

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 Belastungslinie 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