

DIN EN 12799



ICS 25.160.50

Einsprüche bis 2017-08-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12799:2000-12

Entwurf

**Hartlöten –
Zerstörungsfreie Prüfung von Hartlötverbindungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12799:2017**

Brazing –
Non-destructive examination of brazed joints;
German and English version prEN 12799:2017

Brasage fort –
Contrôles non destructifs des assemblages réalisés par brasage fort;
Version allemande et anglaise prEN 12799:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-06-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 63 Seiten

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12799:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 092-00-26 AA „Hartlöten (DVS AG V 6.1)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12799:2000-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) redaktionelle Überarbeitung.

Hartlöten — Zerstörungsfreie Prüfung von Hartlötverbindungen

Brasage fort — Contrôles non destructifs des assemblages réalisés par brasage fort

Brazing — Non-destructive examination of brazed joints

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Allgemeine Grundsätze	6
4 Sichtprüfung	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Kurzbeschreibung	7
4.3 Qualifikation des Personals	7
4.4 Spezielle Anforderungen für die Prüfung	7
4.5 Bereitzustellende Informationen für die Sichtprüfung	8
4.6 Prüfhilfsmittel und -einrichtungen	8
4.7 Umfang der Sichtprüfung an jedem Werkstück	8
4.8 Abnahmerichtlinien	10
4.9 Prüfverfahren	11
4.10 Prüfergebnisse und Prüfbericht	12
5 Ultraschallprüfung	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Kurzbeschreibung	13
5.3 Spezielle Anforderungen für die Prüfung	16
5.4 Für den Prüfer bereitzustellende Informationen	16
5.5 Einrichtungen	16
5.5.1 Allgemeines	16
5.5.2 Ankoppeln	16
5.5.3 Auswahl des Prüfkopfes	17
5.6 Vorbereitung für die Prüfungen	17
5.6.1 Vorbereitung der Prüfoberfläche	17
5.6.2 Untersuchung des Grundwerkstoffes	17
5.6.3 Kalibrierung und Empfindlichkeitseinstellung	17
5.7 Prüfung	18
5.7.1 Prüfabstand	18
5.7.2 Abtastgeschwindigkeit	18
5.7.3 Beurteilung von Anzeigen	18
5.8 Prüfanweisung	18
5.9 Prüfergebnisse und Prüfbericht	18
6 Durchstrahlungsprüfung	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Kurzbeschreibung	20
6.3 Prüfverfahren	20
6.4 Prüfergebnisse und Prüfbericht	20
7 Eindringprüfung	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Kurzbeschreibung	20
7.3 Vorbereitung	20
7.4 Prüfverfahren	21
7.5 Sicherheitsvorkehrungen	21

7.6	Prüfbericht und anzugebende Informationen.....	21
8	Dichtheitsprüfung	21
8.1	Allgemeines	21
8.2	Kurzbeschreibung.....	21
8.3	Vorbereitung	22
8.4	Prüfverfahren	22
8.5	Sicherheits- und Umweltfaktoren	22
8.5.1	Allgemeines	22
8.5.2	Gefährliche Werkstoffe	23
8.5.3	Elektrische Gefahren.....	23
8.6	Prüfergebnisse und Prüfbericht	23
9	Überdruckprüfung	24
9.1	Allgemeines	24
9.2	Kurzbeschreibung.....	24
9.3	Vorbereitung des Prüfstücks.....	24
9.4	Prüfverfahren	24
9.5	Prüfergebnisse und Prüfbericht	25
10	Thermographie	25
10.1	Allgemeines	25
10.2	Vorbereitung des Prüfstücks.....	26
10.3	Durchführung	26
10.4	Prüfergebnisse und Prüfbericht	27
Anhang A (informativ) Unregelmäßigkeiten in Hartlötverbindungen		28
Literaturhinweise.....		32

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12799:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12799:2000 ersetzen.

Die wichtigsten Änderungen im Vergleich zur vorherigen Fassung sind:

- a) normative Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt zerstörungsfreie Prüfverfahren und Prüfstückarten, die zur Durchführung von Prüfungen an Hartlötverbindungen notwendig sind.

Die folgenden zerstörungsfreien Prüfverfahren werden beschrieben:

- a) Sichtprüfung (siehe Abschnitt 4);
- b) Ultraschallprüfung (siehe Abschnitt 5);
- c) Durchstrahlungsprüfung (siehe Abschnitt 6);
- d) Eindringprüfung (siehe Abschnitt 7);
- e) Dichtheitsprüfung (siehe Abschnitt 8);
- f) Überdruckprüfung (siehe Abschnitt 9);
- g) Thermographie (siehe Abschnitt 10).

Die Hartlötverbindungen, an denen diese Prüfungen durchgeführt werden, können entweder Proben, die hergestellt wurden, um für Hartlötverbindungen Konstruktionsdaten zu ermitteln, Proben, die im Rahmen der Abnahmeprüfung eines Hartlötverfahrens hergestellt wurden, oder Teil einer hartgelöteten Baugruppe sein. Die Art des Prüfstücks, das für jede Prüfung beschrieben wird, kann angeführt oder in die technischen Anwendungsnormen, die hartgelötete Baugruppen behandeln, aufgenommen werden.

Diese Europäische Norm empfiehlt nicht die Anzahl der zu untersuchenden Prüfstücke oder der zulässigen Wiederholungsprüfungen. Sie legt bis auf einen aufgeführten Leitfaden bezüglich der notwendigen Vorsichtsmaßnahmen weder die Verfahren der Probenahme aus den Hartlötverbindungen fest, noch erläutert sie die Bewertungsmerkmale (Abnahmekriterien), die für jede der Prüfungen gelten. Es wurde nicht versucht festzulegen, welche Prüfung bzw. Prüfungen in welcher Situation angewendet werden sollte(n). Dies ist zu vereinbaren, bevor ein spezielles Prüfverfahren ausgewählt wird.

Die Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung sind nicht mit einer bestimmten Art hartgelöteter Baugruppen verbunden, sie legen jedoch die allgemeinen Grundsätze der beschriebenen Prüfungsarten fest. Es wird hervorgehoben, dass ein zufriedenstellendes Prüfverfahren nur dann entwickelt und angewendet werden kann, wenn alle entscheidenden Faktoren bezüglich der zu verwendenden Ausrüstung und der Eigenschaften des zu untersuchenden Prüfstücks berücksichtigt wurden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 1593, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Blasenprüfverfahren*

EN 12668-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 1: Prüfgeräte*

EN 12668-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 2: Prüfköpfe*

EN 12668-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschall-Prüfausrüstung — Teil 3: Komplette Prüfausrüstung*

EN 13184, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Druckänderungsverfahren*

EN 13185, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Prüfgasverfahren*

EN ISO 3452-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1)*

EN ISO 5579, *Zerstörungsfreie Prüfung — Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Film und Röntgen- oder Gammastrahlen — Grundlagen (ISO 5579)*

EN ISO 9712:2012, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012)*

EN ISO 16810:2014, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Allgemeine Grundsätze (ISO 16810:2012)*

EN ISO 16811, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Empfindlichkeits- und Entfernungseinstellung (ISO 16811)*

EN ISO 16823, *Zerstörungsfreie Prüfung — Ultraschallprüfung — Durchschallungstechnik (ISO 16823)*

3 Allgemeine Grundsätze

Wenn Hartlötverbindungen zerstörungsfrei geprüft werden, können Unregelmäßigkeiten erkannt werden. Sie können die Qualität und die Gebrauchseigenschaften der Verbindung oder der hartgelöteten Baugruppe herabsetzen.

Diese Europäische Norm gibt keinen Leitfaden bezüglich der Ursache der Unregelmäßigkeit oder ihres Einflusses auf die Qualität der Verbindung oder die Auswirkungen einzelner bzw. mehrfacher Unregelmäßigkeiten auf die Gebrauchseigenschaften der hartgelöteten Baugruppe. Dies ist abhängig von der Begrenzung der Lebensdauer infolge der Prozesse, denen die Verbindung unterworfen ist, und von den Anforderungen an die Einsatzzeit und dem spezifischen Betriebsverhalten der hartgelöteten Baugruppe.

Die Mehrzahl der Hartlötverbindungen wird als Überlappverbindungen der einzelnen Bauteile ausgeführt. Wegen des Kapillareffektes einer Hartlötverbindung sind die meisten Unregelmäßigkeiten im Verbindungsbereich enthalten, wobei die Hauptachsen parallel zur Verbindungsebene liegen. Alle anderen Unregelmäßigkeiten werden durch Beanspruchungen im Hartlot oder in den Grundwerkstoffen hervorgerufen oder waren bereits vor dem Hartlöten vorhanden. Ein Leitfaden für die Art der Unregelmäßigkeiten, die bei der Anwendung der zerstörungsfreien Prüfungen beobachtet werden, ist in Anhang A angeführt, in dem die Arten schematisch dargestellt sind.

ANMERKUNG Die Bedeutung der Toleranzen von typischen Unregelmäßigkeiten, der Grund für eine Zurückweisung, das Verfahren der Auswertung von Unregelmäßigkeiten und das Verfahren der Darstellung von Beobachtungen sind zu vereinbaren, bevor ein spezielles Prüfverfahren ausgewählt wird.

Die Anwendung eines beliebigen Verfahrens sollte stets in Abhängigkeit zur Gesamtprüfung gesehen werden. Die Vorteile der Anwendung eines bestimmten Verfahrens können nur durch Berücksichtigung ihrer Ergebnisse in Verbindung mit denen, die durch den Einsatz anderer Prüfverfahren erbracht wurden, erkannt werden. Das (die) am besten geeignete(n) Prüfverfahren sollte(n) ausgewählt werden.

4 Sichtprüfung

4.1 Allgemeines

Die einfache Sichtprüfung ist das grundlegendste und allgemein gebräuchlichste Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung. Die in diesem Abschnitt beschriebene Prüfung betrifft die Qualität der Verbindung und schließt Überprüfung der Maße nicht ein.

In der Entwurfsphase müssen Festlegungen für eine geeignete Zugänglichkeit getroffen werden, um Sichtprüfungen zu ermöglichen.

Vor jeder Sichtprüfung muss vereinbart werden, welche Verbindungen (und Kehlnahtverbindungen) für Untersuchungen zugänglich sind; ein vorgeschlagenes Kriterium hinsichtlich der Zugänglichkeit für eine zufriedenstellende Untersuchung, entweder direkt mit dem Auge oder durch Beobachtung mit einem Spiegel, ist in Bild 1 dargestellt.

4.2 Kurzbeschreibung

Die Hartlötverbindung und der angrenzende Grundwerkstoff werden visuell untersucht (mit und ohne Hilfsmittel), um das Aussehen, die Fehlerfreiheit und die Konturen zu überprüfen.

4.3 Qualifikation des Personals

Das Personal, das die Sichtprüfungen durchführt, muss:

- a) über den verwendeten Hartlötprozess und die möglichen Unregelmäßigkeiten informiert sein;
- b) nach EN ISO 9712:2012, 7.4 (Prüfung der Sehfähigkeit) geprüft sein;
- c) Anweisungen für die besonderen Anforderungen nach 4.4 erhalten haben;
- d) Anweisungen in der allgemeinen Anwendungsnorm erhalten haben.

Wenn Ausbildungsberichte aufbewahrt werden, müssen diese die Übereinstimmung mit den Punkten a) bis d) bestätigen und einen Bericht der Aufsichtsperson darüber enthalten, dass ein zulässiger Kenntnisstand erreicht worden ist. Die Sichtprüfung erfordert kein Personal mit zusätzlichen Qualifikationen zu denen, die in den Punkten a) bis d) aufgeführt sind.

4.4 Spezielle Anforderungen für die Prüfung

Folgendes muss vor der Prüfung vereinbart werden:

- a) die Fertigungsstufe, auf der die Sichtprüfung auszuführen ist; dies sollte Überlegungen beinhalten, wie und ob die Untersuchung im Fertigungsengang ausgeführt wird;
- b) Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung für die Prüfung;

ANMERKUNG Bei flussmittelfreien Hartlötprozessen ist eine derartige Vorbereitung nicht üblich. Nach dem Hartlöten werden Flussmittel und -rückstände üblicherweise entfernt (siehe 4.8).

- c) Mindestwerte der entsprechenden Größe von Unregelmäßigkeiten;

Der empfohlene Mindestwert der entsprechenden Größe von Unregelmäßigkeiten für die Sichtprüfung beträgt 0,5 mm, wie es in 4.8 b) festgelegt ist, wenn nicht anderes vereinbart.

- d) Umfang der Sichtprüfungen, wie in 4.7 festgelegt;

- e) Abnahmekriterien (siehe 4.8);
- f) alle Anforderungen an eine schriftliche Prüfanweisung;
- g) Anforderungen an die Berichterstellung;
- h) jegliche Hilfsmittel für die Sichtprüfung, zusätzlich zu den in 4.6 aufgeführten.

4.5 Bereitzustellende Informationen für die Sichtprüfung

Vor Beginn der Prüfung muss für den Prüfer Folgendes verfügbar sein:

- a) alle in 4.4 geforderten Informationen;
- b) eine schriftliche Prüfanweisung, falls zutreffend.

4.6 Prüfhilfsmittel und -einrichtungen

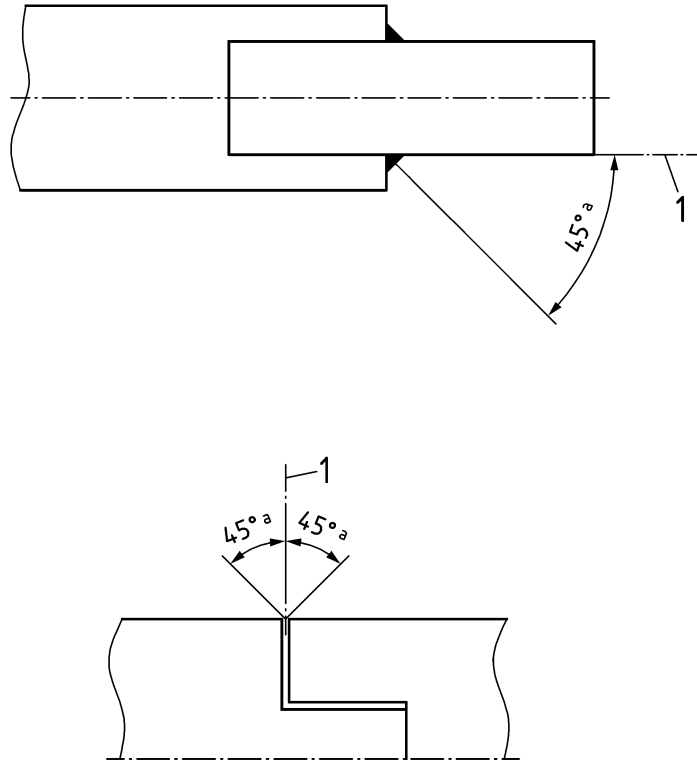
Folgendes ist wahrscheinlich erforderlich:

- a) geeignete Beleuchtung;
- b) ein Weitwinkelbetrachtungsgerät mit geringer Vergrößerung (fünffach), z. B. ein auf einer standardisierten optischen Bank, das mit einem festmontierten Betrachtungsgerät ausgerüstet ist, so dass beide Hände freigehalten werden können; es darf auch mit einer eingebauten Beleuchtung versehen sein.
- c) ein Vergleichsmessgerät für den Mindestwert der entsprechenden Größe von Unregelmäßigkeiten, z. B. entweder:
 - 1) ein montierter Draht dieses Durchmessers, der neben der Unregelmäßigkeit gehalten wird und dessen Ende zur leichteren Ausrichtung mit den Hauptachsen der Unregelmäßigkeit gebogen werden darf; oder
 - 2) eine achtfach vergrößernde Lupe mit Gitternetz.
- d) ein kleiner ebener Spiegel, z. B. ein Dentalspiegel, für nur teilweise zugängliche Verbindungen;
- e) ein Mittel zur örtlichen Beleuchtung von Schattenbereichen, z. B. Lichtwellenleiter;
- f) anerkannte Verfahren zum Markieren einzelner Verbindungen, falls in 4.9 aufgeführt, z. B. bestimmte Typen wasserfester Filzstifte.

4.7 Umfang der Sichtprüfung an jedem Werkstück

Da viele Werkstücke einen Anteil von Kehlnähten haben, die entweder schwer zugänglich sind oder nur mit besonderen Techniken untersucht werden können, muss der Umfang der Prüfung für jedes Werkstück festgelegt und vor der Prüfung vereinbart werden; er darf nicht dem Ermessen des Abnehmers überlassen werden.

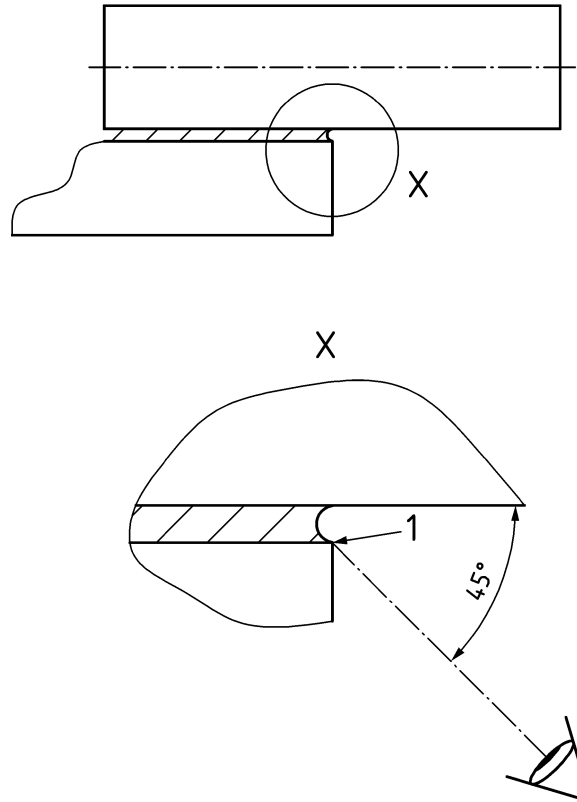
Die vereinbarten Prüfstellen müssen anhand der Konstruktionszeichnung oder, in schwierigen Fällen, anhand einer für diesen Zweck vorbereiteten Zeichnung dargestellt werden. Die Zeichnung muss auch die Abnahmekriterien festlegen oder sich darauf beziehen.



Legende

- 1 Achse
a Betrachtungswinkel

Bild 1 — Zugänglichkeit für die Sichtprüfung: sichtbare Verbindungen innerhalb eines festgelegten Winkels der Verbindungsachse oder der Austrittsebene



Legende

- 1 Boden der Vertiefung, der unter 45° zur Achse der Verbindung zu erkennen ist

Bild 2 — Zugänglichkeit für die Sichtprüfung: eingefallene Hohlkehle, wenn eingefallene Hohlkehlen zulässig sind

4.8 Abnahmerichtlinien

Die folgenden Punkte sollten beachtet werden:

- Flussmittel und Flussmittelmittelrückstände (wenn diese für den angewendeten Hartlötprozess geeignet sind).* Um eine Prüfung zu ermöglichen, sollte der Umfang der Entfernung von Flussmitteln und Flussmittelmittelrückständen genau angegeben werden.
- Mindestwert der entsprechenden Größe von Unregelmäßigkeiten.* Unregelmäßigkeiten, deren größte Ausdehnung kleiner ist als die vereinbarte kleinste Größe, sind zu vernachlässigen. Es wird empfohlen, dass der Mindestwert der entsprechenden Größe von Unregelmäßigkeiten 0,5 mm beträgt.

Die Zulässigkeit zur betrieblichen Verwendung hartgelöteter Baugruppen, die eine höhere Integrität erfordern können, sollte durch zusätzliche Prüfungen bestimmt werden, z. B. der Leckdichte.

- Geschlossenheit von Hohlkehlen.* Es sollte festgelegt werden, ob vollständige bzw. unzureichende Hohlkehlen zulässig sind. Wenn unzureichende Hohlkehlen zulässig sind, sollte die Beschreibung so unmissverständlich wie möglich sein, um etwaige Fehler zu vermeiden. Zum Beispiel ist die Formulierung „unzureichende Hohlkehlen mit x Spalten, von denen keiner y mm überschreitet“ besser als „unzureichende Hohlkehlen mit Spalten, die 20 % der Gesamtlänge nicht überschreiten“.

- d) *Eingefallene Hohlkehlen.* Eingefallene Hohlkehlen können die Folge von Hartlötspalten, die an der oberen Grenze für den ausgeführten Hartlötprozess liegen, oder von einer unzureichenden Lotmenge sein. Es ist schwierig, die Tiefe bis zur Oberfläche des Lots abzuschätzen; wenn es die Bedingung zulässt, wird vorgeschlagen, dass das in Bild 2 dargestellte Kriterium angewendet wird.
- e) *Überschuss an Lot.* Wenn gefordert wird, dass das Lot nicht auf eine der Hartlötverbindung benachbarte Oberfläche übergreift, ist dieser Bereich auf der Konstruktionszeichnung genau anzugeben. Dies ist einerseits als Anhaltspunkt beim Auftragen von Lötstopmitteln während der Vorbereitung für das Hartlöten und andererseits für Überprüfungszwecke notwendig.
- f) *Oberflächenerosion.* Bestimmte Prozesse, wie beim Hartlöten von Aluminium, können infolge Erosionen des Grundwerkstoffes durch das Lot charakterisiert werden. Falls zutreffend, sollten zulässige Abstufungen der Oberflächenerosion durch Bezug auf eine Daueraufzeichnung, wie z. B. eine Skizze, Fotos oder Muster, ausführlich beschrieben werden. Diese sollten die sowohl als zulässig als auch als unzulässig vereinbarten Zustände veranschaulichen.
- g) *Äußeres Erscheinungsbild der Hartlötkehlnähte.* Wenn Anforderungen bestehen, die Abnahme zu überwachen, sollte dies vor der Prüfung vereinbart werden. Sie können die Entscheidungen bezüglich der Einzelheiten und der Kosten des Hartlötprozesses beeinflussen. Eine Daueraufzeichnung solcher Vereinbarungen, wie z. B. eine Skizze, Fotos oder Muster, ist erforderlich. Diese sollten die sowohl als zulässig als auch als unzulässig beschriebenen Zustände veranschaulichen.

4.9 Prüfverfahren

Die Hartlötverbindungen müssen nach einem detaillierten Prüfumfang (siehe 4.4 d)) und den detaillierten Abnahmekriterien (siehe 4.4 e)) geprüft werden.

Es muss berücksichtigt werden, dass durch den Gebrauch von Lupen mit geringer Vergrößerung die Überanstrengung der Augen reduziert und die Produktivität verbessert werden; auf einer optischen Bank montierte Weitwinkelbetrachtungsgeräte mit fünffacher Vergrößerung lassen beide Hände frei, um, wenn notwendig, die Werkstücke so zu handhaben und zu bewegen, dass sich der beste Überblick über die Kehl Nähte ergibt.

Eine Maßlehre zur Bestimmung der kleinsten Unregelmäßigkeit muss verwendet werden (siehe 4.6 c)). Das dient dazu, um sicherzustellen, dass nicht die Sehschärfe des einzelnen Prüfers die erkennbare Mindestgröße bestimmt.

Lichtwellenleiter oder andere geeignete Mittel müssen benutzt werden, um im Schatten liegende Verbindungen zu beleuchten.

Ein geeignetes Mittel muss sowohl für die Trennung von nicht untersuchten und untersuchten als auch von zulässigen und unzulässigen Werkstücken bereitgestellt werden.

Für Werkstücke, die viele zu untersuchende Verbindungen aufweisen, muss ein geeigneter Plan zur Untersuchungsmethodik verwendet werden.

Es wird empfohlen, die Verbindungen auf angemessene Weise zu markieren, um die untersuchten von denjenigen, die es noch nicht sind, zu unterscheiden, und darüber hinaus die einzelnen Verbindungen, die als fehlerhaft befunden wurden, zu kennzeichnen. Es werden Filzstifte empfohlen, deren Zusammensetzung nicht schädlich für das Werkstück ist. Sie können grün für zulässige und rot für unzulässige Verbindungen sein.

4.10 Prüfergebnisse und Prüfbericht

Aufzeichnungen über den Umfang der Prüfungen, die Abnahmekriterien und das Ergebnis müssen aufbewahrt werden. Wenn vereinbart wurde, dass ein Prüfbericht getrennt von anderen Aufzeichnungen erforderlich ist, werden die folgenden Mindestangaben empfohlen:

- a) Name der Organisation, die die Sichtprüfung durchführt;
- b) Bezeichnung des Arbeitsplatzes und/oder Zeichnungsnummer;
- c) eindeutige Kennzeichnungsnummer der Charge der Teile, zu der der Prüfbericht gehört;
- d) Umfang der Prüfung;
- e) angewandte Abnahmekriterien;

ANMERKUNG In Fällen, in denen die in den Punkten d) und e) aufgeführten Informationen in einer schriftlichen Verfahrensanweisung niedergelegt sind, genügt es, deren Bezugs- und Ausgabenummer anzugeben. Alternativ dazu kann auf eine Zeichnung verwiesen werden, vorausgesetzt, dass diese genügend spezifische Informationen für Prüfzwecke liefert.

- f) untersuchte Gesamtmenge der Charge und die Anzahl, die die Prüfung bestanden hat;
- g) Name und Unterschrift des Abnehmers;
- h) Datum der Prüfung.

5 Ultraschallprüfung

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Ultraschallprüfung von Hartlötverbindungen mit dem Impuls-Echo-Verfahren der Ultraschallprüfung; es dürfen auch andere Techniken als das Impuls-Echo-Verfahren für Hartlötverbindungen angewendet werden, besonders die Durchschallungstechnik, wie sie in EN ISO 16823 beschrieben ist.

Allgemeine, die Ultraschallprüfung betreffende Anforderungen sind in EN ISO 16810 enthalten.

Die am häufigsten auftretenden Unregelmäßigkeiten in einer Hartlötverbindung, die durch Ultraschallprüfungen festgestellt werden können, sind:

- a) unvollständiger Fluss in die Kapillarspalte;
- b) große Poren oder Flussmitteleinschlüsse;
- c) Längsrisse;
- d) kleine Poren;
- e) unvollständiges Benetzen der Oberflächen der Grundwerkstoffe;
- f) Querrisse.

5.2 Kurzbeschreibung

Die Prüfung wird meistens mit dem Impuls-Echo-Verfahren, so wie es in Bild 3 dargestellt ist, durchgeführt, wobei das Ultraschallbündel senkrecht zur Verbindung einwirkt.

Bei einer fehlerfreien Verbindung wird eine relativ geringe Ultraschallenergie von der Verbindungsgrenze reflektiert, und wenn die Geometrie der Verbindung in Ordnung ist, wird ein hohes Rückwandecho erzeugt. Wenn die Hartlötung unzureichend ist, wird ein hohes Signal von der Verbindungsgrenze empfangen, das von einer Schwächung oder einem vollständigen Verlust des Rückwandsignals begleitet ist.

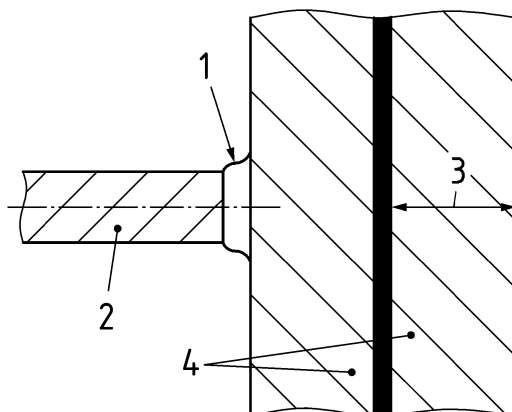
Wenn die Gestaltung der Verbindung den Einsatz eines Senkrechtprüfkopfes nicht zulässt, dürfen, wie es in Bild 4 dargestellt ist, zwei Winkelprüfköpfe, die als Sender und Empfänger getrennt arbeiten, verwendet werden.

Für das Abtasten senkrecht zur Verbindungsfläche sind die Reflexionseigenschaften der unter 5.1 aufgelisteten Unregelmäßigkeiten in Tabelle 1 zusammengefasst.

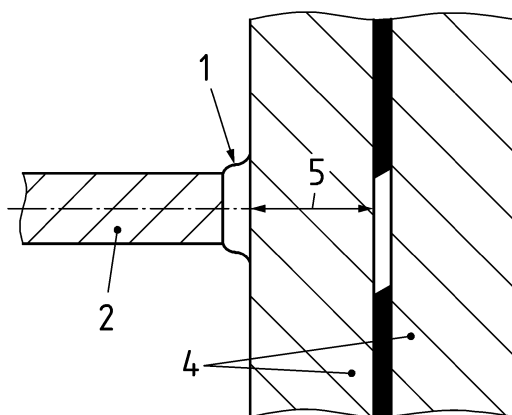
Bei einer fehlerfreien Verbindung darf die Amplitude des reflektierten Signals näherungsweise berechnet werden; besser ist es jedoch, sie experimentell anhand einer bekannten Verbindung des zu untersuchenden Typs zu bestimmen, die frei von Unregelmäßigkeiten ist.

Tabelle 1 — Reflexionseigenschaften von Hartlötverbindungen

Art der Unregelmäßigkeit	Reflexionseigenschaften
a) unvollständiger Fluss b) große Poren/Einschlüsse c) Längsrisse	Vollständige Reflexion, wenn die Fläche der Unregelmäßigkeit diejenige des Ultraschallbündels überschreitet.
d) kleine Poren e) unvollständiges Benetzen	Teilreflexion, abhängig von der Dichte der Porosität oder vom Benetzungsgrad.
f) Querrisse	Eigenschaften, wie bei fehlerfreien Verbindungen ANMERKUNG Üblicherweise wird diese Art der Unregelmäßigkeit nur durch Abtasten unter einem schiefen Winkel zur Verbindungsfläche festgestellt.
fehlerfreie Verbindung	Niedriger Reflexionsgrad, abhängig von den Unterschieden der akustischen Eigenschaften der hartgelöteten Werkstoffe und der Hartlote.



a) Signal bei guter Bindung, kommt von der Rückwand

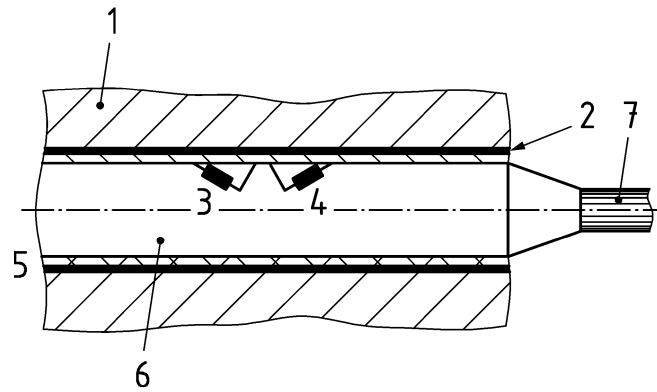


b) Signal bei mangelhafter Bindung, kommt vom nicht hartgelöteten Bereich

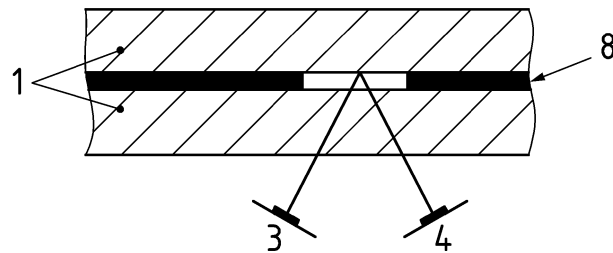
Legende

- 1 Koppelmittel
- 2 Prüfkopf
- 3 Rückwandecho
- 4 Grundwerkstoff
- 5 kein Rückwandecho

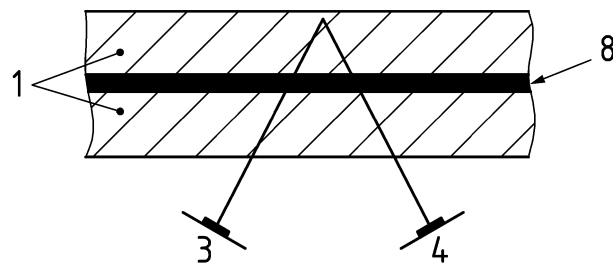
Bild 3 — Senkrechteinschallung



a) Doppelprüfkopf



b) Signal bei mangelhafter Bindung, kommt vom nicht hartgelöteten Bereich



c) Signal bei guter Bindung, kommt von der Rückwand

Legende

- 1 Grundwerkstoff
- 2 Lötfläche
- 3 Empfänger
- 4 Sender
- 5 Rohr
- 6 Prüfkopfhalter, innerer Prüfkopf
- 7 Prüfkopfführung
- 8 Hartlötverbindung

Bild 4 — Schrägeinschallung

5.3 Spezielle Anforderungen für die Prüfung

Folgendes muss vor der Prüfung vereinbart werden:

- a) Qualifikation des Personals;
- b) Fertigungsstufe, auf der die Prüfung durchzuführen ist;
- c) alle Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung;
- d) Verfahren zur Einstellung der Prüfempfindlichkeit;
- e) Bewertungsschwelle;
- f) Abnahmestufe/Registrierschwellen;
- g) alle Anforderungen an eine schriftliche Prüfanweisung;
- h) Anforderungen an die Berichterstellung.

5.4 Für den Prüfer bereitzustellende Informationen

Vor Beginn jeder Prüfung müssen für den Prüfer die folgenden Informationen verfügbar sein:

- a) alle in 5.3 enthaltenen Informationen;
- b) schriftliche Prüfanweisungen, falls zutreffend;
- c) Bezugsnummer der zu untersuchenden Verbindung;
- d) Lage der zu untersuchenden Verbindung, falls diese in einem komplexen Bauteil liegt;
- e) Vorbereitung der Verbindung, einschließlich einer Skizze (Zeichnung) der Verbindungsgestaltung;
- f) Anleitung bezüglich der Lage und Art möglicher Unregelmäßigkeiten;
- g) Anweisungen für die Wiederholungsprüfungen.

5.5 Einrichtungen

5.5.1 Allgemeines

Das Ultraschallgerät und der Prüfkopf/die Prüfköpfe müssen den Anforderungen der EN 12668-1 bzw. EN 12668-2 entsprechen. Sie müssen ebenfalls die Anforderungen an den in EN 12668-3 festgelegten Nachweis der Leistungsfähigkeit erfüllen.

5.5.2 Ankoppeln

Die Ankopplung des Prüfkopfes an die Oberfläche des zu untersuchenden Teils muss entweder durch Eintauchen der Hartlötverbindung in eine Flüssigkeit (z. B. Wasser) oder durch Auftragen einer Paste oder eines ähnlichen für diesen Zweck geeigneten Mediums aufrechterhalten werden.

Diese müssen mit dem zu prüfenden Werkstoff verträglich sein und dürfen den möglichen Einsatz der Hartlötkonstruktion nicht beeinträchtigen, falls die Rückstände bei Beendigung der Prüfung nicht vollständig entfernt werden.

Wenn erforderlich, muss der Prüfkopf bearbeitet werden, um die Form dem zu prüfenden Objekt anzupassen.

5.5.3 Auswahl des Prüfkopfes

Die Auswahl des Prüfkopfes hängt von einer Reihe Faktoren ab, nämlich der Gestaltung der Verbindung, der Dicke des zu durchdringenden Werkstoffes und die Abschwächung des Ultraschalls sowie insbesondere der an der Verbindungsgrenze geforderten Auflösung, die wiederum von der Mindestgröße der Unregelmäßigkeit abhängt, die festzustellen und zu beurteilen ist. Eine hohe Auflösung wird durch höhere Frequenzen, kleine Prüfköpfe und/oder Fokussierung des Schallbündels erreicht.

Die Prüffrequenz liegt normalerweise innerhalb eines Bereiches von 1 MHz bis 10 MHz, höhere Frequenzen dürfen jedoch bei besonderen Anwendungen eingesetzt werden, z. B. bei dünnen Bauteilen, bei denen eine sehr genaue graphische Darstellung aller nicht hartgelöteter Bereiche erforderlich ist, um einen möglichen Leckpfad durch die Verbindung zu beurteilen.

Allgemeine Richtlinien zur Auswahl des Prüfkopfes sind in EN ISO 16810:2014, 6.2, enthalten.

5.6 Vorbereitung für die Prüfungen

5.6.1 Vorbereitung der Prüfoberfläche

Die Oberflächenbeschaffenheit des Prüfstücks muss derart sein, dass eine zufriedenstellende Ankopplung zwischen Prüfkopf und Oberfläche aufrechterhalten werden kann. Die Oberflächenrauigkeit aller Oberflächen, auf denen das Abtasten durchgeführt wird, darf eine Rauigkeit von $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ nicht überschreiten.

Wenn festgelegt, muss die zu prüfende Oberfläche soweit wie nötig durch Schleifen oder ein anderes vereinbartes Verfahren behandelt werden, so dass keine irreführenden Oberflächensignale auftreten (siehe 5.3 c)).

5.6.2 Untersuchung des Grundwerkstoffes

Unabhängig davon, ob die Grundwerkstoffe vor dem Hartlöten mittels Ultraschall geprüft worden sind oder nicht, muss eine Prüfung nach dem Hartlöten durchgeführt werden, um die Qualität der Grundwerkstoffe zu ermitteln und um auch solche Unregelmäßigkeiten zu erfassen, durch die das Ultraschallbündel während der Prüfung der Hartlötverbindung möglicherweise hindurchgeht.

5.6.3 Kalibrierung und Empfindlichkeitseinstellung

Die Entfernungskalibrierung und die Einstellung der Empfindlichkeit müssen jeweils gemäß einem geeigneten, in EN ISO 16811 (siehe 5.3 d)) festgelegten Verfahren durchgeführt werden.

Die während der Prüfung gewählte Abtastempfindlichkeit und die Bewertungsschwelle müssen an einem Vergleichskörper bestimmt werden, der dem zu untersuchenden hartgelöteten Objekt ähnlich ist; er muss entweder natürliche Unregelmäßigkeiten einer vereinbarten Größe und Lage oder maschinell erzeugte nachgebildete Unregelmäßigkeiten enthalten. In jedem Fall müssen die geforderte Abtastempfindlichkeit und Bewertungsschwelle den Festlegungen in 5.3 e) entsprechen.

Wenn die Prüfung bei einer anderen als der Umgebungstemperatur durchzuführen ist, müssen die Entfernungskalibrierung und die Einstellung der Empfindlichkeit bei dieser Temperatur erfolgen.