

Ersetzt Ausgabe Dezember 1995

**Inhalt:**

- 1 Einleitung
- 2 Anwendungsbereich
- 3 Zerstörungsfreie Prüfverfahren
  - 3.1 Sichtprüfung
  - 3.2 Eindringprüfung
  - 3.3 Magnetpulverprüfung
  - 3.4 Wirbelstromprüfung
  - 3.5 Ultraschallprüfung
  - 3.6 Durchstrahlungsprüfung
- 4 Zerstörende Prüfverfahren
  - 4.1 Zugprüfungen
  - 4.2 Bruchprüfungen
  - 4.3 Biegeprüfungen
  - 4.4 Kerbschlagbiegeversuch
  - 4.5 Makroskopische und mikroskopische Untersuchungen
  - 4.6 Härteprüfungen
- 5 Sonstige Prüfungen
- 6 Normen und Regelwerke
- 7 Schrifttum

**1 Einleitung**

Das Merkblatt wurde in Zusammenarbeit mit Fachleuten aus Industrie, Forschung und Abnahmeorganisationen auf dem Gebiet des Elektronen- und Laserstrahlschweißens erstellt.

**2 Anwendungsbereich**

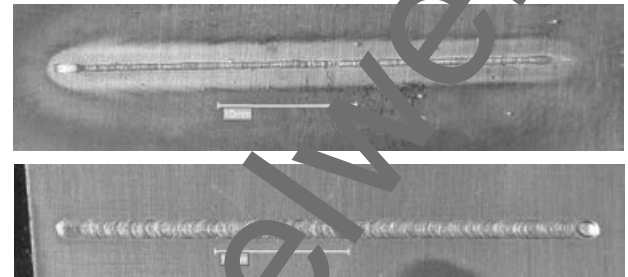
Das Merkblatt ist vom schweißtechnischen Personal für Fertigungs-, Aufsichts-, Prüf- und Qualitätssicherungsaufgaben anzuwenden. Es basiert auf den zur Zeit geltenden nationalen bzw. europäischen Normen für das zerstörende und zerstörungsfreie Prüfen von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen und beschreibt die Besonderheiten beim Anwenden dieser Verfahren zur Prüfung elektronen- und laserstrahlgeschweißter Verbindungen.

**3 Zerstörungsfreie Prüfverfahren**

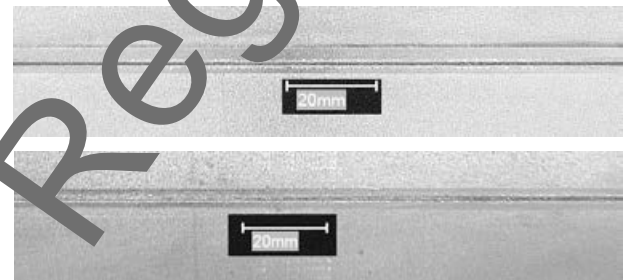
**3.1 Sichtprüfung**

In nahezu allen Fällen ist die Inaugenscheinnahme ohne Hilfsmittel die erste Prüfung einer Schweißnaht. Durch die Sichtprüfung nach DIN EN 970 [1] können äußere Unregelmäßigkeiten festgestellt und bewertet werden. Bei Strahlschweißnähten empfiehlt es sich wegen der bekannt geringen Nahtbreite und der damit verbundenen geringen Abmessungen von Unregelmäßigkeiten, für die Sichtprüfung Luven (Vergrößerung etwa 5-fach) zu verwenden.

Die Bilder 1 und 2 zeigen typische Ober- und Unterseiten von elektronen- und laserstrahlgeschweißten Verbindungen.

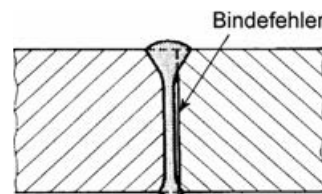


**Bild 1.** Elektronenstrahlschweißnaht am DC 04 (1.0338), 2 mm, oben: Nahtunterseite, unten: Nahtoberseite.

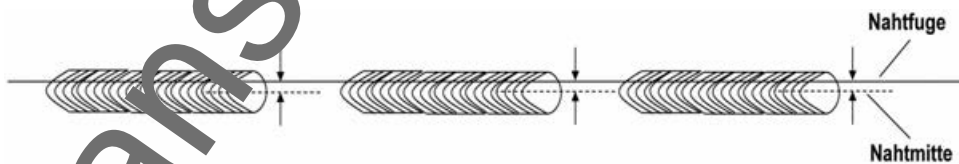


**Bild 2.** Laserstrahlschweißnaht am DX53D+Z100MB (1.0355); 1,2 mm; oben: Nahtoberseite, unten: Nahtunterseite.

Mit einer einfachen zusätzlichen Maßnahme können bei der Sichtprüfung auch Strahlpositionsabweichungen von der Nahtfuge und damit bestimmte innere Unregelmäßigkeiten (Bindefehler) geprüft werden (Bild 3). Dazu wird die Naht periodisch unterbrochen geschweißt (Bild 4). Durch ein Messen des Abstandes der Nahtmittenlage – gut zu erkennen im Endkrater der unterbrochenen Naht – von der Nahtfuge lassen sich Differenzen zwischen Strahlsohl- und Strahlstposition feststellen. Anzahl und Länge der Unterbrechungen hängen ab von der Nahtlänge und der Geometrie des Nahtverlaufs in Schweißnahtrichtung.



**Bild 3.** Strahlschweißnaht mit Bindefehler.



**Bild 4.** Überprüfung der Laserstrahlposition relativ zur Nahtfuge mit Hilfe einer unterbrochenen Schweißnaht.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Strahlschweißen“

### 3.2 Eindringprüfung

Bei der Eindringprüfung nach DIN EN 571-1 [2] ist bei strahlgeschweißten Nähten zu beachten, dass starke Nahtschuppungen und scharfe Ränderisse vortäuschen können. Im Zweifelsfall ist zusätzlich eine Durchstrahlungsprüfung durchzuführen.

### 3.3 Magnetpulverprüfung

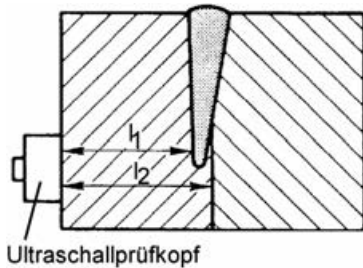
Das Verfahren der Magnetpulverprüfung für ferritische Stähle nach DIN EN 1290 [8] kann für Laserstrahlschweißnähte ohne besondere Einschränkungen angewendet werden. Bei Elektronenstrahlschweißnähten ist nach der Magnetpulverprüfung für den Fall von Instandsetzungsschweißungen vorher unbedingt ein Entmagnetisieren durchzuführen.

### 3.4 Wirbelstromprüfung

Wie bei anderen schmelzgeschweißten Nähten lässt sich auch das Wirbelstromverfahren nach DIN EN 12084 [3] und zwar bevorzugt das Mehrfrequenzverfahren anwenden. Das Abarbeiten der Nahtober- und -unterseite bzw. das Schweißen einer Kosmetiknaht ist bei der Wirbelstromprüfung von Strahlschweißnähten obligatorisch.

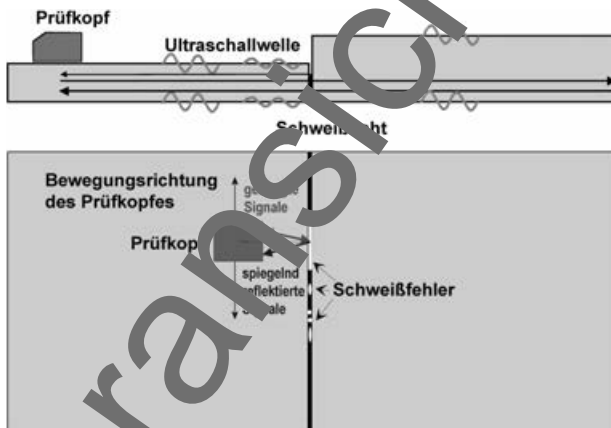
### 3.5 Ultraschallprüfung

Strahlgeschweißte Nähte können wie in üblicher Weise mittels konventionellen Ultraschalls nach DIN EN 1714 [4] geprüft werden. Schwierigkeiten bereiten lediglich geringe Wanddicken (<3 mm), da in diesen Fällen die Ultraschallwellen sich überwiegend nur auf der Werkstückoberfläche ausbreiten. Das Ultraschallverfahren eignet sich im besonderen Maße auch für Elektronenstrahlschweißungen an unterschiedlichen Werkstoffen, wenn als Folge von elektrischen Thermospannungen die Gefahr unbeabsichtigter Strahlablenkungen und damit von Bindefehlern besteht (Bild 5).



**Bild 5.** Schematische Darstellung der Ultraschallprüfung zum Auffinden von Bindefehlern.

Durch den Einsatz elektromagnetisch und koppelmedienfrei erzeugten Ultraschalls (so genannte EMUS-Technik) können mittlerweile auch strahlgeschweißte Nähte in dünnwandigen Blechen (z. B. Tailored Blanks) beurteilt werden. Bei diesem Verfahren durchdringt eine Ultraschallplattenwelle über die gesamte Blechdicke das Volumen der Schweißnaht. Fehlstellen in der Naht werden mit Hilfe der am Defekt reflektierten bzw. gebeugten Ultraschallwelle detektiert (Bild 6).



**Bild 6.** Koppelmedienfrei erzeugte Ultraschallplattenwellen zum Nachweis von Fehlstellen in Nähten geringer Wanddicke.

### 3.6 Durchstrahlungsprüfung

Bei Durchstrahlungsprüfungen nach DIN EN 462-1, DIN EN 462-4 und DIN EN 1435 [5 ... 7] sind bei strahlgeschweißten Nähten die Ober- und Unterseiten abzarbeiten, um auf dem Film oder Bildschirm das Überlagern von Anzeigen äußerer und innerer Unregelmäßigkeiten im Bereich der schmalen Schmelzzone zu vermeiden. Andernfalls sind die Schweißnähte schräg zur Durchstrahlung. Mikrofokusröhren werden für das Prüfen von Strahlgeschweißnähten bevorzugt eingesetzt, um das Erkennen von Merkmalen zu erhöhen.

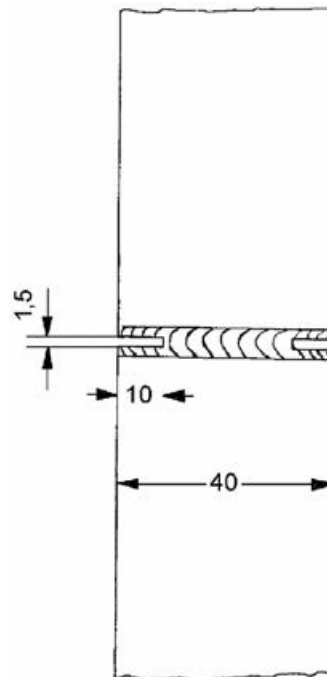
## 4 Zerstörende Prüfverfahren

### 4.1 Zugprüfungen

DIN EN 895 [9] enthält Angaben über die Maße von Zugproben aus Stahl, insbesondere auch für Strahlgeschweißnähte. Für Zugproben aus Nichteisenmetallen gibt es ebenfalls [9]. Diese Norm ist anzuwenden für das Ermitteln der Zugfestigkeit und der Bruchlage einer auf Zug beanspruchten Schweißverbindung. Sind an der Schweißverbindung Dehnung, Dehngrenze, Bruchdehnung und Streckgrenze zu bestimmen, so ist es erforderlich, Probemaße und sonstige Einzelheiten gesondert zu vereinbaren. Hierbei ist zu beachten, dass z. B. für die ausschließliche Bestimmung der Schweißnahtdehnung wegen der extrem geringen Breite von Strahlgeschweißnähten ein erheblicher messtechnischer Aufwand notwendig ist (Lebarmessgeräte). Für den Fall, dass mit Zusatzwerkstoff strahlgeschweißt wird, besteht die Möglichkeit, nach DIN EN 895 [10] Zugproben aus reinem Schweißgut anzufertigen, die für eine verhältnismäßig einfache Bestimmung der Dehnungswerte geeignet sind.

### 4.2 Biegeprüfungen

Darüber hinaus sind auch gekerbte Zugproben genormt, wenn zum Beispiel an umwandlungshärtenden Werkstoffen die Bruchlage im Schmelzonenbereich erfolgen soll, Bild 7 [11 ... 13]. Diese Prüfungen haben jedoch den Zweck, im Rahmen von Schweißprüfungen innere Unregelmäßigkeiten wie Poren, Lunker, Bindefehler und Schlackeneinschlüsse im Schmelzonenbereich aufzuzeigen und Rückschlüsse auf die Handfertigkeit des Schweißers zu ziehen. Es handelt sich in diesen Fällen ausschließlich um Bruchprüfungen, die zwar auch für strahlgeschweißte Verbindungsnahten verwendet werden können, sie sind aber keinesfalls zur Ermittlung der Zugfestigkeit geeignet.



**Bild 7.** Gekerbte Zugprobe [9].