet man MAG- und MIG-Schweißen. Was bedeuten diese Abkürzungen jeweils?
36. Geben Sie wesentliche Merkmale des MAG- bzw. MIG-Schweißens an.
37. Geben Sie die unterschiedlichen Anwendungsbereiche von MAG- und MIG-Schweißen an.
38. Vergleichen Sie die beiden Verfahren in ihren Vor- und Nachteilen.
39. Was wissen Sie über die beim Lichtbogenschweißen entstehende Strahlung? Nennen Sie Vorsichtsmaßnahmen.
40. Welche Rohrleitungen in Kälteanlagen werden geschweißt?
41. Wer darf Schweißungen an Rohrleitungen in Kälteanlagen vornehmen?

## 2.3 Grundlagen des Umformens

1. Unterscheiden Sie plastisches und elastisches Verformen.
2. Was versteht man unter Streckgrenze?
3. Was versteht man unter Zugfestigkeit?

4. Skizzieren Sie ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm mit ausgeprägter Streckgrenze, und zeichnen Sie ein: elastischer Bereich, plastischer Bereich, Bruch,  $R_m$ ,  $R_e$



**Abb. 2.3**

5. Was versteht man beim Umformen unter "Kaltverfestigung"?
6. Wodurch lässt sich eine beim Kaltumformen entstandene Kaltverfestigung wieder vermindern?
7. Was versteht man beim Biegen unter "neutraler Faser", Druckzone, Zugzone?
8. Was versteht man beim Biegen unter "gestreckter Länge"?
9. Wie lässt sich die gestreckte Länge berechnen?
10. Was versteht man beim Biegen unter "Rückfedern"?
11. Was versteht man unter "Mindestbiegeradius"?
12. Wie verhindert man, dass Rohr beim Biegen abplattet?
13. Warum ist es besonders für die Kältetechnik wichtig, dass Rohre beim Biegen nicht abplatteten?

## 2.4 Grundlagen Technischer Mathematik

1. Ein Verdichter verbraucht 90 kWh in 12 Stunden. Wie viel verbraucht er in einem Jahr (365 bei einer durchschnittlichen Laufzeit von 16 h täglich)?
2. Der geometrische Hubvolumenstrom eines 12-Zyl.-Verdichters beträgt  $1440 \text{ m}^3/\text{h}$ . Welchen Hubvolumenstrom erreicht der Verdichter bei halber Drehzahl, wenn 4 Zylinder abgeschaltet werden?
3. Die Leistung eines offenen Verdichters, der mit  $n = 1450/\text{min}$  läuft, soll durch Drehzahlverringerung auf 60 % gedrosselt werden. Welche Drehzahl muss der Verdichter haben?
4. In einen Kühlraum fließt ein Wärmestrom von 10 kW.
  - a) Welche Wärmemenge (in kJ) ist nach 24 h in den Kühlraum geströmt?

## 2.5 Wiederholungsfragen zu Lernfeld 2

Bei den folgenden Aufgaben ist stets genau eine Auswahlantwort richtig.

### Grundlagen der Werkstofftechnik

1. Welche Zeile nennt nur Nichtmetalle?
  - a) Nylon, Stahl, Aluminium
  - b) Fluor, Polyethylen, Silber
  - c) Chlor, Brom, Kupfer
  - d) Magnesium, Titan, Propylen
  - e) Phosphor, Schwefel, Stickstoff
2. Welche Zeile nennt nur Schwermetalle?
  - a) Kupfer, Stahl, Aluminium
  - b) Blei, Schwefel, Zink
  - c) Stahl, Magnesium, Kupfer
  - d) Magnesium, Mangan, Wasserstoff
  - e) Zinn, Eisen, Silber
3. Welche Eigenschaften machen Kupfer zu einem idealen Werkstoff für Rohrleitungen?
  - a) Hohe Dichte, dunkle Farbe
  - b) Hohe Festigkeit, sehr große Härte
  - c) Korrosionsfestigkeit, gute Lötbarkeit, gute Umformbarkeit
  - d) Gute Spanbarkeit, geringer Preis
  - e) Hohe Dichte, gute Schweißbarkeit
4. Welche Zeile nennt nur Leichtmetalle?
  - a) Magnesium, Titan, Aluminium
  - b) Eisen, Schwefel, Zink
  - c) Stahl, Magnesium, Kupfer
  - d) Magnesium, Mangan, Aluminium
  - e) Aluminium, Magnesium, Silber
5. Welche Zeile ordnet die Metalle Aluminium, Eisen und Kupfer richtig nach ihrer steigenden Dichte?
  - a) Aluminium, Kupfer, Eisen
  - b) Aluminium, Eisen, Kupfer
  - c) Kupfer, Eisen, Aluminium
  - d) Eisen, Aluminium, Kupfer
  - e) Kupfer, Aluminium, Eisen
6. Welche Zeile ordnet die Metalle Aluminium, Eisen und Kupfer richtig nach ihrer steigenden Wärmeleitfähigkeit?
  - a) Aluminium, Kupfer, Eisen
  - b) Aluminium, Eisen, Kupfer
  - c) Kupfer, Eisen, Aluminium
  - d) Eisen, Aluminium, Kupfer
  - e) Kupfer, Aluminium, Eisen

## 2.6 Lösungen zu: Grundlagen der Werkstofftechnik

1. Al - Aluminium, Sb - Antimon, Pb - Blei, Br - Brom, Cd - Kadmium, C - Kohlenstoff, Cl - Chlor, Fe - Eisen, F - Fluor, Cu - Kupfer, Mg - Magnesium, Mn - Mangan, N - Stickstoff, O - Sauerstoff, P - Phosphor, Hg - Quecksilber, S - Schwefel, Ag - Silber, H - Wasserstoff, Zn - Zink, Sn - Zinn.
2. Aluminium - Verdampferlamellen, Kupfer - Rohrleitungen, Wärmeaustauscher.
3. Geringe Dichte, Witterungsbeständigkeit (durch fest haftende Oxidschicht), aber geringe Festigkeit.
4. Um höhere Festigkeit oder andere erwünschte Eigenschaften (z. B. Schweißbarkeit) zu erzielen.
5. Hohe Leitfähigkeit für Wärme und Strom, gute Korrosionsbeständigkeit, gute Kaltumformbarkeit, gut löt- und schweißbar.
6. a) gute Wärmeleitfähigkeit b) geringe Dichte a) und b) Korrosionsbeständigkeit.
7. Es ist gut lötbar, lässt sich gut kalt umformen (biegen) und behält seine Zähigkeit auch bei niedrigen Temperaturen.
8. Sauerstofffreies Kupfer der Festigkeit  $22 \cdot 9,81 \text{ N/mm}^2$ .
9. Beim Löten (oder Schweißen) kann keine Wasserstoffkrankheit (Versprödung durch Mikrorisse aufgrund von Wasserbildung im Kupfergefüge) entstehen.
10. Stahl ist preiswert herzustellen, besitzt hohe Festigkeit und kann durch Legieren und Wärmebehandlung verschiedenen Verwendungszwecken angepasst werden (Vielseitigkeit).
11. Baustahl ist unlegierter Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,12–0,6 %, wird nach der Festigkeit bezeichnet und ist nicht für eine Wärmebehandlung (z. B. Härten) vorgesehen.
12. Baustahl mit einer garantierten Mindestzugfestigkeit von  $37 \cdot 9,81 \text{ N/mm}^2$  (Bezeichnung nach DIN 17 100) bzw. mit einer garantierten Mindeststreckgrenze von  $235 \text{ N/mm}^2$  (Bez. gemäß DIN EN 10 025).
13. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt nimmt die Festigkeit zu, aber die Schweißbarkeit ab.

14.

Zugfestigkeit	Al	Cu	Fe
Dichte	Al	Fe	Cu
Schmelzpunkt	Al	Cu	Fe
Wärmeleitfähigkeit	Fe	Al	Cu
temperaturabhängige Längenänderung	Fe	Cu	Al

## 2.7 Lösungen zu: Grundlagen des Fügens

1. Kraftschluss: Kraftübertragung durch Reibung (Presskraft erforderlich), z. B. Klemmverbindung. Formschluss: Kraftübertragung durch ineinander greifende Formen, z. B. Keilwellenverbindung. Stoffschluss: Kraftübertragung durch Verschmelzen oder Oberflächenhaften, z. B. Schweißen, Löten, Kleben.
2. Lösbare Verbindungen sind ohne Zerstörung der Verbindungselemente wieder zu lösen, z. B. Verschrauben, Verklemmen. Unlösbare Verbindungen sind nur durch Zerstörung der Verbindungselemente wieder zu lösen, z. B. Nieten, Schweißen.
3. Lösbar: Verdichterbefestigung mittels Schrauben, Bördelverschraubung. Unlösbar: Löten oder Schweißen von Rohrleitungen, Kleben von Dämmstoffen.

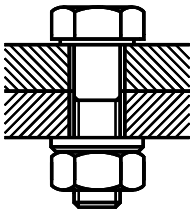


Abb. 2.4 Durchsteckschraube (lösbar)

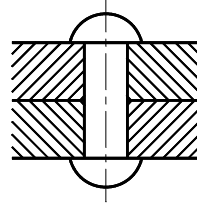


Abb. 2.5 Überlappungsnietzung (unlösbar)

4. Dadurch werden Kältemittelverluste so gering wie möglich gehalten (Stichwort Hermetisierung).
5. 1 - Kerndurchmesser, 2 - Gewindeprofil, 3 - Flankenwinkel, 4 - Flankendurchmesser, 5 - Außen-(Nenn-)durchmesser, 6 - Steigung.
6. Spitzgewinde, Trapezgewinde, Sägewinde.
7. Feingewinde haben bei gleichem Nenndurchmesser eine kleinere Steigung.
8. Ein Gewinde ist selbsthemmend, wenn die auf der aus Umfang und Steigung gebildeten schiefen Ebene wirkende Hangabtriebskraft kleiner ist als die entgegenwirkende Reibungskraft. Befestigungsgewinde mit ihrer kleinen Steigung sind immer selbsthemmend.
9. Sperrzahnmutter, Sperrzahnschraube, Klebstoffe.
10. Kronenmutter mit Splint, Sicherungsblech, Mutter mit Kunststoffring, Drahtsicherung.
11. Sechskantschraube, Zylinderschraube mit Innensechskant, Senkschraube mit Innensechskant, Zylinderschraube mit Schlitz, Senkschraube mit Schlitz, Linsensenkschraube mit Schlitz/Kreuzschlitz.
12. Festigkeitsklasse 12.9 bedeutet: Mindestzugfestigkeit  $1200 \text{ N/mm}^2$ , Mindeststreckgrenze  $1080 \text{ N/mm}^2$  (90 % der Mindestzugfestigkeit).
13. Bei einem Drehmomentschlüssel kann man das Anzugsdrehmoment auf einer Skala ablesen und somit erreichen, dass Schrauben genau mit dem richtigen Drehmoment angezogen werden (z. B. bei Ventilplatten von Verdichtern).
14. Löten ist das Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe eines geschmolzenen Zusatzmetalles (Lotes), gegebenenfalls unter Anwendung von Flussmitteln und/oder Löt-Schutzga-

sen. Die Schmelztemperatur des Lotes liegt unterhalb derjenigen der zu verbindenden Grundwerkstoffe; diese werden benetzt, ohne geschmolzen zu werden.

15. Arbeitstemperaturgrenzen 450 °C (Weich-/Hart-) und 900 °C (Hart-/Hochtemperaturlöten).
16. Höhere Temperaturbeständigkeit, z. B. L-Ag 15 P bis 150 °C, L-Ag 34 Sn bis 200 °C.
17. Wegen der niedrigeren Arbeitstemperatur geht Weichlöten schneller, verbraucht weniger Brenngas und schädigt das Kupfergefüge an der Lötstelle weniger.
18. „Weichlöten darf für Rohrleitungsverbindungen, den Zusammenbau von Rohren und beim Einbau von Fittings in Rohrleitungen nicht verwendet werden“ (EN 378-2).
19. Die Arbeitstemperatur ist die Mindesttemperatur, bei der das Lot benetzen, sich ausbreiten und am Grundwerkstoff binden kann. Oberhalb der maximalen Löttemperatur "verbrennt" das Lot, d. h. z. B. durch Verdampfen von Legierungsbestandteilen ändert sich die Zusammensetzung des Lotes. Schäden an der Lötstelle sind die Folge. Die Löttemperatur muss folglich zwischen diesen beiden Werten liegen.
20. Es löst Oxide, verhindert weitere Oxidation und erleichtert das Fließen des Lotes.
21. 0,05 mm–0,2 mm, darunter ist der Spalt so eng, dass kein Lot einfließt, darüber ist die Kapillarwirkung zu gering, sodass das Lot nicht genügend in den Lötspalt eingezogen wird.
22. Flussmittel sind korrosiv.

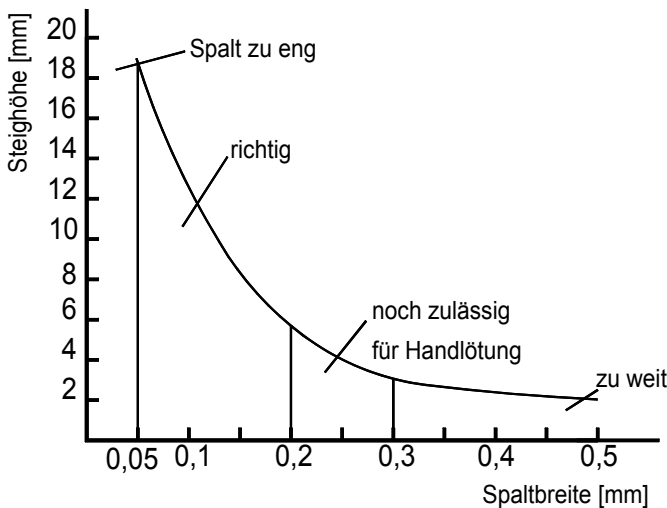


Abb. 2.6

23. Flussmittel sind ätzend, z. B. säurehaltig.
24. Flussmittel zum Hartlöten von Schwermetall, Wirktemperaturbereich 550–800 °C Bezeichnung gemäß EN 1045 bzw. DIN 8511.
25. L-Ag 40 Cd (AG 304): Lot mit ca. 40 % Silber, ca. 20 % Kadmium, ca. 20 % Kupfer, Rest Zink.  
L-Ag 15 P (CP 102): Lot mit ca. 15 % Silber, ca. 5 % Phosphor, Rest Kupfer.