

DIN EN ISO 7539-6

ICS 77.060

Entwurf

Einsprüche bis 2017-12-20
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 7539-6:2012-01

**Korrosion der Metalle und Legierungen –
Prüfung der Spannungsrisskorrosion –
Teil 6: Vorbereitung und Anwendung von angerissenen Proben für die
Prüfung unter konstanter Kraft oder konstanter Verformung
(ISO/DIS 7539-6:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 7539-6:2017**

Corrosion of metals and alloys –
Stress corrosion testing –
Part 6: Preparation and use of precracked specimens for tests under constant load or constant displacement (ISO/DIS 7539-6:2017);
German and English version prEN ISO 7539-6:2017

Corrosion des métaux et alliages –
Essais de corrosion sous contrainte –
Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes préfiessurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant (ISO/DIS 7539-6:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 7539-6:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-10-20 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 84 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 7539-6:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-77 AA „Korrosionsprüfverfahren“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 7539-1	siehe DIN EN ISO 7539-1
ISO 11782-2:1998	siehe DIN EN ISO 11782-2:2008-08

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 7539-6:2012-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierungen im Zusammenhang mit Bild 14;
- b) redaktionelle Anpassungen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7539-1, *Korrosion der Metalle und Legierungen — Prüfung der Spannungsrisskorrosion — Teil 1: Allgemeiner Leitfadens für Prüfverfahren*

DIN EN ISO 11782-2:2008-08, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Prüfung der Schwingungskorrosion — Teil 2: Rissausbreitungsprüfung an angerissenen Proben (ISO 11782-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11782-2:2008*

**Korrosion der Metalle und Legierungen — Prüfung der
Spannungsrissskorrosion — Teil 6: Vorbereitung und Anwendung von
angerissenen Proben für die Prüfung unter konstanter Kraft oder
konstanter Verformung (ISO/DIS 7539-6:2017)**

*Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 6 : Préparation et utilisation des
éprouvettes préfissurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant (ISO/DIS 7539-6:2017)*

*Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 6: Preparation and use of precracked specimens for
tests under constant load or constant displacement (ISO/DIS 7539-6:2017)*

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	8
5 Proben	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Form der Proben	10
5.3 Betrachtungen zum Spannungsintensitätsfaktor	21
5.4 Vorbereitung der Proben	26
5.5 Kennzeichnung der Proben	27
6 Einleitung und Ausbreitung von Ermüdungsanrissen	27
7 Durchführung	29
7.1 Allgemeines	29
7.2 Betrachtungen zur Prüfumgebung	29
7.3 Prüfzelle	30
7.4 Kontrolle und Überwachung des Prüfmediums	31
7.5 Bestimmung des K_{ISCC} -Wertes durch Rissstopp	32
7.6 Bestimmung des K_{ISCC} -Wertes durch Risseinleitung	35
7.7 Messung der Rissgeschwindigkeit	36
8 Prüfbericht	37
Anhang A (normativ) Anwendung von gekerbten Proben bei Prüfungen der Spannungsrissskorrosion	39
A.1 Anwendungsbereich	39
A.2 Symbole	39
A.3 Kurzbeschreibung	39
A.4 Proben	40
A.4.1 Allgemeines	40
A.4.2 Probenform	40
A.4.3 Betrachtungen zur Spannung	40
A.4.4 Herstellung der Proben	41
A.5 Verfahren	41
A.6 Prüfbericht	41
Anhang B (normativ) Bestimmung der Risswachstumsgeschwindigkeit	42

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 7539-6:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156 „Corrosion of metals and alloys“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 262 „Metallische und andere anorganische Überzüge, einschließlich des Korrosionsschutzes und der Korrosionsprüfung von Metallen und Legierungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 7539-6:2011 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 7539-6:2017 wurde von CEN als prEN ISO 7539-6:2017 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.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in dem Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der Mitgliedsländer, die abgestimmt haben, benötigt.

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.

ISO 7539-6 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 156, *Corrosion of metals and alloys*, in Zusammenarbeit mit dem National Physical Laboratory (Vereinigtes Königreich), erarbeitet.

Diese vierte Fassung ersetzt die dritte Fassung von (ISO 7539-6:2011), die technisch in Bezug auf Bild 14 überarbeitet wurde.

ISO 7539 besteht unter dem allgemeinen Titel *Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: General guidance on testing procedures*
- *Part 2: Preparation and use of bent-beam specimens*
- *Part 3: Preparation and use of U-bend specimens*
- *Part 4: Preparation and use of uniaxially loaded tension specimens*
- *Part 5: Preparation and use of C-ring specimens*
- *Part 6: Preparation and use of precracked specimens for tests under constant load or constant displacement*
- *Part 7: Method for slow strain rate testing*
- *Part 8: Preparation and use of specimens to evaluate weldments*
- *Part 9: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under rising load or rising displacement*
- *Part 10: Testing of alloys using reverse U-bend test method*
- *Part 11: Guidelines for testing the resistance of metals and alloys to hydrogen embrittlement and hydrogen assisted cracking*

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieser Teil von ISO 7539 behandelt Verfahren für die Gestaltung, Vorbereitung und Anwendung von angerissenen Proben zur Untersuchung der Beständigkeit von Metallen gegen Spannungsrisskorrosion. Empfehlungen für gekerbte Proben werden im Anhang A angegeben.

In diesem Teil von ISO 7539 werden mit der Benennung „Metall“ auch Legierungen erfasst.

1.2 Für die Bewertung dünner Erzeugnisse, z. B. Feinblech oder Draht, sind angerissene Proben wegen der Notwendigkeit, die Plastizität auf die Rissspitze zu beschränken, nicht geeignet; sie werden im Allgemeinen für die Bewertung dickerer Erzeugnisse angewendet, zu denen Grobbleche, Stangen und Schmiedestücke gehören. Sie können auch auf miteinander verschweißte Teile angewendet werden.

1.3 Zur Beanspruchung der angerissenen Proben können Prüfeinrichtungen angewendet werden, die eine konstante Kraft aufbringen oder die eine Vorrichtung aufnehmen können, mit der eine konstante Verformung an den Kraftangriffspunkten erzeugt wird. Prüfungen mit ansteigender Auslenkung oder ansteigender Last sind nach ISO 7539-9 durchzuführen.

1.4 Ein spezieller Vorteil der angerissenen Proben besteht darin, dass mit ihrer Hilfe Daten erhalten werden können, mit denen kritische Fehlergrößen, bei deren Überschreiten Spannungsrisskorrosionsanfälligkeit auftreten kann, für Teile mit bekannter Geometrie, die bekannten Spannungen ausgesetzt sind, ermittelt werden können. Mit Hilfe von angerissenen Proben ist es ferner möglich, die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Spannungskorrosionsrissen zu bestimmen. Diese Daten können für die Überwachung von Teilen herangezogen werden, in denen beim Einsatz Fehler auftreten.

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 7539-1, *Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 1: General guidance on testing procedures*

ISO 11782-2:1998, *Corrosion of metals and alloys — Corrosion fatigue testing — Part 2: Crack propagation testing using precracked specimens*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 7539-1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Risslänge

a

tatsächliche Risslänge, gemessen von der Rissspitze entweder bis zum Beginn der Kerbe oder bis zur Lastangriffslinie, je nach der Probengeometrie

3.2

Probenbreite

W

tatsächliche Breite der Probe, gemessen von ihrer Rückseite entweder bis zu der gekerbten Probenfläche oder bis zur Lastangriffsebene, je nach der Probengeometrie

3.3

Probendicke

B

Maß der untersuchten Probe zwischen rechter und linker Seite

3.4 reduzierte Dicke im Bereich der seitlichen Kerben

B_n

kleinste Dickenmaß zwischen den Einkerbungen seitlich gekerbter Proben

3.5 halbe Probenhöhe

H

50 % der Probenhöhe, gemessen parallel zur Richtung der Lastaufbringung für CT-Proben (kompakte Zugproben), DCB-Proben (Doppelhebelarmproben) und T-WOL-Proben (durch einen Keil belastete Proben)

3.6 Kraft

P

auf die Probe aufgebrachte Kraft, die als positiv angesehen wird, wenn sie bewirkt, dass sich die Rissflanken voneinander wegbewegen

3.7 Auslenkung an der Lastangriffslinie

V_{LL}

während der Aufbringung der Last auf eine Probe, die unter konstanter Verformung zu prüfen ist, an der Kraftangriffslinie erzeugte Rissaufweitung

3.8 Verformung außerhalb der Kraftangriffslinie

V_0

während der Aufbringung der Last auf eine Probe, die unter konstanter Verformung zu prüfen ist, außerhalb der Kraftangriffsebene erzeugte Rissaufweitung, z. B. an Messkanten, die am Beginn der Kerbe angeordnet sind

3.9 Elastizitätsmodul

E

Zug-Elastizitätsmodul (d. h. das Verhältnis der Spannung zur Dehnung)

3.10 Spannungsintensitätsfaktor

K_I

Funktion von aufgebrachter Last, Risslänge und Probengeometrie mit der Dimension Spannung $\times \sqrt{\text{Länge}}$, die allein die Intensivierung des elastischen Spannungsfeldes an der Spitze eines Risses definiert, der einer bestimmten Art (Modus I) der Rissaufweitung ausgesetzt ist

ANMERKUNG Es ist festgestellt worden, dass Spannungsintensitätsfaktoren, die unter der Annahme errechnet wurden, dass sich die Proben rein elastisch verhalten, mit dem Verhalten von tatsächlich angerissenen Körpern unter der Voraussetzung korrelieren, dass die Größe der Plastizitätszone an der Risspitze im Vergleich zur Risslänge und der Länge des nicht angerissenen Steges klein ist. In diesem Teil von ISO 7539 wird davon ausgegangen, dass Modus I vorliegt, und der Index I ist immer inbegriffen.

3.11 anfänglicher Spannungsintensitätsfaktor

K_{Ii}

Spannungsintensität, die zu Beginn der der Spannungsrissskorrosionsprüfung aufgebracht wird

3.12 Risszähigkeit bei ebenem Dehnungszustand

K_{Ic}

kritischer Wert für K_I , bei dem die erste signifikante, von der Umgebung unabhängige Ausbreitung des Risses unter dem Einfluss einer zunehmenden Spannungsintensität unter Bedingungen einer starken Einschränkung der plastischen Verformung auftritt

3.13

vorläufiger Wert für K_{Ic}

K_Q

$K_Q = K_{Ic}$, wenn die Gültigkeitskriterien für einen überwiegend ebenen Dehnungszustand erfüllt sind

3.14

kritischer Spannungsintensitätsfaktor für die Anfälligkeit für Spannungsrisskorrosion

K_{ISCC}

Spannungsintensitätsfaktor, bei dessen Überschreitung Spannungsrisskorrosion ausgelöst wird und Risse wachsen unter den festgelegten Prüfbedingungen und unter den Bedingungen einer starken Einschränkung der plastischen Verformung, d. h. unter Bedingungen eines überwiegend ebenen Dehnungszustandes

3.15

vorläufiger Wert für K_{ISCC}

K_{QSCC}

$K_{QSCC} = K_{ISCC}$, wenn die Gültigkeitskriterien für einen überwiegend ebenen Dehnungszustand erfüllt sind

3.16

maximaler Spannungsintensitätsfaktor bei Ermüdung

K_{max}

höchster algebraischer Wert für den Spannungsintensitätsfaktor innerhalb eines Lastspieles bei Aufbringung der maximalen Belastung

3.17

0,2-%-Dehngrenze

$R_{p0,2}$

Spannung, die beim Zugversuch einer bleibenden Dehnung von 0,2 % entspricht

3.18

aufgebrachte Spannung

σ

Spannung, die aus der Aufbringung einer Last auf die Probe resultiert

3.19

Geometriefunktion des Spannungsintensitätsfaktors

Y

aus der Spannungsanalyse für eine bestimmte Probengeometrie abgeleiteter Faktor, der eine Beziehung zwischen dem Spannungsintensitätsfaktor für eine bestimmte Risslänge und der Last sowie den Maßen der Probe herstellt

3.20

Spannungsverhältnis bei Ermüdungsbelastung

R

algebraisches Verhältnis der Minimallast zur Maximallast in einem Lastspiel:

$$R = \frac{P_{min}}{P_{max}} = \frac{K_{min}}{K_{max}}$$

3.21

Rissausbreitungsgeschwindigkeit

momentane Geschwindigkeit des Risswachstums, die mit Hilfe eines Verfahrens zur kontinuierlichen Rissüberwachung gemessen wird

3.22

durchschnittliche Rissausbreitungsgeschwindigkeit

durchschnittliche Geschwindigkeit des Risswachstums, die durch Dividieren der Änderung der Länge eines durch Spannungsrisskorrosion erzeugten Risses durch die Versuchsdauer berechnet wird

3.23

Probenorientierung

Bruchebene der Probe, die erstens durch die Belastungsrichtung und zweitens durch die Richtung des Risswachstums gekennzeichnet und auf drei Bezugsachsen X , Y und Z bezogen wird

ANMERKUNG

- Z ist die Richtung der Hauptbearbeitungskraft, die während der Herstellung des Materials angewendet wird (kurze Querrichtung);
- X ist die Verformungsrichtung des Gefüges (Längsachse);
- Y ist die zur X - und Z -Achse senkrechte Achse.

4 Kurzbeschreibung

4.1 Bei Anwendung angerissener Proben muss sichergestellt werden, dass weder bei der Fertigung noch beim anschließenden Einsatz rissähnliche Fehler eingebracht werden. Außerdem kann das Vorhandensein derartiger Fehler eine erhöhte Anfälligkeit für Spannungsrisskorrosion verursachen, die bei bestimmten Werkstoffen (z. B. Titan) bei Prüfungen unter konstanter Last an glatten Proben möglicherweise nicht erkennbar ist. Die Grundsätze der linearelastischen Bruchmechanik können angewendet werden, um den Spannungszustand an der Risspitze in einer angerissenen Probe bzw. einem Bauteil über die Spannungsintensitäten des ebenen Dehnungszustandes quantitativ zu erfassen.

4.2 Bei der Prüfung wird eine Probe, in die ausgehend von einem maschinell gefertigten Kerb ein Ermüdungsanriss eingebracht wurde, entweder einer konstanten Last oder einer konstanten Verformung an den Lastangriffspunkten unter gleichzeitiger Einwirkung eines chemisch angreifenden Mediums ausgesetzt. Der Zweck besteht darin, die Bedingungen, unter denen ein durch die Umgebung hervorgerufenen Risswachstum eintreten kann, mit Hilfe der kritischen Spannungsintensität für das Auftreten von Spannungsrisskorrosion K_{ISCC} zu quantifizieren und die Kinetik des Risswachstums zu bestimmen.

4.3 Die empirischen Daten können bei der Auslegung der Bauteile oder zur Vorhersage ihrer Lebensdauer angewendet werden um sicherzustellen, dass entweder die Spannungen in großen Bauteilen nicht so hoch werden, dass eine durch die Umgebung hervorgerufene Rissbildung unabhängig von der Art der existierenden Fehler gefördert wird, oder aber, dass das Ausmaß des Risswachstums innerhalb der geplanten Lebensdauer oder der Überprüfungsintervalle ohne das Risiko eines instabilen Bruches toleriert werden kann.

4.4 Spannungsrisskorrosion unterliegt sowohl mechanischen als auch elektrochemischen Einflüssen. Die elektrochemischen Einflüsse können in Abhängigkeit von Tiefe, Öffnung oder Form des Risses durch Änderungen der Risspitzen-Chemie und des Elektrodenpotenzials schwanken, so dass allein mit Hilfe des Spannungsintensitätsfaktors der Bruchmechanik keine eindeutige Beschreibung des Mechanismus der Spannungsrisskorrosion möglich ist.

4.5 Zu den mechanischen Einflüssen gehören sowohl die von außen aufgetragenen als auch die inneren Spannungen. Der mögliche Einfluss von inneren Spannungen muss bei der Laborprüfung und bei Prüfungen an Proben mit komplizierteren geometrischen Formen berücksichtigt werden. Die Gradienten der inneren Spannung in einer Probe können zu einem ungleichmäßigen Risswachstum entlang der Rissfront führen.

5 Proben

5.1 Allgemeines

5.1.1 Ein großer Teil von Proben mit Normmaßen, die für Risszähigkeitsprüfungen angewendet werden, dürfen benutzt werden. Der jeweils anzuwendende Probentyp hängt von der Form, der Festigkeit und der Anfälligkeit des zu untersuchenden Werkstoffs für Spannungsrisskorrosion sowie auch vom Zweck der Prüfung ab.

5.1.2 Eine grundlegende Anforderung besteht darin, dass die Maße der Proben ausreichend sein müssen, um überwiegend dreiaxiale Bedingungen (ebener Dehnungszustand) aufrechtzuerhalten, bei denen die plastische Verformung auf den Bereich der Risspitze beschränkt ist. Die bei Risszähigkeitsprüfungen

gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass für eine korrekte Messung des K_{Ic} -Wertes sowohl die Risslänge a als auch die Dicke B nicht kleiner sein dürfen als

$$2,5 \left(\frac{K_{Ic}}{R_{p0,2}} \right)^2$$

und dass nach Möglichkeit größere Proben angewendet werden müssen, bei denen die Werte a und B mindestens gleich

$$4 \left(\frac{K_{Ic}}{R_{p0,2}} \right)^2$$

sind, um eine hinreichende Verformungsbeschränkung sicherzustellen.

Vom Standpunkt der Bruchmechanik kann eine Mindestdicke, ab der ein unveränderlicher K_{ISCC} -Wert erhalten wird, gegenwärtig nicht angegeben werden. Die Anwesenheit eines aggressiven Mediums während der Spannungsrisskorrosion kann den Grad der mit dem Bruch einhergehenden Plastizität reduzieren, so dass Probenmaße erforderlich sind, die eine plastische Verformung begrenzen. Um jedoch das Risiko einer nicht hinreichenden Verformungsbeschränkung auf ein Minimum zu reduzieren, wird empfohlen, dass ähnliche Kriterien, wie sie bei der Risszähigkeitsprüfung angewendet werden, auch für die Probenmaße gelten, d. h. die Werte für a und B dürfen nicht kleiner sein als

$$2,5 \left(\frac{K_I}{R_{p0,2}} \right)^2$$

und vorzugsweise sollten sie nicht kleiner als

$$4 \left(\frac{K_I}{R_{p0,2}} \right)^2$$

sein, wobei K_I die bei der Prüfung aufzubringende Spannungsintensität ist.

Der gegebenenfalls ermittelte kritische Wert für die Spannungsintensität sollte in den ersten dieser Ausdrücke bei Prüfungen zur Ermittlung seiner Gültigkeit für K_I eingesetzt werden.

5.1.3 Wenn die Proben für die Bestimmung des K_{ISCC} -Wertes anzuwenden sind, sollte die anfängliche Probengröße basierend auf einem geschätzten K_{ISCC} -Wert des Werkstoffes ausgewählt werden (es ist zunächst günstiger, den K_{ISCC} -Wert etwas höher anzusetzen und folglich eine größere Probe als diejenige anzuwenden, die sich schließlich als notwendig erweist). Wenn die Einsatzbedingungen die Verwendung eines Werkstoffes mit einer Dicke verlangen, die nicht ausreichend ist, um die Gültigkeitsbedingungen zu erfüllen, dürfen Proben mit ähnlicher Dicke unter der Voraussetzung geprüft werden, dass eindeutig festgelegt wurde, dass sich der für die Spannungsintensität erhaltene Grenzwert K_{QSCC} nur auf diese spezifische Anwendung bezieht. Wenn das Risswachstumsverhalten als eine Funktion der Spannungsintensität zu bestimmen ist, muss die Probengröße basierend auf einem Schätzwert der höchsten Spannungsintensität ausgewählt werden, bei der die Risswachstumsgeschwindigkeiten zu messen sind.

5.1.4 Es können zwei Grundtypen von Proben angewendet werden:

- a) Proben, die für eine Prüfung unter konstanter Verformung vorgesehen und durch Spannschrauben unveränderlich eigenbelastet sind;
- b) Proben, die für eine Prüfung unter konstanter Last vorgesehen sind, für die Einrichtungen zur Aufbringung einer äußeren Last erforderlich sind.

5.1.5 Proben für eine Prüfung unter konstanter Verformung, die eigenbelastet sind, haben den Vorteil hoher Wirtschaftlichkeit, da keine Einrichtungen zur Aufbringung einer äußeren Last erforderlich sind. Ihre kompakten Maße erleichtern außerdem ihre Auslagerung unter Betriebsbedingungen. Sie können für die Bestimmung des K_{ISCC} -Wertes durch die Auslösung von Korrosionsrissen ausgehend von Ermüdungsanrissen benutzt werden; in diesem Fall muss eine Reihe von Proben angewendet werden, um den Grenzwert

genau bestimmen zu können; eine andere Möglichkeit besteht im Stoppen eines sich ausbreitenden Risses, da unter den Prüfbedingungen der konstanten Verformung die Spannungsintensität progressiv mit dem Risswachstum abnimmt. In diesem Fall ist im Prinzip eine einzige Probe ausreichend, in der Praxis wird jedoch unter Berücksichtigung der in 5.1.6 beschriebenen Nachteile häufig die Anwendung mehrerer Proben (mindestens 3) empfohlen.

5.1.6 Die Nachteile der Proben für die Prüfung unter konstanter Verformung sind wie folgt:

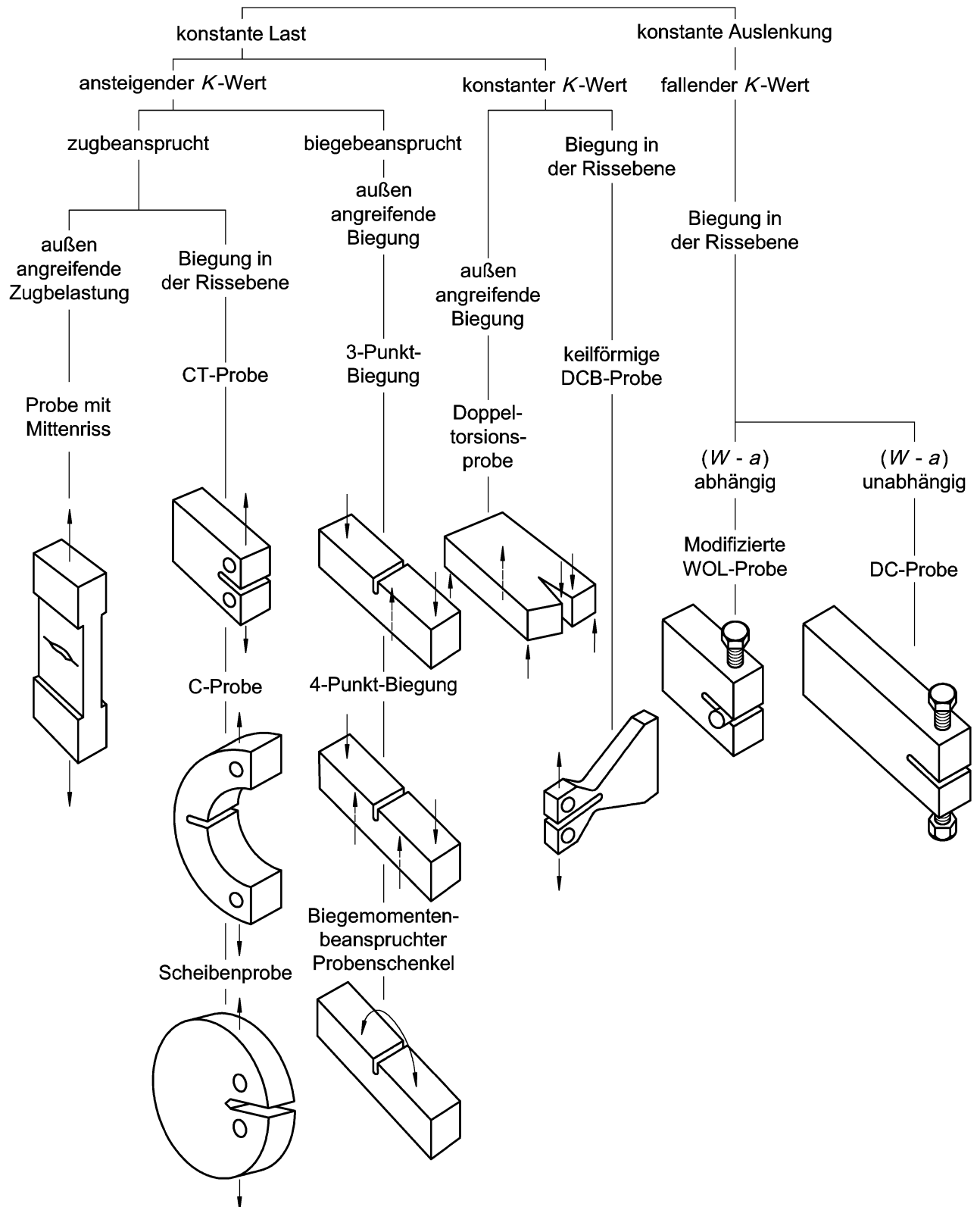
- a) die aufgebrachte Last kann nur indirekt durch Änderungen der Auslenkung gemessen werden;
- b) die Bildung von Oxiden oder Korrosionsprodukten kann entweder durch Keilwirkung zu einer Aufweitung der Rissflanken und damit zur einer Veränderung der angewendeten Auslenkung und Last führen, oder sie kann durch Blockieren der Rissöffnung das Eindringen des korrosiven Mediums verhindern und die Genauigkeit der Risslängenmessungen mit Hilfe elektrischer Widerstandsmethoden beeinträchtigen;
- c) eine Verzweigung, Abschwächung oder Abzweigung des Risses aus der Rissebene kann die aus dem Stoppen des Risses zu gewinnenden Daten ungültig machen;
- d) das Stoppen des Risses muss als eine Wachstumsgeschwindigkeit des Risses unterhalb einer bestimmten, willkürlich anzusetzenden Wachstumsgeschwindigkeit definiert werden, deren genaue Messung schwierig sein kann;
- e) die elastische Relaxation der Einrichtung zur Lastaufbringung während des Risswachstums kann eine verstärkte Verformung und höhere Last als erwartet hervorrufen;
- f) die innerhalb der Probe durch zeitabhängige Prozesse ablaufende plastische Relaxation kann eine geringere Last als erwartet verursachen;
- g) es ist manchmal unmöglich, das Prüfmedium vor Aufbringen der Last einwirken zu lassen, wodurch sich die Rissauslösung während der anschließenden Prüfung verzögern kann.

5.1.7 Proben unter konstanter Belastung haben den Vorteil, dass die Spannungswerte zuverlässig quantitativ bestimmt werden können. Da das Risswachstum eine Rissaufweitung mit sich bringt, ist es wenig wahrscheinlich, dass Oxidfilme den Riss entweder blockieren oder ihn keilförmig aufweiten. Die Messungen der Risslänge können unschwer mit einer Anzahl von kontinuierlichen Messmethoden vorgenommen werden. Proben für eine konstante Belastung sind in den verschiedensten Formen verfügbar, so dass es keine Schwierigkeiten macht, sie den Formen des Prüfmaterials sowie den vorhandenen Prüfeinrichtungen und den Zielen der Prüfung anzupassen. Das bedeutet, dass das Risswachstum sowohl bei Biegebeanspruchung als auch bei Zugbeanspruchung untersucht werden kann. Die Proben können sowohl für die Bestimmung des K_{ISCC} -Wertes durch Auslösen eines Spannungskorrosionsrisses ausgehend von einem bereits existierenden Ermüdungsanriss an einer Reihe von Proben als auch für Messungen der Risswachstumsgeschwindigkeit angewendet werden. Proben für eine Prüfung unter konstanter Belastung können bei gleichzeitigem Einwirken des korrosiven Mediums belastet werden, um das Risiko unnötiger Inkubationszeiten zu umgehen.

5.1.8 Die prinzipiellen Nachteile der Proben für eine Prüfung unter konstanter Last sind die Kosten, die benötigte hohe Anzahl sowie die Notwendigkeit einer Einrichtung zur Aufbringung einer äußeren Last. Biegeproben können in einer relativ einfachen Prüfvorrichtung geprüft werden, dagegen erfordern Zugproben Prüfgeräte für die Bestimmung der Zeitstandfestigkeit bei konstanter Belastung oder ähnliche Prüfmaschinen. In diesem Fall können die Kosten minimiert werden, indem die Prüfung an einer Kette von Proben erfolgt, die durch Belastungsglieder so miteinander verbunden sind, dass eine Entlastung bei Bruch einer Probe verhindert wird. Die Größe dieser Belastungssysteme macht es schwierig, Proben unter konstanter Last unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen zu prüfen, sie können jedoch unter simulierenden praxisnahen Bedingungen geprüft werden.

5.2 Form der Proben

5.2.1 Bild 1 zeigt einige Gestaltungsmöglichkeiten für angerissene Proben, die zur Prüfung der Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion angewendet werden.



ANMERKUNG Die Geometriefunktionen der Spannungsintensitätsfaktoren für die oben dargestellten Proben sind der Literatur zu entnehmen.

Bild 1 — Formen angerissener Proben für Spannungsrissskorrosionsprüfungen

5.2.2 Für Prüfungen unter konstanter Belastung werden zwei Probentypen unterschieden:

- a) Proben, bei denen die Spannungsintensität mit wachsender Risslänge zunimmt;
- b) Proben, bei denen die Spannungsintensität unabhängig von der Risslänge ist.

Der Probentyp a) ist für Bestimmungen des K_{ISCC} -Wertes und für Untersuchungen der Risswachstumsgeschwindigkeit als Funktion von K_I geeignet, während der Probentyp b) für Grundlagenuntersuchungen des Mechanismus der Spannungsrisskorrosion vorteilhaft ist.

5.2.3 Proben für eine Prüfung unter konstanter Last mit zunehmendem K -Wert können entweder einer Zug- oder einer Biegebeanspruchung unterworfen werden. In Abhängigkeit von der Form können in zugbeanspruchten Proben an der Risspitze überwiegend Zugspannungen entstehen (wie in den Zugproben mit entfernter Lastaufbringung, z. B. dem in der Mitte mit einem Riss versehenen Blech) oder sie können eine signifikante Biegekomponente enthalten (wie bei den in der Rissebene belasteten Proben, z. B. den CT-Proben). Das Vorhandensein einer signifikanten Biegespannung an der Risspitze kann sich nachteilig auf die Stabilität des Rissverlaufs während der Spannungsrisskorrosionsprüfung auswirken und kann bei bestimmten Werkstoffen die Verzweigung des Risses erleichtern. Biegeproben können durch eine Drei- oder Vier-Punkt-Biegung oder mittels eines Hebelsystems belastet werden.

5.2.4 Proben für eine Prüfung unter konstanter Last mit gleichbleibendem K -Wert können entweder einer Torsionsbeanspruchung unterworfen werden, wie die einseitig angerissene Doppeltorsions-Blechprobe, oder einer Zugbeanspruchung, wie die speziell geformte (konturierte) Doppelhebelarmprobe. Obgleich zugbeansprucht, wird durch die Form der letztgenannten Probe eine Biegebeanspruchung in der Rissebene erzeugt, mit der eine Tendenz zur Rissablenkung aus der Ebene verknüpft ist, die durch die Einbringung von seitlichen Einkerbungen eingeschränkt werden kann.

5.2.5 Proben für eine Prüfung unter konstanter Auslenkung sind im Allgemeinen durch eine Spannschraube eigenbelastet, die in einen Probenschenkel eingeschraubt wird und entweder auf ein Widerlager oder eine zweite Spannschraube im gegenüberliegenden Probenschenkel einwirkt. Es gibt zwei Probentypen:

- a) ($W-a$)-abhängige Proben, wie z. B. die durch einen Keil belastete Probe (T-WOL-Probe), bei der die Nähe der Rückfläche zur Risspitze das Spannungsfeld im Bereich der Risspitze beeinflusst;
- b) ($W-a$)-unabhängige Proben, wie z. B. die Doppelhebelarmprobe (DCB-Probe), bei der die Rückfläche von der Risspitze weit genug entfernt ist, um sicherzustellen, dass sie einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Spannungsfeld an der Risspitze hat.

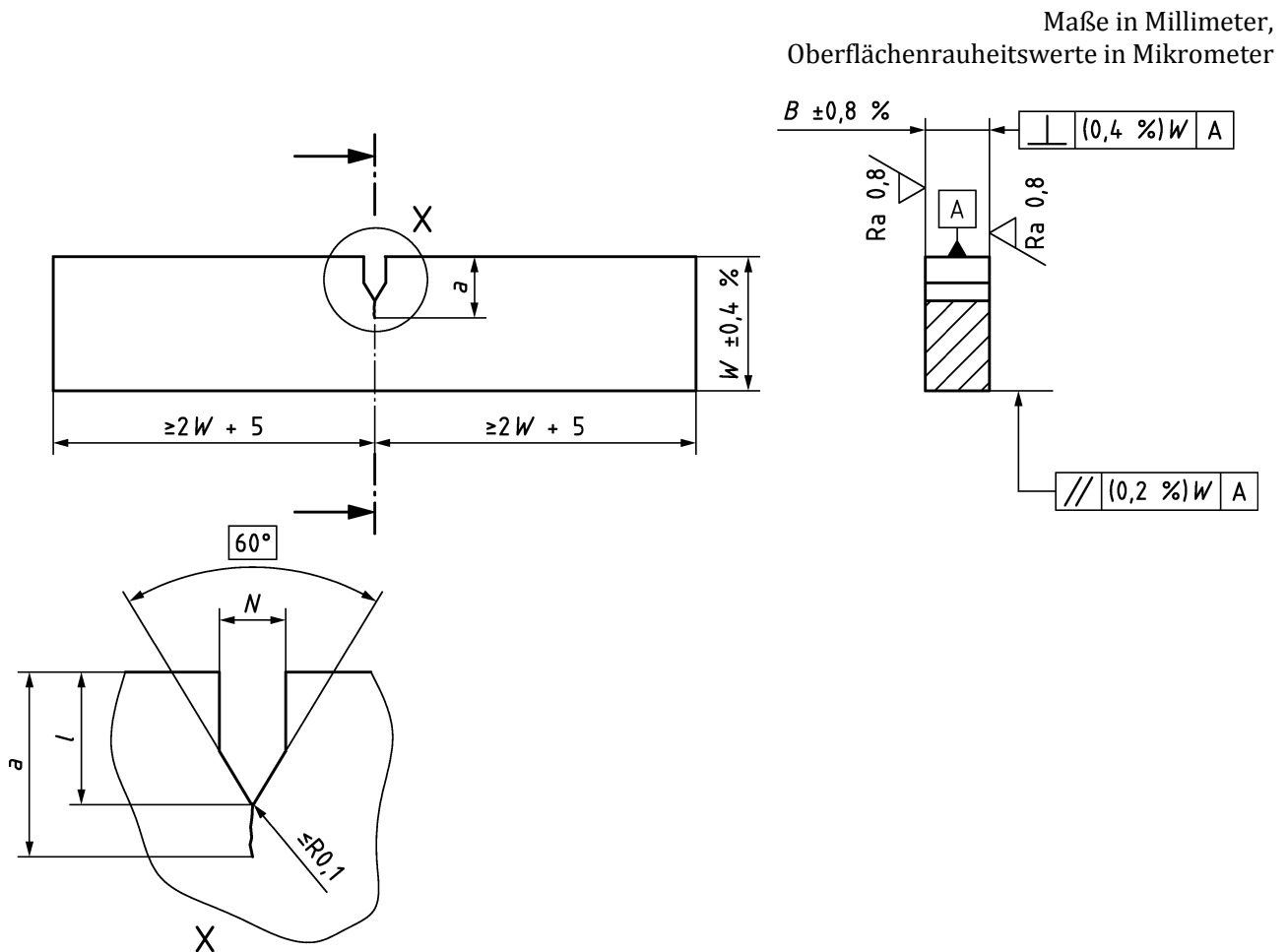
5.2.6 Eine Anzahl der oben beschriebenen Probenformen hat spezifische Vorteile, die der Grund für ihre häufige Anwendung bei Prüfungen der Spannungsrisskorrosion ist. Es handelt sich dabei um folgende Probenformen:

- a) Hebelarmproben, die leicht zu fertigen und bei einer Prüfung unter konstanter Last kostengünstig sind;
- b) kompakte Zugproben (CT-Proben), die den Materialaufwand bei Prüfungen unter konstanter Last minimieren;
- c) eigenbelastete Doppelhebelarmproben (DCB-Proben), die besonders für Prüfungen unter konstanter Auslenkung unter Betriebsbedingungen geeignet sind;
- d) durch einen Keil belastete Proben (T-WOL-Proben), die ebenfalls eigenbelastet sind und den Materialaufwand für Prüfungen unter konstanter Auslenkung auf ein Minimum reduzieren;
- e) C-Proben, die aus dickwandigen Zylindern maschinell gefertigt werden können und zur Untersuchung der radialen Ausbreitung von in Längsrichtung orientierten Rissen unter konstanter Belastung dienen.

Einzelheiten der Standard-Probenformen für jeden dieser Probentypen werden in den Bildern 2 bis 6 angegeben.

5.2.7 Falls erforderlich, z. B. wenn die Auslösung und/oder Ausbreitung eines Ermüdungsrisses nur schwierig zufrieden stellend zu überwachen ist, darf ein Chevron-Kerb angewendet werden, wie er im Bild 7 dargestellt wird. Falls erforderlich, darf der eingeschlossene Winkel von 90° auf 120° vergrößert werden.

5.2.8 Wenn Rissaufweitungen zu messen sind, z. B. während des Erzeugens der Aufweitung in Proben, die unter konstanter Auslenkung zu prüfen sind, können die Messkanten des Wegaufnehmers im Bereich der Kerböffnung nach Bild 8 a) eingearbeitet werden. Spezielle Messkanten können aber auch an die Proben an den einander gegenüberliegenden Kerbseiten gemäß Bild 8 b) angeschraubt oder angeklebt werden. Einzelheiten zu einem geeigneten Wegaufnehmer werden in Bild 9 dargestellt.

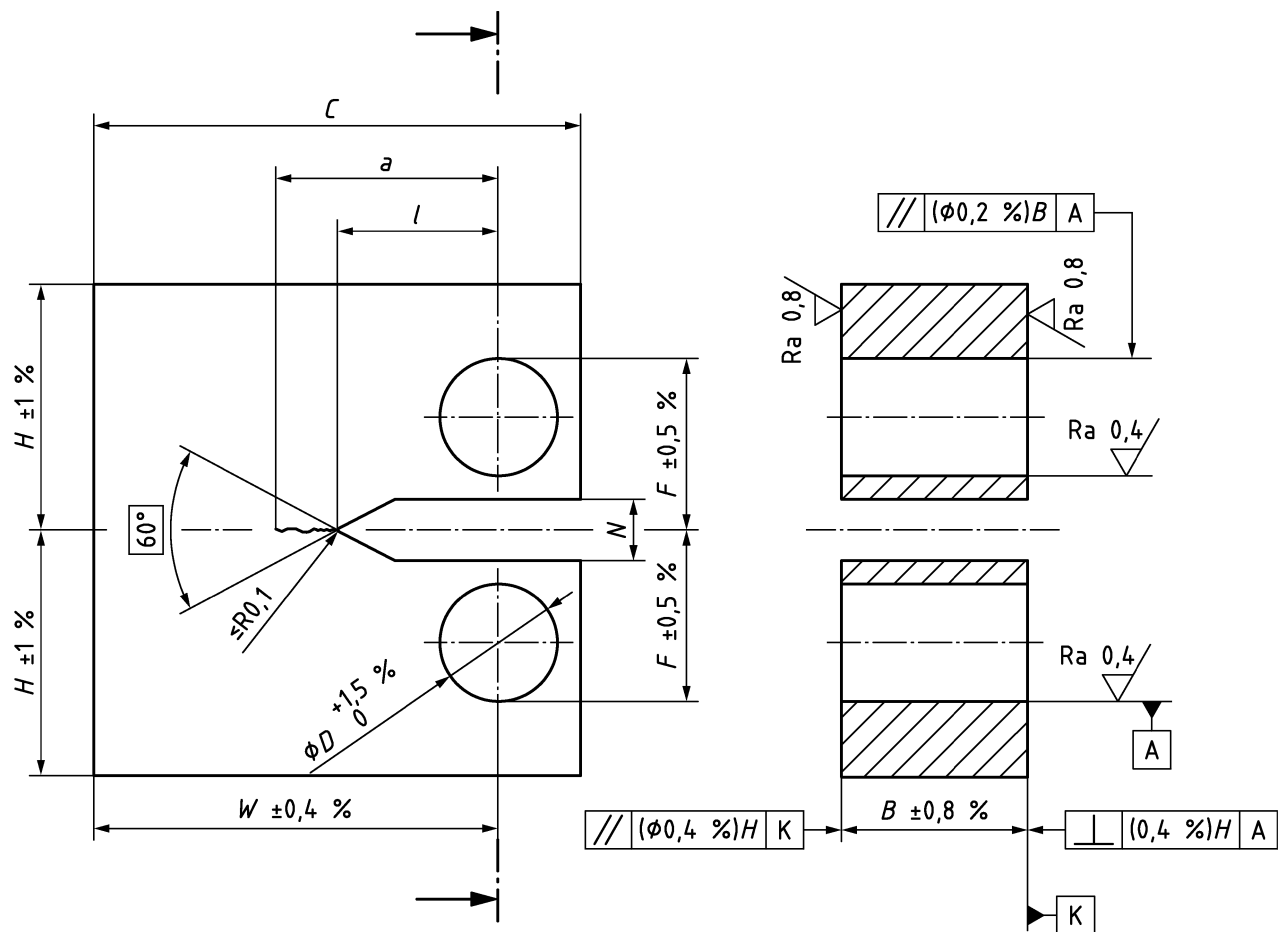


Legende

Breite	= W
Dicke, B	= $0,5 W$
Breite der Kerbe, N	= $0,065 W$ max. (wenn $W > 25$ mm) oder = $1,5$ mm max. (wenn $W \leq 25$ mm ist)
effektive Kerblänge, l	= $0,25 W$ bis $0,45 W$
effektive Risslänge, a	= $0,45 W$ bis $0,55 W$

Bild 2 — Maßverhältnisse und Toleranzen für Hebelarmproben

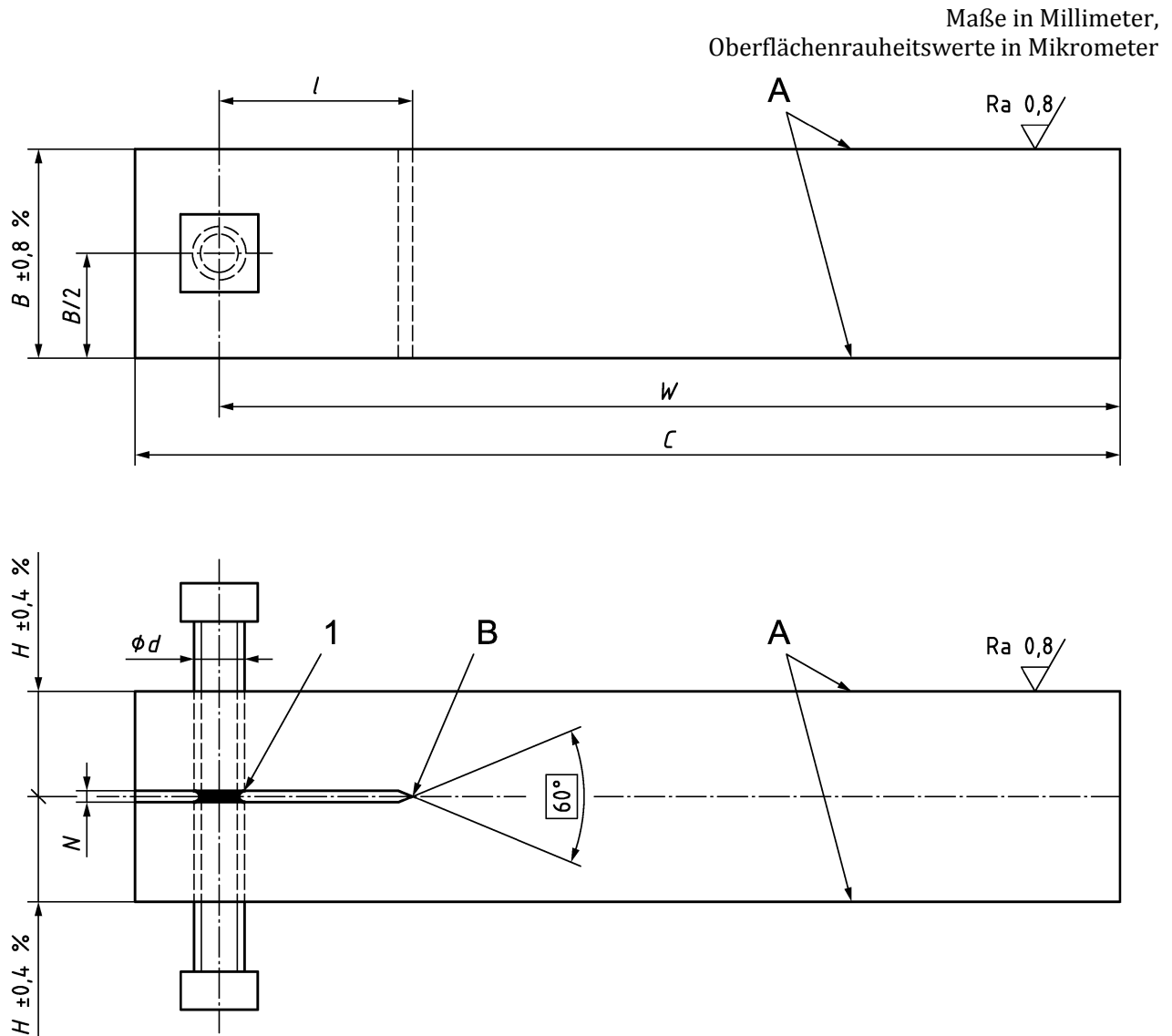
Maße in Millimeter,
Oberflächenrauheitswerte in Mikrometer



Legende

Nettobreite	$= W$
Gesamtbreite, C	$= 1,25 W \text{ min.}$
Dicke, B	$= 0,5 W$
halbe Höhe, H	$= 0,6 W$
Bohrungsdurchmesser, D	$= 0,25 W$
halber Abstand zwischen den äußeren Bohrungsändern, F	$= 1,6 D$
Kerbbreite, N	$= 0,065 W \text{ max.}$
effektive Kerblänge, l	$= 0,25 W \text{ bis } 0,40 W$
effektive Risslänge, a	$= 0,45 W \text{ bis } 0,55 W$

Bild 3 — Maßverhältnisse und Toleranzen für kompakte Zugproben (CT-Proben)



Legende

- 1 Schraubenspitzenradius 12,5 bis 50
 halbe Höhe $= H$
 Dicke, B $= 2 H$
 Nettobreite, W $= 10 H$ min.
 Gesamtbreite, C $= W + d$
 Schraubendurchmesser, d $= 0,75 H$ min.
 Kerbbreite, N $= 0,14 H$ max.
 effektive Kerblänge, l $= 2 H$

ANMERKUNG 1 Die mit „A“ bezeichneten Flächen sollten innerhalb von $0,002 H$ TIR zueinander senkrecht bzw. zueinander parallel verlaufen.

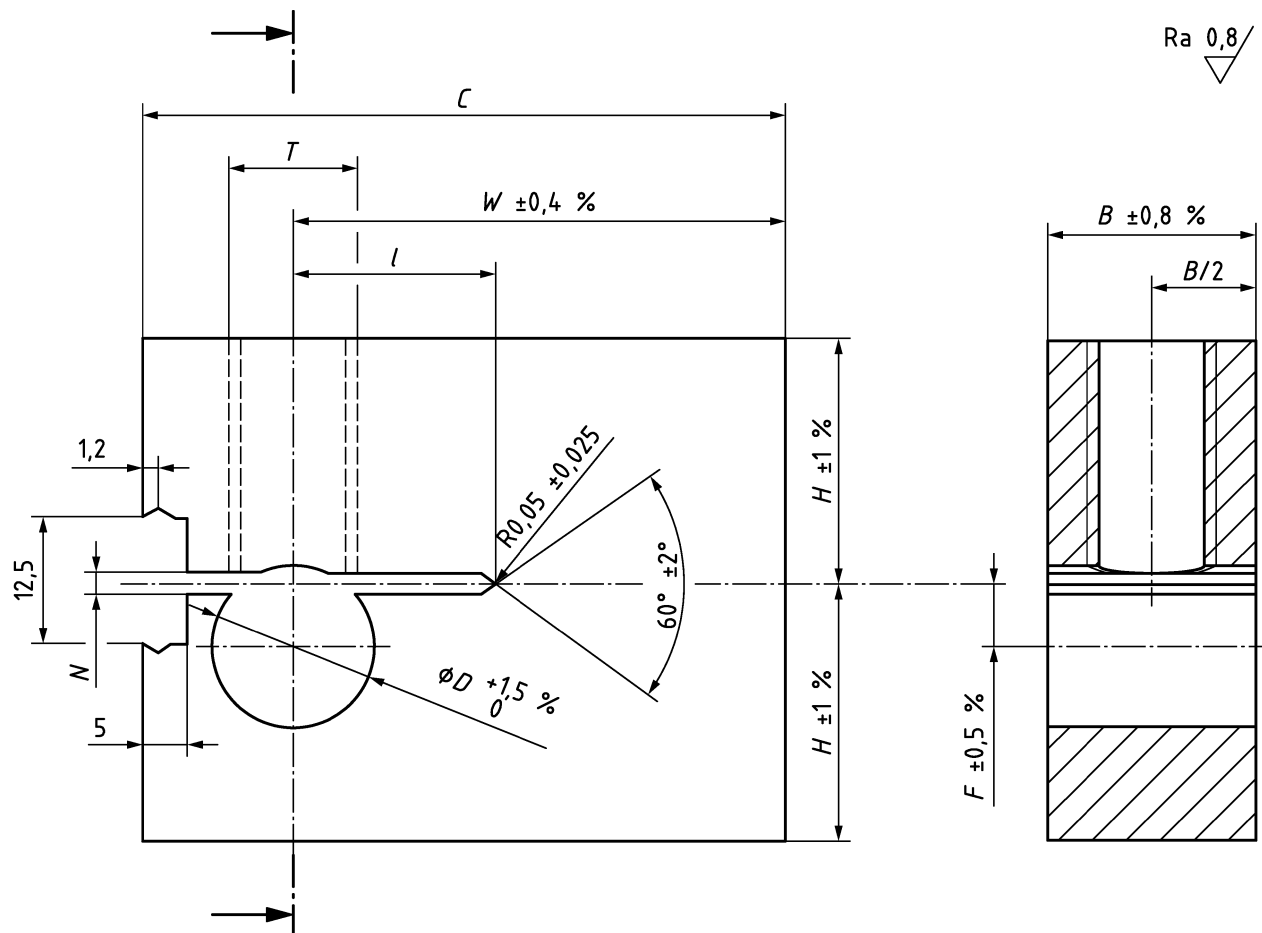
ANMERKUNG 2 Der Punkt „B“ sollte auf jeder Seite den gleichen Abstand von der oberen und von der unteren Fläche haben mit einer Genauigkeit von $0,001 H$.

ANMERKUNG 3 Die Mittellinie der Schraube sollte mit einer Genauigkeit von 1° senkrecht zur Mittellinie der Probe verlaufen.

ANMERKUNG 4 Die Schraube sollte aus einem ähnlichen Werkstoff wie die Probe bestehen, mit Feingewinde, mit Vierkant- oder Innensechskantkopf.

Bild 4 — Maßverhältnisse und Toleranzen für Doppelhebelarmproben (DCB-Proben)

Maße in Millimeter,
Oberflächenrauheitswerte in Mikrometer



Legende

^a Für alle Flächen.

Dicke	$= B$
Nettobreite, W	$= 2,55 B$
Gesamtbreite, C	$= 3,20 B$
halbe Höhe, H	$= 1,24 B$
Bohrungsdurchmesser, D	$= 0,718 B \pm 0,003 B$
effektive Kerblänge, l	$= 0,77 B$
Kerbbreite, N	$= 0,06 B$
Gewindedurchmesser, T	$= 0,625 B$
Abstand der Mittellinien von Schraube und Kerb, F	$= 0,239 B$

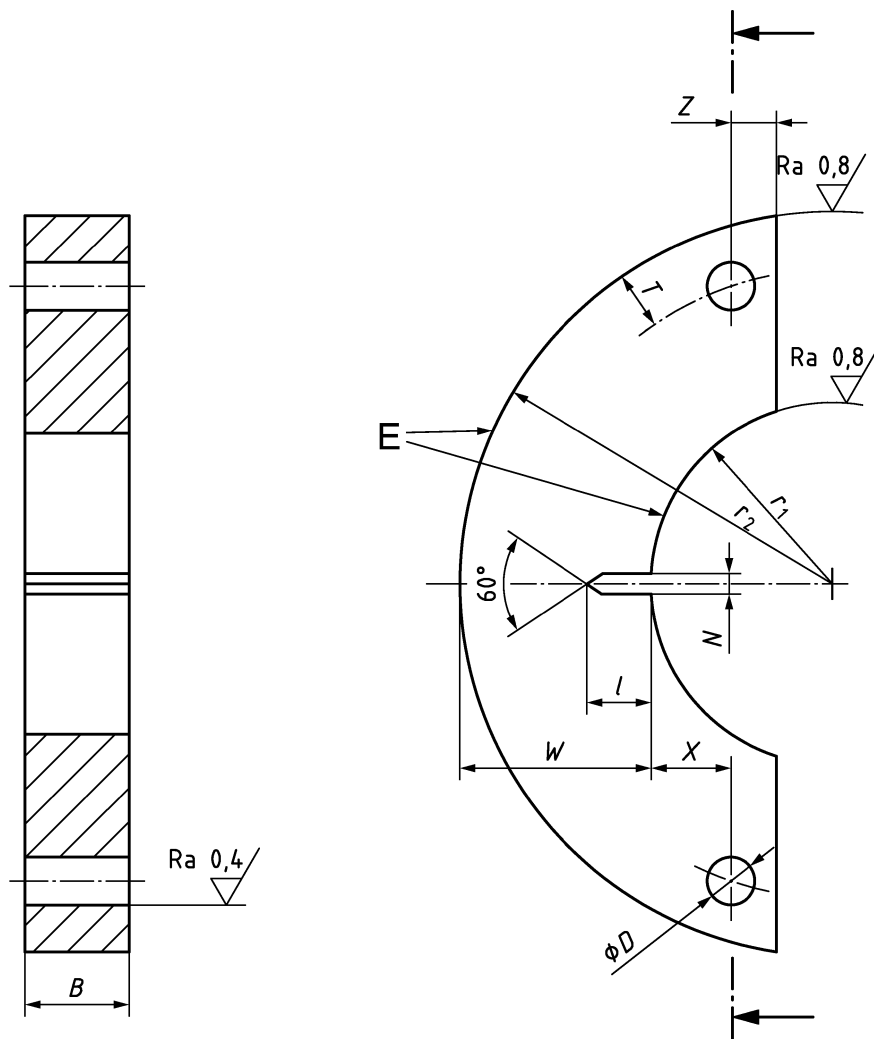
ANMERKUNG 1 Die Flächen sollten zueinander senkrecht bzw. zueinander parallel verlaufen mit einer Genauigkeit von 0,002 H TIR.

ANMERKUNG 2 Die Mittellinie der Schraube sollte senkrecht zur Mittellinie der Probe verlaufen mit einer Genauigkeit von 1°.

ANMERKUNG 3 Die Schraube sollte aus einem ähnlichen Werkstoff wie die Probe bestehen, mit Feingewinde, mit Vierkant- oder Innensechskantkopf.

Bild 5 — Maßverhältnisse und Toleranzen für modifizierte, durch einen Keil belastete Proben (WOL-Proben)

Maße in Millimeter,
Oberflächenrauheitswerte in Mikrometer



Legende

Nettobreite

$= W$

Dicke, B

$= 0,50\ W \pm 0,01\ W$

Abstand der Bohrungsachse von der Tangente an die innere Kreisringfläche, X

$= 0,50\ W \pm 0,005\ W$

Kerbbreite, N

$= 1,5\ \text{mm min. (0,1\ W max.)}$

Kerbtiefe, l

$= 0,3\ W$

Abstand der Bohrungsachse zur Schnittfläche der Probe, Z

$= 0,25\ W \pm 0,01\ W$

Abstand der Bohrungsachse von der äußeren Kreisringfläche, T

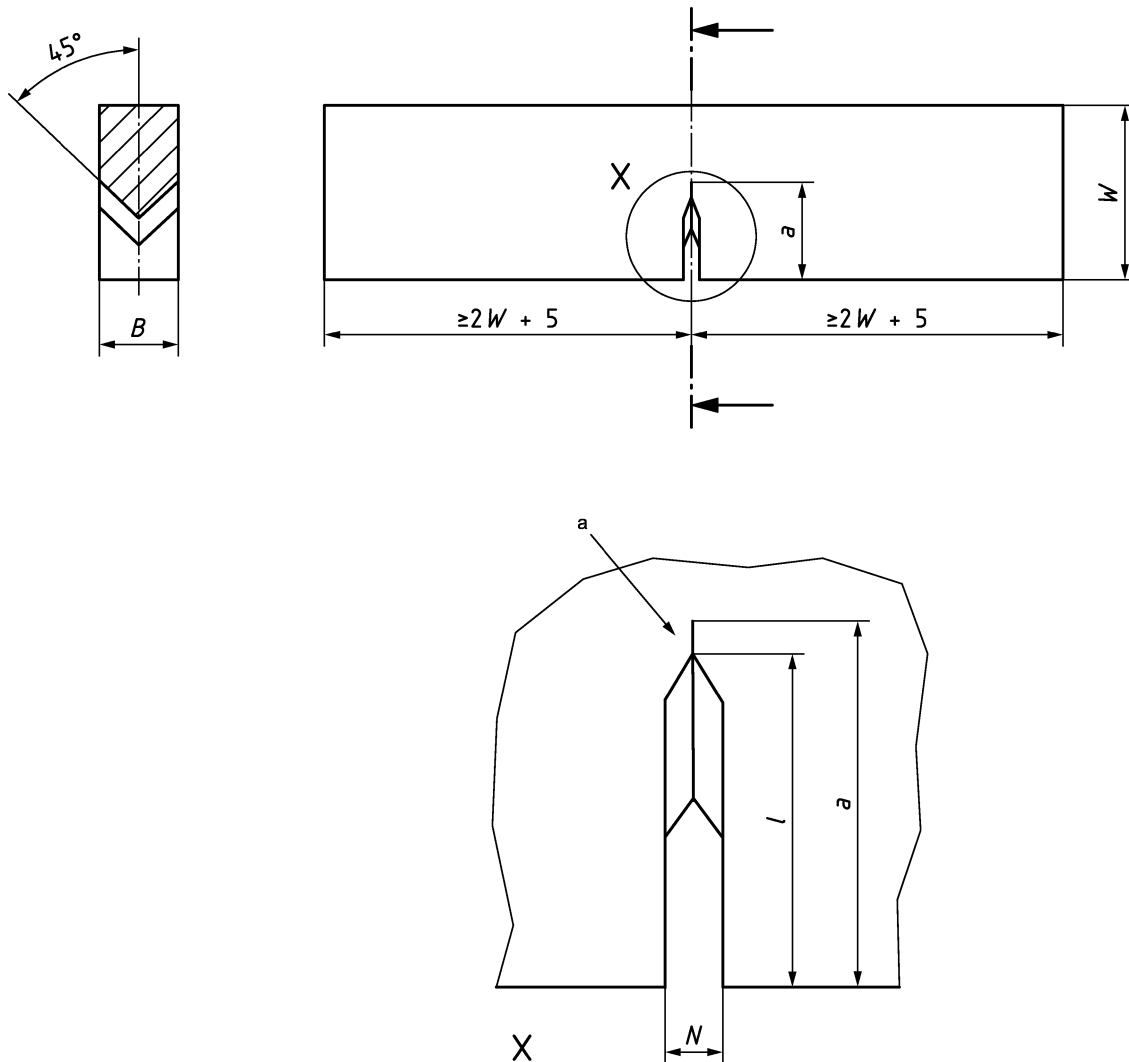
$= 0,25\ W \pm 0,01\ W$

Bohrungsdurchmesser, D

$= 0,25\ W \pm 0,005\ W$

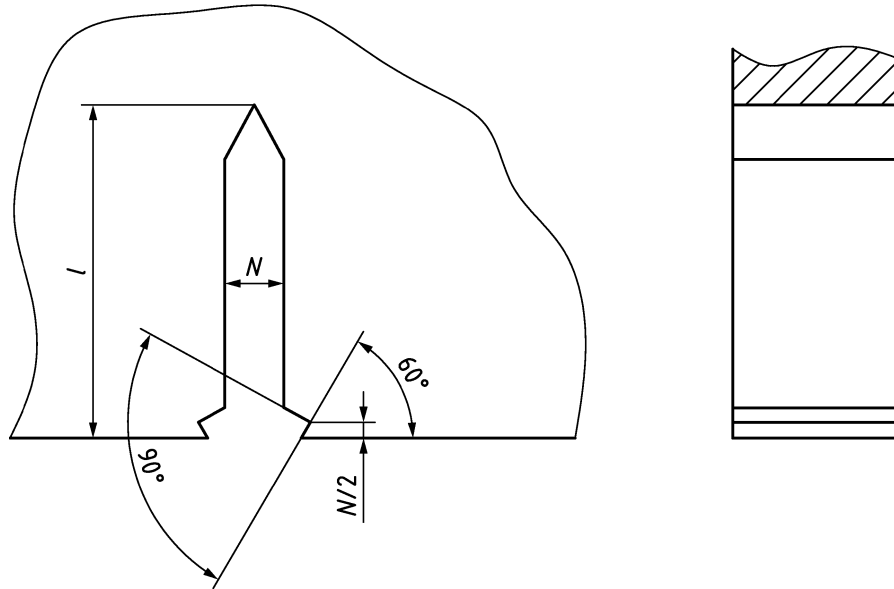
ANMERKUNG Alle Flächen sollten mit einer Genauigkeit von $0,002\ W$ TIR zueinander senkrecht bzw. zueinander parallel verlaufen; die mit „E“ bezeichneten Flächen sollten mit einer Genauigkeit von $0,02\ W$ TIR senkrecht zu den mit „X“ bezeichneten Flächen verlaufen.

Bild 6 — Maßverhältnisse und Toleranzen für C-Ringproben (C-Proben)

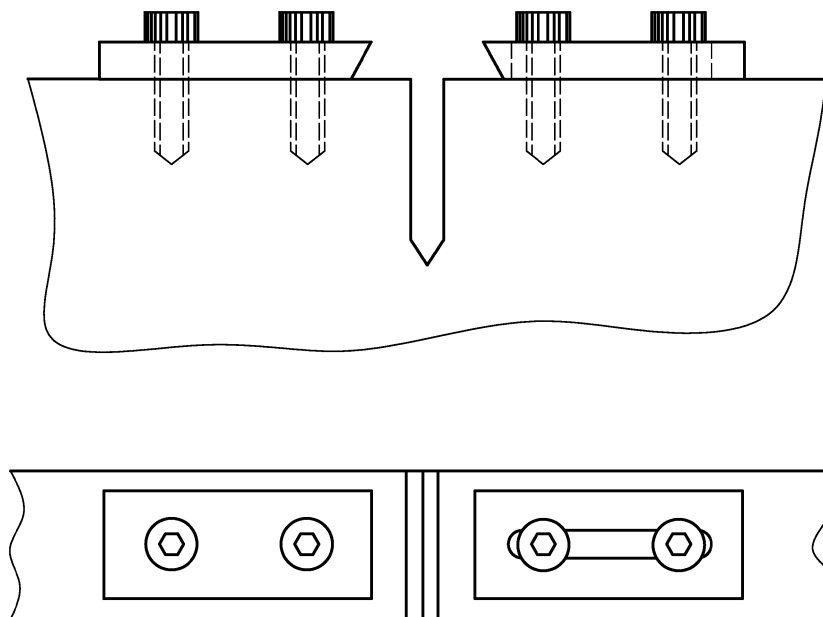


^a Mit einem 60°-Schneidwerkzeug fräsen; Radius des Kerbgrundes 0,3 max. für alle Probengrößen.

Bild 7 — Chevron-Kerb



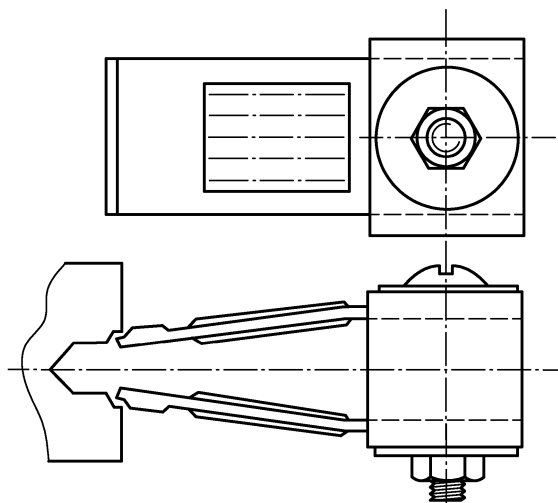
a) integrierte Messkanten



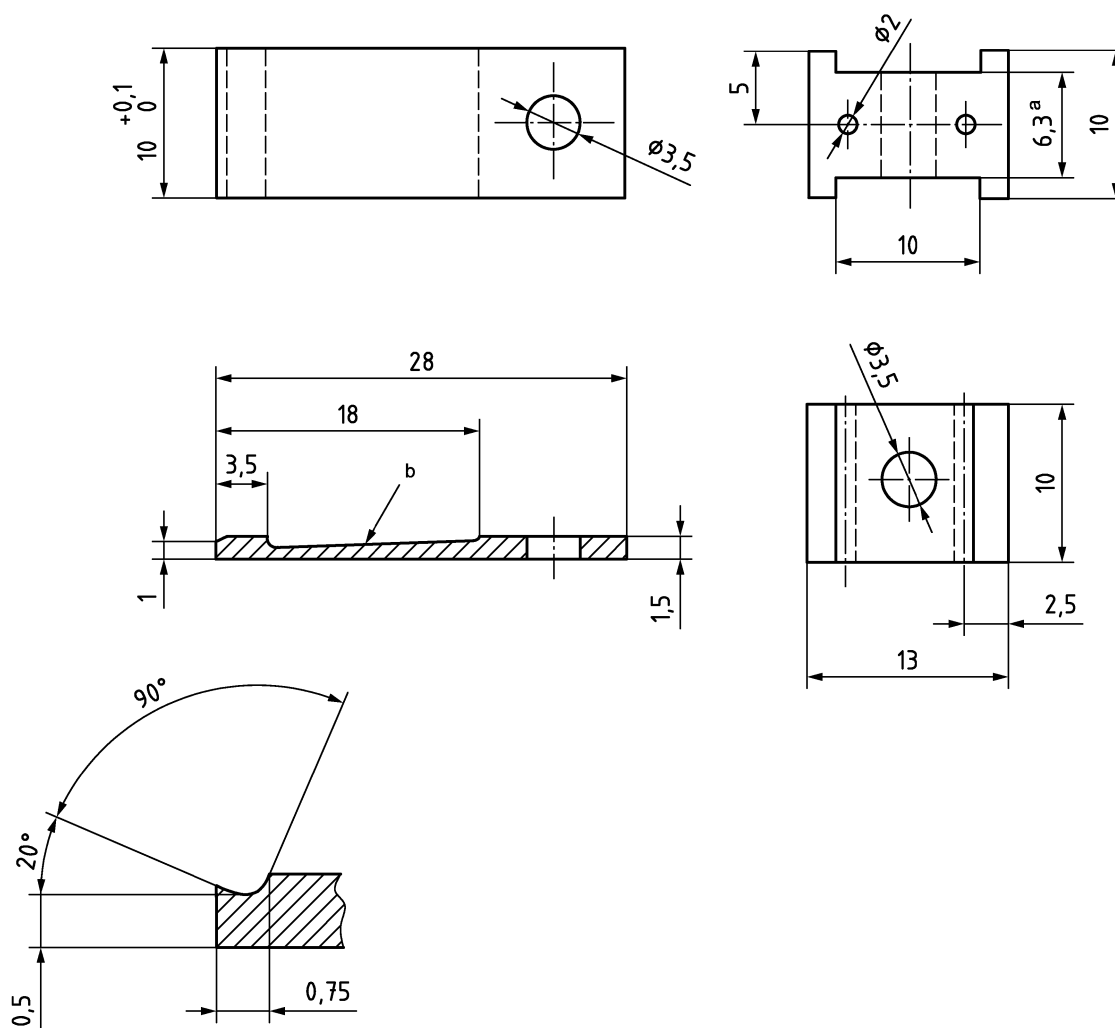
b) aufgeschraubte Messkanten

ANMERKUNG Unter der Bedingung, dass eine entsprechende Haftfestigkeit sichergestellt werden kann, dürfen die Messkanten aufgeklebt werden.

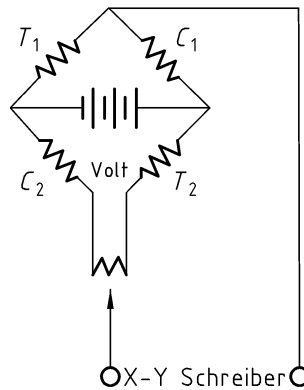
Bild 8 — Messkanten für die Anbringung des Wegaufnehmers



a) an der Probe befestigter Wegaufnehmer



b) Maße des Abstandsblockes



c) Brückenmesskreis

- a Dieses Maß sollte das 3,8-Fache der minimalen Anfangsmesslänge betragen.
- b Verjüngung der Schienendicke 0,5 mm bis 0,8 mm.

Wegaufnehmer und Werkstoffe sollten dem Prüfmedium entsprechend ausgewählt werden.

Bild 9 — Einzelheiten des Wegaufnehmers

5.3 Betrachtungen zum Spannungsintensitätsfaktor

5.3.1 Mit Hilfe der Elastizitätstheorie kann gezeigt werden, dass der Spannungsintensitätsfaktor, der an der Risspitze in Proben oder Bauteilen mit unterschiedlichen geometrischen Formen wirkt, über Beziehungen der folgenden Art ausgedrückt werden kann:

$$K_I = Q \times \sigma \times \sqrt{a}$$

Dabei ist

- Q die geometrische Konstante;
- σ die aufgebrachte Spannung;
- a die Risslänge.

5.3.2 Die Lösungen für K_I -Werte von Proben mit einer bestimmten Geometrie und Belastungsmethode können mit Hilfe einer Spannungsanalyse nach der Finite-Element-Methode oder durch entweder experimentelle oder theoretische Bestimmung der elastischen Nachgiebigkeit (Compliance) der Probe ermittelt werden.

5.3.3 Die Spannungsintensitätsfaktoren können nach den folgenden Gleichungen mit Hilfe einer dimensionslosen Geometriefunktion des Spannungsintensitätsfaktors Y berechnet werden, der auf die mit Hilfe des Quotienten a/W oder für $(W-a)$ -unabhängige Proben mit Hilfe des Quotienten a/H angegebene Risslänge bezogen wird und wobei W die Breite und H die halbe Höhe der Probe ist:

$$K_I = \frac{YP}{B\sqrt{W}}$$

für CT- oder C-Proben bzw.

$$K_I = \frac{YP}{B\sqrt{a}}$$

für durch Keile belastete Proben bzw.

$$K_I = \frac{YP}{B\sqrt{H}}$$

für Doppelhebelarmproben.

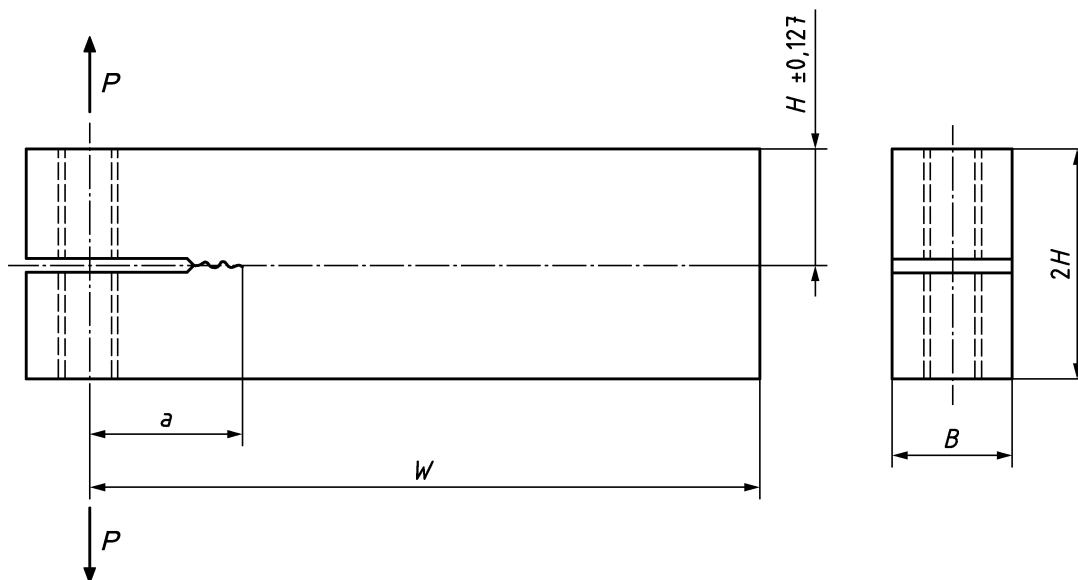
5.3.4 Wenn es erforderlich ist, Proben mit seitlichen Kerben zu verwenden, um die Neigung zu einer Rissverzweigung usw. einzuschränken, können seitliche Einkerbungen mit geringer Tiefe (üblicherweise 5 % der Probendicke an beiden Seiten der Probe) eingebracht werden. Es können entweder halbkreisförmige oder V-förmige Kerben mit einem Öffnungswinkel von 60° angewendet werden; es sollte jedoch erwähnt werden, dass selbst mit halbkreisförmigen seitlichen Kerben, deren Tiefe bis zu 50 % der Probendicke beträgt, der Riss nicht immer in der gewünschten Ausbreitungsebene zu halten ist. Wenn seitliche Kerben angewendet werden, kann der Einfluss der durch die Kerben reduzierten Dicke B_n auf die Spannungsintensität berücksichtigt werden, indem in den oben angegebenen Gleichungen ein Ersatz von B durch

$$\sqrt{B \times B_n}$$

erfolgt. Der Einfluss der seitlichen Einkerbungen auf den Spannungsintensitätsfaktor ist jedoch absolut noch nicht geklärt, und Korrekturfaktoren sollten mit Vorsicht behandelt werden, besonders dann, wenn tiefe seitliche Einkerbungen angewendet werden.

5.3.5 Die Lösungen für Y werden für Probenformen, die häufig für die Prüfung der Spannungsrissskorrosion angewendet werden, in den Bildern 10 bis 14 angegeben.

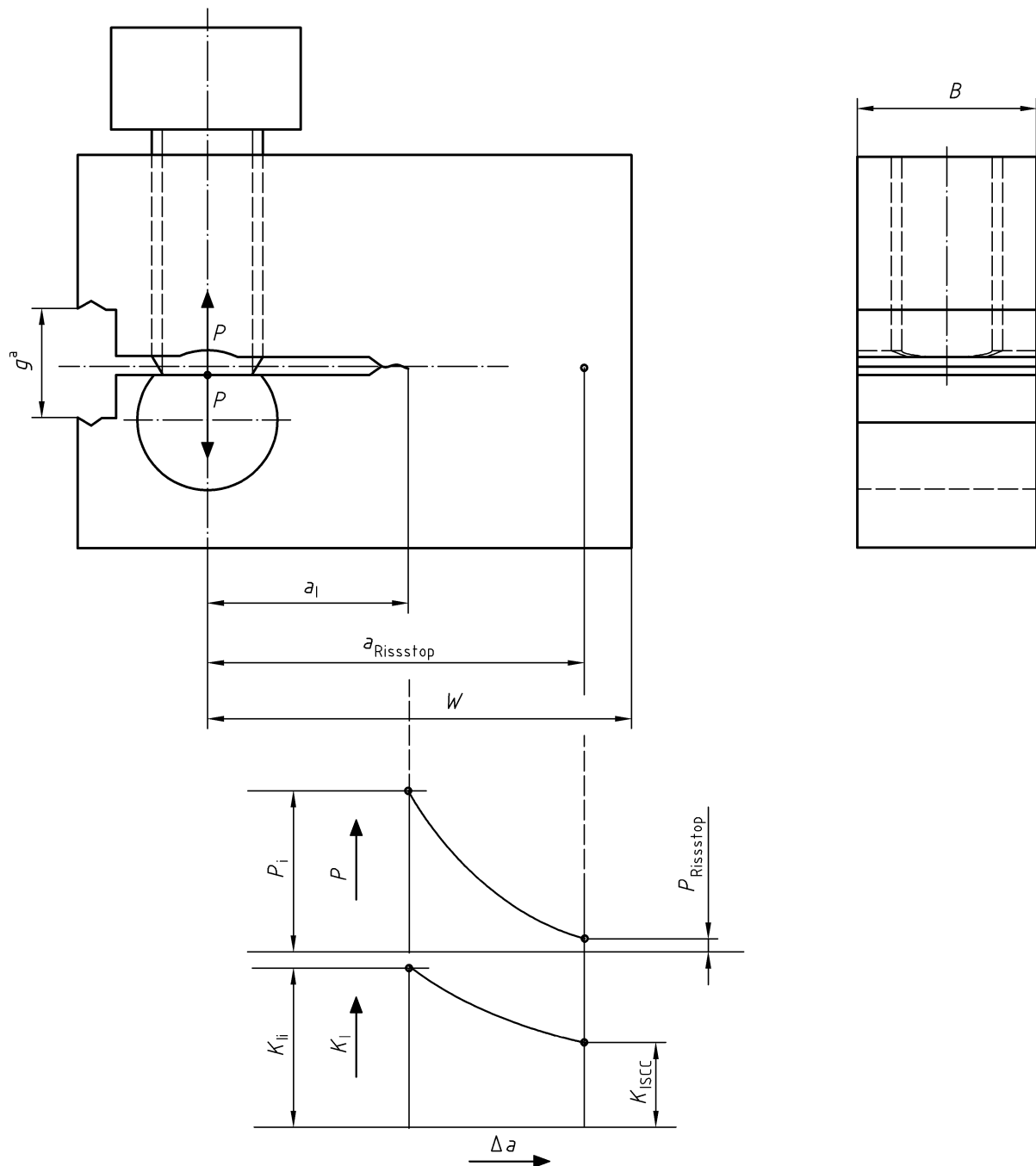
Maße in Millimeter



$$K_I = \frac{E \times V_{LL} H \sqrt{3H(a+0,6H)^2 + H^3}}{4[(a+0,6H)^3 + H^2 a]}$$

ANMERKUNG Dieser Ausdruck wurde aus der Theorie der elastischen Nachgiebigkeit abgeleitet, und obwohl seine Genauigkeit und seine Gültigkeitsgrenzen nicht genau definiert sind, wurde er für den Bereich $2 \leq a/H \leq 5$ angewendet. Für eine höhere statistische Sicherheit wird empfohlen, eine empirische Nachgiebigkeitskalibrierung anzuwenden.

Bild 10 — Mathematische Lösung des Spannungsintensitätsfaktors für (W-a)-unabhängige Doppelhebelarmproben (DCB-Proben)



^a V-förmige Rissaufweitung (COD) für eine starre Schraube (a konstant = $g - g_i$);

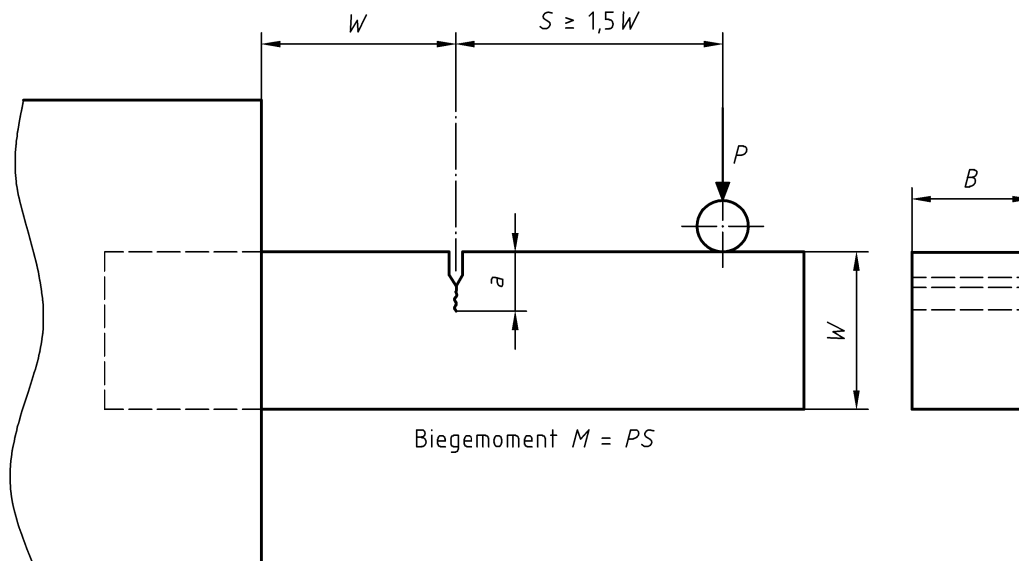
$$K_I = \frac{YP}{B\sqrt{a}}$$

Dabei ist

$$Y = 30,96 \left[\frac{a}{W} \right] - 195,8 \left[\frac{a}{W} \right]^2 + 730,6 \left[\frac{a}{W} \right]^3 - 1\,186,3 \left[\frac{a}{W} \right]^4 + 754,6 \left[\frac{a}{W} \right]^5$$

ANMERKUNG Dieser Ausdruck wurde aus der Theorie der elastischen Nachgiebigkeit abgeleitet, und obwohl seine Genauigkeit und seine Gültigkeitsgrenzen nicht genau definiert sind, wurde er für den Bereich $0,3 \leq a/W \leq 0,8$ angewendet. Für eine höhere statistische Sicherheit wird empfohlen, eine empirische Nachgiebigkeitskalibrierung anzuwenden.

Bild 11 — Mathematische Lösung des Spannungsintensitätsfaktors für modifizierte, durch einen Keil belastete Proben



$$K_I = \frac{YP}{B\sqrt{W}}$$

Dabei ist

$$Y = 6,21 \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^3} - \left(1 - \frac{a}{W}\right)^3} \text{ für } S = 1,5 W$$

ANMERKUNG Dieser Ausdruck wurde aus dem kombinierten Verfahren aus Spannungsanalyse und elastischer Nachgiebigkeit abgeleitet, und obwohl seine Genauigkeit und seine Gültigkeitsgrenzen nicht genau definiert sind, wurde er für den Bereich $0,2 \leq a/W \leq 0,6$ angewendet. Für eine höhere statistische Sicherheit wird empfohlen, eine empirische Nachgiebigkeitskalibrierung anzuwenden.

Bild 12 — Mathematische Lösung des Spannungsintensitätsfaktors für Hebelarm-Biegeproben