

Air Liquide Deutschland GmbH
Standardstelle
Füttingsweg 34 · D - 47805 Krefeld
Telefon + 49 (0) 21 51 379-9376
Telefax + 49 (0) 21 51 379-9317

Richtlinie

Werkstoffe Verarbeitung

Hartlöten Technische Lieferbedingungen * Güteanforderungen

Inhalt

- 1 Ziel
- 2 Geltungsbereich
- 3 Anwendungsbereich
- 4 Sicherheitsklassen
- 5 Voraussetzung zum Löten
- 6 Bau- und Fertigungsunterlagen
- 7 Fertigung
- 8 Werkstoffe
- 9 Vorbehandlung der Verbindungsstellen von Rohren
- 10 Vorbereitung und Reinigen der Bauteiloberflächen
- 11 Formieren (Inertisieren)
- 12 Maximale Löttemperatur und maximale Lötzeit
- 13 Abkühlen nach dem Löten
- 14 Nachbehandlung
- 15 Verfahren, Geräte, Anlagen
- 16 Lötvorrichtung
- 17 Lötanweisung
- 18 Nacharbeit
- 19 Anforderungen an die Spaltlötverbindung (Fehlerbewertung)
- 20 Nachweis der Anforderungen
- 21 Tabelle Fehlerbewertung
- 22 Aufgeführte und mitgeltende Dokumente

1 Ziel

Diese Richtlinie formuliert die Güteanforderungen für die Herstellung von Hartlötverbindungen.

2 Geltungsbereich

Air Liquide Deutschland GmbH

3 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für das Hartlöten (HL DIN 8505 Teil 3) von druckbeanspruchten Lötverbindungen (Löt- und Bauteile)

- aus Kupfer, Kupferlegierungen, Nickelkupferlegierungen und austenitischen Stählen und deren Werkstoffkombinationen untereinander,
- als Spaltlötverbindung (DIN 8505 Teil 2),
- im Temperaturbereich von - 196 °C bis + 100 °C (in Abhängigkeit vom Grund- und Zusatzwerkstoff),
- mit Güteanforderungen für medizinische und technische Gase.

Die Anwendung dieser Richtlinie und die zu ihrer Erfüllung notwendigen Maßnahmen sind von Herstellern und Lieferanten für Neuanfertigungen und Instandsetzungsarbeiten verbindlich einzuhalten.

Hinsichtlich der löstechnischen Verbindung von Rohrleitungen aus Kupfer sind die Festlegungen des DVGW-Arbeitsblattes GW 2 zu beachten.

Diese Richtlinie kann gegebenenfalls mit Einschränkungen sinngemäß auch auf andere Anwendungsbereiche wie drucklose oder nicht medienberührte Hartlötverbindungen übertragen werden.

Diese Richtlinie ist bei der Herstellung von Druckgeräten nach Druckgeräterichtlinie 97 / 23 / EG gemäß AD-2000 Merkblatt, HP 5/1 Absatz 3 anzuwenden.

Die arbeitstechnischen Grundsätze für Lötverbindungen bei Druckgeräten sind hiernach zwischen Hersteller, Betreiber / Besteller und der zuständigen unabhängigen Stelle zu vereinbaren, bis zu einer entsprechenden Erweiterung des AD-2000 Merkblattes.

Durch diese Formulierung gilt: "Ist von Fall zu Fall zu klären".

Das Verfahren gemäß dieser Richtlinie mit einer bescheinigten Lötprüfung ist somit für die Herstellung von Druckgeräten gemäß Druckgeräterichtlinie 97 / 23 / EG zu empfehlen. Die Hartlötprüfung ist in Anlehnung an DIN 65228 und VdTÜV-Merkblatt 1160 erforderlich.

4 Sicherheitsklassen

Die hartgelöteten Verbindungen werden je nach ihrer Funktion und den Auswirkungen ihres Versagens auf die Sicherheit in den Anlagenteilen in drei Sicherheitsklassen eingeteilt:

Sicherheitsklasse A

Lötverbindungen der Sicherheitsklasse A sind solche, deren Versagen unter Betriebsbedingungen unmittelbar zur Gefährdung von Personen, der Umwelt oder zur Zerstörung von Anlagenteilen führt.

Sicherheitsklasse B

Lötverbindungen der Sicherheitsklasse B sind solche, deren Versagen Funktionsstörungen verursachen, der sichere Betrieb der Anlage aber noch gewährleistet ist.

Sicherheitsklasse C

Lötverbindungen der Sicherheitsklasse C sind solche, von denen die Sicherheit von Personen, Umwelt und Anlage nicht abhängt.

5 Voraussetzung zum Löten

Die Voraussetzung zum Hartlöten von Bauteilen nach dieser Richtlinie ist nur dann gegeben, wenn

- a) der Betrieb eine gültige Verfahrensprüfung einer zuständigen unabhängigen Stelle für die auszuführenden Lötarbeiten nachweisen kann,
- b) die Qualifikation des Lötlers entsprechend der Verfahrensprüfung für den Anwendungsfall gegeben ist,
- c) der Betrieb über eine anerkannte Lötaufsichtsperson verfügt,
- d) Lötarbeiten nur mit nachweisbar geeigneten Lötanlagen und Lötrichtungen durchgeführt werden und die Geräte durch dafür qualifiziertes Personal gewartet und bedient werden,
- e) die löt- und prüfgerechte Gestaltung, sowie die sachgerechte Auswahl und Verarbeitung der Werkstoffe sichergestellt sind,
- f) das Einhalten der geforderten Güte der Lötverbindungen geprüft wird.

Hinweise zu:

a) siehe VdTÜV-Merkblatt 1160

b) Lötter:

Jeder Lötter muss entsprechend VdTÜV-Merkblatt 1160 geprüft sein. Es muss eine gültige Prüfungsbescheinigung gemäß DIN 65228 vorliegen. Der Lötter darf nur in dem seiner Prüfungsbescheinigung entsprechenden Geltungsbereich eingesetzt werden.

c) Lötaufsichtsperson:

Die vom Fertigungsbetrieb bestimmte und dem Betrieb angehörende Lötaufsichtsperson muss für das in Frage kommende Aufgabengebiet in fachlicher und persönlicher Hinsicht die erforderlichen Voraussetzungen besitzen. Sie muss vor allem ausreichende Kenntnisse und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet des Hartlötens und der zu verarbeitenden Werkstoffe haben. Diese können durch eine Verbindung aus theoretischem Wissen, verantwortlicher Ausübung und Erfahrung erworben werden.

Anmerkung: Einschlägige Herstellererfahrung braucht notwendigerweise nicht länger als 3 Jahre vorzuliegen.

Die Lötaufsichtsperson muss befugt sein, durch entsprechende Maßnahmen die geforderte Güte der Lötnaht sicherzustellen.

Die Lötaufsicht liegt in der Verantwortung des Herstellers. Jedoch können einige Aufgaben und Verantwortlichkeiten durch Unterbeauftragte ausgeübt werden.

Werden hartgelötete Bauteile bei Unterauftragnehmern gefertigt, so ist der Hersteller für die Erfüllung der Anforderung nach dieser Richtlinie verantwortlich.

d) Das Bedienungspersonal (Maschinenlötter) von mechanisierten Lötteinrichtungen muss mit den Arbeiten an diesen Einrichtungen vertraut sein.

Die Eignung der Löt- und Zusatzeinrichtungen, sowie die Kennzeichnung und Behandlung von Hilfsmitteln und Einrichtungen müssen durch entsprechende Maßnahmen gewährleistet sein.

e) Der Hersteller ist verpflichtet, durch Kontrollen und Prüfungen gemäß Standard 06343 Qualitätsprüfung, Hartlötens sicherzustellen, dass die Anforderungen nach dieser Richtlinie erfüllt werden.

6 Bau- und Fertigungsunterlagen

Die in dieser Richtlinie festgelegten Anforderungen sind Bestandteil der Bau- und Fertigungsunterlagen.

Jede Bau- und Fertigungsunterlage, wie Zeichnungen, Prüfanweisungen, Prüfblätter, Lötanweisungen oder sonstige Arbeitsunterlagen, in der Lötverbindungen zeichnerisch dargestellt sind, muss ein Angabenfeld mit den notwendigen Lötangaben (hierzu siehe Abschnitt 17) oder einen Hinweis auf einen diesbezüglichen Standard enthalten. Die Lötangaben müssen von der anerkannten Lötaufsichtsperson genehmigt sein.

7 Fertigung

Die Lötnahte sind in Übereinstimmung mit der Ausführungszeichnung oder den entsprechenden Bauunterlagen fachgerecht und sachgemäß auszuführen.

7.1 Fertigungsbedingungen

Die Überwachung der löttechnischen Fertigungsbedingungen und Fertigungsabläufe ist nach den genehmigten Bauunterlagen unter Aufsicht einer anerkannten Lötaufsichtsperson bzw. einem von ihr delegierten Vertreter durchzuführen.

7.2 Fertigungsnachweis

Der Hersteller muss sicherstellen, dass die Fertigungsbedingungen und der Fertigungsablauf für die Lötverbindung jederzeit rekonstruierbar ist, z.B. durch Kennzeichnung mit dem Lötstempel, Dokumentation der Lötparameter, Kontrollaufzeichnung.

7.3 Fertigungsbegleitende Prüfungen

Die Sicherheit der lötechnischen Fertigung als auch die Qualität des gelöteten Produktes ist durch geeignete Fertigungskontrollen zu überwachen.

Die Lötverbindungen dürfen keinen die Eignung des Bauteils beeinträchtigenden Fehler aufweisen.

Bei vollbeanspruchten Lötverbindungen sind folgende, fertigungsbegleitende Prüfungen an 2 % der Lötverbindungen durchzuführen:

- Sichtprüfung der hergestellten Lötverbindung
- Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung (wenn möglich)
- Makroschliff und je nach Art des Bauteils Warmausziehversuch

Prüfkriterien siehe Standard 06343 - Qualitätsprüfung, Hartlöten.

8 Werkstoffe

Die Werkstoffe müssen so ausgewählt sein, dass sie den zu erwartenden Betriebsbedingungen sicher genügen.

Grundwerkstoffe, Zusatzwerkstoffe (Hartlote) und Löt Hilfsstoffe müssen unter Beachtung der Lötverfahren aufeinander abgestimmt sein.

Zusatzwerkstoffe und Löt Hilfsstoffe müssen gegebenenfalls eignungsgeprüft oder zugelassen sein. Die Eignung kann im Rahmen einer Verfahrensprüfung festgestellt werden. Für Zusatzwerkstoffe, für die Betriebsbewährung vorliegt, gilt für einen vergleichbaren Verwendungsfall die Eignung als festgestellt.

Es sind nur solche Grundwerkstoffe, Zusatzwerkstoffe und Löt Hilfsstoffe zu verwenden, die in den genehmigten Bauunterlagen festgelegt worden sind.

Zusatzwerkstoffe und Löt Hilfsstoffe sind unter Beachtung der Empfehlungen der Löt Hilfsstoffhersteller vor und während der Verarbeitung fachgerecht zu behandeln.

8.1 Grundwerkstoffe

Grundwerkstoffe sollen in DIN-Normen oder anderen Regelwerken definiert sein. Ihre mechanisch-technologischen Eigenschaften dürfen durch die Löterwärmung nicht nachhaltig beeinflusst werden und sind – so weit erforderlich – durch Bescheinigung nach DIN EN 10204 zu belegen.

Die Löteignung nach DIN 8514 Teil 1 muss gegeben sein.

8.2 Hartlote (DIN EN 1044)

Es sind genormte Lote zu verwenden.

Für nicht genormte Lote ist ein Eignungsnachweis im Sinne der Normen zu erbringen. Lote sind in DIN 8505 Teil 1 definiert.

Lote sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.²⁾

Sie sind nur im einwandfreiem Zustand unter Beachtung der Empfehlung der Lothersteller und der einschlägigen Normen zu verlöten.

2) Das Abnahmeprüfzeugnis kann bei lötgerechter Konstruktion entfallen, wenn in die Berechnung des Bauteils eine Scherfestigkeit von max. 100 N/mm² eingesetzt wird.

	<p>Verarbeitungshinweise der LötHersteller sind zu beachten.</p> <p>Lote sind in geeigneten Behältern zu lagern und entsprechend DIN EN 1044 zu kennzeichnen. Verwechslungen sind durch geeignete innerbetriebliche Maßnahmen auszuschließen.</p>
8.3 Lötstopmittel	<p>Die Empfehlungen des Herstellers bei der Anwendung von Lötstopmitteln sind zu beachten.</p> <p>Lötstopmittel sind in DIN 8505 Teil 1 definiert.</p>
8.4 Flussmittel (DIN EN 1045 und DIN EN 29454-1)	<p>Es dürfen nur solche Flussmittel verwendet werden, deren Eignung für die jeweiligen Verwendungszwecke, z.B. in den Herstellerangaben nachgewiesen wurde.</p> <p>Flussmittel sind mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B nach DIN EN 10204 zu bescheinigen.²⁾</p> <p>Sie sind nur im einwandfreien Zustand unter Beachtung der Empfehlung der Flussmittelhersteller und der einschlägigen Normen zu verlöten.</p> <p>Die Lagerung und Verarbeitung von Flussmitteln erfordern die genaue Beachtung der vom Flussmittelhersteller gegebenen Anwendungsvorschriften.</p> <p>Verarbeitungshinweise der Flussmittelhersteller sind zu beachten.</p> <p>Flussmittel sind in DIN 8505 Teil 1 definiert.</p>
8.5 Lotpaste	<p>Die zur Herstellung von Lotpasten zum Löten unter Vakuum oder Schutzgas verwendeten Bindemittel dürfen bei der Verarbeitung keine schädlichen Rückstände hinterlassen (siehe auch DVS-Merkblatt 2605).</p>
8.6 Schutzgase	<p>Beim Löten unter Schutzgas sind nur solche inerte und reduzierende Gase zulässig, deren Reinheitsgrad und Taupunkt DIN EN 439 entsprechen.</p>
9 Vorbehandlung der Verbindungsstellen von Rohren	<p>Die Rohrenden sind rechtwinklig abzulängen und unbedingt zu entgraten.</p> <p>Unrunde, verformte Rohrenden und Rohrenden weicher Rohre müssen – um den erforderlichen Kapillarspalt zu erhalten – mit geeignetem Kalibrierwerkzeug (Ring und Dorn) durch Kalibrieren wieder maßhaltig gemacht werden. (Der hierdurch erzielte, gleichmäßige enge Lötspalt ermöglicht eine kapillare Saugwirkung und damit das Füllen der Lötnaht mit flüssigem Lot auch entgegen der Schwerkraft.)</p>
10 Vorbereiten und Reinigen der Bauteiloberflächen	<p>Zur Erzielung einwandfreier Lötverbindungen sind ausreichend gereinigte Oberflächen im Lötbereich notwendig (metallisch blank, d.h. reine fettfreie Lötspalte).</p> <p>Deshalb müssen störende Verunreinigungen, die eine gleichmäßige Benetzung der Löt-Oberflächen behindern, wie z.B. Schlacke, Zunder, Rost, Öle und Fette, Oxidhaut, Anlauffarben, Farbanstriche, Klebstoffe, galvanische Überzüge oder sonstige Fremdstoffschichten vor dem Löten durch eine entsprechende Vorbehandlung entfernt werden. Kein Flussmittel ist imstande, derartige Schichten vollständig aufzulösen.</p>

Bei der mechanischen Reinigung ist darauf zu achten, dass der Abrieb am Lötteil nicht den Toleranzbereich der Spaltlötverbindung entsprechend DIN EN 1254-1, Tabelle 2, überschreitet und damit die Kapillarwirkung aufgehoben wird. Die hierbei entstandene Rauhtiefe der Bauteiloberflächen im Lötbereich darf weder über- noch unterschritten werden.

- Bearbeitungsspuren der mechanischen Reinigung, z.B. Rillen und Riefen in Flussrichtung des Lotes -

Unmittelbar vor dem Löten muss die Bauteiloberfläche im Lötbereich innen und außen frei von Feuchtigkeit und Verunreinigungen sein, die die Lötnahtgüte negativ beeinträchtigen können.

11 Formieren (Inertisieren)

Wasserstoffhaltige Schutzgase zum Formieren sind bei Kupferlegierungen gemäß DVS-Merkblatt 0937 zu vermeiden.

Für das Hartlöten an Luft mit Flussmittel gilt:

- Lot Ausdampfung von niedrigsiedenden Legierungselementen, Lötnaht versprödet, wird porös und rissig
- Flussmittel Die Wirkzeit geschmolzener Flussmittel ist begrenzt und nach Überhitzung somit ausgereagert, d. h. Verlust der Lösefähigkeit für Oxide weil oxidgesättigt mit Luftsauerstoff. Das nachträgliche Auftragen von zusätzlichem Flussmittel nützt nichts mehr. Die zu lötenden Teile müssen wieder gesäubert werden.
Flussmittelreste überhitzter Bauteile lassen sich nur sehr schwer entfernen!

		<ul style="list-style-type: none"> - Grundwerkstoff Verstärkte Grobkornbildung, Zunderung, Ausdampfung von niedrigsiedenden Legierungselementen - Bauteil Verwerfungen, Verzug - Lötter Vergiftungsgefahr durch Einatmen von niedrigsiedenden Legierungselementen des Grund- und Zusatzwerkstoffes.
13	Abkühlen nach dem Löten	<p>Lot muss erschütterungsfrei erstarren.</p> <p>Ablöschen des Lötteils oberhalb von 300 °C ist nicht erlaubt.</p> <p>Die Lötteile müssen an Luft genügend abkühlen, bevor sie in Wasser abgelöscht werden können, vorausgesetzt, dass die gelöteten Werkstoffe ein Ablöschen zulassen.</p> <p>Sofern der Werkstoff es erfordert, ist das Abkühlen des Nahtbereiches nach dem Löten durch geeignete Maßnahmen zu verzögern (z.B. durch Abdecken der Lötnaht, Nachwärmen).</p>
14	Nachbehandlung	<p>Je nach Grundwerkstoff, Konstruktion, Lotart und Lötverfahren kann eine Nachbehandlung der gelöteten Teile erforderlich werden.</p> <p>Unter Nachbehandlung ist eine Reinigung und / oder Wärmebehandlung zu verstehen.</p>
14.1	Nachbehandlung von Oberflächen	<p>Die Oberflächennachbehandlung und die vorgesehenen Verfahren sind zu vereinbaren.</p> <p>Die Lötnahte an nichtrostenden, austenitischen Stählen im Bereich der Wärmeeinbringung müssen oberflächennachbehandelt werden.</p>
14.1.1	Bearbeitung der Lötnahte	<p>Sachgemäß ausgeführte Lötstellen sehen glatt und sauber aus und bedürfen keiner Nacharbeit.</p> <p>Soweit Forderungen für das zusätzliche Bearbeiten von Lötverbindungen oder Nahtübergängen bestehen, ist dies in den Fertigungsunterlagen anzugeben.</p>
14.1.2	Reinigen der Bauteiloberflächen	<p>Störende Anlauffarben, Rotfleckigkeit auf Messing, Zunder und Flussmittelreste müssen entfernt werden. Hierzu dürfen nur geeignete Verfahren eingesetzt werden.</p>
14.2	Wärmebehandlung nach dem Löten	<p>Eine Wärmebehandlung nach dem Löten ist in der Regel nicht erforderlich. Falls doch, müssen hierzu geeignete Einrichtungen zur Verfügung stehen.</p> <p>Die Notwendigkeit einer Wärmenachbehandlung ist abhängig vom Werkstoff, Wanddicke, Konstruktion sowie Verwendungszweck.</p> <p>Werden an Lötverbindungen besondere Anforderungen, z.B. im Hinblick auf mechanische Bearbeitung, Maßhaltigkeit, Gefährdung durch Spannungsrisskorrosion, Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, Einsatz bei hohen Temperaturen im Langzeitbereich, gestellt, ist bei der Bestellung ein geeigneter Wärmenachbehandlungszustand zu vereinbaren.</p> <p>Die Art und Durchführung der Wärmenachbehandlung ist nach den geltenden technischen Regeln, Richtlinien und Normen durchzuführen und zu protokollieren.</p>

15	Verfahren, Geräte und Anlagen	Verfahrensbeschreibung und Verfahrenskurzzeichen sind in DIN 8505 Teil 3 enthalten. Die zur Anwendung kommenden Lötverfahren sind:
15.1	Hartlöten (HL)	
15.1.1	Flammlöten (HL-FL)	<p>Die Brenner müssen DIN EN ISO 5172 entsprechen. Es ist mit neutraler oder leicht reduzierender Flamme (Gasüberschuss) zu löten.</p> <p>Beim Hartlöten von Messing soll die Flammeneinstellung des Brenners leicht oxidierend sein, um die Zinkverdampfung einzuschränken. Für Kupfer gilt die gleiche Empfehlung, hierdurch soll die Wasserstoffversprödung bei nicht desoxidierten Sorten vermieden werden.</p>
15.1.2	Ofenlöten	<p>Je nach Anforderungen wird im Vakuumofen (HL – OV) oder unter Schutzgas (HL-OR, HL-OL) gelötet.</p> <p>Die Ofenauslegung sowie die zur Anwendung kommenden Mess- und Regeleinrichtungen müssen hinsichtlich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit dem DVS-Merkblatt 2604 entsprechen.</p>
15.1.3	Induktionslöten (HL-IL)	An Luft muss mit Flussmittel gelötet werden. Es ist sicherzustellen, dass der Lötprozess reproduzierbar abläuft.
16	Lötvorrichtung	Lötvorrichtungen müssen aus nichtgasenden warmfesten Werkstoffen gefertigt sein. Sie müssen die Fügeteile bis zur Löttemperatur fixieren und maßstabil bleiben. Die Wärmeausdehnungskoeffizienten der zu verbindenden Teile und der Vorrichtung müssen aufeinander abgestimmt sein.
17	Lötanweisung	<p>Die Lötanweisung ist vor dem Löten der Teile für die Fertigung oder Reparatur zu erstellen. Sie soll die reproduzierbare Durchführung des Lötvorganges gewährleisten.</p> <p>Wichtige Angaben sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lötverfahren - Bezeichnung von Lot und Löt Hilfsstoffen - Werkstoffpaarung - Lötlage - Dosierung von Lot und Löt Hilfsstoffen - Name des Sachbearbeiters, der die Lötanweisung ausgearbeitet hat - Datum der Erstellung - Name und Unterschrift der anerkannten Lötaufsichtsperson <p>Jede Änderung der verwendeten Werkstoffe, Lote, Löt Hilfsstoffe, der Konstruktion oder des Lötverfahrens bzw. der Lötlage bedingt eine Überprüfung ggf. eine Änderung oder Neuerstellung der Lötanweisung.</p> <p>Für die Einhaltung der Lötanweisung ist die anerkannte Lötaufsichtsperson verantwortlich. Die Lötanweisung kann entfallen, wenn die Bauunterlage die entsprechenden Angaben vollständig enthält oder auf einen diesbezüglichen Standard verwiesen wird.</p>

18 Nacharbeit und Reparatur

Ein Nachlöten ist nur zulässig, wenn dies in den Bauunterlagen festgelegt ist. Es ist eine von der anerkannten Lötaufsichtsperson gesonderte Löt- und Reparaturanweisung zu erstellen.

Hinweis: Silberlote können nur einmal verwendet werden, d.h. sie dürfen nur einmal aufgeschmolzen werden. Durch wiederholtes Umschmelzen werden sie verdorben und schaffen die latente Gefahr von Störungen oder Schadensfällen. Deshalb muss bei allen Nachlötarbeiten oder Änderungen nach dem Zerlegen das zuvor verwendete Hartlot restlos entfernt werden, bevor von neuem gelötet wird.

19 Anforderungen an die Spalltlötverbindung (Fehlerbewertung)

Die Anforderungen an die Lötverbindung müssen definiert sein; ihre Einhaltung muss nachweisbar sein.
Zur Bewertung (Beurteilung) der Ausführung einer Lötverbindung werden deren Merkmale nach 19.2 herangezogen.

19.1 Fehler

Unter Fehler werden die Nichterfüllung von Anforderungen an die

- Regelmäßigkeit der Lötverbindung,
- Lage der durch Löten verbundenen Teile zueinander,
- Form des gesamten Lötteils

verstanden, soweit ein Zusammenhang mit dem Löten besteht.

19.2 Merkmale von Spalltlötverbindungen

Die Merkmale von Lötverbindungen werden aufgeteilt in Angaben zum äußeren und zum inneren Befund (siehe Tabelle 21 Fehlerbewertung).

Merkmale für äußeren Befund:

- Offener Spalt
- Eingefallene Lötnaht
- Riss
- Poren
- Unzureichende Hohlkehle
- Lotüberlauf
- Lotausbreitung außerhalb des Lötspaltes
- Anschmelzung
- Rauhe Lötnahtoberfläche
- Ausblühung
- Anlauffarben
- Spritzer
- Flussmittelrest

Merkmale für inneren Befund:

- Riss
- Füllfehler
- Feststoffeinschluss
- Gaseinschluss
- Flussmitteleinschluss
- Bindefehler
- Anlösung des Grundwerkstoffes

19.3 Festlegen der Anforderungen (zulässige Merkmale)

Die Anforderungen sind in den für die Fertigung verbindlichen Unterlagen, z.B. Konstruktions- oder Arbeitsunterlagen, gemäß den Bewertungsgruppen nach DIN 32515 festzulegen. Bei der Festlegung der Bewertungsgruppen sind u.a. zu berücksichtigen:

- Beanspruchungen
- Werkstoff
- Lötverfahren
- Konstruktion
- Betriebsverhalten
- Fertigung

Für jede Lötverbindung sind jeweils nur die Anforderungen vorzugeben, die auf Grund der Funktion des Bauteils erforderlich sind.

Die Festlegung einer Bewertungsgruppe für jede Lötverbindung sollte unter Berücksichtigung der Funktion des Bauteils jeweils vom Konstrukteur mit Unterstützung der Fertigungsabteilungen, der Qualitätsstellen, gegebenenfalls mit dem Auftraggeber und sonstigen Gremien, festgelegt werden. Dabei sind sowohl die Belastungsart (statisch, dynamisch usw.), die Umgebungseinflüsse, z.B. chemische Angriffe oder Temperaturbeanspruchung, sowie zusätzliche Anforderungen, z.B. Sicherheitsbedingungen, Dichtheit, zu berücksichtigen.

Die Wirtschaftlichkeit der Herstellung einer Konstruktion muss berücksichtigt werden. Deshalb soll immer nur die Bewertungsgruppe gewählt werden, die den technologischen Forderungen bei optimaler Wirtschaftlichkeit entspricht.

Aus der gewählten Bewertungsgruppe ergibt sich, dass sowohl innere als auch äußere Fehler in einem bestimmten Umfang zulässig sind.

Falls in den Bauunterlagen bzw. Bestellunterlagen keine Angaben über Anforderungen an die Ausführung der Lötverbindung (Angaben zum äußeren und inneren Befund) enthalten sind, gelten die nach Tabelle 21 Fehlerbewertung festgelegten Anforderungen der jeweiligen Bewertungsgruppe als verbindlich. Die Bewertungsgruppen entsprechen, wenn nichts anderes festgelegt ist, den jeweiligen Sicherheitsklassen nach Abschnitt 4.

Es gelten die in DIN 8515 Teil 1 festgelegten Benennungen und Erklärungen.

20 Nachweis der Anforderungen

Der Nachweis der Anforderungen an die Lötverbindung nach dieser Richtlinie ist durch Prüfungen gemäß Standard 06343 – Qualitätsprüfung, Hartlötten zu erbringen.

21 Tabelle Fehlerbewertung

	Ordnungsnummer *)	Benennung *) Merkmal	Bewertungsgruppe		
			A	B	C
äußere Merkmale	-	offener Spalt	nicht zulässig		zulässig, soweit die Funktion des Bauteils nicht gefährdet wird
	4.110	Riss			
	4.531	Anschmelzung	nicht zulässig		
	4.534	Rauhe Lötnahtoberfläche **)	nicht zulässig, vorhandene Rauigkeit ist mechanisch zu entfernen		zulässig, soweit die Funktion des Bauteils nicht gefährdet wird
	4.536	Ausblühung	nicht zulässig		
	4.500	Formfehler	nicht zulässig Hohlkehle soll möglichst gleichmäßig ausgebildet sein. Unterbrechungen sind nicht zulässig.		Hohlkehle soll möglichst gleichmäßig ausgebildet sein. Örtliche Unterbrechungen bis 25 % der Länge sind zulässig.
	4.533	Eingefallene Lötnaht			
	4.535	Unzureichende Hohlkehle			
	4.2014	Porenzeile	Offene Porenzeilen sind insgesamt bis zu 5 mm auf einer Lötnahtlänge von 25 mm zulässig. Der größte Porendurchmesser darf 0,4 mm und die Tiefe der fehlerhaften Spaltfüllung darf 10 % der Überlappungsbreite nicht überschreiten. Anhäufungen von offenen Poren dürfen 50 % der Lötnahtbreite nicht überschreiten und sind nur einmal auf einer Lötlänge von 25 mm zulässig.		
	4.2011	Pore			
	4.2013	Porennest			
	4.506	Lotüberlauf (überschüssiges Lot/ Lotaustritt)	nicht zulässig, übergelaufenes Lot ist zu entfernen	Lotüberschuss ist zulässig , wobei die sich außerhalb der Lötnaht befindliche Lotmenge die Funktion des Bauteils nicht beeinträchtigen darf.	
4.614	Flussmittelrest	nicht zulässig		zulässig, soweit die Funktion des Bauteils nicht gefährdet wird	
4.610	Hilfsstoffrest				
4.602	Anlauffarben				
4.615	Spritzer				
	Lotausbreitung außerhalb des Lötspaltes**)				
innere Merkmale	-	Übergangszone	Die festgelegte Breite ist einzuhalten.		keine Anforderungen
	4.532	Anlösung (Löterosion)	Die Nennwanddicke darf durch äußerlich sichtbaren Werkstoffabtrag nicht mehr als 5 % geschwächt werden. Scharfkantige Vertiefungen sind nicht zulässig.		Die Nennwanddicke darf durch äußerlich sichtbaren Werkstoffabtrag nicht mehr als 15 % geschwächt werden.
	4.405	Füllfehler	zulässig, soweit die Funktion des Bauteils nicht gefährdet ist		
	4.400	Bindefehler	mindestens 80 % des Lötspaltvolumens müssen mit Lot gefüllt sein	mindestens 70 % des Lötspaltvolumens müssen mit Lot gefüllt sein	mindestens 60 % des Lötspaltvolumens müssen mit Lot gefüllt sein
	4.300	Feststoffeinschluss			
	4.201	Gaseinschluss			
	4.307	Flussmitteleinschluss			
4.100	Riss	Risse und durchgehende Porenzeilen sind nicht zulässig		zulässig, soweit die Funktion des Bauteils nicht gefährdet wird	
4.2014	Porenzeile				

*) Ordnungsnummer, Erklärung der Begriffe und bildliche Darstellung siehe DIN 8515 Teil 1 und DIN 32515, Tabelle 1 und 2

**) Benennung abweichend von DIN 8515

*) Ordnungsnummer, Erklärung der Begriffe und bildliche Darstellung siehe DIN 8515 Teil 1 und DIN 32515, Tabelle 1 und 2

**) Benennung abweichend von DIN 8515

**21 Aufgeführte und
 mitgeltende Dokumente**

Standard 06343

Techn. Lieferbedingungen, Qualitätsprüfung

AD-2000 Merkblatt

AD-2000 Merkblatt, HP 5/1

DIN 8505-1

DIN 8505-2

DIN 8505-3

DIN 8514-1

DIN 8515-1

DIN 32515

DIN EN 439

DIN EN 1044

DIN EN 1045

DIN EN 10204

DIN EN 1254-1

DIN EN 29454-1

DIN EN ISO 5172

DVGW-Arbeitsblattes GW 2

DVS-Merkblatt 0937

DVS-Merkblatt 2604

DVS-Merkblatt 2605

Druckgeräterichtlinie 97 / 23 / EG

VdTÜV-Merkblatt 1160

Air Liquide Deutschland GmbH
Standardstelle
Füttingsweg 34 · D - 47805 Krefeld
Telefon + 49 (0) 21 51 379-9376
Telefax + 49 (0) 21 51 379-9317

Richtlinie

Werkstoffe Verarbeitung

Hartlöten Technische Lieferbedingungen * Qualitätsprüfung

Inhalt

- 1 Ziel
- 2 Geltungsbereich
- 3 Anwendungsbereich
- 4 Sicherung der Lötqualität
- 5 Prüfung
- 6 Prüfeinrichtungen
- 7 Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen
- 8 Prüfumfang
- 9 Prüfverfahren
- 10 Nichtbestehen einer Prüfung (Wiederholung der Prüfung)
- 11 Bescheinigung der Prüfergebnisse (Dokumentation)
- 12 Aufgeführte und mitgeltende Dokumente

1 Ziel

Diese Richtlinie umfasst die erforderlichen Prüfungen, die der Qualitätssicherung bei der Herstellung von hartgelöteten Bauteilen nach Standard 06342 - Güteanforderungen, Hartlöten - dienen.

2 Geltungsbereich

Air Liquide Deutschland GmbH

3 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie ist bei der Erstellung von Neuanlagen, bei der Erweiterung oder Änderung bestehender Anlagen oder Anlagenteile und, zumindest sinngemäß, auch bei Reparaturen zu beachten.

Die in dieser Richtlinie enthaltenen Prüfungen ersetzen nicht die Eigenkontrolle des Auftragnehmers und nicht die behördlich vorgeschriebenen Prüfungen.

Begriffe siehe DIN 8505 Teil 1 (Löten-Allgemeines, Begriffe).

4 Sicherung der Lötqualität

Hart-Lötverbindungen sind nach den Regeln der Technik einwandfrei, d.h. fachgerecht und sachgemäß, auszuführen. Zur Sicherung der Qualität hartgelöteter Bauteile sind daher Prüfungen und Kontrollen erforderlich.

Die Prüfungen und Kontrollen richten sich nach Bauteil und Lötv erfahren. Der Hersteller ist verpflichtet, die Einhaltung der löstechnischen Anforderungen gemäß Standard 06342 - Güteanforderungen, Hartlöten - durch eine fertigungsunabhängige Kontrolle sicherzustellen.

5 Prüfung

Die Übereinstimmung der Lötverbindung mit den geforderten

- Lötverfahren
- Lötumfang
- Lötanforderungen

ist durch Prüfungen entsprechend dieser Richtlinie nachzuweisen.

Die Lötnahte sind auf äußere und innere Merkmale nach DIN 8515 Teil 1, entsprechend den Festlegungen des Standards 06342 Güteanforderungen, Hartlöten Abschnitt 19 und Abschnitt 21 Tabelle Fehlerbewertung zu prüfen.

Soweit vereinbart, ist das Einhalten weiterer Güteanforderungen durch geeignete Prüfungen, gegebenenfalls an gesondert hergestellten Prüfstücken, nachzuweisen.

Art, Umfang und Zeitpunkt (zeitlicher Ablauf) der vom Hersteller vorgesehenen erforderlichen oder mit dem Besteller vereinbarten Prüfungen der Lötverbindungen sind zwischen der zuständigen Fachabteilung, dem Projekt- und Montageleiter festzulegen und auf den Ausführungszeichnungen anzugeben.

5.1 Einhaltung der Anforderungen an die Ausführung

Das Einhalten der Anforderungen entsprechend der festgelegten Bewertungsgruppe ist durch Besichtigen und – wenn gefordert – durch Ausmessen an repräsentativen Stellen, geeignete zerstörungsfreie oder zerstörende Prüfverfahren nach Abschnitt 9 nachzuweisen.

Der Nachweis der Einhaltung der inneren und äußeren Merkmale der Lötverbindung kann am gelöteten Bauteil oder falls vereinbart an Prüfstücken erbracht werden, die unter vergleichbaren Bedingungen hergestellt sind.

5.2 Einhaltung der Anforderungen an die Eigenschaften

Die jeweiligen Anforderungen, z.B. an die Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Dichtheit sind einzuhalten und ggf. nachzuweisen.

6 Prüfeinrichtungen

Der Fertigungsbetrieb ¹⁾ muss zur Qualitätssicherung Einrichtungen und Geräte sowohl für die zerstörungsfreie als auch für die zerstörende Lötnahtprüfung einschließlich dem entsprechend hierzu qualifizierten Bedienungspersonal besitzen oder nachweisen, welche zuständige unabhängige Stelle die erforderlichen Prüfungen durchführt.

Die für die Prüfungen verwendeten Prüfeinrichtungen und -geräte müssen den hierfür maßgebenden Normen genügen.

Werden in Bauunterlagen Festigkeitsprüfungen, Zähigkeitsnachweise oder metallographische Untersuchungen gefordert, so sind diese Prüfungen z.B. nach DIN EN 895, DIN EN 910, DIN EN 895 auf Werkstoffprüfmaschinen, die den allgemeinen Richtlinien nach DIN 51220 bzw. DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 1 entsprechen, durchzuführen. Der Zeitpunkt ihrer letzten Untersuchung durch eine zugelassene Prüfstelle muss den Festlegungen in DIN 51220 entsprechen.

7 Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen

Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen gemäß der Festlegungen des AD-2000 Merkblattes HP 4.

¹⁾ Fertigungsbetrieb im Sinne dieser Richtlinie ist ein Unternehmen oder der Teil eines solchen, von dem eine Hartlötverbindung in eigener Verantwortung hergestellt, montiert, instandgesetzt oder geändert wird.

8 Prüfumfang

Es ist sicherzustellen, dass der in den Bauunterlagen festgelegte Prüfumfang ²⁾ durchgeführt wird.

Falls in den Bauunterlagen nichts anderes festgelegt ist, sind je nach erforderlicher Sicherheitsklasse (hierzu siehe Standard 06342 Güteanforderungen, Hartlöten Abschnitt 4) des Löt-/Bauteils Prüfungen und Prüfumfang entsprechend nachfolgender Tabelle durchzuführen:

- 2) Bei der Festlegung der Prüfungen und des Prüfumfanges sollte unter Berücksichtigung der Funktion des Bauteils die Wirtschaftlichkeit der Herstellung einer Lötkonstruktion nicht unberücksichtigt bleiben. Deshalb soll immer nur der Prüfaufwand gefordert werden, der den technologischen Forderungen bei optimaler Wirtschaftlichkeit entspricht.

8.1 Tabelle: Prüfumfang

Prüfungen	nach Abschnitt	Sicherheitsklassen		
		A	B	C
Maßprüfung	9.1.1	im festgelegten Umfang		
Sichtprüfung	9.1.2	X	X	X
Farbeindringprüfung	9.1.3	im festgelegten Umfang		
Durchstrahlungs-, Ultraschall- oder Wirbelstromprüfung	9.1.4	X	10 Bauteile jedoch mind. 50% je Los- größe *)	-
Druckprüfung	9.1.5	X	X	3 gelötete Teile je- doch mind. 10% je Losgröße)
Dichtheitsprüfung	9.1.6	X	X	
Sprühnebelprüfung	9.1.7	nach Vereinbarung		
metallografische Prüfung	9.2.1	je Charge eine fertigungs- begleitende Probe		-
Zugversuche	9.2.2	nach Vereinbarung		
Warmausziehversuch **)	9.2.3	nur wenn Prüfung nach Abschnitt 7.1.4 nicht möglich ist		-
Interkristalline Korrosion	9.2.4	X	X	X
Sonderprüfungen	9.3	nach Vereinbarung		
Symbole:				
X	100%ige Prüfung aller gelöteten Teile			
-	keine Festlegung			
*)	Bei unzulässigen Abweichungen Verschärfung des Prüfumfanges nach Maßgabe der Qualitätskontrolle bzw. Aufsichtsperson ggf. bis zu 100%.			
**)	Auf den Warmziehversuch kann verzichtet werden, wenn die Durchstrahlungsprüfung entsprechend DKI-Werkstoff Nr. 811 durchgeführt wird.			

9	Prüfverfahren	Nachfolgende Prüfverfahren können zur Beurteilung der Lötqualität zur Anwendung kommen:
9.1	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	
9.1.1	Maßprüfung	Prüfen der Maßhaltigkeit (nur lötrelevante Maße) des Löt-/Bauteils vor und nach dem Löten entsprechend der Ausführungszeichnung.
9.1.2	Sichtprüfung (Visuelle Inspektion)	Kontrolle der Lötnaht - soweit zugänglich - unter Zuhilfenahme einer Lupe mit 6- bis 8facher Vergrößerung oder eines Endoskopes.
9.1.3	Farbeindringprüfung	<p>Zur Feststellung von Rissen und Merkmalen, an der Bauteil-Oberfläche (makroskopische Fehler).</p> <p>Bei nichtmagnetischen Grundwerkstoffen:</p> <p>Rissprüfung am Bauteil mit dem Farbeindringungsverfahren nach DIN EN 571-1.</p> <p>Bei magnetisierbaren (ferromagnetische) Grundwerkstoffen:</p> <p>Rissprüfung an Bauteil mit dem Magnetpulververfahren nach DIN 54132.</p> <p>(Oberflächenrissprüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren ist zum Erkennen von Werkstofftrennungen - Risse - in der Lötnaht nicht möglich.)</p>
9.1.4	Durchstrahlungsprüfung oder Ultraschallprüfung	<p>Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN 1435 auf innere Lötfehler und Beurteilung des Füllgrades.</p> <p>Die Filmaufnahmen sollen der Bildgüteklasse I nach DIN EN 462-1 und DIN EN 462-4 entsprechen.</p> <p>Wird die Bildgüteklasse I nicht erreicht, ist ein zusätzliches Prüfverfahren z.B. Ultraschallprüfung oder Wirbelstromverfahren anzuwenden.</p>
9.1.5	Druckprüfung	<p>Eine Druckprüfung ³⁾ ist gemäß geltenden Richtlinien wie z.B. Druckgeräterichtlinie an druck- und mediumbeaufschlagten Löt-/Bauteilen durchzuführen.</p> <p>Die Prüfbedingungen sind unter Berücksichtigung der jeweiligen Verwendungszwecke der Teile festzulegen.</p> <p>Eine Druckprüfung ist in der Regel als Flüssigkeitsdruckprüfung mit Wasser durchzuführen, soweit es die Bauart oder die Betriebsweise des Bauteils oder seine Beschickung zulassen. Andere geeignete Flüssigkeiten können verwendet werden, wenn dies zweckmäßig ist.</p> <p>Weder am Bauteil noch an den Lötflächen dürfen Undichtheiten oder sicherheitstechnisch bedenkliche Verformungen auftreten.</p>
9.1.6	Dichtheitsprüfung	<p>Eine Dichtheitsprüfung³⁾ ist an druck- und mediumbeaufschlagten Löt-/Bauteilen durchzuführen.</p> <p>Es ist entweder die Schaumprüfung oder bei erhöhten Dichtheitsanforderungen die massenspektrometrische Prüfung (z. B. Helium-Lecktest) bzw. Druckabfallmessung durchzuführen.</p>
		<p>³⁾ Bei Druck- und Dichtheitsprüfungen sind die entsprechenden geltenden Vorschriften und Technischen Regelwerke zu beachten.</p>

		<p>Kennwerte (Prüfmedium, Prüfdruck) sind in der Bauunterlage anzugeben.</p> <p>Die Anforderungen an die Dichtheit der Teile bestimmt die Wahl des Prüfmediums und des Prüfverfahrens.</p> <p>Die Dichtheitsanforderungen/Leckrate sind unter Berücksichtigung der jeweiligen Verwendungszwecke der Teile festzulegen. Soweit der Besteller einen besonderen Nachweis der Dichtheit fordert, ist dies in den Bestellunterlagen festzulegen.</p>
9.1.7	Korrosionsprüfung (Sprühnebelprüfung)	Bei stark korrodierenden Umgebungseinflüssen ist die Korrosionsbeständigkeit der Lötverbindung durch eine geeignete Korrosionsprüfung nach DIN 50021 nachzuweisen.
9.2	Zerstörende Prüfverfahren	
9.2.1	Metallografische Prüfung	<p>Metallografische Schliffproben sind zur Beurteilung der Übergangszonen, Erosion, Lötnahtbreite, Hartstoffphasen und ggf. innerer Merkmale durchzuführen.</p> <p>Es sind 2, bei Rohrverbindungen um 90° versetzte Makroschliffe herzustellen. Der Befund der metallografischen Untersuchung ist durch Aufnahmen zu dokumentieren, ihre Lage in der Lötnahtverbindung ist in der Übersichtsaufnahme des Makroschliffs anzugeben.</p>
9.2.2	Zugversuche	<p>Es sind Zugversuche, ausgeführt als Rohrzugversuch (am unveränderten, ungeteilten ganzen Löt-/Bauteil) oder als Zugprobe nach DIN EN 895 Bild 1 durchzuführen.</p> <p>Die Mindestzugfestigkeit des Grundwerkstoffes ist zu erreichen, soweit für die Lötverbindungen die Ausnutzung der Mindestfestigkeitswerte des Grundwerkstoffes vorgesehen ist.</p>
9.2.3	Warmausziehversuch für Hartlötverbindungen	Der Warmausziehversuch wird zur Beurteilung des Füllgrades der Lötverbindung herangezogen. Hierzu wird das gelötete Bauteil ungefähr auf Löttemperatur erwärmt, in dieser Wärme auseinandergezogen und unmittelbar anschließend in Wasser abgeschreckt.
9.2.4	Interkristalline Korrosion	Bei austenitischen Stahlsorten ist nach dem Löten, wenn dies bei Löttemperaturen oberhalb 550 °C durchgeführt wird, die Beständigkeit der Lötnaht gegen interkristalline Korrosion nach DIN EN ISO 3651-2 zu untersuchen.
9.3	Sonderprüfungen	Weitere Prüfungen sind z.B. statische und/oder dynamische Prüfungen bei verschiedenen Prüftemperaturen, Härteprüfung bei vergüteten Stählen und aushärtbaren Werkstoffen.
10	Nichtbestehen einer Prüfung (Wiederholung der Prüfung)	Ein Löt-/Bauteil, welches die Prüfung nicht bestanden hat, kann nach Abschnitt 18 des Standards 06342 Güteanforderungen, Hartlöten nachgearbeitet und erneut, mindestens im gleichen Umfang, geprüft werden.

-
- 11 Bescheinigung der Prüfergebnisse (Dokumentation)** Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen sind schriftlich in einem Prüfbericht (Formblatt etc.) festzulegen und der Air Liquide Deutschland auf Verlangen ⁴⁾ vorzulegen.
- Die mindest erforderlichen Angaben in den Prüfberichten über die zerstörungsfreie Prüfungen (Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung, Oberflächenrissprüfung) sind sinngemäß für das Lötverfahren der Tafel 6 des AD-2000 Merkblattes HP 5/3 zu entnehmen.
- 4) Muss im Einzelfall von der zuständigen Fachabteilung bei der Bestellung festgelegt werden.
- 12 Aufgeführte und mitgeltende Dokumente** Standard 06342 Hartlöten, Techn. Lieferbedingungen, Qualitätsanforderungen
- AD-2000 Merkblatt HP 4
AD-2000 Merkblatt HP 5/3
DIN 8505-1
DIN 8515-1
DIN 50021
DIN 51220
DIN 54132
DIN EN 462-1
DIN EN 462-4
DIN EN 571-1
DIN EN 895
DIN EN 910
DIN EN 1435
DIN EN ISO 3651-2
DIN EN ISO 7500-1
Druckgeräteichtlinie