

DIN EN ISO 148-1

The logo consists of the letters 'DIN' in a bold, sans-serif font, enclosed within a rectangular border.

ICS 77.040.10

Ersatz für
DIN EN 10045-1:1991-04;
teilweiser Ersatz für
DIN 50115:1991-04

**Metallische Werkstoffe –
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy –
Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2009);
Deutsche Fassung EN ISO 148-1:2010**

Metallic materials –
Charpy pendulum impact test –
Part 1: Test method (ISO 148-1:2009);
German version EN ISO 148-1:2010

Matériaux métalliques –
Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy –
Partie 1: Méthode d'essai (ISO 148-1:2009);
Version allemande EN ISO 148-1:2010

Gesamtumfang 35 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Anwendungsbeginn

Der Anwendungsbeginn dieser Norm ist 2011-01-01. Daneben darf DIN EN 10045-1:1991-04 noch bis zum 31. März 2011 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 148-1:2009 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164/SC 4 „Toughness testing — Fracture (F), Pendulum (P), Tear (T)“ der internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 148-1:2010 durch das Technische Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ (seit dem 01.01.2010 aus dem früheren ECISS/TC 1 „Stahlprüfung“ und ECISS/TC 2 „Stahl — Physikalische, chemische und zerstörungsfreie Prüfung“ zusammengeschlossen) übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-44 AA „Schlagzähigkeitsprüfung für Metalle“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN.

Für die Anwendung dieser Norm gibt der zuständige Arbeitsausschuss folgende Hinweise:

Ist es nicht möglich, aus dem Probenmaterial Normalproben zu entnehmen, sind die Vorgaben der entsprechenden Produktnormen zu beachten.

Ergänzend zu Abschnitt 8.5 Unvollständiger Bruch sei gemäß der bisherigen Praxis angemerkt: Eine Probe gilt als gebrochen, wenn zusammenhängende Probenhälften nach dem Versuch „von Hand“ getrennt werden können.

Im Prüfbericht sollte unbedingt die Probenlage und die Lage des Kerbs angegeben werden.

Die Prüfanordnung zur Bestimmung der seitlichen Breitung nach Bild B.3 ist als beispielhaft anzusehen, d. h. es können andere Maße verwendet werden.

Die Prüfung der Pendelschlagwerke muss spätestens ab 01. April 2011 nach DIN EN ISO 148-2, d. h. unter Einsatz der indirekten Prüfung mittels mindestens 2 Referenzprobensätzen erfolgen. Aufgrund der langjährigen Erfahrungen der Prüfinstitutionen zur Prüfung von Pendelschlagwerken in Deutschland empfiehlt der Arbeitsausschuss NA 062-01-44 AA, nicht nur eine indirekte Prüfung, sondern auch weiterhin eine vollständige direkte Prüfung (statt der vorgeschriebenen reduzierten) in Abständen von einem Jahr durchzuführen, um damit eine höhere Sicherheit für die Richtigkeit der Schlagenergie zu erreichen, damit die auf verschiedenen Maschinen nach dem gleichen Verfahren und nach den gleichen Prüfbedingungen ermittelten Schlagenergien auch weiterhin in gewohntem Maß vergleichbar bleiben.

Nach DIN EN ISO 148-1 kann der Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy jetzt wahlweise unter Verwendung einer Hammerfinne mit 2 mm oder mit 8 mm Radius durchgeführt werden, wobei die verwendete Hammerfinne bei der Ergebnisangabe zu dokumentieren ist. Hinzuweisen ist hierbei darauf, dass sich die Ergebnisse des Kerbschlagbiegeversuches in Abhängigkeit von der verwendeten Hammerfinne signifikant unterscheiden können. Zu den quantitativen Unterschieden liegen vielfältige Ergebnisse vor, die aber sowohl werkstoffspezifisch als auch für den Hochlagen-, Übergangs- und Tieflagenbereich der Kerbschlagarbeit nicht einheitlich sind. In Produktstandards und Qualitätskriterien wird bei den Gewährleistungswerten für die Kerbschlagarbeit in der Regel nur allgemein auf Werte Bezug genommen, die nach einer bestimmten Prüfnorm zu ermitteln sind, aber dabei nicht zwischen den Ergebnissen verschiedener Hammerfinnen spezifiziert. Deshalb wird dem Anwender der vorliegenden Norm dringend empfohlen, vorab relevante Dokumente diesbezüglich zu überprüfen und gegebenenfalls mit Kunden oder Auftraggebern die zu verwendende Hammerfinne zu vereinbaren, um Missverständnisse und Interpretationsspielräume auszuschließen.

Der in Tabelle E.1 angegebene Wert \overline{KV} ist korrigiert nach Gleichung (E.1).

Der in der Normenreihe DIN EN ISO 148 verwendete Begriff „Schlagenergie“ ist mit dem bisher gebräuchlichen Begriff „Schlagarbeit“ äquivalent.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 148-2	siehe	DIN EN ISO 148-2
ISO 286-1	siehe	DIN EN ISO 286-1
ISO 3785	siehe	DIN EN ISO 3785
ISO 14556	siehe	DIN EN ISO 14556

Änderungen

Gegenüber DIN EN 10045-1:1991-04 und DIN 50115:1991-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Verbrauchte Schlagarbeit wurde in verbrauchte Schlagenergie unbenannt;
- b) es wird genauer zwischen der um die Reibung korrigierten und der unkorrigierten Energie unterschieden;
- c) Erweiterung der Norm um Anhänge
 - zur Handhabung der Proben mittels selbstzentrierenden Zangen,
 - zur Bestimmung der seitlichen (lateralen) Breitung (bisher in DIN 50115 festgelegt),
 - zur Bestimmung des Verformungsbruchanteils (matter bzw. faseriger Bruchflächenanteil),
 - zur Schlagenergie-Temperatur-Kurve und Übergangstemperatur,
 - zur Messunsicherheit;
- d) Zeiten zur Temperierung der Proben in Temperiereinrichtungen mit flüssigem Medium verkürzt;
- e) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN DVM A 115 = DIN 50115: 1937-09
DIN 50115: 1952x-05, 1966-11, 1975-02, 1991-04
DIN EN 10045-1: 1991-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

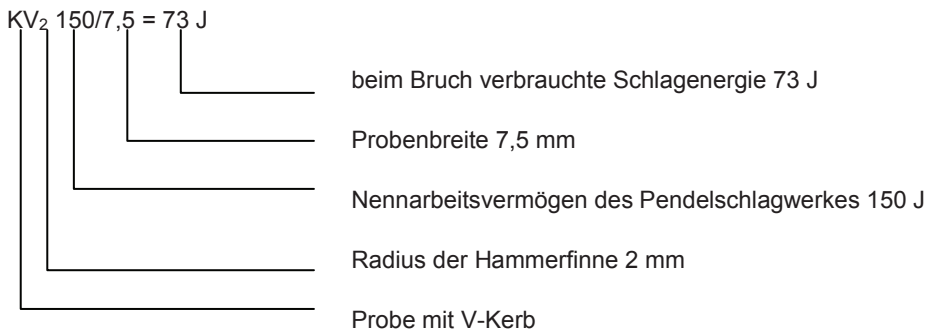
Bezeichnungsbeispiele

In der internationalen Norm sind keine Festlegungen zur Bildung der Bezeichnung bezüglich der Probenbreite und des Nennarbeitsvermögens des Pendelschlagwerkes enthalten. Daher sind im Folgenden Vorschläge zur Bildung der Bezeichnung gegeben.

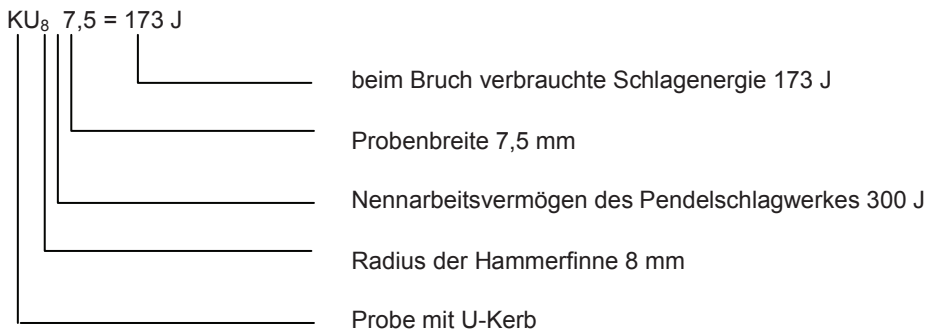
Für die Prüfung dürfen Pendelschlagwerke mit unterschiedlichem Nennarbeitsvermögen eingesetzt werden. Werden Pendelschlagwerke mit einem von (300 ± 10) J abweichenden Nennarbeitsvermögen verwendet, sollten die Kurzzeichen KV_2 oder KV_8 bzw. KU_2 oder KU_8 mit einem entsprechenden Zusatz versehen werden, der das Nennarbeitsvermögen des Pendelschlagwerkes angibt.

Ferner sollte das Kurzzeichen durch die Angabe der Probenbreite ergänzt werden, sofern die Prüfung nicht an Normalproben, sondern an Untermaßproben mit V-Kerb durchgeführt wird.

BEISPIEL 1



BEISPIEL 2



Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 148-2, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 2: Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)*

DIN EN ISO 286-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 1: Grundlagen für Toleranzen, Abweichungen und Passungen*

DIN EN ISO 3785, *Metallische Werkstoffe — Kennzeichnung von Probenachsen in Bezug zur Halbzeuggefügetextur*

DIN EN ISO 14556, *Stahl — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy (V-Kerb) — Instrumentiertes Prüfverfahren*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Metallische Werkstoffe —
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy —
Teil 1: Prüfverfahren
(ISO 148-1:2009)

Metallic materials —
Charpy pendulum impact test —
Part 1: Test method
(ISO 148-1:2009)

Matériaux métalliques —
Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy —
Partie 1: Méthode d'essai
(ISO 148-1:2009)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Oktober 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
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
3.1 Energie	4
3.2 Probe	4
4 Symbole und Abkürzungen	5
5 Kurzbeschreibung	5
6 Proben	6
6.1 Allgemeines	6
6.2 Kerbgeometrie	6
6.3 Grenzabmaße für die Proben	6
6.4 Herstellung der Proben	6
6.5 Kennzeichnung der Proben	6
7 Prüfgerät	7
7.1 Allgemeines	7
7.2 Aufstellung und Prüfung des Pendelschlagwerks	7
7.3 Hammerfinne (Finnenschneide)	7
8 Durchführung	7
8.1 Allgemeines	7
8.2 Prüftemperatur	7
8.3 Handhabung der Proben	8
8.4 Überschreiten des Arbeitsvermögens des Pendelschlagwerks	8
8.5 Unvollständiger Bruch	8
8.6 Verklemmen einer Probe	9
8.7 Untersuchung nach erfolgtem Bruch	9
9 Prüfbericht	9
9.1 Zwingend notwendige Angaben	9
9.2 Wahlweise Angaben	9
Anhang A (informativ) Selbstzentrierende Zangen	12
Anhang B (informativ) Seitliche Breitung (laterale Breitung)	13
Anhang C (informativ) Bruchaussehen	16
Anhang D (informativ) Verbrauchte Schlagenergie in Abhängigkeit der Temperatur und Übergangstemperatur	19
Anhang E (informativ) Messunsicherheit für verbrauchten Schlagenergiewert, <i>KV</i>	21
Literaturhinweise	29

Vorwort

Der Text von ISO 148-1:2009 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, SC 4 „Toughness testing — Fracture (*F*), Pendulum (*P*), Tear (*T*)“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 148-1:2010 durch das Technische Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ (seit dem 01.01.2010 aus dem früheren ECISS/TC 1 „Stahlprüfung“ und ECISS/TC 2 „Stahl — Physikalische, chemische und zerstörungsfreie Prüfung“ zusammengeschlossen) übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2011, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2011 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.

Dieses Dokument ersetzt EN 10045-1:1990.

Die Normenreihe ISO 148 *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy* besteht aus

- *Teil 1: Prüfverfahren*
- *Teil 2: Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)*
- *Teil 3: Vorbereitung und Charakterisierung von Charpy-V-Referenzproben für die indirekte Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)*

Die Anhänge B und C basieren auf ASTM E23 (*Standard Test Methods for notched bar Impact Testing of Metallic Materials*), Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.

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 148-1:2009 wurde vom CEN als EN ISO 148-1:2010 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 148 gilt für Kerbschlagbiegeversuche nach Charpy (U- und V-Kerb) für metallische Werkstoffe zur Bestimmung der verbrauchten Schlagenergie.

Dieser Teil von ISO 148 gilt nicht für den instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch, der in ISO 14556 festgelegt ist.

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 148-2:2008, *Metallic materials — Charpy pendulum impact test — Part 2: Verification of testing machines*

ISO 286-1, *Geometrical product specification (GPS) — ISO code system for tolerances of linear sizes — Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Energie

3.1.1

potentielle Anfangsenergie

potentielle Energie

K_p

die durch direkte Prüfung bestimmte Differenz zwischen der potentiellen Energie des Hammers vor seiner Freigabe für den Schlagversuch und der potentiellen Energie des Hammers in Schlagposition

[ISO 148-2:2008, Definition 3.2.2]

3.1.2

verbrauchte Schlagenergie

K

bei der Prüfung mit einem Pendelschlagwerk für das Brechen der Probe erforderliche Energie, die bezüglich der Reibung korrigiert ist

ANMERKUNG Der Buchstabe V oder der Buchstabe U wird zur Beschreibung der Kerbgeometrie verwendet, d. h. KV oder KU . Die Zahl 2 oder die Zahl 8 wird als Index zur Bezeichnung des Radius der Hammerfinne angegeben, z. B. KV_2 .

3.2 Probe

Für die in Prüfposition auf den Auflagern des Pendelschlagwerks angeordnete Probe gilt die folgende Nomenklatur (siehe Bild 1).

3.2.1

Höhe

h

Abstand zwischen der gekerbten Fläche und der gegenüberliegenden Fläche

3.2.2

Breite

w

Maß senkrecht zur Höhe, d. h. parallel zum Kerb

3.2.3

Länge

l

größtes Maß senkrecht zum Kerb

4 Symbole und Abkürzungen

Die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen und in Bild 2 dargestellten Symbole und Bezeichnungen sind für diesen Teil von ISO 148 anwendbar.

Tabelle 1 — Symbole, Einheiten und Bezeichnung

Symbol	Einheit	Bezeichnung
K_p	J	Potentielle Anfangsenergie (potentielle Energie)
FA	%	Prozentualer Gleitbruchanteil (Bruchaussehen)
h	mm	Höhe der Probe
KU_2	J	Für eine Probe mit U-Kerb bei Anwendung einer Hammerfinne mit einem 2 mm Radius verbrauchte Schlagenergie
KU_8	J	Für eine Probe mit U-Kerb bei Anwendung einer Hammerfinne mit einem 8 mm Radius verbrauchte Schlagenergie
KV_2	J	Für eine Probe mit V-Kerb bei Anwendung einer Hammerfinne mit einem 2 mm Radius verbrauchte Schlagenergie
KV_8	J	Für eine Probe mit V-Kerb bei Anwendung einer Hammerfinne mit einem 8 mm Radius verbrauchte Schlagenergie
LE	mm	Seitliche Breitung
l	mm	Länge der Probe
T_t	°C	Übergangstemperatur
w	mm	Breite der Probe

5 Kurzbeschreibung

Bei dieser Prüfung wird eine gekerbte Probe unter den in den Abschnitten 6, 7 und 8 definierten Bedingungen mit einem einzigen Schlag eines Pendelhammers durchgeschlagen. Die Probe mit dem Kerb, dessen Geometrie exakt festgelegt ist, wird im Pendelschlagwerk so angeordnet, dass sich der Kerb mittig zwischen den beiden Auflagern auf der dem Auftreffpunkt des Pendelhammers gegenüberliegenden Seite befindet. Bei dieser Schlagprüfung wird die verbrauchte Schlagenergie bestimmt.

Da die Schlagenergiewerte für viele metallische Werkstoffe temperaturabhängig sind, müssen Kerbschlagbiegeversuche bei einer festgelegten Temperatur durchgeführt werden. Falls eine von der Raumtemperatur abweichende Prüftemperatur angewendet wird, muss die Probe unter kontrollierten Bedingungen auf die vorgesehene Temperatur temperiert (erwärmt oder abgekühlt) werden.

6 Proben

6.1 Allgemeines

Die Normal-Probe ist 55 mm lang und hat einen quadratischen Querschnitt mit 10 mm Seitenlänge. In der Mitte der Probenlänge muss ein V- oder U-Kerb eingebracht sein, der in 6.2.1 bzw. 6.2.2 beschrieben wird.

Lässt sich aus dem zu untersuchenden Material keine Normal-Probe herstellen, sind Untermaß-Proben mit 7,5 mm, 5 mm oder 2,5 mm Breite (siehe Bild 2 und Tabelle 2) zu verwenden.

ANMERKUNG Weil bei niedrigen Schlagenergiewerten die überschüssige Energie vom Pendel aufgenommen wird, ist die Anwendung von Zwischenlagen (Unterlegplättchen) wichtig. Bei hohen Schlagenergiewerten können die Zwischenlagen weggelassen werden. Diese Zwischenlagen können auf oder unter den Auflagern für die Probe angeordnet werden, so dass die Mitte des Höhenmaßes der Probe 5 mm über der Auflagerfläche für die 10-mm-Probe liegt.

Die Proben müssen außer an den Endflächen eine Oberflächenrauheit R_a besser als 5 μm haben.

Wenn ein wärmebehandelter Werkstoff untersucht wird, muss die spanende Endbearbeitung der Probe einschließlich des Einarbeitens des Kerbs nach der Wärmebehandlung erfolgen, sofern nicht nachgewiesen werden kann, dass der Zeitpunkt der Bearbeitung keinen Einfluss hat.

6.2 Kerbgeometrie

Der Kerb muss sorgfältig so hergestellt werden, dass am Kerbgrundradius keine Bearbeitungsmarken sichtbar sind, die einen Einfluss auf die verbrauchte Schlagenergie haben können.

Die Symmetrieebene des Kerbs muss senkrecht zur Längsachse der Probe verlaufen (siehe Bild 2).

6.2.1 V-Kerb

Der V-Kerb muss einen Kerbwinkel von 45° , eine Kerbtiefe von 2 mm und einen Kerbradius von 0,25 mm haben [siehe Bild 2 a) und Tabelle 2].

6.2.2 U-Kerb

Der U-Kerb muss (wenn nicht anders festgelegt) eine Kerbtiefe von 5 mm und einen Kerbradius von 1 mm haben [siehe Bild 2 b) und Tabelle 2].

6.3 Grenzabmaße für die Proben

Die Grenzabmaße für die festgelegten Proben- und Kerbmaße werden in Bild 2 und in Tabelle 2 angegeben.

6.4 Herstellung der Proben

Die Proben sind so herzustellen, dass alle Veränderungen der Probe, z. B. durch Warm- oder Kaltumformung, möglichst klein gehalten werden.

6.5 Kennzeichnung der Proben

Die Probe darf an Stellen gekennzeichnet werden, die nicht mit den Auflagern, den Widerlagern oder der Hammerfinne in Berührung kommen und an Stellen, an denen Einflüsse durch plastische Verformung und Oberflächenfehler auf die beim Kerbschlagversuch gemessene Schlagenergie vermieden werden (siehe 8.7).

7 Prüfgerät

7.1 Allgemeines

Alle für die Messungen verwendeten Geräte müssen auf nationale oder internationale Normen rückführbar sein. Sie sind in geeigneten Zeitabständen zu kalibrieren.

7.2 Aufstellung und Prüfung des Pendelschlagwerks

Das Pendelschlagwerk ist nach ISO 148-2 aufzustellen und zu prüfen.

7.3 Hammerfinne (Finnenschneide)

Für die Hammerfinne gilt entweder die für den 2-mm-Hammer oder für den 8-mm-Hammer festgelegte Geometrie. Es wird empfohlen, den Radius der Hammerfinne als Index auf folgende Weise anzugeben: KV_2 oder KV_8 .

Die Wahl der Geometrie der Hammerfinne muss unter Bezug auf die Produktspezifikation erfolgen.

ANMERKUNG Einige Werkstoffe können bei niedrigen Schlagenergiewerten starke Schwankungen der Ergebnisse (prozentuale Differenz) zeigen; bei Anwendung des 2-mm-Hammers können höhere Werte ermittelt werden als bei Anwendung eines 8-mm-Hammers.

8 Durchführung

8.1 Allgemeines

Die Probe ist so gegen die Widerlager des Pendelschlagwerks zu legen, dass die Symmetrieebene des Kerbs und die Symmetrieebene der Auf- und Widerlager mit Abweichungen von höchstens 0,5 mm übereinstimmen. Die Finnenschneide muss in der Symmetrieebene des Kerbs auf die dem Kerb gegenüberliegende Seite auftreffen (siehe Bild 1).

8.2 Prüftemperatur

8.2.1 Wenn nicht anders festgelegt, müssen die Kerbschlagbiegeversuche bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ durchgeführt werden. Ist eine bestimmte Prüftemperatur festgelegt, muss die Probe so temperiert werden, dass diese Temperatur mit Abweichungen von $\pm 2 ^\circ\text{C}$ eingehalten wird.

8.2.2 Bei einer Temperierung in einem flüssigen Medium, entweder einer Erwärmung oder einer Abkühlung, muss die Probe im Behälter mit dem flüssigen Medium auf einem Gitter mindestens 25 mm über dem Behälterboden, bedeckt von mindestens 25 mm Flüssigkeit und in mindestens 10 mm Abstand von den Seitenwänden des Behälters angeordnet werden. Die Flüssigkeit muss ständig gerührt und auf geeignete Weise auf die festgelegte Temperatur gebracht werden. Die Einrichtung zum Messen der Temperatur des Mediums sollte in der Mitte einer Gruppe von Proben angeordnet werden. Die Temperatur des Mediums muss mindestens 5 min bei der festgelegten Temperatur $\pm 1 ^\circ\text{C}$ gehalten werden.

ANMERKUNG Bei Anwendung eines flüssigen Temperiermediums, das bis in die Nähe seines Siedepunkts erhitzt wurde, kann sich die Temperatur der Probe in der Zeitspanne nach der Entnahme aus dem Medium bis zum Bruch der Probe aufgrund der Verdunstungskühlung erheblich verringern (siehe ASTM STP 1072 [5]).

8.2.3 Bei einer Temperierung in einem gasförmigen Medium, entweder einer Erwärmung oder einer Abkühlung, muss die Probe in der Temperiereinrichtung mindestens 50 mm Abstand zur nächsten Wandfläche haben. Die einzelnen Proben müssen untereinander einen Abstand von mindestens 10 mm haben. Das gasförmige Medium muss ständig zirkulieren und auf geeignete Weise auf die festgelegte Temperatur gebracht werden. Die Einrichtung zum Messen der Temperatur des Mediums sollte in der Mitte einer Gruppe von Proben angeordnet werden. Die Temperatur des gasförmigen Mediums muss mindestens 30 min bei der festgelegten Temperatur ± 1 °C gehalten werden.

8.3 Handhabung der Proben

Wird der Kerbschlagbiegeversuch bei einer von Raumtemperatur abweichenden Prüftemperatur durchgeführt, dürfen nach Entnahme der Probe aus der Temperiereinrichtung bis zum Auftreffen des Hammers nicht mehr als 5 s vergehen.

Die zum Transportieren der Probe verwendete Einrichtung (Zange) muss so gestaltet und temperiert werden, dass die Probentemperatur innerhalb des zulässigen Temperaturbereichs bleibt.

Die Teile der Zange, die mit der Probe bei der Überführung aus dem Temperiermedium zum Pendelschlagwerk in Kontakt kommen, müssen zusammen mit den Proben temperiert werden.

Eine Einrichtung, mit der die Probe auf den Widerlagern zentriert wird, sollte nicht dazu führen, dass die Bruchstücke hochfester Proben mit niedrigen Schlagenergiewerten von der Zentriereinrichtung gegen das Pendel zurückprallen und irrtümlicherweise hohe Schlagenergiewerte ermittelt werden. Der Freiraum zwischen den beiden Enden der in Prüfposition angeordneten Probe und der Zentriereinrichtung oder festen Teilen des Pendelschlagwerks muss mehr als etwa 13 mm betragen um zu verhindern, dass zurückprallende Bruchstücke gegen das Pendel schlagen können.

ANMERKUNG Für die Überführung von Proben aus dem Temperiermedium in die vorschriftsmäßige Prüfposition werden häufig Zangen mit Selbstzentrierung verwendet, die eine Ausführung in der Art wie die Zangen haben, die in Anhang A für Proben mit V-Kerb beschrieben sind. Mit diesen Zangen sind mögliche Probleme hinsichtlich des Freiraums vermeidbar, die auf Interferenzen zwischen gebrochenen Probenhälften und einer festen Zentriereinrichtung zurückzuführen sind.

8.4 Überschreiten des Arbeitsvermögens des Pendelschlagwerks

Die verbrauchte Schlagenergie K sollte 80 % der potentiellen Anfangsenergie K_p nicht überschreiten. Bei einer höheren verbrauchten Schlagenergie sind die ermittelten Werte ungenau und müssen als angenäherte Werte ausgewiesen werden, worauf im Prüfbericht besonders hinzuweisen ist.

ANMERKUNG Im Idealfall wird ein Kerbschlagbiegeversuch mit konstanter Schlaggeschwindigkeit durchgeführt. Bei Versuchen mit Pendelschlagwerken nimmt die Geschwindigkeit mit fortschreitendem Bruch ab. Für Proben mit Schlagenergiewerten im Bereich des Arbeitsvermögens des Pendelschlagwerks verringert sich die Geschwindigkeit des Pendels während des Bruchs so sehr, dass eine Bestimmung genauer Schlagenergiewerte nicht mehr möglich ist.

8.5 Unvollständiger Bruch

Wird bei einem Kerbschlagbiegeversuch eine Probe nicht vollständig gebrochen, darf die für diese Probe verbrauchte Schlagenergie in die Auswertung einbezogen werden oder mit den Schlagenergiewerten, die an vollständig gebrochenen Proben bestimmt wurden, für die Mittelwertbildung berücksichtigt werden.

8.6 Verklemmen einer Probe

Wenn sich eine Probe im Pendelschlagwerk verklemmt, darf das Ergebnis für diese Probe nicht in die Auswertung einbezogen werden; das Pendelschlagwerk ist gründlich auf Beschädigungen zu untersuchen, die möglicherweise die Kalibrierung des Pendelschlagwerks beeinträchtigen.

ANMERKUNG Eine Probe verklemmt sich dadurch, dass ihre Bruchstücke zwischen beweglichen und nicht beweglichen Teilen des Pendelschlagwerks stecken bleiben. Dieses Verklemmen kann zu einem signifikanten Energieverbrauch führen. Von sekundären Hammerauftreffmarken können Klemmmarken dadurch unterschieden werden, dass sie auf der verklemmten Probe als paarweise Marken sichtbar sind, die einander gegenüberliegen.

8.7 Untersuchung nach erfolgtem Bruch

Falls die Untersuchung nach dem Bruch ergibt, dass die Kennzeichnung teilweise in einem sichtbar verformten Bereich der Probe liegt, ist das Prüfergebnis möglicherweise nicht repräsentativ für den Werkstoff; worauf im Prüfbericht hingewiesen werden muss.

9 Prüfbericht

9.1 Zwingend notwendige Angaben

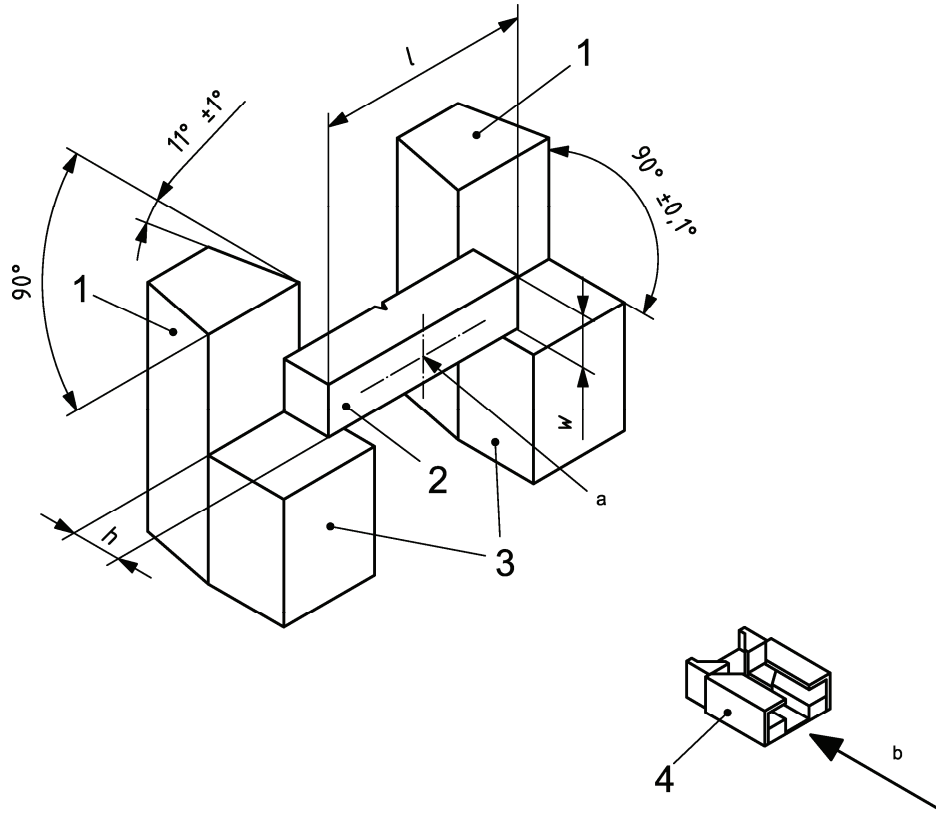
Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Verweisung auf diesen Teil von ISO 148, d. h. ISO 148-1:2009;
- b) Beschreibung der Probe (z. B. Stahlsorte, Nr der Schmelze);
- c) Art des Kerbs;
- d) Größe der Probe, falls keine Normalprobe verwendet wurde;
- e) Prüftemperatur der Probe;
- f) verbrauchte Schlagenergie, d. h. z. B. KV_2 , KV_8 , KU_2 oder KU_8 ;
- g) alle ungewöhnlichen Ereignisse, die Einfluss auf den Kerbschlagbiegeversuch haben können.

9.2 Wahlweise Angaben

Der Prüfbericht darf zusätzlich zu den Angaben in 9.1 weitere wahlweise Angaben enthalten:

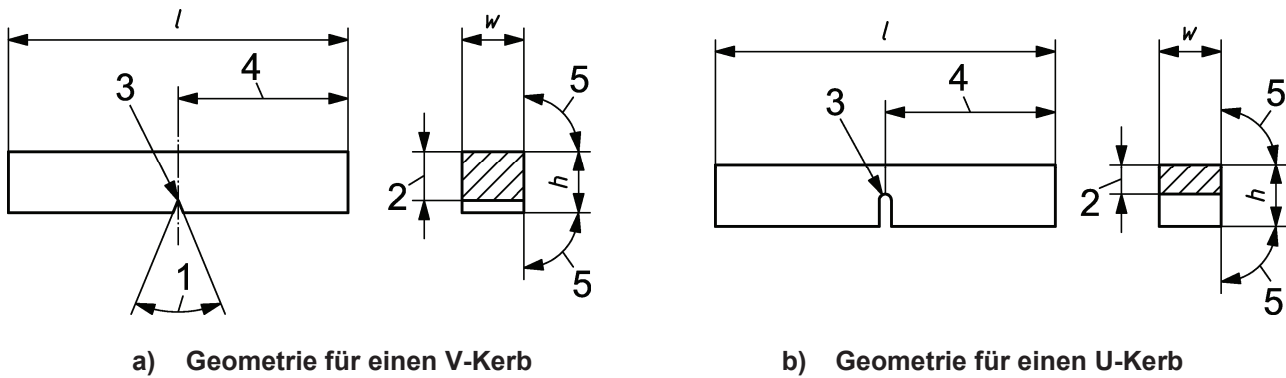
- a) Ausrichtung der Probe (siehe ISO 3785);
- b) Nennarbeitsvermögen des Pendelschlagwerks, in Joule;
- c) seitliche Breitung (siehe Anhang B);
- d) Aussehen der Bruchfläche, angegeben als prozentualer Gleitbruchanteil (siehe Anhang C);
- e) Kurve der verbrauchten Schlagenergie über der Temperatur (siehe D.1);
- f) Übergangstemperatur und angewendete Kriterien (siehe D.2);
- g) Anzahl der beim Kerbschlagbiegeversuch nicht vollständig gebrochenen Proben;
- h) Messunsicherheit (siehe Anhang E).



Legende

- 1 Widerlager
- 2 Normal-Probe
- 3 Auflager für die Probe
- 4 Abdeckvorrichtung
- h* Höhe der Probe
- l* Länge der Probe
- w* Breite der Probe
- a* Auftreffpunkt der Finesschneide
- b* Richtung der Pendelschwingung

Bild 1 — Anordnung der Auflager und Widerlager für ein Pendelschlagwerk in Verbindung mit der Terminologie für die Probe



ANMERKUNG Die Symbole *l*, *h*, *w* und die Zahlen 1 bis 5 beziehen sich auf Tabelle 2.

Bild 2 — Probe für den Kerbschlagversuch nach Charpy

Tabelle 2 — Grenzabmaße für die festgelegten Probenmaße

Bezeichnung	Symbol und Nr	V-Kerb-Probe			U-Kerb-Probe		
		Nennmaß	Grenzabmaße für die Bearbeitung		Nennmaß	Grenzabmaße für die Bearbeitung	
				Toleranzklasse ^a			Toleranzklasse ^a
Länge	<i>l</i>	55 mm	± 0,60 mm	js15	55 mm	± 0,60 mm	js15
Höhe ^b	<i>h</i>	10 mm	± 0,075 mm	js12	10 mm	± 0,11 mm	js13
Breite ^b :	<i>w</i>						
— Normal-Probe		10 mm	± 0,11 mm	js13	10 mm	± 0,11 mm	js13
— Untermaß-Probe		7,5 mm	± 0,11 mm	js13	—	—	—
— Untermaß-Probe		5 mm	± 0,06 mm	js12	—	—	—
— Untermaß-Probe		2,5 mm	± 0,05 mm	js12	—	—	—
Kerbwinkel	1	45°	± 2°	—	—	—	—
Höhe im Kerbgrund (Höhe der Probe abzüglich der Kerbtiefe)	2	8 mm	± 0,075 mm	js12	5 mm ^c	± 0,09 mm	js13
Kerbradius	3	0,25 mm	± 0,025 mm	—	1 mm	± 0,07 mm	js12
Abstand zwischen der Symmetrieebene des Kerbs und den Endflächen der Probe ^b	4	27,5 mm	± 0,42 mm ^d	js15	27,5 mm	± 0,42 mm ^d	js15
Winkel zwischen der Symmetrieebene des Kerbs und der Längsachse der Probe		90°	± 2°	—	90°	± 2°	—
Winkel zwischen benachbarten Längsflächen der Probe	5	90°	± 2°	—	90°	± 2°	—

^a Nach ISO 286-1.

^b Außer an den Endflächen müssen die Proben eine Oberflächenrauheit *Ra* besser als 5 µm haben.

^c Falls eine andere Höhe (2 mm oder 3 mm) festgelegt ist, müssen auch die entsprechenden Grenzabmaße festgelegt sein.

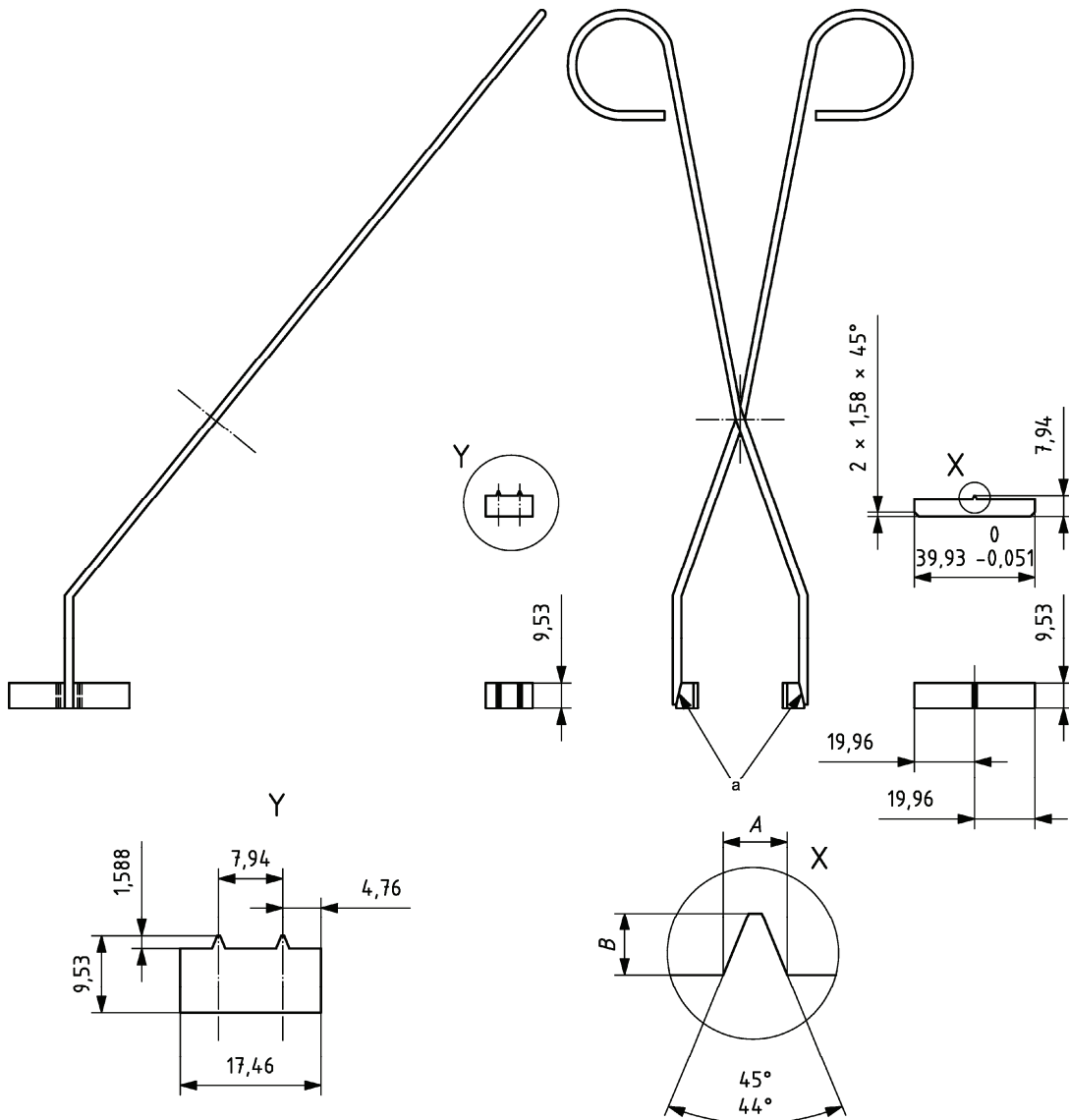
^d Für Pendelschlagwerke mit automatischer Positionierung der Proben wird ein Grenzabmaß von ± 0,165 mm anstelle von ± 0,42 mm empfohlen.

Anhang A
 (informativ)

Selbstzentrierende Zangen

Die in Bild A.1 dargestellten Zangen werden häufig angewendet, um die Probe aus der Temperiereinrichtung in die vorschriftsmäßige Prüfposition im Pendelschlagwerk zu überführen.

Maße in Millimeter



Probenbreite	Größte Breite der Rippe (die in den V-Kerb der Probe passt) Maß A	Höhe der Rippe (die in den V-Kerb der Probe passt) Maß B
10	1,60 bis 1,70	1,52 bis 1,65
5	0,74 bis 0,80	0,69 bis 0,81
3	0,45 bis 0,51	0,36 bis 0,48

^a Stahlstücke, mittels Silberlot parallel zueinander an der Zange angelötet

Bild A.1 — Zentrierzangen für Charpy-V-Kerb-Proben

Anhang B (informativ)

Seitliche Breitung (laterale Breitung)

B.1 Allgemeines

Ein Maß für den Bruchwiderstand eines Werkstoffs, der wie z. B. am Kerbgrund einer Charpy-Probe unter dreiachsiger Beanspruchung steht, ist die Größe der am Kerbgrund auftretenden Verformung. Bei dieser Verformung am Kerbgrund handelt es sich um eine Kontraktion. Weil es auch nach erfolgtem Bruch schwierig ist, diese Verformung messtechnisch zu erfassen, wird üblicherweise die Breitung¹⁾ an beiden Enden der Bruchebene gemessen und anstelle der Kontraktion angegeben.

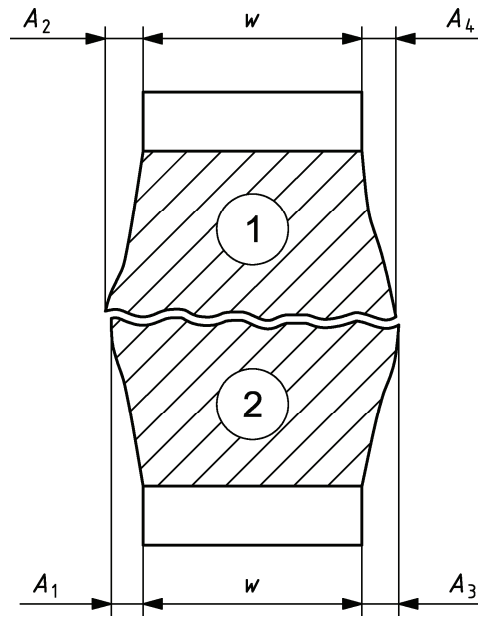
B.2 Durchführung

Beim Verfahren zum Messen der seitlichen Breitung sollte berücksichtigt werden, dass die Bruchebene selten durch die Stellen verläuft, an der die maximale Breitung an beiden Seiten der Probe vorliegt. Eine Bruchhälfte kann die maximale Breitung für beiden Seiten, für nur eine Seite oder für keine Seite enthalten. Die angewendeten Messverfahren sollten daher einen Breitungswert liefern, der gleich der Summe aus den für die jeweilige Seite gemessenen beiden größeren Werten ist, wozu die beiden Bruchhälften getrennt auszumessen sind. Die Größe der Breitung auf jeder Seite der beiden Bruchhälften muss unter Bezug auf die Ebene gemessen werden, die durch den nicht verformten Teil der jeweiligen Probenseite festgelegt ist (siehe Bild B.1). Die Breitung darf mit einem geeigneten Messgerät ermittelt werden, z. B. mit einer in den Bildern B.2 und B.3 dargestellten Messuhr. Die beiden gebrochenen Hälften werden einzeln ausgemessen. Zunächst sind jedoch die Seiten rechtwinklig zum Kerb auf beim Kerbschlagbiegeversuch gebildete Grate zu untersuchen; möglicherweise vorhandene Grate müssen vorsichtig, z. B. mit feinem Schleifpapier, ohne Beschädigung der auszumessenden Aufstauchungen entfernt werden. Als nächstes werden die beiden Probenhälften mit den Flächen aneinandergelegt, die sich ursprünglich rechts und links vom Kerb befunden haben. Dann werden die Seitenflächen der beiden Probenhälften (siehe Bild B.1) so gegen die Referenz(anlage)fläche gepresst, dass die Aufstauchungen am Taster der Messuhr anliegen. Der für die erste Aufstauchung abgelesene Wert ist zu notieren, dann ist dieser Arbeitsgang für die andere Probenhälfte zu wiederholen (siehe Bild B.1), wobei darauf zu achten ist, dass die Messung an derselben Probenseite erfolgt. Der größere der beiden ermittelten Werte ist die Breitung für diese Seite der Probe. Das Verfahren zum Ausmessen der Aufstauchungen wird für die andere Probenseite wiederholt, danach werden die jeweils größeren dieser ermittelten Werte addiert. Wenn z. B. $A_1 > A_2$ und $A_3 = A_4$ ist, folgt für die Breitung: $LE = A_1 + (A_3 \text{ oder } A_4)$. Für den Fall, dass $A_1 > A_2$ und $A_3 > A_4$ ist, wird die Breitung berechnet als $LE = A_1 + A_3$.

Wenn eine oder mehrere Aufstauchungen einer Probe durch Aufschlagen z. B. am Widerlager, Maschinenrahmen usw. verformt wurde, darf diese Probe nicht ausgemessen werden. Dies ist im Prüfbericht zu vermerken.

Alle Proben sind auszumessen.

1) Der vorliegende Anhang basiert auf ASTM E23 (Standard Test Methods for notched bar Impact Testing of Metallic Materials); seine Verwendung in diesem Dokument erhielt die Zustimmung von ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.



Die Probenhälften werden durch die Zahlen 1 und 2 gekennzeichnet.

Bild B.1 — Darstellung der Bruchhälften einer Charpy-Probe mit V-Kerb zur Veranschaulichung der Messung der seitlichen Breite, der Maße A_1 , A_2 , A_3 , A_4 und der Anfangsbreite w der Probe

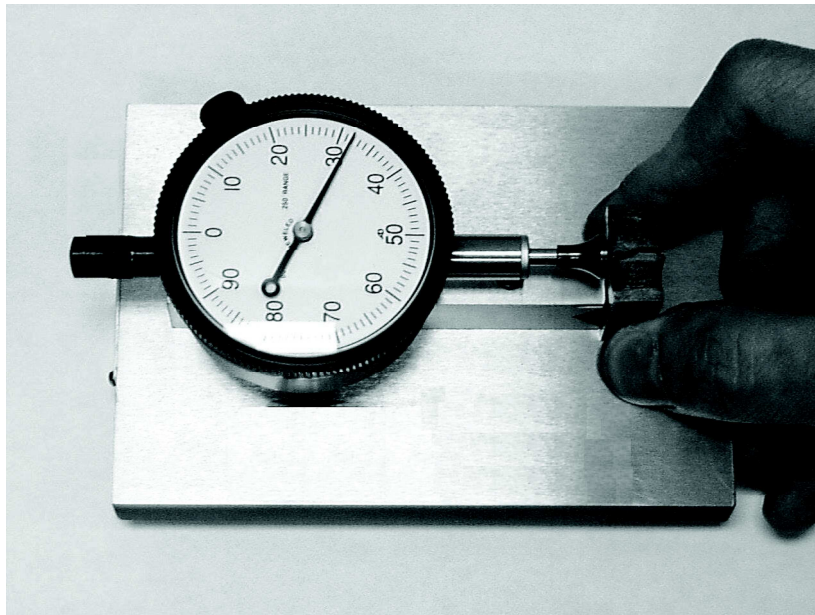
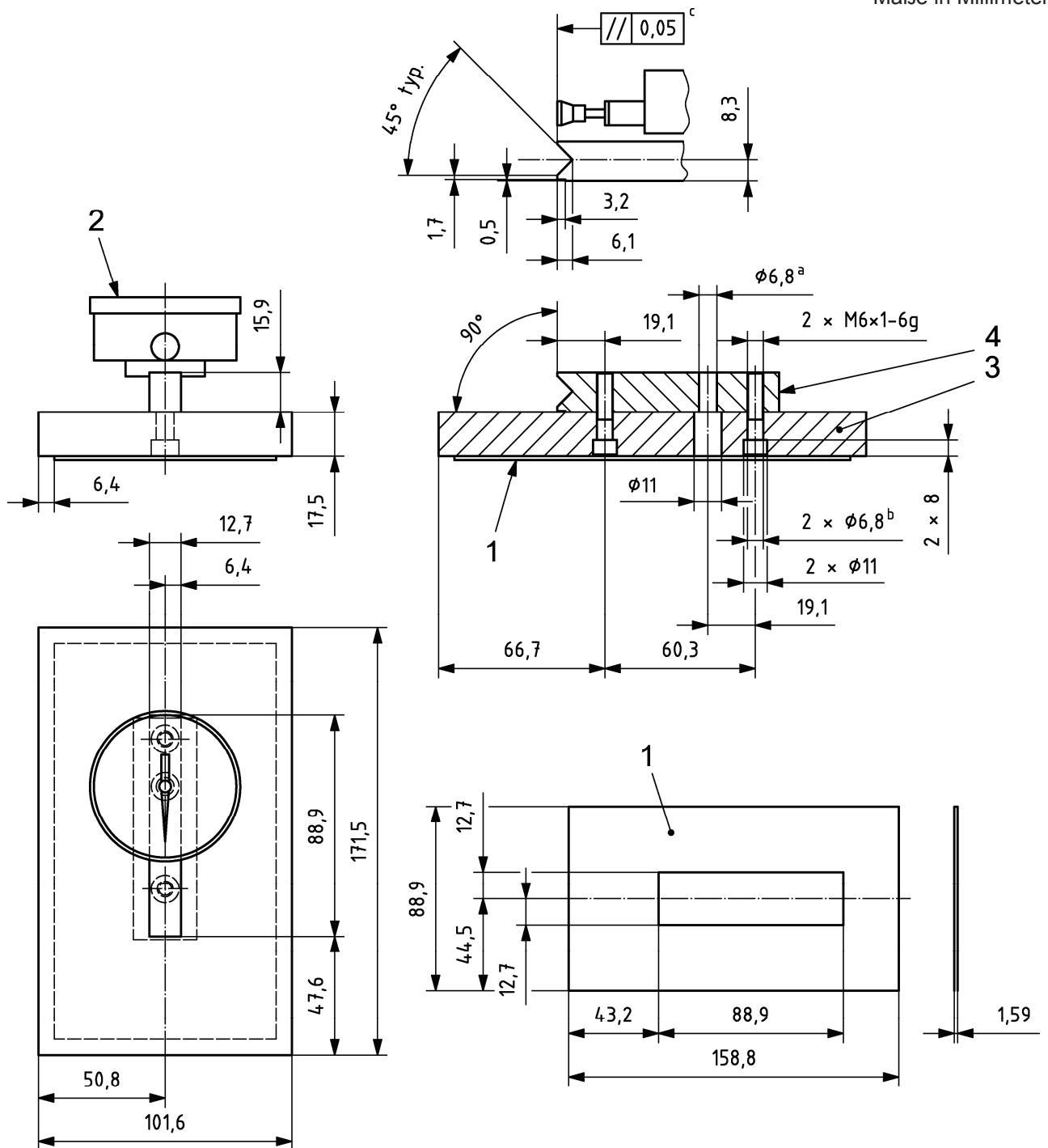


Bild B.2 — Messuhr zur Messung der seitlichen Breite von Charpy-Proben

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Gummi-Unterlage
- 2 Messuhr, Messbereich 10 mm, Skalenteilung 1/100 mm
- 3 Grundplatte aus nichtrostendem oder verchromtem Stahl
- 4 Messuhrhalterung aus nichtrostendem oder verchromtem Stahl
- a Für Innensechskantschraube UNC 1/4" bis 20", Höhe des Innensechskants 7/8", zur Anbringung der Messuhr.
- b Für Innensechskantschrauben M6 × 1, Höhe des Innensechskants 25 mm.
- c Überlappen bei Anbringung der Messuhr.

Bild B.3 — Prüfanordnung und Einzelheiten zum Messen der seitlichen Breite mit einer Messuhr

Anhang C (informativ)

Bruchaussehen

C.1 Allgemeines

Die Bruchfläche der Charpy-Proben wird häufig durch den in Prozent angegebenen, und auf die gesamte Bruchfläche bezogenen Gleitbruchanteil (mit faserigem Bruchaussehen), bewertet²). Je größer der Gleitbruchanteil ist, umso höher ist die Kerbzähigkeit des Werkstoffs. Die Bruchfläche der meisten Charpy-Proben zeigt nebeneinander sowohl Gleitbruch als auch Spaltbruch. Weil diese Bewertung sehr subjektiv erfolgt, wird empfohlen, sie in Spezifikationen nicht anzuwenden.

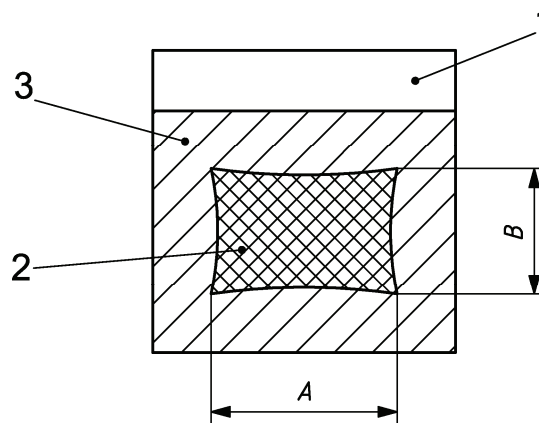
ANMERKUNG Die für das Bruchaussehen verwendeten Benennungen „faseriges Bruchaussehen“ und „Gleitbruch“ werden häufig synonym verwendet. Das Gegenteil wird oft durch die Benennungen „Spaltbruch“ und „kristallines Bruchaussehen“ gekennzeichnet. Daraus lässt sich folgern, dass bei einem Gleitbruchanteil von 0 % zu 100 % ein Spaltbruch vorliegt.

C.2 Durchführungen

Der prozentuale Gleitbruchanteil wird üblicherweise nach einem der folgenden Verfahren bestimmt:

- a) Ausmessen der Länge und Breite des Spaltbruchanteils der Bruchfläche (d. h. des Anteils mit „kristallinem“ Aussehen), siehe Bild C.1, und Bestimmen des prozentualen Gleitbruchanteils nach Tabelle C.1;
- b) Vergleich des Bruchaussehens der Probe mit Bruchbild-Richtreihen, z. B. nach Bild C.2;
- c) Vergrößern der Bruchfläche und Vergleich mit früher kalibrierten Richtreihen, die der Bruchfläche überlagert werden, oder Ausmessen des prozentualen Spaltbruchanteils mit einem Planimeter und Berechnung des prozentualen Gleitbruchanteils (durch Subtraktion des prozentualen Spaltbruchanteils von 100 %);
- d) Fotografieren der Bruchfläche mit geeigneter Vergrößerung und Ausmessen des prozentualen Spaltbruchanteils mit einem Planimeter und Berechnung des prozentualen Gleitbruchanteils (durch Subtraktion des prozentualen Spaltbruchanteils von 100 %);
- e) Ausmessen des prozentualen Gleitbruchanteils mit Hilfe von Bildanalyse-Verfahren.

2) Der vorliegende Anhang basiert auf ASTM E23 (Standard Test Methods for notched bar Impact Testing of Metallic Materials); seine Verwendung in diesem Dokument erhielt die Zustimmung von ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.



Legende

- 1 Kerb
- 2 Fläche mit Spaltbruchssehen (kristallin, d. h. glitzernd)
- 3 Fläche mit Gleitbruchssehen (faserig, d. h. matt)

ANMERKUNG 1 Die mittleren Maße *A* und *B* sind auf 0,5 mm auszumessen.

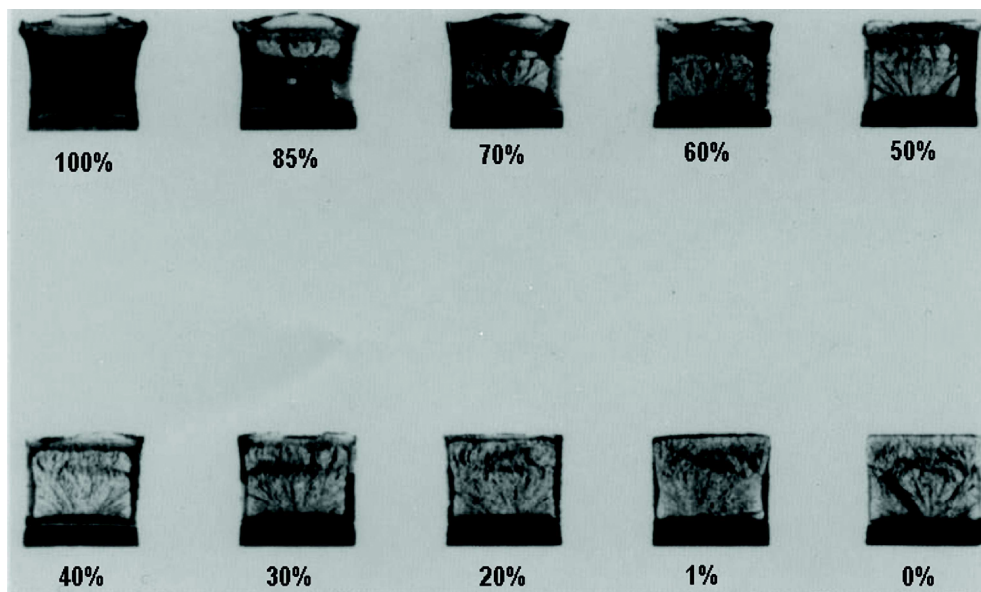
ANMERKUNG 2 Der prozentuale Gleitbruchanteil ist nach Tabelle C.1 zu bestimmen.

Bild C.1 — Bestimmung des prozentualen Gleitbruchanteils

Tabelle C.1 — Prozentualer Gleitbruchanteil, für in Millimeter gemessene Maße

<i>B</i> mm	<i>A</i> mm																		
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10
	Prozentualer Gleitbruchanteil																		
1,0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1,5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2,0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2,5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3,0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3,5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4,0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4,5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5,0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5,5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6,0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6,5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7,0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7,5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8,0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

100 % Gleitbruchanteil muss angegeben werden, wenn entweder *A* oder *B* null ist.



a) Vergleichsbilder für das Bruchaussehen und Angaben für den prozentualen Gleitbruchanteil



b) Schematische Darstellung zur Bewertung des Bruchaussehens

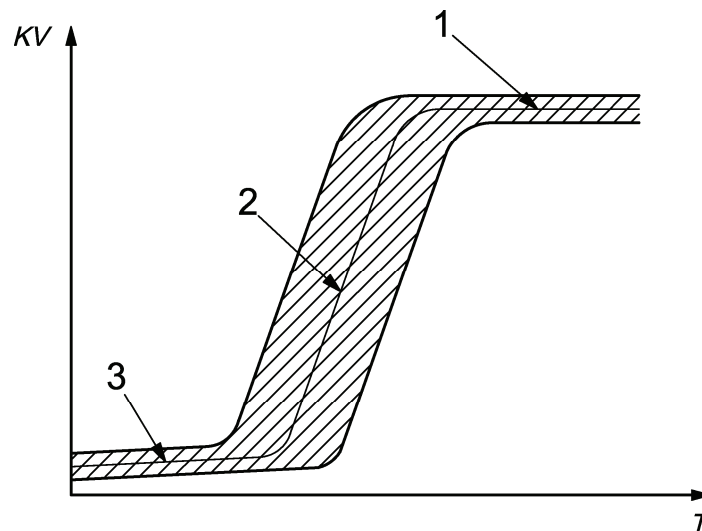
Bild C.2 — Bruchaussehen

Anhang D (informativ)

Verbrauchte Schlagenergie in Abhängigkeit der Temperatur und Übergangstemperatur

D.1 Verbrauchte Schlagenergie-Temperatur-Kurve

Die verbrauchte Schlagenergie-Temperatur-Kurve (KV - T -Kurve) gibt die zum Brechen der Probe erforderliche Energie als Funktion der Prüftemperatur der gleichen Probenform an (siehe Bild D.1). Im Allgemeinen wird der Kurvenverlauf durch Kurvenregression aus den Einzelwerten ermittelt. Die Form der Kurve und die Streuung der Prüfergebnisse sind vom Werkstoff, der Probenform und der Schlaggeschwindigkeit abhängig. Wenn die Kurve einen Übergangsbereich zeigt, ist zwischen der Hochlage, dem Steilabfall (Übergangsbereich) und der Tieflage zu unterscheiden.



Legende

- | | |
|------|--------------------------------|
| T | Temperatur |
| KV | verbrauchte Schlagenergie |
| 1 | Hochlage |
| 2 | Übergangsbereich (Steilabfall) |
| 3 | Tieflage |

Bild D.1 — Schematische Darstellung der Kurve der verbrauchten Schlagenergie über der Temperatur

D.2 Übergangstemperatur (Temperatur im Bereich des Steilabfalls)

Die Übergangstemperatur T_t kennzeichnet die Position des Steilabfalls in der Kurve der verbrauchten Schlagenergie über der Temperatur. Weil sich der Steilabfall im Allgemeinen über einen ziemlich breiten Temperaturbereich erstreckt, kann keine allgemeingültige Definition für die Übergangstemperatur angegeben werden. Neben anderen haben sich die folgenden Kriterien als hilfreich zur Festlegung der Übergangstemperatur erwiesen:

Die Übergangstemperatur T_t ist die Temperatur, bei der

- a) ein bestimmter Wert der verbrauchten Schlagenergie erreicht ist, z. B. $KV_8 = 27 \text{ J}$;
- b) ein bestimmter Prozentanteil, z. B. 50 %, des Werts erreicht ist, der die verbrauchte Schlagenergie im Bereich der Hochlage kennzeichnet;
- c) ein bestimmter Anteil der Bruchfläche, z. B. 50 %, das Aussehen eines Gleitbruchs zeigt und
- d) ein bestimmter Anteil, z. B. 0,9 mm, der seitlichen Breitung erreicht ist.

Die Auswahl des Verfahrens zur Festlegung der Übergangstemperatur sollte in der Produktnorm oder einer Spezifikation festgelegt oder vereinbart werden.

Anhang E (informativ)

Messunsicherheit für verbrauchten Schlagenergiewert, KV

E.1 Symbole und Einheiten

Die im vorliegenden Anhang verwendeten Symbole und Einheiten werden in Tabelle E.1 angegeben.

Tabelle E.1 — Symbole und Einheiten

Symbol	Einheit	Definition
B_V	J	Systematische Abweichung des Pendelschlagwerks, bestimmt durch indirekte Prüfung
k		Erweiterungsfaktor
KV	J	Verbrauchte Schlagenergie, gemessen nach dieser Internationalen Norm an einer Probe mit V-Kerb
\overline{KV}	J	Angegebener mittlerer KV -Wert für einen Satz von Proben aus einem zu untersuchenden Werkstoff
KV_R	J	Zertifizierter KV -Wert für das bei der indirekten Prüfung verwendete Referenzmaterial
\overline{KV}_V	J	Mittlerer KV -Wert der bei der indirekten Prüfung untersuchten Referenzproben
n		Anzahl der untersuchten Proben
r	J	Auflösung der Anzeige des Pendelschlagwerks
s_x	J	Standardabweichung der an n Proben ermittelten Werte
T_x	J	Fehler des gemessenen KV -Werts, der auf Temperatureinflüsse zurückzuführen ist
$u(\overline{KV})$	J	Standardmessunsicherheit von \overline{KV}
$U(\overline{KV})$	J	Erweiterte Messunsicherheit von \overline{KV} mit einem Vertrauensniveau von etwa 95 %
u_T	K	Standardmessunsicherheit der gemessenen Prüftemperatur
u_V	J	Standardmessunsicherheit des Ergebnisses aus der indirekten Prüfung
$u(\bar{x})$	J	Standardmessunsicherheit von \bar{x}
\bar{x}	J	Abgelesener (nicht korrigierter) mittlerer KV -Wert für einen Satz von n Proben aus einem zu untersuchenden Werkstoff
$\nu_{\overline{KV}}$		Freiheitsgrade aus $u(\overline{KV})$
ν_V		Freiheitsgrade aus u_V
ν_x		Freiheitsgrade aus $u(\bar{x})$

E.2 Bestimmung der Messunsicherheit

E.2.1 Allgemeines

In diesem Anhang ist ein unempfindliches Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit $u(\overline{KV})$ bezogen auf die mittlere verbrauchte Schlagenergie \overline{KV} eines Probensatzes aus einem zu untersuchenden Werkstoff festgelegt. Es können alternative Verfahren zur Abschätzung der Messunsicherheit $u(\overline{KV})$ entwickelt werden, die dann akzeptabel sind, wenn sie den Anforderungen von ISO/IEC Guide 98-3 [3] entsprechen.

Bei dieser Vorgehensweise werden als Eingabe die Ergebnisse der „indirekten Prüfung“ des Charpy-Pendelschlagwerks benötigt, die ein normatives Verfahren zur Abschätzung der Leistung des Pendelschlagwerks bei Anwendung von Referenzproben darstellt (siehe ISO 148-2:2008, Anhang A).

ANMERKUNG 1 Nach ISO 148 (alle Teile) wird gefordert, dass Pendelschlagwerke die Anforderungen sowohl der indirekten als auch der direkten Prüfung erfüllen müssen. Bei der direkten Prüfung werden alle individuellen geometrischen und mechanischen Anforderungen an die Konstruktion von Pendelschlagwerken überprüft (siehe ISO 148-2).

Die Bedeutung der direkten und der indirekten Prüfung in der metrologischen Kette für die Rückführbarkeit der Charpy-Messungen ist in Bild E.1 angegeben. Die Kette beginnt auf internationaler Ebene mit der Definition der Messgröße KV oder der verbrauchten Schlagenergie, die in den genormten Verfahren nach ISO 148 (alle Teile) beschrieben ist. Die globale Vergleichbarkeit beruht auf internationalen Vergleichen von Charpy-Pendelschlagwerken und auf zertifizierten Werten für zertifizierte Referenzproben, die von nationalen oder internationalen Organisationen unter Anwendung von mehreren Referenz-Pendelschlagwerken erstellt wurden.

In Kalibrierlaboratorien werden zertifizierte Referenzproben untersucht, um die im Laboratorium vorhandenen Referenz-Pendelschlagwerke zu verifizieren, so dass dann mit deren Hilfe Referenzproben exakt beschrieben und erstellt werden können. Auf der Ebene der Anwender können die Prüflaboratorien, die mit der Durchführung von Kerbschlagbiegeversuchen nach Charpy beauftragt wurden, das laboreigene Pendelschlagwerk mit Hilfe von Referenzproben verifizieren, damit die gewünschten zuverlässigen KV -Werte erreichbar sind.

ANMERKUNG 2 Die Anwender können zertifizierte Referenzproben auch von nationalen oder internationalen Organisationen beziehen und damit die Ebene des Kalibrierlaboratoriums umgehen.

ANMERKUNG 3 Weitere Angaben zum Unterschied zwischen zertifizierten Referenzproben und Referenzproben, siehe ISO 148-3:2008, Anhang A.

E.2.2 Unsicherheits-Verzichtserklärung

Eine Messunsicherheitsbetrachtung ist hilfreich, um die Hauptquellen für Unstimmigkeiten der gemessenen Ergebnisse aufzudecken.

Produktnormen und Datenbanken für Werkstoffeigenschaften, die auf dem vorliegenden Teil von ISO 148 basieren, enthalten unvermeidbar einen aus der Messunsicherheit resultierenden Beitrag. Eine weitere Anpassung der Messunsicherheit ist nicht angebracht, weil auf diese Weise riskiert wird, dass die Übereinstimmung des Produkts mit den Anforderungen nicht mehr gegeben ist. Sofern vom Kunden nicht ausdrücklich anders gefordert, ist die nach diesem Verfahren bestimmte Messunsicherheit deshalb nur zu informatorischen Zwecken anzuwenden.

Die in diesem Teil von ISO 148 festgelegten Prüfbedingungen und -grenzen dürfen zur Berücksichtigung der Messunsicherheit nur auf ausdrückliche Anforderung des Kunden angepasst werden. Sofern vom Kunden nicht ausdrücklich anders gefordert, dürfen die ermittelten Messunsicherheiten nicht mit den gemessenen Ergebnissen kombiniert werden, um die Übereinstimmung mit Produkt-Spezifikationen zu bewerten.

E.3 Allgemeine Durchführung

E.3.1 Beiträge zur Messunsicherheit

Die wichtigsten Faktoren, die zur Messunsicherheit beitragen, stehen im Zusammenhang mit:

- der systematischen Abweichung des Pendelschlagwerks, ermittelt bei der indirekten Prüfung;
- der Homogenität des zu untersuchenden Werkstoffs und der Wiederholpräzision des Pendelschlagwerks;
- der Prüftemperatur.

Zur Bestimmung der mittleren verbrauchten Schlagenergie \overline{KV} wird die Gleichung (E.1) verwendet:

$$\overline{KV} = \bar{x} - B_V - T_x \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist

- \bar{x} Mittelwert der abgelesenen verbrauchten Schlagenergie von n Proben;
- B_V die systematische Abweichung des Pendelschlagwerks, bestimmt durch indirekte Prüfung;
- T_x die systematische Abweichung, verursacht durch die Temperatur.

E.3.2 Systematische Abweichung des Pendelschlagwerks

In der Regel (siehe ISO/IEC Guide 98-3 [3]) müssen die gemessenen Werte durch bekannte systematische Abweichungen korrigiert werden. Die indirekte Prüfung ist eine Möglichkeit, den Wert für die systematische Abweichung festzulegen. Die durch indirekte Prüfung ermittelte systematische Abweichung des Pendelschlagwerks, die in ISO 148-2:2008 definiert wird, ist nach Gleichung (E.2) zu berechnen:

$$B_V = \overline{KV}_V - KV_R \quad (\text{E.2})$$

Dabei ist

- \overline{KV}_V der Mittelwert für die Referenzproben, die bei der indirekten Prüfung gebrochen sind;
- KV_R der zertifizierte KV -Wert der Referenzproben.

In Abhängigkeit davon, wie gut der Wert von B_V bekannt ist, werden in ISO 148-2:2008, Anhang A, unterschiedliche Möglichkeiten zur Behandlung der mit den Ergebnissen der indirekten Prüfung verbundenen Unsicherheit vorgeschlagen:

- B_V ist bekannt und belastbar – in diesem Sonderfall wird \overline{KV} bestimmt, indem der abgelesene Wert \bar{x} durch einen Ausdruck, der B_V entspricht, korrigiert wird;
- oftmals gibt es keinen sicheren Beweis für die Belastbarkeit des B_V -Wertes; in diesem Fall wird die systematische Abweichung nicht korrigiert, sondern diese trägt zur Unsicherheit des Ergebnisses der indirekten Prüfung u_V bei.

Sowohl im Fall a) als auch im Fall b) werden die Messunsicherheit für das Ergebnis der indirekten Prüfung u_V und die systematische Abweichung des Pendelschlagwerks nach den Verfahren berechnet, die in ISO 148-2:2008, Anhang A beschrieben werden. Das Ergebnis der Unsicherheitsanalyse für die indirekte Prüfung ist der Wert u_V .

Gibt es eine signifikante Differenz zwischen den Werten für \overline{KV}_V und \overline{KV} , dann sollten die Werte B_V und u_V mit dem Verhältnis $\overline{KV} / \overline{KV}_V$ multipliziert werden.

E.3.3 Wiederholpräzision des Pendelschlagwerks und Inhomogenität des Werkstoffs

Die Unsicherheit von \bar{x} , dem für n Proben abgelesenen Mittelwert für die verbrauchte Schlagenergie, wird nach Gleichung (E.2) bestimmt:

$$u(\bar{x}) = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \quad (\text{E.3})$$

Dabei ist s_x die Standardabweichung der an n Proben ermittelten Werte.

s_x wird durch zwei Faktoren verursacht: Die Wiederholpräzision des Pendelschlagwerks und die Inhomogenität des Werkstoffs der einzelnen Proben. Diese Faktoren vermengen sich, und daher sind beide in diesem Ausdruck enthalten. Es wird empfohlen, die gesamte Messunsicherheit mit dem Wert von s_x als konservativen Ausdruck, der durch die Inhomogenität des Werkstoff bedingten Streuung von KV , anzugeben.

Der Wert von $\nu_{\bar{x}}$, der Anzahl der Freiheitsgrade aus $u(\bar{x})$, wird als $n - 1$ berechnet.

E.3.4 Systematische Abweichung der Temperatur

Die Auswirkung der systematischen Abweichung der Temperatur T_x auf die verbrauchte Schlagenergie ist stark materialabhängig. Bei der Prüfung von Stahl im Temperaturbereich des Übergangs spröd/zäh können kleine Temperaturänderungen zu großen Differenzen der verbrauchten Schlagenergie führen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments ist es nicht möglich, eine allgemeingültige und anerkannte Vorgehensweise zur Berechnung des Beitrags zur Unsicherheit der verbrauchten Schlagenergie anzugeben, die der Unsicherheit der gemessenen Prüftemperatur entspricht. Stattdessen wird vorgeschlagen, die Angabe der Messunsicherheit hinsichtlich der verbrauchten Schlagenergie durch eine gesonderte Angabe von u_T zu ergänzen, der Unsicherheit der Prüftemperatur, bei der die verbrauchte Schlagenergie gemessen wurde (siehe E.5, Beispiel).

E.3.5 Auflösung der Anzeigeeinrichtung des Pendelschlagwerks

Der Einfluss der Auflösung der Anzeigeeinrichtung des Pendelschlagwerks ist in den meisten Fällen im Vergleich zu anderen Faktoren, die zur Unsicherheit beitragen (siehe E.3.1 bis E.3.4), vernachlässigbar. Eine Ausnahme liegt vor, wenn die Auflösung der Anzeigeeinrichtung des Pendelschlagwerks groß und die gemessene Schlagenergie gering ist. Dann ist der entsprechende Unsicherheitsbeitrag nach Gleichung (E.4) zu berechnen:

$$u(r) = \frac{r}{\sqrt{3}} \quad (\text{E.4})$$

dabei ist r die Auflösung der Anzeigeeinrichtung des Pendelschlagwerks. Die entsprechende Anzahl der Freiheitsgrade ist ∞ .

E.4 Kombinierte und erweiterte Messunsicherheit

Zur Berechnung von $u(\overline{KV})$ müssen die Faktoren, die zur Messunsicherheit beitragen (siehe E.3), kombiniert werden. Weil u_T gesondert behandelt wird, und weil die Ausdrücke $u(\bar{x})$, u_V und $u(r)$ unabhängig voneinander sind, wird die kombinierte Standardmessunsicherheit nach Gleichung (E.5) bestimmt:

$$u(\overline{KV}) = \sqrt{u^2(\bar{x}) + u_V^2 + u^2(r)} \quad (\text{E.5})$$

Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheit wird die kombinierte Standardunsicherheit mit dem entsprechenden Erweiterungsfaktor k multipliziert. Der Wert für k hängt von $\nu_{\overline{KV}}$, den effektiven Freiheitsgraden aus $u(\overline{KV})$ ab, die unter Anwendung der einfachen Näherung nach Welch-Satterthwaite [3] berechnet werden können, indem die Freiheitsgrade ν_V und ν_x kombiniert und die entsprechenden Beiträge zur Messunsicherheit u_V und $u(\bar{x})$ bewertet werden. Weil der Wert für die Freiheitsgrade, die $u(r)$ entsprechen, ∞ ist, leistet die Auflösung des Pendelschlagwerks keinen Beitrag zu $\nu_{\overline{KV}}$; siehe Gleichung (E.6):

$$\nu_{\overline{KV}} = \frac{u^4(\overline{KV})}{\frac{u^4(\bar{x})}{\nu_x} + \frac{u_V^4}{\nu_V}} \quad (\text{E.6})$$

ANMERKUNG Bei Kerbschlagbiegeversuchen nach Charpy ist die Anzahl der Proben oftmals auf 5 oder sogar auf nur 3 begrenzt. Außerdem führt die Inhomogenität der Proben häufig zu einem signifikanten Wert für $u(\bar{x})$. Das ist der Fall, weil die Anzahl der effektiven Freiheitsgrade in den meisten Fällen nicht groß genug ist, um einen Erweiterungsfaktor $k = 2$ anzuwenden.

Der Erweiterungsfaktor k , der einem Vertrauensniveau von etwa 95 % entspricht, wird nach ISO/IEC Guide 98-3 (GUM) aus der t -Tabelle als $t_{95}(\nu_{\overline{KV}})$ entnommen. (Ausgewählte t -Werte werden in Tabelle E.5 angegeben.) Die erweiterte Unsicherheit von \overline{KV} wird nach Gleichung (E.7) bestimmt:

$$U(\overline{KV}) = k \cdot u(\overline{KV}) = t_{95}(\nu_{\overline{KV}}) \cdot u(\overline{KV}) \quad (\text{E.7})$$

E.5 Beispiel

In diesem Beispiel wird die Messunsicherheit für den Mittelwert \bar{x} eines Satzes von $n = 3$ Proben aus einem bestimmten zu untersuchenden Werkstoff berechnet. Die Ergebnisse in Tabelle E.2 wurden mit einem Pendelschlagwerk ermittelt, das sowohl die direkte als auch die indirekte Prüfverfahren erfolgreich bestanden hat. Im ersten Schritt werden aus den abgelesenen KV -Werten der Mittelwert \bar{x} und nach Gleichung (E.3) die Standardmessunsicherheit für \bar{x} , $u(\bar{x})$ berechnet.

Tabelle E.2 — Nicht korrigierte Ergebnisse des Kerbschlagbiegeversuchs nach Charpy

Angegeben in Joule

Prüfergebnisse	
KV , Probe 1	105,8
KV , Probe 2	109,3
KV , Probe 3	112,2
Mittelwert \bar{x} für KV	109,1
Standardabweichung s_x für die KV -Werte an $n = 3$ Proben	3,2
Standardmessunsicherheit $u(\bar{x})$ für den Mittelwert aus den abgelesenen KV -Werten, berechnet nach Gleichung (E.3)	1,9

Im zweiten Schritt werden die nicht korrigierten Ergebnisse mit den Ergebnissen der letzten indirekten Prüfung verglichen, für die Referenzproben mit unterschiedlichen Energieniveaus (z. B. 20 J, 120 J und 220 J) verwendet wurden. Der zu untersuchende Werkstoff hat einen Wert für die verbrauchte Schlagenergie nahe bei 120 J ($x = 109,1$ J). Daher werden die Ergebnisse der indirekten Prüfung, die für dieses Energieniveau ermittelt wurden, für die Abschätzung der Unsicherheit verwendet. Der Wert für die systematische Abweichung B_V erfüllt die Prüfkriterien nach ISO 148-2. Weil es jedoch keinen sicheren Beweis für die Belastbarkeit von B_V gibt, wurde der abgelesene Wert hinsichtlich der systematischen Abweichung nicht korrigiert. Demzufolge ist der angegebene KV -Wert \overline{KV} gleich dem aus den abgelesenen Werten gebildeten Mittelwert \bar{x} .

Da die systematische Abweichung nicht berücksichtigt wurde, trägt sie zur Messunsicherheit des Ergebnisses der indirekten Prüfung u_V bei. Die resultierende Standardmessunsicherheit für das Ergebnis der indirekten Prüfung bei 120 J war $u_V = 5,2$ J mit einer Anzahl von 7 Freiheitsgraden (siehe ISO 148-2). Diese Folgerungen und Werte können aus dem Kalibrier- oder Prüfzeugnis des verwendeten Pendelschlagwerks entnommen werden.

Tabelle E.3 gibt das Verfahren zur Berechnung der Messunsicherheit an.

Tabelle E.3 — Schema zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheit, $U(\overline{KV})$

Nicht korrigierte Prüfergebnisse		Ergebnisse der indirekten Prüfung bei 120 J	
$u(\bar{x})$	1,9 J	u_V	5,2 J
Freiheitsgrad ν_x für Prüfungen an $n = 3$ Proben, berechnet als $n - 1$	2	Freiheitsgrad für die indirekte Prüfung ν_V , aus dem Kalibrierzertifikat übernommen	7
Kombinierte Standardmessunsicherheit $u(\overline{KV})$ aus Gleichung (E.5)			5,5 J
$\nu_{\overline{KV}}$, der effektive Freiheitsgrad von $u(\overline{KV})$ aus Gleichung (E.6)			8
t -Faktor, der einem $\nu_{\overline{KV}}$ von 8 und einem Vertrauensniveau von 95 % entspricht, $t_{95}(\nu_{\overline{KV}})$			2,3
Erweiterte Messunsicherheit $U(\overline{KV})$			12,6 J

Zur Angabe der Prüfergebnisse und der Messunsicherheit kann Tabelle E.4 verwendet werden.

Tabelle E.4 — Übersichtstabelle für das Ergebnis \overline{KV} mit erweiterter Messunsicherheit $U(\overline{KV})$

n	s_x^a	\overline{KV}	$\nu_{\overline{KV}}$	$t_{95}(\nu_{\overline{KV}})$	$U(\overline{KV})^{b, c}$
	J	J			J
3	3,2	109,1	8	2,3	12,6

^a Diese Standardabweichung ist eine konservative Abschätzung der Inhomogenität des zu untersuchenden Werkstoffs (ihr Wert enthält auch einen Beitrag aus der Wiederholpräzision des Pendelschlagwerks, der nicht gesondert bewertet werden kann).

^b Die nach diesem Verfahren berechnete erweiterte Messunsicherheit entspricht einem Vertrauensniveau von etwa 95 %.

^c Die angegebene Messunsicherheit unterliegt der Messunsicherheit der Prüftemperatur, die (bei einem Vertrauensniveau von 95 %) mit einer Unsicherheit von 2 K gemessen wurde. Die angegebene Messunsicherheit berücksichtigt nicht die Beiträge, die durch bestimmte Merkmale des zu untersuchenden Werkstoffs eingebracht werden können.

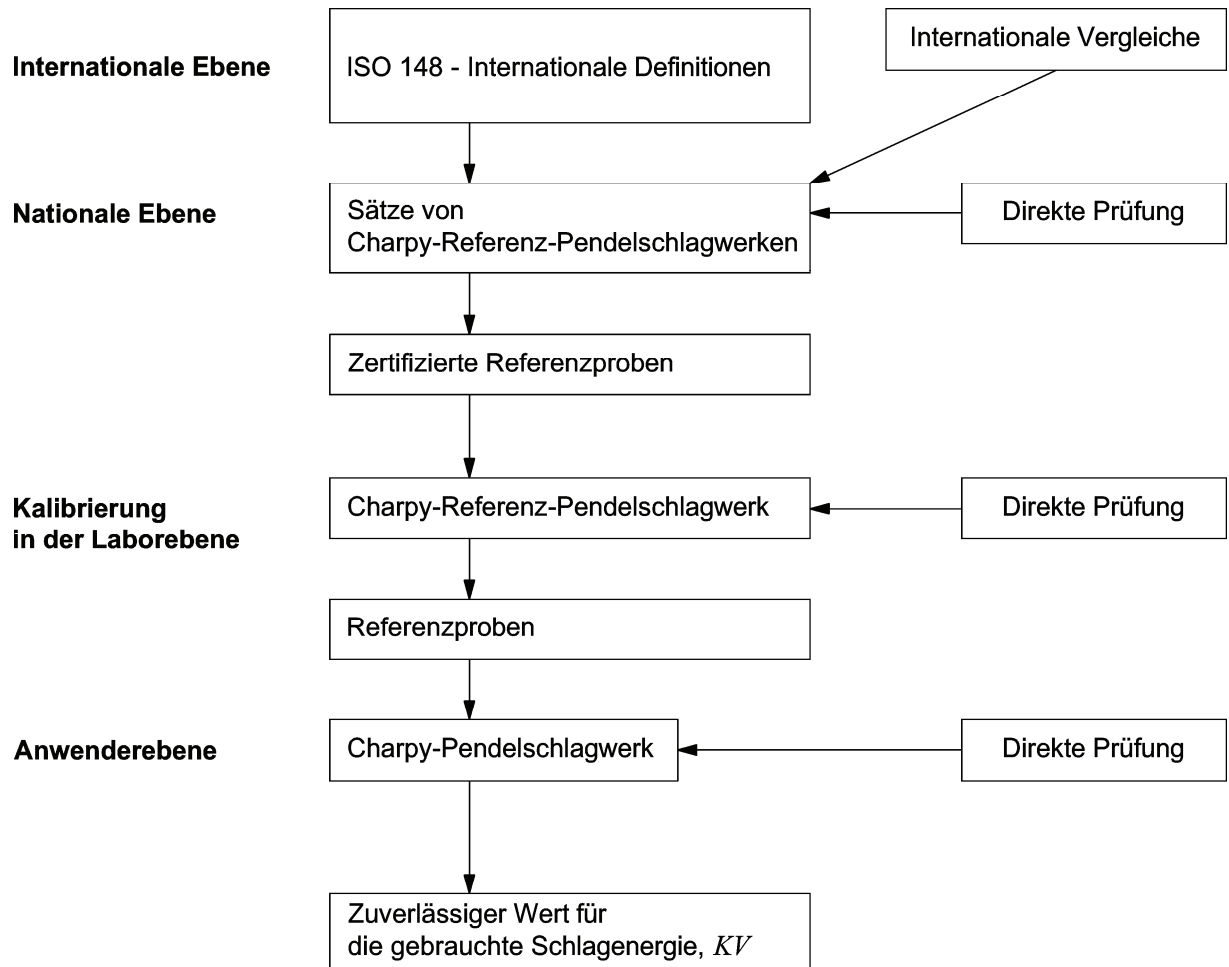


Bild E.1 — Struktur der metrologischen Rückverfolgbarkeitskette für die Definition und Weitergabe der Skalen für die verbrauchte Schlagenergie beim Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy

Tabelle E.5 — Wert für $t_p(\nu)$ aus der t -Verteilung für ν Freiheitsgrade zur Definition eines Intervalls von $-t_p(\nu)$ bis $+t_p(\nu)$, mit einem Vertrauensniveau p [3]

Freiheitsgrade, ν	$t_p(\nu)$ für das Vertrauensniveau $p = 95 \%$
1	12,71
2	4,30
3	3,18
4	2,78
5	2,57
6	2,45
7	2,36
8	2,31
9	2,26
10	2,23
11	2,20
12	2,18
13	2,16
14	2,14
15	2,13
16	2,12
17	2,11
18	2,10
19	2,09
20	2,09
25	2,06
30	2,04
35	2,03
40	2,02
45	2,01
50	2,01
100	1,98
∞	1,96

Literaturhinweise

- [1] ISO 3785, *Metallic materials — Designation of test specimen axes in relation to product texture*
- [2] ISO 14556, *Steel — Charpy V-notch pendulum impact test — Instrumented test method*
- [3] ASTM E23, *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*
- [4] NANSTAD, R.K., SWAIN, R.L. and BERGGREN, R.G. Influence of thermal conditioning media on Charpy specimen test temperature. *Charpy Impact Test: Factors and Variables*, ASTM STP 1072, ASTM, 1990, p. 195
- [5] ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*