

# Laserschweißen

Laserschweißen wird vor allem zum Verschweißen von Bauteilen eingesetzt, die mit hoher Schweißgeschwindigkeit, schmaler und schlanker Schweißnahtform und mit geringem thermischem Verzug gefügt werden müssen. Das Laserschweißen wird in der Regel ohne Zuführung eines Zusatzwerkstoffes ausgeführt.

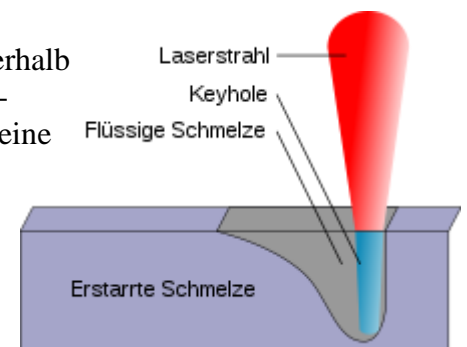
Die Laserstrahlung wird mittels einer Optik fokussiert. Die Werkstückoberfläche der Stoßkante der zu verschweißenden Bauteile befindet sich in der unmittelbaren Nähe des Fokus der Optik (im Brennfleck). Die Lage des Fokus relativ zur Werkstückoberfläche (oberhalb oder unterhalb) ist ein wichtiger Schweißparameter und legt auch die Einschweißtiefe fest. Durch Absorption der Laserleistung erfolgt auf der Werkstückoberfläche ein schneller Anstieg der Temperatur, so dass sich eine Schmelze bildet.

## Laserschweißen von Metallen:

Beim Laserschweißen wird zwischen Lasertiefschweißen und Wärmeleitungsschweißen unterschieden.

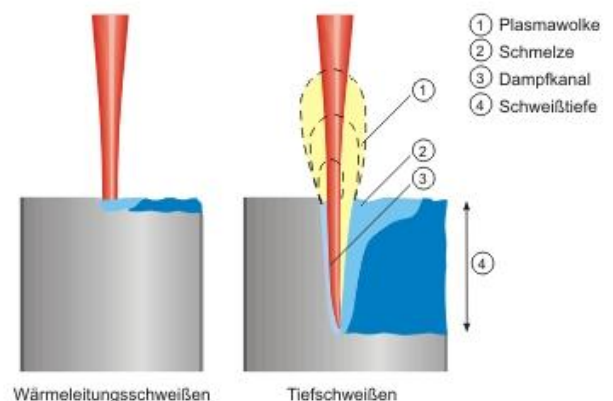
### ○ Tiefschweißen:

Beim Tiefschweißen liegt der Fokus ca.  $\frac{1}{3}$  der Materialstärke unterhalb der Werkstückoberfläche. Bei hohen Strahlintensitäten (bei Stahl 2-4 MW/cm<sup>2</sup>) im Fokus bildet sich in der Schmelze in Strahlrichtung eine Dampfkapillare (*keyhole*) in der Tiefe des Werkstückes aus. Der Werkstoff wird dadurch auch in der Tiefe aufgeschmolzen, die Schmelzzone kann tiefer als breit sein. Die Dampfkapillare erhöht aufgrund von Mehrfachreflexionen an den Wänden die Absorption der Laserstrahlung im Material, wodurch ein gegenüber dem Wärmeleitungsschweißen vergrößertes Schmelzvolumen erzeugt werden kann.



### ○ Wärmeleitungsschweißen:

Bei Strahlintensitäten bis 100 kW/cm<sup>2</sup> spricht man in der Regel vom Wärmeleitungsschweißen. Der Fokus des Lasers liegt an der Werkstückoberfläche. Da Metalle für Laserstrahlen eine Reflektivität von bis zu 95 % besitzen, reicht die Intensität nicht aus, um eine Dampfkapillare (*keyhole*) zu erzeugen. Die Strahlung dringt nicht ein, die Wärme und somit das Schmelzbad dringen weniger tief ein, daher werden hiermit hauptsächlich geringe Materialdicken (max. 2-3mm) geschweißt.



## Vor- und Nachteile des Laserschweißens:

- **Vorteile:**
  - sehr schlanke Nahtgeometrie
  - geringerer Verzug durch kleinere Wärmeeinflusszone
  - geringere Winkelschrumpfungen als bei anderen Schweißverfahren
  - hohe Laserleistungen ermöglichen hohe Schweißgeschwindigkeiten
  - es können sämtliche Nahtgeometrien hergestellt werden
  
- **Nachteile:**
  - geringe Strahlungsabsorption (bei Stahl max.12%)
  - hohe Anlagekosten
  - es können nur kleine Spaltbreiten überbrückt werden

## Einsatz von Schutzgasen:

Wie bei den Schutzgasverfahren wird auch beim Laserschweißen die Schmelze vom ungehinderten Zustrom von Luftsauerstoff mittels eines Schutzgases geschützt. Die verschiedenen Schutzgase haben keinen Einfluss auf die Schweißtiefe sondern ihr Einfluss wirkt sich auf das Oxidationsverhalten und der Scheißnahtausbildung aus. Ein vielseitiges Schutzgas ist z.B. Helium. Wenn geringere Anforderungen an die Naht gestellt wird kann auch billigeres CO<sub>2</sub> verwendet werden. Oder bei Alu-Werkstoffen auch ein Gemisch der beiden. Weitere Schutzgase sind z.B. Ar-CO<sub>2</sub> Gemische, Reingargon, ...

## Ausrüstung :

Eine Laserschweißanlage besteht in der Regel aus dem Laser, einer Bewegungseinheit und einem optischen System zur Führung des Laserstrahles, an dessen Ende die Bearbeitungs- und Fokussier-Optik sitzt. Das Bewegungssystem bewegt entweder den Laserstrahl über das Werkstück oder das Werkstück unter dem Laserstrahl

Häufig verwendete Strahlquellen beim Laserschweißen von Metallen sind der Nd:YAG-Laser (=Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser, Wellenlänge 1,06 µm) und der CO<sub>2</sub>-Laser (Wellenlänge ca. 10,6 µm). Neuerdings werden immer häufiger auch Diodenlaser eingesetzt, da inzwischen Halbleiterlaser im Hochleistungsbereich (einige 1000 Watt) hergestellt werden können.

## Anwendungsgebiete:

- Blechbearbeitung
- Feinmaschinenbau
- Medizintechnik

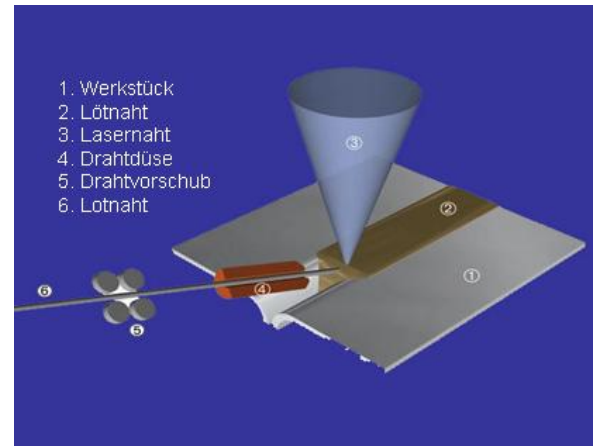
# Laserlöten:

Laserlöten ist ein Verfahren zum Fügen von Werkstoffen. Im Vergleich zu anderen Lötverfahren zeichnet es sich durch eine sehr konzentrierte und damit geringe Energiebelastung des Werkstücks aus, wodurch sich sehr verzugsarme Lötverbindungen herstellen lassen.

## Funktionsweise:

Durch Aufschmelzen des Zusatzwerkstoffs (Lot) wird eine flüssige Phase erzeugt, welche in die zu fügende Stelle eingebracht wird. Im Gegensatz zum Schweißen wird der Grundwerkstoff beim Löten nicht aufgeschmolzen. Der Verbund erhält seine Festigkeit durch Diffusion und Adhäsion des Lotes mit dem Grundwerkstoff. Die Lötverfahren können nach der Schmelztemperatur des Lotes eingeteilt werden in:

- bis 450 °C Weichlöten
- ab 450 °C Hartlöten
- >900 °C Hochtemperaturlöten (Variante des Hartlöten)



## Anwendungsgebiete:

Das Hartlöten findet insbesondere im Automobilbereich Anwendung. Im Karosseriebau werden an verschiedenen Anbauteilen wie auch an der Karosserie selbst direkt überlackierbare Nähte im Sichtbereich erzeugt. Das Weichlöten wird bevorzugt bei Elektronikkomponenten angewendet. Das Laserlöten wird hier insbesondere im Bereich der SMD-Technologie eingesetzt. Die empfindlichen Bauteile dürfen in der Regel keiner hohen thermischen Belastung ausgesetzt werden. Diese Anforderung erfüllt das Laserlöten in optimaler Weise.

# Fragen:

## **1. Erläutere die Funktion des Laserschweißens!**

Die Laserstrahlung wird mittels einer Optik fokussiert. Die Werkstückoberfläche der zu verschweißenden Bauteile befindet sich in der unmittelbaren Nähe des Fokus der Optik (im Brennfleck). Die Lage des Fokus relativ zur Werkstückoberfläche (oberhalb oder unterhalb) ist ein wichtiger Schweißparameter und legt auch die Einschweißtiefe fest. Durch Absorption der Laserleistung erfolgt auf der Werkstückoberfläche ein schneller Anstieg der Temperatur, so dass sich eine Schmelze bildet

## **2. Nenne je 3 Vor- und Nachteile des Laserschweißens!**

Vorteile:

- sehr schlanke Nahtgeometrie
- geringerer Verzug durch kleinere Wärmeeinflusszone
- es können sämtliche Nahtgeometrien hergestellt werden

Nachteile:

- geringe Strahlungsabsorption (bei Stahl max.12%)
- hohe Anlagekosten
- es können nur kleine Spaltbreiten überbrückt werden

## **3. Warum werden Schutzgase eingesetzt? Nenne 3 verschiedene Schutzgase!**

Um die Schmelze vom ungehinderten Zustrom von Luftsauerstoff zu schützen.

1. Helium
2. AR-CO<sub>2</sub> Gemische
3. Reinargon

## **4. Erläutere die Funktionsweise des Laserlötens!**

Durch Aufschmelzen des Zusatzwerkstoffs (Lot) wird eine flüssige Phase erzeugt, welche in die zu fügende Stelle eingebracht wird. Im Gegensatz zum Schweißen wird der Grundwerkstoff beim Lötens nicht aufgeschmolzen. Der Verbund erhält seine Festigkeit durch Diffusion und Adhäsion des Lotes mit dem Grundwerkstoff.

## **5. Nenne 3 Anwendungsgebiete für das Laserlötens!**

- Blechbearbeitung
- Feinmaschinenbau
- Medizintechnik