



Aluminium-Zentrale e.V.
Beratung und Information

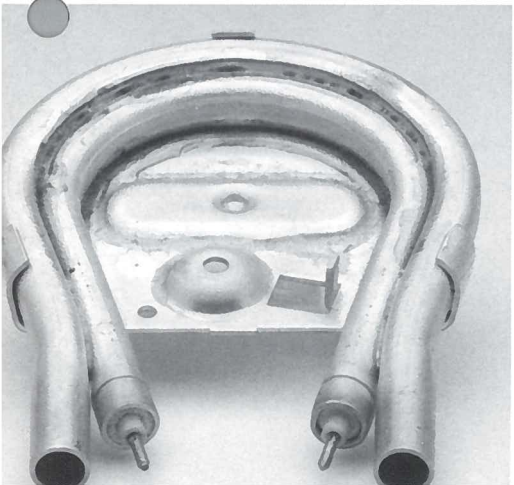
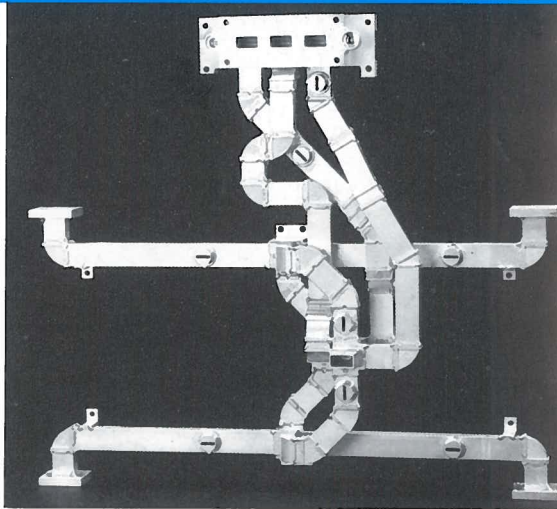
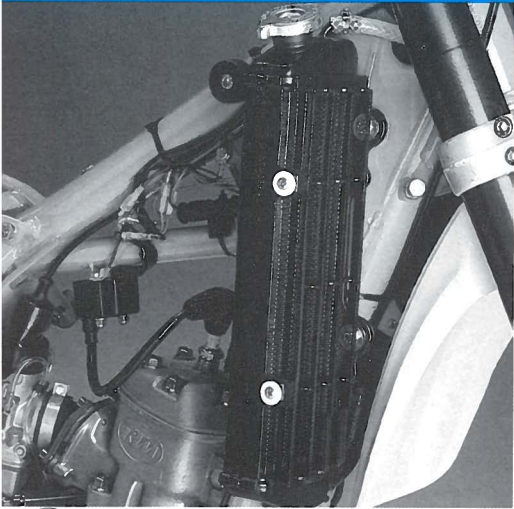
Am Bonnhof 5, 40474 Düsseldorf
Postfach 105463, 40045 Düsseldorf
Telefon: +49 211 - 47 96 0
Telefax: +49 211 - 47 96 410
E-Mail: technik@alinfo.de
Web: www.alinfo.de

Aluminium- Merkblatt

V 4

Löten von Aluminium

5. Auflage



Inhalt

1	Begriffsbestimmung	3
2	Anwendung des Lötens	3
3	Besonderheiten des Aluminiumlötens	3
4	Lötverfahren für Aluminium	4
5	Lote, Flußmittel	6
6	Hartlöten	9
7	Weichlöten	14
8	Lötverbindungen zwischen Aluminium und anderen Metallen	16

1) Flußmittelfrei gelöteter Motorrad-Wasserkühler aus Aluminium an einem Geländemotorrad, KTM-Motor Fahrzeugbau KG, Erich Trunkenpolz, Mattighofen, Österreich.

2) Aluminium-Hohlleiter im Salzbad hartgelötet, AEG Aktiengesellschaft, Ulm.

3) Warmhalteplatte einer Kaffeemaschine aus Aluminium, hartgelötet, Eichenauer GmbH & Co KG, Kandel.

4) Handwerkliches Löten eines aus Aluminium hergestellten Werkstückes.

1 **Begriffsbestimmung**

Da immer wieder Unklarheiten über die Abgrenzung der Begriffe „Löten“ und „Schweißen“ auftreten, sind die charakteristischen Merkmale jedes Verfahrens nachfolgend aufgeführt:

Löten dient zum Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe eines geschmolzenen Zusatzwerkstoffes (Lotes), dessen Schmelztemperatur tiefer als die des Grundwerkstoffes liegt. Dabei müssen die Berührungstellen der Grundwerkstoffe (Lötflächen) durch flüssiges Lot benetzt werden, ohne selbst zu schmelzen. Es kann aber Legierungsbildung an der Benetzungsstelle eintreten.

Schweißen ist ein Fügen metallischer Werkstoffe unter Anwendung von Wärme oder von Druck oder von beidem, mit oder ohne Zusetzen eines artgleichen Werkstoffes (Zusatzwerkstoffes) mit gleichem oder nahezu gleichem Schmelzbereich.

2 **Anwendung des Lötens**

Grundsätzlich ist das Schweißen dem Löten vorzuziehen; in einigen Fällen kann aber Löten zweckmäßiger sein, beispielsweise

- bei sehr geringer Dicke eines Teiles oder beider Teile
- zum Verbinden von Aluminium mit anderen Metallen
- wenn eine Erwärmung auf Schweißtemperatur nicht zulässig ist
- bei großflächigen Verbindungen
- wenn ein geringer Verzug der Bauteile angestrebt wird
- bei sehr kompakten Bauteilen mit vielen Verbindungsstellen je Flächeneinheit
- bei Serienfertigung kleinerer Teile

3 **Besonderheiten des Aluminiumlötens**

Die Oberflächen der Fügeteile weisen nur sehr dünne, aber zähe und dichte Oxidschichten auf, die sich nach ihrer Beseitigung unter dem Einfluß des Luftsauerstoffes sofort neu bilden. Diese Oxidhäute verhindern, daß das schmelzflüssige Lot die Lötfläche benetzt. Sie müssen deshalb in der Regel mit Hilfe von sehr aggressiven Flußmitteln beseitigt werden, die weiterhin die Lötstelle bis zum Ende des Lötprozesses vor erneuter Oxidation schützen. Weil die Flußmittelreste die Korrosionsbeständigkeit des gelöteten Teiles beeinträchtigen können, müssen sie vollständig entfernt werden.

Flußmittelfreies Löten ist unter folgenden Bedingungen möglich:

- Beim **Weichlöten** kann die Oxidhaut durch Kavitation (Ultraschall-Löten) oder auch mechanisch durch eine aufgetragene Schicht geschmolzenen Lotes hindurch beseitigt werden.
- Beim **Hartlöten** in Vakuum- oder Schutzgasöfen bei Verwendung geeigneter modifizierter Lote. Meist wird dabei mit lotplattiertem *) Halbzeug gearbeitet.

Es lassen sich nicht alle Aluminium-Werkstoffe hartlöten, weil eine ausreichende Temperaturspanne zwischen der Solidustemperatur des Grundwerkstoffes und der Löttemperatur gegeben sein muß (siehe auch Tafel 1 und Kapitel 6 – Hartlöten S. 9 –).

Die Eigenschaften der Aluminium-Lötverbindungen gibt **Tafel 2** wieder.

4 Lötverfahren

Die Lötverfahren werden unterteilt:

4.1 Nach der Temperatur

- Weichlöten
Arbeitstemperatur unterhalb 450°C
- Hartlöten
Arbeitstemperatur oberhalb 450°C

4.2 Nach der Form der Lötstelle

- Spalllöten
Zu verbindende Oberflächen liegen parallel mit Abstand $\leq 0,3$ mm (= Lötspalt)
- Fugenlöten
Zu verbindende Oberflächen bilden V- oder X-förmige Lötstelle, Abstand $> 0,5$ mm (= Lötfrage). Wird bei Aluminium-Werkstoffen kaum angewandt.

4.3 Nach der Art der Lotzuführung

- Löten mit angesetztem Lot
Es werden zuerst die Werkstücke auf Löttemperatur erwärmt und dann erst Lot und Flußmittel darauf abgeschmolzen (**Bild 1**)

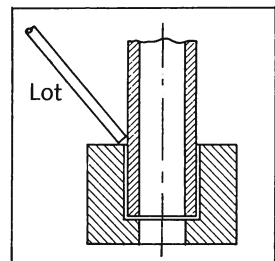


Bild 1:
Löten mit angesetztem Lot

*) Bei dem lotplattiertem Halbzeug wird der Grundwerkstoff mit Hilfe des Walzplattierens bereits einseitig oder auch beidseitig mit dem Lot beschichtet. Die Plattierschichtdicken betragen dabei je nach Halbzeugdicke meist 5 bis 10%.

- Löten mit eingelegtem Lot
Werkstück sowie in Nähe des Lotspaltes angebrachtes Lot und Flußmittel werden gemeinsam auf Löttemperatur erwärmt (**Bild 2**)
- Löten mit lotbeschichteten Teilen (Plattierlöten)
Beide oder nur eines der Fügeteile weist eine aufgewalzte Lotschicht auf. Diese Arbeitsweise ist besonders vorteilhaft bei kompakten Bauteilen mit sehr vielen Verbindungsstellen je Flächeneinheit
- Tauchlöten
Die Werkstücke werden in einem Bad aus geschmolzenem Lot auf Löttemperatur erwärmt.

4.4 Nach der Art der Wärmezufuhr

4.4.1 Kolbenlöten

Lot und Werkstück werden unter Flußmittelzugabe mit vorgewärmtem oder elektrisch beheiztem LötKolben auf Arbeitstemperatur gebracht (nur zum Weichlöten).

4.4.2 Flammlöten

Die Werkstücke werden mit der Lötflamme (Brenngas-Sauerstoff- oder Brenngas-Luft-Flamme) auf Arbeitstemperatur gebracht. Dabei fließt das angesetzte oder eingelegte Lot und füllt die Lötstelle aus (zum Hart- und Weichlöten).

Es kann auch mit lotplattiertem Halbzeug gearbeitet werden.

4.4.3 Badlöten

- Tauchlöten mit Ultraschallanregung (nur zum Weichlöten)
Das Zerstören der Oxidhaut erfolgt durch Kavitationswirkung, hervorgerufen durch einen in das Bad eingebauten Ultraschallgeber. Dieses Verfahren wird auch zum „Verzinnen“ vor dem Weichlöten angewendet.
- Löten im Flußmittelbad (Salzbadlöten)
Die Werkstücke werden nach dem Vorwärmen in einem Bad aus geschmolzenem Flußmittel (Salzbad) auf Arbeitstemperatur gebracht. Dabei schmilzt das eingelegte oder als Plattierschicht aufgebraachte Lot und füllt die Lötstelle aus (vorzugsweise zum Hartlöten bei großem Lötflächenanteil).

4.4.4 Ofenlöten

- Luftumwälzofen
Die Werkstücke mit Flußmittel und dem eingelegten oder als Plattierschicht aufgebraachten Lot werden

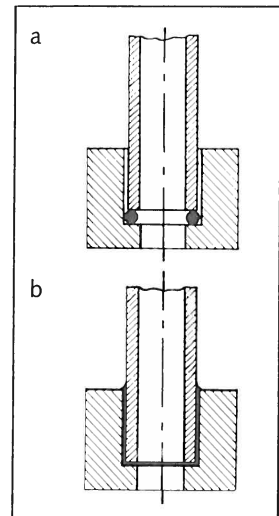


Bild 2:

Löten mit eingelegtem Lot

a) vor Erreichen der Arbeitstemperatur: Lotring auf dem Boden der Bohrung.

b) nach dem Erreichen der Arbeitstemperatur: Lot ist geschmolzen und fließt in den Kapillarspalt. (Das Flußmittel ist nicht eingezeichnet.)

in einem elektrisch oder gasbeheizten Luftumwälzofen auf Arbeitstemperatur gebracht. Durchlauföfen ermöglichen rationelles Verbinden großer Serien (Bild 3).

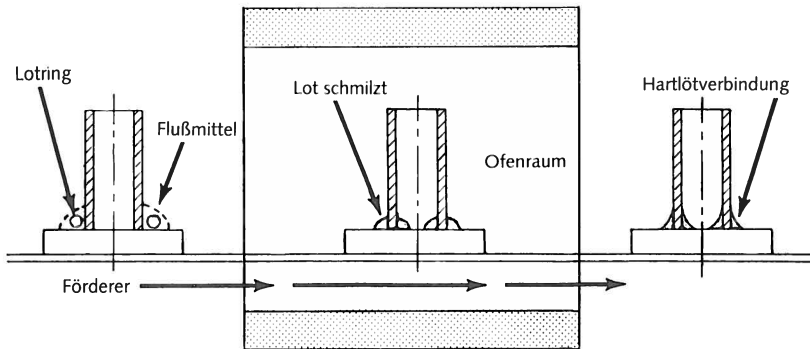


Bild 3:
Ofenlöten (Hartlöten) im Durchlaufofen.

- Vakuum- oder Schutzgasöfen
Beim flußmittelfreien Hartlöten wird mit Vakuum- oder Schutzgasöfen gearbeitet.

4.4.5 Induktionslöten

Vorbereitung der Teile wie beim Ofenlöten, Erwärmung durch Hochfrequenz-Induktion. Bisher für Aluminiumlöten wenig angewendet.

5 Lote, Flußmittel

5.1 Lote

Bewährte Lotzusammensetzungen für Aluminiumlötlösungen sind nach DIN 8513 T 4 (Hartlote) bzw. DIN 1707 (Weichlote) genormt. Daneben ist eine Anzahl z. T. patentierte Lote unter Firmenbezeichnungen erhältlich. Genormt sind (angegebene Temperaturen sind Ungefährwerte):

5.1.1 Hartlote³⁾

L-AlSi12 (11 bis 13,5% Si, Rest Al und zul. Verunreinigungen) Schmelzbereich: 575 bis 590°C, Arbeitstemperatur: 590 bis 600°C

³⁾ Bezugsquellen von Flußmitteln, Weich- und Hartloten zum Verbinden von Aluminium-Werkstoffen (ohne Gewähr für Vollständigkeit)
Metallo – Chemische Fabrik Dr. L. Rostovsky KG, 3012 Langenhagen
Chemet GmbH, 5432 Wirges
Castolin GmbH, 6239 Krittell
Degussa AG, Geschäftsbereich Löttechnik, 6450 Hanau
Drahtwerk Elisental W. Erdmann GmbH & Co., 5982 Neuenrade
Fontargen GmbH, 6719 Eisenberg
Stannol-Lötmittelfabrik W. Pfaff GmbH & Co. KG, 5600 Wuppertal 2

- L-AlSi10 (9,0 bis 10,5 % Si, Rest Al und zul. Verunreinigungen) Schmelzbereich: 575 bis 595 °C, Arbeitstemperatur: 595 bis 605 °C
- L-AlSi7,5 (6,8 bis 8,2 % Si, Rest Al und zul. Verunreinigungen) Schmelzbereich: 575 bis 615 °C, Arbeitstemperatur: 605 bis 615 °C

5.1.2 Weichlote³⁾

- L-SnZn10 (Sn 85 bis 92 %, Zn 8 bis 15 %) Solidus¹⁾ 200 °C, Liquidus²⁾ 250 °C, Reiblot, vorzugsweise für Ultraschall-Löten, Reiblötltemperatur 210 °C.
- L-SnZn40 (Sn 55 bis 70 %, Zn 30 bis 45 %) Solidus¹⁾ 200 °C, Liquidus²⁾ 340 °C, Reiblot, modellierfähig, auch zum Löten mit lotbildenden Flußmitteln (Typ F-LW 1), Reiblötltemperatur 260 °C.
- L-CdZn20 (Cd 75 bis 83 %, Zn 17 bis 25 %) Solidus¹⁾ 265 °C, Liquidus²⁾ 280 °C, neben dem L-ZnAl5 am wenigsten korrosionsanfälliges Weichlot für Al geeignet zum Löten mit Weichlötlflußmitteln (Typ F-LW 2) Arbeitstemperatur 280 °C.
- L-ZnAl5 (Zn 94 bis 96 %, Al 4 bis 6 %) Solidus¹⁾ 380 °C, Liquidus²⁾ 390 °C, Verwendung: Ultraschall- und Ofenlöten.
- Lieferformen: Lotstangen (gegossen), Lotstäbe, vorzugsweise 2 mm und 3 mm Durchmesser.

5.2 Flußmittel

Flußmittel haben die Aufgabe, die Oxidhaut an der Lötfläche zu beseitigen, um ein Benetzen mit dem flüssigen Lot zu ermöglichen. Ihre Wirktemperatur liegt niedriger als bei Flußmitteln zum Schweißen. Nach DIN 8511, Teil 1 (zum Hartlöten) und Teil 2 (zum Weichlöten) werden die Flußmittel entsprechend ihrer Wirktemperatur und ihrer wirksamen Hauptbestandteile in Gruppen eingeteilt. Für das Aluminiumlöten können Flußmittel folgender Gruppen verwendet werden:

5.2.1 Hartlötlflußmittel³⁾ (Gruppe F-LH)

Typ F-LH 1 Flußmittel auf Basis hygroskopischer Chloride und Fluoride, vor allem Lithiumverbindungen.

¹⁾ Solidus = Solidustemperatur = die Temperatur, unterhalb der das Lot fest ist.

²⁾ Liquidus = Liquidustemperatur = die Temperatur, oberhalb der alle Lotbestandteile flüssig sind. Zwischen Solidus- und Liquidustemperatur ist das Lot mehr oder weniger teigig.

Die Flußmittelrückstände müssen mit verdünnter Salpetersäure und/oder mit heißem Wasser abgewaschen werden.

Typ F-LH 2 Flußmittel auf Basis nicht hygroskopischer Fluoride.

Die Flußmittelrückstände können nur dann auf dem Werkstück verbleiben, wenn die Lötstellen sicher vor Nässe geschützt werden.

5.2.2 Weichlötflußmittel³⁾ (Gruppe F-LW)

Typ F-LW 1 Lotbildende Flußmittel (Benennung „Reaktionslot“ ist zu vermeiden) auf Basis von Zink und/oder Zinnchlorid, gegebenenfalls unter Zugabe von Alkalichloriden oder organischen Stoffen.

Diese Flußmittel reagieren unter Wärme- einwirkung mit dem Aluminiumoxid bzw. mit dem Aluminium unter Ausscheidung des in dem Flußmittel enthaltenen Schwer- metalls, das als Lot wirkt bzw. die Bindung mit der zu verwendenden Lotlegierung fördert. Die gegebenenfalls zu verwenden- den Weichlote sind auf Zink- oder Cad- miumbasis hergestellt.

Typ F-LW 2 Flußmittel auf Basis rein organischer Verbindungen (z. B. Amine).

Die Flußmittelreste müssen entfernt werden.

Typ F-LW 3 Flußmittel auf Basis organischer Halogen- verbindungen.

Die Flußmittelreste müssen entfernt werden. Die Flußmittel F-LW 2 und F-LW 3 werden im allgemeinen mit Weichloten bei Arbeits- temperaturen zwischen 200 und 300°C verwendet; oberhalb der Temperatur von 300°C verkohlen die Flußmittel.

5.3 Sicherheitsmaßnahmen

Die Berührung von Flußmitteln mit der Haut, besonders bei Hautwunden, ist zu vermeiden, Werkstatt oder Arbeitsplatz sind hinreichend zu lüften. Hinweise bezüglich der Lüftung von Werkstatt und Arbeitsplatz enthält VBG 15 (Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeits- verfahren). Bei Spritzern und Verätzungen ist wieder- holtes Abspülen mit reinem Wasser notwendig. Verätz- ungen sollen nachfolgend ärztlich versorgt werden.

6 Hartlöten

Hartlötverbindungen von Aluminium weisen im allgemeinen eine gute Korrosionsbeständigkeit auf; ihre Festigkeit erreicht nahezu die von Schweißverbindungen. Beim Hartlöten höher legierter Werkstoffe und von Gußlegierungen besteht die Gefahr des Anschmelzens, da die Arbeitstemperaturen beim Löten nur wenig unterhalb deren Solidustemperatur liegen oder sogar noch darüber. Man benutzt deshalb für Lötkonstruktionen in der Regel nur die nichtaushärtbaren Al-Knetwerkstoffe Reinaluminium und diejenigen der Gattungen AlMn, AlMgMn und AlMg – letztere nur mit Mg-Gehalten unter 1% – sowie die aushärtbaren Legierungen der Sorte AlMgSi0,5. Bei Gußwerkstoffen wird das Hartlöten nur zu Reparaturzwecken als Flammlöten mit angesetztem Lot angewendet (siehe **Tafel 1**).

Die Festigkeit ausgehärteter oder kaltverfestigter Werkstoffe geht in der Wärmeeinflußzone auf die des Zustandes „weich“ zurück. Aushärtbare Werkstoffe können nach dem Hartlöten einer Aushärtebehandlung unterzogen werden.

Wichtig:

Das Lot darf nur an einer Seite des Lötspaltes angesetzt oder eingelegt werden, damit „einschießendes“ Lot das Flußmittel herausdrängen kann.

6.1 Flammlöten

6.1.1 Vorbereitung

Gesäuberte Lötstelle mit Drahtbürste, Schaber, Stahlwolle oder Schmirgel metallisch blank machen. Fixieren zusammenzulötender Teile in einer Vorrichtung oder behelfsmäßig z. B. mit Bindendraht. Durch entsprechende Ausbildung der Teile ist in vielen Fällen ein selbsttätiges Ausrichten möglich. Die Fixierung muß die Teile bis zur Erstarrung des Lotes in ihrer Lage festhalten können.

- Beim Flammlöten mit eingelegtem Lot:
Lötendraht und Flußmittel bzw. das in einem mit kalkarmem oder destilliertem Wasser angesetzten Flußmittelbrei eingegrührte Kornlot an der Lötstelle anbringen.
- Beim Flammlöten mit angesetztem Lot:
Flußmittelbrei an der Lötstelle auftragen oder Lötstab damit bestreichen. Das pulverförmige Flußmittel haftet am erwärmten Lötstab und kann auch auf diese Weise zugeführt werden.

6.1.2 Ausführung

Das vorbereitete Werkstück wird mit Brenngas-Sauerstoff- oder Brenngas-Luft-Flamme auf Arbeitstemperatur erwärmt. Das plötzliche Ausbreiten des Flußmittels ist ein Zeichen für Annäherung an die Löttemperatur. Das Lot wird zum Schmelzen gebracht und benetzt die vom Oxid befreite Metalloberfläche. Das Werkstück muß so weit vorgewärmt sein, daß das flüssige Lot sich bei Berührung mit dem Werkstück sofort ausbreitet und sich nicht zu einem kugelförmigen Tropfen zusammenballt. Falls das Lot nicht allein in die Lötfläche oder genau an die gewünschte Stelle fließt, unterstützt man die Lötung, indem man mit einer erhitzten Metallspitze darüberstreicht. Beim Verbinden von zwei verschiedenen großen Werkstücken ist dem größeren mehr Wärme zuzuführen, um beide auf gleiche Temperatur zu bringen. Die bereits erwähnte Verwendung des Flußmittels als Wärmetaster ist beim Vorwärmen verschieden großer Werkstücke besonders zweckmäßig. Man bringt auf jedes Stück in der Nähe der Verbindungsstelle mit dem Lötstab eine Flußmittelperle auf. Die Wärme ist so zuzuführen, daß die Perlen gleichmäßig schmelzen und sich ausbreiten. Andernfalls ist dem in der Erwärmung zurückgebliebenen Stück mehr Wärme zuzuführen.

6.1.3 Nachbehandlung

Die Lötstellen sind anschließend von Flußmittelrückständen zu reinigen:

- Spülen in heißem Wasser oder mit Naßdampf (bei gut zugänglichen Lötstellen)
- Tauchen in 10%ige Salpetersäure, danach Spülen mit heißem Wasser (bei verwickelten Werkstücken).

Nach dem Abspülen der Flußmittelrückstände sollen die Werkstücke im Warmluftstrom getrocknet werden.

6.2 Ofenlöten

Das Löten in elektrisch oder gasbeheizten Öfen mit genauer Temperaturregelung (Regelgenauigkeit mindestens $\pm 5^\circ\text{C}$) ermöglicht auch das Hartlöten von Aluminiumlegierungen mit Solidustemperatur um 615°C . Die Öfen sollen große Wärmeleistung haben, um die Werkstücke schnell auf Arbeitstemperatur erhitzen zu können, damit tiefergehende Diffusion von Lotbestandteilen in den Grundwerkstoff (Gefahr des Anschmelzens!) vermieden wird. Nach erfolgter Lötung soll schnell wieder unter den Soliduspunkt des Lotes abgekühlt werden. Beim gleichzeitigen Beschicken mit Teilen sehr unterschiedlicher Größen oder Wanddicken

kann es zu ungenügender Erwärmung oder auch zum Anschmelzen kommen.

6.2.1 Vorbereitung

Vorbereitung sinngemäß wie beim Flammlöten. Bei Serienteilen erfolgt die Reinigung und das Entfernen der Oxidschicht in Entfettungs- bzw. Beizbädern. Das Löten mit angesetztem Lot entfällt.

6.2.2 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung ist sinngemäß wie beim Flammlöten durchzuführen.

Bei einer nachträglichen Aushärtung von Bauteilen aus AlMgSiO,5 kann das Löten gleichzeitig als Lösungsglühen ausgenutzt werden. Die Teile werden dann unmittelbar nach der Behandlung im Luftofen beschleunigt abgekühlt (z. B. Anblasen mit Luft) und nach dem Beseitigen der Flußmittelreste bei Raum- oder erhöhter Temperatur ausgelagert.

6.3 Hartlöten im Flußmittelbad (Salzbadlöten)

Das Löten erfolgt in einem durch Widerstandserwärmung auf Löttemperatur aufgeheizten Flußmittelbad. Dieses Bad hat sowohl die Aufgabe, die Oxidschichten an den Verbindungsstellen zu beseitigen, als auch für das gleichmäßige Erwärmen der Werkstücke zu sorgen. Die mit Lot versehenen, vorbehandelten und fixierten Fügebauteile werden vor dem Eintauchen in das Salzbad bis nahe an die Löttemperatur vorgewärmt. Dadurch wird ein Temperaturabfall im Flußmittelbad bzw. eine Krustenbildung an der Oberfläche dickwandiger oder größerer Bauteile vermieden.

Das Salzbadlöten weist den Vorteil einer großen Flexibilität im Hinblick auf das Fügen von Bauteilen sehr unterschiedlicher Wanddicken und Größe sowie konstruktiver Ausbildung auf. Nachteilig ist der relativ große Verbrauch an Flußmitteln.

Die Anlage besteht aus einem Stahlbehälter, der mit säurebeständigem Feuerfestmaterial ausgekleidet ist. Das Bad selbst bildet bei der Widerstandserwärmung den Heizwiderstand. Der Heizstrom wird über stabförmige Elektroden eingeleitet.

6.3.1 Vorbereitung

Bei der Vorbereitung ist auf fett- und ölfreie Oberflächen der Bauteile zu achten. Vorhandene Grate sind

zu beseitigen, da sie das Fließen des Lotes behindern. Gegebenenfalls kann ein Entfernen zu dicker Oxidschichten an den Fugestellen durch Beizen erforderlich sein.

6.3.2 Ausführung

Das Vorwärmen der vorbehandelten und fixierten Füge-
teile auf 540 bis 565 °C erfolgt im allgemeinen in
elektrisch beheizten Luftumwälzöfen. Bei Erwärmung
mit gasbeheizten Öfen kann die Berührung der Flamme
mit Bauteiloberflächen sich nachteilig auswirken (ver-
stärkte Oxidation). Die Nachbehandlung ist sinngemäß
wie beim Flammlöten durchzuführen.

6.4 Korrosionsbeständigkeit der Hartlötverbindungen

Die Korrosionsbeständigkeit einer mit AlSi-Loten herge-
stellten Verbindung steht derjenigen einer Schweiß-
verbindung kaum nach. Schwermetallhaltige Al-Hartlote
mit Arbeitstemperaturen um 550 °C sind in DIN nicht
mehr genormt. Ihre Korrosionsbeständigkeit ist deutlich
schlechter als die von AlSi-Hartloten.

Hartlötverbindungen lassen sich anodisch oxidieren; es
tritt aber eine mehr oder weniger starke Verfärbung
der Lötstellen ein, die das Aussehen, nicht aber die
Schutzwirkung der anodischen Schicht beeinträchtigen.

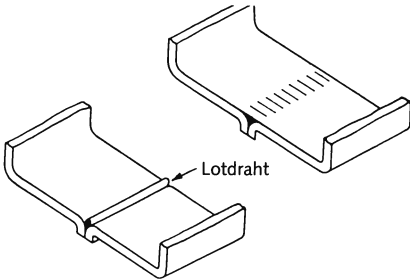
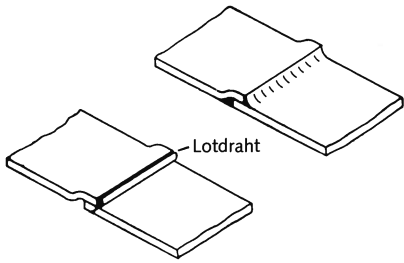
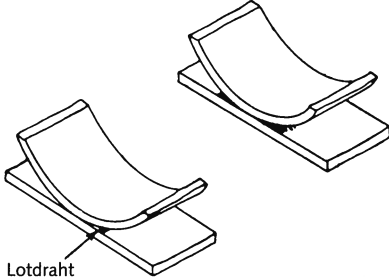
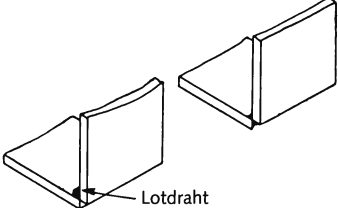
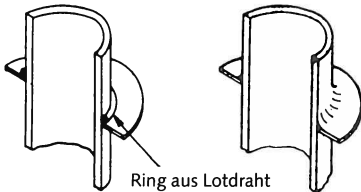
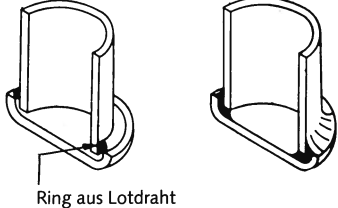
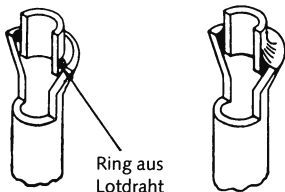
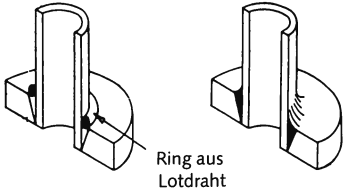
6.5 Anwendungsgebiete

Bei Stumpfstoßen und bei Arbeiten an dicken Blechen
über 3 mm sowie großen Werkstücken ist das Schweißen
im allgemeinen vorzuziehen.

Bei Kehlnähten (T-Stößen, Ecknähten) und Überlapp-
verbindungen, besonders an kleinen dünnwandigen
Werkstücken, Rohrverbindungen und in der Serienfer-
tigung, insbesondere von kompakten Bauteilen mit
vielen Verbindungsstellen pro Flächeneinheit, ist das
Hartlöten vorteilhaft und häufig leichter und schneller
auszuführen, als das Schweißen. Solche Verbindungen
ergeben durch das in der Hohlkehle glatt verlaufene Lot
ein sauberes Aussehen. Daher ist wenig oder gar keine
Nacharbeit erforderlich (**Bild 4**).

Die technische anodische Oxidation (als Korrosions-
schutz) bereitet keine Schwierigkeiten; die anodisierten
Hartlötstellen werden jedoch durch Farbunterschied
sichtbar.

Bild 4: Vorbereitete und fertige Lötverbindungen für Beispiele von verschiedenen Anwendungsgebieten.

<p>Bördelnaht</p> 	<p>Überlappverbindung mit durchgesetztem Blech</p> 
<p>Rohr mit Glattblech</p> 	<p>Ecknaht</p> 
<p>Rohr mit Rippe oder Rohrdurchführung</p> 	<p>Rohr mit Kappe</p> 
<p>Rohr mit Rohr</p> 	<p>Rohr mit Flansch oder Rohrboden</p> 

In der Elektrotechnik kann das Hartlöten zum Verbinden von Aluminiumleitern mit Kabelschuhen verwendet werden.

7 Weichlöten

Die Arbeitstemperaturen für das Weichlöten von Aluminium liegen bei dem L-ZnAl5 bei ca. 430°C, bei den übrigen genormten Loten zwischen 200 und 300°C. Mit Ausnahme des Tauchlötens erfolgt die Wärmezufuhr meist mit der Lötflamme. Mit dem LötKolben werden nur dünne Bleche und Drähte gelötet.

Die Vorbereitung der Lötflächen (Reinigen, Entfetten und Entfernen der Oxidhaut) erfolgt in gleicher Weise wie beim Hartlöten.

7.1 Reiblöten

Das Lot wird auf dem auf Arbeitstemperatur erwärmten Werkstück gerieben; dabei bildet sich eine dünne Schicht aus geschmolzenem Lot, durch die hindurch die Oxidschicht mit Drahtbürste, Glasfaserpinsel oder Schaber zerstört wird. Das kann auch mit dem Lotstab selbst erfolgen. Die flüssige Lotschicht schützt vor erneuter Oxidation.

Die Festigkeit der Lötverbindung ist um so größer, je sorgfältiger das „Einreiben“ geschieht und je höher man dabei erwärmt. Sie ist also wesentlich von der Ausführung abhängig. Wegen der umständlichen Arbeitsweise ist das Reiblöten bisher weniger für die Fertigung als für Reparaturarbeiten angewendet worden. Aluminium-Weichlote werden in Lötspalte bedeutend weniger tief eingezogen als die dünnflüssigeren Zinnlote. Man muß daher beide Teile getrennt mit Lot überziehen, zusammenfügen und unter erneuter Erwärmung löten, was dieses Verfahren gegenüber dem Hartlöten und Schweißen wie auch gegenüber dem Weichlöten der Schwermetalle umständlich macht.

Für kleine Teile (Folien, dünne Drähte) ist das Kolbenlöten anwendbar. Es wird ein LötKolben aus Kupfer oder Nickel verwendet, der verhältnismäßig groß sein und nahezu bis Rotglut erhitzt werden muß. Dieser Kolben ist durch Reiben mit dem Lot zu überziehen. Reinigen und Metallisieren (Verzinnen) ist nötigenfalls mit der Drahtbürste vorzunehmen. Zur Ausführung der Lötung ist die blankgemachte Stelle mehrfach mit dem Kolben leicht zu

reiben, wobei nach Bedarf Lot zuzuführen ist. Salmiakstein und Lötwasser sind wirkungslos und dürfen nicht angewendet werden.

7.2 Ultraschall-Löten

Beim Ultraschall-Löten wird die Oxidschicht durch Kavitationswirkung zerstört. Dies ist nur möglich, wenn eine ausreichend dicke, flüssige Lotschicht an der Verbindungsstelle vorhanden ist. Der Lotspalt beträgt daher bis zu 1 mm. Es werden die Lote L-ZnAl5 oder L-SnZn10 verwendet. Das Verfahren kann wie folgt durchgeführt werden:

- Gleiche Arbeitsfolge wie beim Reiblöten; die Zerstörung des Oxidfilms erfolgt jedoch durch einen aufgesetzten Ultraschallgeber. Das Verfahren mit Kolben dient im allgemeinen nur zum Verzinnen der Lötstellen. Die Herstellung der Lötverbindungen erfolgt mit Stangenlot und Lötflamme.
- Tauchlöten in einem Bad aus geschmolzenem Lot, das im Bereich der Lötstelle durch einen Ultraschallgeber angeregt wird:

7.3 Löten mit lotbildendem Flußmittel

Lotbildende Flußmittel enthalten Zink- und/oder Zinnchlorid. Bei Arbeitstemperatur reagieren diese Flußmittel mit dem Aluminium und zerstören die Oxidhaut. Die im Flußmittel enthaltenen Schwermetalle werden freigesetzt und scheiden sich auf dem Bauteil als dünner Lotfilm ab, der aber für eine Verbindungslötung im allgemeinen nicht ausreicht.

Lotbildende Flußmittel (Typ F-LW 1 nach DIN 8511 T 3) werden daher meist unter Zusatz von L-SnZn40 verarbeitet. Salzurückstände müssen restlos abgewaschen werden.

7.4 Löten mit Weichlöt-Flußmitteln

Die Flußmittel mit niedriger Wirktemperatur vom Typ F-LW 2 und F-LW 3 (Bereich 200 bis 350°C) ermöglichen das Weichlöten von Aluminium in ähnlicher Weise wie es bei Stahl und Schwermetallen üblich ist. Sie werden mit dem Lot L-CdZn20 verwendet. Diese Weichlotflußmittel haben überwiegend organische Bestandteile, die gegen Überhitzung sehr empfindlich sind. Beim Flammlöten soll daher die Lötflamme nicht auf das Flußmittel gerichtet werden. Flußmittelrückstände müssen entfernt werden.

7.5 Korrosionsbeständigkeit der Weichlötverbindungen

Zum Weichlöten dienen niedrigschmelzende Schwermetalle. Bei Zutritt von Feuchtigkeit entsteht an der Berührungsstelle zwischen Leicht- und Schwermetallen ein galvanisches Element, unter dessen Einwirkung die Verbindung nach kürzerer oder längerer Zeit zerfressen wird (Kontaktkorrosion).

Dies gilt grundsätzlich für die Mehrzahl der Weichlötverbindungen an Aluminium. Aluminium-Weichlötverbindungen sind deshalb in der Regel nur in trockener Umgebung beständig, bzw. wenn sie zuverlässig vor Feuchtigkeit Zutritt geschützt werden, z. B. durch Lackieren oder Einfetten.

Aluminium-Gegenstände mit Weichlötstellen können nicht anodisch oxidiert (eloxiert) und sollen nicht längere Zeit über etwa 100°C erwärmt werden.

7.6 Anwendungsbeispiele

Das Weichlöten dient an Aluminium-Gußstücken zum Ausbessern von Schönheitsfehlern, porigen Stellen und ähnlichen Fehlstellen. Es kann im Anschluß an Hartlöten oder Schweißen durchgeführt werden.

Das Weichlöten wird zum Verbinden von isolierten Leitungen aus Aluminium angewendet. Kolbenlöten ist für kleine Teile, Folien und dünne Drähte anwendbar (z. B. Drehspulrahmen, Radio-Wickelkondensatoren, Abschirmfolien).

8 Lötverbindungen zwischen Aluminium und anderen Metallen

Sowohl bei Hart- als auch bei Weichlötverbindungen zwischen Aluminium und anderen Metallen besteht bei Feuchtigkeit Zutritt die Gefahr der Elementbildung, und damit von Kontaktkorrosion. Derartige Verbindungen sind unbedingt vor Feuchtigkeitseinwirkung zu schützen.

8.1 Hartlöten

Zum Hartlöten ist das Gegenmetall an der Lötstelle durch Verzinken oder Verzinnen vorzubereiten. Bei Teilen aus Cu-Legierungen, z. B. Messing, ist diese Vorbereitung nicht unbedingt nötig, sie vermindert jedoch die Sprödigkeit der fertigen Lötstelle erheblich.

Die so vorbereiteten Werkstücke werden mit Aluminium unter Verwendung von Aluminium-Flußmittel und AlSi-Hartlot verbunden.

8.2 Weichlöten

Beim Weichlöten ist zunächst das Aluminiumteil durch Reiblöten oder Ultraschall unter Verwendung geeigneter Weichlote zu metallisieren. Das Verbinden mit dem Gegenmetall kann dann mittels Kolben oder Flamme ausgeführt werden, wobei Weichlot nach Abschnitt 5.1.2 verwendet wird. Als Flußmittel kann Weichlotflußmittel Typ F-LW 2 verwendet werden, das auch auf Schwermetall wirksam ist.

Tafel 1: Lötbarkeit von Aluminium

Werkstofftyp	Hartlöten	Weichlöten	Bemerkungen
Knetwerkstoffe:			
Rein- und Reinstaluminium	gut	gut	
AlMn	gut	gut	
AlMg	bedingt	gut	Mg-Gehalte > 1% bewirkt sehr zähe Oxidhaut. Beim Hartlöten tritt dann sehr starke Diffusion des schmelzflüssigen AlSi-Lotes in das Bauteil ein.
AlMgSi	bedingt	gut	Beim Hartlöten Solidustemperatur der Legierung und Festigkeitsabfall beachten! Nach Hartlöten Aushärten möglich.
AlZnMg	bedingt	möglich	Mg-Gehalte > 1% bewirkt sehr zähe Oxidhaut. Beim Hartlöten tritt dann sehr starke Diffusion des schmelzflüssigen AlSi-Lotes in das Bauteil ein. Beim Hartlöten Solidustemperatur der Legierung und Festigkeitsabfall beachten! Nach Hartlöten Aushärten möglich.
AlCuMg AlZnMgCu	nicht geeignet	möglich	Hartlöten bewirkt irreversible Werkstoffschädigungen, Weichlöten erheblichen Festigkeitsabfall.
Genormte Gußlegierungen:	s. Bemerkung	bedingt	Schweißen ist vorzuziehen. Hartlöten mit den in Deutschland genormten AlSi-Loten schwierig, da Solidustemperatur überschritten wird.

Tafel 2: Eigenschaften von Aluminium-Lötverbindungen

	Hartlöten	Weichlöten
Zugfestigkeit:	110 bis 180 N/mm ² AlMgSi-Legierungen neu ausgehärtet bis 290 N/mm ²	60 bis 100 N/mm ²
Scherfestigkeit: (Spaltlötung, überlappt)	Lot > 100 N/mm ²	40 bis 80 N/mm ²
Elektr. Leitfähigkeit:	Geringe Beeinträchtigung	Geringe Beeinträchtigung
Korrosionsbeständigkeit: (Flußmittel restlos entfernt)	gut (gleichwertig einer Schweißverbindung mit ungleichem Zusatzwerkstoff)	Verbindung mit L-CdZn20 und L-ZnAl5 rel. gut, andere Weichlote ergeben bei Zutritt von Feuchtigkeit Kontaktkorrosion. Im allgemeinen ist Schutzanstrich erforderlich.
Anodische Oxidation:	möglich, Schutzwirkung gut, Lötnaht wird dunkelgrau bis schwarz	nicht möglich (Anfressungen!)

**Auswahl aus dem
„Verzeichnis der Informationsschriften“
der Aluminium-Zentrale e.V.**

Liste der DIN-Werkstoffnormen für Aluminium

Aluminium – Werkstoff für den Metallbau

Broschüre

Schutzgebühr DM 8,–

Schweißen von Aluminium

Sonderdruck, VDI-Z. 1981, 18

Schutzgebühr DM 4,50

Aluminium im Maschinenbau

Sonderdruck, VDI-Z. 1979/80

Schutzgebühr DM 4,50

Konstruieren mit Aluminium-Strangpreßprofilen

Sonderdruck VDI-Z. 1986–1988

Schutzgebühr DM 4,50

Aluminium in der Elektroindustrie

Sonderdruck, etz 101 (1980) 6

Schutzgebühr DM 7,50

Informationen über den Werkstoff Aluminium

Broschüre der Aluminium-Zentrale

Aluminium-Lieferverzeichnis

Mitgliederverzeichnis der Aluminium-Zentrale

Technische Merkblätter

- A 1 Aluminium-Dachdeckung und -Wandbekleidung
- A 2 Aluminium-Dachdeckung – Doppelfalz- und Leistendach
- A 5 Reinigen von Aluminium im Bauwesen / A 5 Cleaning of Aluminium in the Building Industry
- A 6 Folien und dünne Bänder aus Aluminium als Funktionsträger für Dämmelemente und Dichtungsbahnen im Bauwesen
- A 7 Richtlinie für die Verlegung von Aluminium-Profiltafeln
- A 8 Aluminium-Wellprofile
- A 9 Verbindungen von Profiltafeln und dünnwandigen Bauteilen aus Aluminium
- A 11 Bemessung von Aluminium-Trapezprofilen und ihren Verbindungen. Berechnungsbeispiele

- B 1 Biegen von Aluminium-Halbzeug in der handwerklichen Praxis
- B 2 Spanen von Aluminium

- E 1 Aluminium in der Elektrotechnik und Elektronik

- K 5 Einfache Spannungsnachweise

- O 2 Chemische Oxidation, Chromatieren, Phosphatieren von Aluminium
- O 3 Beschichten von Aluminium
- O 4 Anodisch oxidiertes Aluminium
- O 5 Schleifen und Polieren von Aluminium
- O 6 Beizen und Entfetten von Aluminium
- O 8 Galvanische und chemische Überzüge

- V 1 Gasschmelzschweißen von Aluminium
- V 2 Lichtbogenschweißen von Aluminium
- V 4 Löten von Aluminium
- V 5 Nieten von Aluminium
- V 6 Kleben von Aluminium

- W 1 Der Werkstoff Aluminium / W 1 The Metal Aluminium
- W 2 Aluminium-Knetwerkstoffe
- W 3 Formguss von Aluminium-Werkstoffen
- W 7 Wärmebehandlung von Aluminiumlegierungen
- W17 Aluminiumschäume »Herstellung, Anwendung, Recycling«
- W18 Aluminium in der Verpackung »Herstellung, Anwendung, Recycling« /
W 18 Aluminium in the Packaging Industry »Manufacture , Use, Recycling«

Hinweis: Weitere Literatur rund um das Thema Aluminium finden Sie auf unserer Homepage unter www.aluinfo.de in der Rubrik „Shop“.



GESAMTVERBAND DER
ALUMINIUMINDUSTRIE e.V.

Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf

Postfach 10 54 63
40045 Düsseldorf

Tel.: 0211 - 47 96 - 279/285

Fax: 0211 - 47 96 - 410

information@aluinfo.de

www.aluinfo.de