E DIN EN ISO 12135:2026-07 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2026-05-29

Metallische Werkstoffe - Vereinheitlichtes Prüfverfahren zur Bestimmung der quasistatischen Bruchzähigkeit (ISO 12135:2021, einschließlich korrigierte Fassung 2022-08); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12135:2026

Metallic materials - Unified method of test for the determination of quasistatic fracture toughness (ISO 12135:2021, including Corrected version 2022-08); German and English version prEN ISO 12135:2026

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... **10**

Vorwort ... **11**

1 Anwendungsbereich ... **13**

2 Normative Verweisungen ... **13**

3 Begriffe ... **13**

4 Symbole und Abkürzungen ... **14**

5 Allgemeine Anforderungen ... **18**
5.1 Allgemeines ... **18**
5.2 Bruchparameter ... **20**
5.3 Symbole für Bruchzähigkeit ... **21**
5.4 Proben ... **21**
5.4.1 Probenanordnung und -größe ... **21**
5.4.2 Probenvorbereitung ... **25**
5.5 Anforderungen vor der Prüfung ... **32**
5.5.1 Messungen vor der Prüfung ... **32**
5.5.2 Anforderungen an die Form/Länge von Rissen ... **32**
5.6 Prüfgeräte ... **32**
5.6.1 Kalibrierung ... **32**
5.6.2 Kraftanwendung ... **32**
5.6.3 Verschiebungsmessung ... **33**
5.6.4 Prüfvorrichtungen ... **33**
5.7 Prüfanforderungen ... **38**
5.7.1 Drei-Punkt-Biegeprüfung ... **38**
5.7.2 Zugprüfung bei Kompaktproben ... **38**
5.7.3 Prüftemperatur der Proben ... **39**
5.7.4 Aufzeichnung ... **39**
5.7.5 Prüfgeschwindigkeiten ... **39**
5.7.6 Prüfungsanalysen ... **39**
5.8 Rissmessungen nach der Prüfung ... **39**
5.8.1 Allgemeines ... **39**
5.8.2 Anfängliche Risslänge, a_0 ... **40**
5.8.3 Stabile Rissausbreitung, Δa ... **46**
5.8.4 Instabile Rissausbreitung ... **46**

6 Bestimmung der Bruchzähigkeit bei stabiler und instabiler Rissausbreitung ... **47**
6.1 Allgemeines ... **47**
6.2 Bestimmung der Bruchzähigkeit bei ebenem Dehnungszustand, K_{Ic} ... **48**
6.2.1 Allgemeines ... **48**
6.2.2 Interpretation der Prüfaufzeichnung für F_Q ... **48**

6.2.3 Berechnung von K_Q ... 49
6.2.4 Qualifikation von K_Q als K_{Ic} ... 50
6.3 Bestimmung der Bruchzähigkeit in Bezug auf δ ... 51
6.3.1 Bestimmung von F_c und V_c, F_u und V_u oder F_{uc} und V_{uc} ... 51
6.3.2 Bestimmung von F_m und V_m ... 52
6.3.3 Bestimmung von V_p ... 52
6.3.4 Berechnung von δ_0 ... 53
6.3.5 Qualifizierung des Bruchzähigkeitswerts δ_0 ... 55
6.4 Bestimmung der Bruchzähigkeit in Bezug auf J ... 55
6.4.1 Bestimmung von F_c und V_c oder q_c, F_u und V_u oder q_u, oder F_{uc} und V_{uc} oder q_{uc} ... 55
6.4.2 Bestimmung von F_m und q_m ... 55
6.4.3 Bestimmung von U_p ... 56
6.4.4 Berechnung von J_0 ... 56
6.4.5 Qualifizierung des Bruchzähigkeitswerts J_0 ... 57

7 Bestimmung der Widerstandskurven δ-Δa und J-Δa und der Zähigkeit bei $\delta_{0,2BL}$ und $J_{0,2BL}$ bzw. δ_i und J_i bei Initiierung für die stabile Rissausbreitung ... 58
7.1 Allgemeines ... 58
7.2 Prüfverfahren ... 58
7.2.1 Allgemeines ... 58
7.2.2 Verfahren mit mehreren Proben ... 58
7.2.3 Verfahren mit einer einzigen Probe ... 58
7.2.4 Geradheit der endgültigen Rissfront ... 59
7.3 Berechnung von J und δ ... 59
7.3.1 Berechnung von J ... 59
7.3.2 Berechnung von δ ... 60
7.4 Darstellung der R-Kurve ... 61
7.4.1 Erstellung des Diagramms ... 61
7.4.2 Datenabstand und Kurvenanpassung ... 62
7.5 Qualifizierung von Widerstandskurven ... 63
7.5.1 Qualifizierung von J-Δa-Widerstandskurven ... 63
7.5.2 Qualifizierung von δ-Δa-Widerstandskurven ... 63
7.6 Bestimmung und Qualifizierung von $J_{0,2BL}$ und $\delta_{0,2BL}$ ... 64
7.6.1 Bestimmung von $J_{0,2BL}$ ... 64
7.6.2 Bestimmung von $\delta_{0,2BL}$ ... 65
7.7 Bestimmung der Zähigkeit J_i und δ_i bei Initiierung mittels Rasterelektronenmikroskopie (SEM, en: scanning electron microscopy) ... 66

8 Prüfbericht ... 66
8.1 Aufbau ... 66
8.2 Probe, Werkstoff und Prüfumgebung ... 67
8.2.1 Probenbeschreibung ... 67
8.2.2 Probenmaße ... 67
8.2.3 Werkstoffbeschreibung ... 67
8.2.4 Zusätzliche Maße ... 67
8.2.5 Prüfumgebung ... 67
8.2.6 Bedingungen der Ermüdungsanrissbildung ... 67
8.3 Qualifizierung der Prüfdaten ... 68
8.3.1 Beschränkungen ... 68
8.3.2 Risslängenmessungen ... 68
8.3.3 Erscheinungsbild der Bruchfläche ... 68
8.3.4 Pop-in-Ereignis ... 68
8.3.5 Widerstandskurven ... 68
8.3.6 Checkliste für die Datenqualifizierung ... 68
8.4 Qualifizierung von K_{Ic} ... 69
8.5 Qualifizierung von $\delta_{c(B)}$, $\delta_{u(B)}$, $\delta_{uc(B)}$ oder $\delta_{m(B)}$ ... 70
8.6 Qualifizierung von $J_{c(B)}$, $J_{u(B)}$, $J_{uc(B)}$ oder $J_{m(B)}$ ... 70
8.7 Qualifizierung der δ-R-Kurve ... 70
8.8 Qualifizierung der J-R-Kurve ... 70

8.9 Qualifizierung von $\delta_{0,2BL(B)}$ als $\delta_{0,2BL}$ ... 70
8.10 Qualifizierung von $J_{0,2BL(B)}$ als $J_{0,2BL}$ ... 71

Anhang A (informativ) Bestimmung von δ_i und J_i ... 72
A.1 Allgemeines ... 72
A.2 Messung der kritischen Breite der Stretchzone (SZW) ... 72
A.3 Bestimmung von δ_i ... 74
A.4 Bestimmung von J_i ... 76

Anhang B (normativ) Ausrichtung der Rissebene ... 77

Anhang C (informativ) Beispiele für Prüfberichte ... 79
C.1 Probe, Werkstoff und Prüfumgebung ... 79
C.2 Datenqualifizierung ... 81
C.3 Daten zur Widerstandskurve ... 83
C.4 Qualifikation von K_Q als K_{Ic} ... 83
C.5 Qualifizierung von $\delta_{c(B)}$, $\delta_{u(B)}$, $\delta_{uc(B)}$ oder $\delta_{m(B)}$ ... 84
C.6 Qualifizierung von $J_{c(B)}$, $J_{u(B)}$, $J_{uc(B)}$ oder $J_{m(B)}$ ... 84
C.7 Qualifizierung der δ-R-Kurve ... 85
C.8 Qualifizierung der J-R-Kurve ... 86
C.9 Qualifizierung von $\delta_{Q0,2BL(B)}$ als $\delta_{0,2BL}$ ... 86
C.10 Qualifizierung von $J_{Q0,2BL}$ als $J_{0,2BL}$ ... 87

Anhang D (informativ) Koeffizienten des Spannungsintensitätsfaktors und Nachgiebigkeitsbeziehungen ... 89
D.1 Koeffizienten des Spannungsintensitätsfaktors ... 89
D.1.1 Drei-Punkt-Biegeproben ... 89
D.1.2 Kompaktproben ... 89
D.2 Elastische Nachgiebigkeitsbeziehung ... 91
D.2.1 Drei-Punkt-Biegeproben, die für die Messung der Kraft F gegenüber der Rissöffnungsverschiebung V_{M1} ausgestattet sind ... 91
D.2.2 Kompaktproben, die für die Messung von F gegenüber der Rissöffnungsverschiebung V_{M2} ausgestattet sind ... 92
D.2.3 Drei-Punkt-Biegeproben, die für die Messung von F gegenüber der Verschiebung der Belastungslinie q_{e1} ausgestattet sind ... 92
D.2.4 Kompaktproben, die für die Messung von F gegenüber der Verschiebung der Belastungslinie q_{e2} ausgestattet sind ... 92

Anhang E (informativ) Messung der Verschiebung der Belastungsline q bei der Drei-Punkt-Biegeprüfung ... 94

Anhang F (informativ) Ableitung von Pop-in-Gleichungen ... 99

Anhang G (informativ) Analytische Verfahren für die Bestimmung von V_p und U_p ... 101
G.1 Allgemeines ... 101
G.2 Plastische Verschiebung, V_p ... 101
G.3 Plastischer Bereich, U_p ... 101

Anhang H (informativ) Leitlinien für Verfahren mit einer einzigen Probe ... 103
H.1 Allgemeines ... 103
H.2 Entlastungsnachgiebigkeitstechnik ... 103
H.3 Empfehlungen für die Prüfung ... 104
H.3.1 Nachgiebigkeitsmessung ... 104
H.3.2 Digitale Signalauflösung ... 104
H.3.3 Autographische Signalauflösung ... 105
H.4 Durchführung ... 105
H.4.1 Vorkonditionierung ... 105
H.4.2 Belastungsgeschwindigkeit ... 105
H.4.3 Risslängenmessungen ... 105
H.4.4 Beendigung der Prüfung ... 105
H.5 Risslängenberechnung ... 106
H.5.1 Biegeprobe: an der Probenoberfläche gemessene Rissöffnungsverschiebung (CMOD) ... 106

H.5.2 Biegeprobe: Nachgiebigkeit auf Grundlage der Verschiebung des Belastungspunkts 106
H.5.3 Kompaktproben 107
H.5.4 Rotationskorrektur bei Kompaktproben 108
H.6 Widerstand gegen Rissausbreitung 108
H.6.1 Allgemeines 108
H.6.2 Geschätzte anfängliche Risslänge 109
H.6.3 Geschätzte Rissausbreitung 110
H.6.4 Widerstandskurven 110
H.7 Potentialabfalltechniken 110
H.7.1 Wechselstrom-Potentialabfallverfahren 110
H.7.2 Interpretation der Prüfaufzeichnungen 112
H.8 Gleichstrom-Potentialabfallverfahren 113
H.8.1 Verfahren 1 113
H.8.2 Verfahren 2 116

Anhang I (normativ) Anpassungen nach dem Potenzgesetz an die Rissausbreitungsdaten (siehe [42]) 118

Literaturhinweise 120

Bilder

Bild 1 — Allgemeines Flussdiagramm zur Veranschaulichung der Anwendung des Standardprüfverfahrens 19

Bild 2 — Charakteristische Typen von Kraft-Verschiebungs-Aufzeichnungen in Bruchprüfung 20

Bild 3 — Proportionale Maße und Toleranzen für Biegeproben 22

Bild 4 — Proportionale Maße und Toleranzen für Kompaktproben mit geradem Kerb 23

Bild 5 — Proportionale Maße und Toleranzen für Kompaktproben mit Stufenkerb 24

Bild 6 — Zulässige Hüllfläche eines Ermüdungsrisses und Rissanfangskerben (siehe Bild 7 und Bild 8) 27

Bild 7 — Chevron-Kerb 28

Bild 8 — Nach außen gerichtete Messschneiden und entsprechende Kerbgeometrien 29

Bild 9 — Nach innen gerichtete, angebrachte Messschneiden und entsprechende Kerbgeometrien (siehe Bild 8) 29

Bild 10 — Vorrichtung für Drei-Punkt-Biegeprüfungen 34

Bild 11 — Typische Auslegung eines Kompaktproben-Gabelkopfes mit Flachbodenbohrung zur Aufnahme eines Belastungsstifts 37

Bild 12 — Typische Auslegung eines Kompaktproben-Belastungsgabelkopfes mit einer übergroßen kreisförmigen Bohrung für den Belastungsstift 38

Bild 13 — Definitionen von V und ihre Entsprechung zu V_g bei Drei-Punkt-Biegeprüfungen 40

Bild 14 — Definitionen von V q und ihre Entsprechung zu V_g bei Kompaktzugproben 41

Bild 15 — Messung der Risslängen bei Biegeproben 43

Bild 16 — Messung der Risslängen an Kompaktproben **45**

Bild 17 — Beurteilung des Pop-in-Verhaltens (siehe 6.2.2, 6.3.1 und 6.4.1) **47**

Bild 18 — Definition von F_Q (für die Bestimmung von K_Q) **49**

Bild 19 — Definition von V_p (für die Bestimmung der CTOD) **53**

Bild 20 — Definition von U_p *(für die Bestimmung von J)* **56**

Bild 21 — Datenabstand für die Bestimmung der *R*-Kurve **61**

Bild 22 — Qualifizierungsgrenzen und Definitionen von J_g oder δ_g **64**

Bild 23 — Datenabstand für $J_{0,2BL}$ oder $\delta_{0,2BL}$ **66**

Bild A.1 — Typische Breite der Stretchzone **72**

Bild A.2 — Bestimmung von Δa_{SZW} **74**

Bild A.3 — Bestimmung von δ_i und J_i **75**

Bild B.1 — Bezeichnung der Bruchebenen **78**

Bild E.1 — Prinzip der Messung mit Komparatorstange **95**

Bild E.2 — Graphische Darstellung der Anordnung für eine statischen Drei-Punkt-Biegeprüfung mit Details zu flexibler Stange und Probenhaltern **95**

Bild E.3 — Verschiebungen in Verbindung mit den Drei-Punkt-Biegeproben **96**

Bild E.4 — Gleichzeitige Bestimmung der externen Verschiebungen ($\Delta_1 + \Delta_2$) **97**

Bild E.5 — Lage von zwei Messungen der Kerböffnungsverschiebung (V_{g1} und V_{g2}) zur Bestimmung der Verschiebung der Belastungslinie **97**

Bild F.1 — Kräfte und elastische Verschiebungen in Verbindung mit mehreren Pop-in-Ereignissen **100**

Bild H.1 — Ideales Verhalten der Risswachstums-Bruchfestigkeits-Kurve **109**

Bild H.2 — Typisches Diagramm für die geschätzte Risslänge *a* gegenüber δ oder *J* aus einer Bruchprüfung mit einer einzigen Probe [unter Verwendung von Gleichung (H.15) und Gleichung (H.16)] **110**

Bild H.3 — Typisches Wechselstrom-Potentialabfall-Prüfsystem **111**

Bild H.4 — Typische Prüfaufzeichnung mit Wechselstrom-Potentialabfall **112**

Bild H.5 — Diagramm des Risswachstums gegenüber der Potentialdifferenz **113**

Bild H.6 — Typisches Gleichstrom-Potentialabfall-Prüfsystem **115**

Bild H.7 — Typische Prüfaufzeichnung mit Gleichstrom-Potentialabfall für das in Bild H.6 dargestellte System **115**

Bild H.8 — Alternatives Gleichstrom-Potentialabfall-Prüfsystem **116**

Bild H.9 — Typische Prüfaufzeichnung mit Gleichstrom-Potentialabfall für das in Bild H.8 dargestellte System 117

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole für Bruchzähigkeit 21

Tabelle 2 — Empfohlene Mindestdicke für K_{Ic}-Prüfungen 25

Tabelle C.1 — Tabelle der Rissmessungen 81

Tabelle C.2 — Tabelle mit Informationen zu Pop-in-Ereignissen 82

Tabelle C.3 — Daten zur Widerstandskurve 83

Tabelle D.1 — Werte von $g_1(a_0/W)$ für Drei-Punkt-Biegeproben 89

Tabelle D.2 — Werte von $g_2(a_0/W)$ für Kompaktproben 90