

# Schweißen & Löten

Verfahren auswählen, Wärmewirkung verstehen und Befunde beurteilen.

## Das kannst du danach

- Du unterscheidest Schmelzschweißen und Löten.
- Du ordnest MIG, MAG, WIG und E-Hand nach ihrem Grundprinzip ein.
- Du trennst Energieeintrag, sichtbaren Befund und nachgewiesene Qualität.

## Dein Weg durch das Heft

- 01 Schmelzen oder Benetzen? · S. 2
- 02 MIG, MAG, WIG und E-Hand · S. 3
- 03 Weichlöten und Hartlöten · S. 4
- 04 Wärme pro Nahtlänge vergleichen · S. 5
- 05 Verzug und Wärmeeinfluss · S. 6
- 06 Nahtbefund ist noch keine Ursache · S. 7

## SO LERNST DU DAMIT

Lies ein Kapitel und rechne das Beispiel nach. Löse danach die Aufgaben zuerst selbst. Auf den Hilfeseiten findest du Denkanstöße; die Lösungen erklären den Weg und typische Stolperstellen.

Die Beispiele dienen dem Lernen. Konkrete Arbeit, Prüfung und Freigabe richten sich nach Aufgabe, Zeichnung, Herstellerangaben und betrieblichen Vorgaben. Dieses Heft ersetzt keine Unterweisung.

## KAPITEL 01 | VERSTEHEN

# Schmelzen oder Benetzen?

Beim Schmelzschweißen werden die Grundwerkstoffe im Verbindungsbereich aufgeschmolzen, häufig zusammen mit Zusatzwerkstoff. Nicht jedes Schweißverfahren arbeitet jedoch so: Es gibt auch Verfahren, bei denen Druck oder Reibung eine wesentliche Rolle spielen. Dieses Heft konzentriert sich auf die behandelten Schmelzverfahren.

Beim Löten schmilzt das Lot, während die Grundwerkstoffe fest bleiben. Das Lot muss die Fügeflächen ausreichend benetzen. Saubere, geeignete Oberflächen, passendes Lot und die vorgesehenen Prozessbedingungen sind deshalb entscheidend. Es geht nicht bloß darum, einen Tropfen auf eine Oberfläche zu setzen.

**Schmelzschweißen**

Grundwerkstoff schmilzt

**Löten**

Nur das Lot schmilzt

Vereinfachte Gegenüberstellung der hier behandelten Vorgänge.

**BEISPIEL / LERNZIEL**

Zwei Bleche schmelzen an der Naht zusammen: Schmelzschweißen. Ein geschmolzenes Lot verbindet feste Grundwerkstoffe: Löten. Die Unterscheidung hängt am Vorgang, nicht an der Größe des Werkstücks.

**Praxistipp**

Frage zuerst: Was schmilzt im Fügebereich?

**Typischer Fehler**

Eine glänzende Oberfläche beweist noch keine ausreichend benetzte oder tragfähige Verbindung.

**Meine Notizen**

## KAPITEL 02 | VERSTEHEN

# MIG, MAG, WIG und E-Hand

MIG und MAG verwenden eine abschmelzende Drahtelektrode und Schutzgas. Beim MIG-Verfahren ist das Schutzgas inert, beim MAG-Verfahren enthält es aktive Anteile. Die Auswahl hängt unter anderem vom Werkstoff und dem vorgesehenen Prozess ab.

WIG arbeitet mit einer nicht abschmelzenden Wolframelektrode; Zusatzwerkstoff kann getrennt zugeführt werden. Beim E-Hand-Schweißen schmilzt eine umhüllte Stabelektrode ab. Die Umhüllung unterstützt den Schutz des Schweißbads. Jedes Verfahren verlangt passende Ausrüstung, Vorbereitung und qualifizierte Ausführung.

**BEISPIEL / LERNZIEL**

Für eine feine, kontrollierte Schmelzföhrung kann WIG zweckmäÙig sein. Für andere Aufgaben kann eine kontinuierlich zugeführte Drahtelektrode wirtschaftlich passen. Das Verfahren wird nach Bauteilanforderung gewählt, nicht nach „immer besser“.

**Praxistipp**

Vergleiche drei Fragen: Welche Elektrode? Wie wird geschützt? Woher kommt der Zusatzwerkstoff?

**Typischer Fehler**

MIG und MAG unterscheiden sich nicht einfach durch eine andere Bezeichnung für dasselbe Gas.

**Meine Notizen**

## KAPITEL 03 | VERSTEHEN

# Weichlöten und Hartlöten

Die Einteilung richtet sich nach der Liquidustemperatur des Lots: Weichlöten verwendet Lote unter 450 °C, Hartlöten Lote ab 450 °C. Die Grundwerkstoffe bleiben beim Löten fest. Temperatur, Lot und Flussmittel müssen zum Werkstoff und zur Anwendung passen.

Bei geeigneter Spaltgeometrie kann Kapillarwirkung flüssiges Lot in die Fuge ziehen. Ein beliebig großer Spalt unterstützt diesen Vorgang nicht automatisch. Die Verbindung wird nach ihrer tatsächlichen Anforderung beurteilt, beispielsweise elektrischer Funktion, Dichtheit oder mechanischer Belastung.

**BEISPIEL / LERNZIEL**

Eine elektronische Lötstelle und eine hartgelötete Rohrverbindung werden zwar beide gelötet, benötigen aber unterschiedliche Werkstoffe, Temperaturen und Prüfungen.

**Praxistipp**

Notiere zuerst Zweck der Verbindung und Grundwerkstoffe, dann Lot und Prozess.

**Typischer Fehler**

Mehr Lot auf der Oberfläche ersetzt keine Benetzung im eigentlichen Fügebereich.

**Meine Notizen**

## KAPITEL 04 | VERSTEHEN

# Wärme pro Nahtlänge vergleichen

Spannung mal Strom ergibt beim vereinfachten stationären Lichtbogenmodell elektrische Leistung. Wird diese Leistung über eine bestimmte Strecke verteilt, lässt sich eine elektrische Energie je Nahtlänge berechnen. Bei  $v$  in mm/min gilt  $E = U \times I \times 60 / (1000 \times v)$  in kJ/mm.

Nicht die gesamte elektrische Energie gelangt in das Bauteil. Für einen modellierten wirksamen Wärmeeintrag wäre zusätzlich ein passender Wirkungsgrad nötig. Die Rechnung erklärt einen Zusammenhang, liefert aber allein keine zulässige SchweißEinstellung oder Aussage zur Nahtgüte.

**BEISPIEL / LERNZIEL**

20 V, 100 A und 300 mm/min:  $E = 20 \times 100 \times 60 / (1000 \times 300) = 0,40$  kJ/mm. Bei gleicher Leistung und doppelter Geschwindigkeit sinkt dieser Wert auf 0,20 kJ/mm.

**Praxistipp**

Schreibe „elektrische Energie je Länge“ dazu, wenn kein Prozesswirkungsgrad berücksichtigt ist.

**Typischer Fehler**

Ein bestimmter Rechenwert beweist noch keine ausreichende Durchschweißung.

**Meine Notizen**

## KAPITEL 05 | VERSTEHEN

# Verzug und Wärmeeinfluss

Erwärmen und Abkühlen führen zu Ausdehnung und Schrumpfung. Wenn die Temperatur ungleich verteilt ist oder das Bauteil behindert wird, können Verzug und Eigenspannungen entstehen. Der Bereich neben der Schmelzzone kann seine Werkstoffeigenschaften ebenfalls verändern.

Nahtfolge, Bauteilgeometrie, Vorbereitung und geeignete Spannung beeinflussen den Ablauf. Eine festere Einspannung verhindert nicht automatisch alle Probleme. Welche Maßnahmen sinnvoll sind, hängt von Zeichnung, Werkstoff und qualifiziertem Verfahren ab.

**BEISPIEL / LERNZIEL**

Ein dünnes Blech verzieht sich nach einer einseitigen Naht. Prüfe Wärmeeintrag und Nahtfolge im Zusammenhang mit Form und Einspannung, statt einfach länger an derselben Stelle weiterzuschweißen.

**Praxistipp**

Plane die spätere Maßkontrolle bereits vor dem Fügen ein.

**Typischer Fehler**

Maßhaltigkeit vor dem Fügen garantiert keine Maßhaltigkeit nach dem Abkühlen.

**Meine Notizen**

## KAPITEL 06 | VERSTEHEN

# Nahtbefund ist noch keine Ursache

Poren, Risse oder unvollständige Bindung sind unterschiedliche Befunde. Eine Oberfläche zeigt nicht alle inneren Unregelmäßigkeiten. Ob ein Befund zulässig ist, hängt von Anforderungen und vorgesehenem Prüfverfahren ab; allgemeine Fotos ersetzen diese Bewertung nicht.

Bei Auffälligkeiten wird der Befund dokumentiert und die Ursache systematisch eingegrenzt. Verschmutzung, Schutzgasbedingungen, Prozessdaten und Vorbereitung können mögliche Einflussgrößen sein. Schutz vor Strahlung, Rauch, Verbrennung und Brand gehört zur Arbeitsvorbereitung und betrifft auch Personen in der Nähe.

**BEISPIEL / LERNZIEL**

Eine Naht zeigt Poren. Das rechtfertigt eine Prüfung von Vorbereitung, Gasversorgung und Prozessbedingungen. Es beweist nicht allein, welcher dieser Punkte die Ursache war.

**Praxistipp**

Beschreibe Lage, Ausmaß und Entstehungsbedingungen, bevor du eine Ursache festlegst.

**Typischer Fehler**

Eine optisch unauffällige Naht ist nicht automatisch für jede Belastung freigegeben.

**Meine Notizen**

## AUFGABEN 1-4

# Jetzt selbst anwenden

Notiere deinen Rechenweg oder begründe deine Entscheidung. Die Kapitelangabe hilft beim gezielten Nachlesen.

**Aufgabe 1 | Kapitel 1**

Was bleibt beim Löten fest, was schmilzt?

**Meine Notizen**

---

---

**Aufgabe 2 | Kapitel 2**

Unterscheide MIG/MAG und WIG anhand der Elektrode.

**Meine Notizen**

---

---

**Aufgabe 3 | Kapitel 3**

Ein Lot schmilzt bei 650 °C. Gehört es in dieser Einteilung zum Weich- oder Hartlöten?

**Meine Notizen**

---

---

**Aufgabe 4 | Kapitel 4**

20 V, 100 A und 300 mm/min: Berechne die elektrische Energie je Nahtlänge. Was geschieht bei 600 mm/min?

**Meine Notizen**

---

---

## AUFGABEN 5-6

# Jetzt selbst anwenden

Notiere deinen Rechenweg oder begründe deine Entscheidung. Die Kapitelangabe hilft beim gezielten Nachlesen.

**Aufgabe 5 | Kapitel 5**

Warum kann ein vor dem Fügen maßhaltiges Blech danach verzogen sein?

**Meine Notizen**

---

---

**Aufgabe 6 | Kapitel 6**

Eine Naht zeigt Poren. Darfst du daraus eine einzige sichere Ursache oder allgemeine Freigabe ableiten?

**Meine Notizen**

---

---

## DENKANSTÖSSE 1-6

# Hilfen, bevor du nachsiehst

**Zu Aufgabe 1**

Unterscheide Grundwerkstoff und Lot.

**Zu Aufgabe 2**

Wird die Elektrode als Zusatz aufgebraucht?

**Zu Aufgabe 3**

Vergleiche mit der 450-°C-Grenze.

**Zu Aufgabe 4**

$E = U \times I \times 60 / (1000 \times v)$ .

**Zu Aufgabe 5**

Denke an ungleiches Erwärmen und Schrumpfen.

**Zu Aufgabe 6**

Befund, Ursache und Akzeptanz sind drei getrennte Aussagen.

**LERNTRICK**

Nach einem Hinweis schließt du das Heft kurz. Erkläre dir den Ansatz in eigenen Worten und versuche die Aufgabe erneut. Erst dann mit der Lösung vergleichen.

## SELBSTKONTROLLE 1-3

# Lösungen mit Begründung

**Aufgabe 1**

Das Lot schmilzt; die Grundwerkstoffe bleiben beim Löten fest. Geeignete Benetzung ist für die Verbindung wichtig.

**Aufgabe 2**

MIG/MAG: abschmelzende Drahtelektrode. WIG: nicht abschmelzende Wolframelektrode, Zusatz gegebenenfalls getrennt. MIG nutzt inertes, MAG aktives Schutzgas.

**Aufgabe 3**

Hartlöten, weil die Liquidustemperatur des Lots über 450 °C liegt. Die Grundwerkstoffe müssen dabei fest bleiben.

**MEINE WIEDERHOLUNG**

Welche Aufgabe war noch unsicher? Notiere den zugehörigen Begriff oder Rechenschritt. Wiederhole genau diesen Teil im Kapitel und löse die Aufgabe morgen ohne Vorlage erneut.

## SELBSTKONTROLLE 4-6

# Lösungen mit Begründung

**Aufgabe 4**

Bei 300 mm/min: 0,40 kJ/mm. Bei 600 mm/min: 0,20 kJ/mm. Prozesswirkungsgrad und Nahtgüte sind damit noch nicht bewertet.

**Aufgabe 5**

Ungleichmäßige Temperaturverteilung und behinderte Verformung erzeugen unterschiedliche Dehnungen und Schrumpfungen; Verzug und Eigenspannungen können bleiben.

**Aufgabe 6**

Nein. Prozess und Vorbereitung müssen geprüft werden; die zulässige Bewertung richtet sich nach Anforderungen und Prüfverfahren. Sichtprüfung erfasst nicht alle inneren Merkmale.

**MEINE WIEDERHOLUNG**

Welche Aufgabe war noch unsicher? Notiere den zugehörigen Begriff oder Rechenschritt. Wiederhole genau diesen Teil im Kapitel und löse die Aufgabe morgen ohne Vorlage erneut.

## NACHSCHLAGEN | DEIN NÄCHSTER SCHRITT

# Begriffe & Weiterlernen

**Benetzung**

Flüssiges Lot verteilt sich ausreichend auf geeigneten Fügeflächen.

**Schutzgas**

Gas, das den Prozessbereich vor unerwünschten Reaktionen schützt.

**Wärmeeinflusszone**

Durch den Wärmeeintrag veränderter Bereich neben der Schmelzzone.

**Verzug**

Bleibende unerwünschte Formänderung des Bauteils.

**Auf LehrLynx weiterüben**

- Fügeverfahren ausprobieren
- Fügen im Grundheft

Die zugehörigen Online-Seiten findest du über den Downloadbereich oder die Website-Suche. Dort lassen sich Fachbegriffe anklicken und Modelle selbst verändern.

**KURZ ERKLÄREN STATT NUR WIEDERERKENNEN**

Erkläre einen Begriff mit eigenem Beispiel. Sage anschließend, wo das Beispiel nicht mehr ausreicht. So prüfst du, ob du den Zusammenhang verstanden hast.

**Meine Notizen**

---

---

---