

# 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, $\Delta a$ .....	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 $\delta$ .....	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 $\delta_0$ .....	53
6.3.5	Qualifizierung des Bruchzähigkeitswerts $\delta_0$ .....	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 $\delta$ - $\Delta a$ und $J$ - $\Delta a$ und der Zähigkeit bei $\delta_{0,2BL}$ und $J_{0,2BL}$ bzw. $\delta_i$ 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 $\delta$ .....	59
7.3.1	Berechnung von $J$ .....	59
7.3.2	Berechnung von $\delta$ .....	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 $J$ - $\Delta a$ -Widerstandskurven .....	63
7.5.2	Qualifizierung von $\delta$ - $\Delta a$ -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 $\delta_i$ 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 $\delta$ - $R$ -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
<b>Anhang A (informativ) Bestimmung von <math>\delta_i</math> und <math>J_i</math>.....</b>		<b>72</b>
A.1	Allgemeines .....	72
A.2	Messung der kritischen Breite der Stretchzone (SZW) .....	72
A.3	Bestimmung von $\delta_i$ .....	74
A.4	Bestimmung von $J_i$ .....	76
<b>Anhang B (normativ) Ausrichtung der Rissebene.....</b>		<b>77</b>
<b>Anhang C (informativ) Beispiele für Prüfberichte .....</b>		<b>79</b>
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 $\delta$ -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
<b>Anhang D (informativ) Koeffizienten des Spannungsintensitätsfaktors und Nachgiebigkeitsbeziehungen.....</b>		<b>89</b>
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
<b>Anhang E (informativ) Messung der Verschiebung der Belastungslinie <math>q</math> bei der Drei-Punkt- Biegeprüfung .....</b>		<b>94</b>
<b>Anhang F (informativ) Ableitung von Pop-in-Gleichungen .....</b>		<b>99</b>
<b>Anhang G (informativ) Analytische Verfahren für die Bestimmung von <math>V_p</math> und <math>U_p</math>.....</b>		<b>101</b>
G.1	Allgemeines .....	101
G.2	Plastische Verschiebung, $V_p$ .....	101
G.3	Plastischer Bereich, $U_p$ .....	101
<b>Anhang H (informativ) Leitlinien für Verfahren mit einer einzigen Probe .....</b>		<b>103</b>
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

<b>Bild 16 — Messung der Risslängen an Kompaktproben .....</b>	<b>45</b>
<b>Bild 17 — Beurteilung des Pop-in-Verhaltens (siehe 6.2.2, 6.3.1 und 6.4.1).....</b>	<b>47</b>
<b>Bild 18 — Definition von <math>F_Q</math> (für die Bestimmung von <math>K_Q</math>) .....</b>	<b>49</b>
<b>Bild 19 — Definition von <math>V_p</math> (für die Bestimmung der CTOD) .....</b>	<b>53</b>
<b>Bild 20 — Definition von <math>U_p</math> (für die Bestimmung von <math>J</math>).....</b>	<b>56</b>
<b>Bild 21 — Datenabstand für die Bestimmung der <math>R</math>-Kurve.....</b>	<b>61</b>
<b>Bild 22 — Qualifizierungsgrenzen und Definitionen von <math>J_g</math> oder <math>\delta_g</math>.....</b>	<b>64</b>
<b>Bild 23 — Datenabstand für <math>J_{0,2BL}</math> oder <math>\delta_{0,2BL}</math>.....</b>	<b>66</b>
<b>Bild A.1 — Typische Breite der Stretchzone .....</b>	<b>72</b>
<b>Bild A.2 — Bestimmung von <math>\Delta a_{SZW}</math>.....</b>	<b>74</b>
<b>Bild A.3 — Bestimmung von <math>\delta_i</math> und <math>J_i</math>.....</b>	<b>75</b>
<b>Bild B.1 — Bezeichnung der Bruchebenen .....</b>	<b>78</b>
<b>Bild E.1 — Prinzip der Messung mit Komparatorstange.....</b>	<b>95</b>
<b>Bild E.2 — Graphische Darstellung der Anordnung für eine statischen Drei-Punkt-Biegeprüfung mit Details zu flexibler Stange und Probenhaltern .....</b>	<b>95</b>
<b>Bild E.3 — Verschiebungen in Verbindung mit den Drei-Punkt-Biegeproben .....</b>	<b>96</b>
<b>Bild E.4 — Gleichzeitige Bestimmung der externen Verschiebungen (<math>\Delta_1 + \Delta_2</math>).....</b>	<b>97</b>
<b>Bild E.5 — Lage von zwei Messungen der Kerböffnungsverschiebung (<math>V_{g1}</math> und <math>V_{g2}</math>) zur Bestimmung der Verschiebung der Belastungslinie.....</b>	<b>97</b>
<b>Bild F.1 — Kräfte und elastische Verschiebungen in Verbindung mit mehreren Pop-in- Ereignissen .....</b>	<b>100</b>
<b>Bild H.1 — Ideales Verhalten der Risswachstums-Bruchfestigkeits-Kurve.....</b>	<b>109</b>
<b>Bild H.2 — Typisches Diagramm für die geschätzte Risslänge <math>a</math> gegenüber <math>\delta</math> oder <math>J</math> aus einer Bruchprüfung mit einer einzigen Probe [unter Verwendung von Gleichung (H.15) und Gleichung (H.16)].....</b>	<b>110</b>
<b>Bild H.3 — Typisches Wechselstrom-Potentialabfall-Prüfsystem .....</b>	<b>111</b>
<b>Bild H.4 — Typische Prüfaufzeichnung mit Wechselstrom-Potentialabfall .....</b>	<b>112</b>
<b>Bild H.5 — Diagramm des Risswachstums gegenüber der Potentialdifferenz .....</b>	<b>113</b>
<b>Bild H.6 — Typisches Gleichstrom-Potentialabfall-Prüfsystem .....</b>	<b>115</b>
<b>Bild H.7 — Typische Prüfaufzeichnung mit Gleichstrom-Potentialabfall für das in Bild H.6 dargestellte System.....</b>	<b>115</b>
<b>Bild H.8 — Alternatives Gleichstrom-Potentialabfall-Prüfsystem.....</b>	<b>116</b>

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

**Tabellen**

<b>Tabelle 1 — Symbole für Bruchzähigkeit.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabelle 2 — Empfohlene Mindestdicke für <math>K_{Ic}</math>-Prüfungen .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle C.1 — Tabelle der Rissmessungen .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabelle C.2 — Tabelle mit Informationen zu Pop-in-Ereignissen .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabelle C.3 — Daten zur Widerstandskurve .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabelle D.1 — Werte von <math>g_1(a_0/W)</math> für Drei-Punkt-Biegeproben.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabelle D.2 — Werte von <math>g_2(a_0/W)</math> für Kompaktproben.....</b>	<b>90</b>