

	DIN EN ISO 5817	
ICS 25.160.40	Ersatz für DIN EN ISO 5817:2014-06	
<p>Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2023); Deutsche Fassung EN ISO 5817:2023</p> <p>Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections (ISO 5817:2023); German version EN ISO 5817:2023</p> <p>Soudage – Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) – Niveaux de qualité par rapport aux défauts (ISO 5817:2023); Version allemande EN ISO 5817:2023</p>		
Gesamtumfang 44 Seiten		
DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)		

Printed copies are uncontrolled

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5817:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem 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 092-00-04 AA „Qualitätssicherung beim Schweißen (DVS AG Q 2)“ im DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2553	siehe	DIN EN ISO 2553
ISO 4063	siehe	DIN EN ISO 4063
ISO 6520-1	siehe	DIN EN ISO 6520-1
ISO 8501-3	siehe	DIN EN ISO 8501-3
ISO 13919-1	siehe	DIN EN ISO 13919-1
ISO 17635	siehe	DIN EN ISO 17635
ISO 25901 (alle Teile)	siehe	DIN EN ISO 25901 (alle Teile)

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Der Anhang NA erklärt den Zusammenhang zwischen den Oberflächenunregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 5817 und den allgemeinen Oberflächenunregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 8501-3.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5817:2014-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) in Tabelle 1, Nrn. 1.3, 1.4, 1.16 und 3.2, die tatsächliche Kehlnahtdicke a_A verwendet;
- c) die Bilder für Tabelle 1, Nrn. 1.4, 1.5, 1.6, 1.11, 1.14, 1.16, 1.19, 2.12, 2.13 und 4.1, verändert oder hinzugefügt;
- d) Tabelle 1, Nr. 4.1: Ausschluss mehrerer Unregelmäßigkeiten und Änderung der Annahmekriterien;
- e) früherer Anhang B gestrichen;
- f) Literaturhinweise aktualisiert;
- g) Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 1912-1: 1927-04, 1932-05, 1937-05, 1956-05, 1960-07, 1976-06

DIN 8563-1: 1964-06, 1973-03, 1978-10

DIN 8563-3: 1972-04, 1975-07, 1979-01, 1985-10

DIN EN 25817: 1992-09

DIN EN ISO 5817: 2003-12, 2006-10, 2014-06

DIN EN ISO 5817 Berichtigung 1: 2007-10

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Zusammenhang zwischen den Bewertungsgruppen der DIN EN ISO 5817
und der DIN EN ISO 8501-3

Die Tabelle NA.1 zeigt den Zusammenhang zwischen den Oberflächenunregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 5817 und den allgemeinen Oberflächenunregelmäßigkeiten nach DIN EN ISO 8501-3. Diese korrespondieren nicht in allen Qualitätsstufen.

Falls eine oberflächige Schweißnahtunregelmäßigkeit vorhanden ist, kann eine weitere Bearbeitung der Oberfläche für eine nachträglich aufzubringende Beschichtung erforderlich sein, wenn dafür ein bestimmter Vorbereitungsgrad gefordert wird.

Tabelle NA.1 – Zusammenhang zwischen DIN EN ISO 5817 und DIN EN ISO 8501-3

Ordnungsnr. nach DIN EN ISO 6520-1	Benennung nach DIN EN ISO 6520-1	Beschreibung nach DIN EN ISO 8501-3	DIN EN ISO 5817			DIN EN ISO 8501-3		
			D	C	B	P1	P2	P3
602	Spritzer	Schweißspritzer	+	+	+	*	*	-
514	Unregelmäßige Nahtzeichnung	Geriffelte /profilierter Schweißnaht	+	+	+	+	*	-
615	Schlackenrest	Schweißschlacke	+	+	+	-	-	-
501	Einbrandkerbe	Randkerbe	*	*	*	+	*	-
2017	Oberflächenpore	Schweißporosität	*	*	-	+	*	-
516	Wurzelporosität		*	-	-	+	*	-
2025	Offener Endkraterlunker	Krater am Schweißnahtende	*	*	-	+	*	-
+ zulässig Einschränkung oder vom Regelwerk nicht behandelt * bedingt zulässig: zulässig unter Einhaltung von Grenzwerten - unzulässig								

Printed copies are uncontrolled

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 2553, *Schweißen und verwandte Prozesse — Symbolische Darstellung in Zeichnungen — Schweißverbindungen*

DIN EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern*

DIN EN ISO 6520-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an metallischen Werkstoffen — Teil 1: Schmelzschweißen*

DIN EN ISO 8501-3, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit — Teil 3: Vorbereitungsgrade von Schweißnähten, Kanten und anderen Flächen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten*

DIN EN ISO 13919-1, *Elektronen- und Laserstrahl-Schweißverbindungen — Anforderungen und Empfehlungen für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten — Teil 1: Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen*

DIN EN ISO 17635, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe*

DIN EN ISO 25901 (alle Teile), *Schweißen und verwandte Verfahren — Terminologie*

DIN EN ISO 5817:2023-07

— Leerseite —

Printed copies are uncontrolled

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN ISO 5817

März 2023

ICS 25.160.40

Ersetzt EN ISO 5817:2014

Deutsche Fassung

Schweißen —
Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und
deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) —
Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten
(ISO 5817:2023)

Welding —

Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their
alloys (beam welding excluded) —
Quality levels for imperfections (ISO 5817:2023)

Soudage —

Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages
soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) —
Niveaux de qualité par rapport aux défauts
(ISO 5817:2023)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Februar 2023 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2023 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN ISO 5817:2023 D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole	9
5 Bewertung von Unregelmäßigkeiten	10
Anhang A (informativ) Beispiele für die Bestimmung des prozentualen Anteils (%) der Porosität.....	32
Anhang B (informativ) Zusätzliche Kriterien für Schweißungen unter Berücksichtigung der Schwingfestigkeit.....	34
B.1 Allgemeines	34
B.2 Bewertungsgruppen	34
B.3 Weicher Übergang.....	34
B.4 Nicht voll durchgeschweißte Stumpf- und Kehlnähte.....	35
B.5 Bezeichnung	35
Literaturhinweise.....	38

Printed copies are uncontrolled

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5817:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44 „Welding and allied processes“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2023 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 5817:2014.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut/nationale Gremium des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN CENELEC Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 5817:2023 wurde von CEN als EN ISO 5817:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Directives, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Directives, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 44, *Welding and allied processes*, Unterkomitee SC 10, *Quality management in the field of welding*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 121, *Schweißen und verwandte Verfahren*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 5817:2014), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- redaktionelle Überarbeitung;
- in Tabelle 1, Nrn. 1.3, 1.4, 1.16 und 3.2, wurde die tatsächliche Kehlnahtdicke a_A verwendet;
- die Bilder für Tabelle 1, Nrn. 1.4, 1.5, 1.6, 1.11, 1.14, 1.16, 1.19, 2.12, 2.13 und 4.1, wurden verändert oder hinzugefügt;
- Tabelle 1, Nr. 4.1: Ausschluss mehrerer Unregelmäßigkeiten und Änderung der Annahmekriterien;
- früherer Anhang B wurde gestrichen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden. Offizielle Auslegungen von Dokumenten aus dem ISO/TC 44, falls vorhanden, sind auf dieser Internetseite verfügbar: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

Einleitung

Dieses Dokument soll zur Bezugnahme bei der Erstellung von Anwendungsregeln und/oder anderen Anwendungsnormen dienen. Es enthält eine vereinfachte Auswahl von Unregelmäßigkeiten an Schmelzschweißverbindungen mit Benennungen entsprechend der ISO 6520-1.

Einige Unregelmäßigkeiten nach der ISO 6520-1 sind direkt und andere als Gruppen benutzt worden. Das grundlegende Nummernbezugssystem nach der ISO 6520-1 wurde angewendet.

Der Zweck dieses Dokuments ist, typische Unregelmäßigkeiten festzulegen, die bei einer normalen Fertigung erwartet werden können. Es kann in einem Qualitätssystem für die Herstellung von geschweißten Verbindungen benutzt werden. Es legt drei Gruppen von Werten für die Maße fest, aus denen eine Auswahl für eine bestimmte Anwendung getroffen werden kann. Die Bewertungsgruppe, die für den Einzelfall notwendig ist, sollte durch die Anwendungsnorm oder durch den verantwortlichen Konstrukteur zusammen mit dem Hersteller, Anwender und/oder anderen betroffenen Stellen festgelegt werden. Die Bewertungsgruppe muss vor Fertigungsbeginn vorzugsweise im Angebots- oder Bestellstadium festgelegt werden. In Sonderfällen dürfen Zusatzangaben festgelegt werden. Wenn die Schweißnähte anschließend mit einer Schutzschicht, Auskleidung oder Farbe beschichtet werden, benötigen die Schweißnähte möglicherweise eine gründlichere Nachbehandlung oder Oberflächenbehandlung, um den Anforderungen der ISO 8501-3 zu entsprechen.

Bewertungsgruppen nach diesem Dokument sind vorgesehen, um Grundbezugsdaten zur Verfügung zu stellen und beziehen sich nicht auf irgendeine spezifische Anwendung. Sie beziehen sich auf die Schweißnähte in der Fertigung und nicht auf das ganze Erzeugnis oder Bauteil selbst. Es ist deshalb möglich, dass unterschiedliche Bewertungsgruppen für die jeweilige Schweißnaht am gleichen Bauteil oder Erzeugnis vorgeschrieben werden.

Der Hauptteil des Dokuments berücksichtigt weder die Eignung noch die zweckmäßige Auslegung. Anhang B bietet eine Möglichkeit, die Zweckmäßigkeit der Auslegung für Anwendungen unter Schwingungsbeanspruchung zu berücksichtigen.

Im Normalfall ist anzunehmen, dass für eine einzelne Schweißnaht die Toleranzwerte für die Unregelmäßigkeiten durch Festlegen einer Bewertungsgruppe bestimmt werden können. In einigen Fällen kann es nötig sein, unterschiedliche Bewertungsgruppen für verschiedene Unregelmäßigkeiten in der gleichen Schweißnaht festzulegen. Bei der Auswahl der Bewertungsgruppen für eine bestimmte Anwendung sollten die Konstruktionsgegebenheiten, die nachfolgenden Prozesse (z. B. Oberflächenbehandlung), die Beanspruchungsarten (z. B. statisch, dynamisch), die Betriebsbedingungen (z. B. Temperatur, Umgebung) und die Fehlerfolgen beachtet werden. Wirtschaftliche Faktoren sind ebenfalls wichtig und sollten nicht allein die Kosten für das Schweißen, sondern auch die für das Beaufsichtigen, Prüfen und Ausbessern enthalten.

Obwohl dieses Dokument verschiedene Arten von Unregelmäßigkeiten enthält, die für Schmelzschweißprozesse nach Abschnitt 1 zutreffen, brauchen nur diejenigen berücksichtigt zu werden, die für den eingesetzten Prozess und für die betreffende Anwendung in Betracht kommen.

Die Unregelmäßigkeiten sind mit ihrer tatsächlichen Größe angegeben und ihr Nachweis und ihre Bewertung können den Einsatz eines oder mehrerer zerstörungsfreier Prüfverfahren erfordern. Der Nachweis und die Größenbestimmung der Unregelmäßigkeiten sind abhängig von den Prüfverfahren und dem Umfang der Prüfung entsprechend der Festlegung in der Anwendungsnorm oder im Vertrag.

Die Verfahren zum Nachweis von Unregelmäßigkeiten sind nicht Gegenstand dieses Dokuments. Jedoch enthält die ISO 17635 Informationen über Wechselwirkungen zwischen den Bewertungsgruppen und den Zulässigkeitsgrenzen für verschiedene zerstörungsfreie Prüfverfahren.

DIN EN ISO 5817:2023-07
EN ISO 5817:2023 (D)

Dieses Dokument ist direkt für die Sichtprüfung von Schweißungen anwendbar. Es enthält keine Einzelheiten über die zu empfehlenden Verfahren zum Nachweis oder zur zerstörungsfreien Prüfung zur Größenbestimmung. Es sollte berücksichtigt werden, dass es Schwierigkeiten bei der Anwendung dieser Grenzen gibt, um entsprechende Kriterien, die für zerstörungsfreie Prüfverfahren, wie Ultraschallprüfung (UT, en: ultrasonic testing), Durchstrahlungsprüfung (RT, en: radiographic testing), Wirbelstromprüfung (ET, en: eddy current testing), Eindringprüfung (PT, en: penetrant testing) und Magnetpulverprüfung (MT, en: magnetic particle testing), anwendbar sind, aufzustellen und dass diese möglicherweise durch Empfehlungen für Untersuchungen, Überwachung und Prüfung ergänzt werden müssen.

Die angegebenen Werte für Unregelmäßigkeiten von Schweißnähten berücksichtigen die übliche Schweißpraxis. Anforderungen für kleinere (strengere) Werte wie in der Bewertungsgruppe B angegeben, können zusätzliche Fertigungsprozesse verlangen, z. B. Schleifen, Glätten mit dem WIG-Prozess.

Der Anhang B enthält zusätzliche Anforderungen für Ermüdungsbeanspruchungen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten an Schmelzschweißverbindungen (ausgenommen Strahlschweißen) für alle Sorten von Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen fest. Es ist anwendbar für Werkstückdicken $\geq 0,5$ mm. Es behandelt voll durchgeschweißte Stumpfnähte und alle Arten von Kehlnähten. Die Grundsätze dieses Dokuments können auch für teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte angewendet werden.

Bewertungsgruppen für strahlgeschweißte Verbindungen an Stahl enthält die ISO 13919-1.

Die drei Bewertungsgruppen sind so festgelegt, dass sie eine breite Anwendung in der schweißtechnischen Fertigung erlauben. Sie werden bezeichnet durch die Kennbuchstaben B, C und D. Die Bewertungsgruppe B entspricht den höchsten Anforderungen an die Schweißnaht.

Es werden einige Arten von Belastungen berücksichtigt, z. B. statische Belastung, Wärmebelastung, Korrosionsbelastung, Druckbelastung. Zusätzliche Leitlinien für Ermüdungsbeanspruchungen sind in Anhang B angegeben.

Die Bewertungsgruppen beziehen sich auf die Produktion und auf eine gute Fertigungsqualität.

Dieses Dokument ist anwendbar für:

- a) unlegierte und legierte Stähle;
- b) Nickel und Nickellegierungen;
- c) Titan und Titanlegierungen;
- d) manuelles, mechanisiertes und automatisches Schweißen;
- e) alle Schweißpositionen;
- f) alle Schweißverbindungen, z. B. Stumpfnähte, Kehlnähte und Rohrabzweigungen;
- g) die folgenden Schweißprozesse und ihre zugeordneten Einzelprozesse nach ISO 4063:
 - 11 Metall-Lichtbogenschweißen ohne Gasschutz;
 - 12 Unterpulverschweißen;
 - 13 Metall-Schutzgasschweißen;
 - 14 Wolfram-Schutzgasschweißen;
 - 15 Plasmaschweißen;
 - 31 Gasschweißen mit Sauerstoff-Brenngas-Flamme (nur für Stahl).

Metallurgische Gesichtspunkte wie Korngröße und Härte werden von diesem Dokument nicht erfasst.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ISO 25901 (alle Teile), *Welding and allied processes — Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach der Normenreihe ISO 25901 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

**3.1
Bewertungsgruppe**
Beschreibung der Qualität einer Schweißung auf der Basis von Art, Größe und Anzahl ausgesuchter Unregelmäßigkeiten

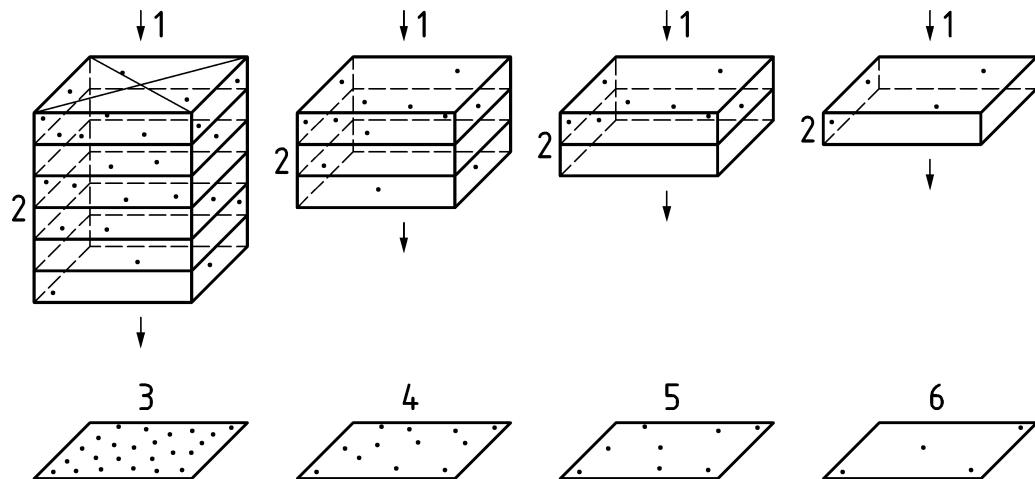
**3.2
kurze Unregelmäßigkeit**
<Schweißnähte 100 mm lang oder länger> Unregelmäßigkeit, die in einem Abschnitt von 100 mm, der die meisten Unregelmäßigkeiten enthält, die Gesamtlänge der Unregelmäßigkeiten von 25 mm nicht überschreitet

**3.3
kurze Unregelmäßigkeit**
<Schweißnähte kleiner 100 mm Länge> Unregelmäßigkeit, deren Gesamtlänge 25 % der Länge der Schweißnaht nicht überschreitet

**3.4
systematische Unregelmäßigkeit**
Unregelmäßigkeit, die sich in regelmäßigen Abständen in der Schweißnaht über die zu prüfende Schweißnahtlänge wiederholt; dabei liegen die Abmessungen der einzelnen Unregelmäßigkeiten innerhalb der festgelegten Zulässigkeitsgrenzen

**3.5
projizierte Fläche**
Fläche, auf der die über das Volumen der betrachteten Schweißnaht verteilten Unregelmäßigkeiten zweidimensional abgebildet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Gegensatz zu der Querschnittsfläche ist das Auftreten von Unregelmäßigkeiten bei der radiographischen Abbildung abhängig von der Dicke der Schweißnaht (siehe Bild 1).

**Legende**

- | | | | |
|---|------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Strahlenrichtung | 4 | dreifache Dicke |
| 2 | vier Poren je Volumeneinheit | 5 | zweifache Dicke |
| 3 | sechsfache Dicke | 6 | einfache Dicke |

Bild 1 — Durchstrahlungsaufnahmen von Proben mit identischer Porenhäufigkeit je Volumeneinheit**3.6****Querschnittsfläche**

zu betrachtende Bruchfläche oder Schliffebene

3.7**weicher Übergang**

glatte Oberfläche ohne Unregelmäßigkeiten oder Schärfe am Übergang zwischen dem Schmelzbad und dem Grundwerkstoff und/oder dem/den angrenzenden Schmelzbad/Schmelzbädern

3.8**Schwingfestigkeitsklasse****FAT_x**

Klassifizierung zur S-N-Kurve

Anmerkung 1 zum Begriff: x ist die Spannungsschwingbreite, in MPa, bei $2 \cdot 10^6$ Zyklen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ermüdungseigenschaften werden als S-N-Kurven (Stress-Number von Zykluskurven) beschrieben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Anhang B.

4 Symbole a Nahtdicke der Kehlnaht (siehe auch ISO 2553) a_A tatsächliche Nahtdicke (Nahtdicke der fertiggestellten Schweißnaht) (siehe ISO/TR 25901-1) A Poren umgebende Fläche b Breite der Nahtüberhöhung d Durchmesser einer Pore

d_A	Durchmesser der Poren umgebenden Fläche
h	Höhe oder Breite der Unregelmäßigkeit
i	Durchschweißung von Kehlnähten
l	Länge der Unregelmäßigkeit in Längsrichtung der Schweißung
l_p	Länge der projizierten Fläche oder Querschnittsfläche
r	Nahtübergangsradius
s	Nahtdicke der Stumpfnah
t	Rohrwand- oder Blechdicke (Nenngröße)
w_p	Breite der Schweißnaht oder Breite bzw. Höhe bei einer Querschnittsfläche
z	Schenkellänge einer Kehlnaht (siehe auch ISO 2553)
α	Nahtübergangswinkel
β	Winkel des Winkelversatzes

5 Bewertung von Unregelmäßigkeiten

Die Grenzen für Unregelmäßigkeiten nach ISO 6520-1 sind in der Tabelle 1 enthalten.

Sollte für den Nachweis von Unregelmäßigkeiten die Makroschliffuntersuchung eingesetzt werden, so müssen nur die Unregelmäßigkeiten berücksichtigt werden, die mit höchstens zehnfacher Vergrößerung nachgewiesen werden können. Ausgenommen davon sind Mikrobindefehler (siehe Tabelle 1, 1.5) und Mikrorisse (siehe Tabelle 1, 2.2).

Systematische Unregelmäßigkeiten sind nur bei der Bewertungsgruppe D zulässig, vorausgesetzt, dass die anderen Anforderungen nach der Tabelle 1 erfüllt sind.

Eine Schweißnaht sollte üblicherweise getrennt nach jeder Unregelmäßigkeit bewertet werden (siehe Tabelle 1, 1.1 bis 3.2).

Treten in einem Nahtquerschnitt verschiedene Arten von Unregelmäßigkeiten auf, ist eine besondere Beurteilung notwendig (siehe Mehrfachunregelmäßigkeiten in der Tabelle 1, 4.1).

Die Grenzen für Mehrfachunregelmäßigkeiten (siehe Tabelle 1) sind nur für Fälle anzuwenden, wenn die Anforderungen für eine einfache Unregelmäßigkeit nicht überschritten werden.

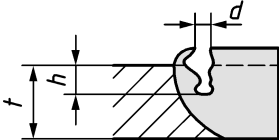
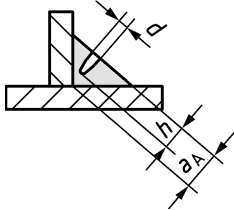
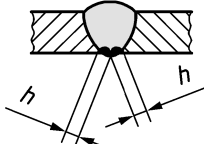
Je zwei angrenzende Unregelmäßigkeiten mit einem Abstand kleiner als das Hauptmaß der kleineren Unregelmäßigkeit müssen als eine Unregelmäßigkeit angesehen werden.

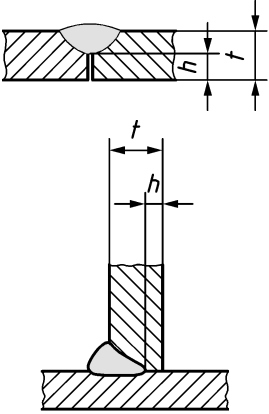
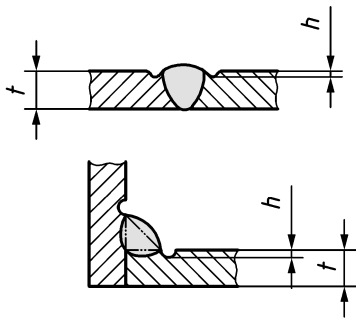
Tabelle 1 — Grenzen für Unregelmäßigkeiten

Nr.	Ordnungs- Nr. nach ISO 6520-1	Unregel- mäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1 Oberflächenunregelmäßigkeiten							
1.1	100	Riss		≥ 0,5	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig
1.2	104	Endkraterriss		≥ 0,5	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig
1.3	2017	Oberflächen- pore	Auf der Schweißnahtoberfläche oder in der Schweißnahtwurzel Größtmaß einer Einzelpore	0,5 bis 3	Stumpfnähte: $d \leq 0,3 s$ Kehlnähte: $d \leq 0,3 a_A$	Nicht zulässig	Nicht zulässig
				> 3	Stumpfnähte: $d \leq 0,3 s$, aber max. 3 mm Kehlnähte: $d \leq 0,3 a_A$, aber max. 3 mm	Stumpfnähte: $d \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm Kehlnähte: $d \leq 0,2 a_A$, aber max. 2 mm	Nicht zulässig

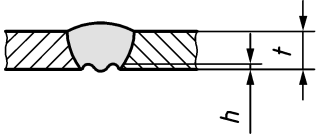
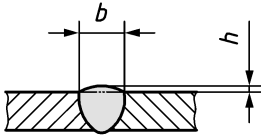
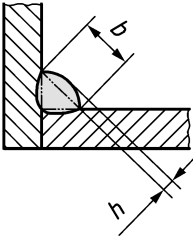
Printed copies are uncontrolled

DIN EN ISO 5817:2023-07
EN ISO 5817:2023 (D)

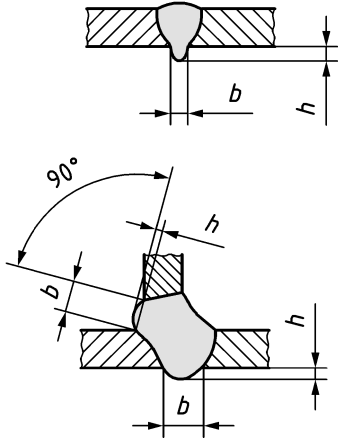
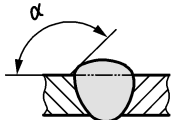
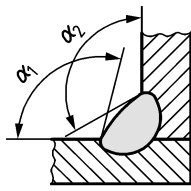
Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.4	2025	Offener Endkraterlunker	— Stumpfnähte 	0,5 bis 3	Stumpfnähte: $h \leq 0,2 s$ $d \leq 0,3 s$ Kehlnähte: $h \leq 0,2 a_A$ $d \leq 0,3 a_A$	Nicht zulässig	Nicht zulässig
			— Kehlnähte 	> 3	Stumpfnähte: $h \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm $d \leq 0,3 s$, aber max. 3 mm Kehlnähte: $h \leq 0,2 a_A$, aber max. 2 mm $d \leq 0,3 a_A$, aber max. 3 mm	Stumpfnähte: $h \leq 0,1 s$, aber max. 1 mm $d \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm Kehlnähte: $h \leq 0,1 a_A$, aber max. 1 mm $d \leq 0,2 a_A$, aber max. 2 mm	Nicht zulässig
1.5	401	Bindefehler (unvollständige Bindung)		$\geq 0,5$	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig
	4014	Mikrobindefehler	Nur nachzuweisen anhand einer mikroskopischen Untersuchung (≥ 50 -fache Vergrößerung)	$\geq 0,5$	Zulässig	Zulässig	Nicht zulässig

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.6	4021	Ungenügender Wurzeleinbrand	<p>Nur für einseitig geschweißte Stumpfnähte (durchgeschweißt)</p> 	≥ 0,5	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 t$, aber max. 2 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig
1.7	5011	Durchlaufende Einbrandkerbe	<p>Ein weicher Übergang ist erforderlich. Wird nicht als systematische Unregelmäßigkeit angesehen.</p> 	0,5 bis 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 t$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$	Nicht zulässig
	5012	Nicht durchlaufende Einbrandkerbe (kurze Unregelmäßigkeit)		> 3	$h \leq 0,2 t$, aber max. 1 mm	$h \leq 0,1 t$, aber max. 0,5 mm	$h \leq 0,05 t$, aber max. 0,5 mm

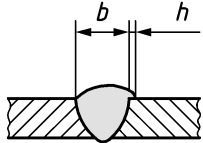
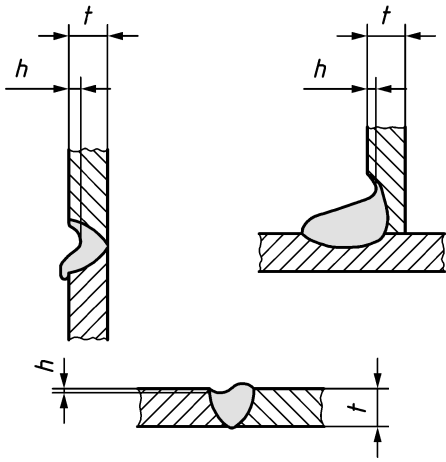
Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.8	5013	Wurzelkerben	Ein weicher Übergang ist erforderlich. 	0,5 bis 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t + 0,2 \text{ mm}$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$	Nicht zulässig
				> 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 t$, aber max. 2 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$, aber max. 1 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,05 t$, aber max. 0,5 mm
1.9	502	Zu große Nahtüberhöhung (Stumpfnast)	Weicher Übergang zwischen der/de(n) Decklage(n) der Schweißnaht und der Blechoberfläche und/oder dem/den angrenzenden Schmelzbad/Schmelzbädern ist erforderlich. 	≥ 0,5	$h \leq 0,25 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 10 mm	$h \leq 0,15 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 7 mm	$h \leq 0,1 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 5 mm
1.10	503	Zu große Nahtüberhöhung (Kehlnast)	Weicher Übergang zwischen der Decklage der Schweißnaht und der Blechoberfläche und/oder dem/den angrenzenden Schmelzbad/Schmelzbädern ist erforderlich. 	≥ 0,5	$h \leq 0,25 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 5 mm	$h \leq 0,15 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,1 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 3 mm

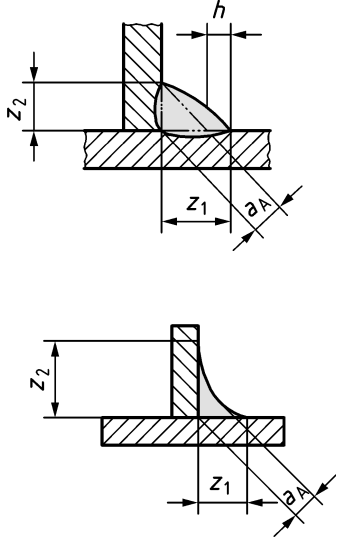
Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.11	504	Zu große Wurzelüberhöhung		0,5 bis 3	$h \leq 0,6 b + 1 \text{ mm}$	$h \leq 0,3 b + 1 \text{ mm}$	$h \leq 0,1 b + 1 \text{ mm}$
				> 3	$h \leq 1,0 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 5 mm	$h \leq 0,45 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,2 b + 1 \text{ mm}$, aber max. 3 mm
1.12	505	Schröder Nahtübergang (fehlerhaftes Nahtprofil)	— Stumpfnähte  Nicht anwendbar für die Schweißnahtwurzel	≥ 0,5	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
			— Kehlnähte  $\alpha_1 \geq \alpha$ und $\alpha_2 \geq \alpha$	≥ 0,5	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 100^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$

Printed copies are uncontrolled

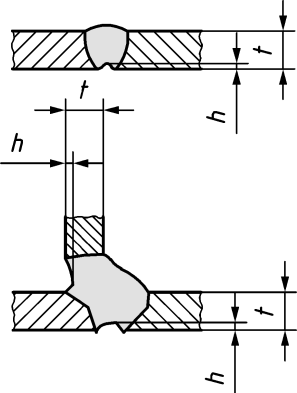
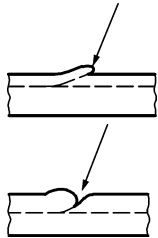
Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.13	506	Schweißgut-überlauf		≥ 0,5	$h \leq 0,2 b$	Nicht zulässig	Nicht zulässig
1.14	509	Verlaufenes Schweißgut	Ein weicher Übergang ist erforderlich.	0,5 bis 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,25 t$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$	Nicht zulässig
	511	Decklagen-unterwölbung		> 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,25 t$, aber max. 2 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$, aber max. 1 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,05 t$, aber max. 0,5 mm
1.15	510	Durchbrand	—	≥ 0,5	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig

Printed copies are uncontrolled

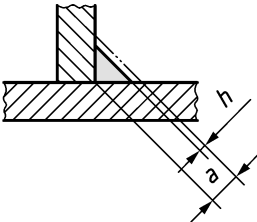
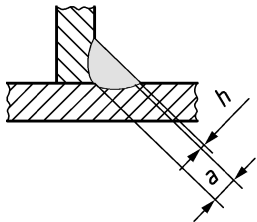
Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.16	512	Übermäßige Ungleichschenkligkeit bei Kehlnähten	<p>In Fällen, in denen eine unsymmetrische Kehlnaht nicht festgelegt worden ist.</p>  <p>$h = Z_1 - Z_2$</p>	$\geq 0,5$	$h \leq 0,2 a_A + 2 \text{ mm}$	$h \leq 0,15 a_A + 2 \text{ mm}$	$h \leq 0,15 a_A + 1,5 \text{ mm}$

Printed copies are uncontrolled

DIN EN ISO 5817:2023-07
EN ISO 5817:2023 (D)

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.17	515	Wurzelrückfall	Ein weicher Übergang ist erforderlich. 	0,5 bis 3	$h \leq 0,1 t + 0,2 \text{ mm}$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$	Nicht zulässig
				> 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 t$, aber max. 2 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 t$, aber max. 1 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,05 t$, aber max. 0,5 mm
1.18	516	Wurzelporosität	Schwammige Ausbildung der Nahtwurzel als Folge von Blasenbildungen des Schweißgutes bei der Erstarrung (z. B. mangelnder Gasschutz der Wurzel).	$\geq 0,5$	Zulässigkeit hängt ab von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz	Nicht zulässig	Nicht zulässig
1.19	517	Ansatzfehler		$\geq 0,5$	Zulässig Die Grenze hängt von der Art der Unregelmäßigkeit ab, die beim Wiederbeginn auftritt.	Nicht zulässig	Nicht zulässig

Printed copies are uncontrolled

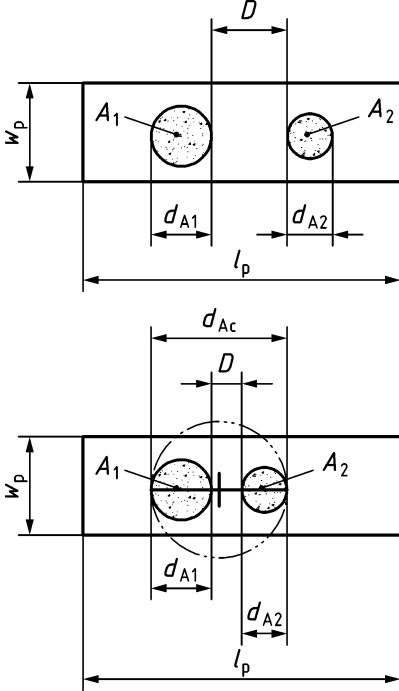
Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.20	5213	Zu kleine Kehlnahtdicke	Nicht anwendbar auf Prozesse mit Nachweis von größerem Einbrand 	0,5 bis 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 a + 0,2 \text{ mm}$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 \text{ mm}$	Nicht zulässig
				> 3	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 a + 0,3 \text{ mm}$, aber max. 2 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 a + 0,3 \text{ mm}$, aber max. 1 mm	Nicht zulässig
1.21	5214	Zu große Kehlnahtdicke	Tatsächliche Kehlnahtdicke ist zu groß 	≥ 0,5	Zulässig	$h \leq 0,2 a + 1 \text{ mm}$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,15 a + 1 \text{ mm}$, aber max. 3 mm
1.22	601	Zündstelle	—	≥ 0,5	Zulässig, wenn die Eigenschaften des Grundwerkstoffs nicht beeinflusst werden	Nicht zulässig	Nicht zulässig
1.23	602	Spritzer	—	≥ 0,5	Zulässigkeit ist abhängig von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz	Zulässigkeit ist abhängig von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz	Zulässigkeit ist abhängig von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz

Printed copies are uncontrolled

DIN EN ISO 5817:2023-07
EN ISO 5817:2023 (D)

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
1.24	610	Anlauffarben (sichtbare Oxidschicht)	—	≥ 0,5	Zulässigkeit ist abhängig von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz	Zulässigkeit ist abhängig von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz	Zulässigkeit ist abhängig von der Anwendung, z. B. Werkstoff, Korrosionsschutz
2 Innere Unregelmäßigkeiten							
2.1	100	Riss	Alle Risstypen außer Mikrorisse und Endkraterrisse	≥ 0,5	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig
2.2	1001	Mikroriss	Gewöhnlich ein Riss, der nur unter dem Mikroskop sichtbar ist (≥ 50-fache Vergrößerung)	≥ 0,5	Zulässig	Zulässigkeit ist abhängig von der Art des Grundwerkstoffs und vor allem von der Rissanfälligkeit	Zulässigkeit ist abhängig von der Art des Grundwerkstoffs und vor allem von der Rissanfälligkeit
2.3	2011 2012	Pore Porosität (gleichmäßig verteilt)	Die folgenden Bedingungen und Grenzen für Unregelmäßigkeiten müssen erfüllt sein. Zur Information siehe auch Anhang A. a1) Größtmaß der Fläche der Unregelmäßigkeiten (einschließlich systematischer Unregelmäßigkeit) bezogen auf die projizierte Fläche. Die Porosität in der Abbildungsfläche hängt von der Anzahl der Lagen ab (Volumen der Schweißnaht).	≥ 0,5	Einlagig: ≤ 2,5 % Mehrlagig: ≤ 5 %	Einlagig: ≤ 1,5 % Mehrlagig: ≤ 3 %	Einlagig: ≤ 1 % Mehrlagig: ≤ 2 %
			a2) Größtmaß der Unregelmäßigkeiten in der Querschnittsfläche (einschließlich systematischer Unregelmäßigkeit) bezogen auf die gebrochene Oberfläche (nur anwendbar für Prüfstücke bei der Fertigungs-, Schweißer- oder Verfahrensprüfung)	≥ 0,5	≤ 2,5 %	≤ 1,5 %	≤ 1 %

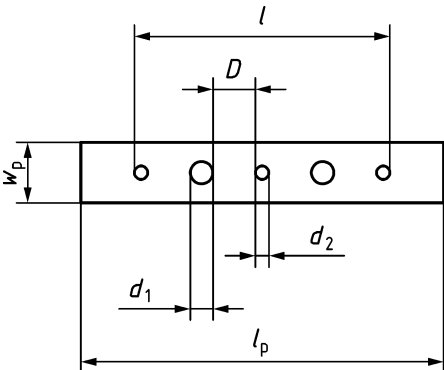
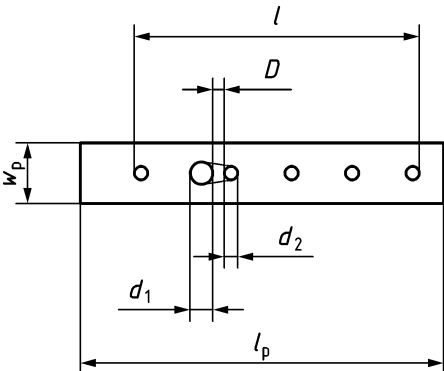
Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
			b) Größtmaß einer einzelnen Pore für — Stumpfnähte — Kehlnähte	≥ 0,5	$d \leq 0,4 s$, aber max. 5 mm $d \leq 0,4 a_A$, aber max. 5 mm	$d \leq 0,3 s$, aber max. 4 mm $d \leq 0,3 a_A$, aber max. 4 mm	$d \leq 0,2 s$, aber max. 3 mm $d \leq 0,2 a_A$, aber max. 3 mm
2.4	2013	Porennest	<div></div> <p>Referenzlänge für l_p ist 100 mm.</p> <p>Der gesamte Porenbereich innerhalb eines Porennestes wird dargestellt durch eine Hüllkurve mit dem Durchmesser d_A.</p>	≥ 0,5	$d_A \leq 25 \text{ mm}$ oder $d_{A, \text{max}} \leq w_p$	$d_A \leq 20 \text{ mm}$ oder $d_{A, \text{max}} \leq w_p$	$d_A \leq 15 \text{ mm}$ oder $d_{A, \text{max}} \leq w_p/2$

Printed copies are uncontrolled

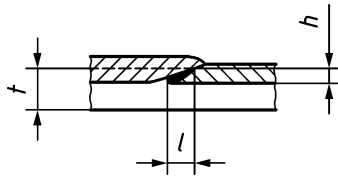
Nr.	Ordnungs- Nr. nach ISO 6520-1	Unregel- mäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
			<p>Für die Poren in der Hüllkurve müssen die Bedingungen für die Einzelpore eingehalten werden.</p> <p>Der zulässige Porenbereich muss örtlich begrenzt sein. Die Möglichkeit, dass andere Unregelmäßigkeiten verdeckt sind, muss beachtet werden.</p> <p>Wenn D kleiner als d_{A1} oder d_{A2} ist, wobei der kleinere Wert gilt, dann wird der Durchmesser d_{AC} der Hüllkurve um den gesamten Porenbereich gebildet mit $d_{AC} = d_{A1} + d_{A2} + D$.</p> <p>Systematische Porennester sind nicht zulässig.</p> <p>d_A entspricht d_{A1}, d_{A2} oder d_{AC}, je nachdem, was zutrifft.</p>				
2.5	2014	Porenzeile	— Stumpfnähte	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$, aber max. 4 mm $l \leq s$, aber max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$, aber max. 3 mm $l \leq s$, aber max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm $l \leq s$, aber max. 25 mm
			— Kehlnähte	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$, aber max. 4 mm $l \leq a$, aber max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$, aber max. 3 mm $l \leq a$, aber max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$, aber max. 2 mm $l \leq a$, aber max. 25 mm

Printed copies are uncontrolled

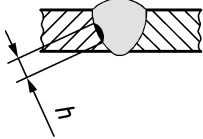
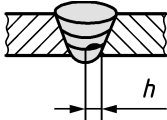
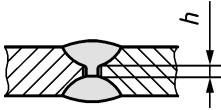
Nr.	Ordnungs- Nr. nach ISO 6520-1	Unregel- mäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
			<p>Fall 1 ($D > d_2$)</p>  <p>Fall 2 ($D < d_2$)</p>  <p>Referenzlänge für l_p ist 100 mm.</p> <p>Für Fall 1: $d_1 = h$</p> <p>Für Fall 2: $d_1 + d_2 + D = h$</p>				

Printed copies are uncontrolled

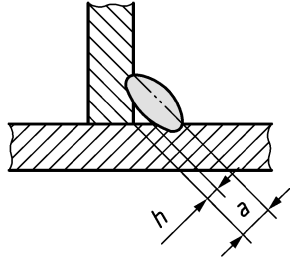
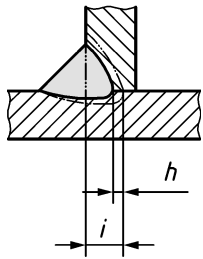
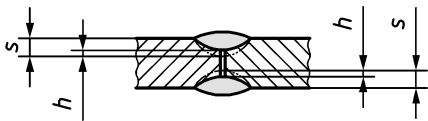
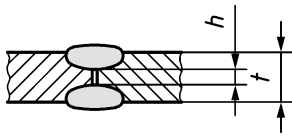
DIN EN ISO 5817:2023-07
EN ISO 5817:2023 (D)

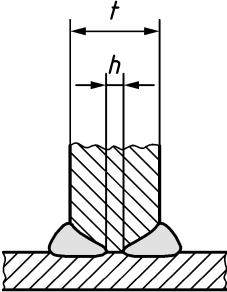
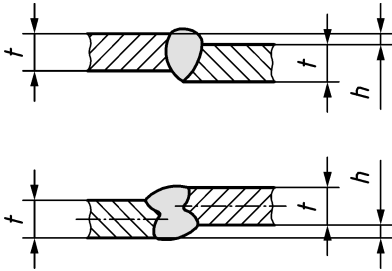
Nr.	Ordnungs- Nr. nach ISO 6520-1	Unregel- mäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
2.6	2015 2016	Gaskanal Schlauchpore	— Stumpfnähte	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$, aber max. 4 mm $l \leq s$, aber max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$, aber max. 3 mm $l \leq s$, aber max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm $l \leq s$, aber max. 25 mm
			— Kehlnähte	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$, aber max. 4 mm $l \leq a$, aber max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$, aber max. 3 mm $l \leq a$, aber max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$, aber max. 2 mm $l \leq a$, aber max. 25 mm
2.7	202	Lunker	—	$\geq 0,5$	Kurze Unregel- mäßigkeit zulässig, aber nicht bis zur Oberfläche: Stumpfnähte: $h \leq 0,4 s$, aber max. 4 mm Kehlnähte: $h \leq 0,4 a$, aber max. 4 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig
2.8	2024	Endkrater- lunker	 Das größere der Maße h oder l wird gemessen	0,5 bis 3	h oder $l \leq 0,2 t$	Nicht zulässig	Nicht zulässig
				> 3	h oder $l \leq 0,2 t$, aber max. 2 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig

Printed copies are uncontrolled

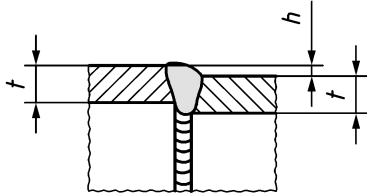
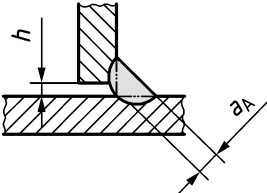
Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
2.9	300	Fester Einschluss	— Stumpfnähte	≥ 0,5	$h \leq 0,4 s$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,3 s$, aber max. 3 mm	$h \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm
	301	Schlackeneinschluss			$l \leq s$, aber max. 75 mm	$l \leq s$, aber max. 50 mm	$l \leq s$, aber max. 25 mm
	302	Flussmittelseinschluss	— Kehlnähte	≥ 0,5	$h \leq 0,4 a$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,3 a$, aber max. 3 mm	$h \leq 0,2 a$, aber max. 2 mm
	303	Oxideinschluss			$l \leq a$, aber max. 75 mm	$l \leq a$, aber max. 50 mm	$l \leq a$, aber max. 25 mm
2.10	304	Metallischer Einschluss außer Kupfer	— Stumpfnähte	≥ 0,5	$h \leq 0,4 s$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,3 s$, aber max. 3 mm	$h \leq 0,2 s$, aber max. 2 mm
			— Kehlnähte	≥ 0,5	$h \leq 0,4 a$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,3 a$, aber max. 3 mm	$h \leq 0,2 a$, aber max. 2 mm
2.11	3042	Kupfereinschluss	—	≥ 0,5	Nicht zulässig	Nicht zulässig	Nicht zulässig
2.12	401	Bindefehler (unvollständige Bindung)		≥ 0,5	Kurze Unregelmäßigkeit zulässig: Stumpfnähte: $h \leq 0,4 s$, aber max. 4 mm Kehlnähte: $h \leq 0,4 a$ aber max. 4 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig
	4011	Flankenbindefehler					
	4012	Lagenbindefehler					
	4013	Wurzelbindefehler					

Printed copies are uncontrolled

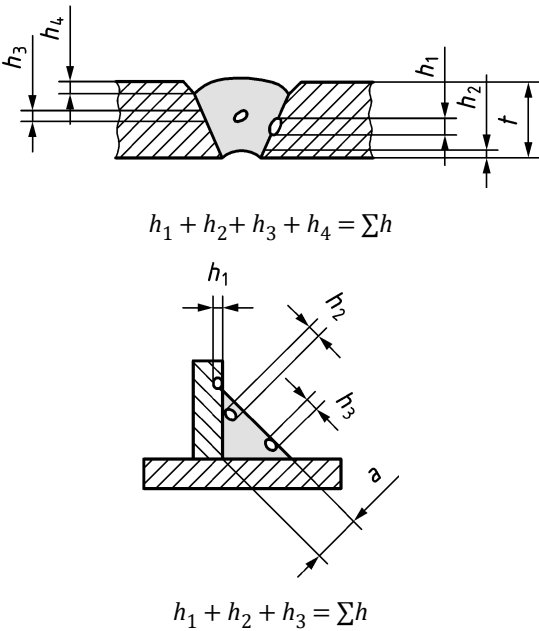
Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
2.13	4021	Ungenügender Wurzel-einbrand	 T-Stoß (Kehlnaht)	> 0,5	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 a$, aber max. 2 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig
	402	Ungenügende Durchschweißung	 T-Stoß (nicht voll durchgeschweißt)	$\geq 0,5$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 s$ oder $h \leq 0,2 i$, aber max. 2 mm	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,1 s$ oder $h \leq 0,1 i$, aber max. 1,5 mm	Nicht zulässig
			 Stumpfstoß (nicht voll durchgeschweißt)				
			 Stumpfstoß (durchgeschweißt)	$\geq 0,5$	Kurze Unregelmäßigkeit: $h \leq 0,2 t$, aber max. 2 mm	Nicht zulässig	Nicht zulässig

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
			 T-Stoß (durchgeschweißt)				
3 Unregelmäßigkeiten in der Nahtgeometrie							
3.1	507	Kantenversatz	Die Grenzwerte für die Abweichungen beziehen sich auf die einwandfreie Lage. Wenn nicht anderweitig vorgeschrieben, ist die einwandfreie Lage gegeben, wenn die Mittellinien übereinstimmen (siehe auch Abschnitt 1). t bezieht sich auf die kleinere Dicke.				
	5071	Kantenversatz bei Blechen	 Gilt für Bleche und Hohlprofile mit Längsschweißungen	0,5 bis 3	$h \leq 0,25 t + 0,2 \text{ mm}$	$h \leq 0,15 t + 0,2 \text{ mm}$	$h \leq 0,1 t + 0,2 \text{ mm}$
				> 3	$h \leq 0,25 t$, aber max. 5 mm	$h \leq 0,15 t$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,1 t$, aber max. 3 mm

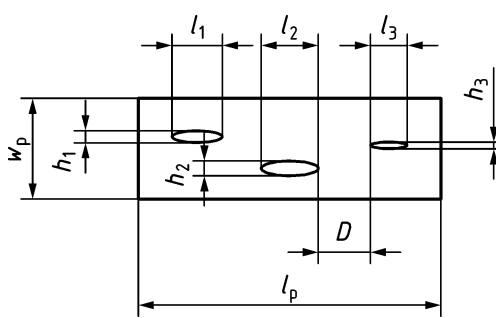
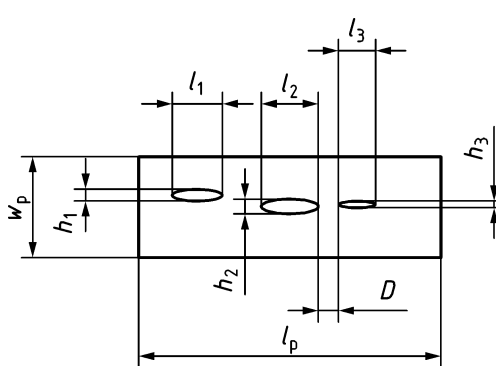
Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
	5072	Kantenversatz bei Rohren	 Gilt für Rohre und Hohlprofile mit Umfangsschweißungen	$\geq 0,5$	$h \leq 0,5 t$, aber max. 4 mm	$h \leq 0,5 t$, aber max. 3 mm	$h \leq 0,5 t$, aber max. 2 mm
3.2	617	Schlechte Passung bei Kehlnähten	Abstand zwischen den zu verbindenden Teilen. Abstände, die den zulässigen Grenzwert überschreiten, dürfen in besonderen Fällen durch eine Vergrößerung der Kehlnahtdicke ausgeglichen werden. 	0,5 bis 3	$h \leq 0,1 a_A + 0,5$ mm	$h \leq 0,1 a_A + 0,3$ mm	$h \leq 0,1 a_A + 0,2$ mm
				> 3	$h \leq 0,3 a_A + 1$ mm, aber max. 4 mm	$h \leq 0,2 a_A + 0,5$ mm, aber max. 3 mm	$h \leq 0,1 a_A + 0,5$ mm, aber max. 2 mm

Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs- Nr. nach ISO 6520-1	Unregel- mäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
4 Mehrfachunregelmäßigkeiten							
4.1	Keine	Mehrfach- unregelmäßig- keiten in beliebigem Querschnitt, die den Querschnitt verringern	502 Zu große Nahtüberhöhung, 503 Zu große Nahtüberhöhung, 504 Zu große Wurzelüberhöhung, 505 Schroffer Nahtübergang, 506 Schweißgutüberlauf, 512 Übermäßige Ungleichschenkligkeit bei Kehlnähten und 5214 Zu große Kehlnahtdicke sind ausgeschlossen.  $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \Sigma h$ $h_1 + h_2 + h_3 = \Sigma h$	0,5 bis 3 > 3	Nicht zulässig Maximale Gesamt- höhe der Unregel- mäßigkeiten: $\Sigma h \leq 0,4 t$ oder $\leq 0,4 a$	Nicht zulässig Maximale Gesamt- höhe der Unregel- mäßigkeiten: $\Sigma h \leq 0,3 t$ oder $\leq 0,3 a$	Nicht zulässig Maximale Gesamt- höhe der Unregel- mäßigkeiten: $\Sigma h \leq 0,2 t$ oder $\leq 0,2 a$

Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	Bemerkungen	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
4.2	Keine	Abbildungsfläche oder Querschnittsfläche in Längsrichtung	<p>Fall 1 ($D > l_3$)</p>  <p>$h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + h_3 \times l_3 = \sum h \times l$</p> <p>Fall 2 ($D < l_3$)</p>  <p>$h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + \left(\frac{h_2 + h_3}{2}\right) \times D + h_3 \times l_3 = \sum h \times l$</p>	$\geq 0,5$	$\Sigma h \times l \leq 16 \%$	$\Sigma h \times l \leq 8 \%$	$\Sigma h \times l \leq 4 \%$

Printed copies are uncontrolled

Nr.	Ordnungs- Nr. nach ISO 6520-1	Unregel- mäßigkeit Benennung	Bemerkungen	<i>t</i> mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
					D	C	B
			Die Summe der Oberflächen $\Sigma h \times l$ muss in Prozent bezogen auf die Bewertungsfläche $l_p \times w_p$ berechnet werden (Fall 1). Wenn <i>D</i> kleiner ist als die kleinste Länge von einer der benachbarten Unregelmäßigkeiten, muss die volle Verbindung von zwei Unregelmäßigkeiten als Summe der Unregelmäßigkeiten angesetzt werden (Fall 2). Zur Information siehe auch Anhang A.				

Printed copies are uncontrolled

Anhang A (informativ)

Beispiele für die Bestimmung des prozentualen Anteils (%) der Porosität

Bild A.1 bis Bild A.9 geben für die Porosität unterschiedliche Anteile in Prozent wieder. Diese sollten die Bewertung von Porosität in projizierten Flächen (Durchstrahlungsbildern) oder in Querschnittsflächen unterstützen.



Bild A.1 — 1 % Oberflächenanteil, 15 Poren, $d = 1\text{ mm}$



Bild A.2 — 1,5 % Oberflächenanteil, 23 Poren, $d = 1\text{ mm}$

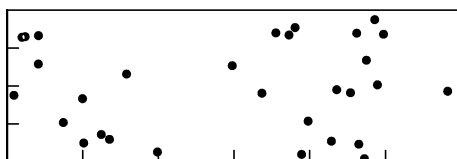


Bild A.3 — 2 % Oberflächenanteil, 30 Poren, $d = 1\text{ mm}$

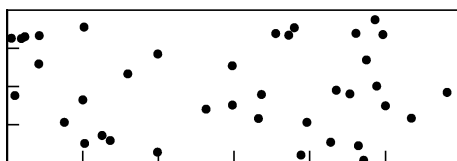


Bild A.4 — 2,5 % Oberflächenanteil, 38 Poren, $d = 1\text{ mm}$

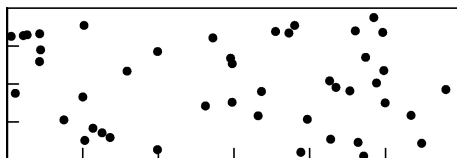


Bild A.5 — 3 % Oberflächenanteil, 45 Poren, $d = 1\text{ mm}$

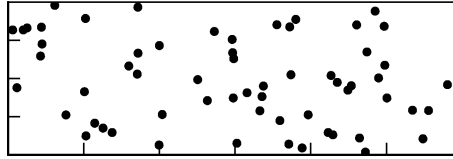


Bild A.6 — 4 % Oberflächenanteil, 61 Poren, $d = 1\text{ mm}$

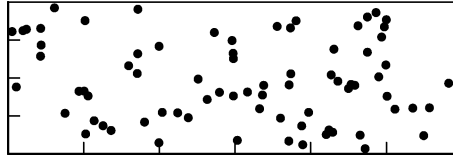


Bild A.7 — 5 % Oberflächenanteil, 76 Poren, $d = 1\text{ mm}$

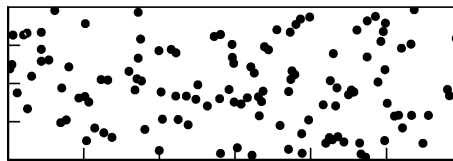


Bild A.8 — 8 % Oberflächenanteil, 122 Poren, $d = 1\text{ mm}$

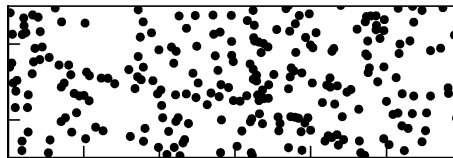


Bild A.9 — 16 % Oberflächenanteil, 244 Poren, $d = 1\text{ mm}$

Anhang B (informativ)

Zusätzliche Kriterien für Schweißungen unter Berücksichtigung der Schwingfestigkeit

B.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält zusätzliche Kriterien für die Einhaltung der Schwingfestigkeitsklassen (FAT).

In mehreren Anwendungsbereichen beziehen sich die Codes auf den Mittelwert minus zwei Standardabweichungen, was einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 97,7 % entspricht. Bezogen auf eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 95 % bei einem zweiseitigen Vertrauensniveau des Mittelwerts von 75 % (einseitig 87,5 %, bisweilen 95 %) beträgt die Differenz bei Beanspruchung unter Berücksichtigung der üblichen Streuung von Ermüdungsprüfungen weniger als 2 % und darf daher vernachlässigt werden.

Für Schweißnähte unter Schwingbelastung sollten die Kriterien aus Tabelle 1 entsprechend Abschnitt B.2 bis Abschnitt B.5 ergänzt werden.

B.2 Bewertungsgruppen

Die zusätzlichen Kriterien für die Bewertungsgruppen B und C sind an die Grenzen für die Unregelmäßigkeiten der FAT 90 für die Bewertungsgruppe B vorgegeben als B90 und der FAT 63 für die Bewertungsgruppe C vorgegeben als C63 anzupassen.

Die Bewertungsgruppe B125 repräsentiert FAT 125. Diese enthält zusätzliche Kriterien für einige Unregelmäßigkeiten der Bewertungsgruppe B. Die Bewertungsgruppe B125 wird im Allgemeinen nicht allein durch Schweißen erreicht.

Kehlnähte sind nicht Bestandteil der Bewertungsgruppe B125.

Anhang B gilt nicht für die Bewertungsgruppe D.

Zusätzliche Kriterien gelten nicht für die Bewertungsgruppe D.

ANMERKUNG Die Bewertungsgruppe C63 schließt FAT 63 und geringer, die Bewertungsgruppe B90 schließt FAT 90 und geringer, und die Bewertungsgruppe B125 schließt FAT 125 und geringer ein.

Die Tabelle B.1 enthält zusätzliche Kriterien für die Bewertungsgruppen C und B für Schweißnähte unter Schwingungsbeanspruchung. In der Spalte für die Bewertungsgruppe B125 sind zusätzliche Kriterien für die Bewertungsgruppe B angegeben. Wenn keine Beschränkungen angegeben sind, entspricht die Bewertungsgruppe B125 der Bewertungsgruppe B.

B.3 Weicher Übergang

Für einen weichen Nahtübergang in der Tabelle 1 ist der Übergangsradius entsprechend der Tabelle B.1, 1.12, anzuwenden.

B.4 Nicht voll durchgeschweißte Stumpf- und Kehlnähte

Für nicht voll durchgeschweißte Stumpf- und Kehlnähte sollte der Konstruktionswert für die Durchschweißung zusammen mit den Grenzwerten für Unregelmäßigkeiten berücksichtigt werden, sodass sie entsprechend der Bewertungsgruppe gelten.

ANMERKUNG Sind keine Werte für die Durchschweißung vorhanden, können die Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten unberücksichtigt bleiben, solange die Zeitschwingfestigkeit durch einen konstruktionsbedingten Wurzelriss beeinflusst wird.

Für die Anwendung der FAT auf die Bewertungsgruppen sollte die Eindringtiefe auf der Innenseite der Schweißnaht (Wurzelseite), vorgegeben durch Informationen aus der Zeichnung, mit geeigneten Analyseverfahren bestimmt und zu einem späteren Zeitpunkt durch eine Inspektion bewertet werden.

B.5 Bezeichnung


Zur Angabe, dass die Qualitätskriterien ebenfalls die Kriterien aus dem Anhang B enthalten, werden zusätzlich in der Bezeichnung für die Bewertungsgruppen B und C die charakteristische FAT vermerkt.

BEISPIEL 1 ISO 5817-C63.

BEISPIEL 2 ISO 5817-B90.

BEISPIEL 3 ISO 5817-B125.

Tabelle B.1 — Zusätzliche Kriterien zu Tabelle 1 für Schweißungen unter Ermüdungsbelastung

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
				C 63 ^c	B 90 ^c	B 125
1.5	401	Mikrobindefehler	≥ 0,5	a	a	a
1.7	5011 5012	Durchlaufende Einbrandkerbe Nicht durchlaufende Einbrandkerbe	> 3	a	a	Nicht zulässig
1.8	5013	Wurzelkerbe	> 3	a	a	Nicht zulässig
1.9	502	Zu große Nahtüberhöhung (Stumpfnäht)	≥ 0,5	a	a	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 b$, max. 2 mm
1.10	503	Zu große Nahtüberhöhung (Kehlnäht)	≥ 0,5	a	a	b
1.11	504	Zu große Wurzelüberhöhung	0,5 bis 3	a	a	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,05 b$
			> 3	a	a	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,05 b$, aber max. 1 mm
1.12	505	Schroffer Nahtübergang, Nahtübergangswinkel bei Kehlnähten	≥ 0,5	a	a	a
—	5052	Schroffer Nahtübergang, Nahtübergangsradius 5052 	> 3	b	$r \geq 1 \text{ mm}$	$r \geq 4 \text{ mm}$

DIN EN ISO 5817:2023-07
EN ISO 5817:2023 (D)

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
				C 63 ^c	B 90 ^c	B 125
1.14	509 511	Verlaufenes Schweißgut Decklagenunterwölbung	> 3	a	a	Nicht zulässig
1.16	512	Übermäßige Ungleichschenkligkeit bei Kehlnähten	$\geq 0,5$	a	a	b
1.17	515	Wurzelrückfall	> 3	a	a	Nicht zulässig
1.23	602	Spritzer	$\geq 0,5$	a	a	Nicht zulässig
2.3	2011 2012	Pore Porosität (gleichmäßig verteilt)	$\geq 0,5$	a	a	Einlagig: $\leq 1 \%$ Mehrlagig: $\leq 2 \%$ $d \leq 0,1 s$, max. 1 mm
2.4	2013	Porennest	$\geq 0,5$	a	$\leq 3 \%^d$ $d \leq 0,2 s$, $d \leq 0,2 a$, $d \leq 2,5 \text{ mm}$	$\leq 2 \%^d$ $d \leq 0,1 s$, max. 0,5 mm
2.5	2014	Porenzeile	$\geq 0,5$	a	a	Einlagig: $\leq 1 \%^d$ Mehrlagig: $\leq 2 \%^d$ $d \leq 0,1 s$, max. 1 mm
2.6	2015 2016	Gaskanal Schlauchpore	$\geq 0,5$	a	$h \leq 0,2 s$ oder $0,2 a$ max. $h = 2 \text{ mm}$ wie geschweißt: max. $l = 2,5 \text{ mm}$; spannungsarm: $l \leq 20 \text{ mm}$	a
2.9	300 301 302 303	Fester Einschluss Schlackeneinschluss Flussmitteleinschluss Oxideinschluss	$\geq 0,5$	a	$h \leq 0,2 s$ oder $0,2 a$ max. $h = 2 \text{ mm}$ wie geschweißt: max. $l = 2,5 \text{ mm}$ spannungsarm: $l \leq 20 \text{ mm}$	Nicht zulässig

Nr.	Ordnungs-Nr. nach ISO 6520-1	Unregelmäßigkeit Benennung	t mm	Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
				C 63 ^c	B 90 ^c	B 125
3.1	5071	Kantenversatz bei Blechen	$\geq 0,5$	a	$h \leq 0,1 t$ max. 3 mm	$h \leq 0,05 t$ max. 1,5 mm
	5072	Kantenversatz bei Rohren (gilt für Rohre und Hohlprofile mit Umfangsschweißungen)	$\geq 0,5$	a	$h \leq 0,5 t$ max. 1 mm	a
3.3	508	Winkelversatz ^b	$\geq 0,5$	$\beta \leq 2^\circ$	$\beta \leq 1^\circ$	$\beta \leq 1^\circ$
<p>^a Gleiche Werte wie für die Bewertungsgruppen B und C in Tabelle 1.</p> <p>^b Nicht festgelegt.</p> <p>^c Identische Werte nach IIW-Doc. XIII-2323-10. Die Werte wurden von IIW geprüft für Werkstoffdicken von 10 mm und darüber. Sie dürfen auch für kleinere Werkstoffdicken angewendet werden.</p> <p>^d Die Grenzen für die Unregelmäßigkeiten entsprechen dem Verhältnis zwischen der Summe der unterschiedlichen Porenbereiche und dem bewerteten Bereich. Ist der Abstand zwischen zwei Porenbereichen kleiner als der Durchmesser des kleinsten Porenbereiches, so ist die umgebende Hüllkurve der beiden Porenbereiche entscheidender als der einzelne Bereich der Unregelmäßigkeit. Wenn der Abstand zwischen zwei Poren kleiner ist als der Durchmesser der benachbarten Poren, dann ist der vollständig verbundene Bereich von zwei Poren, die Summe der beiden Unregelmäßigkeitsbereiche.</p>						

Literaturhinweise

- [1] ISO 2553, *Welding and allied processes — Symbolic representation on drawings — Welded joints*
- [2] ISO 4063, *Welding and allied processes — Nomenclature of processes and reference numbers*
- [3] ISO 6520-1, *Welding and allied processes — Classification of geometric imperfections in metallic materials — Part 1: Fusion welding*
- [4] ISO 8501-3, *Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections*
- [5] ISO 13919-1, *Electron and laser-beam welded joints — Requirements and recommendations on quality levels for imperfections — Part 1: Steel, nickel, titanium and their alloys*
- [6] ISO 17635, *Non-destructive testing of welds — General rules for metallic materials*
- [7] IIW-Catalogue, *Reference radiographs for the assessment of weld imperfections in accordance with ISO 5817*, Düsseldorf: DVS Media Verlag
- [8] Hobbacher, A., ed. *Recommendations for fatigue design of welded joints and components*, IIW document XIII-1823-0, Welding Research Council New York, WRC-Bulletin 520, 2009
- [9] Hobbacher, A., Kassner, M., *On relation between fatigue properties of welded joints, quality criteria and groups in ISO 5817*, IIW-document XIII-2323-10
- [10] Karlsson, N., Lenander, P.H., *Analysis of fatigue life in two weld class systems*, Master thesis in Solid Mechanics, LITH-IKP-EX-05/2302-SE, Linköpings University, Sweden, 2005