

Löten

Einteilung der Verfahren nach Energieträgern
VerfahrensbeschreibungenDIN
8505
Teil 3

Brazing and soldering; classification of processes according to energy transfer medium, descriptions

Diese Norm wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Schweißtechnik (DVS) aufgestellt.

Fremdsprachige Benennungen sind nicht Bestandteile dieser Norm; für ihre Richtigkeit kann keine Gewähr übernommen werden.

Die schematischen Bildbeispiele dienen der Erläuterung der Lötverfahren.

In den Darstellungen bedeuten:

↓ Bewegungsrichtung des Werkzeuges

↓ Bewegungsrichtung des Werkstücks

↓ Richtung der Kraft

1 Weichlöten

Kurzzeichen: WL

1.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Weichlöten ist ein thermisches Füge- und Beschichtungsverfahren mit Loten, deren Liquidustemperatur unterhalb 450 °C liegt (aus DIN 8505 Teil 2, Ausgabe Mai 1979). Die überwiegende Anzahl der Weichlote ist auf Zinn- und/oder Bleibasis aufgebaut. Für spezielle Anwendungsfälle gibt es Sonderweichlote (siehe DIN 1707), so z. B. für das Weichlöten von Leichtmetallen, für das Weichlöten von Bauteilen für niedrige oder erhöhte Betriebstemperaturen und anderes.

Weichlöten und Beschichten mit Weichloten wird üblicherweise unter Verwendung von Flußmitteln vorgenommen. Bezüglich der Kombinationsmöglichkeiten zwischen Schwermetall und Leichtmetallen bestehen nur wenige Einschränkungen, sofern vor allem die Flußmittel in geeigneter Weise ausgewählt werden (siehe DIN 8511 Teil 2 und Teil 3).

Bei Weichlötverbindungen stehen dichtende und/oder elektrisch leitende Eigenschaften im Vordergrund. Wenn

Festigkeitsanforderungen wie z. B. im Rohrleitungsbau erfüllt werden müssen, sind entsprechende konstruktive Maßnahmen zu treffen.

Die niedrigen Arbeitstemperaturen (Begriff siehe DIN 8505 Teil 1) der Weichlote erfordern eine geringe Wärmeeinbringung in die zu lötenden Teile. Die Erwärmungsprozesse sind daher meistens unproblematisch, gut steuerbar und mechanisierbar.

1.2 Löten durch festen Körper**1.2.1 Kolbenlöten (siehe Bild 1)**

Kurzzeichen: WL-KO

Kolbenlöten ist das Erwärmen der Lötstelle und das Abschmelzen des Lotes mit einem von Hand oder maschinell geführten LötKolben. Wärmekapazität und Form des Kolbens sowie der Lötspitze müssen der Lötstelle angepaßt sein. Unter Zuhilfenahme von Flußmittel, getrennt oder in Form von Röhrenlot mit Flußmittelfüllung, werden beide Verbindungspartner mit dem Lot auf Arbeitstemperatur gebracht, bevor der eigentliche Lötvorgang beginnen kann.

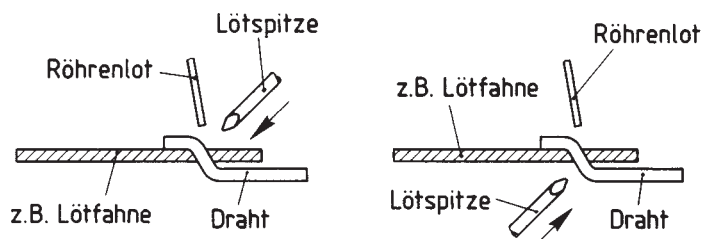


Bild 1. Kolbenlöten

Fortsetzung Seite 2 bis 12

Normenausschuß Schweißtechnik (NAS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Ausschuß Begriffe der Fertigungsverfahren (ABF) im DIN

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

1.2.2 Blocklöten

Kurzzeichen: WL-BK

Beim Blocklöten werden die zu lötenden Teile von einem erwärmten Metallblock (z. B. Heizplatte) auf Löttemperatur gebracht. Das Lot wird meistens als Röhrenlot mit Flußmittelfüllung oder als massiver Draht aufgelegt, wobei im letzten Fall vorher Flußmittel zugegeben wird. Das Verfahren hat seine Bedeutung für das Löten von dickeren Werkstücken mit dünneren Blechteilen.

1.2.3 Rollenlöten (siehe Bild 2)

Kurzzeichen: WL-RO

Rollenlöten ist das Erwärmen der zu lötenden Oberfläche durch eine in flüssigem Lot drehende, dadurch aufgeheizte und mit Lot benetzte Rolle. Die zu lötende Oberfläche ist vorher mit Flußmittel versehen. Das Lot wird dabei angeschwemmt. Für das Rollenverzinnen bzw. -beloten von Flachkörpern wird eine Gegenrolle eingesetzt.

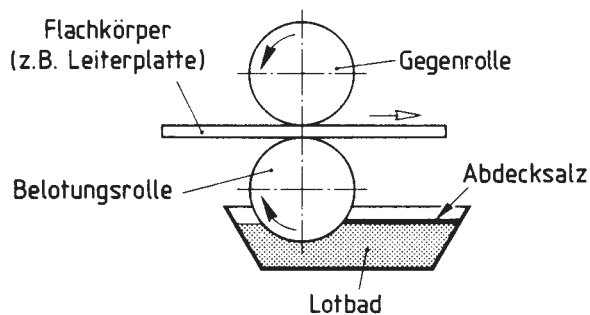


Bild 2. Rollenlöten

1.3 Löten durch Flüssigkeit

1.3.1 Lotbadlöten (siehe Bild 3)

Kurzzeichen: WL-LO

Beim Lotbadlöten werden die Verbindungspartner in ein Bad aus flüssigem Lot getaucht und so der Lötvorgang vollzogen. Vor dem Eintauchen werden die Teile mit Flußmittel benetzt. Die Eintauchgeschwindigkeit sollte nur so hoch gewählt werden, daß die Löttemperatur in jeder Tauchphase am Werkstück erreicht wird. Ein sichtbares Zeichen dafür ist ein positiver Meniskus an der Grenzfläche von Lotoberfläche und Bauteil.

Das Lötteil kann vor dem Eintauchen kalt oder vorgewärmt sein.

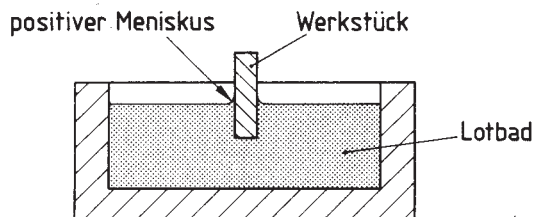


Bild 3. Lotbadlöten

1.3.2 Wellenlöten (siehe Bild 4)

Kurzzeichen: WL-WE

Wellenlöten ist die Zuführung des flüssigen Lotes durch eine Lotwelle, die mittels einer Pumpe und einer Düse erzeugt wird. Dieses Verfahren wird hauptsächlich in Verbindung mit einem Flußmittelbad und einer Trockenstrecke (zur Trocknung des Flußmittels) zum Löten bestückter Leiterplatten eingesetzt. Als günstig hat sich beim Löten von Leiterplatten ein Durchzugswinkel der Platten zur Badoberfläche von $\approx 7^\circ$ erwiesen.

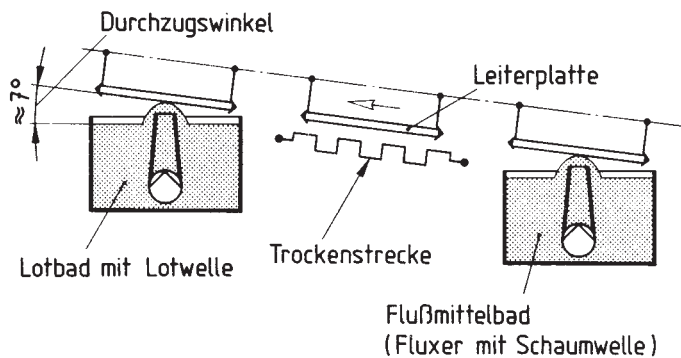


Bild 4. Wellenlöten

1.3.3 Schleplöten (siehe Bild 5)

Kurzzeichen: WL-SP

Beim Schleplöten kommt ein großflächiges aber sehr flaches Lotbad zur Anwendung. Die zu lötenden Flachbaukörper (Leiterplatten) werden mit gleichem oder unter unterschiedlichem Ein- und Ausfahrwinkel (z. B. 8 bis 10°) mit der Lotbadoberfläche in Berührung gebracht (Eintauchtiefe $\approx \frac{1}{2}$ der Plattendicke). Ein dem Werkstück unmittelbar vorausfahrendes Abstreifblech macht die Lotbadoberfläche oxidfrei. Die Lötzeit (Begriff siehe DIN 8505 Teil 1) wird von der Transportgeschwindigkeit und der Länge der Horizontalstrecke bestimmt. Die Lötfläche wird vorher mit Flußmittel versehen und danach vorgetrocknet.

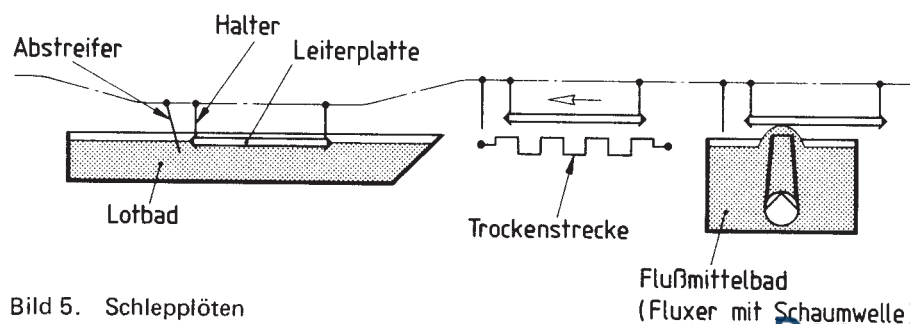


Bild 5. Schleplöten

1.3.4 Ultraschalllöten (siehe Bild 6)

Kurzzeichen: WL-US

Beim Ultraschalllöten erfolgt das Erwärmen des zu löten- den Teils in flüssigem Lot, das mittels Schallschwingungen im Ultraschallbereich an die durch Kavitation oxidfrei ge- machte Lötstelle gebracht wird. Bringt man das zu lötende oder zu belotende Werkstück in den Schallbereich der Sonotrode, so bewirkt die am Metall auftretende Kavi- tation ein Aufreißen und Wegspülen der Oxidschicht. Zur Vermeidung von Abschattungen ist eine doppel- seitige Anordnung von Vorteil (zwei gegeneinander stehende Sonotroden). Das blanke Metall kann auf diese Weise flußmittelfrei verzinkt werden (z. B. Aluminium).

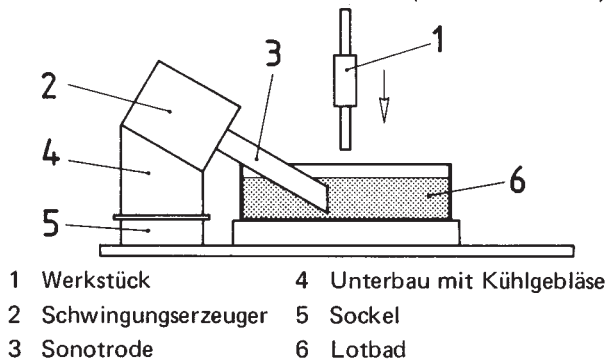


Bild 6. Ultraschalllöten

1.3.5 Wiederaufschmelzlöten (Reflow-Löten) ¹⁾

Kurzzeichen: WL-WAF

Beim Wiederaufschmelzlöten werden vorbelotete Werk- stücke in einem Aufschmelzöl auf Löttemperatur gebracht und so miteinander verbunden.

Beim Wiederaufschmelzbeschichten (z. B. Heißverzinn- ung) werden vorbelotete Metalloberflächen nach dem Eintauchen in Flußmittel auf Schmelztemperatur er- wärmt, um eine metallische Bindung bzw. eine Egalisie- rung der Beschichtung zu erreichen.

1.4 Löten durch Gas

1.4.1 Flammlöten (siehe Bild 7)

Kurzzeichen: WL-FL

Beim Flammlöten wird die Erwärmung durch die Ver- brennungswärme des Brenngases erzielt. Die Flamme darf jedoch nicht direkt auf die mit Flußmittel versehene Lötstelle gerichtet sein, da sonst eine Flußmittelschädi- gung erfolgt. Durch Bewegung des Brenners wird die Umgebung der Lötstelle gleichmäßig erwärmt. Das Lot wird eingelegt oder bei Erreichen der Löttemperatur zugeführt.

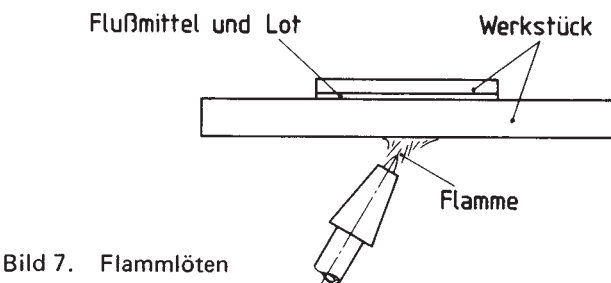


Bild 7. Flammlöten

¹⁾ Das Reflow-Löten kann auch mit anderen Energie- trägern durchgeführt werden. Wenn andere Energie- träger angewendet werden, dann sind die Kurzzeichen entsprechend zu wählen, d. h. der Kennbuchstabe für den Energieträger ist auszutauschen

1.4.2 Warmgaslöten

Kurzzeichen: WL-WG

Beim Warmgaslöten wird die angesaugte Luft über einer elektrischen Heizung erwärmt und durch ein Düsen- system geblasen. Die zu lötenden Teile werden durch die Warmluft erwärmt. Nach dem Aufbringen des Flußmittels wird das Lot eingelegt oder bei Erreichen der Löttempe- ratur zugeführt. Anstelle von Luft werden auch andere Gase angewandt.

1.4.3 Löten im Gasofen

Kurzzeichen: WL-GA

Beim Löten im Gasofen wird das Lötteil in der gasbe-heizten Ofenkammer erwärmt. Der Wärmetransport er- folgt überwiegend durch Konvektion. Lot und Flußmittel werden vorher zugegeben.

1.5 Löten durch Strahl

1.5.1 Lichtstrahllöten

Kurzzeichen: WL-LI

Beim Lichtstrahllöten befindet sich eine Strahlungsquelle im Brennpunkt eines halbelliptischen Spiegels. Die ausge- sandten Strahlen werden im zweiten Brennpunkt scharf gebündelt und treffen dort auf das Werkstück, siehe Bild 13.

Die meisten metallischen Werkstücke reflektieren einen Teil der einfallenden Strahlungsenergie an ihrer Ober- fläche, der andere Teil wird in einer Tiefe von einigen Mikrometern in Wärme umgesetzt. Lot und Flußmittel werden vorher zugegeben.

1.6 Löten durch elektrischen Strom

1.6.1 Induktionslöten an Luft

Kurzzeichen: WL-IL

Beim Induktionslöten an Luft wird die Erzeugung von Wärme in einem Lötteil durch einen induzierten Wechsel- strom im Bereich der Oberfläche des Lötteils erlangt. Das Lot wird eingelegt oder nach Erreichen der Löttempe- ratur zugeführt. Das Lötteil ist vorher mit Flußmittel behandelt.

1.6.2 Widerstandslöten (siehe Bild 8)

Kurzzeichen: WL-WD

Beim Widerstandslöten wird durch Kontaktieren und Anlegen einer Spannung an die Lötstelle die beim Strom- durchgang oder -übergang erzeugte Wärme zum Löten benutzt. Für die Erwärmung ist der elektrische Widerstand an den Übergangsstellen und der elektrische Widerstand der Elektroden und Werkstücke maßgebend. Typische Elektrodenwerkstoffe sind Kohle, Wolfram, Molybdaen und Kupferlegierungen. Lot und Flußmittel werden vorher zugegeben.

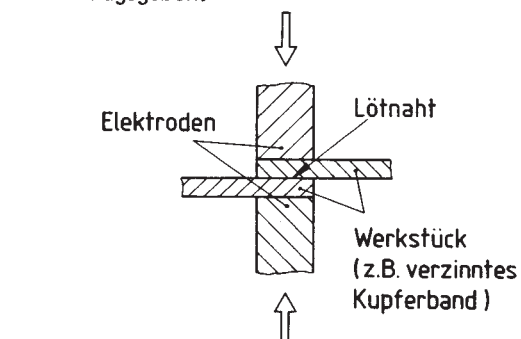


Bild 8. Widerstandslöten

1.6.3 Ofenlöten mit Flußmittel

Kurzzeichen: WL-OF

Beim Ofenlöten mit Flußmittel werden die zu lötenden Teile in einer Ofenkammer von elektrischen Heizelementen durch Wärmeleitung, Strahlung und Konvektion erwärmt. Sie werden vorher mit Lot und Flußmittel bestückt bzw. behandelt. Das Verfahren eignet sich für die Mengenfertigung von kleinen bis mittelgroßen Teilen. Die Teile werden in ihrer Lage fixiert. Es können Lotformteile verwendet werden.

Man unterscheidet diskontinuierlich (z. B. Kammer- oder Schachtofen) und kontinuierlich arbeitende Öfen (z. B. Durchlauföfen).

2 Hartlöten

Kurzzeichen: HL

2.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Hartlöten ist ein thermisches Füge- und Beschichtungsverfahren mit Loten, deren Liquidustemperatur oberhalb 450 °C liegt (aus DIN 8505 Teil 2, Ausgabe Mai 1979). Die Hartlote nach DIN 8513 Teil 1 bis Teil 3 für Schwermetalle sind überwiegend kupferhaltige, oft auch edelmetallhaltige Nichteisenmetall-Legierungen. Neben den Standard-Hartloten für eine breit gefächerte Verwendung gibt es verschiedene Gruppen von Spezial-Hartloten mit speziellen Eigenschaften für gezielt vorgegebene Einsatzgebiete. Für Leichtmetalle stehen Aluminium/Silicium-Hartlote zur Verfügung.

Hartlöten wird üblicherweise unter Verwendung von Flußmittel (DIN 8511 Teil 1 und Teil 3) vorgenommen, wobei die technisch gebräuchlichen Schwermetalle mit sich selbst und in nahezu beliebiger Kombination untereinander verbunden werden können; Leichtmetalle werden untereinander hartgelötet. Das flußmittelfreie Hartlöten an Luft ist beschränkt auf Kupfer als Grundwerkstoff mit phosphorhaltigen Hartloten.

Die Festigkeit hartgelöteter Verbindungen hängt in erster Linie ab von der lötgerechten Konstruktion und dem angewandten Lötverfahren. Sie erreicht in vielen Fällen die Festigkeit der Grundwerkstoffe.

Für die Auswahl geeigneter Wärmequellen steht ein breites Energieträger-Angebot zur Verfügung. Flamm- und Induktionserwärmung stehen dabei im Vordergrund. Sie erlauben bevorzugt eine Mechanisierung des Lötvorganges.

Das Ofenlöten ohne Flußmittel bei Löttemperaturen unterhalb 900 °C hat bei Schwermetallen nur eine begrenzte, bei Leichtmetallen dagegen bereits eine erhebliche Bedeutung.

2.2 Löten durch Flüssigkeit

2.2.1 Lotbadlöten

Kurzzeichen: HL-LO

Lotbadlöten ist das Erwärmen der zu lötenden Teile durch Eintauchen in ein Bad aus geschmolzenem Lot. Der das Lot enthaltende Tiegel besteht aus Keramik oder Graphit; das Lot wird in öl- oder gasbefeuernden Öfen bzw. in einer geeigneten Vorrichtung erhitzt und oberhalb seines Schmelzpunktes in flüssigem Zustand gehalten.

Phosphorhaltige Hartlote benötigen keine Flußmittelabdeckung. Bei anderen Hartloten ist eine Flußmittelab-

deckung des Lotbades erforderlich, auch die zu lötenden Werkstücke müssen dann im allgemeinen vor dem Eintauchen mit Flußmittel versehen werden.

2.2.2 Salzbadlöten

Kurzzeichen: HL-SA

Salzbadlöten ist das Erwärmen der zu lötenden Teile durch Eintauchen in ein Bad aus geschmolzenen Salzen. Der das Salz enthaltende Tiegel aus geeignetem Werkstoff wird in gas- oder ölbefeuerten bzw. elektrisch beheizten Salzbadöfen erhitzt. Viele Salzmischungen besitzen gleichzeitig eine Flußmittel-Wirkung. Die Zusammensetzung der Salzmischung wird von der Art der Grundwerkstoffe und des Lotes bestimmt.

2.3 Löten durch Gas

2.3.1 Flammlöten

Kurzzeichen: HL-FL

Als Wärmequelle dient ein gasbetriebener Brenner. Die Flamme wird neutral oder leicht reduzierend eingestellt. Die Wärmeführung ist der Art der Lötstelle sowie des verwendeten Lotes anzupassen.

- Spalllöten (siehe Bild 9) mit oder ohne Flußmittel

Beim Löten von Hand wird im allgemeinen der Brenner bewegt, um eine möglichst gleichmäßige Erwärmung der zu lötenden Einzelteile in der Umgebung des Lötspaltes zu erreichen.

Beim mechanisierten bzw. automatisierten Löten wird meist das zu lötende Werkstück bewegt (siehe Bild 10). Brenngase sind Acetylen, Propan, Wasserstoff oder Erdgas, zusammen mit Sauerstoff, Druckluft oder angesaugter Luft.

- Fugenlöten (siehe Bild 11) mit Flußmittel

Fugenlöten ist eine dem Gasschweißen ähnliche Arbeitsweise (hier Nach-links-Schweißen). Es wird ein Brenner mit Acetylen/Sauerstoff-Flamme benutzt.

- Beschichten

Beschichtungen werden mit speziellen Auftragbrennern durchgeführt.

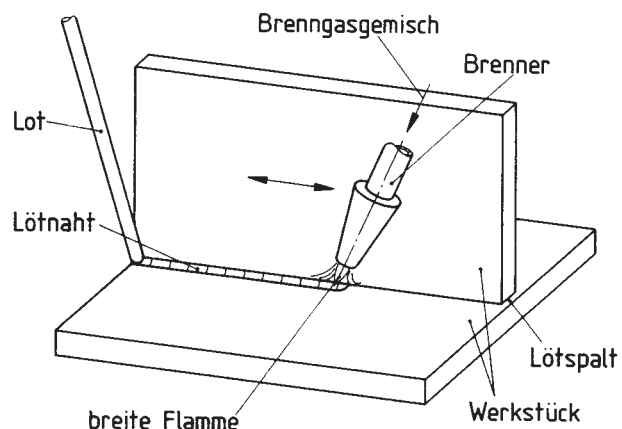


Bild 9. Spalllöten mit Einzelbrenner (Brenner bewegt, Werkstück fest)