

Air Liquide Deutschland GmbH
Standardstelle
Fütingsweg 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 Bauteilloberflächen
- 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 mitgelende 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 löttechnischen Verbindung von Rohrleitungen aus Kupfer sind die Festlegungen des DVGW-Arbeitsblattes GW 2 zu beachten.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt und darf ohne unsere ausdrückliche Zustimmung weder vervielfältigt noch in irgendeiner Weise vorgenommen oder Dritten mitgeteilt werden.

Diese Richtlinie kann gegebenenfalls mit Einschränkungen sinngemäß auch auf andere Anwendungsbereiche wie drucklose oder nicht medumberührte 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 Löterprüfung 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 Löters entsprechend der Verfahrensprüfung für den Anwendungsfall gegeben ist,
- c) der Betrieb über eine anerkannte Lötaufsichtsperson verfügt,
- d) Lötarbeiten nur mit nachweisbar geeigneten Lötanlagen und Löteinrichtungen 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) Löter:
Jeder Löter muss entsprechend VdTÜV-Merkblatt 1160 geprüft sein. Es muss eine gültige Prüfungsbescheinigung gemäß DIN 65228 vorliegen. Der Löter 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 Hartlöten 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 (Maschinenlöter) von mechanisierten Löteinrichtungen 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, Hartlöten 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 Lötnähte 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 löttechnischen Fertigung als auch die Qualität des gelötzten 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 Löthilfsstoffe müssen unter Beachtung der Lötverfahren aufeinander abgestimmt sein.

Zusatzwerkstoffe und Löthilfsstoffe 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 Löthilfsstoffe zu verwenden, die in den genehmigten Bauunterlagen festgelegt worden sind.

Zusatzwerkstoffe und Löthilfsstoffe sind unter Beachtung der Empfehlungen der Löthilfsstoffhersteller 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 Lothersteller 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 einwandfreiem 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 Be-netzung der Löt-Oberflächen behindern, wie z.B. Schlacke, Zunder, Rost, Öle und Fette, Oxidhaut, Anlauffarben, Farbanstriche, Klebstoffe, galvanische Überzüge oder sonstige Fremdstoffsichten vor dem Löten durch eine entsprechende Vorbehandlung entfernt werden. Kein Flussmittel ist imstande, derartige Schichten vollständig aufzulösen.</p>

Das Reinigungsverfahren ist in Abhängigkeit von den Grundwerkstoffen und der verwendeten Lötatmosphäre zu wählen. Es kann mechanisch und / oder chemisch durchgeführt werden, wobei die Löteignung sowie die Werkstoffeigenschaften nicht nachteilig beeinflusst werden dürfen.

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 -

Beim Reinigen entstandene Abriebpartikel sowie das verwendete Reinigungsmittel sind zu entfernen. Liegt die Reinigung schon einige Zeit zurück, so ist es unter Umständen notwendig, diesen Arbeitsgang unmittelbar vor dem Löten zu wiederholen. - Die vielfach verbreitete Meinung, dass etwaige Schmutzreste und dergleichen durch das Flussmittel beim Löten aufgelöst werden, stimmt nicht -.

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

Walz- oder ziehblanke oder frisch spanabhebend bearbeitete Verbindungsteile bedürfen im allgemeinen keiner besonderen Säuberung.

11 Formieren (Inertisieren)

Um die Innenoberflächen der Löt- und Bauteile beim Flammlöten vollständig sauber und blank (zunderfrei) zu halten - Erzeugung eines hochwertigen Oberflächenzustandes - ist deren Innenwandung vor und während des Löten mit einem Schutzgas, z.B. Stickstoff, Argon oder Formiergas, zu spülen.

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

12 Maximale Löttemperatur und maximale Lötzeit

Für das Hartlöten an Luft mit Flussmittel gilt:

Der Lötspalt ist überall gleichmäßig, d.h. lötgerecht, auf Arbeitstemperatur des verwendeten Lotes zu erwärmen. Die Arbeitstemperatur des ausgewählten Lotes soll in max. 2 min erreicht sein. Ergibt sich eine längere Lötzeit, so ist die Wärmezuführung je Zeiteinheit durch eine größere Brennerleistung zu steigern. Überhitzung, d.h. unzulässige Überschreitung der max. Löttemperatur und max. Lötzeit durch unnötig lange Erwärmungszeiten (Überzeiten) sind zu vermeiden. Sie sind unzweckmäßig und schaden dem:

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

- Grundwerkstoff Verstärkte Grobkornbildung, Zunderung, Ausdampfung von niedrigsiedenden Legierungselementen
- Bauteil Verwerfungen, Verzug
- Löter Vergiftungsgefahr durch Einatmen von niedrigsiedenden Legierungselementen des Grund- und Zusatzwerkstoffes.

13 Abkühlen nach dem Löten

Lot muss erschütterungsfrei erstarren.
 Ablöschen des Lötteils oberhalb von 300 °C ist nicht erlaubt.
 Die Lötteile müssen an Luft genügend abkühlen, bevor sie in Wasser abgelöscht werden können, vorausgesetzt, dass die gelöteten Werkstoffe ein Ablöschen zulassen.
 Sofern der Werkstoff es erfordert, ist das Abkühlen des Nahtbereiches nach dem Löten durch geeignete Maßnahmen zu verzögern (z.B. durch Abdecken der Lötnaht, Nachwärmnen).

14 Nachbehandlung

Je nach Grundwerkstoff, Konstruktion, Lotart und Lötverfahren kann eine Nachbehandlung der gelöteten Teile erforderlich werden.
 Unter Nachbehandlung ist eine Reinigung und / oder Wärmebehandlung zu verstehen.

14.1 Nachbehandlung von Oberflächen

Die Oberflächennachbehandlung und die vorgesehenen Verfahren sind zu vereinbaren.
 Die Lötnähte an nichtrostenden, austenitischen Stählen im Bereich der Wärmeeinbringung müssen oberflächennachbehandelt werden.

14.1.1 Bearbeitung der Lötnähte

Sachgemäß ausgeführte Lötstellen sehen glatt und sauber aus und bedürfen keiner Nacharbeit.
 Soweit Forderungen für das zusätzliche Bearbeiten von Lötverbindungen oder Nahtübergängen bestehen, ist dies in den Fertigungsunterlagen anzugeben.

14.1.2 Reinigen der Bauteiloberflächen

Störende Anlauffarben, Rotfleckigkeit auf Messing, Zunder und Flussmittelreste müssen entfernt werden. Hierzu dürfen nur geeignete Verfahren eingesetzt werden.

14.2 Wärmebehandlung nach dem Löten

Eine Wärmebehandlung nach dem Löten ist in der Regel nicht erforderlich. Falls doch, müssen hierzu geeignete Einrichtungen zur Verfügung stehen.
 Die Notwendigkeit einer Wärmenachbehandlung ist abhängig vom Werkstoff, Wanddicke, Konstruktion sowie Verwendungszweck.
 Werden an Lötverbindungen besondere Anforderungen, z.B. im Hinblick auf mechanische Bearbeitung, Maßhaltigkeit, Gefährdung durch Spannungsrikkorrosion, Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion, Einsatz bei hohen Temperaturen im Langzeitbereich, gestellt, ist bei der Bestellung ein geeigneter Wärmebehandlungszustand zu vereinbaren.
 Die Art und Durchführung der Wärmenachbehandlung ist nach den geltenden technischen Regeln, Richtlinien und Normen durchzuführen und zu protokollieren.

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 Löthilfsstoffen - Werkstoffpaarung - Lötlage - Dosierung von Lot und Löthilfsstoffen - Name des Sachbearbeiters, der die Lötanweisung ausgearbeitet hat - Datum der Erstellung - Name und Unterschrift der anerkannten Lötaufsichtsperson <p>Jede Änderung der verwendeten Werkstoffe, Lote, Löthilfsstoffe, 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	<p>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.</p>
	<p>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.</p>
19 Anforderungen an die Spaltlötverbindung (Fehlerbewertung)	<p>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.</p>
19.1 Fehler	<p>Unter Fehler werden die Nichterfüllung von Anforderungen an die</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regelmäßigkeit der Lötverbindung, - Lage der durch Löten verbundenen Teile zueinander, - Form des gesamten Lötteils <p>verstanden, soweit ein Zusammenhang mit dem Löten besteht.</p>
19.2 Merkmale von Spaltlötverbindungen	<p>Die Merkmale von Lötverbindungen werden aufgeteilt in Angaben zum äußeren und zum inneren Befund (siehe Tabelle 21 Fehlerbewertung).</p> <p>Merkmale für äußeren Befund:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Offener Spalt - Eingefallene Lötnaht - Riss - Poren - Unzureichende Hohlkehle - Lotüberlauf - Lotausbreitung außerhalb des Lötspaltes - Anschmelzung - Rauhe Lötnahtoberfläche - Ausblühung - Anlauffarben - Spritzer - Flussmittelrest <p>Merkmale für inneren Befund:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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, Hartlöten zu erbringen.

21 Tabelle Fehlerbewertung

	Ordnungsnummer *)	Benennung *) Merkmale	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 Poredurchmesser darf 0,4 mm und die Tiefe der fehlerhaften Spaltfüllung darf 10 % der Überlappungsbreite nicht überschreiten.			
	4.2011	Pore	Anhäufungen von offenen Poren dürfen 50 % der Lötnahtbreite nicht überschreiten und sind nur einmal auf einer Lötlänge von 25 mm zulässig.			
	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 Lötpaltes**)					
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 Bindfehler Feststoffeinschluss Gaseinschluss Flussmitteleinschluss	zulässig, soweit die Funktion des Bauteils nicht gefährdet ist			
	4.400		mindestens 80 % des Lötpaltvolumens müssen mit Lot gefüllt sein	mindestens 70 % des Lötpaltvolumens müssen mit Lot gefüllt sein	mindestens 60 % des Lötpaltvolumens müssen mit Lot gefüllt sein	
	4.300					
	4.201					
	4.307					
	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

21	Aufgeführte und mitgeltende Dokumente	Standard 06343 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	Techn. Lieferbedingungen, Qualitätsprüfung
-----------	--	---	--

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 Qualitäts-
 sicherung 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 Erweite-
 rung oder Änderung bestehender Anlagen oder Anlagenteile und, zu-
 mindest sinngemäß, auch bei Reparaturen zu beachten.

Die in dieser Richtlinie enthaltenen Prüfungen ersetzen nicht die Eigen-
 kontrolle des Auftragnehmers und nicht die behördlich vorgeschriebenen
 Prüfungen.

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

4 Sicherung der Lötqualität

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt und darf
 ohne unsere ausdrückliche Zustimmung weder vervielfältigt
 noch in irgendeiner Weise verarbeitet oder Dritten mitgeteilt
 beziehungsweise weitergeleitet werden.

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

Die Prüfungen und Kontrollen richten sich nach Bauteil und Lötverfah-
 ren. Der Hersteller ist verpflichtet, die Einhaltung der löttechnischen An-
 forderungen gemäß Standard 06342 - Güteanforderungen, Hartlöten -
 durch eine fertigungsunabhängige Kontrolle sicherzustellen.

5 Prüfung	<p>Die Übereinstimmung der Lötverbindung mit den geforderten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lötverfahren - Lötumfang - Lötanforderungen <p>ist durch Prüfungen entsprechend dieser Richtlinie nachzuweisen.</p> <p>Die Lötnähte 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.</p> <p>Soweit vereinbart, ist das Einhalten weiterer Güteanforderungen durch geeignete Prüfungen, gegebenenfalls an gesondert hergestellten Prüfstücken, nachzuweisen.</p> <p>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.</p>
5.1 Einhaltung der Anforderungen an die Ausführung	<p>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.</p> <p>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.</p>
5.2 Einhaltung der Anforderungen an die Eigenschaften	<p>Die jeweiligen Anforderungen, z.B. an die Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Dichtheit sind einzuhalten und ggf. nachzuweisen.</p>
6 Prüfeinrichtungen	<p>Der Fertigungsbetrieb ¹⁾ muss zur Qualitätssicherung Einrichtungen und Geräte sowohl für die zerstörungsfreie als auch für die zerstörende Lötnahmeprüfung einschließlich dem entsprechend hierzu qualifizierten Bedienungspersonal besitzen oder nachweisen, welche zuständige unabhängige Stelle die erforderlichen Prüfungen durchführt.</p> <p>Die für die Prüfungen verwendeten Prüfeinrichtungen und -geräte müssen den hierfür maßgebenden Normen genügen.</p> <p>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.</p>
7 Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen	<p>Prüfaufsicht und Prüfer für zerstörungsfreie Prüfungen gemäß der Festlegungen des AD-2000 Merkblattes HP 4.</p>
	<p>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.</p>

8 Prüfumfang

Es ist sicherzustellen, dass der in den Bauunterlagen festgelegte Prüfumfang²⁾ 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 Losgröße *)	-
Druckprüfung	9.1.5	X	X	3 gelötete Teile jedoch mind. 10% je Losgröße *)
Dichtheitsprüfung	9.1.6	X	X	
Sprühnebelprüfung	9.1.7	nach Vereinbarung		
metallografische Prüfung	9.2.1	je Charge eine fertigungsbegleitende 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		

Symbolen:

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 Lötz Qualität 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	Zur Feststellung von Rissen und Merkmalen, an der Bauteil-Oberfläche (makroskopische Fehler). Bei nichtmagnetischen Grundwerkstoffen: Rissprüfung am Bauteil mit dem Farbeindringungsverfahren nach DIN EN 571-1.
9.1.4	Durchstrahlungsprüfung oder Ultraschallprüfung	Bei magnetisierbaren (ferromagnetische) Grundwerkstoffen: Rissprüfung an Bauteil mit dem Magnetpulververfahren nach DIN 54132. (Oberflächenrissprüfung nach dem magnetischen Streuflussverfahren ist zum Erkennen von Werkstofftrennungen - Risse - in der Lötnaht nicht möglich.) Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN 1435 auf innere Lötfehler und Beurteilung des Füllgrades. Die Filmaufnahmen sollen der Bildgütekasse I nach DIN EN 462-1 und DIN EN 462-4 entsprechen. Wird die Bildgütekasse I nicht erreicht, ist ein zusätzliches Prüfverfahren z.B. Ultraschallprüfung oder Wirbelstromverfahren anzuwenden.
9.1.5	Druckprüfung	Eine Druckprüfung ³⁾ ist gemäß geltenden Richtlinien wie z.B. Druckgeräterichtlinie an druck- und mediumbeaufschlagten Löt-/Bauteilen durchzuführen. Die Prüfbedingungen sind unter Berücksichtigung der jeweiligen Verwendungszwecke der Teile festzulegen. 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. Weder am Bauteil noch an den Lötnähten dürfen Undichtheiten oder sicherheitstechnisch bedenkliche Verformungen auftreten.
9.1.6	Dichtheitsprüfung	Eine Dichtheitsprüfung ³⁾ ist an druck- und mediumbeaufschlagten Löt-/Bauteilen durchzuführen. Es ist entweder die Schaumprüfung oder bei erhöhten Dichtheitsanforderungen die massenspektrometrische Prüfung (z. B. Helium-Lecktest) bzw. Druckabfallmessung durchzuführen.

³⁾ Bei Druck- und Dichtheitsprüfungen sind die entsprechenden geltenden Vorschriften und Technischen Regelwerke zu beachten.

		<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 Löttempfänger erwärmt, in dieser Wärme auseinandergenommen und unmittelbar anschließend in Wasser abgeschreckt.
9.2.4	Interkristalline Korrosion	Bei austenitischen Stahlsorten ist nach dem Löten, wenn dies bei Lötteperaturen 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)	<p>Die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen sind schriftlich in einem Prüfbericht (Formblatt etc.) festzulegen und der Air Liquide Deutschland auf Verlangen ⁴⁾ vorzulegen.</p>
		<p>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.</p>
		<p>4) Muss im Einzelfall von der zuständigen Fachabteilung bei der Bestellung festgelegt werden.</p>
12	Aufgeführte und mitgelieferte Dokumente	<p>Standard 06342 Hartlöten, Techn. Lieferbedingungen, Qualitätsanforderungen</p> <p>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 Druckgeräterichtlinie</p>