

Luft- und Raumfahrt
Hart- und hochtemperaturgelötete Bauteile
 Konstruktionsrichtlinien

DIN
65 169

Aerospace; brazed and high-temperature brazed components, directions for design

Aéronautique et espace; éléments réalisés par brasage fort et à haute température, directives de conception

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

Diese Norm ist anerkannt durch das Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung und das Luftfahrt-Bundesamt.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	2
2 Grundsätze zum lötgerechten Gestalten	2
3 Benennungen und Begriffe	2
4 Angaben in Bauunterlagen	2
5 Grundwerkstoffe, Lote und Hilfsstoffe	2
6 Oberflächenvorbereitung zum Löten	2
7 Lötstoß	3
8 Lötspalt	3
9 Überlappungslänge	4
10 Lötvorrichtung	4
11 Nacharbeit	4
12 Festigkeit	4
13 Prüfung	4
14 Reparaturen	4

Fortsetzung Seite 2 bis 13

Normenstelle Luftfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
 Normenausschuß Schweißtechnik (NAS) im DIN

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden für das Konstruieren von hart- und hochtemperaturgelöteten metallischen Bauteilen, die für Luft- und Raumfahrtgerät verwendet werden. Bei Abweichungen sind besondere Vereinbarungen zwischen den Abteilungen Konstruktion und der anerkannten Aufsichtsperson (nach DIN 65 170) zu treffen.

2 Grundsätze zum lötgerechten Gestalten

Um Lötungen hoher Qualität und hoher Bauteilsicherheit zu erreichen, ist eine Reihe von Einflußgrößen zu berücksichtigen:

- Grundwerkstoff
- Lote und Hilfsstoffe
- Stoßausbildung
- Oberflächenvorbereitung
- Verfahren, z. B. Ofenlötung, Flammlötung, Induktionslötung
- Einsatz von Lötvorrichtungen
- Mechanische Beanspruchung
- Dichtigkeit
- Korrosionsbeanspruchung
- Betriebstemperatur des Bauteils
- Reparaturmöglichkeit
- Prüfbarkeit

3 Benennungen und Begriffe

Die in den Bauunterlagen zu verwendenden löttechnischen Benennungen und Begriffe sind in folgenden DIN-Normen festgelegt:

DIN 1912 Teil 4	Zeichnerische Darstellung; Schweißen, Lötten; Begriffe und Benennungen für Lötstöße und Löt-nähte
DIN 1912 Teil 5	Zeichnerische Darstellung; Schweißen, Lötten; Grundsätze für Schweiß- und Lötverbindungen, Symbole
DIN ISO 4063	Schweißen, Hartlötten, Weichlötten und Fugenlötten von Metallen; Liste der Verfahren für zeichnerische Darstellung
DIN 8505 Teil 1	Lötten; Allgemeines, Begriffe
DIN 8505 Teil 2	Lötten; Einteilung der Verfahren, Begriffe
DIN 8505 Teil 3	Lötten; Einteilen der Verfahren nach Energieträgern, Verfahrensbeschreibungen

4 Angaben in Bauunterlagen

Für die Angaben in Bauunterlagen gelten sinngemäß die Festlegungen nach DIN 65 118 Teil 1. Die zeichnerische Darstellung erfolgt nach DIN 1912 Teil 5.

4.1 Darstellung in Bauunterlagen

Die Lötverbindungen sind in den Bauunterlagen durch symbolhafte und/oder bildliche Darstellung zu kennzeichnen, wobei die symbolhafte Darstellung zu bevorzugen ist.

Werden Schnitte nicht schraffiert, sondern voll geschwärzt, so ist grundsätzlich die bildliche Darstellung zu wählen.

Reichen die symbolhaften- und bildlichen Darstellungen nicht aus, die Art und Ausführung einer Verbindung eindeutig darzustellen, so sind diese als Einzelheiten besonders zu zeichnen.

4.2 Durchführungsangaben

Jede Lötteilzeichnung enthält ein Angabenfeld (sinngemäß nach DIN 65 118 Teil 1). Je nach Erfordernis ist zusätzlich eine Prüfanweisung (Prüfblatt) nach DIN 65 170 zu erstellen. Das Angabenfeld und die Prüfanweisung (Prüfblatt) enthalten alle Angaben, die Fertigung und Prüfung benötigen.

5 Grundwerkstoffe, Lote und Hilfsstoffe

Die Grundwerkstoffe, Lote und Hilfsstoffe müssen nach DIN 65 170 aufeinander abgestimmt sein.

Besonders zu beachten sind die thermischen Eigenschaften (Ausdehnung) und ein eventueller Festigkeitsabfall des Grundwerkstoffes aufgrund des Einflusses durch die Erwärmung beim Lötten.

5.1 Lote und Lotformen

Lote sind nach DIN 65 170 zu verwenden.

Lot kann in verschiedenen Formen verwendet werden, wie Draht, Stab, Folie, Formteil, Paste und Pulver. Für das manuelle Lötten werden Lotdraht und Lotstäbe eingesetzt.

Das Lot kann auch als plattierte, aufgespritzte oder galvanotechnisch aufgetragene Schicht vorliegen.

5.2 Hilfsstoffe

Die zur Anwendung kommenden Hilfsstoffe, wie Flußmittel, Lotstopmittel, Bindemittel und Gase sind in DIN 8505 Teil 1 definiert. Die zu verwendenden Flußmittel sind in DIN 65 170 aufgeführt.

6 Oberflächenvorbereitung zum Lötten

Die erforderliche Oberflächenbeschaffenheit am Lötstoß ist abhängig vom Grundwerkstoff, Lot, Lötverfahren und Einsatzbereich. Oberflächenvorbereitung siehe Merkblatt DVS 2606, Kenn-Nummer für die Oberflächenvorbereitung siehe LN 9368 Teil 2.

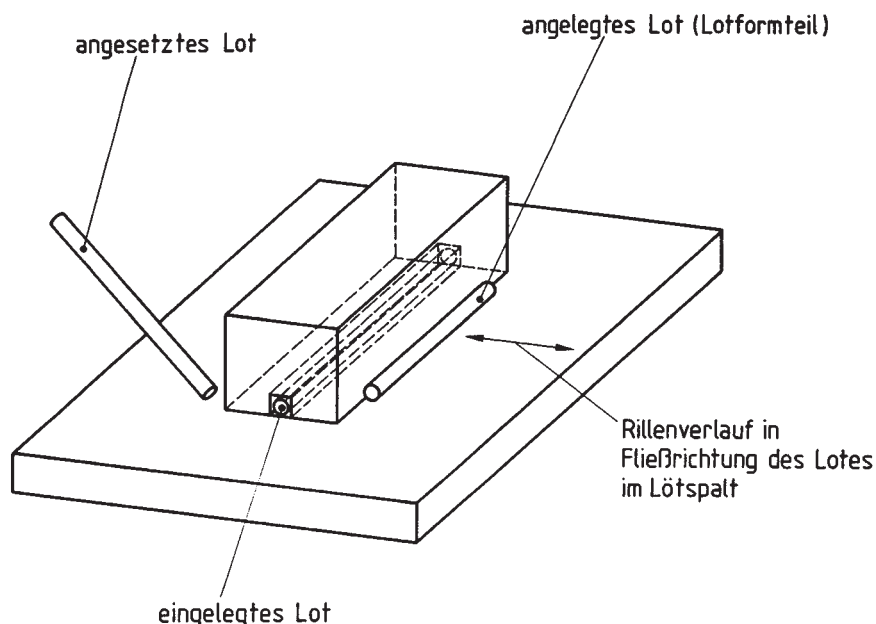


Bild 1.

6.1 Oberflächenzustand

Der Mittenrauhwert R_a des Lötstoßes darf $12,5 \mu\text{m}$ nicht überschreiten. Liegt eine vorherrschende Rillenrichtung vor, z. B. durch mechanische Bearbeitung, so soll besonders bei $R_a \geq 6,3 \mu\text{m}$ die Lötung so ausgeführt werden, daß der Rillenverlauf mit der Fließrichtung des Lotes übereinstimmt (siehe Bild 1).

6.2 Reinigung

Reinigen nach DIN 65 170.

Werkstoffe, die intensiv mit der Atmosphäre reagieren (z. B. Tantal) und Bauteile, die im Vakuum gelötet werden, sind vor dem Lötten zumindest im Lötstoß-Bereich zu beizen und/oder in reduzierender Atmosphäre einem Reinigungsvorgang zu unterziehen.

Nach dem Reinigen muß der Lötstoß vor erneuter Verunreinigung geschützt werden, eventuell ist die Zeit bis zum Lötten zu begrenzen oder die Bauteile sind in inerten Medien zu lagern.

Auf Zugängigkeit für die Reinigung sowie die Beseitigung der Reinigungsmittelrückstände und die erforderliche Kontrolle ist zu achten, z. B. bei engen Bohrungen.

6.3 Oberflächenbeschichtung

Zu lötfähige Oberflächen können je nach Erfordernis als Löt Vorbereitung eine Oberflächenbeschichtung erhalten.

Reichen die Prozeßbedingungen (Vakuum) nicht aus, störende Reaktionen (Oxidation) zu unterbinden, bzw. Oxide zu entfernen, z. B. bei den Werkstoffen Titan, Tantal oder stabilisiertem Chrom-Nickel-Stahl, dann können die zu lötfähigen Oberflächen galvanisch, durch Bedampfen oder Plattieren beschichtet werden (Kenn-Nummern siehe LN 9368 Teil 3 bis

Teil 6). Dafür sind spezifische Vorbehandlungen und gegebenenfalls das Aufbringen von Zwischenschichten erforderlich.

7 Lötstoß

Die Stoßform ist neben den konstruktiven Gegebenheiten im wesentlichen abhängig von der mechanischen Beanspruchung der Verbindung und dem Lötverfahren.

Wichtige Stoßformen können der Tabelle 2 entnommen werden (siehe auch DIN 1912 Teil 4).

Lötgerechte Stoßausführungen sind in Tabelle 3 und 4 dargestellt.

Spannungskonzentration, dynamische Belastungen, geometrische Kerbwirkungseffekte und Biegebeanspruchungen sind möglichst aus dem Lötstoßbereich fernzuhalten. Außerdem müssen die folgenden Anforderungen berücksichtigt werden:

Korrosionsbeständigkeit, Erosionsbeständigkeit und Dichtheit.

8 Lötspalt

Die Lötspaltbreite von $0,01$ bis $0,2 \text{ mm}$ muß konstruktiv gegeben sein, allgemeine Hinweise siehe Tabelle 1. Sie hängt vorrangig von dem Lötverfahren ab. Hochtemperaturlöten erfordert überwiegend enge Spalte. Eine minimale Spaltbreite muß unter Berücksichtigung der Maßtoleranzen, Formabweichungen und Dehnung auch bei der Erwärmung auf Löttemperatur gegeben sein. Der Lötspaltverlauf muß in Bezug auf die Platzierung des Lotes den Platzwechsel Lot/Fußmittel bzw. Lot/Schutzgas zulassen. Der jeweilige Lötspalt soll parallel oder verengend (keinesfalls erweiternd) in Fließrichtung des Lotes verlaufen.

Tabelle 1. Lötspaltbreite in Abhängigkeit von Löttyp und Lötverfahren

Löttyp	Lötspalt in mm	Bemerkungen
L-Al Si	0,05 bis 0,25 0,02 bis 0,2	für Überlappungen < 6 mm für Überlappungen > 6 mm
L-Ag	0,1 bis 0,15	mit Flußmittel
	0,01 bis 0,05	reduzierende Atmosphäre, Vakuum
L-Au	0,01 bis 0,05	reduzierende Atmosphäre, Vakuum
L-Ni	0,01 bis 0,05	reduzierende Atmosphäre, Vakuum
L-Co	0,01 bis 0,05	reduzierende Atmosphäre, Vakuum
L-Ti	0,01 bis 0,07	Vakuum

9 Überlappungslänge

Die Überlappungslänge ist eine Funktion der mechanischen Belastung und Festigkeit der Lötverbindung. Die Überlappungslänge einer auf Scherung beanspruchten Verbindung beträgt:

$$U = \frac{\sigma \cdot t}{\tau}$$

U Überlappungslänge

σ Zugfestigkeit des Grundwerkstoffes

τ Scherfestigkeit der Lötung

t Wanddicke

Zusätzlich müssen berücksichtigt werden:

Sicherheitsfaktor, Erhöhung der Belastung durch Kraftflußstörungen und Beeinträchtigungen der Lötverbindung durch Fehler.

Allgemein beträgt die Überlappungslänge das 3 bis 6fache der Wanddicke des Lötteils.

10 Lötvorrichtung

Vorrichtungen werden eingesetzt, um Lötteile zu fixieren und die Maßhaltigkeit zu erreichen. Lötvorrichtungen sind im besonderen Maße auf das Lötverfahren und deren Anforderungen abzustimmen.

Einzelheiten sind dem Merkblatt DVS 2609 zu entnehmen.

11 Nacharbeit

Je nach Lötverfahren und eingesetzten Stoffen sind Nacharbeiten erforderlich.

Rückstände von Flußmittel, Lötstopmittel und Bindemittel sind durch Spülen, Beizen und/oder mechanische Mittel zu entfernen (es besteht die Gefahr der Korrosion).

Die Lötverbindung muß so konstruiert sein, daß ein erforderliches Nacharbeiten möglich ist und Rückstände leicht zu beseitigen sind (Hohlräume).

12 Festigkeit

Die Festigkeit von Lötverbindungen ist abhängig vom Lot, der konstruktiven Gestaltung, Lötspalt, Überlappung, vom Grundwerkstoff und dessen Vorbehandlung, sowie der Nachbehandlung. Die Qualität und damit auch die Festigkeit von Lötverbindungen sind verfahrensabhängig. Es ist eine Scherbelastung in der Lötverbindung anzustreben. Festigkeitswerte sollen bauteilbezogen ermittelt werden. Anhaltswerte können den Herstellerangaben entnommen werden.

13 Prüfung

Die Konstruktion muß die Zugänglichkeit für das Prüfen ermöglichen.

Die Prüfung von Lötverbindungen richtet sich nach den jeweiligen Anforderungen. Wird in den Bauunterlagen keine Angabe gemacht, gilt gemäß der Klassenangaben im Angabenfeld die entsprechende Bewertungsgruppe der Festlegungen nach DIN 65 170.

14 Reparaturen

Die Möglichkeit einer Reparaturlötung sollte bei der Konstruktion berücksichtigt werden.