

## DIN EN ISO 15653



ICS 25.160.40

**Metallische Werkstoffe –  
Prüfverfahren zur Bestimmung der quasistatischen Bruchzähigkeit von  
Schweißverbindungen (ISO 15653:2010);  
Deutsche Fassung EN ISO 15653:2010**

Metallic materials –  
Method of test for the determination of quasistatic fracture toughness of welds  
(ISO 15653:2010);  
German version EN ISO 15653:2010

Matériaux métalliques –  
Méthode d'essai pour la détermination de la ténacité quasi statique à la rupture des  
soudures (ISO 15653:2010);  
Version allemande EN ISO 15653:2010

Gesamtumfang 49 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN  
Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 15653:2010) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee 4 „Toughness testing — Fracture (F), Pendulum (P), Tear (T)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ANSI (Vereinigte Staaten von Amerika) gehalten wird und vom Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird, im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

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

Für die in Abschnitt 2 zitierte Internationale Norm wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 3785                    siehe DIN EN ISO 3785

## 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 Schweißverbindungen  
(ISO 15653:2010)

Metallic materials —  
Method of test for the determination of quasistatic fracture  
toughness of welds  
(ISO 15653:2010)

Matériaux métalliques —  
Méthode d'essai pour la détermination de la ténacité quasi  
statique à la rupture des soudures  
(ISO 15653:2010)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Januar 2010 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 Management-Zentrum des CEN 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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

## Inhalt

|                                                                                                            | Seite     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort</b> .....                                                                                       | <b>3</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich</b> .....                                                                           | <b>4</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen</b> .....                                                                      | <b>4</b>  |
| <b>3 Begriffe</b> .....                                                                                    | <b>4</b>  |
| <b>4 Symbole und Einheiten</b> .....                                                                       | <b>6</b>  |
| <b>5 Kurzbeschreibung</b> .....                                                                            | <b>7</b>  |
| <b>6 Wahl des Probedesigns, der Probenorientierung und der Kerblage</b> .....                              | <b>7</b>  |
| 6.1 Klassifizierung der gewünschten Kerbposition .....                                                     | 7         |
| 6.2 Probedesign .....                                                                                      | 8         |
| 6.3 Proben- und Rissebenenorientierung .....                                                               | 8         |
| <b>7 Metallographische Untersuchungen vor der Probenfertigung</b> .....                                    | <b>12</b> |
| 7.1 Mikrostrukturelle Bewertung von Makroschliffen .....                                                   | 12        |
| 7.2 Zusätzliche Anforderungen an die Prüfung der Wärmeeinflusszone .....                                   | 13        |
| <b>8 Probenfertigung</b> .....                                                                             | <b>13</b> |
| 8.1 Toleranzen der Probenabmessungen .....                                                                 | 13        |
| 8.2 Kerbpositionierung bei Proben mit wanddurchdringendem Riss .....                                       | 14        |
| 8.3 Kerbpositionierung bei Proben mit Oberflächenriss .....                                                | 14        |
| 8.4 Kerbfertigung .....                                                                                    | 15        |
| <b>9 Probenvorbereitung</b> .....                                                                          | <b>19</b> |
| 9.1 Einbringung des Ermüdungsanrisses .....                                                                | 19        |
| 9.2 Seitenkerben .....                                                                                     | 19        |
| <b>10 Prüfgeräte, Anforderungen und Prüfverfahren</b> .....                                                | <b>19</b> |
| <b>11 Metallographische Untersuchungen nach dem Versuch</b> .....                                          | <b>20</b> |
| 11.1 Allgemeines .....                                                                                     | 20        |
| 11.2 Proben mit wanddurchdringendem Riss .....                                                             | 20        |
| 11.3 Proben mit Oberflächenriss .....                                                                      | 20        |
| 11.4 Bewertung von Pop-in-Ereignissen .....                                                                | 21        |
| <b>12 Auswertung nach dem Versuch</b> .....                                                                | <b>24</b> |
| 12.1 Wahl der Zugversuchskennwerte .....                                                                   | 24        |
| 12.2 $K_{IC}$ .....                                                                                        | 25        |
| 12.3 $\sigma$ und $J$ .....                                                                                | 25        |
| 12.4 Gültigkeitskriterien .....                                                                            | 25        |
| <b>13 Prüfbericht</b> .....                                                                                | <b>29</b> |
| <b>Anhang A (informativ) Beispiele für Kerblagen</b> .....                                                 | <b>30</b> |
| <b>Anhang B (informativ) Beispiele für metallographische Untersuchungen vor und nach dem Versuch</b> ..... | <b>32</b> |
| <b>Anhang C (normativ) Beeinflussung des Eigenspannungszustands und Risseinbringung</b> .....              | <b>34</b> |
| <b>Anhang D (normativ) Bewertung von Pop-in-Ereignissen</b> .....                                          | <b>37</b> |
| <b>Anhang E (informativ) Prüfung von Proben mit kurzen Rissen</b> .....                                    | <b>43</b> |
| <b>Literaturhinweise</b> .....                                                                             | <b>47</b> |

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 15653:2010) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 121 „Schweißen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 15653:2010 wurde vom CEN als EN ISO 15653:2010 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Verfahren zur Bestimmung der Bruchzähigkeit mit dem  $K$ -Konzept (Spannungsintensitätsfaktor), dem CTOD-Konzept (Risspitzenöffnungsverschiebung,  $\delta$ ) und dem  $J$ -Integral-konzept (experimentelles Äquivalent für das  $J$ -Integral) für Schweißungen an metallischen Werkstoffen fest.

Diese Internationale Norm ist ein Zusatz zu ISO 12135, die alle Aspekte der Bruchzähigkeitsprüfung von Grundwerkstoffen abdeckt und in Verbindung mit diesem Dokument verwendet werden muss. Diese Internationale Norm beschreibt Verfahren für die Bestimmung von Einzelwerten der Bruchzähigkeit. Sie sollte nicht zur Bestimmung einer  $R$ -Kurve (Risswiderstandskurve) herangezogen werden. Dies betrifft nicht die in dieser Internationalen Norm beschriebene Methodik zur Probenpräparation, die auch bei der Bestimmung von  $R$ -Kurven von Schweißungen hilfreich eingesetzt werden könnte. Im vorliegenden Verfahren werden Proben mit Ermüdungsrissen 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 Ermüdungsriss einbringung und Prüfung nachweist.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3785, *Metallic materials — Designation of test specimen axes in relation to product texture*

ISO 12135, *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.

**3.1**  
**Breite der Stretchzone**  
(en: stretch zone width)  
SZW  
Zunahme der Risslänge infolge Abstumpfung der Risspitze — d. h. vor Beginn der instabilen Rissausbreitung, eines Pop-in-Ereignisses (siehe 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 oder in der Wärmeeinflusszone

ANMERKUNG Siehe 3.7 und 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 des Pop-in-Ereignisses übersteigen

**3.4**  
**lokale Druckbelastung**  
kontrolliertes Eindringen der Probe in Dickenrichtung im ungekerbten Ligament mit Platten aus gehärtetem Stahl vor Einbringung des Ermüdungsrisse

ANMERKUNG 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 Die Verbindung darf mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff mit einer Schmelztemperatur in derselben Größenordnung wie der Grundwerkstoff erfolgen.

### 3.6

#### **Schweißung**

durch Schweißen hergestellte Verbindung von Metallteilen

### 3.7

#### **Schweißgut**

beim Herstellen einer Schweißung aufgeschmolzenes und darin befindliches Metall

### 3.8

#### **Grundwerkstoff**

#### **Basiswerkstoff**

durch Schweißen zu verbindendes Metall

### 3.9

#### **Wärmeeinflusszone**

(en: head-affected zone, HAZ)

WEZ

Bereich des Grundwerkstoffs, der metallurgisch durch die Schweißwärme beeinflusst wird

### 3.10

#### **Schmelzlinie**

(en: fusion line)

FL

Grenzlinie zwischen dem Schweißgut und der Wärmeeinflusszone des Grundwerkstoffs

### 3.11

#### **Position der Risspitze relativ zur Schweißnaht**

(en: weld positional)

WP

angestrebte Position der Ermüdungsrisspitze bezogen auf eine Bezugslinie

ANMERKUNG Siehe Bild A.1 für Beispiele.

### 3.12

#### **spezifische Mikrostruktur**

(en: specific microstructure)

SM

Mikrostruktur, in der die Spitze des Ermüdungsrisses zu positionieren ist

ANMERKUNG Siehe Bild A.2 für Beispiele.

### 3.13

#### **Blindprobe**

Probe aus dem Schweißgut und dem Grundwerkstoff vor Einbringung des Kerbs

### 3.14

#### **Wärmenachbehandlung**

nach dem Schweißen vorgenommene Wärmebehandlung zum Reduzieren von Eigenspannungen oder zur Modifizierung der Eigenschaften der Schweißnaht

## 4 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Einheiten nach Tabelle 1 zusätzlich zu den Festlegungen 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 Risspitze und ihrer angestrebten Position in der Rissebene, (siehe Bild 12)                                                                                      |
| $s_2$            | mm      | Abstand zwischen der realen Risspitze und ihrer angestrebten Position senkrecht zur Rissebene (siehe Bild 12)                                                                                |
| $V, V_1, V_2$    | mm      | Kerböffnung                                                                                                                                                                                  |
| X                |         | Richtung parallel zur primären Kornorientierung des Grundwerkstoffs                                                                                                                          |
| Y                |         | Richtung quer zur primären Kornorientierung und zur Dicke des Grundwerkstoffs                                                                                                                |
| Z                |         | Dickenrichtung des Grundwerkstoffs                                                                                                                                                           |
| $\Delta a_{pop}$ | mm      | maximale Ausdehnung des Sprödbereichs (nach der SZW) (siehe 3.1) bei Pop-in-Ereignissen                                                                                                      |
| $\lambda$        | mm      | Länge des Bereichs der spezifischen Mikrostruktur, metallographisch — vor oder nach dem Bruchmechanikversuch bestimmt (siehe Bild B.2)                                                       |

## 5 Kurzbeschreibung

Diese Internationale Norm legt Verfahren zur Bestimmung der Bruchzähigkeit an gekerbten und mit Ermüdungsrissen versehenen Proben aus Schweißverbindungen fest. Sie betrifft Fälle, bei denen die Risspitze

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

Mittels metallographischer Untersuchung der Schweißnaht wird bestätigt, dass die Risspitze tatsächlich in der gewünschten Position relativ zur Schweißnaht bzw. der spezifischen Mikrostruktur lokalisiert ist, bzw. dass sich die Rissfront in ausreichendem Ausmaß über diesen Bereich erstreckt.

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 für einen Zustand, bei dem Schweißspannungen keine signifikante Rolle spielen. Um dies zu erreichen und einen Ermüdungsriss mit gerader Rissfront zu erzeugen, können Modifikationen des Verfahrens der Ermüdungsriss-einbringung erforderlich sein. Diese Modifizierungen sind in der Regel bei Proben aus unbehandelten oder teilweise spannungsarm geglähten Schweißungen der Fall.

Die Bruchzähigkeitsprüfung wird nach ISO 12135 durchgeführt und ausgewertet. Zusätzlich sind hinsichtlich der Versuchsauswertung (siehe 12.1, 12.2 und 12.3) sowie hinsichtlich der Gültigkeitskriterien (siehe 12.4) Festlegungen der vorliegenden Norm zu beachten.

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

Die Arbeitsschritte eines Bruchmechanikversuchs sind in Bild 1 zusammengefasst.

## 6 Wahl des Probendesigns, 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 Schweißgutmitte) 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-Mitte-Schweißgut-Kerblagen, die vorwiegend Feinkornregionen erfassen, können bei zwei- und mehrlagigen Nähten mit Nahtversatz irreführende (sehr hohe) Werte der Bruchzähigkeit ergeben. Für diese Schweißnähte werden SM-Kerblagen wie in den Bildern A.2 iv) bzw. A.2 v) empfohlen.

## 6.2 Probendesign

Das Probendesign muss eine kompakte oder Biegekonfiguration mit einseitigem Kerb nach ISO 12135 haben 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 Grundwerkstoffs senkrecht zur Schweißnaht entsprechen.

Die Prüfung von Proben mit geringeren Abmessungen (z. B.  $B$  oder  $W$  kleiner als die volle Blechdicke in Q-Richtung für das Schweißgut und Z 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 Größe unterscheiden. Ursachen können Größeneffekte oder Unterschiede hinsichtlich der geprüften mikrostrukturellen Bereiche sein.

## 6.3 Proben- und Rissebenenorientierung

Die Proben- und Rissebenenorientierung relativ zur Schweißnaht und zum Grundwerkstoff werden entsprechend der Bilder 2, 3 und 4 definiert.

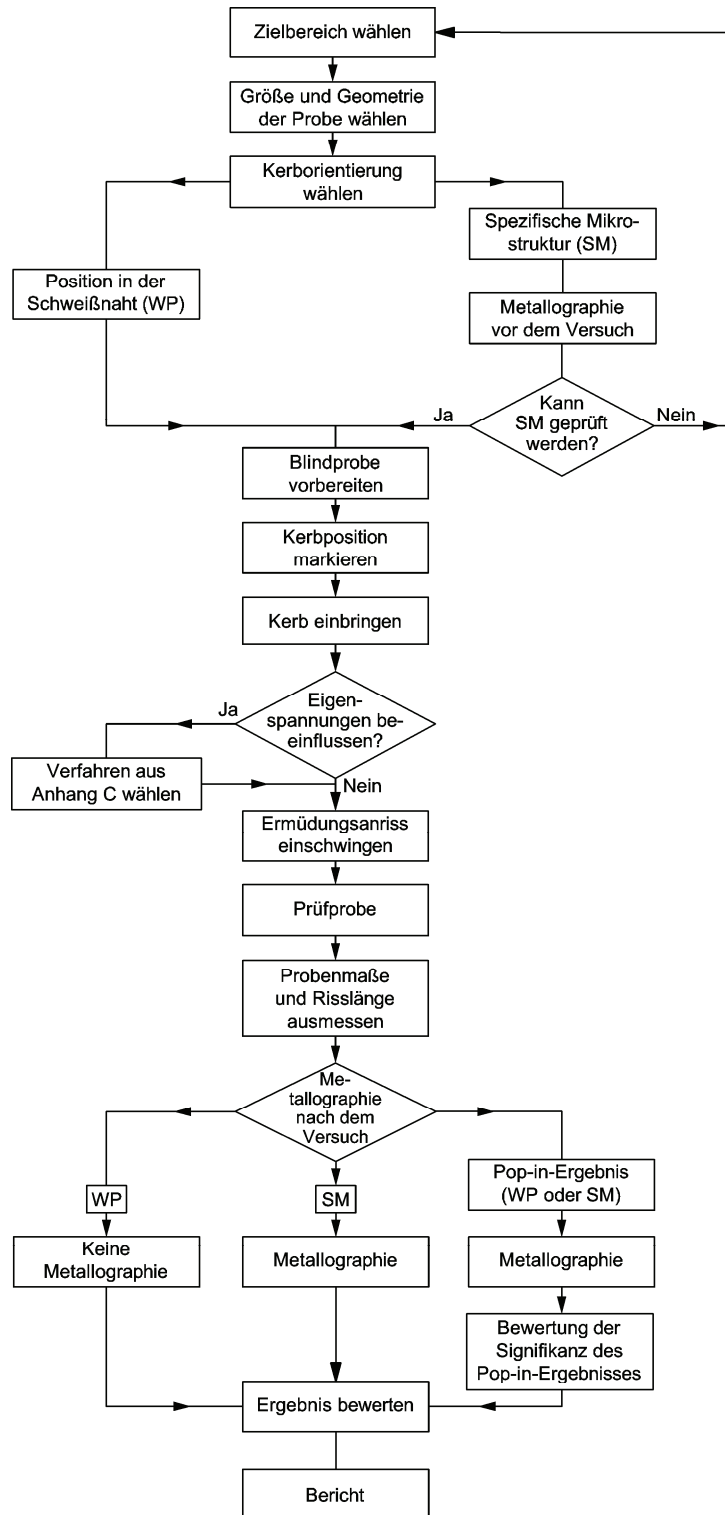
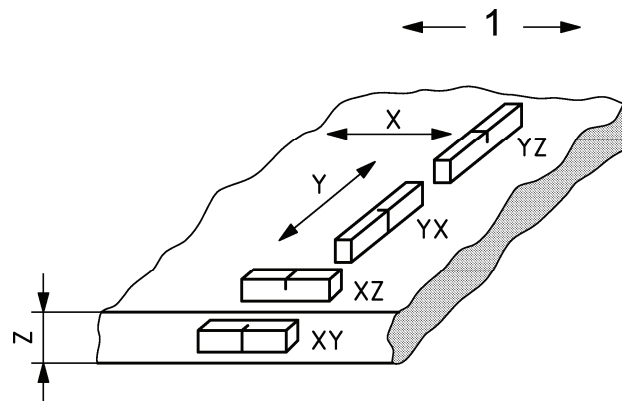
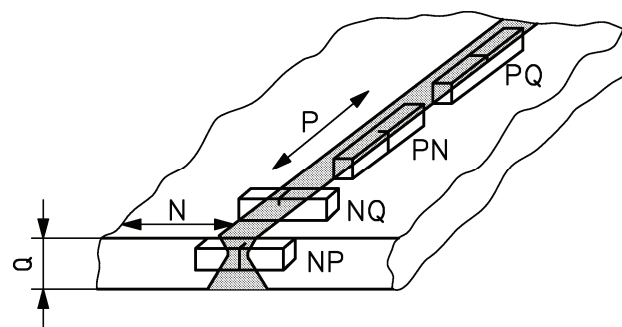


Bild 1 — Arbeitsschritte einer Schweißnahtprüfung



a) Grundwerkstoff



b) Schweißgut

### Legende

1 Walzrichtung

N = senkrecht zur Schweißrichtung

P = parallel zur Schweißrichtung

Q = Dickenrichtung der Schweißnaht

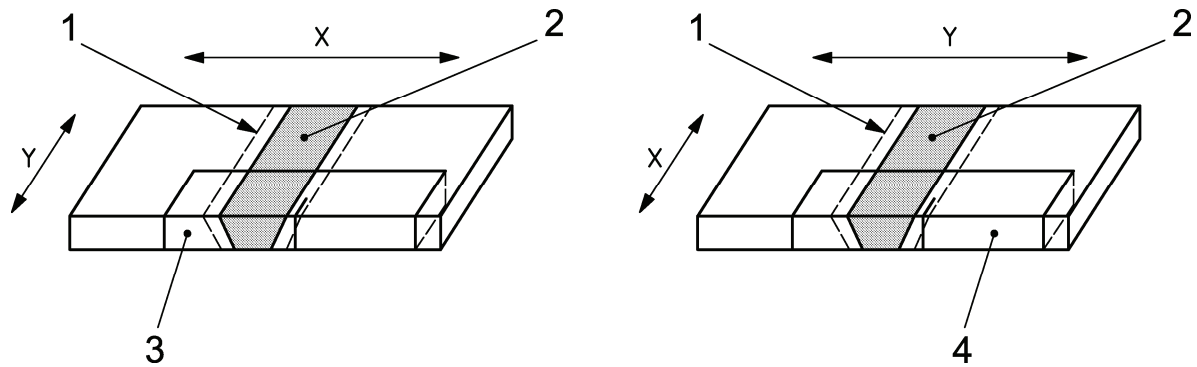
Erster Buchstabe: Richtung senkrecht zur Rissebene

Zweiter Buchstabe: erwartete Richtung der Rissausbreitung

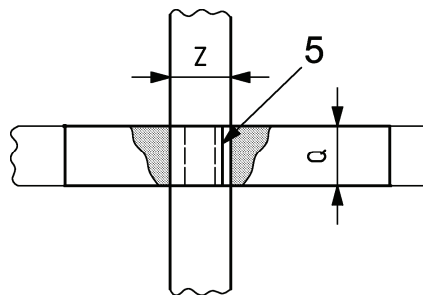
Siehe ISO 3785 zur Definition von X, Y und Z.

Die Proben mit den Orientierungen NP und PN werden als Proben mit wanddurchdringenden Rissen bezeichnet, die Proben mit den Orientierungen NQ und PQ als Proben mit Oberflächenrissen.

**Bild 2 — Definition der Probenorientierung für Bruchzähigkeitsproben  
des Grundwerkstoffs und des Schweißguts**



a) typische Stumpfnahht



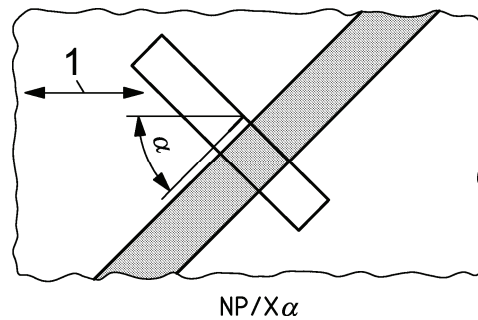
b) Kreuzstoß

#### Legende

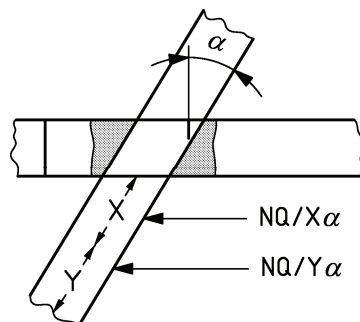
- 1 WEZ (Wärmeeinflusszone)
- 2 Schweißgut
- 3 Orientierung der Schweißnahtprobe NP/XY
- 4 Orientierung der Schweißnahtprobe NP/YX
- 5 wanddurchdringender Riss NP/ZX oder NP/ZY
- X Walzrichtung
- Q Dickenrichtung der Schweißnaht

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.

**Bild 3 — Probenorientierungen von Bruchzähigkeitsproben für die WEZ einer typischen Stumpfnahht und eines Kreuzstoßes**



a) typische Stumpfnah



b) schräger Kreuzstoß

## Legende

1 Walzrichtung

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.

**Bild 4 — Probenorientierung von Bruchzähigkeitsproben für die WEZ bei einem Winkel,  $\alpha$ , 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 Risspitze 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 so sicherzustellen, dass die erwartete Mikrostruktur in ausreichender Menge im Bereich der angestrebten Risspitzenposition vorhanden ist. Die Makroschliffe müssen geschliffen, 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

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

Ist die gewünschte Mikrostruktur nicht vorhanden, reicht ihre Menge für eine Prüfung nicht aus oder können die Toleranzgrenzen für die Rissspitzenposition nicht eingehalten werden, so ist die Schweißnaht für eine Prüfung nach dem SM-Kriterium als ungeeignet zu verwerfen. In einem solchen Fall muss ein neuer Werkstoffbereich identifiziert oder eine neue Schweißnaht vorbereitet werden. Soll eine Biegeprobe mit einer hinreichenden Menge an der gewünschten Mikrostruktur geprüft werden, die Toleranzen für die Rissspitzenposition können aber nicht eingehalten werden, dann darf bei Übereinkunft der beteiligten Parteien das in Anhang E beschriebene Prüfverfahren für Proben mit kurzen Rissen angewendet werden.

Wegen der mit einem kurzen Riss einhergehenden geringeren Dehnungsbehinderung (Constraint) an der Riss Spitze, kann bei gleicher Mikrostruktur der Risswiderstand einer solchen Probe ( $0,10 \leq \alpha_0/W \leq 0,45$ ,  $\alpha_0$  = Anfangsrisslänge,  $W$  = Probendicke) größer sein als der einer Standardprobe ( $0,45 \leq \alpha_0/W \leq 0,70$ ). Deshalb ist das Ausmaß dieses möglichen Unterschieds zu bewerten, wenn Proben mit kurzen Rissen geprüft werden.

## **7.2 Zusätzliche Anforderungen an die Prüfung der Wärmeeinflusszone**

Ist die zu untersuchende spezifische Mikrostruktur (SM) mit der Wärmeeinflusszone (WEZ) identisch, sind zusätzlich zu den in Abschnitt 7.1 dargestellten weitere metallographische Untersuchungen durchzuführen. Auf den geschliffenen und geätzten Makroschliffen ist zu bestimmen, ob die gewünschte Mikrostruktur in den zentralen 75 % der Dicke vorliegt, und ob sie für eine erfolgreiche Prüfung in ausreichender Menge vorhanden ist.

Die gemessenen Positionen und die Abmessungen der gewünschten Mikrostruktur dürfen optional in Kartenform dargestellt werden (ein Beispiel findet sich in Anhang B). Liegt eine derartige Kartierung vor, so muss sie die gesamte Dicke des Makroschliffes umfassen und die Positionen der gewünschten Mikrostruktur wiedergeben. Der Anteil der gewünschten Mikrostruktur muss über den zentralen 75 %-Bereich der Probendicke berechnet werden.

Werden Proben mit Oberflächenriss ausgewählt, so muss der Makroschliff verwendet werden, um nachzuweisen, dass die gewünschte Mikrostruktur innerhalb des Bereiches  $0,45 \leq \alpha_0/W \leq 0,70$  vorhanden ist.

Für Fälle, in denen es unwahrscheinlich ist, dass die Ermüdungsriss Spitze in Übereinstimmung mit den SM-Gültigkeitskriterien positioniert werden kann, ist entweder ein neuer Bereich für die anzustrebende Position der Riss Spitze auszuwählen, eine neue Schweißnaht zu präparieren oder eine Probe mit einem kurzen Riss, wie in 7.1 beschrieben, zu verwenden.

## **8 Probenfertigung**

### **8.1 Toleranzen der Probenabmessungen**

Blindproben sind so aus dem Produkt zu arbeiten, dass der Werkstoffbereich, der für die Prüfung ausgewählt wurde, erfolgreich gekerbt werden kann. Vor dem Einbringen der Kerben müssen die Blindproben vollständig unter Berücksichtigung Ihrer Toleranzen bearbeitet werden.

Kompaktproben müssen den Maßanforderungen nach ISO 12135 entsprechen. Standard-Biegeproben müssen denen in Bild 5 entsprechen. Biegeproben mit kurzen Rissen (siehe 7.1, 7.2 und Anhang E) müssen ebenfalls den Forderungen in Bild 5 entsprechen; ausgenommen ist die relative Risslänge, die im Bereich  $0,10 \leq \alpha_0/W \leq 0,45$  liegen muss.

ANMERKUNG 1 Die Maßtoleranzen in Bild 5 für Standard-SE(B)-Proben sind absichtlich größer als jene nach ISO 12135, um Veränderungen des ursprünglichen Schweißproduktes möglichst gering zu halten.