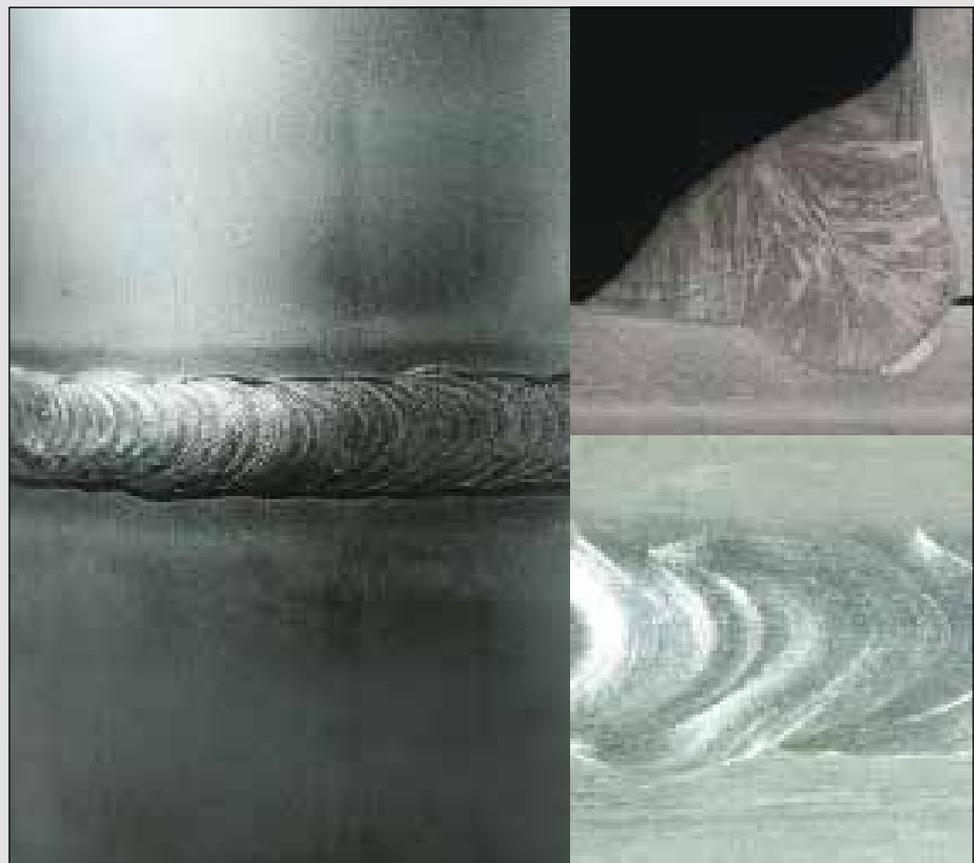


Merkblatt 986

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl – ein bebildeter Leitfaden



Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER) ist eine Gemeinschaftsorganisation von Unternehmen und Institutionen aus den Bereichen:

- Edelstahlherstellung,
- Edelstahlhandel und Anarbeitung,
- Edelstahlverarbeitung,
- Oberflächenveredelung,
- Legierungsmittelindustrie,
- Marktforschung und Verlage für nichtrostende Stähle.

Die Aufgaben der ISER umfassen die firmenneutrale Information über Eigenschaften und Anwendungen von Edelstahl Rostfrei. Schwerpunkte der Aktivitäten sind

- praxisbezogene, zielgruppenorientierte Publikationen,
- Online-Informationsplattform unter www.edelstahl-rostfrei.de,
- Pressearbeit für Fach- und Publikumsmedien,
- Messebeteiligungen,
- Durchführung von Schulungsveranstaltungen,
- Errichtung von Kompetenzzentren „Edelstahl-Rostfrei-Verarbeitung“,
- Informationen über Bezugsmöglichkeiten von Produkten aus Edelstahl Rostfrei,
- individuelle Bearbeitung technischer Anfragen.

Alle ISER Publikationen stehen zum kostenfreien Download unter www.edelstahl-rostfrei.de/publikationen zur Verfügung.

Impressum

Merkblatt 986

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl – ein bebildeter Leitfaden

1. Auflage 2020

Herausgeber:

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Postfach 10 22 05 - 40013 Düsseldorf

Telefon: 0211 / 67 07 - 836

Telefax: 0211 / 67 07 - 344

Internet: www.edelstahl-rostfrei.de

E-Mail: info@edelstahl-rostfrei.de

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. W.-B. Busch, Bielefeld (D)

Der Inhalt der vorliegenden Broschüre leitet sich ab aus der Euro-Inox-Publikation „Reference Photo Guide for Stainless Steel Welds“. Autor: Björn Holmberg, Avesta Research Center, Avesta (S);

Übersetzung der englischen Sprachfassung: Britta Lehmann, GSI Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Niederlassung SLV Duisburg, Duisburg (D)

Fotos:

Outokumpu, Avesta (S)

Bild 1-9: Prof. Dr.-Ing. W.-B. Busch, Bielefeld (D)

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungsansprüche können hieraus nicht abgeleitet werden. Nachdrucke bzw. Veröffentlichungen im Internet, auch auszugsweise, sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und mit deutlicher Quellenangabe gestattet.

Inhalt

1	Einleitung	2
1.1	Personalqualifizierung für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung	4
1.2	Allgemeine Regeln zur Prüfung von Schweißnähten	4
2	Auswertung der Schweißnahtgeometrie	6
3	Dargestellte Schweißprozesse	10
3.1	Produktivität	11
3.2	Aussehen der Schweißgutoberfläche und Optimierungsmöglichkeiten	11
3.3	Dargestellte Qualitätsstufen	12
3.4	Nachbehandlung der Schweißnaht	13
3.5	Bedeutung von geometrischen Abweichungen	13
3.6	Qualifikation der Schweißer	14
3.7	Prozesskosten – Wirtschaftlichkeit	14
4	Schrifttum	16
4.1	Normen	16
4.2	Weiterführende Literatur	16
	Foto-Leitfaden	17

1 Einleitung

Ein guter Kuchen muss nicht nur schön aussehen, er muss auch gut schmecken. Diese Regel gilt natürlich auch für Schweißnähte, auch sie müssen nicht nur schön aussehen, sondern auch alle anderen an sie gestellten Anforderungen erfüllen. Bevor sich diese Broschüre also mit dem Aussehen beschäftigt, sollen dem Leser die wesentlichen Grundzüge zur Beurteilung der Schweißnahtgeometrie nähergebracht werden.

Alle Geräte, Maschinen oder Bauteile werden nach ihrem äußeren Erscheinungsbild betrachtet und ggf. sogar bewertet. Die erforderlichen Mittel hat die Natur dem Menschen mitgegeben, seine beiden Augen. Nun ist klar, dass äußere Schönheit immer nur ein zusätzliches Kriterium für die Sicherheit eines Gerätes oder Bauteils sein kann. Darum müssen für die visuelle Bewertung möglichst eindeutige Kriterien definiert werden, nach denen eine Begutachtung zu erfolgen hat. In der industriellen Praxis werden hierfür Normen angewandt, die sowohl die Kriterien an die Prüfer [1] als auch die Bedingungen für die Beobachtung [2] festlegen. Als Weiteres muss festgelegt werden, was und worauf geprüft wird. Dies sind die Prüfanweisungen. Aufgelistet hierin sind die zu beobachtenden Auffälligkeiten, auch Ungängen genannt. Dann gilt es zu entscheiden, ob diese Abweichungen zulässig sind oder Fehler darstellen, die beseitigt werden müssen.

Wegen der vielen unterschiedlich zu bewertenden Auffälligkeiten muss in jedem Fall vor Beginn der Fertigung festgelegt werden, ob ein Prüfprotokoll erstellt werden muss oder nicht. Wenn ein solches Protokoll gefordert wird, sollte unter Zugrundelegung der vereinbarten Details eine Prüfanweisung erstellt werden, die dann Bestandteil des Fertigungsauftrages ist.

Unabhängig von dieser Reglementierung sollten alle Fertigungsschritte erst einmal von den Produktionsmitarbeitern begutachtet werden. In den im Nachfolgenden beschriebenen Fällen beim Schweißen sind dies erst einmal die Schweißer selbst. Von den Schweißern ist zu prüfen, ob alle geforderten Nähte ausgeführt wurden, diese Nähte auch an den richtigen Stellen liegen und sie die richtige Geometrie aufweisen. Diese Vorgehensweise bedarf keiner besonderen Schulung, sondern muss durch die Berufsausbildung und die Qualifizierung der Schweißer bereits erworben sein. Natürlich ist Schweißen etwas anderes als zum Beispiel das Schneiden, Drehen oder Fräsen. Zusätzlich zum Schweißer muss auch die Schweißaufsicht zumindest stichprobenartig die Beurteilung von Schweißnähten durchführen. Nähere und detaillierte Kenntnisse werden für die einzelnen Prüfverfahren in separaten Lehrgängen angeboten und können jeweils mit einem Zertifikat abschließen.

Ziel dieser Broschüre

Diese Broschüre soll die Qualifikationslehrgänge nicht ersetzen. Vielmehr stellt sie eine Handreichung dar, um das erworbene Wissen noch einmal aufzufrischen und an praktischen Beispielen zu vertiefen. Die allgemeinen Regeln für die zerstörungsfreie Prüfung enthält DIN EN ISO 17635 [3]. Ob diese Broschüre als Vertragsgrundlage für eine festzulegende Schweißnahtgüte verwendet werden soll, müssen die Vertragsparteien entscheiden.

Der nach Schweißverfahren sortierte und erläuterte Bildteil soll helfen, die für die einzelnen Verfahren typische Beschaffenheit zu erkennen und hieraus die besonderen Merkmale der Schweißung herzu-



Bild 1:
Beispiel für
gut ausgeführte,
mehrlagige
Schweißnähte

leiten. Dafür wird im ersten Teil Hilfestellung gegeben, wie im Regelfall eine Schweißnaht auf ihre Konformität mit der Schweißanweisung zu betrachten ist. Dazu kommt immer noch der optische Anspruch, der den Prüfer leicht verleiten kann, eine Schweißnaht positiv zu bewerten, obwohl die vorgegebenen Maße nicht eingehalten wurden.

Das Hauptaugenmerk der visuellen Prüfung liegt auf der Decklage, die sich einem Prüfer auch als erstes präsentiert. Die Wurzel von Stumpfnähten wird in diesem Leitfaden nicht weiter berücksichtigt, um den Umfang der Broschüre zu begrenzen. Nur bei den WIG-Orbitalschweißungen wird der Wurzelbereich kurz erläutert, bei einem Verfahren, das ohnehin nur geringe Wurzelfehler aufweist.

Die Fotos zeigen eine Übersicht der Schweißnaht

- im gerade geschweißten Zustand, also noch mit Anlauffarbe,
- nach dem Entfernen der Anlauffarbe,
- eine Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche und
- einen Querschliff zur Demonstration der Geometrie und Nahtüberhöhung.

Die Stellen der Oberflächenaufnahme und des Schliffes sind jeweils markiert. Auf die Angabe zu den Soll-a-Maßen wurde bewusst verzichtet, um nicht von der optischen Erscheinung abzulenken.

1.1 Personalqualifizierung für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Die Sichtprüfung verlangt von dem Prüfer, dass er das vorliegende Prüfstück sicher beurteilen kann. Dafür ist neben einer jährlich zu erbringenden Sehfähigkeitsbescheinigung auch eine im Umfang festgelegte theoretische und praktische Schulung, bezogen auf die zu untersuchenden Teile, durchzuführen. Die Schulung wird mit einer Prüfung abgeschlossen. Bevor die Person als Prüfer eingesetzt werden darf, ist auch praktische Erfahrung nachzuweisen. Die Details sind in DIN EN ISO 9712 [1] festgelegt.

Weiterhin ist festgelegt, dass eine Mindesthelligkeit vorhanden sein muss, um die Oberfläche sicher zu erkennen. Die verwendeten Messgeräte sind zu kalibrieren. Von besonderer Wichtigkeit sind eine Kehlnahtlehre, ein Messschieber und ein Stechzirkel, um Maße an der Oberfläche abzugreifen. Genauere Angaben hierzu enthält die Norm DIN EN ISO 17637 [2].

Die Benennung der Ungängen und deren zulässige Größe ist im Detail in der Norm DIN EN ISO 5817 [4] beschrieben.

In dieser Broschüre soll nur auf die äußeren Fehler eingegangen werden, die mit der Sichtprüfung erfasst werden. Eine Erweiterung findet nur in Bezug auf metallografische Schliffe statt, weil in den Macroschliffen neben den äußeren Merkmalen auch eine Reihe von inneren Fehlern gefunden werden können. Es sollen aber nur die inneren Fehler kurz erwähnt werden, die in den verwendeten Schliffen zu erkennen sind.

1.2 Allgemeine Regeln zur Prüfung von Schweißnähten

Grundsätzlich sollen den Schweißern durch die Konstrukteure genaue Vorgaben gemacht werden, wo und wie zu schweißen ist. Hierzu dienen einerseits die technischen Zeichnungen, in denen die genaue Lage der Schweißnaht angegeben ist. Zum anderen müssen Angaben gemacht werden über das zu verwendende Schweißverfahren, die Schweißnahtdicke und die geforderte Qualität oder Güte der Nahtausführung, sowie eine Reihe weiterer Vorgaben.

Diese Angaben werden üblicherweise in Schweißanweisungen niedergelegt und beschreiben präzise, wie zu schweißen ist. Ausführliche Informationen zu der Schweißanweisung enthält die Norm DIN EN ISO 15609 [5]. Im sogenannten „geregelten“ Bereich, z.B. im Bauwesen und im Druckbehälterbau, werden die Schweißanweisungen durch Verfahrensprüfung nach DIN EN ISO 15614 [6] oder anderer Zulassungsverfahren, die normativ zum Schweißen festgelegt sind, erarbeitet und sind bei Erfüllung der an sie gestellten Anforderungen für die Schweißer verbindlich, d.h. sie müssen eingehalten werden.

In dieser Druckschrift soll es nicht um die Feinheiten der Schweißanweisungen gehen, aber einige Vorgaben sollen hier besprochen werden, da sie in den Bereich der visuellen Prüfung fallen. Dies sind insbesondere

- die Schweißnahtdicke
- der Lagenaufbau und die
- Schweißnahtgüte, gekennzeichnet durch die Bewertungsgruppen nach DIN EN ISO 5817 [4].

Wenn in dem sogenannten geregelten Bereich geschweißt werden soll, müssen häufig Versuche zur Erstellung der Schweißanweisung durchgeführt werden. Wenn die Richtigkeit der Daten durch eine gründliche visuelle, mechanisch-technologische und maßliche Kontrolle bestätigt wird – hierfür sind z.B. die Normen DIN EN ISO 15614 [6] oder DIN EN ISO 15613 [7] heranzuziehen – wird aus dieser provisorischen Schweißanweisung **pWPS** die verbindliche Anweisung **WPS**.

Eingetragen sind hierin eine Vielzahl von Einzelangaben, die sich auf die Schweißwerkstatt, die Schweißnahtvorbereitung und viele einzelne Punkte beziehen. Für diese Broschüre sind neben den drei oben aufgeführten Werten auch das Schweißverfahren und die hiermit zusammenhängenden Werte wie Strom und Spannung, Schutzgasart und Menge, Schweißgeschwindigkeit und Brennerführung, Schweißnahtvor- und Nachbehandlung, Schweißzusatz und Schweißnahtgütegruppe jeweils mit zu berücksichtigen.

Für diese Broschüre ist es wichtig, dass die äußeren Merkmale der Schweißnähte korrekt beurteilt werden können. Dafür werden einige wichtige Merkmale der beiden wesentlichen Schweißnahtarten, Stumpfnah und Kehlnah kurz besprochen.



Bild 2: Fehlerhafte Schweißnähte

- oben: ungleiche Nahtdicke
- Mitte: Ansatzfehler
- unten: Flankenbindefehler mit Spritzern

2 Auswertung der Schweißnahtgeometrie

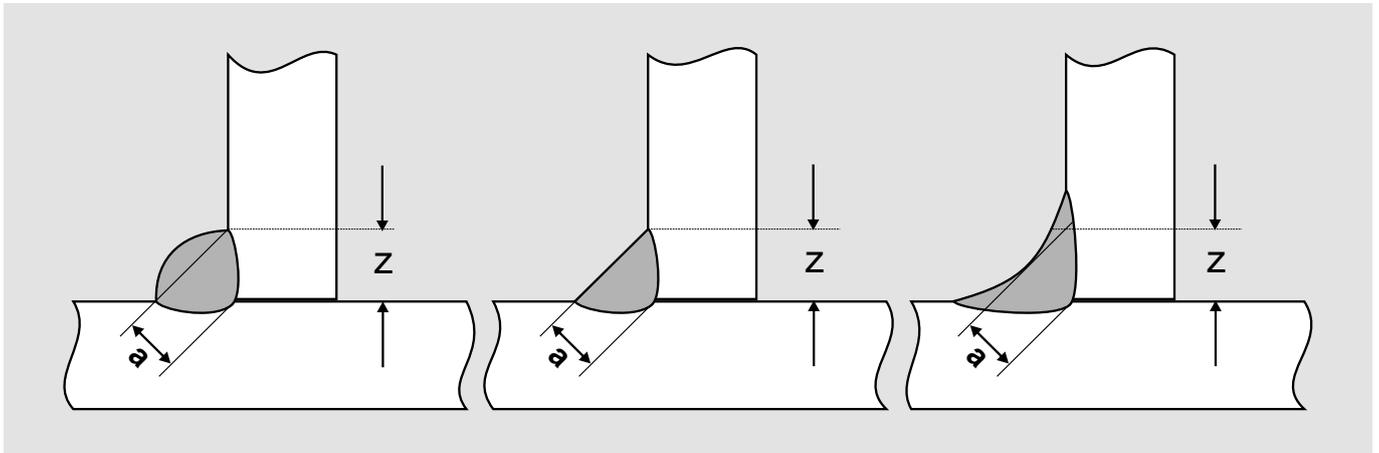


Bild 3:
Kehl-nahtdicke in ver-schiedenen Nahtformen:
Wölbnah (links),
Flachnaht (Mitte) und
Hohlkehlnah (rechts)

Als erstes soll die Geometrie von Kehl-nähten betrachtet werden. Konstruktiv ist eine Kehl-nahtdicke mit einem a -Maß vorgegeben (**Bild 3**). Alle drei oben gezeichneten Kehl-nähte haben die gleiche Schweißnahtdicke, also das gleich a -Maß. Hierbei stellt das a -Maß die Höhe des eingeschriebenen Dreiecks dar. Dieser Wert sollte eingehalten werden. Die möglichen und zulässigen Abweichungen hängen von der Bewertungsgruppe ab, die entweder vom Hersteller vorgegeben wird oder auf den Anforderungen des Anwendungsfalls resp. des Auftraggebers beruht. Die höchste Schweißnahtgüte wird in der Bewertungsgruppe B verlangt. Im Normalfall ist die Bewertungsgruppe C auch für hoch beanspruchte Schweißnähte ausreichend; nur bei ermüdungsbeanspruchten Schweißnähten ist die Gruppe B erforderlich. Die geringste Schweißnahtgüte wird durch die Bewertungsgruppe D beschrieben, die für viele nicht hoch belastete Nähte ausreichend sein kann.

Darf bei einer Flachnaht von der vorgegebenen Schweißnahtdicke abgewichen werden, und wenn ja, um wieviel (**Bild 4**)? Dies ist abhängig von der vorgegebenen Bewertungsgruppe. Wenn man die Bewertungsgruppe C, also die mittlere Schweißnahtqualität, zu Grunde legt, so darf die Kehl-naht nur in kurzen Bereichen ein Untermaß aufweisen (bei Blechdicken > 3 mm gilt für das Untermaß $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ (max. aber 1 mm)).

Hierin stellt a die zeichnerisch vorgegebene Kehl-nahtdicke dar. Eine zu dicke Kehl-naht ist weniger problematisch, so dass hier auch über die gesamte Nahtlänge ein zu großes a -Maß zulässig ist ($h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$ (max. aber 4 mm)).

Jeder, der eine Schweißnaht gesehen hat, weiß, dass ideale Flachnähte in der Realität praktisch nicht vorkommen, weshalb auch die Hohlkehlnah und die Wölbnah betrachtet werden müssen. Bei der Hohlkehlnah wird das a -Maß in Schweißnahtmitte gemessen, so dass hier auch das **Bild 3 rechts** zur Auswertung herangezogen werden kann. Bei der Wölbnah sieht das naturgemäß anders aus, denn hier ist das a -Maß nicht direkt messbar (**Bild 5 links**).

Die Beispiele in **Bild 3** machen deutlich, dass nur bei den Flachkehlnähten und den Hohlkehlnähten jeweils in der Nahtmitte das a -Maß hinreichend genau ermittelt werden kann. Bei den häufigsten Fällen der Wölbnah kann nur die Schweißnaht-höhe ($a + h$) gemessen werden. Aber wie groß darf denn die Abweichung von dem vorgegebenen a -Maß sein?

Auch hier wird für die Auswertung beispielhaft die Bewertungsgruppe C zu Grunde gelegt. Die Norm gibt für die Überhöhung der Wölbnah den Wert h vor (**Bild 5 links**). Gemessen wird mit der Kehl-

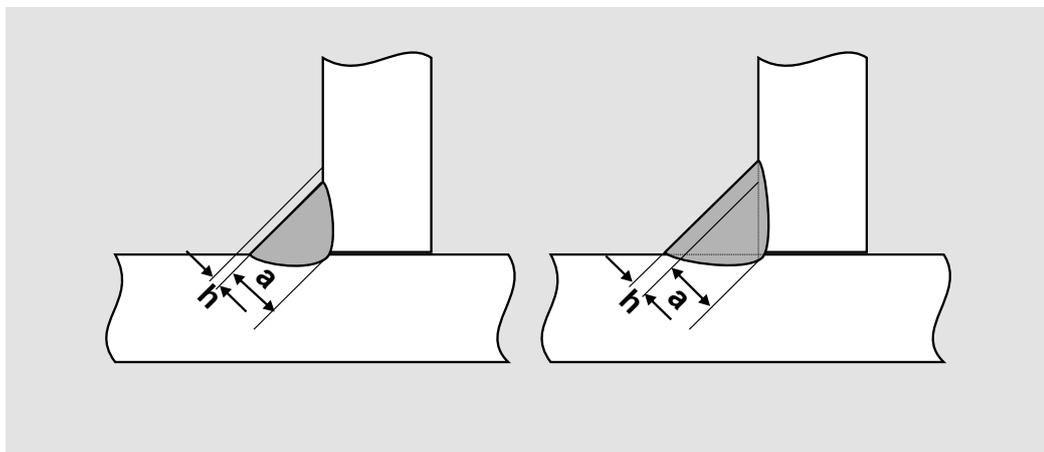


Bild 4:
 Beurteilung der
 Kehlnahtdicke, links:
 zu geringe Kehlnahtdicke (Untermaß); rechts
 zu große Kehlnahtdicke (Übermaß)

nahthöhe aber der Wert $(a + h)$. Damit ist aber immer noch nicht klar, ob der Schweißer die richtige Schweißnahthöhe erstellt hat. Eigentlich interessiert hier das a -Maß gar nicht, sondern es ist nur wichtig, dass die Nahthöhe nicht zu dünn und nicht zu dick ist. Hierzu greift man zusätzlich die Kehlnahthöhe b ab und errechnet, ob der gemessene Wert $H = (a + h)$ im zulässigen Bereich ist:

$$H - a = h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b \text{ (max. aber 4 mm)}$$

Dies setzt voraus, dass die Kehlnaht einigermaßen symmetrisch ist, wie in **Bild 5 rechts** dargestellt. Ist dies nicht der Fall, muss errechnet werden, ob die Asymmetrie im zulässigen Bereich liegt. Hierfür werden die Schenkellängen z_1 und z_2 gemessen. Für die Abweichung des längeren Schenkels gilt in der Bewertungsgruppe C

$$h \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$$

Im europäischen Normenraum wird üblicherweise das a -Maß vorgegeben, während im amerikanisch-pazifischen Gebiet das z -Maß vorherrscht. Beide Maße sind auf den Kehlnahthöhen direkt ablesbar. Es besteht für eine symmetrische Kehlnaht der geometrische Zusammenhang $z = \sqrt{2} a$, so dass die Werte problemlos ineinander umgerechnet werden können.

Die gezeigten Beispiele gelten für Kehlnähte als dem am häufigsten angewandten Schweißnahttyp. Natürlich müssen auch Stumpfnähte auf Ungängen überprüft werden. Diese Überprüfung ist bei jeder visuellen Prüfung von Schweißnähten zumindest stichprobenartig durchzuführen (**Bild 6**).

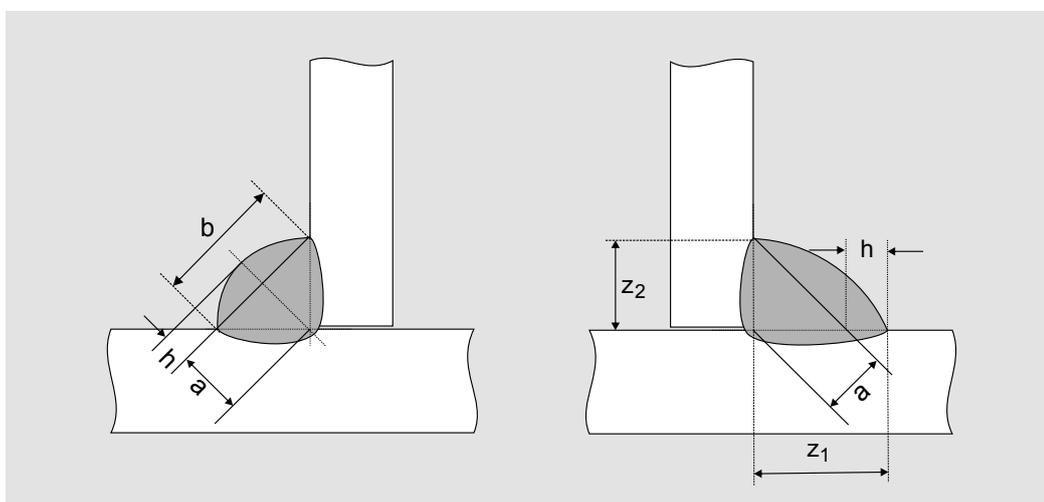


Bild 5:
 Auswertung von geraden
 (links) und unsymmetrischen (rechts)
 Wölbkehlnähten

Sowohl für die Decklage als auch für die Wurzel muss jeweils die Schweißnahtbreite ermittelt werden. Für die zulässige Decklagenüberhöhung ergibt sich in der Bewertungsgruppe C

$$h_D \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b_D \text{ (max. aber 7 mm)}$$

und die Wurzelüberhöhung

$$h_W \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b_W \text{ (max. aber 4 mm)}$$

Die Toleranzen für die Bewertungsgruppe B sind enger und die für die Gruppe D sind weiter gefasst. Die Notwendigkeit für eine Bewertungsgruppe wird durch die Konstruktion, den Anwendungsbereich oder durch die Schweißaufsicht festgelegt.

Wie bei den Kehlnähten sind auch bei Stumpfnähten ungenügende Durchschweißung, Wurzelrückfall und Decklagenunterwölbung als Untermaß nur in geringem Maße zulässig.

Ein weiteres äußeres Merkmal sind die sogenannten Einbrandkerben, also Vertiefungen am Rande der Schweißnaht (**Bild 7 links**).

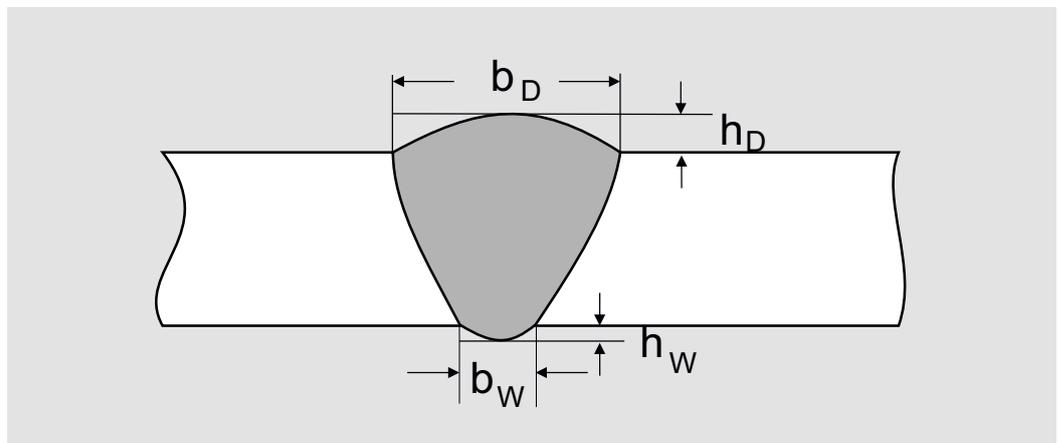
Einbrandkerben sind nur als kurze Unregelmäßigkeiten zulässig, wenn die Tiefe $h \leq 10\%$ der Blechdicke beträgt.

Nahtübergänge (**Bild 7 rechts**) stellen für den Kraftfluss Kerbstellen dar. Darum sollten die Nahtübergänge möglichst flach sein. Für dynamisch beanspruchte Konstruktionen sind Hohlkehlnähte ideal. In anderen Fällen sind steilere Übergänge zulässig. Für die Bewertungsgruppe C darf der Übergangswinkel bis zu $\alpha \geq 100^\circ$ betragen.

Weitere äußere Fehler, die bei Schweißnähten vorkommen können, sind Ansatzfehler, seien sie am Schweißnahtanfang oder an einer Stelle, an der die Naht durch einen neuen Ansatz weiterschweißt werden soll. Problematisch sind auch die Nahtenden und die dort gebildeten Endkrater sowie in zur Oberfläche offene Poren. Auf diese Fehlerarten soll aber an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Von außen ist aber leider nicht erkennbar, ob die Wurzel erfasst ist. Dies sollte im Rahmen einer werkseigenen Produktionskontrolle durch metallografische Schlitze ermittelt werden. Einen solchen Schliff durch eine Kehlnaht stellt **Bild 8** dar. Eingetragen sind hier auch die relevanten Daten wie das a-Maß (soll $a = 4 \text{ mm}$) und die Nahtbreite. Die linke Kehlnaht ist etwas ungleichschenkelig. Auch hier gibt die DIN EN ISO 5817 [4] klare Angaben vor, wie groß

Bild 6:
Zulässige Grenzabmaße von Stumpfnähten in der Deck- und Wurzellage



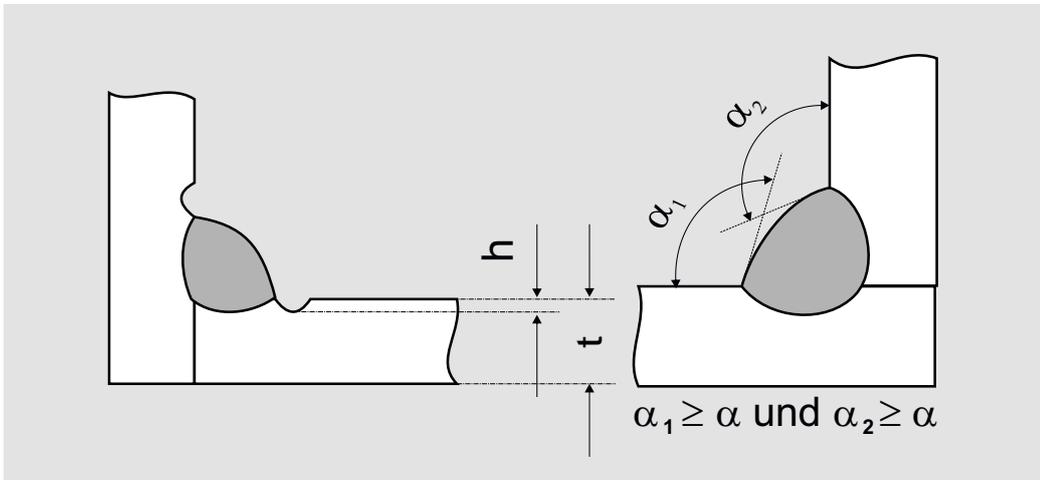


Bild 7:
Einbrandkerben (links)
und scharfe Nahtübergänge (rechts) als visuelle Fehler

die Ungleichschenkligkeit sein darf. Die jeweiligen Schenkellängen und die Schweißnahthöhe werden mit einer kalibrierten Kehlnahtlehre gemessen oder mit einem Stechzirkel abgegriffen.

Deutlich ist zu erkennen, dass der theoretische Wurzelfußpunkt, dargestellt durch den Schnittpunkt der verlängerten Blechkanten, in beiden Schweißungen erreicht wurde. Die für die Festigkeitsauslegung verwendeten Schweißnahtdicken beziehen sich auf diesen theoretischen Wurzelfußpunkt. Eine größere Einschweißtiefe, wie in beiden Schweißnähten deutlich zu erkennen ist, wird normalerweise nicht berücksichtigt. Nur wenn im Zuge einer Verfahrensprüfung die größere Einschweißtiefe sicher nachgewiesen wird, darf die größere Schweißnahtdicke als tragender Bestandteil berücksichtigt werden. Dies gilt aber nur bis zu einem maximalen Vollanschluss, also der Blechdicke.

Wird in einer Schliiffprobe, sei es anlässlich einer Verfahrensprüfung oder bei einer werkseigenen Produktionskontrolle, ein Wurzelbindefehler festgestellt, und sei dieser Bereich auch nur kurz, so ist die Schweißnaht als nicht in Ordnung zu beanstanden.

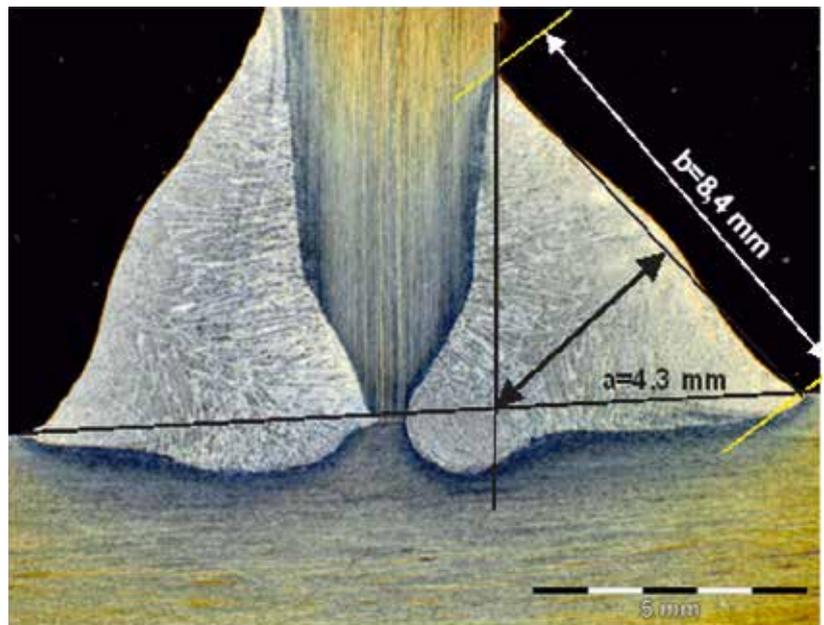


Bild 8:
Doppelkehlnähte an einer Stegverbindung, links unsymmetrisch, rechts symmetrisch

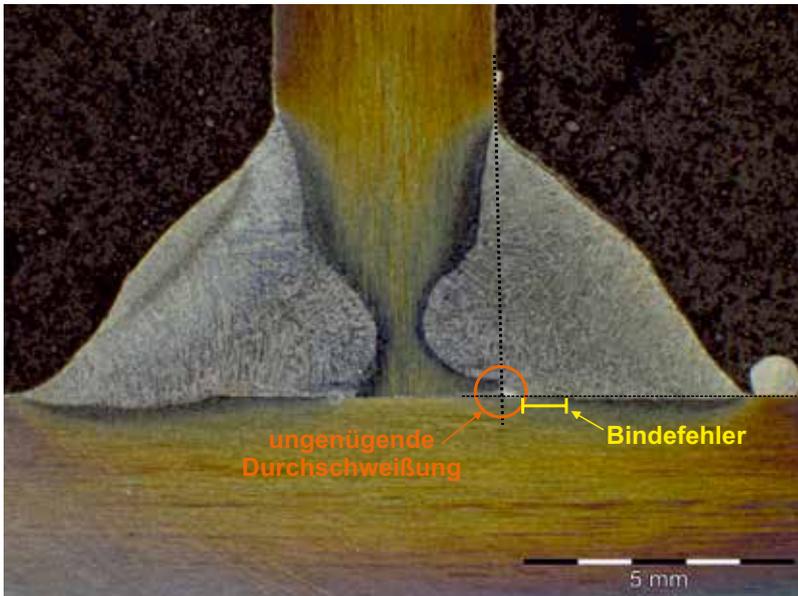


Bild 9:
Ungenügende Durchschweißung in einer MAG-Schweißnaht mit einem Flankenbindefehler im Wurzelbereich

In **Bild 9** ist eine solche fehlerhafte Schweißnaht dargestellt. Die Decklage ist leicht überwölbt und erfüllt das vorgegebene a -Maß. Der Schliff macht aber deutlich, dass der Wurzelfußpunkt, dargestellt als Schnittpunkt der gestrichelten Linie mit den durchlaufenden Blechkanten, nicht erreicht wurde (markierter Kreis). In dem Schliffbild tritt auch ein Flankenbindefehler auf, dessen Lage durch die gelbe Linie markiert ist.

Die inneren Fehler sollten im Rahmen einer werks-eigenen Produktionskontrolle für alle Schweißer und alle gängigen Produkte regelmäßig überprüft werden.

Dieser Leitfaden soll schwerpunktmäßig für die sichere Beurteilung der Schweißnahtoberfläche dienen. Wenn bei den Schliffen Fehler auftreten, wird unter Nennung der Fehlerart darauf hingewiesen.

3 Dargestellte Schweißprozesse

Es sind insgesamt sieben verschiedene Lichtbogen-Schweißprozesse dargestellt, von denen die ersten sechs als manuelle Schweißprozesse ausgeführt wurden, in denen sie auch in der Praxis Anwendung

finden. Beim siebten Prozess handelt es sich um ein automatisiertes Lichtbogenschweißverfahren, wie es insbesondere für Rohrleitungen verwendet wird. Dargestellt sind die Schweißprozesse [8,9]:

- Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG) (Prozess-Nr. 141)
- Metallschutzgas-Schweißen (MSG) als
 - MAG mit Massivdraht (Prozess-Nr. 135) und
 - MAG-Fülldraht (Prozess-Nr. 136) in den Leistungsstufen
 - Kurzlichtbogen und
 - Sprühlichtbogen
- Schweißen mit Stabelektroden (Prozess-Nr. 111) in den Schweißpositionen
 - PB und PF
- WIG-Orbitalschweißen (Position PA an einem rotierenden Rohr)

Bei den einzelnen Schweißprozessen sind die wesentlichen Schweißparameter angegeben, also die Schutzgasmenge und die chemische Zusammensetzung des Prozessgases und die zur Berechnung der Streckenenergie erforderlichen Parameter Strom, Spannung und Schweißgeschwindigkeit.

Bei den Schutzgasverfahren mit Fülldrahtelektrode und dem Schweißen mit Stabelektroden ist neben den Schweißparametern auch der Fülldraht resp. Umhüllungstyp wichtig.

Beim WIG- und auch beim MSG-Schweißen wird das flüssige Schweißgut durch Schutzgas (Argon oder $\text{Ar}+\text{CO}_2/\text{CO}_2$) vor der umgebenden Atmosphäre geschützt. Beim MSG-Schweißen wird beim Werkstoffübergang zwischen einem Kurzlichtbogen, bei dem der Werkstoffübergang bei geringer Stromstärke grundsätzlich im Kurzschluss erfolgt, und dem Sprühlichtbogen mit dem kurzschlussfreien Werkstoffübergang bei hohen Stromstärken unterschieden.

Das Erscheinungsbild der Schweißnahtausbildung hängt stark von dem Schweißverfahren ab. Bei automatisierten Schweißverfahren entstehen in der Regel glattere Oberflächen als beim manuellen Schweißen. Die Schutzgas-Schweißverfahren (WIG, MAG und Plasma) bilden glattere Oberraupen als das Lichtbogen-Handschweißen. Es hat sich gezeigt, dass eine leicht geneigte Schweißposition am besten geeignet ist, flache und glatte Schweißnähte zu erzielen.

Beim Lichtbogen-Handschweißen und den Fülldraht-Schweißverfahren mit schlackebildender Füllung wird das Schweißbad zusätzlich durch eine Schlacke geschützt.

3.1 Produktivität

Bei der Wahl des Schweißprozesses ist für den Schweißer das Aussehen der Schweißnaht nicht

das einzige Kriterium. Ein weiterer sehr wichtiger Faktor ist die Wirtschaftlichkeit des ausgewählten Schweißprozesses. Bezogen auf die Abschmelzleistung (kg/h) sind MSG- und Fülldrahtschweißen schnellere Prozesse als das WIG-Schweißen (**Bild 10**). Laser- und Plasmaschweißen sind normalerweise vollautomatische Prozesse, die nicht für das Schweißen auf der Baustelle geeignet sind. Ist das zu schweißende Blech- oder Rohrmaterial dünner als 1 mm, so ist das WIG-Schweißen das am häufigsten verwendete Verfahren. Das Handschweißen sehr dünner Materialien ist mit anderen Verfahren in der Praxis ohne Durchbrand sehr schwierig. Hier können Überlappnähte als Alternative zu Stumpfnähten dienen.

3.2 Aussehen der Schweißgutoberfläche und Optimierungsmöglichkeiten

Neben den herkömmlichen Schweißnahtmängeln sind die am häufigsten sichtbaren Fehler:

- unterschiedliche Grobheit der Schuppung,
- Einschlüsse der Oberflächenschlacke,
- konkave/konvexe Nahtausbildung,
- Spritzer.

Einige dieser Fehler sind durch die Wahl des Schweißverfahrens begründet oder haben ihre Ursache in der Handfertigkeit des Schweißers.

Beim Schweißen in Querlage ist die Wahl einer geeigneten Schweißmethode der wichtigste Faktor für die Erzielung einer glatten Schweißnahtoberfläche mit einer feinen oder nicht geschuppten Schweißnaht. Beispiele für solche Verfahren sind WIG-, Plasma-, Laser- oder Fülldrahtschweißen. Das Lichtbogenhandschweißen mit rutilumhüllten Elektroden und das MSG-Schweißen mit Sprühlichtbogen ermöglichen Nahtoberflächen mit einem fein geschuppten Muster; sie sehen jedoch nicht so an-

sprechend aus wie zum Beispiel gute WIG-Schweißnähte. Bei den aufwärts vertikalen Schutzgas-schweißungen mit dem Lichtbogen-Handverfahren verwendet der Schweißer oft eine Pendeltechnik; allerdings hat sie immer ein eher welliges, schuppiges Muster zur Folge.

Moderne Impulsstromquellen für das MSG-Schweißen ergeben eine viel bessere Oberfläche als ältere Sprühlichtbogen-Anlagen.

Bei Schweißverfahren, welche die Bildung von Schlacke zur Folge haben (Metall-Lichtbogen-schweißen, Fülldrahtschweißen), lässt sich diese normalerweise leicht entfernen. Bei Verwendung von Schutzgas-Methoden können jedoch Legierungselemente des Drahtes mit den aktiven Komponenten im Gas Schlacketeilchen bilden, die dann in der Schweißnahtoberfläche eingeschlossen sind und oft nur durch Schleifen entfernt werden können. Legierungsbestandteile, die Schlackepartikel bilden, sind Silizium und Mangan. Sauerstoff und Kohlendioxid gehören zu den Aktivgaskomponenten, die mit diesen Elementen reagieren. Ein Schweißdraht mit niedrigem Siliziumgehalt und eine verringerte Menge an Sauerstoff und Kohlendioxid im Schutzgas können die Schlackemenge reduzieren.

Das geometrische Profil der Nahtüberhöhung kann die Eigenschaften der Schweißkonstruktion beeinflussen. Eine konvexe Schweißraupe mit einem scharfen Übergangswinkel verschlechtert die Ermüdungseigenschaften – und manchmal sogar die Korrosionsbeständigkeit. MSG-Schweißen mit Kurzlichtbogen und E-Handschweißen mit basischen Stabelektroden sind Verfahren, die häufig zu einem solchen konvexen Profil führen. Konvexe Schweißraupen entstehen außerdem durch zu niedrigen

Strom (E-Schweißen), eine zu geringe Spannung (MSG-Sprühlichtbogen) oder wenn ein übermäßig langes freies Drahtende verwendet wird.

Um bei Verwendung von Schutzgas-Schweißverfahren ein optimales Erscheinungsbild zu erreichen, ist ein ausreichender Gasdurchfluss Voraussetzung. Typische Schutzgasmengen sind unten angegeben:

- WIG: 4-8 l/min,
- MSG: 12-16 l/min,
- Fülldrahtschweißen: 20-25 l/min.

In den meisten Fällen ist ein konkaves Schweißnahtprofil gewünscht. Es besteht dabei jedoch die Gefahr, dass die Schweißnaht zu dünn und der Einbrand zu niedrig ist. Verwendet der Schweißer beim E-Hand- oder WIG-Schweißen eine zu hohe Schweißgeschwindigkeit kann das Resultat negativ ausfallen, insbesondere beim Fallnahtschweißen.

Starke Spritzer sind in den meisten Fällen inakzeptabel. Sie werden hauptsächlich durch ungeeignete Schweißparameter, nicht optimiertes Schutzgas oder einen zu langen Lichtbogen verursacht.

3.3 Dargestellte Qualitätsstufen

In den in diesem Foto-Leitfaden beschriebenen Versuchsreihen wurden die Schweißungen manuell und in verschiedenen Positionen ausgeführt. Das verwendete Material ist 1.4301 mit Dicken zwischen 2 mm und 6 mm.

Es gibt drei verschiedene Qualitätsstufen des Erscheinungsbildes bei unterschiedlichen Schweißprozessen, Schweißpositionen und Nahttypen. Für jede Kombination oder jedes Schweißverfahren

sowie Schweißposition oder Nahtart werden die Schweißungen in diese drei Klassen eingeteilt. Die hier verwendeten drei Qualitätsstufen sind:

Sehr gut

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht

Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Schweißnähte, die die Mindestanforderungen nicht erfüllten, wurden nicht berücksichtigt. Die Grundidee besteht darin, eine optimale Schweißnaht zu zeigen, die in vielen Fällen nur noch ein leichtes Polieren/Beizen erfordert, um vom Endverbraucher abgenommen zu werden. Das Qualitätsniveau „Ggf. beanspruchungsgerecht“ kann in solchen Bereichen akzeptabel sein, in denen das optische Erscheinungsbild der Schweißnaht nicht von entscheidender Bedeutung ist, jedoch die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften durchaus den Anforderungen entsprechen.

3.4 Nachbehandlung der Schweißnaht

Bei den meisten Anwendungen ist das Reinigen der Schweißnaht, d.h. das Entfernen von Anlauffarben, Schlacke und anderen Oberflächenfehlern, erforderlich, um die Korrosionsbeständigkeit wiederherzustellen. Daher werden die Schweißnähte - wenn erforderlich - gebürstet, besser noch mit Glasperlen gestrahlt und gebeizt. Spritzer sind zur Sicherstellung der Korrosionsbeständigkeit ebenso wenig zugelassen wie Oberflächenporen. Risse sind in keinem Fall zulässig.

Bei einem Einsatz in korrosiver Umgebung sollten Spalte bei Kehlnähten oder im Wurzelbereich von Stumpfnähten vermieden werden. Risse sind grundsätzlich nicht zulässig und müssen beseitigt werden.

3.5 Bedeutung von geometrischen Abweichungen

Geometrische Abweichungen können für die mechanische Belastbarkeit von großer Bedeutung sein. Insbesondere für ermüdungsbelastete Teile muss wegen der Kerbwirkung auf einen sanfteren Nahtübergang geachtet werden, da andernfalls mit starken Kerbspannungen gerechnet werden muss, was eine deutliche Verminderung der Ermüdungslebensdauer bewirken kann. Die eingangs beschriebenen Abweichungen nach DIN EN ISO 5817 [4] sollen als Beispiel bei der Bewertung von Schweißnähten dienen.

3.6 Qualifikation der Schweißer

Bei der Auswahl eines bestimmten Schweißprozesses und der erforderlichen Qualitätsstufe sind Ausbildung und Qualifikation des Schweißers von großer Bedeutung. Um die Qualitätsstufe „sehr gut“ erreichen zu können, ist ein entsprechend hoch qualifizierter Schweißer einzusetzen. Ist eine Nachbearbeitung (durch Schleifen und Polieren) erforderlich, kann der Aufwand das Dreifache der eigentlichen Schweißkosten erreichen.

3.7 Prozesskosten – Wirtschaftlichkeit

Bei Auswahl des Schweißprozesses und Angabe der gewünschten Qualitätsstufe spielen die Kosten in den meisten Fällen eine entscheidende Rolle. Zur Verdeutlichung dient als Richtlinie **Bild 10**. Produktivität wird dabei anhand des abgeschmolzenen Schweißzusatzes in kg/h gemessen.

Die verschiedenen Qualitätsstufen sind nicht als absolut zu interpretieren, sondern als Abstufungen innerhalb jener Grenzen, die das jeweilige Schweißverfahren vorgibt. **Bild 10** zeigt zum Beispiel, dass eine Schweißnaht beim MSG-Sprühlichtbogen im Erscheinungsbild als „sehr gut“ (im Sinne eines „relativen Optimums“) bewertet wird, während beim Fülldrahtschweißen ein – absolut betrachtet – besseres Aussehen lediglich als „gut“ bezeichnet ist, weil das Verfahren noch eine weitere Verbesserung zuließe.

Produktivität (kg/h)

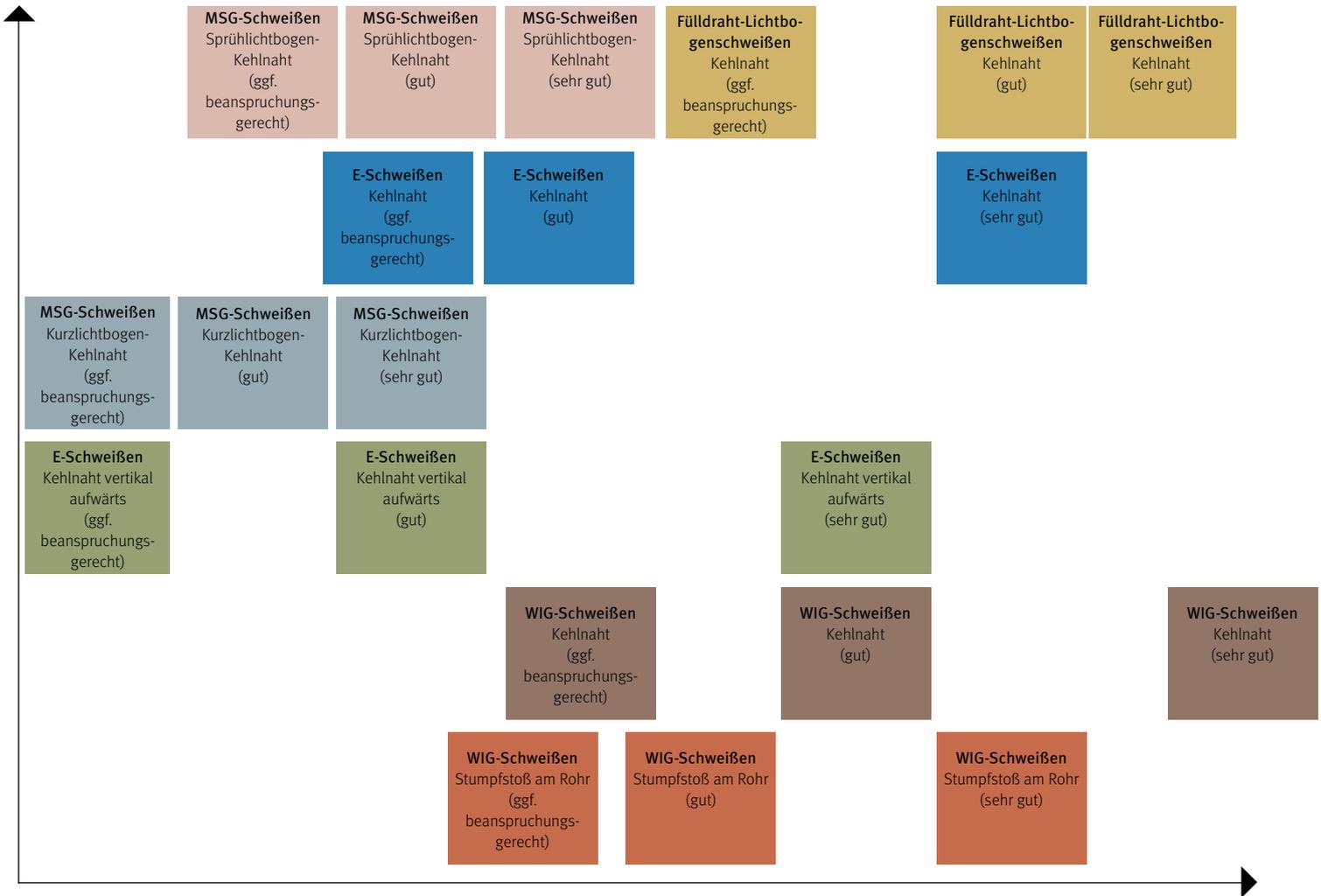


Bild 10: Produktivität des ausgewählten Schweißprozesses

Erscheinungsbild

4 Schrifttum

4.1 Normen

- [1] **DIN EN ISO 9712:2012**
Zerstörungsfreie Prüfung –
Qualifizierung und Zertifizierung von Personal
der zerstörungsfreien Prüfung
- [2] **DIN EN ISO 17637:2017**
Zerstörungsfreie Prüfung von
Schweißverbindungen – Sichtprüfung von
Schmelzschweißverbindungen
- [3] **DIN EN ISO 17635:2017**
Zerstörungsfreie Prüfung von
Schweißverbindungen – Allgemeine Regeln für
metallische Werkstoffe
- [4] **DIN EN ISO 5817:2014**
Schweißen – Schmelzschweißverbindungen
an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen
(ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen
von Unregelmäßigkeiten
- [5] **DIN EN ISO 15609-1:2019**
Anforderungen und Qualifizierung von
Schweißverfahren für metallische Werkstoffe
– Schweißanweisung - Teil 1: Lichtbogen-
schweißen
- [6] **DIN EN ISO 15614-1:2020**
Anforderungen und Qualifizierung von
Schweißverfahren für metallische Werkstoffe
– Schweißverfahrensprüfung - Teil 1:
Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen
und Lichtbogenschweißen von Nickel und
Nickellegierungen
- [7] **DIN EN ISO 15613:2004**
Anforderung und Qualifizierung von Schweiß-
verfahren für metallische Werkstoffe –
Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen
Arbeitsprüfung
- [8] **DIN EN ISO 4063:2011**
Schweißen und verwandte Prozesse – Liste der
Prozesse und Ordnungsnummern
- [9] **DIN EN ISO 6947:2020**
Schweißen und verwandte Prozesse –
Schweißpositionen

4.2 Weiterführende Literatur

Schweißen von Edelstahl Rostfrei

ISER-Merkblatt 823, 5. überarbeitete und korrigierte
Auflage, 2019

Beizen von Edelstahl Rostfrei

ISER-Merkblatt 826, 3. überarbeitete und erweiter-
te Auflage, 2006

Mechanische Oberflächenbehandlung nicht- rostender Stähle in dekorativen Anwendungen

ISER-Merkblatt 968, 2. Auflage, 2006

Pickling and Passivating Stainless Steel

Euro Inox Materials and Applications Series,
Vol. 4, 2007

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

01

WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

02

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)

03

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)

04

Fülldraht-Lichtbogenschweißen in horizontaler Position (PB)

05

E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

06

E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

07

WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

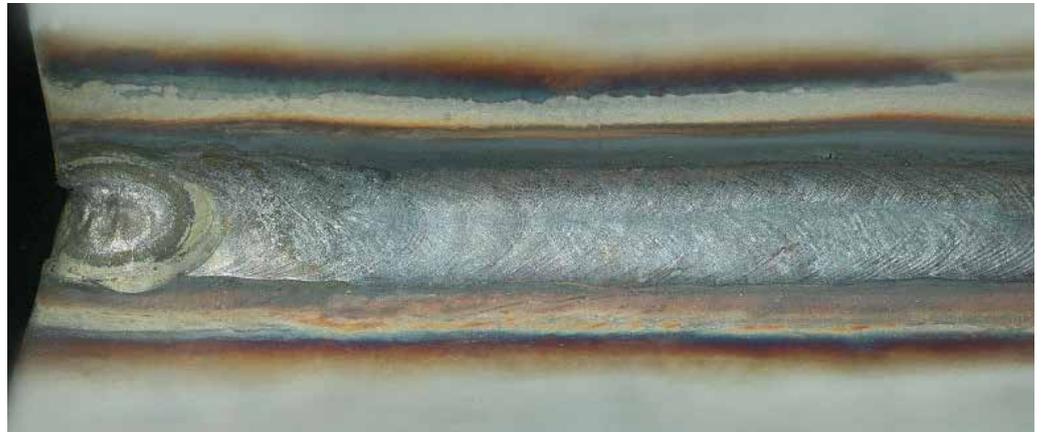
Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfaden für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

Sehr gut

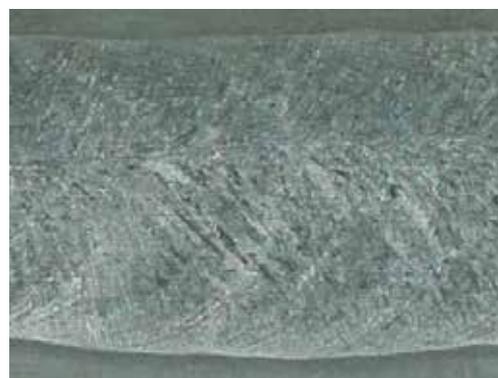
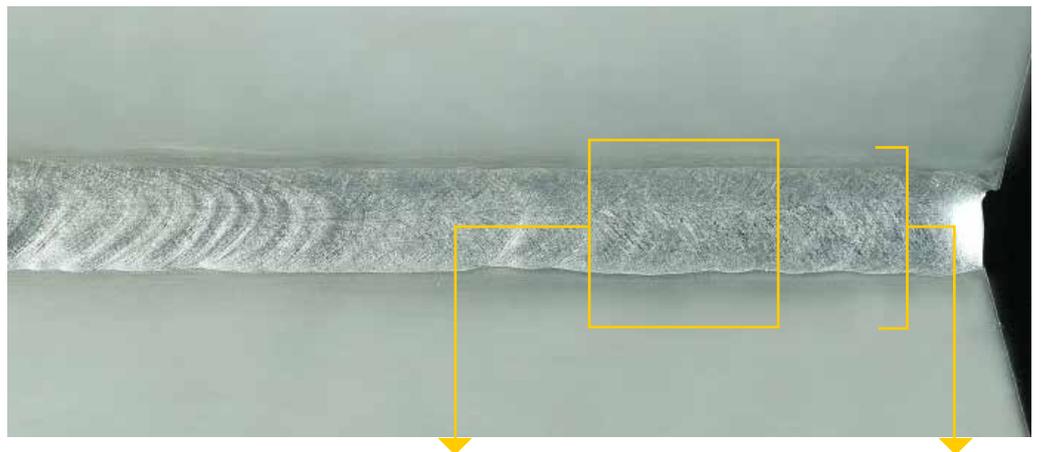


Zusatzwerkstoff: 2,4 mm, 19,9L Si Draht I : 90-110 A v : 6-9 cm/min

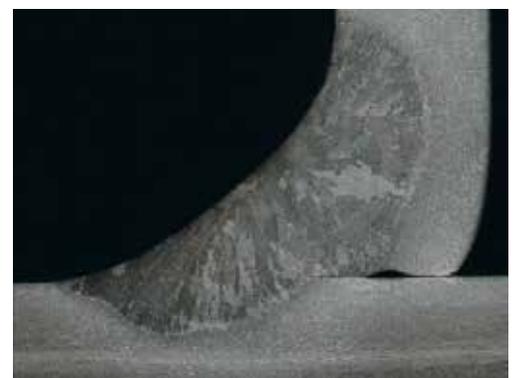
Gas: reines Argon U : 10-12 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: sehr feine Schuppung, gleichmäßige Raupe, sehr dünne Oberflächenoxide

Gereinigte
Schweißnaht
(gebeizt): gute
Schweißnahtüber-
höhung ohne Fehler /
Schlacke / Spritzer

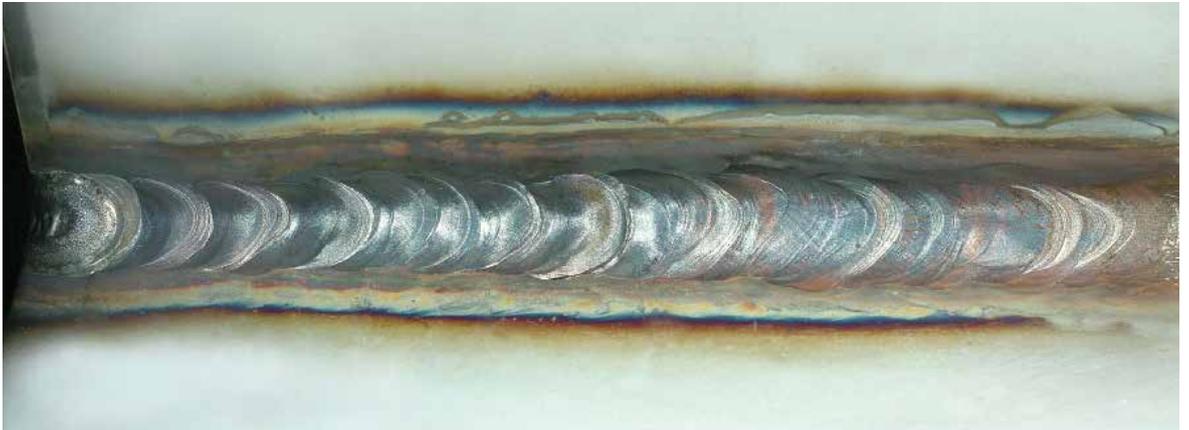


Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine konkave Schweißnaht, die auf gute Ermüdungsfestigkeit deutet, aber die Wurzel weist einen Bindefehler auf.

Gut

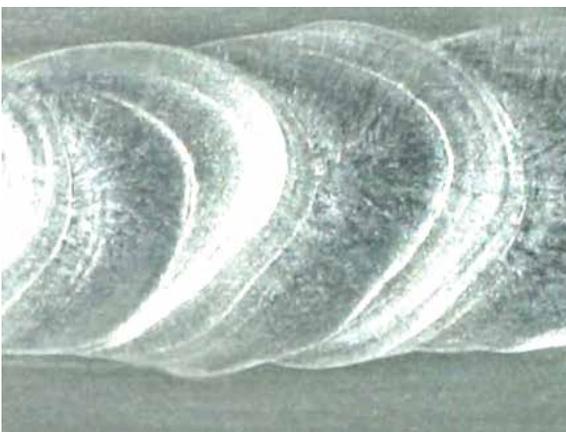
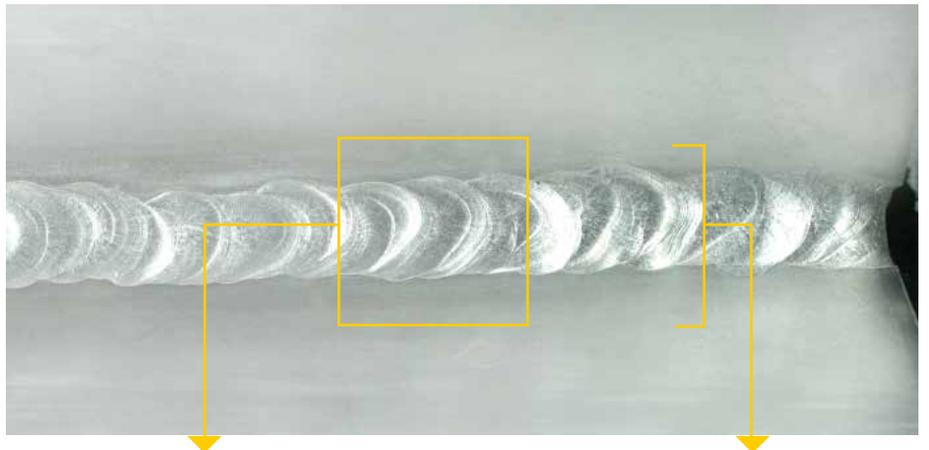


Zusatzwerkstoff: 2,4 mm, 19.9L Si Draht I : 90-110 A v : 3-10 cm/min

Gas: reines Argon U : 10-12 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: grobe Schuppung, dünne Oberflächenoxide

Gereinigte
Schweißnaht (ge-
beizt): sauber, aber
grobe Schweißnaht-
schuppung

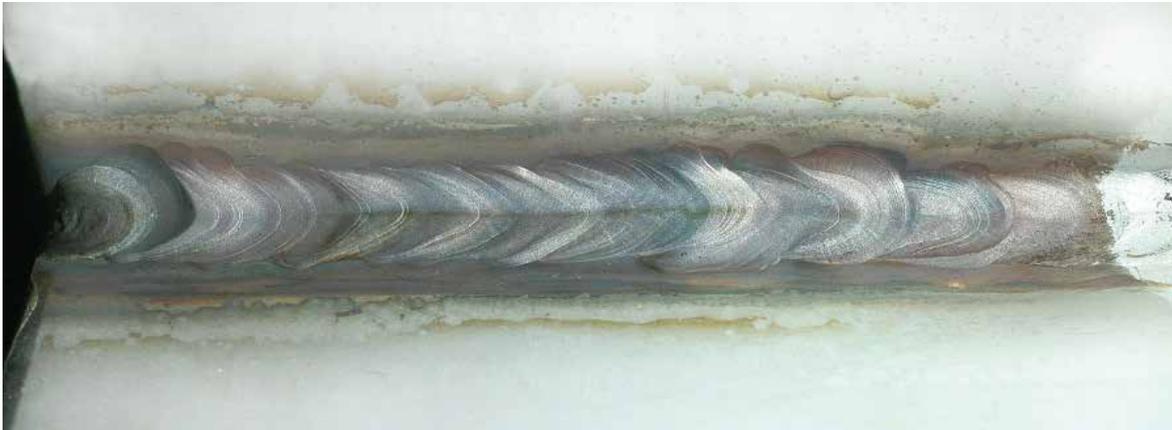


Nahaufnahme der
Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine konkave
Schweißnaht.

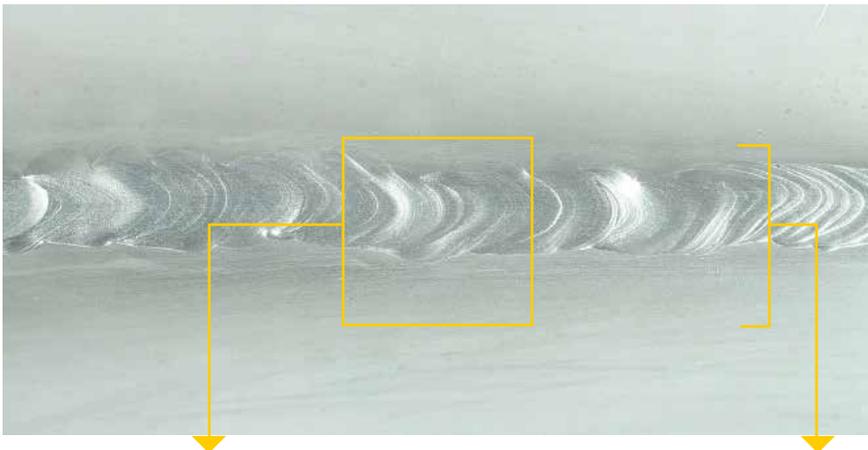
Ggf. beanspruchungsgerecht



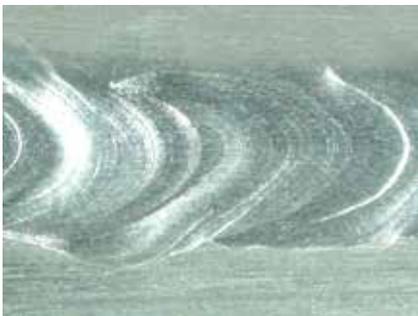
Zusatzwerkstoff: 2,4 mm, 19.9L Si Draht I : 90-110 A v : 3-10 cm/min

Gas: reines Argon U : 10-12 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: sehr grobe unregelmäßige Schuppung, dünne Oberflächenoxide auf dem Grundwerkstoff



Gereinigte
Schweißnaht (ge-
beizt): sauber, aber
unregelmäßige und
grobe Schweißnaht-
schuppung



Nahaufnahme der
Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt einen asymme-
trischen Einbrand mit nicht erfasster
Wurzel.

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

01

WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

02

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)

Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG) oder Metall-Inertgas-Schweißen (MIG),
Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG), hier als MSG-Schweißen bezeichnet

03

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)

04

Fülldraht-Lichtbogenschweißen in horizontaler Position (PB)

05

E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

06

E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

07

WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfaden für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

Sehr gut

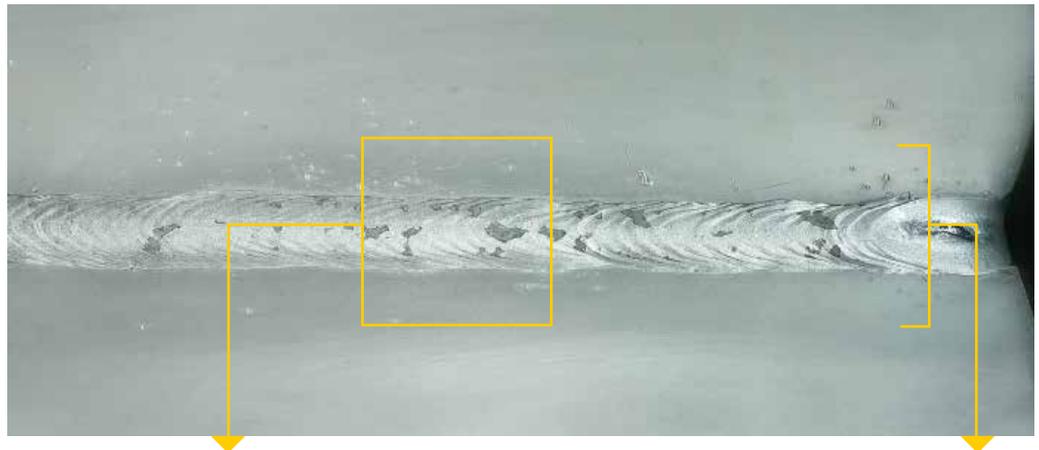


Zusatzwerkstoff: 1,0 mm, 19,9L Si Draht I : 140-170 A v : 25-30 cm/min

Gas: 98 % Ar + 2 % O₂ U : 14-19 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: feine Schuppung, Oberflächenoxide auf der Raupe und Spritzer auf dem Grundwerkstoff

Gereinigte
Schweißnaht
(gebeizt): Die in die
Oberfläche eingebet-
tete Schlacke konnte
durch Beizen nicht
entfernt werden.



Nahaufnahme der Schweiß-
nahtoberfläche mit Schlackenresten



Der Ausschnitt zeigt eine eher konvexe
Nahtüberhöhung.

Gut

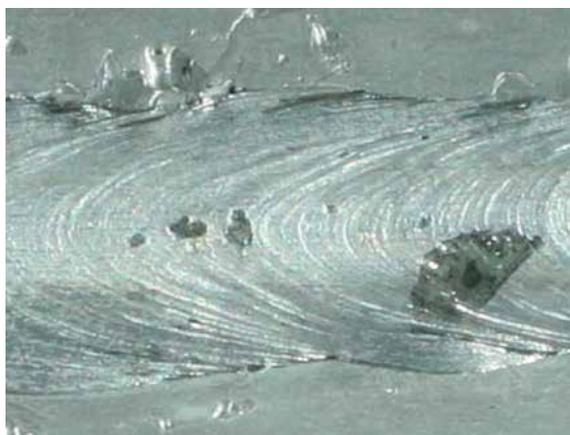
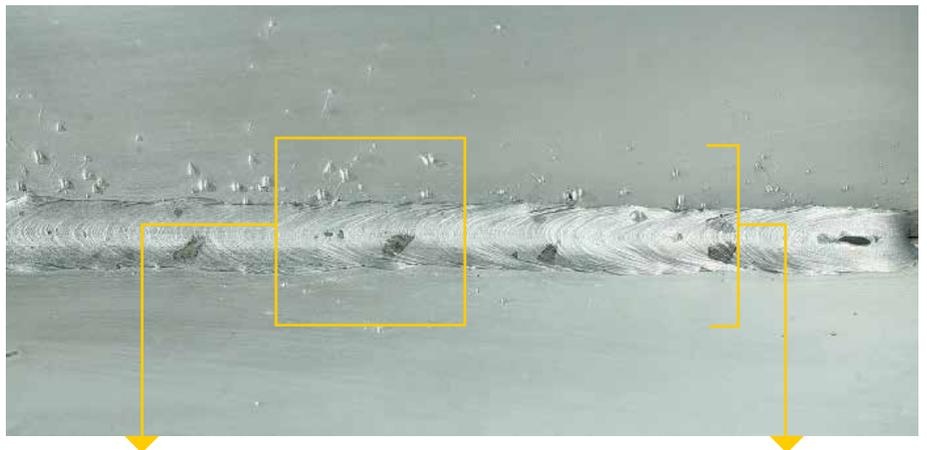


Zusatzwerkstoff: 1,0 mm, 19,9L Si Draht I : 140-170 A v : 25-30 cm/min

Gas: 98 % Ar + 2 % O₂ U : 19-21 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: grobe Schuppung; die Raupe ist unregelmäßig und es sind Oberflächenoxide vorhanden. Durch zu hohe Spannung kam es zu starken Spritzern auf den Grundwerkstoff.

Gereinigte
Schweißnaht
(gebeizt): Die Oberflächenschlacke konnte durch Beizen nicht entfernt werden.



Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche mit Oberflächenschlacke



Der Ausschnitt zeigt eine stark überwölbte Naht, wie sie bei diesem Verfahren bei einer zu geringen Vorschubgeschwindigkeit charakteristisch ist. Folge hiervon sind eher schroffe Nahtübergänge, die nachteilig für eine Ermüdungsbelastung sind.

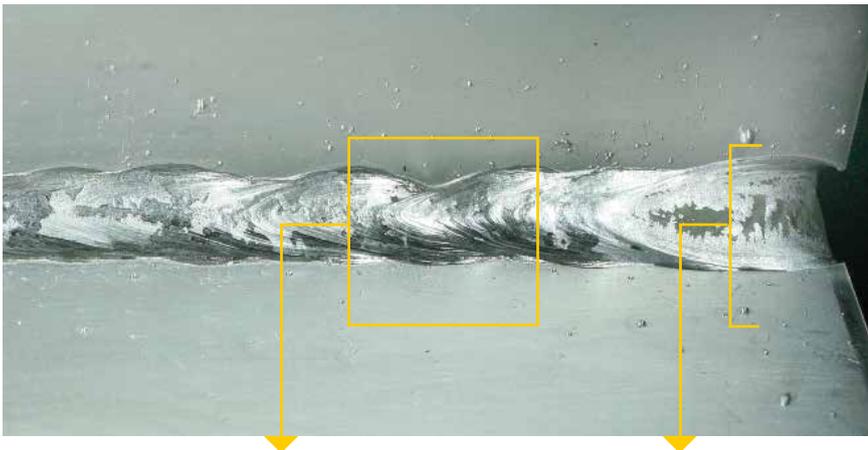
Ggf. beanspruchungsgerecht



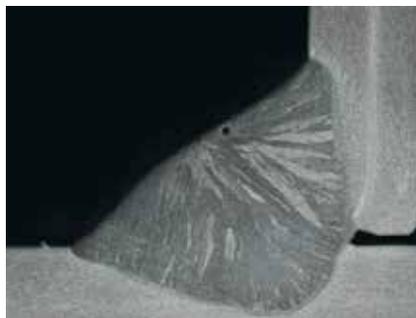
Zusatzwerkstoff: 1,0 mm, 19.9L Si Draht I : 120-140 A v : 12-16 cm/min

Gas: 98 % Ar + 2 % O₂ U : 19-21 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: grobe Schuppung; die Raupe ist unregelmäßig und es sind Oberflächenoxide vorhanden. Außerdem kam es zu starken Spritzern auf den Grundwerkstoff.



Gereinigte
Schweißnaht
(gebeizt): Die Oberflä-
chenschlacke konnte
durch Beizen nicht
entfernt werden.



Der Ausschnitt zeigt eine nahezu flache Schweißnahtausbildung. Einzelne kleine und geschlossene Poren unter der Oberfläche sind unproblematisch.

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

01 WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

02 MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)

03 MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)

Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG) oder Metall-Inertgas-Schweißen (MIG),
Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG), hier als MSG-Schweißen bezeichnet

04 Fülldraht-Lichtbogenschweißen in horizontaler Position (PB)

05 E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

06 E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

07 WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfaden für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

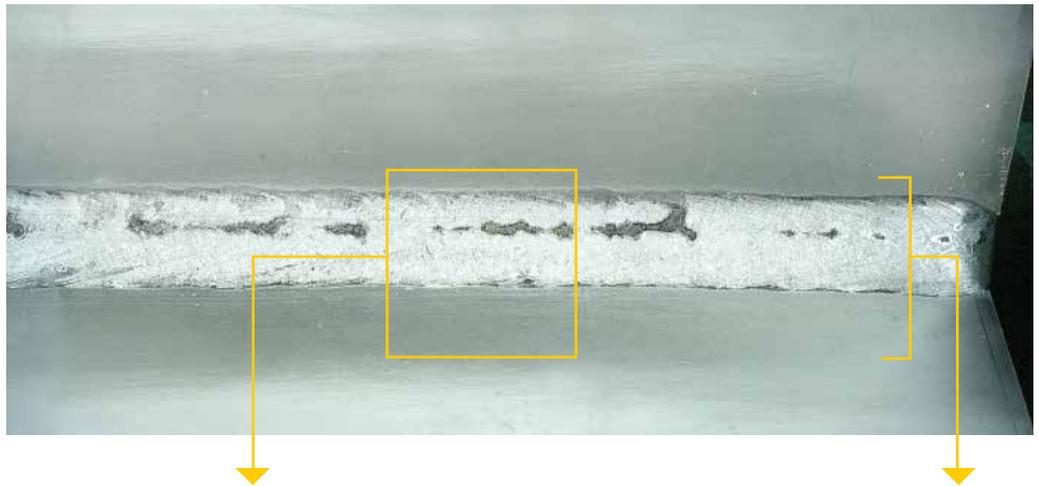
Sehr gut



Zusatzwerkstoff: 1,0 mm, 19,9L Si Draht I : 180-200 A v : 25-30 cm/min
 Gas: 98 % Ar + 2 % O₂ U : 25-29 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: Auf der Raupe befinden sich Oberflächenoxide und Schlacke.

Gereinigte
 Schweißnaht (gebeizt):
 Die eingebettete
 Oberflächenschlacke
 konnte durch Beizen
 nicht entfernt werden.



Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche



Die Schweißnaht zeigt eine Flachnaht mit einem etwas steilen Nahtübergang zum Gurtblech. Der typische fingerförmige Einbrand ist sichtbar.

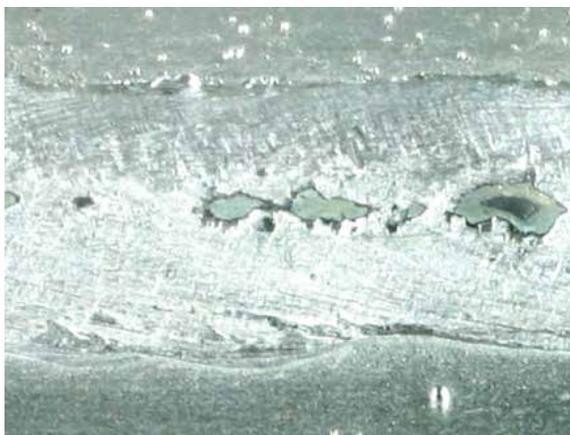
Gut



Zusatzwerkstoff: 1,0 mm, 19,9L Si Draht I : 160-180 A v : 25-30 cm/min
Gas: 98 % Ar + 2 % O₂ U : 23-25 V

Bemerkungen: Oberflächenoxide vorhanden. Außerdem sind Spritzer auf dem Grundwerkstoff. Durch Verwendung einer höheren Spannung und eines kleineren Stick-out kann die Spritzermenge reduziert werden.

Gereinigte
Schweißnaht (gebeizt):
Die Oberflächen-
schlacke konnte durch
Beizen nicht entfernt
werden.

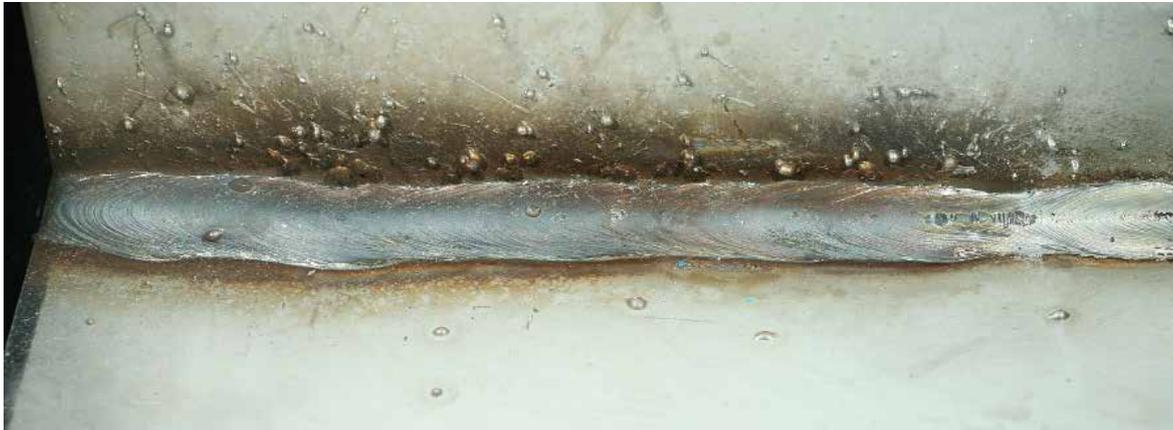


Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine asymmetrische und konvexe Nahtüberhöhung. Im Wurzelbereich ist eine Pore sichtbar.

Ggf. beanspruchungsgerecht



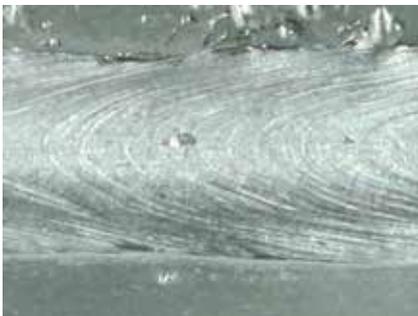
Zusatzwerkstoff: 1,0 mm, 19.9L Si Draht I : 180-200 A v : 25-30 cm/min

Gas: 98 % Ar + 2 % O₂ U : 20-23 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: Die Raupe ist unregelmäßig und es sind Oberflächenoxide aufgetreten. Es sind starke Spritzer (aufgrund geringer Spannung) auf dem Grundwerkstoff und der Schweißung.



Gereinigte
Schweißnaht (gebeizt):
Die Schlacke und auch
die Spritzer konnten
durch Beizen nicht ent-
fernt werden.



Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine konvexe Nahtüberhöhung. Eine höhere Spannung würde die Konvexität verringern. Auf der Oberfläche sind einige Spritzer. Dies ist für dieses Verfahren typisch.

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

01

WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

02

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)

03

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)

04

**Fülldraht-Lichtbogenschweißen in
horizontaler Position (PB)**

05

E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

06

E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

07

WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfaden für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

Sehr gut



Zusatzwerkstoff: 1,2 mm, 19.9L Fülldraht I : 190-210 A v : 30-40 cm/min
 Gas: 80 % Ar + 20 % CO₂ U : 26-30 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: glatte Oberfläche mit einer sehr feinen Schuppung

Gereinigte
Schweißung
mit einigen Spritzern
auf dem
Grundwerkstoff
(gebeizt)



Nahaufnahme der
Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine gute konkave
flache Nahtüberhöhung.

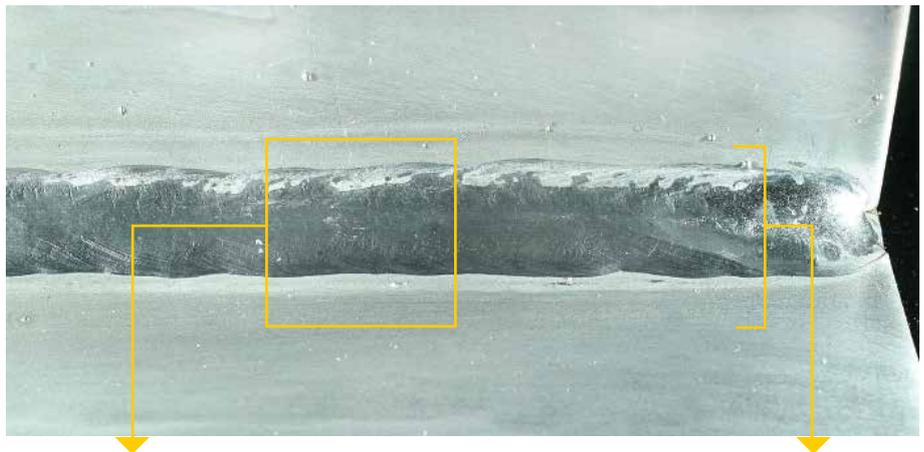
Gut



Zusatzwerkstoff: 1,2 mm, 19,9L Fülldraht I : 190-210 A v : 35-40 cm/min
Gas: 80 % Ar + 20 % CO₂ U : 26-30 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: glatte Oberfläche mit einer sehr feinen Schuppung, die Raupe ist leicht unregelmäßig

Gereinigte
Schweißung
mit einigen Spritzern
auf dem
Grundwerkstoff
(gebeizt)



Nahaufnahme der
Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine eher konvexe
flache Nahtüberhöhung.

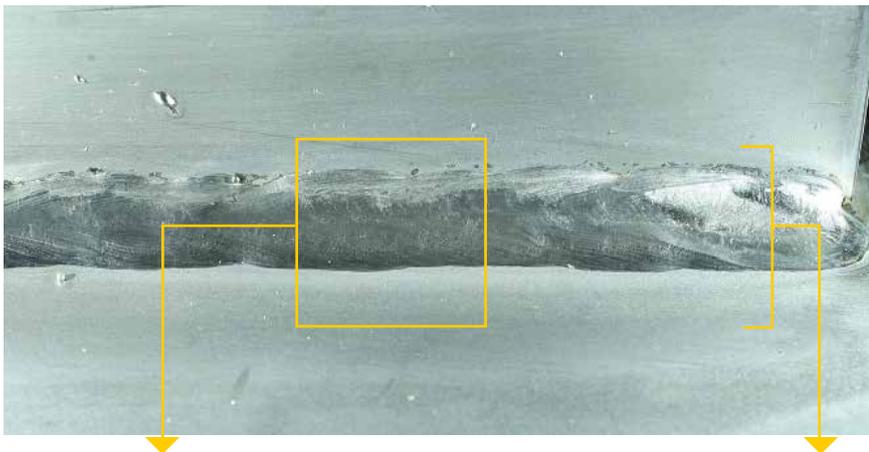
Ggf. beanspruchungsgerecht



Zusatzwerkstoff: 1,2 mm, 19.9L Fülldraht I : 190-210 A v : 35-40 cm/min

Gas: 80 % Ar + 20 % CO₂ U : 26-30 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: Die Raupe ist unregelmäßig und es sind einige Spritzer auf dem Grundwerkstoff. Ein Grund dafür kann ein zu großer Stick-out und ein zu großer Brenneranstellwinkel sein.



Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)



Nahaufnahme der
Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine leicht kon-
vexe asymmetrische Naht.

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

01

WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

02

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)

03

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)

04

Fülldraht-Lichtbogenschweißen in horizontaler Position (PB)

05

E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

Metall-Lichtbogenschweißen (E-Schweißen) oder
Metall-Lichtbogenhandschweißen (E-Handschweißen)

06

E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

07

WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

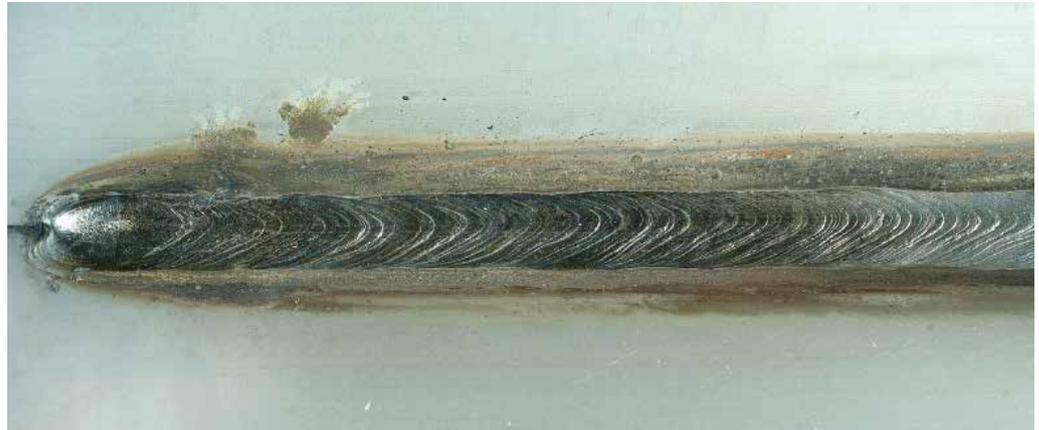
Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfaden für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

Sehr gut



Zusatzwerkstoff: 3,25 mm, 19.9L rutilumhüllt

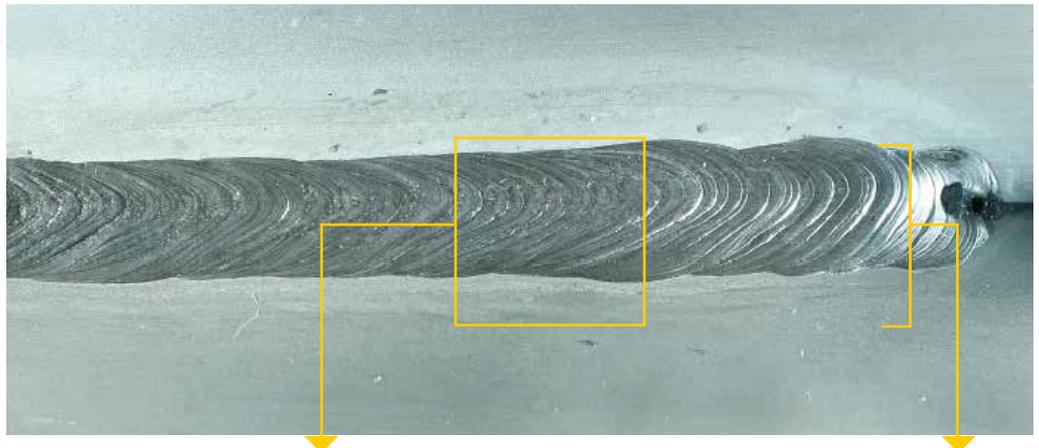
I : 95-115 A

v : 23-28 cm/min

U : 24-30 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: typische Schuppung für das E-Schweißen: Die Raupe ist gleichmäßig und es sind einige Oberflächenoxide aufgetreten.

Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)

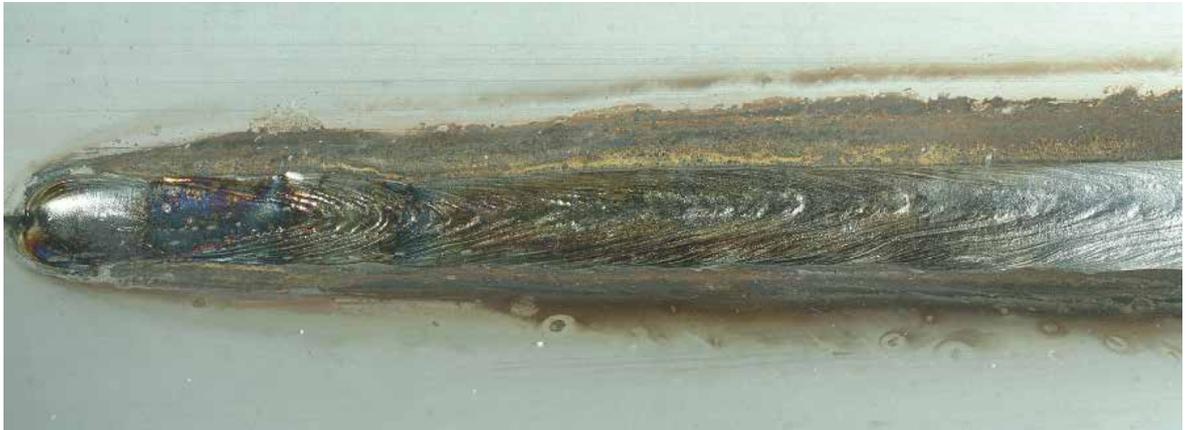


Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine sehr dünne konkave Schweißnaht mit einer ausgeprägten Ungleichschenkligkeit, Wurzelfehler.

Gut



Zusatzwerkstoff: 3,25 mm, 19,9L rutilumhüllt

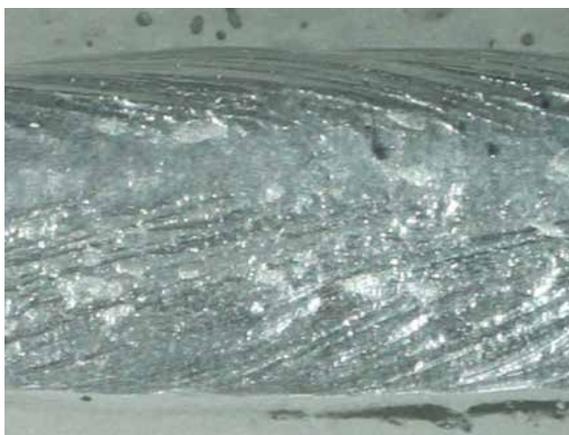
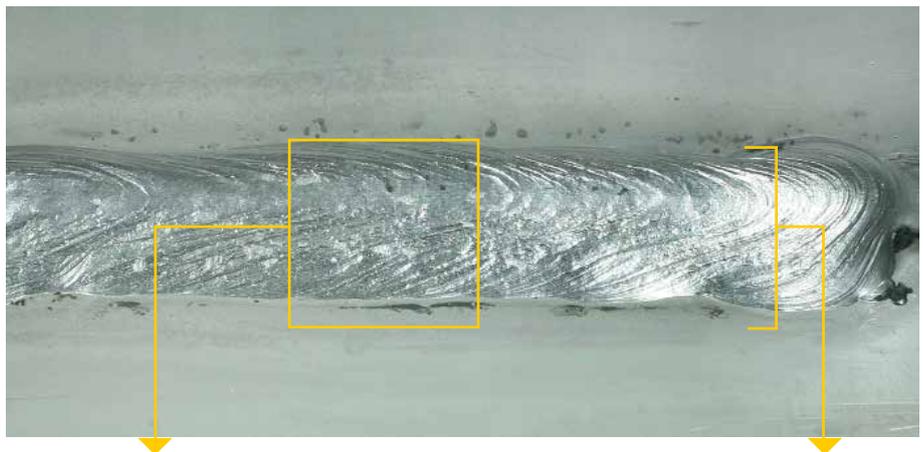
I : 95-115 A

v : 21-26 cm/min

U : 24-30 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: grobe Schuppung und einige Spritzer auf dem Grundwerkstoff

Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)

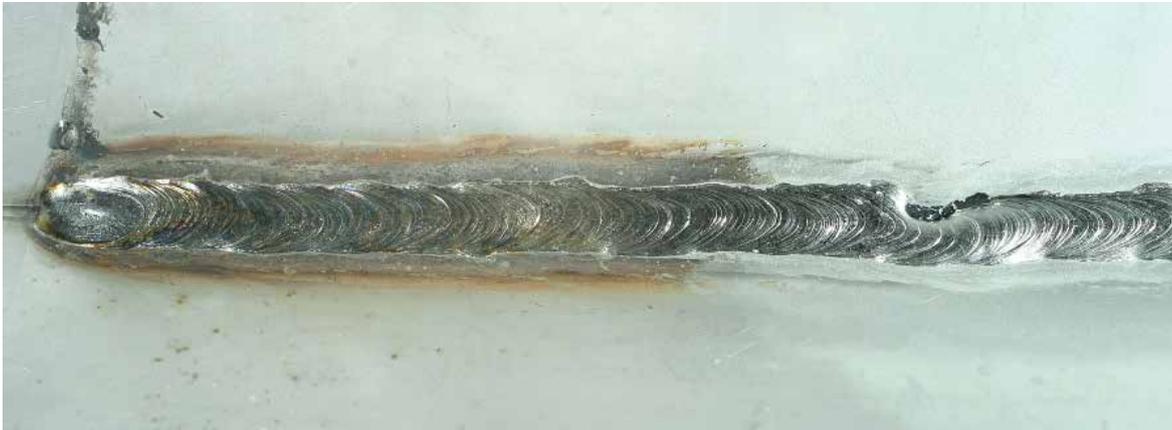


Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche



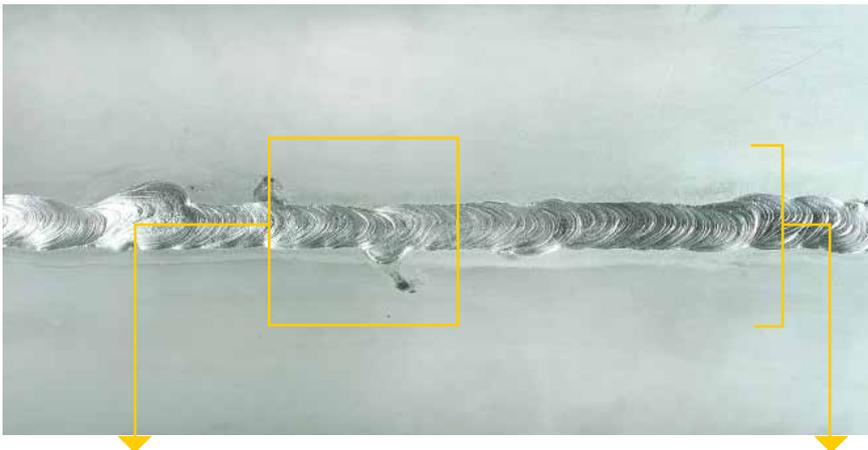
Der Ausschnitt zeigt eine konkave, flache Nahtüberhöhung.

Ggf. beanspruchungsgerecht

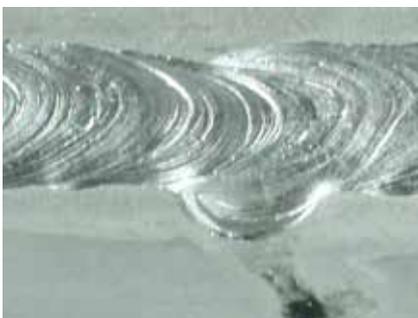


Zusatzwerkstoff: 3,25 mm, 19,9L rutilumhüllt I: 80-100 A v: 21-28 cm/min
U: 24-30 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: grobe Schuppung, unregelmäßige Schuppung und Oberflächenoxide; auf dem Grundwerkstoff sind Spritzer und eine Zündstelle zu sehen.



Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)



Nahaufnahme der
Schweißnahtoberfläche



Der Ausschnitt zeigt eine leicht konvexe Schweißnaht mit ungenügendem Wurzeleinbrand.

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

01

WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

02

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)

03

MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)

04

Fülldraht-Lichtbogenschweißen in horizontaler Position (PB)

05

E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)

06

E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

Metall-Lichtbogenschweißen (E-Schweißen) oder
Metall-Lichtbogenhandschweißen (E-Handschweißen)

07

WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfa-den für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

Sehr gut

Zusatzwerkstoff:

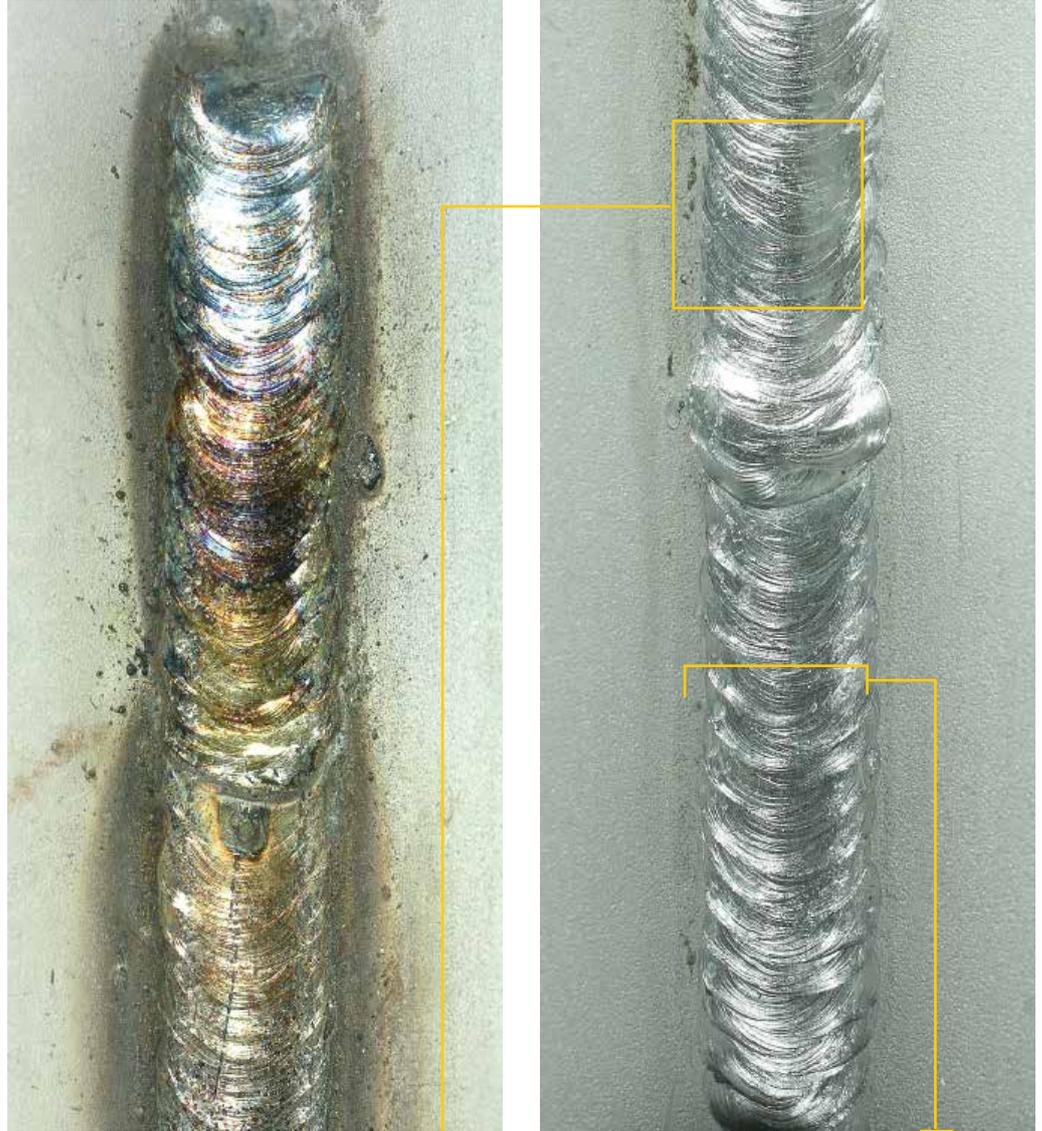
2,5 mm, 19.9L
rutilumhüllt

I: 60-70 A

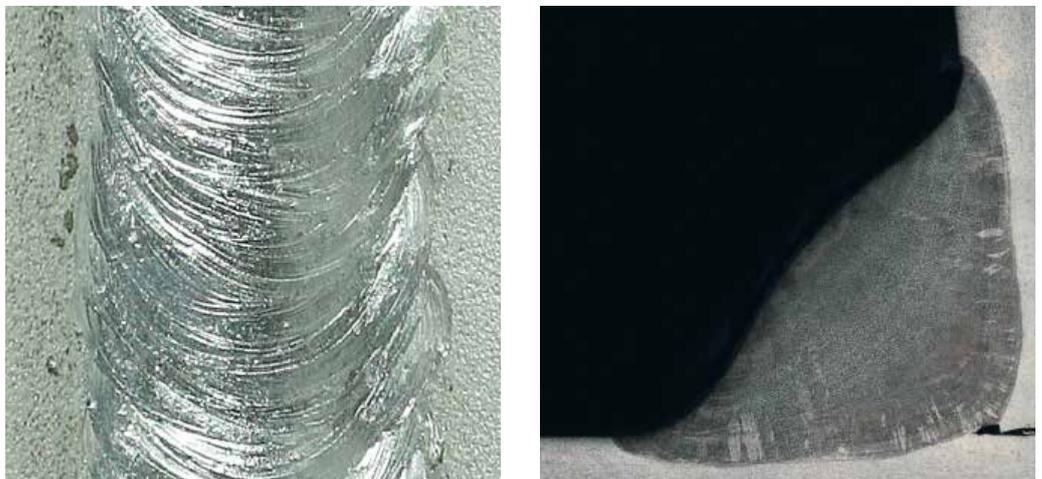
U: 21-27 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: Die grobe Schuppung ist für dieses Schweißverfahren und die Schweißposition typisch. Das linke Foto zeigt Oberflächenoxide.

Gebeizte Oberfläche (rechts)



Der Ausschnitt zeigt eine eher konvexe Nahtüberhöhung mit ungenügendem Wurzeleinbrand.



Gut

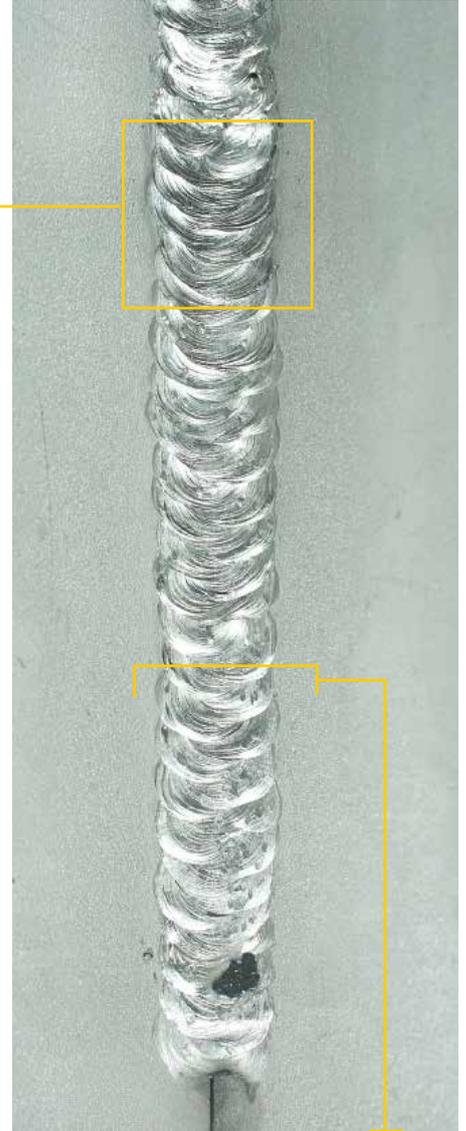
Zusatzwerkstoff: 2,5 mm, 19.9L
rutilumhüllt

I: 60-70 A

U: 21-27 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: typische Schuppung; eine zu hohe Schweißgeschwindigkeit bei der Pendeltechnik ist Grund für die grobe Schuppung.

Gereinigte Schweißung - gebeizt (rechts)



Der Ausschnitt zeigt eine flache Nahtüberhöhung. Durch eine zu hohe Schweißgeschwindigkeit ist der Wurzeleinbrand ungenügend.



Ggf. beanspruchungsgerecht



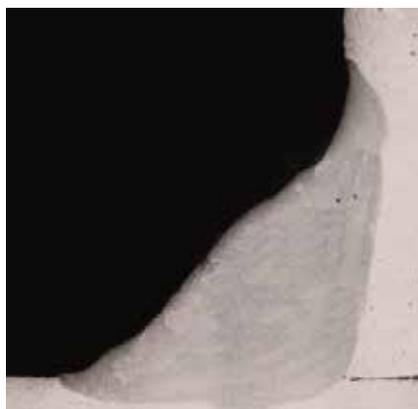
Zusatzwerkstoff: 2,5 mm, 19.9L
rutilumhüllt

I: 60-70 A

U: 21-27 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: sehr grobe Schuppung; die Raupe ist unregelmäßig und es sind starke Spritzer auf dem Grundwerkstoff. Eine zu hohe Lichtbogenlänge könnte der Grund für die Spritzer sein.

Gereinigte Schweißung - gebeizt (rechts)



Der Ausschnitt zeigt eine leichte Nahtüberhöhung und eine kleine Einbrandkerbe am Stegblech.

Foto-Leitfaden

Visuelle Beurteilung von Schweißnähten bei nichtrostendem Stahl

- 01 WIG Kehlnaht in horizontaler Position (PB)
- 02 MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Kurzlichtbogen (PB)
- 03 MSG Kehlnaht in waagerechter Position – Sprühlichtbogen (PB)
- 04 Fülldraht-Lichtbogenschweißen in horizontaler Position (PB)
- 05 E-Schweißen Kehlnaht in horizontaler Position (PB)
- 06 E-Schweißen Kehlnaht in vertikaler Aufwärtsposition (PF)

07

WIG-Orbitalschweißnaht (PA-rotierend)

Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

Beurteilungen und Hinweise

Sehr gut:

Die äußere Erscheinung der Schweißnaht entspricht unter nahezu allen Bedingungen den gestellten Anforderungen. Sie hat eine glatte Oberfläche, die keine oder allenfalls feine Schuppungen aufweist. Die Naht weist keine oder nur eine geringe Nahtüberhöhung auf.

Gut:

Die Schweißnaht entspricht unter den meisten Bedingungen den gestellten Anforderungen. Es kann aber eine mechanische Nachbehandlung notwendig sein, um eine glatte Oberfläche zu erzielen.

Ggf. beanspruchungsgerecht:

Die Schweißnaht ist in nicht-kritischen Anwendungen, vor allem in nicht sichtbaren und nicht besonderen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzten Bereichen, annehmbar. Eine mechanische Nachbehandlung kann notwendig sein, um eine glattere Oberfläche zu erzielen.

Hinweis:

Die vorliegende Unterlage ist ein allgemeiner Leitfaden für die erste optische Beurteilung und kann eine zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung nicht ersetzen. Da eine saubere metallische Oberfläche Voraussetzung für den normalen passiven Zustand von nichtrostendem Stahl ist, kann eine chemische oder mechanische Nachbehandlung erforderlich sein. Dieses Faltblatt sollte vor dem Hintergrund des einleitenden Teils dieser Broschüre sowie des Haftungsausschlusses verstanden werden.

Die Schweißnähte wurden in Bezug auf ihre äußere Erscheinung geschweißt. Im Anwendungsfall muss jeweils geprüft werden, ob die Vorgaben nach DIN EN ISO 5817 [4] eingehalten sind, dies betrifft beispielsweise die Schweißnahtdicke und die Durchschweißung.

Sehr gut

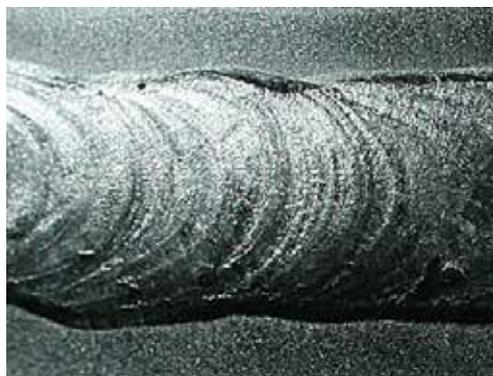
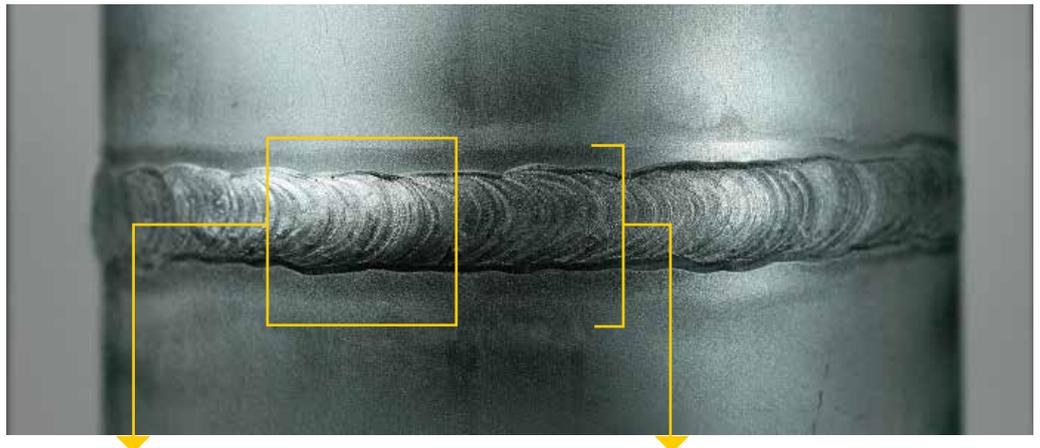


Zusatzwerkstoff: 1,6 mm, 19.9L Si Draht I : 45-55 A v : 4-6 cm/min

Gas: reines Argon U : 10-13 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: sehr glatte, feine Schuppung mit dünnen Oberflächenoxiden

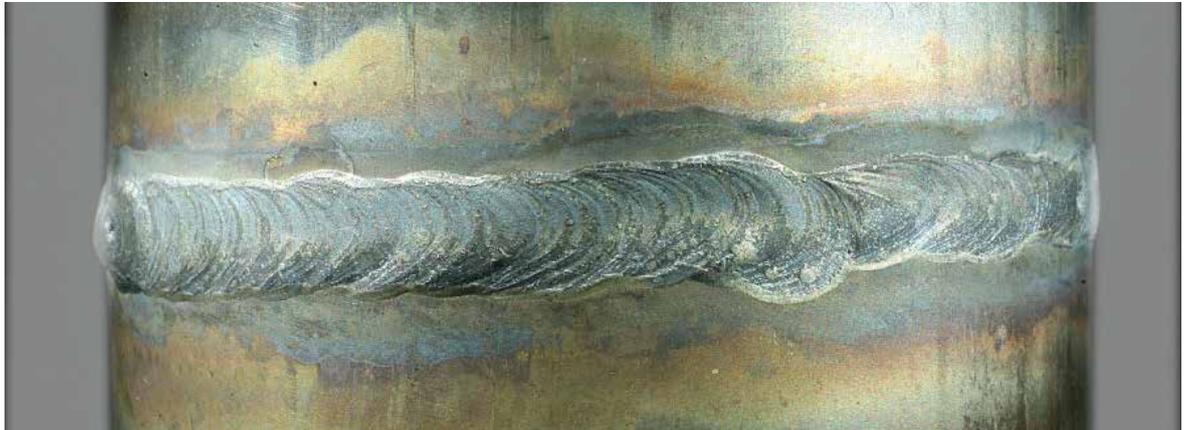
Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)



Der Ausschnitt zeigt eine Schweißung in guter geometrischer Form

Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche; zu beachten ist die Schlacke im oberen Bereich.

Gut

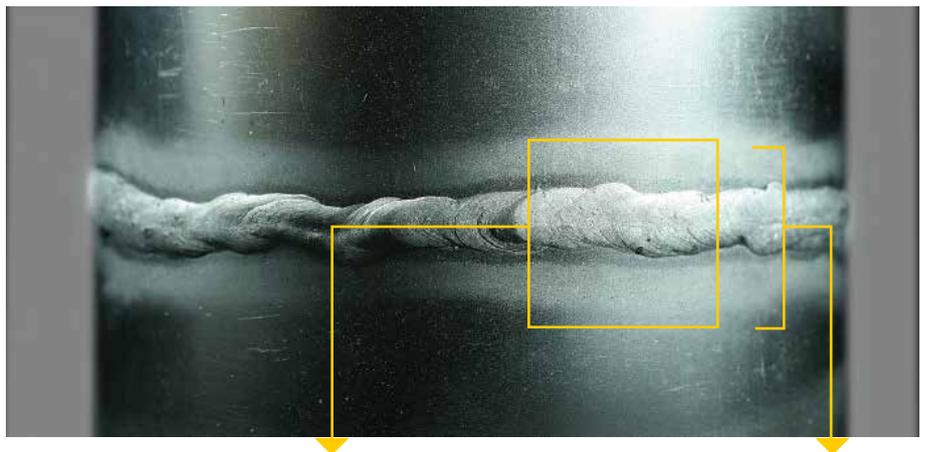


Zusatzwerkstoff: 1,6 mm, 19,9L Si Draht I : 45-55 A v : 4-6 cm/min

Gas: reines Argon U : 10-13 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: aufgrund nicht konstanter Schweißgeschwindigkeit eine eher unregelmäßige Schuppung

Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)



Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche; kleine Schlackepartikel sind sichtbar.



Der Ausschnitt zeigt einen relativ großen Einbrand, der von einem großen Spalt zwischen den Rohren herrührt.

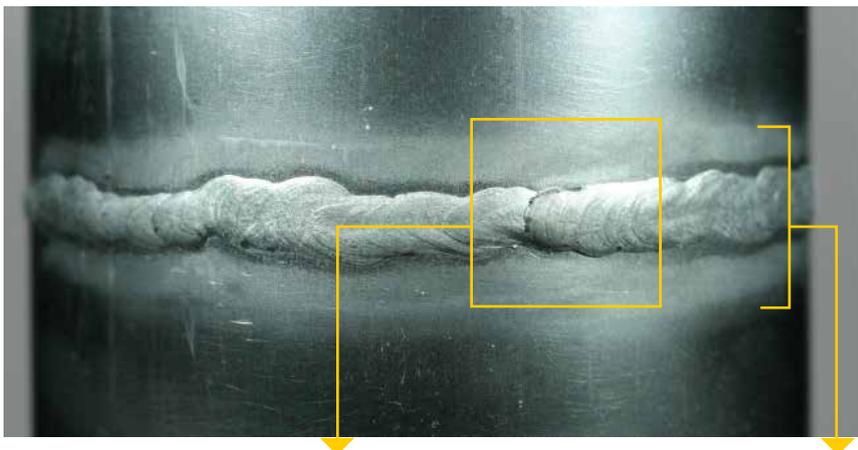
Ggf. beanspruchungsgerecht



Zusatzwerkstoff: 1,6 mm, 19,9L Si Draht I : 40-50 A v : 4-6 cm/min

Gas: reines Argon U : 10-13 V

Bemerkungen: im gerade geschweißten Zustand: unregelmäßige Schuppung aufgrund des zu niedrig gewählten Stroms



Gereinigte
Schweißung
(gebeizt)



Nahaufnahme der Schweißnahtoberfläche; Schlacke ist sichtbar



Der Ausschnitt zeigt eine Schweißung, die ohne Formiergas durchgeführt wurde. Der Wurzeldurchhang ist zu groß und im Wurzelbereich ist eine unregelmäßige, schwammige Oberfläche zu erkennen. Dies ist auf einen zu großen Wurzelspalt zurückzuführen.



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
Postfach 10 22 05
40013 Düsseldorf
www.edelstahl-rostfrei.de

