

DIN EN ISO 15653



ICS 25.160.40

Ersatz für
DIN EN ISO 15653:2010-09

**Metallische Werkstoffe –
Prüfverfahren zur Bestimmung der quasistatischen Bruchzähigkeit von
Schweißnähten (ISO 15653:2018);
Deutsche Fassung EN ISO 15653:2018**

Metallic materials –
Method of test for the determination of quasistatic fracture toughness of welds
(ISO 15653:2018);
German version EN ISO 15653:2018

Matériaux métalliques –
Méthode d'essai pour la détermination de la ténacité quasi statique à la rupture des soudures
(ISO 15653:2018);
Version allemande EN ISO 15653:2018

Gesamtumfang 55 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)
DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Nationales Vorwort

Das vorliegende Dokument (EN ISO 15653:2018) wurde im ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee 4 „Fatigue, fracture and toughness testing“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ANSI (Vereinigte Staaten von Amerika) gehalten wird, und vom CEN/TC 121 „Schweißen und verwandte Verfahren“, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird, im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der NA 062-01-46 AA „Bruchmechanik“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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

ISO 3785 siehe DIN EN ISO 3785

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15653:2010-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) neue Gleichungen für die Berechnung von CTOD-Einzelwerten (12.2.2) aufgenommen;
- b) Einleitung für das Hin- und Herbiegen in C.3 wurde hinzugefügt;
- c) Bewertung des Pop-in-Ereignisses in D.1 wurde verdeutlicht;
- d) neue Gleichung für die Berechnung von CTOD-Einzelwerten bei Proben mit kurzen Rissen in E.4 wurde hinzugefügt.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 15653: 2010-09

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3785, *Metallische Werkstoffe — Kennzeichnung von Probenachsen in Bezug zur Halbzeuggefügetextur*

Deutsche Fassung

Metallische Werkstoffe —
Prüfverfahren zur Bestimmung der quasistatischen
Bruchzähigkeit von Schweißnähten
(ISO 15653:2018)

Metallic materials —
Method of test for the determination of quasistatic
fracture toughness of welds
(ISO 15653:2018)

Matériaux métalliques —
Méthode d'essai pour la détermination de la ténacité
quasi statique à la rupture des soudures
(ISO 15653:2018)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. November 2017 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Einheiten	9
5 Kurzbeschreibung	10
6 Wahl der Probenauslegung, der Probenorientierung und der Kerblage	11
6.1 Klassifizierung der gewünschten Kerbposition	11
6.2 Probenauslegung	11
6.3 Proben- und Rissebenenorientierung	11
7 Metallographische Untersuchungen vor der Probenfertigung	15
7.1 Mikrostrukturelle Bewertung von Makroschliffen	15
7.2 Zusätzliche Anforderungen an die Prüfung der Wärmeeinflusszone	16
8 Probenfertigung	16
8.1 Toleranzen der Probenabmessungen	16
8.2 Kerbpositionierung bei Proben mit wanddurchdringendem Riss	17
8.3 Kerbpositionierung bei Proben mit Oberflächenriss	17
8.4 Kerbfertigung	18
9 Probenvorbereitung	22
9.1 Einbringung des Ermüdungsanrisses	22
9.2 Seitenkerben	22
10 Prüfgeräte, Anforderungen und Prüfverfahren	22
11 Metallographische Untersuchungen nach dem Versuch	23
11.1 Allgemeines	23
11.2 Proben mit wanddurchdringendem Riss	23
11.2.1 Zerlegung	23
11.2.2 Bewertung	23
11.3 Proben mit Oberflächenriss	23
11.3.1 Zerlegung der Probe	23
11.3.2 Bewertung	24
11.4 Bewertung von Pop-in-Ereignissen	24
12 Auswertung nach dem Versuch	28
12.1 Wahl der Zugversuchskennwerte	28
12.2 Bestimmung der Bruchzähigkeit	28
12.2.1 K_{IC}	28
12.2.2 δ	29
12.2.3 J	29
12.2.4 Biegeprobe mit kurzem Riss	30
12.3 Gültigkeitskriterien	30

12.3.1	Allgemeines	30
12.3.2	Verhältnis der Schweißnahtbreite zum Ligament vor der Risspitze	30
12.3.3	Geradheit der Rissfront.....	31
12.3.4	Symbole für die Identifizierung des Risswiderstands	32
12.3.5	Proben mit wanddurchdringendem Riss	32
12.3.6	Proben mit Oberflächenriss	32
13	Prüfbericht.....	33
Anhang A (informativ) Beispiele für Kerblagen.....		34
Anhang B (informativ) Beispiele für metallographische Untersuchungen vor und nach dem Versuch.....		36
Anhang C (informativ) Beeinflussung des Eigenspannungszustands und Risseinbringung		38
C.1	Allgemeines	38
C.2	Örtliche Druckbelastung.....	38
C.3	Umgekehrte Biegung.....	39
C.4	Stufenweise Einbringung des Risses unter hohem R -Verhältnis.....	41
Anhang D (normativ) Bewertung von Pop-in-Ereignissen.....		42
D.1	Allgemeines	42
D.2	Fraktographie	42
D.3	Zerteilung der Probe und Metallographie.....	42
D.4	Bewertung.....	43
D.5	Signifikanz eines Pop-in-Ereignisses	43
Anhang E (informativ) Prüfung von Biegeproben mit kurzen Rissen		49
E.1	Allgemeines	49
E.2	Probenpräparation und -instrumentierung.....	49
E.3	Bestimmung von J	50
E.4	Bestimmung von δ	51
Literaturhinweise.....		52

Bilder

Bild 1	— Arbeitsschritte einer Schweißnahtprüfung.....	12
Bild 2	— Kodierung der Rissebenenorientierung für Bruchzähigkeitsproben des Grundwerkstoffs und des Schweißguts.....	13
Bild 3	— Kodierung der Rissebenenorientierung von Bruchzähigkeitsproben für die WEZ-Prüfung einer typischen Stumpfnah und eines Kreuzstoßes	14
Bild 4	— Definitionen der Rissebenenorientierung von Bruchzähigkeitsproben für die WEZ-Prüfung bei einem Winkel α zur Walzrichtung des Grundwerkstoffs für eine typische Stumpfnah und einen schrägen Kreuzstoß.....	15
Bild 5	— Proportionalmaße und Toleranzen für Biegeproben.....	18
Bild 6	— Toleranzen für Versatz, Verzug und Krümmung in SE(B)-Proben.....	19
Bild 7	— Verfahren zum Richten von Biegeproben	20
Bild 8	— Verfahren zur Platzierung des Kerbs mit Hilfe von Bezugslinien in einer Probe mit wanddurchdringendem Riss	21
Bild 9	— Verfahren zur Platzierung des Kerbs in einer Probe mit Oberflächenriss	21
Bild 10	— Zerlegung der Probe nach dem Versuch zur Identifizierung der Mikrostruktur am Ermüdungsriss in einer Probe mit wanddurchdringendem Riss	25
Bild 11	— Zerlegung einer Probe mit Oberflächenriss nach dem Versuch.....	26
Bild 12	— Messung der Abstände s_1 und s_2 der spezifischen Mikrostruktur (SM) einer Probe mit Oberflächenriss	27
Bild 13	— Festlegung von h und $2h$ in Proben mit wanddurchdringendem Riss (NP) aus beidseitigen und einseitigen Schweißnähten	31

Bild 14 — Festlegung von h und $2h$ in Proben mit Oberflächenriss (NQ) aus beidseitigen und einseitigen Schweißnähten.....	32
Bild A.1 — Beispiele für Kerblagen für die Prüfung eines bestimmten Bereichs der Schweißnaht (WP).....	34
Bild A.2 — Beispiele für Kerblagen für die Prüfung einer bestimmten spezifischen Mikrostruktur (SM)	35
Bild B.1 — WEZ angrenzend an stengelförmiges Schweißgut für die idealisierte Kerblinie im Makroschliff.....	36
Bild B.2 — Mikrostrukturelle Karte der WEZ neben stengelförmigem Schweißgut	37
Bild C.1 — Verschiedene Varianten der örtlich begrenzten Druckbelastung für eine Probe mit rechteckigem Querschnitt $B \times 2B$. Für eine Probe mit quadratischem Querschnitt $B \times B$ kann eine runde Platte mit einem Durchmesser von $B/2$ und $F = 0,3B^2R_{p0,2}$ verwendet werden. Alternativ können auch Platten mit einer Länge und Breite von $B/2$ und $F = 0,4B^2R_{p0,2}$ verwendet werden.....	41
Bild D.1 — Ausmessen von Δa_{pop}	43
Bild D.2 — Entnahme von Schliffen nach dem Versuch zur Identifizierung der Mikrostruktur, in der das Sprödbruchereignis initiiert wurde, für Proben mit wanddurchdringendem Riss	44
Bild D.3 — Entnahme von Schliffen nach dem Versuch zur Identifizierung der Mikrostruktur, in der das Sprödbruchereignis initiiert wurde, für Proben mit Oberflächenriss.....	45
Bild D.4 — Ausmessen der Mikrostrukturen d_1 (entlang der Rissfront) und d_2 (nicht entlang der Rissfront) an einem Schliff einer Probe mit wanddurchdringendem Kerb	46
Bild D.5 — Ausmessen der Mikrostruktur d_1 und von Δa_{pop} an einem Schliff einer Probe mit Oberflächenkerb	47
Bild D.6 — Ablaufdiagramm zur Bewertung eines Pop-in-Ereignisses	48
Bild E.1 — Form und Anordnung der Messschneiden für Doppelwegaufnehmer, die zur Messung der Rissöffnungsverschiebung V verwendet werden.....	50
Tabellen	
Tabelle 1 — Symbole und Einheiten.....	9
Tabelle C.1 — Empfohlene Lastverhältnis L_r und Ziel-Ermüdungs-Precrack-Länge, a_f ($a_m/W = 0,475$)	40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 15653:2018) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ 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 Juli 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2018 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 15653:2010.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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 15653:2018 wurde von CEN als EN ISO 15653:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde erarbeitet vom Technischen Komitee ISO/TC 164, *Mechanical testing of metals*, Unterkomitee SC 4, *Toughness testing — Fracture (F), Pendulum (P), Tear (T)*.

Diese zweite Ausgabe der ISO 15653 ersetzt die erste Ausgabe (ISO 15653:2010), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur früheren Ausgabe sind die Folgenden:

- neue Gleichungen für die Berechnung von CTOD-Einzelwerten (12.2.2) aufgenommen;
- Einleitung für das Hin- und Herbiegen in C.3 wurde hinzugefügt;
- Bewertung des Pop-in-Ereignisses in D.1 wurde verdeutlicht;
- neue Gleichung für die Berechnung von CTOD-Einzelwerten bei Proben mit kurzen Rissen in E.4 wurde hinzugefügt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren zur Bestimmung der Bruchzähigkeit mit dem Spannungsintensitätsfaktor (K), der Risspitzenöffnungsverschiebung (CTOD, en: crack tip opening displacement) (δ) und dem experimentellen Äquivalent für das J -Integral für Schweißnähte an metallischen Werkstoffen fest (J).

Dieses Dokument ergänzt ISO 12135, die alle Aspekte der Bruchzähigkeitsprüfung von Grundwerkstoffen abdeckt und in Verbindung mit diesem Dokument verwendet werden muss. Dieses Dokument beschreibt Verfahren für die Bestimmung von Einzelwerten der Bruchzähigkeit. Es sollte nicht zur Bestimmung einer R -Kurve (Risswiderstandskurve) herangezogen werden. Jedoch könnte die in diesem Dokument beschriebene Methodik zur Probenpräparation bei der Bestimmung von R -Kurven von Schweißnähten hilfreich eingesetzt werden. Im vorliegenden Verfahren werden Proben mit Ermüdungsanrissen verwendet, die nach dem Schweißen in einen definierten Bereich der Schweißnaht eingebracht werden. Dabei handelt es sich entweder um das Schweißgut oder die Wärmeeinflusszone (WEZ) der Schweißnaht. Es wird eine Methodik beschrieben, die die Effektivität der realisierten Kerblage für Ermüdungsrisseinbringung und Prüfung nachweist.

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 12135:2016, *Metallic materials — Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 12135 und die folgenden Begriffe.

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

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Breite der Stretchzone

SZW

(en: stretch zone width)

Zunahme der Risslänge infolge Abstumpfung der Risspitze d. h. vor Beginn der instabilen Rissausbreitung, eines *Pop-in-Ereignisses* (3.3) oder einer langsamen stabilen Rissausbreitung, welche sich in der Ebene des Ermüdungsanrisses erstreckt

3.2

angestrebte Kerbposition

angestrebte Position der Ermüdungsrisspitze im *Schweißgut* (3.7) oder in der *Wärmeeinflusszone* (3.9)

3.3

Pop-in-Ereignis

abrupte Unstetigkeit des Kraft-Verformungs-Verlaufes, manifestiert als plötzlicher Anstieg der Verschiebung und im Allgemeinen verbunden mit einem plötzlichen Kraftabfall, wonach Verformung und Kraft die Werte bei Eintritt der Unstetigkeit übersteigen

3.4

lokale Druckbelastung

kontrolliertes Eindrücken der Probe in Dickenrichtung im ungekerbten Ligament mit Platten aus gehärtetem Stahl vor Einbringung des Ermüdungsrissses

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang C.

3.5

Schweißen

Verfahren, bei dem zwei oder mehr Teile durch Wärme, Reibung, Druck oder durch eine Kombination dieser Einwirkungen verbunden werden, sodass eine kontinuierliche metallische Verbindung gegeben ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verbindung darf mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff mit einer Schmelztemperatur in derselben Größenordnung wie der Grundwerkstoff erfolgen.

3.6

Schweißnaht

durch *Schweißen* (3.5) hergestellte Verbindung von Metallteilen

3.7

Schweißgut

beim Herstellen einer *Schweißnaht* (3.6) aufgeschmolzenes und darin befindliches Metall

3.8

Grundwerkstoff

durch *Schweißen* (3.5) zu verbindendes Metall

3.9

Wärmeeinflusszone

WEZ

(en: heat-affected zone, HAZ)

Bereich des Grundwerkstoffs, der metallurgisch durch die Wärme des *Schweißens* (3.5) beeinflusst wird

3.10

Schmelzlinie

FL

(en: fusion line)

Grenzlinie zwischen dem *Schweißgut* (3.7) und der Wärmeeinflusszone des *Grundwerkstoffs* (3.8)

3.11

Position der Rissspitze relativ zur Schweißnaht

WP

(en: weld positional)

angestrebte Position der Ermüdungsrissspitze bezogen auf eine Bezugslinie

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.1 für Beispiele.

3.12

spezifische Mikrostruktur

SM

(en: specific microstructure)

angestrebte Mikrostruktur, in der die Spitze des Ermüdungsrissses zu positionieren ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.2 für Beispiele.

3.13

Probenrohling

Probe aus dem *Schweißgut* (3.7) und dem *Grundwerkstoff* (3.8) vor Einbringung des Kerbs

3.14

Wärmenachbehandlung

nach dem *Schweißen* (3.5) vorgenommene Wärmebehandlung zum Reduzieren von Eigenspannungen oder zur Modifizierung der Eigenschaften der *Schweißnaht* (3.6)

4 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Einheiten nach Tabelle 1 zusätzlich zu denjenigen nach ISO 12135.

Tabelle 1 — Symbole und Einheiten

Symbol	Einheit	Bezeichnung
d_1, d_2	mm	Längen der mikrostrukturellen Merkmale in Verbindung mit Pop-in-Ereignissen.
h	mm	effektive Schweißnahtbreite, definiert als kürzester Abstand zwischen der Spitze des Ermüdungsrisses und der Schmelzlinie innerhalb der zentralen 75 % der Dicke (siehe Bild 13 und Bild 14)
HV10		Vickers-Härte bei einer Kraft von 10 kg
N		senkrecht zur Schweißrichtung
P		parallel zur Schweißrichtung
Q		Dickenrichtung der Schweißnaht
$R_{p0,2b}$	MPa	0,2 %-Dehngrenze des Grundwerkstoffs bei der Temperatur des Bruchmechanikversuchs
$R_{p0,2w}$	MPa	0,2 %-Dehngrenze des Schweißgutes bei der Temperatur des Bruchmechanikversuchs
R_{mb}	MPa	Zugfestigkeit des Grundwerkstoffs bei der Temperatur des Bruchmechanikversuchs
R_{mw}	MPa	Zugfestigkeit des Schweißgutes bei der Temperatur des Bruchmechanikversuchs
s_1	mm	Abstand zwischen der realen Rissspitze und ihrer angestrebten Position in der Rissebene (siehe Bild 12)
s_2	mm	Abstand zwischen der realen Rissspitze und ihrer angestrebten Position senkrecht zur Rissebene (siehe Bild 12)
V	mm	Rissöffnungsverschiebung an der Kerbkante in Biegeproben und auf der Belastungslinie bei Kompaktproben
V_g	mm	Mit einem an Schneiden applizierten Wegaufnehmer gemessene Verschiebung
V_{g1}	mm	Kerböffnung, gemessen mit dem Doppelwegaufnehmer, beschrieben in E.3 und veranschaulicht in Bild E.1
V_{g2}	mm	Kerböffnung, gemessen mit dem Doppelwegaufnehmer, beschrieben in E.3 und veranschaulicht in Bild E.1
X		Richtung parallel zur primären Kornorientierung des Grundwerkstoffs

Symbol	Einheit	Bezeichnung
Y		Richtung quer zur primären Kornorientierung und zur Dicke des Grundwerkstoffs
Z		Dickenrichtung des Grundwerkstoffs
Δa_{pop}	mm	größte Ausdehnung des Sprödbereichs (nach der SZW, siehe 3.1) bei Pop-in-Ereignissen
λ	mm	Länge der spezifischen Mikrostruktur, vor oder nach dem Bruchmechanikversuch metallographisch bestimmt (siehe Bild B.2)

5 Kurzbeschreibung

Dieses Dokument legt Verfahren zur Bestimmung der Bruchzähigkeit an gekerbten und mit Ermüdungsrissen versehenen Proben aus Schweißverbindungen fest. Sie betrifft Fälle, bei denen die Ermüdungsrisspitze

- a) eine definierte Lage relativ zur Ausformung der Schweißnaht (WP) hat, und
- b) eine definierte Lage in einer bestimmten Mikrostruktur, bezeichnet als „spezifische Mikrostruktur“ (SM) hat.

Mittels metallographischer Untersuchung der Schweißnaht wird nachgewiesen, dass die Risspitze tatsächlich in der gewünschten Position relativ zur Schweißnaht und/oder der spezifischen Mikrostruktur lokalisiert ist, und dass dieser Bereich ausreichend groß ist

Nachdem Probengeometrie und Kerborientierung ausgewählt sind, wird, ausgehend von der Kerbspitze, ein Ermüdungsriss unter Wechselbeanspruchung in die Probe eingeschwungen, sodass die Risspitze im angestrebten Bereich lokalisiert ist. Ziel der Prüfung ist die Bestimmung der Bruchzähigkeit einer Schweißnaht ohne signifikante Schweißeigenstressungen. Um dies zu erreichen und einen Ermüdungsriss mit gerader Rissfront zu erzeugen, können Modifikationen des Verfahrens der Ermüdungsanrisseinbringung erforderlich sein. Diese Modifizierungen sind in der Regel bei Proben aus unbehandelten oder teilweise spannungsarm geglühten Schweißnähten der Fall.

Die Bruchzähigkeitsprüfung wird nach ISO 12135 durchgeführt und ausgewertet. Zusätzlich sind hinsichtlich der Versuchsauswertung (siehe 12.2.1, 12.2.2 und 12.2.3) sowie hinsichtlich der Gültigkeitskriterien (siehe 12.3) Festlegungen der vorliegenden Norm zu beachten.

Um sicherzustellen, dass die Risspitze in den gewünschten Bereichen der Schweißnaht und/oder den gewünschten spezifischen Mikrostrukturen lokalisiert ist sowie zur Bestimmung der Signifikanz von Pop-in-Ereignissen ist in vielen Fällen eine metallographische Untersuchung nach dem Versuch erforderlich.

Die Arbeitsschritte sind in Bild 1 zusammengefasst.

6 Wahl der Probenauslegung, der Probenorientierung und der Kerblage

6.1 Klassifizierung der gewünschten Kerbposition

Bei einer für die Prüfung einer bestimmten Position innerhalb der Schweißnaht (WP) vorgesehenen Probe ist dieser Bereich relativ zu einer Bezugsposition (z. B. der Schweißgutmittellinie) definiert.

Ist eine spezifische Mikrostruktur (SM) zu untersuchen, so muss diese durch die Rissfront mindestens im zentralen Bereich von 75 % der Probendicke erfasst werden.

ANMERKUNG Einige Beispiele für WP- und SM-Kerblagen sind in Anhang A enthalten.

WP-Schweißgutmittellinien-Kerblagen, die vorwiegend Feinkornregionen erfassen, können bei zwei- und mehrlagigen Nähten mit Nahtversatz irreführende (übermäßig hohe) Werte der Bruchzähigkeit ergeben. Für diese Schweißnähte werden SM-Kerblagen wie in den Bildern A.2 d) bzw. A.2 e) empfohlen.

6.2 Probenauslegung

Die Probe muss als kompakte oder Biegekonfiguration mit einseitigem Kerb nach ISO 12135 gestaltet werden und darf eine glatte Oberfläche oder Seitenkerben haben. Dabei werden Biegekonfigurationen mit Kerben in Blechdickenrichtung (siehe Bild 2, Bild 3 und Bild 4, Grundwerkstoffproben XY und YX und Schweißgutproben NP und PN) als Proben mit wanddurchdringendem Riss bezeichnet, während Konfigurationen mit Kerben in der Blechoberfläche (siehe Bild 2, Bild 3 und Bild 4, Grundwerkstoffproben XZ und YZ und Schweißgutproben NQ und PQ) als Proben mit Oberflächenriss bezeichnet werden.

ANMERKUNG Die Maßtoleranzen von Schweißproben sind größer als die von Grundwerkstoffproben (siehe 8.1).

Die Maße B oder W der Probe (siehe Bild 5) müssen (ausschließlich der Schweißnahtüberhöhung) der gesamten Blechdicke des an die Schweißnaht angrenzenden Grundwerkstoffs entsprechen.

Die Prüfung von Proben mit geringeren Abmessungen (d. h. B oder W kleiner als die volle Blechdicke in Q-Richtung für das Schweißgut und in Z-Richtung für den Grundwerkstoff in Bild 2, Bild 3 und Bild 4) und/oder mit Seitenkerben ist zulässig, muss aber im Prüfbericht deutlich ausgewiesen sein. Die Ergebnisse, die mit solchen Proben gewonnen wurden, können sich von Ergebnissen an Proben mit voller Dicke unterscheiden. Ursachen können Größeneffekte oder Unterschiede der geprüften mikrostrukturellen Bereiche sein.

6.3 Proben- und Rissebenenorientierung

Die Proben- und die Rissebenenorientierung relativ zur Schweißnaht und zum Grundwerkstoff werden entsprechend den Bildern 2, 3 und 4 definiert.

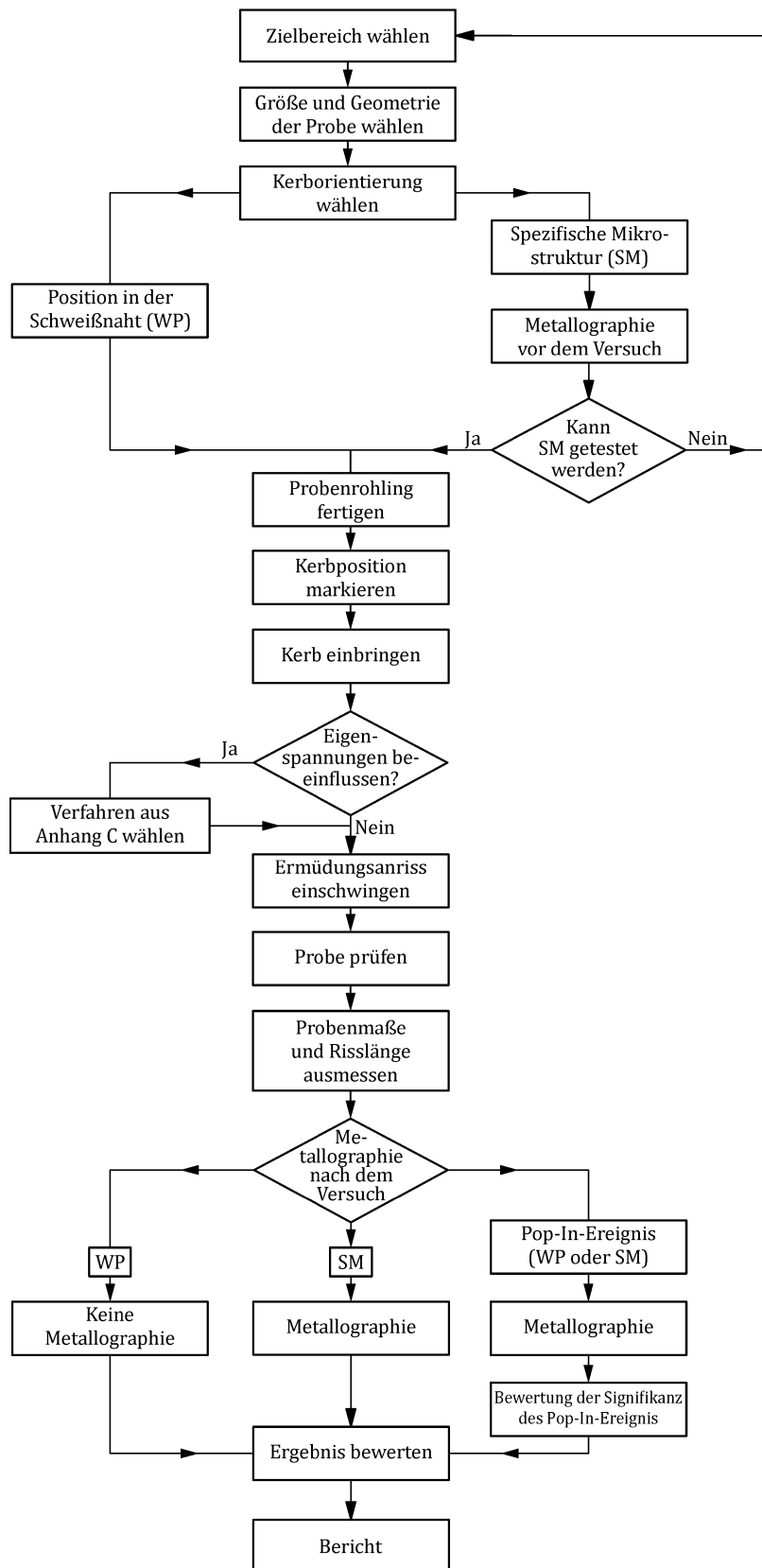
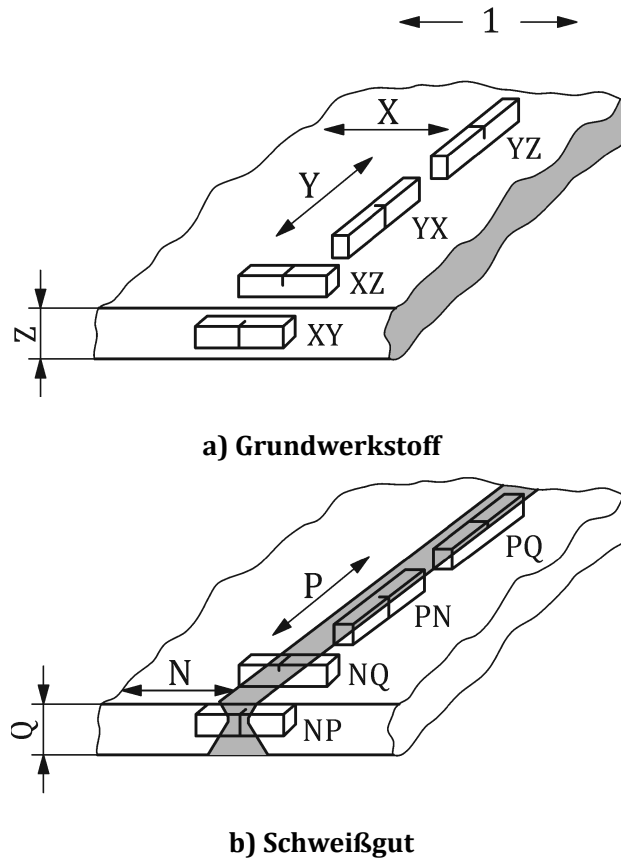


Bild 1 — Arbeitsschritte einer Schweißnahtprüfung



Legende

- 1 Walzrichtung
- N senkrecht zur Schweißrichtung
- P parallel zur Schweißrichtung
- Q Dickenrichtung der Schweißnaht

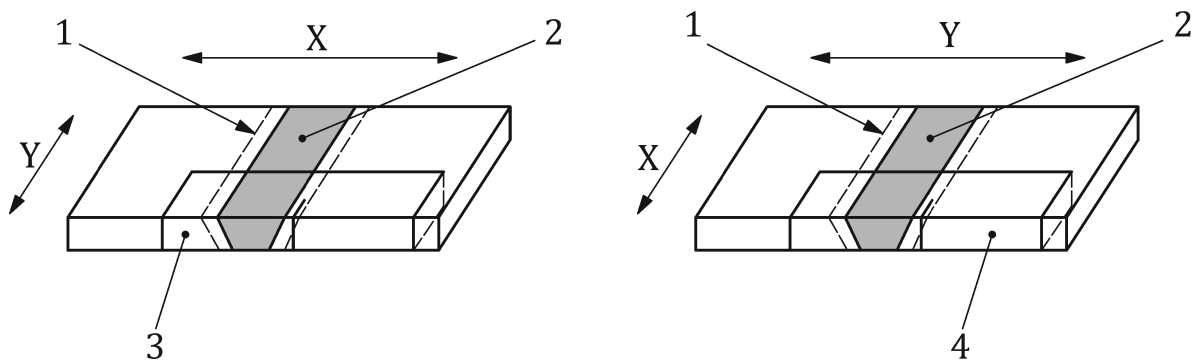
ANMERKUNG 1 Der erste Buchstabe in der Bezeichnung ist die Richtung senkrecht zur Rissebene.

ANMERKUNG 2 Der zweite Buchstabe in der Bezeichnung ist die erwartete Richtung der Rissausbreitung.

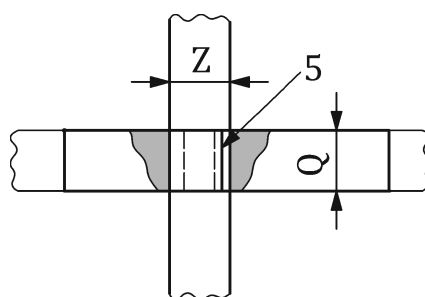
ANMERKUNG 3 Siehe ISO 3785 zur Festlegung von X, Y und Z.

Bild 2 — Kodierung der Rissebenenorientierung für Bruchzähigkeitsproben des Grundwerkstoffs und des Schweißguts

Wie in Bild 2 dargestellt, sind die Proben mit den Orientierungen NP und PN als Proben mit wanddurchdringenden Rissen zu bezeichnen, während die Proben mit den Orientierungen NQ und PQ als Proben mit Oberflächenrissen zu bezeichnen sind.



a) typische Stumpfnahht



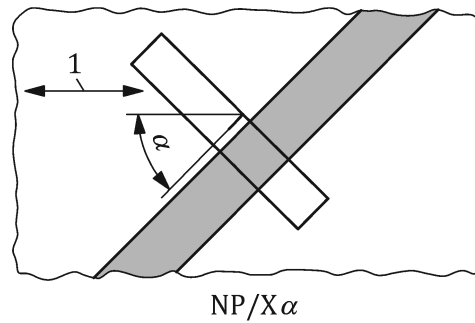
b) Kreuzstoß

Legende

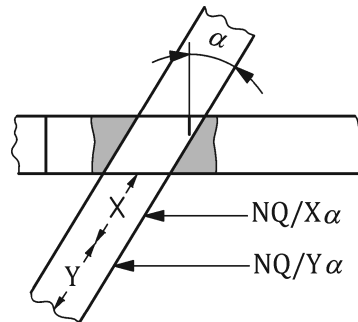
- 1 WEZ (Wärmeeinflusszone)
- 2 Schweißnaht
- 3 Orientierung der Schweißnahtprobe NP/XY
- 4 Orientierung der Schweißnahtprobe NP/YX
- 5 wanddurchdringender Riss NP/ZX oder NP/ZY
- X Walzrichtung
- Q Dickenrichtung der Schweißnaht

ANMERKUNG Bei Prüfungen der Wärmeeinflusszone (WEZ), bei denen die Walzrichtung des Grundwerkstoffs den Rissausbreitungswiderstand beeinflussen kann, dürfen die Orientierung des Schweißguts und des Grundwerkstoffs wie in diesem Bild und in Bild 4 gezeigt kombiniert werden, um sowohl die Richtung der Schweißnaht als auch die Walzrichtung des Grundwerkstoffs anzuzeigen.

Bild 3 — Kodierung der Rissebenenorientierung von Bruchzähigkeitsproben für die WEZ-Prüfung einer typischen Stumpfnahht und eines Kreuzstoßes



a) typische Stumpfnah



b) schräger Kreuzstoß

Legende

1 Walzrichtung

ANMERKUNG Bei Prüfungen der Wärmeeinflusszone (WEZ), bei denen die Walzrichtung des Grundwerkstoffs den Rissausbreitungswiderstand beeinflussen kann, dürfen die Orientierung des Schweißguts und des Grundwerkstoffs wie in diesem Bild und in Bild 3 gezeigt kombiniert werden, um sowohl die Richtung der Schweißnaht als auch die Walzrichtung des Grundwerkstoffs anzuzeigen.

Bild 4 — Definitionen der Rissebenenorientierung von Bruchzähigkeitsproben für die WEZ-Prüfung bei einem Winkel α zur Walzrichtung des Grundwerkstoffs für eine typische Stumpfnah und einen schrägen Kreuzstoß

7 Metallographische Untersuchungen vor der Probenfertigung

7.1 Mikrostrukturelle Bewertung von Makroschliffen

Wenn die gewünschte Lage der Rissspitze als SM definiert ist, müssen entweder separate Makroschliffe oder die Schweißnahtenden präpariert werden, wobei die Schnittebene senkrecht zur Schweißrichtung sein muss. Diese Querschnitte durch die Naht müssen die Länge der zu prüfenden Schweißnaht eingrenzen, um sicherzustellen, dass die erwartete Mikrostruktur in ausreichender Menge im Bereich der angestrebten Rissspitzenposition vorhanden ist. Die Makroschliffe müssen poliert, geätzt und bei einer Vergrößerung untersucht werden, die hinreichend ist, um den betreffenden Gefügebereich vor der Probenfertigung zu identifizieren. Werden separate Makroschliffe präpariert, so sind deren Positionen entlang der Schweißnaht zu protokollieren.

Die Untersuchung der Makroschliffe muss sicherstellen, dass

- die Rissspitze in einer Probe mit wanddurchdringendem Riss über die zentralen 75 % der Probendicke im gewünschten Gefügebereich lokalisiert ist, und
- die Rissspitze in einer Probe mit Oberflächenriss nicht mehr als 0,5 mm vom gewünschten Bereich entfernt ist.