

DIN EN ISO 148-2



ICS 77.040.10

Ersatz für  
DIN EN ISO 148-2:2009-06

**Metallische Werkstoffe –  
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy –  
Teil 2: Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)  
(ISO 148-2:2008);  
Deutsche Fassung EN ISO 148-2:2008**

Metallic materials –  
Charpy pendulum impact test –  
Part 2: Verification of testing machines (ISO 148-2:2008);  
German version EN ISO 148-2:2008

Matériaux métalliques –  
Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy –  
Partie 2: Vérification des machines d'essai (mouton-pendule) (ISO 148-2:2008);  
Version allemande EN ISO 148-2:2008

Gesamtumfang 48 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

## **Beginn der Gültigkeit**

Diese Norm gilt ab 2009-09-01.

Daneben darf DIN EN 10045-2:1993-01 noch bis zum 31. März 2011 angewendet werden.

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 148-2:2008) ist im Technischen Komitee ECISS/TC 1 „Stahlprüfung“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) unter intensiver deutscher Mitwirkung ausgearbeitet worden. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-44 AA „Schlagzähigkeitsprüfung für Metalle“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

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

Die Übereinstimmung des Pendelschlagwerkes zu dieser Norm wird sowohl durch Kalibrieren als auch durch Prüfen ermittelt.

In dieser Internationalen Norm sind für die lichten Abstände zwischen den Widerlagern für die Prüfung von Pendelschlagwerken für DVM-, DVMK- und Kleinstproben keine Maße und Maßabweichungen enthalten. Diese Angaben sind in DIN 50115:1991-04, die besondere Probeformen und Auswerteverfahren enthält, festgelegt.

Zwar gilt DIN EN ISO 148-2 auch prinzipiell für Pendelschlagwerke mit einem kleineren Nennarbeitsvermögen als 300 J (Normalbedingungen), enthält jedoch keine konkreten Festlegungen, die speziell für diese kleinen Pendelschlagwerke erforderlich sind. Deshalb bleibt DIN 51222:1995-06 weiter bestehen. Dort werden die besonderen Anforderungen an kleine Pendelschlagwerke mit einem Nennarbeitsvermögen  $\leq 50$  J und deren Prüfung festgelegt, die nicht in DIN EN ISO 148-2 enthalten sind.

In der Neuausgabe der EN ISO 148-2 wird nun zwischen der um die Reibung korrigierten und der unkorrigierten Energie unterschieden. Bei der verbrauchten Schlagenergie  $K$  handelt es sich um die bei der Prüfung mit einem Pendelschlagwerk für das Brechen der Probe erforderlichen Energie, die bezüglich der Reibung korrigiert ist, und unter der gesamten verbrauchten Energie  $K_T$  wird die Energie inklusive der Reibung verstanden. Die direkt an der Anzeigeeinrichtung abgelesene Energie (um die Reibung korrigiert oder nicht) wird als  $K_S$  bezeichnet.

Nach 6.3.4 wird für die Ruhelage des Pendels gefordert, dass es so hängen muss, dass ein maximaler Abstand von 0,5 mm zur Probe vorliegt. Gemeint ist, dass der Abstand wie bisher  $\pm 0,5$  mm betragen darf.

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.

Für die in diesem Dokument verwendeten internationalen Norm wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 148-1	siehe	DIN EN ISO 148-1 (in Vorbereitung)
ISO 148-3	siehe	DIN EN ISO 148-3
ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 10045-2:1993-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständig neue Gliederung;
- b) indirekte Prüfung ist jetzt normativ im Zeitabstand von mindestens 12 Monaten;
- c) Anhang A ist jetzt Anhang C;
- d) Anhang B ist Inhalt von DIN EN ISO 148-3.

Gegenüber dem 1. Entwurf von DIN EN ISO 148-2:2006-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Neue Anhänge A und B zur Abschätzung der Messunsicherheit für die Ergebnisse der direkten und indirekten Prüfung.

Gegenüber DIN EN ISO 148-2:2009-06 wurden die folgenden Korrekturen vorgenommen:

- a) im gesamten Dokument sind Formelzeichen zu korrigieren auf Grund eines Formatierungsfehlers;
- b) die Legenden unter Bild 1 und Bild 3 sind zu korrigieren.

## **Frühere Ausgaben**

DIN 51222: 1954-08, 1957-01, 1968-11, 1973-11, 1979-01, 1985-01

DIN 51306: 1983-09

DIN EN 10045-2: 1993-01

DIN EN ISO 148-2:2009-06

**Nationaler Anhang NA**  
(informativ)

**Literaturhinweise**

DIN EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 148-3, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 3: Vorbereitung und Charakterisierung von Charpy-V-Referenzproben für die indirekte Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)*

DIN EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung*

ICS 77.040.10

Deutsche Fassung

Metallische Werkstoffe —  
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy —  
Teil 2: Prüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)  
(ISO 148-2:2008)

Metallic materials —  
Charpy pendulum impact test —  
Part 2: Verification of testing machines  
(ISO 148-2:2008)

Matériaux métalliques —  
Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy —  
Partie 2: Vérification des machines d'essai (mouton-  
pendule)  
(ISO 148-2:2008)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. November 2008 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, 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
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich .....	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe .....	6
3.1 Begriffe im Zusammenhang mit der Prüfmaschine .....	6
3.2 Begriffe im Zusammenhang mit der Energie .....	7
3.3 Begriffe im Zusammenhang mit den Proben .....	8
4 Symbole und Abkürzungen .....	8
5 Pendelschlagwerk.....	10
6 Direkte Prüfung.....	10
6.1 Allgemeines.....	10
6.2 Fundament/Aufstellung.....	11
6.3 Maschinengestell.....	11
6.4 Pendel .....	12
6.5 Widerlager und Auflager .....	16
6.6 Anzeigeeinrichtung.....	17
7 Indirekte Prüfung durch Anwendung von Referenzproben .....	18
7.1 Verwendete Referenzproben .....	18
7.2 Stufen der verbrauchten Energie .....	18
7.3 Anforderungen an Referenzproben .....	18
7.4 Eingeschränkte direkte Prüfung .....	18
7.5 Systematische Abweichung und Wiederholpräzision .....	18
8 Prüfhäufigkeit.....	19
9 Prüfungszeugnis/Kalibrierschein.....	20
9.1 Allgemeines .....	20
9.2 Direkte Prüfung.....	20
9.3 Indirekte Prüfung .....	20
10 Messunsicherheit.....	20
Anhang A (informativ) Messunsicherheit für das Ergebnis der indirekten Prüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks .....	26
Anhang B (informativ) Messunsicherheit für die Ergebnisse der direkten Prüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks .....	31
Anhang C (informativ) Verfahren zur direkten Überprüfung der geometrischen Eigenschaften der Pendelschlagwerke unter Anwendung einer Lehre .....	38
Literaturhinweise .....	44

## Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 148-2:2008) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 1 „Stahlprüfung“ erarbeitet, 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 Juni 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2011 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wird zusammen mit EN ISO 148-3:2008 EN 10045-2:1992 ersetzen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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, 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 148-2:2008 wurde vom CEN als EN ISO 148-2:2008 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Einleitung

Um festzustellen, ob ein Pendelschlagwerk zur Abnahmeprüfung metallischer Werkstoffe geeignet ist, wurden im Allgemeinen eine Kalibrierung für die Skala des Pendelschlagwerks und eine Überprüfung der Übereinstimmung bestimmter Maße mit den vorgegebenen Maßen durchgeführt, z. B. für die Maße der Probe und für den Abstand zwischen den Widerlagern. Zur Kalibrierung der Skala wird üblicherweise die Pendelmasse bestimmt, und dann wird das Pendel für verschiedene Skalenablesungen angehoben. Bei diesem Verfahren zur Beurteilung eines Pendelschlagwerks besteht ein eindeutiger Vorteil darin, dass nur Größen zu messen sind, die auf nationale Normale rückführbar sind. Da die Messungen objektive Ergebnisse liefern, verringert sich die Notwendigkeit eines Schiedsverfahrens hinsichtlich der Eignung der Prüfmaschinen zu Abnahmeprüfungen für Werkstoffe.

Mitunter wurde jedoch festgestellt, dass zwei nach dem oben beschriebenen direkten Prüfverfahren bewertete Pendelschlagwerke trotz Einhaltung aller geforderten Maße für Proben aus dem gleichen Werkstoff sehr unterschiedliche Schlagwerte lieferten. Dieser Unterschied erlangte dann kommerzielle Relevanz, wenn die mit dem einen Pendelschlagwerk ermittelten Werte der Werkstoffspezifikation entsprachen, die mit dem anderen Pendelschlagwerk erhaltenen Werte jedoch nicht. Um diese Unstimmigkeiten auszuschließen, stellten einige Werkstoff-Käufer eine zusätzliche Anforderung auf: An allen zur Abnahme der bestellten Werkstoffe vorgesehenen Pendelschlagwerken muss eine indirekte Prüfung an Referenzproben durchgeführt werden, die von den Käufern zur Verfügung gestellt werden. Ein Pendelschlagwerk wurde nur dann als akzeptabel angesehen, wenn die mit ihm ermittelten Werte dem für die Referenzprobe festgelegten Wert innerhalb bestimmter Grenzen entsprachen.



## 1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von ISO 148 wird die Prüfung der einzelnen Teile eines Pendelschlagwerks festgelegt. Er gilt für Pendelschlagwerke mit 2-mm-Hämmern oder mit 8-mm-Hämmern, die z. B. für Kerbschlagbiegeversuche nach ISO 148-1 angewendet werden.

Dieser Teil von ISO 148 kann analog auf Pendelschlagwerke anderer Bauarten angewendet werden, die auch ein anderes Arbeitsvermögen haben können.

Pendelschlagwerke, die für die Prüfung metallischer Werkstoffe nach dem vorliegenden Teil von ISO 148 für betriebliche, für allgemeine und für Forschungszwecke vorgesehen sind, werden als Betriebs-Pendelschlagwerke bezeichnet. Pendelschlagwerke, für die strengere Anforderungen gelten, werden als Referenz-Pendelschlagwerke bezeichnet. Festlegungen für die Prüfung von Referenz-Pendelschlagwerken sind in ISO 148-3 enthalten.

In diesem Teil von ISO 148 werden zwei Verfahren zur Prüfung der Prüfmaschinen beschrieben:

- a) Das direkte Verfahren, bei dem eine statische Einzelprüfung der kritischen Teile des Pendelschlagwerks unter Einbeziehung von Messungen durchgeführt wird um sicherzustellen, dass die Anforderungen dieses Teils von ISO 148 erfüllt werden. Die für Prüfung und Kalibrierung eingesetzten Geräte sind auf nationale Normale rückführbar. Direkte Verfahren werden angewendet, nachdem ein Pendelschlagwerk aufgestellt oder repariert wurde oder wenn nach dem indirekten Verfahren fehlerhafte Ergebnisse ermittelt werden;
- b) das indirekte Verfahren, bei dem eine dynamische Prüfung an Referenzproben durchgeführt wird, um den Anzeigebereich an verschiedenen Stellen der Skala zu überprüfen.

Ein Pendelschlagwerk entspricht erst dann diesem Teil von ISO 148, wenn Prüfungen sowohl nach dem direkten als auch nach dem indirekten Verfahren durchgeführt wurden und das Pendelschlagwerk den in den Abschnitten 6 und 7 festgelegten Anforderungen entspricht.

Die Anforderungen an die Referenzproben werden in ISO 148-3 festgelegt.

In diesem Teil von ISO 148 wird die beim Brechen der Probe unter Anwendung des indirekten Verfahrens bestimmte gesamte verbrauchte (absorbierte) Schlagenergie berücksichtigt. Die gesamte verbrauchte Schlagenergie besteht

- aus der zum Bruch der Probe benötigten Energie und
- aus den internen Energieverlusten des Pendelschlagwerks, nachdem das aus seiner Ausgangsstellung ausgeklinkte Pendel die erste Halbschwingung durchlaufen hat.

ANMERKUNG Die internen Energieverluste sind zurückzuführen auf

- Luftwiderstand, Reibung in der Lagerung für die Drehachse und des Zeigers des Pendels, die nach dem direkten Verfahren bestimmt werden können (siehe 6.4.5) und
- Erschütterungen des Fundaments, Schwingungen des Maschinengestells und des Pendels, für die keine geeigneten Messverfahren und Messgeräte entwickelt wurden.

## 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 148-1, *Metallic materials — Charpy pendulum impact test — Part 1: Test method*

ISO 148-3, *Metallic materials — Charpy pendulum impact test — Part 3: Preparation and characterization of Charpy V-notch test pieces for indirect verification of pendulum impact machines*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1 Begriffe im Zusammenhang mit der Prüfmaschine

##### 3.1.1

###### **Widerlager**

Bauteil des Pendelschlagwerks, das die vorgeschriebene senkrechte Position der Probe in Bezug auf die Hammerfinne und die horizontalen Probenaufgaben sichert und die Probe bei Einwirkung der Schlagkraft abstützt

##### 3.1.2

###### **Maschinensockel**

Teil des Maschinengestells unterhalb der waagerechten Ebene der Auflager

##### 3.1.3

###### **Schwingungsmittelpunkt**

Punkt eines Körpers, für den sich die Wirkung eines auf ihn gerichteten Stoßes auch dann nicht verändert, wenn an diesem Punkt die gesamte Masse des Körpers vereinigt wäre

ANMERKUNG Wenn ein einfaches Pendel einen Stoß mit waagerechter Wirkungslinie ausführt, die durch den Schwingungsmittelpunkt verläuft, entsteht keine resultierende Kraft auf die Drehachse.

Siehe Bild 4.

##### 3.1.4

###### **Auftreffpunkt**

Punkt auf der senkrechten Finnenschneide des frei hängenden Pendelhammers, der die waagerechte Ebene in Höhe der halben Probenbreite (d. h. bei 5 mm) trifft, wenn die übliche Probe oder ein Probestab für Referenzmessungen auf den Auflagern angeordnet ist

Siehe Bild 4.

##### 3.1.5

###### **Betriebs-Pendelschlagwerk**

Pendelschlagwerk, das zur Durchführung von Kerbschlagbiegeversuchen an metallischen Werkstoffen für betriebliche, für allgemeine oder für Forschungszwecke angewendet wird

ANMERKUNG 1 Mit diesen Pendelschlagwerken dürfen keine Referenzwerte bestimmt werden.

ANMERKUNG 2 Betriebs-Pendelschlagwerke werden nach den in diesem Teil von ISO 148 beschriebenen Verfahren überprüft.

##### 3.1.6

###### **Referenz-Pendelschlagwerk**

Pendelschlagwerk, das für die Festlegung zertifizierter Energiewerte an Referenzprobenlosen verwendet wird

##### 3.1.7

###### **Hammerfinne**

Teil des Pendelhammers, der die Probe berührt

ANMERKUNG Die Hammerfinne, die tatsächlich die Probe berührt, hat einen Radius von 2 mm (2-mm-Hammer) oder einen Radius von 8 mm (8-mm-Hammer).

Siehe Bild 2.

### 3.1.8

#### **Auflager für die Probe**

Bauteil des Pendelschlagwerks, das die exakte waagerechte Position der Schlagprobe in Bezug auf den Schwingungsmittelpunkt des Pendels, die Hammerfinne und die Widerlager sichert

Siehe Bild 2 und Bild 3.

## 3.2 Begriffe im Zusammenhang mit der Energie

### 3.2.1

#### **gesamte verbrauchte Schlagenergie**

$K_T$

bei der Prüfung mit einem Pendelschlagwerk insgesamt für das Brechen der Probe benötigte Schlagenergie, die nicht bezüglich der Energieverluste korrigiert wurde

ANMERKUNG Sie entspricht der Differenz zwischen der potenziellen Energie des Pendels in seiner Ausgangsstellung vor dem Schlag und in seiner Stellung am Ende der ersten Halbschwingung, während die Probe gebrochen wird (siehe 6.3).

### 3.2.2

#### **potenzielle Anfangsenergie**

potenzielle Energie

$K_P$

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

ANMERKUNG Siehe 6.4.2.

### 3.2.3

#### **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, d. h. z. B.  $KV_2$ .

### 3.2.4

#### **berechnete Schlagenergie**

$K_{calc}$

Schlagenergie, die bei der direkten Prüfung aus den Messwerten für Winkel, Länge und Kraft errechnet wird

### 3.2.5

#### **(Nennwert der potenziellen Anfangsenergie)**

#### **nominelles Arbeitsvermögen**

$K_N$

vom Hersteller des Pendelschlagwerks angegebene Energie

### 3.2.6

#### **angezeigte verbrauchte Schlagenergie**

$K_S$

von der Anzeigeeinrichtung angezeigte Energie, die um die Reibung korrigiert sein kann, um die verbrauchte Schlagenergie  $K$  anzugeben

### 3.2.7

#### Energiewert der Referenzproben

$K_R$   
zertifizierter Wert der verbrauchten Energie für Proben, die bei Überprüfung des Arbeitsvermögens eines Pendelschlagwerks verwendet werden

### 3.3 Begriffe im Zusammenhang mit den Proben

#### 3.3.1

##### Höhe

Abstand zwischen der gekerbten Fläche und der gegenüberliegenden Fläche

#### 3.3.2

##### Breite

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

#### 3.3.3

##### Länge

größtes Maß senkrecht zum Kerb

#### 3.3.4

##### Referenzprobe

Kerbschlagbiegeproben, die für die Eignungsprüfung von Pendelschlagwerken verwendet werden, indem die von der Maschine angezeigte Energie mit der für die Probe angegebenen Referenzenergie verglichen wird

ANMERKUNG Referenzproben werden nach ISO 148-3 hergestellt.

## 4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments sind die in Tabelle 1 angegebenen Symbole (Formelzeichen) und Abkürzungen anwendbar.

Tabelle 1 — Symbole/Abkürzungen sowie die zugehörigen Bedeutungen und Einheiten

Symbol/ Abkürzung <sup>a</sup>	Einheit	Bedeutung
$B_V$	J	Systematische Abweichung des Pendelschlagwerks, bestimmt durch indirekte Prüfung
$b$	J	Wiederholpräzision
$F$	N	Vom Pendel ausgeübte Kraft, wenn die Messung in einem Abstand $l_2$ von der Drehachse erfolgt
$F_g$	N	Vom Pendel bedingt durch Schwerkraft ausgeübte Kraft
$g$	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung
GUM	—	Leitfaden zur Angabe der Messunsicherheit
$h$	m	Fallhöhe des Pendels
$h_1$	m	Steighöhe des Pendels
ISO	—	Internationale Organisation für Normung
$KV$	J	Verbrauchte Energie, gemessen nach ISO 148 an einer Probe mit V-Kerb
$KV_R$	J	Zertifizierter $KV$ -Wert der bei der indirekten Prüfung verwendeten Referenzproben

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol/ Abkürzung <sup>a</sup>	Einheit	Bedeutung
$\overline{KV}_V$	J	Mittlerer $KV$ -Wert der bei der indirekten Prüfung untersuchten Referenzproben
$K_N$	J	Nominales Arbeitsvermögen (Nennwert der potenziellen Anfangsenergie)
$K_P$	J	Potenzielle Anfangsenergie (potenzielle Energie)
$K_R$	J	Referenzenergiewert für einen Satz Charpy-Referenzproben
$K$	J	Verbrauchte Schlagenergie (angegeben als $KV_2$ , $KV_8$ , $KU_2$ , $KU_8$ zur Kennzeichnung der ausgewählten Kerbgeometrie und des ausgewählten Radius der Hammerfinne),
$K_T$	J	Gesamte verbrauchte Schlagenergie
$K_S$	J	Angezeigte verbrauchte Schlagenergie
$K_{calc}$	J	Berechnete Schlagenergie
$K_1$ oder $\beta_1$	J oder Grad	Angezeigte verbrauchte Energie oder angezeigter Steigwinkel, wenn das Pendelschlagwerk auf übliche Weise ohne eingelegte Probe betätigt wurde
$K_2$ oder $\beta_2$	J oder Grad	Angezeigte verbrauchte Energie oder angezeigter Steigwinkel, wenn das Pendelschlagwerk auf übliche Weise ohne eingelegte Probe und ohne Rückstellung der Anzeigeeinrichtung betätigt wurde
$K_3$ oder $\beta_3$	J oder Grad	Nach elf Halbschwingungen angezeigte verbrauchte Energie oder angezeigter Steigwinkel, wenn das Pendelschlagwerk auf übliche Weise ohne eingelegte Probe und ohne Rückstellung der Anzeigeeinrichtung betätigt wurde
$l$	m	Abstand Probenmitte (Auftreffpunkt)/Drehachse (Pendellänge)
$l_1$	m	Abstand Schwingungsmittelpunkt/Drehachse
$l_2$	m	Abstand Angriffspunkt der Kraft $F$ /Drehachse
$M$	N·m	Moment, das dem Produkt $F \times l_2$ entspricht
$n_V$	—	Anzahl der bei der indirekten Prüfung untersuchten Referenzproben
$p$	J	Durch Reibung des Zeigers verursachter Verlust der verbrauchten Schlagenergie
$p'$	J	Durch Lagerreibung und Luftwiderstand verursachter Verlust der verbrauchten Schlagenergie
$p_\beta$	J	Korrekturwert für die Verluste der verbrauchten Schlagenergie bei einem Steigwinkel $\beta$
$r$	J	Auflösung der Anzeige des Pendelschlagwerks
RM	—	Referenzmaterial
$s_V$	J	Standardabweichung der $KV$ -Werte, ermittelt an $n_V$ Referenzproben
$S$	J	Systematische Abweichung des Anzeige-Mechanismus
$t$	s	Schwingungsdauer (Periode) des Pendels
$T$	s	Gesamtdauer für 100 Schwingungen des Pendels
$T_{max}$	s	Größter Wert von $T$

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol/ Abkürzung <sup>a</sup>	Einheit	Bedeutung
$T_{\min}$	s	Kleinsten Wert von $T$
$u(\overline{KV}_V)$	J	Standardmessunsicherheit von $(\overline{KV}_V)$
$u(B_V)$	J	Beitrag der systematischen Abweichung zur Standardmessunsicherheit
$u(F)$	J	Standardmessunsicherheit der gemessenen Kraft, $F$
$u(F_{\text{std}})$	J	Standardmessunsicherheit des Kraftmesssystems
$u(r)$	J	Beitrag der Auflösung zur Standardmessunsicherheit
$u_{\text{RM}}$	J	Standardmessunsicherheit des bei der indirekten Prüfung verwendeten zertifizierten Wertes für das Referenzmaterial
$u_V$	J	Standardmessunsicherheit des Ergebnisses der indirekten Prüfung
$\alpha$	Grad	Fallwinkel des Pendels
$\beta$	Grad	Steigwinkel des Pendels
$\nu_B$	—	Freiheitsgrade aus $u(B_V)$
$\nu_V$	—	Freiheitsgrade aus $u_V$
$\nu_{\text{RM}}$	—	Freiheitsgrade aus $u_{\text{RM}}$
<sup>a</sup> Siehe Bild 4.		

## 5 Pendelschlagwerk

Ein Pendelschlagwerk besteht aus folgenden Teilen (siehe Bild 1 bis Bild 3):

- Fundament/Aufstellung;
- Maschinengestell, das mit Ausnahme des Fundaments das gesamte Pendel trägt;
- Pendel mit Hammer;
- Widerlager und Auflager (siehe Bild 2 und Bild 3);
- Einrichtung zur Anzeige der verbrauchten Energie (z. B. Skala und Schleppzeiger oder elektronische Anzeigeeinrichtung).

## 6 Direkte Prüfung

### 6.1 Allgemeines

Die direkte Prüfung des Pendelschlagwerks umfasst die Überprüfung folgender Teile:

- Fundament/Aufstellung;
- Maschinengestell;
- Pendel einschließlich Hammer und Hammerfinne;
- Widerlager und Auflager;
- Anzeigeeinrichtung.

## 6.2 Fundament/Aufstellung

**6.2.1** Das Fundament für das Pendelschlagwerk und das/die Verfahren zu seiner Befestigung am Fundament sind von größter Bedeutung.

**6.2.2** Das Fundament des Pendelschlagwerks kann üblicherweise nicht überprüft werden, wenn das Pendelschlagwerk bereits aufgestellt ist; deshalb muss eine Dokumentation, die bei Aufstellung der Maschine erstellt wurde, nachweisen, dass die Masse des Fundaments mindestens der 40fachen Pendelmasse entspricht.

**6.2.3** Durch die Überprüfung am aufgestellten Pendelschlagwerk muss sichergestellt werden:

- a) dass das Drehmoment für das Anziehen der Befestigungsschrauben mit dem Wert übereinstimmt, der vom Hersteller des Pendelschlagwerks festgelegt wurde. Der Wert für das Drehmoment muss in dem vom Hersteller mitgelieferten Dokument angegeben sein (siehe 6.2.1). Falls von einem Endanwender andere Montageanordnungen angewendet oder ausgewählt werden, muss nachgewiesen werden, dass sie den festgelegten Anforderungen entsprechen;
- b) dass das Pendelschlagwerk während des Schlagversuchs keinen durch das Fundament übertragenen äußeren Erschütterungen ausgesetzt ist.

**ANMERKUNG** Diese Überprüfung kann z. B. durchgeführt werden, indem ein kleiner, mit Wasser gefüllter Behälter an einer geeigneten Stelle auf das Maschinengestell gestellt wird. Wenn auf der Wasseroberfläche keine Kräuselung entsteht, ist das ein Hinweis darauf, dass die Anforderung erfüllt wurde.

## 6.3 Maschinengestell

**6.3.1** Eine Überprüfung des Maschinengestells (siehe Bild 1) umfasst folgende Bestimmungen:

- a) freie Position des Pendels;
- b) Lage des Pendels in Bezug zu den Auflagern;
- c) axiales und radiales Spiel der Pendellager;
- d) Freiraum zwischen Hammer und Maschinengestell.

Pendelschlagwerke, die nach dem Datum der Erstveröffentlichung dieses Teils von ISO 148 hergestellt werden, müssen eine Referenz-Fläche besitzen, auf die alle Messungen bezogen werden können. Anhang C, der auf EN 10045-2 basiert, enthält weitere Informationen.

**6.3.2** Die Drehachse des Pendels muss zur Referenz-Fläche auf 2/1 000 parallel sein. Die Einhaltung dieser Anforderung muss vom Hersteller zertifiziert werden.

**6.3.3** Das Pendelschlagwerk muss so aufgestellt werden, dass die Referenz-Fläche auf 2/1 000 waagrecht ist.

Für Pendelschlagwerke, die keine Referenz-Fläche haben, muss die Drehachse bis auf maximal 4/1 000 waagrecht sein; das muss durch eine direkte Messung nachgewiesen werden, wenn nicht nachträglich eine Referenz-Fläche für die Maschine festgelegt wird, von der aus die waagerechte Lage der Drehachse nach der oben angegebenen Beschreibung überprüft werden kann.

**6.3.4** In seiner Ruhelage muss das Pendel so hängen, dass die Finesschneide maximal 0,5 mm von der Stelle entfernt ist, an der sie die Probe gerade berührt.

**ANMERKUNG** Diese Anforderung kann mit Hilfe eines Vergleichsstabes überprüft werden, der eine Länge von etwa 55 mm und einen rechteckigen Querschnitt mit einer Höhe von 9,5 mm und einer Breite von etwa 10 mm hat (siehe Bild 3). Der Abstand zwischen der Finesschneide und dem Stab wird gemessen.

**6.3.5** Die Schwingebene des Pendels muss zur Drehachse einen Winkel von  $(90 \pm 0,1)^\circ$  haben.

**6.3.6** Die Finnenschneide des Hammers muss die Probe über ihre gesamte Breite berühren.

**ANMERKUNG** Das folgende Verfahren ist eine Möglichkeit um nachzuprüfen, ob diese Anforderung erfüllt ist:

Eine Probe mit Maßen von  $55 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  wird fest in dünnes Papier eingewickelt (mit Klebeband fixiert) und auf die Auflager gelegt. Die Finnenschneide wird auf gleiche Weise so in Kohlepapier gewickelt, dass die Kohleschicht nach außen zeigt (d. h. nicht zur Finnenschneide). Das Pendel wird um wenige Winkelgrade aus seiner Ruhelage angehoben und gegen die Probe fallen gelassen, wobei sicherzustellen ist, dass die Probe gerade berührt, eine zweite Berührung jedoch verhindert wird. Der Abdruck des Kohlepapiers auf dem Einwickelpapier der Probe sollte über das gesamte Papier reichen. Diese Prüfung darf gleichzeitig mit der Kontrolle des Winkels beim Kontakt zwischen Finnenschneide und Probe durchgeführt werden (siehe 6.4.8).

**6.3.7** Das Pendel muss so angeordnet sein, dass sein Auftreffpunkt und die Mitte des Freiraums zwischen den Widerlagern maximal eine Abweichung von 0,5 mm aufweisen.

**6.3.8** Das axiale Spiel der Pendellager, gemessen an der Hammerfinne, darf 0,25 mm nicht überschreiten, wenn eine axiale Kraft in Höhe des Auftreffpunkts aufgebracht wird, die etwa 4 % der Gewichtskraft  $F_G$  des Pendels entspricht [siehe Bild 4b)].

**6.3.9** Das radiale Spiel der Pendellager darf 0,08 mm nicht überschreiten, wenn eine Kraft von  $(150 \pm 10) \text{ N}$  im Abstand  $l$  senkrecht zur Schwingebene des Pendels aufgebracht wird.

**ANMERKUNG** Das radiale Spiel kann zum Beispiel gemessen werden, indem eine Messuhr am Gehäuse des Pendellagers auf dem Maschinengestell angebracht wird, um die Bewegung des Achswellenendes (in den Lagern) anzuzeigen, wenn eine Kraft von etwa 150 N senkrecht zur Schwingebene des Pendels aufgebracht wird.

**6.3.10** Für neue Pendelschlagwerke wird empfohlen, dass die Sockelmasse des Maschinengestells mindestens das 12fache der Pendelmasse betragen sollte.

**ANMERKUNG** Der Sockel der Maschine ist der Bereich des Gestells, der unter der/den waagerechten Fläche(n) der Auflager liegt.

## **6.4 Pendel**

**6.4.1** Zur Prüfung des Pendels (einschließlich der Hammerfinne) müssen folgende Größen bestimmt werden:

- a) potenzielle Energie,  $K_P$ ;
- b) Fehler der angezeigten verbrauchten Schlagenergie,  $K_S$ ;
- c) Auftreffgeschwindigkeit des Pendels;
- d) durch Reibung verbrauchte Energie;
- e) Position des Schwingungsmittelpunkts (d. h. Abstand Schwingungsmittelpunkt/Drehachse);
- f) Radius der Hammerfinne;
- g) Winkel zwischen der Berührungslinie von Finnenschneide und waagerechter Probenachse.



**6.4.2** Die potenzielle Energie  $K_P$  darf von der nominellen Energie,  $K_N$  maximal um  $\pm 1\%$  abweichen. Die potenzielle Energie  $K_P$  muss folgendermaßen bestimmt werden.

Das Moment des Pendels wird bestimmt, indem das Pendel in einem bekannten Abstand  $l_2$  von der Drehachse mit Hilfe eines Waagebalkens oder eines Kraftmessgeräts so unterstützt wird, dass die Verbindungslinie durch die Drehachse und den Schwerpunkt des Pendels auf 15/1 000 [siehe Bild 4a)] waagrecht ist.

Die Kraft,  $F$  und die Länge,  $l_2$  müssen auf  $\pm 0,2\%$  bestimmt werden. Das Moment,  $M$  wird als das Produkt  $F \times l_2$  errechnet.

ANMERKUNG Die Längen  $l_2$  und  $l$  können gleich groß sein.

Der Fallwinkel,  $\alpha$  muss auf  $\pm 0,2^\circ$  gemessen werden; dieser Winkel kann  $90^\circ$  überschreiten.

Die potenzielle Energie,  $K_P$  wird dann nach Gleichung (1) errechnet:

$$K_P = M (1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

**6.4.3** Es müssen die Teilstriche auf der Skala überprüft werden, die Werte der verbrauchten Energie von etwa 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 50 % und 80 % des nominellen Arbeitsvermögens entsprechen.

Für jeden dieser Teilstriche muss das Pendel so unterstützt werden, dass der Teilstrich vom Zeiger angezeigt und dann der Steigwinkel  $\beta$  auf  $\pm 0,2^\circ$  bestimmt wird. Die berechnete Energie wird nach Gleichung errechnet:

$$K_{\text{calc}} = M (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (2)$$

ANMERKUNG 1 Die Messunsicherheit für  $l_2$ ,  $F$  und  $\beta$  ergibt eine mittlere Gesamtabweichung für  $K_{\text{calc}}$  von etwa  $\pm 0,3\%$  des vollen Skalenwertes.

Die aus den gemessenen Werten errechnete Differenz zwischen der angezeigten verbrauchten Energie,  $K_S$ , und der aus den Messwerten berechneten Energie,  $K_{\text{calc}}$ , darf nicht größer sein als  $\pm 1\%$  der abgelesenen Energie,  $K_S$ , oder als  $\pm 0,5\%$  des nominellen Arbeitsvermögens,  $K_N$ , wobei in jedem Fall der größere Wert zulässig ist, d. h.

$$\left| \frac{K_{\text{calc}} - K_S}{K_S} \right| \times 100 < 1\% \text{ für Nennwerte des Arbeitsvermögens } K_N \text{ zwischen } 80\% \text{ und } 50\% \quad (3)$$

$$\left| \frac{K_{\text{calc}} - K_S}{K_N} \right| \times 100 < 0,5\% \text{ für Nennwerte des Arbeitsvermögens } K_N \text{ unter } 50\% \quad (4)$$

ANMERKUNG 2 Zu beachten ist, dass die Messgenauigkeit der für die verbrauchte Energie abgelesenen Werte umgekehrt zu ihrem Wert schwankt, was wichtig ist, wenn  $K$  im Vergleich zu  $K_N$  klein ist.

ANMERKUNG 3 Für Pendelschlagwerke, deren Skalen und Anzeigeeinrichtungen hinsichtlich der Energieverluste korrigiert sind, muss eine Korrektur für  $K_{\text{calc}}$  vorgenommen werden, damit ein Vergleich der Ergebnisse möglich ist.

Werte für die verbrauchte Energie von mehr als 80 % der potenziellen Energie sind ungenau und sollten als angenäherte Werte ausgewiesen werden.

ANMERKUNG 4 Diese Anforderung dient dazu, dass alle Prüfungen mit Verformungsgeschwindigkeiten durchgeführt werden, die sich maximal um einen Faktor 2 unterscheiden. Die Verformungsgeschwindigkeit ist eine Funktion der Auftreffgeschwindigkeit der Finnschneide auf die Probe; bei einem Pendelschlagwerk nimmt die Geschwindigkeit mit fortschreitendem Bruch ab. Die Änderung der Geschwindigkeit des Pendels kann errechnet werden, indem zuerst die Auftreffgeschwindigkeit nach Gleichung (5) und dann die Geschwindigkeit nach dem Schlag unter Anwendung derselben Gleichung bestimmt wird, wobei jedoch der Kosinus von  $\beta$  für den Kosinus von  $\alpha$  eingesetzt wird (siehe Bild 4).

**6.4.4** Die Auftreffgeschwindigkeit muss errechnet werden z. B. nach Gleichung:

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} \quad (5)$$

Dabei darf für

$g$  ein Wert von  $9,81 \text{ m/s}^2$  angesetzt werden (um die Bestimmung am jeweiligen Aufstellungsort des Pendelschlagwerks zu umgehen).

Die Auftreffgeschwindigkeit muss  $5 \text{ m/s}$  bis  $5,5 \text{ m/s}$  betragen; für Pendelschlagwerke, die vor 1998 hergestellt wurden, sind alle Werte innerhalb des Bereichs von  $4,3 \text{ m/s}$  bis  $7 \text{ m/s}$  zulässig; der Wert muss im Prüfungszeugnis/Kalibrierschein angegeben werden.

**6.4.5** Die durch Reibung verbrauchte Energie setzt sich aus mehreren Beiträgen zusammen, zu denen Luftwiderstand, Lagerreibung und Reibung des Schleppzeigers gehören. Diese Verluste müssen folgendermaßen eingeschätzt werden:

**6.4.5.1** Um den durch die Reibung des Schleppzeigers verursachten Verlust zu bestimmen, wird das Pendelschlagwerk auf die übliche Weise betätigt, jedoch ohne dass eine Probe eingelegt ist; der vom Schleppzeiger angezeigte Steigwinkel  $\beta_1$  oder die angezeigte verbrauchte Energie  $K_1$  ist aufzuzeichnen. Dann wird eine zweite Prüfung ohne Rückstellung des Schleppzeigers durchgeführt, und der Steigwinkel  $\beta_2$  oder die angezeigte verbrauchte Energie  $K_2$  ist aufzuzeichnen. Damit gilt für den Reibungsverlust des Schleppzeigers während der Auslenkung:

$$p = M (\cos \beta_1 - \cos \beta_2) \quad (6)$$

wenn die Skala für die Ablesung der verbrauchten Energie in Grad unterteilt ist oder

$$p = (K_1 - K_2) \quad (7)$$

wenn die Skala für die Ablesung der verbrauchten Energie in Energieeinheiten unterteilt ist.

Die Werte für  $\beta_1$  und  $\beta_2$  oder für  $K_1$  und  $K_2$  sind Mittelwerte von vier Messungen.

**6.4.5.2** Die durch Lagerreibung und Luftwiderstand für eine Halbschwingung verursachten Verluste werden folgendermaßen bestimmt:

Nachdem  $\beta_2$  oder  $K_2$  nach 6.4.5.1 bestimmt wurde, wird das Pendel in seine Ausgangsstellung gebracht. Ohne Rückstellung des Schleppzeigers (der Anzeigeeinrichtung) wird das Pendel stoß- und schwingungsfrei so freigegeben, dass es 10 Halbschwingungen durchführen kann. Nachdem das Pendel seine 11. Halbschwingung begonnen hat, wird der Schleppzeiger (die Anzeigeeinrichtung) auf einen Teilstrich verschoben, der etwa 5 % der gesamten Skalenbereichsanzeige entspricht, und der Wert wird als  $\beta_3$  oder  $K_3$  aufgezeichnet. Die Verluste durch Lagerreibung und Luftwiderstand für eine Halbschwingung sind dann nach den folgenden Gleichungen zu bestimmen

$$p' = 1/10 M (\cos \beta_3 - \cos \beta_2) \quad (8)$$

wenn die Skala für die Ablesung in Grad unterteilt ist oder

$$p' = 1/10 (K_3 - K_2) \quad (9)$$

wenn die Skala für die Ablesung in Energieeinheiten unterteilt ist.

ANMERKUNG Falls diese Verluste bei einer tatsächlichen Prüfung, die einen Steigungswinkel  $\beta$  ergibt, berücksichtigt werden müssen, kann die folgende Größe

$$p_{\beta} = p \frac{\beta}{\beta_1} + p' \frac{\alpha + \beta}{\alpha + \beta_2} \quad (10)$$

vom Wert der verbrauchten Energie abgezogen werden.

Weil  $\beta_1$  und  $\beta_2$  nahezu gleich  $\alpha$  sind, kann die Gleichung für eine angenäherte Bestimmung von  $p_{\beta}$  auf folgende Weise vereinfacht werden:

$$p_{\beta} = p \frac{\beta}{\alpha} + p' \frac{\alpha + \beta}{2\alpha} \quad (11)$$

Für Pendelschlagwerke mit der Anzeige von Werten in Energieeinheiten kann der Wert für  $\beta$  nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\beta = \arccos [1 - 1/M (K_P - K_T)] \quad (12)$$

**6.4.5.3** Der auf diese Weise gemessene gesamte Reibungsverlust  $p + p'$  darf 0,5 % der nominellen Energie  $K_N$  nicht überschreiten. Falls der Reibungsverlust diesen Wert der nominellen Energie überschreitet und es nicht gelingt, ihn durch Verringerung der Zeigerreibung in den Toleranzbereich zu bringen, müssen die Lager gereinigt oder ausgetauscht werden.

**6.4.6** Der Abstand  $l_1$  vom Schwingungsmittelpunkt zur Drehachse wird aus der Schwingungsdauer (Schwingzeit) des Pendels bestimmt und muss  $(0,995 \pm 0,005) l$  betragen. Der für  $l_1$  errechnete Wert muss auf  $\pm 0,5$  mm angegeben werden.

Der Abstand kann bestimmt werden, indem das Pendel eine Schwingung um einen  $5^\circ$  nicht überschreitenden Winkel durchführt und die Zeit  $t$  für eine vollständige Schwingung in Sekunden gemessen wird.

$l_1$  ist nach Gleichung (13) zu errechnen:

$$l_1 = \frac{g \cdot t^2}{4 \pi^2} \quad (13)$$

Dabei sind folgende Werte anzunehmen, für

$g$  ein Wert von  $9,81 \text{ m/s}^2$ , falls jedoch die örtliche Erdbeschleunigung bekannt ist oder davon auszugehen ist, dass sie merklich von  $9,81 \text{ m/s}^2$  abweicht, muss diese örtliche Erdbeschleunigung bei der Berechnung angewendet werden;

$\pi^2$  ein Wert von 9,87.

Daher ergibt sich, angegeben in Metern:  $l_1 = 0,248 5 t^2$ .

Der Wert für  $t$  muss auf 0,1 % bestimmt werden.

ANMERKUNG Für ein Pendel, das eine Schwingungsdauer von etwa 2 s hat, kann diese Genauigkeit folgendermaßen erreicht werden. Die Dauer  $T$  für 100 volle Schwingungen ist dreimal zu ermitteln. Der exakte Wert für  $t$  ist zu berechnen, indem der Mittelwert aus drei Messungen von  $T$  durch 100 dividiert wird, vorausgesetzt, die Differenz ( $T_{\max} - T_{\min}$ ) zur Darstellung der Wiederholpräzision beträgt nicht mehr als 0,2 s.

**6.4.7** Die Maße der Hammerfinne müssen überprüft werden. Es dürfen zwei Formen von Pendelhämmern angewendet werden, ein 2-mm-Hammer oder ein 8-mm-Hammer. Die Werte für den Radius der Fennschneide und den Winkel des Fennkeils werden für beide Formen in Tabelle 3 angegeben.

Der Teil des Hammers, der durch die Widerlager schwingt, muss eine maximale Breite von mindestens 10 mm, höchstens jedoch 18 mm haben.

ANMERKUNG 1 Ein Verfahren zur Überprüfung der Hammergeometrie besteht beispielsweise darin, einen Abguss anzufertigen, an dem die Prüfung durchzuführen ist.

ANMERKUNG 2 Bei Schlagversuchen unter Anwendung eines 2-mm-Hammers und eines 8-mm-Hammers werden im Allgemeinen unterschiedliche Ergebnisse ermittelt.

**6.4.8** Der Winkel zwischen der Berührungslinie der Hammerfinne und der waagerechten Probenachse muss  $(90 \pm 2)^\circ$  betragen (siehe 6.3.6).

**6.4.9** Der Mechanismus für das Auslösen des Pendels aus seiner Ausgangsstellung für den Versuch muss störungsfrei arbeiten und das Pendel ohne Anfangsimpuls, ohne Verzögerung oder ohne Anregung von Querschwingungen freigeben.

**6.4.10** Falls eine Bremsvorrichtung vorhanden ist, muss diese so angebracht sein, dass die Bremse nicht unbeabsichtigt betätigt werden kann. Außerdem muss eine Einrichtung zum Außer-Kraft-Setzen der Bremsvorrichtung vorhanden sein, z. B. während der Messung der Schwingungsdauer und der Reibungsverluste.

**6.4.11** Maschinen mit automatischen Hubeinrichtungen müssen so gebaut werden, dass eine direkte Prüfung durchgeführt werden kann.

## **6.5 Widerlager und Auflager**

**6.5.1** Bei der Überprüfung von Widerlagern und Auflagern sollten folgende Punkte bestimmt werden (siehe Bild 2 und Bild 3 sowie Tabelle 3):

- a) Anordnung der Auflager;
- b) Anordnung der Widerlager;
- c) Abstand zwischen den Widerlagern;
- d) Winkel des Hinterschnitts der Widerlager;
- e) Radius der Widerlager;
- f) Freiraum, der das Herausfallen der gebrochenen Probe aus dem Pendelschlagwerk ermöglicht.

**6.5.2** Die beiden Auflagerflächen müssen in zueinander parallelen Ebenen mit einem Versatz von maximal 0,1 mm liegen. Die Auflager müssen so angeordnet werden, dass die Längsachse der Probe zur Drehachse des Pendels bis auf maximal  $3/1\ 000$  parallel ist.

**6.5.3** Die beiden Widerlagerflächen müssen in zueinander parallelen Ebenen mit einem Versatz von maximal 0,1 mm liegen. Der Winkel zwischen den Ebenen der Widerlager und der Auflager muss  $(90 \pm 0,1)^\circ$  betragen. Weitere Anforderungen an die Anordnung der Widerlager werden in Tabelle 3 angegeben.

**6.5.4** Es muss ein ausreichender Zwischenraum vorgesehen werden um sicherzustellen, dass die Bruchstücke der Probe frei sind und unter einem Minimum an störenden Beeinflussungen aus der Maschine herausfallen können, ohne auf den Hammer zurückzuprallen, bevor das Pendel seine Schwingung beendet hat. Kein Teil des Pendels, das die Widerlager passiert, darf breiter als 18 mm sein.

Hämmer haben meist eine der beiden grundlegenden Formen (siehe Bild 1). Bei Anwendung von C-Form-Hämmern prallen die Probenbruchstücke nicht auf den Hammer, wenn der Freiraum an beiden Enden der Probe mehr als 13 mm beträgt. Falls zur Lokalisierung der Proben Endanschläge angewendet werden, müssen sie vor dem Aufprall zurückgezogen werden. Bei Anwendung von U-Form-Hämmern müssen Vorrichtungen vorgesehen werden, die das Zurückprallen der Probenbruchstücke auf den Hammer verhindern. In den mit U-Hämmern ausgestatteten Maschinen sollten entsprechende Abdeckbleche (siehe Bild 3) vorgesehen und eingebaut werden, die folgenden Anforderungen genügen:

- a) ihre Dicke muss etwa 1,5 mm betragen;
- b) sie müssen eine Mindesthärte von 45 HRC aufweisen;
- c) ihr Kantenradius muss mindestens 1,5 mm betragen;
- d) sie müssen so angeordnet werden, dass der Abstand Abdeckblech/Hammer 1,5 mm nicht überschreitet.

Für Maschinen, bei denen die Hammeröffnung einen Abstand zwischen den Probenenden (eingelegt bereit zur Prüfung) und den Abdeckblechen von mindestens 13 mm zulässt, erübrigen sich die Anforderungen a) und d).

## 6.6 Anzeigeeinrichtung

**6.6.1** Die Überprüfung einer analogen Anzeigeeinrichtung umfasst folgende Untersuchungen:

- a) Untersuchung der Skalenteilungen;
- b) Untersuchung des Zeigers.

Die Skala muss mit einer Gradeinteilung zur Messung des Steigwinkels oder mit einer Einteilung in Energieeinheiten versehen sein.

Die Breite der Teilstriche muss gleich sein und die Breite des Zeigers muss etwa der Breite eines Teilstrichs entsprechen. Der Zeiger muss eine parallaxenfreie Ablesung ermöglichen.

Die Auflösung  $r$  der Anzeigeeinrichtung ergibt sich aus dem Verhältnis der Zeigerbreite zum Mittenabstand zweier benachbarter Teilstriche (Skalenintervall). Empfohlen werden die Verhältnisse 1 : 4, 1 : 5 oder 1 : 10; der Abstand zwischen benachbarten Teilstrichen muss mindestens 2,5 mm betragen, damit ein Zehntel eines Skalenteilungswertes geschätzt werden kann.

Ein Skalenintervall darf maximal 1 % des nominellen Arbeitsvermögens entsprechen und muss das Schätzen der Energie in Schritten von mindestens 0,25 % des nominellen Arbeitsvermögens gestatten.

**6.6.2** Die Überprüfung einer digitalen Anzeigeeinrichtung muss sicherstellen, dass die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

- Die Anzeige muss die Messung des Steigwinkels in Grad oder Energieeinheiten ermöglichen.
- Als Auflösung der Anzeige wird ein Ziffernschritt der Ziffernanzeigeeinrichtung angesehen, vorausgesetzt, dass die Anzeige um nicht mehr als den Ziffernschritt schwankt. Wenn die Anzeige um mehr als einen Ziffernschritt schwankt, ist die Auflösung mit der halben Spannweite der Schwankung anzusetzen.
- Die Auflösung muss besser als 0,25 % des nominellen Arbeitsvermögens sein.

## 7 Indirekte Prüfung durch Anwendung von Referenzproben

### 7.1 Verwendete Referenzproben

Bei der indirekten Prüfung wird die Anzeigeeinrichtung an verschiedenen Punkten unter Anwendung von Referenzproben überprüft. Diese Referenzproben werden verwendet:

- a) für den Vergleich zwischen Versuchsergebnissen, die auf dem zu prüfenden Pendelschlagwerk und auf einem oder mehreren Referenz-Pendelschlagwerken oder mit einem auf ISO 148 rückführbaren  $K$ -Wert ermittelt werden;
- b) zur Überwachung der Schlagarbeit eines Pendelschlagwerks über eine Zeitspanne ohne Vergleich mit einem anderen Pendelschlagwerk.

### 7.2 Stufen der verbrauchten Energie

Die indirekte Prüfung muss für mindestens zwei Stufen der verbrauchten Energie durchgeführt werden, die innerhalb des Anwendungsbereichs des Pendelschlagwerks liegen. Ein Satz für jede Energiestufe muss aus mindestens fünf Referenzproben bestehen. Die Energiestufen müssen so dicht wie möglich an der oberen und an der unteren Grenze dieses Bereichs, für den Referenzproben verfügbar sind, liegen.

Falls mehr als zwei Energiestufen geprüft werden, sollte(n) der/die zusätzliche(n) Stufe(n) unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Referenzproben möglichst gleichmäßig über den Anwendungsbereich verteilt sein.

### 7.3 Anforderungen an Referenzproben

Die Anforderungen an die Referenzproben werden in ISO 148-3 festgelegt.

### 7.4 Eingeschränkte direkte Prüfung

Vor jeder indirekten Prüfung muss eine eingeschränkte direkte Prüfung durchgeführt werden. Diese eingeschränkte direkte Prüfung muss umfassen:

- a) eine Überprüfung der Maschine nach 6.2.3a);
- b) eine (mindestens visuell durchzuführende) Prüfung des Hammers und der Widerlager auf übermäßigen Verschleiß (siehe Tabelle 3);
- c) Messung des Abstands zwischen den beiden Widerlagern (siehe Tabelle 3);
- d) Messung der Winkligkeit, aber nur beim Auswechseln des Hammers oder der Widerlager (siehe Tabelle 3);
- e) Messung der Verluste durch Lagerreibung und Luftwiderstand;
- f) Messung des Verlusts durch die Reibung des Schleppzeigers.

### 7.5 Systematische Abweichung und Wiederholpräzision

#### 7.5.1 Wiederholpräzision

$KV_1, KV_2, \dots, KV_{n_V}$  sind die nach zunehmender Größe geordneten Werte für die Energie, die beim Brechen von  $n_V$  Referenzproben eines Probensatzes verbraucht wird. Die Wiederholpräzision des Pendelschlagwerks unter den vorgeschriebenen kontrollierten Bedingungen wird durch den folgenden Wert beschrieben:

$$b = KV_{n_V} - KV_1, \text{ d. h. } KV_{\max} - KV_{\min} \quad (14)$$

Die Werte für die maximal zulässige Wiederholpräzision werden in Tabelle 2 angegeben.

### 7.5.2 Systematische Abweichung

Die systematische Abweichung des Pendelschlagwerks unter den vorgeschriebenen kontrollierten Bedingungen wird durch den folgenden Wert beschrieben:

$$B_V = \overline{KV}_V - KV_R \quad (15)$$

Dabei ist

$$\overline{KV}_V = \frac{\sum KV_i + \dots + KV_{nV}}{n_V} \quad (16)$$

Die Werte für die maximal zulässige systematische Abweichung werden in Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2 — Maximal zulässige Wiederholpräzision und systematische Abweichung**

Werte in Joule

Energiewert	Wiederholpräzision <i>b</i>	Systematische Abweichung $ B_V $
< 40	≤ 6	≤ 4
≥ 40	≤ 15 % $KV_R$	≤ 10 % $KV_R$

## 8 Prüfhäufigkeit

**8.1** Eine indirekte Prüfung unter Einbeziehung einer eingeschränkten direkten Prüfung muss bei der Aufstellung oder nach dem Umsetzen eines Pendelschlagwerks durchgeführt werden.

**8.2** Wenn Verschleißteile ausgetauscht werden, muss eine direkte Prüfung nach dem Ablauf durchgeführt werden, der in den Abschnitten für das/die betroffene(n) Teil(e) beschrieben wird. Eine indirekte Prüfung muss ebenfalls durchgeführt werden.

**8.3** Indirekte Prüfungen müssen mindestens alle 12 Monate durchgeführt werden.

**8.3.1** Häufigere indirekte Prüfungen können notwendig werden, wenn eines oder mehrere der folgenden Kriterien zutreffen:

- a) die Anzahl der durchgeführten Kerbschlagprüfungen ist groß;
- b) die zum Brechen der einzelnen Proben erforderliche verbrauchte Schlagenergie ist im Vergleich zum nominellen Arbeitsvermögen groß;
- c) das von dem Prüflabor festgelegte Qualitätsmanagementsystem erfordert eine häufigere indirekte Prüfung.

**8.3.2** Nach einem Auswechseln des Hammers muss eine indirekte Prüfung durchgeführt werden.

**8.4** Eine direkte Prüfung muss durchgeführt werden, wenn das Pendelschlagwerk neu ist und wenn die indirekte Prüfung ein Ergebnis liefert, das den Anforderungen nicht entspricht (siehe Abschnitt 1). Eine eingeschränkte direkte Prüfung muss vor jeder indirekten Prüfung durchgeführt werden (siehe 7.4).

**8.5** Die in 6.4.5.1 und 6.4.5.2 beschriebenen Abläufe sollten täglich vor jeder Benutzung des Pendelschlagwerks durchgeführt werden, weil dadurch eine Beeinträchtigung des Arbeitsvermögens der Maschine, z. B. durch Schmutz in den Lagern, rasch zu erkennen ist.

## **9 Prüfungszeugnis/Kalibrierschein**

### **9.1 Allgemeines**

Das Prüfungszeugnis/der Kalibrierschein muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) einen Hinweis auf diesen Teil von ISO 148, d. h. ISO 148-2:2008;
- b) die Kennzeichnung des Pendelschlagwerks: Name des Herstellers, Modell- und Seriennummer;
- c) den Radius der Finnschneide;
- d) den Namen des Auftraggebers und Anschrift des Aufstellungsortes;
- e) den Namen oder das Zeichen der Prüfstelle;
- f) das Datum der Prüfung.

### **9.2 Direkte Prüfung**

Folgende Angaben zur direkten Prüfung des Pendelschlagwerks müssen enthalten sein:

- a) der Nennwert des nominellen Arbeitsvermögens des Pendels;
- b) die Auftreffgeschwindigkeit des Pendels;
- c) der Energieverlust durch Luftwiderstand und Reibung.

### **9.3 Indirekte Prüfung**

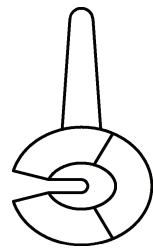
Folgende Angaben zur indirekten Prüfung des Pendelschlagwerks müssen enthalten sein:

- a) die Kennzeichnung der für die indirekte Prüfung verwendeten Referenzproben unter Angabe der Referenzwerte und der tatsächlich für die Proben ermittelten Werte der verbrauchten Energie;
- b) die Ergebnisse der indirekten Prüfung;
  - 1) die Wiederholpräzision;
  - 2) die systematische Abweichung;
  - 3) die Bestätigung, dass die Maschine den Anforderungen dieses Teils von ISO 148 entspricht oder nicht entspricht.

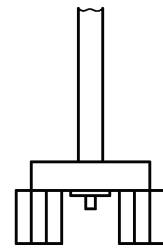
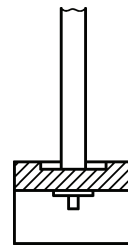
## **10 Messunsicherheit**

Ein Verfahren zur Berechnung der Messunsicherheit wird in Anhang A angegeben.

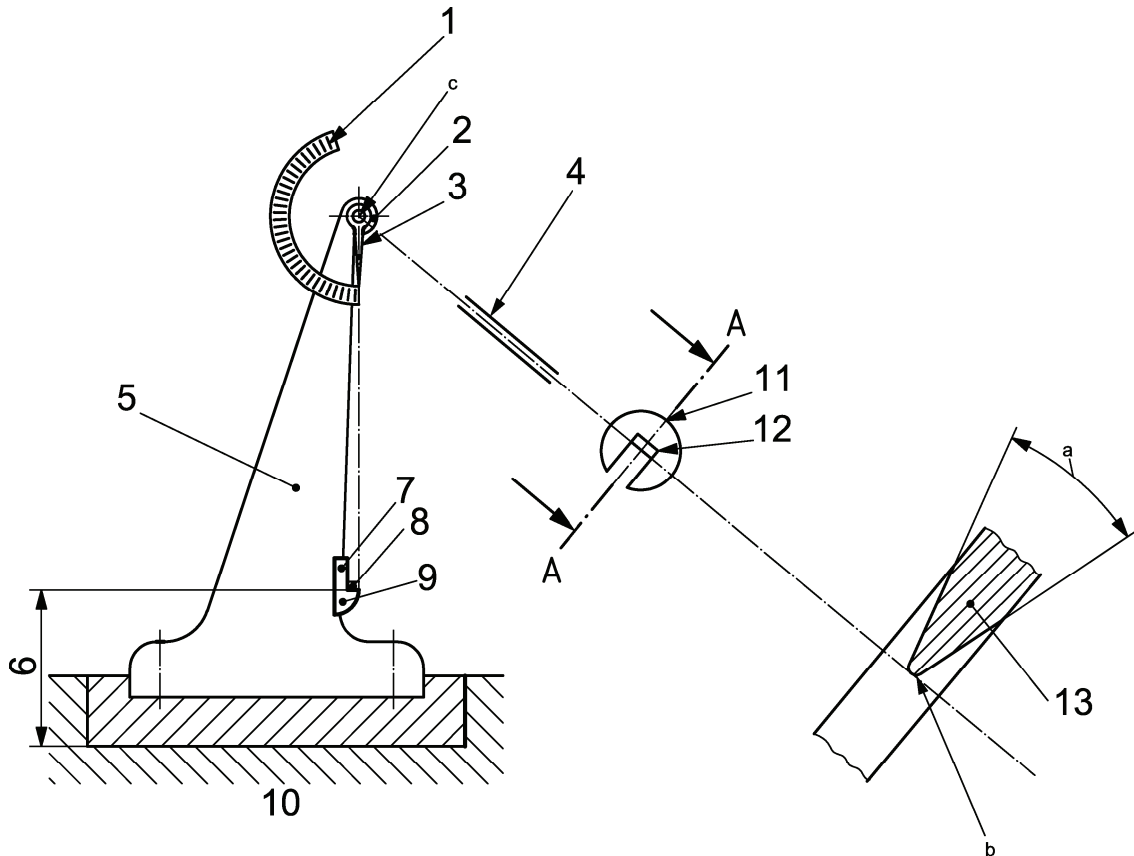




a) Pendelhammer Form C



b) Pendelhammer Form U

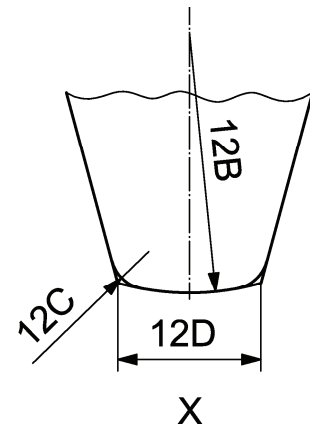
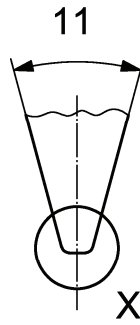
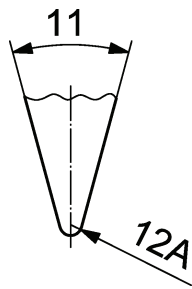


c) Pendelschlagwerk

**Legende**

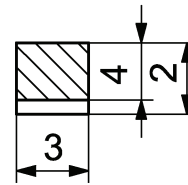
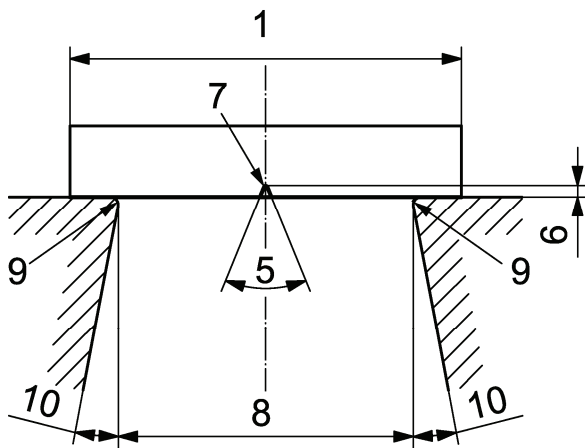
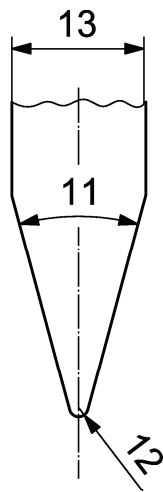
- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1 Skala            | 9 Auflager für die Probe     |
| 2 Pendellagerung   | 10 Fundament                 |
| 3 Schleppzeiger    | 11 Form-C-Hammer             |
| 4 Pendelstange     | 12 Finnenschneide            |
| 5 Maschinengestell | 13 Hammerfinne (Schnitt A-A) |
| 6 Sockel           | a Winkel der Finnenschneide  |
| 7 Widerlager       | b Radius der Finnenschneide  |
| 8 Probe            | c Drehachse                  |

**Bild 1 — Einzelteile des Pendelschlagwerks**



a) 2-mm-Hammer

b) 8-mm-Hammer



c) Überblicksdarstellung

ANMERKUNG Geometrische Kenngrößen siehe Tabelle 3.

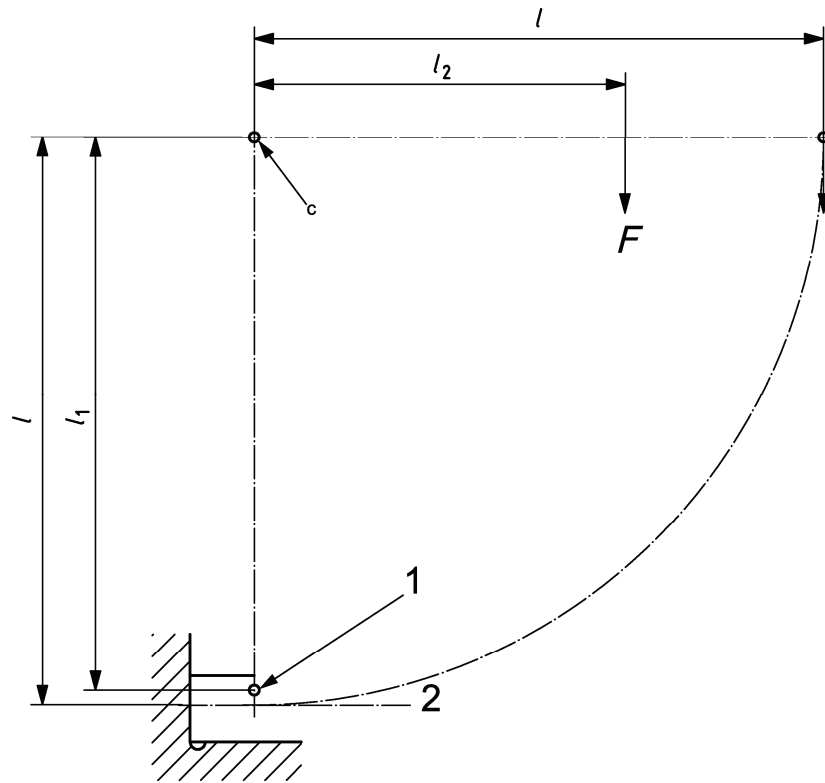
Bild 2 — Hämmer, Auflager und Widerlager für ein Pendelschlagwerk

Tabelle 3 — Geometrische Kenngrößen

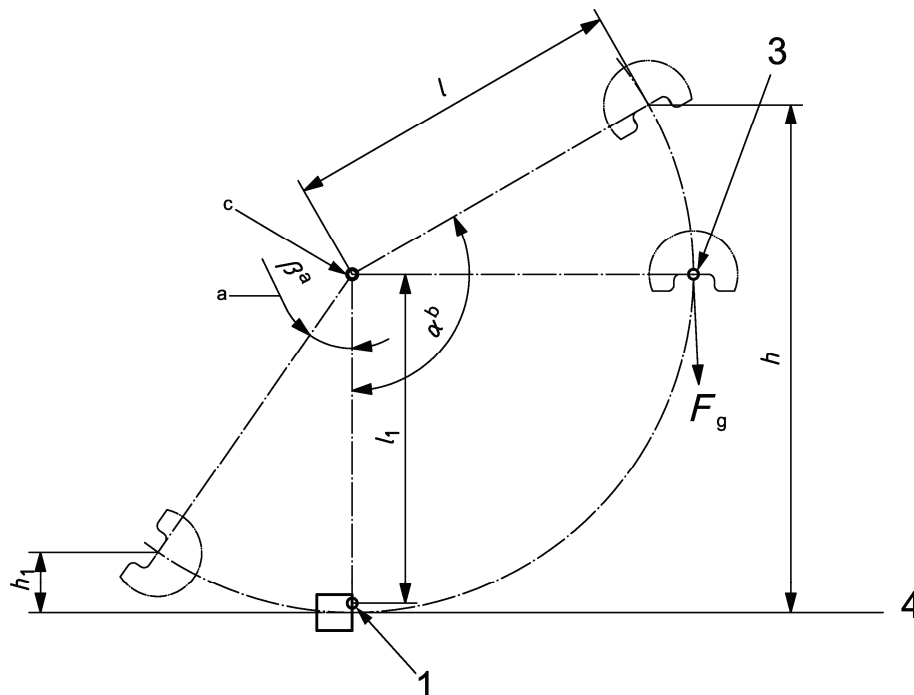
Nummer <sup>a</sup>	Bezeichnung	Maß/Größe
1	Länge der Probe	Siehe ISO 148-1
2	Höhe der Probe	Siehe ISO 148-1
3	Breite der Probe	Siehe ISO 148-1
4	Höhe der Probe abzüglich der Kerbtiefe (Höhe unter dem Kerb)	Siehe ISO 148-1
5	Kerbwinkel	Siehe ISO 148-1
6	Kerbtiefe	Siehe ISO 148-1
7	Krümmungsradius am Kerbgrund	Siehe ISO 148-1
8	Lichter Abstand zwischen den Widerlagern	$(40^{+0,20}_{0,00})$ mm
9	Radius der Widerlager	$(1^{+0,50}_{0,00})$ mm
10	Winkel des Hinterschnitts der Widerlager	$11^\circ \pm 1^\circ$
11	Winkel des Finnenkeils	$30^\circ \pm 1^\circ$
12	Radius der Finnenschneide:	
12A	2-mm-Hammer	2,00 mm bis 2,50 mm
12B	8-mm-Hammer	$(8 \pm 0,05)$ mm
12C	Übergangsradius am Ansatz der Finnenschneide	$(0,25 \pm 0,05)$ mm
12D	Breite am Ansatz des 8-mm-Hammers	$(4 \pm 0,05)$ mm
13	Breite des Hammers	10 mm bis 18 mm

<sup>a</sup> Siehe Bild 2.





a) Bestimmung des Moments,  $M$



b) Begriffe für die Energiebestimmung

**Legende**

- |   |                        |   |             |   |                           |   |                           |
|---|------------------------|---|-------------|---|---------------------------|---|---------------------------|
| 1 | Schwingungsmittelpunkt | 2 | Probenmitte | 3 | Auftreffpunkt des Pendels | 4 | Mitte der genormten Probe |
| a | Steigwinkel $\beta$    |   |             |   |                           |   |                           |
| b | Fallwinkel $\alpha$    |   |             |   |                           |   |                           |
| c | Drehachse              |   |             |   |                           |   |                           |

**Bild 4 — Bestimmung der potenziellen Anfangsenergie**

## Anhang A (informativ)

### Messunsicherheit für das Ergebnis der indirekten Prüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks

#### A.1 Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen

##### A.1.1 Allgemeines

In diesem informativen Anhang ist ein Verfahren zur Abschätzung der Messunsicherheit enthalten, das auf den Ergebnissen der indirekten Prüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks basiert. Es können alternative Verfahren zur Abschätzung der Messunsicherheit angewandt werden, sofern sie den Anforderungen von GUM (siehe Literaturhinweis [9]) entsprechen.

In diesem Anhang wird eine systematische Vorgehensweise vorgeschlagen, die eine Bestimmung für  $B_V$  (die Abweichung des Pendelschlagwerks) und  $u_V$  (die Unsicherheit des Gesamtergebnisses der indirekten Prüfung) ermöglicht. Die Werte werden benötigt, um die Messunsicherheit eines Prüfergebnisses nach ISO 148-1 zu berechnen.

**ANMERKUNG** In ISO 148-1:2006, Anhang A ist auch ein allgemeines System für die metrologische Kette enthalten, das angewandt wird, um die Skalen für die verbrauchte Energie bei der indirekten Prüfung unter Anwendung von Referenzproben darzustellen.

##### A.1.2 Unsicherheits-Verzichtserklärung

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

Produktnormen und Datenbanken für Werkstoffeigenschaften, die auf dem vorliegenden Teil von ISO 148 und seinen früheren Ausgaben 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 nur zu informativischen 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 den Produkt-Spezifikationen zu bewerten.

#### A.2 Beiträge zur Messunsicherheit der indirekten Prüfung

##### A.2.1 Systematische Abweichung

Das Erstergebnis einer indirekten Prüfung ist die Abschätzung der systematische Abweichung  $B_V$  des Pendelschlagwerks:

$$B_V = \overline{KV}_V - KV_R \quad (\text{A.1})$$

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.

Der absolute Wert für  $B_V$  muss die in Abschnitt 7 festgelegten Kriterien erfüllen.

## A.2.2 Unsicherheit des Abweichungswertes

Die Standardmessunsicherheit des Abweichungswertes entspricht den kombinierten Standardmessunsicherheiten der beiden Ausdrücke in Gleichung (A.1).

Die Standardmessunsicherheit  $u_{RM}$  des zertifizierten Referenzwertes  $KV_R$  wird aus der erweiterten, auf dem Zertifikat für die Referenzproben angegebenen Unsicherheit  $U_{RM}$  errechnet, indem  $U_{RM}$  durch den geeigneten (ebenfalls auf dem Zertifikat angegebenen) Erfassungsbereichsfaktor dividiert wird.

Die mit  $\overline{KV}_V$  verknüpfte Unsicherheit wird nach der folgenden Gleichung errechnet:

$$u(\overline{KV}_V) = \frac{s_V}{\sqrt{n_V}} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist  $s_V$  die Standardabweichung der Ergebnisse an  $n_V$  Referenzproben. In 7.2 wird die Anwendung der fünf Referenzproben für die indirekte Prüfung festgelegt.

ANMERKUNG Gleichung (A.2) zeigt, dass die Auswahl einer großen Anzahl  $n_V$  angewendet werden kann, um die Messunsicherheit zu verringern.

Folglich ist  $u(B_V)$ , die Standardabweichung von  $B_V$  nach der folgenden Gleichung zu errechnen:

$$u(B_V) = \sqrt{\left(\frac{s_V}{\sqrt{n_V}}\right)^2 + u_{RM}^2} \quad (\text{A.3})$$

## A.3 Bestimmung der kombinierten Unsicherheit, $u_V$ für das Ergebnis der indirekten Prüfung

Die Abweichung sollte in der Regel korrigiert werden. Durch den Verschleiß des Widerlagers und bestimmter Teile des Hammers ist es jedoch schwierig, einen exakten Abweichungswert zu ermitteln, der für die gesamte Zeit zwischen zwei indirekten Prüfungen konstant bleibt. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass der gemessene Abweichungswert einen Beitrag zur Unsicherheit leistet, so dass er mit seiner eigenen Unsicherheit zu kombinieren ist, um die Unsicherheit  $u_V$  für das Ergebnis der indirekten Prüfung zu erhalten.

$$u_V = \sqrt{u^2(B_V) + B_V^2} \quad (\text{A.4})$$

Die Werte für die mit dem Pendelschlagwerk verbrauchte Energie können durch Hinzufügen eines Ausdrucks korrigiert werden, der gleich  $-B_V$  ist. In diesem Fall ist es jedoch erforderlich, dass der Abweichungswert sicher festgelegt und stabil ist. Eine entsprechende Kenntnis des Verhaltens eines bestimmten Pendelschlagwerks kann nur durch eine Reihe indirekter Prüfungen und das Führen von Qualitätsregelkarten erreicht werden, die den geforderten Nachweis der Stabilität der Abweichung des Pendelschlagwerks liefern sollten. Daher ist diese Korrektur in der Praxis wahrscheinlich auf Referenz-Pendelschlagwerke einzuschränken.

#### A.4 Erweiterung der kombinierten Messunsicherheit

Der Wert für  $u_V$  wird in ISO 148-1:2006, Änderung 1: — <sup>1)</sup>, Anhang E als einer der Beiträge zur gesamten Messunsicherheit verwendet. Zur Erweiterung auf eine kombinierte Standardmessunsicherheit müssen die Freiheitsgrade der jeweiligen Unsicherheitsbeiträge zu einem effektiv wirksamen Freiheitsgrad zusammengefasst werden. Die Freiheitsgrade von  $u_V$  werden unter Anwendung der Näherung nach Welch-Satterthwaite errechnet:

$$\nu_V = \frac{u_V^4}{\frac{u^4(\overline{KV_V})}{\nu_B} + \frac{u_{RM}^4}{\nu_{RM}} + \frac{B_V^4}{\nu_B}} \quad (\text{A.5})$$

Der Wert für  $\nu_B$  ist gleich  $n_V - 1$ ; der Wert für  $\nu_{RM}$  wird aus dem Zertifikat für das Referenzmaterial entnommen.

Die Anzahl der zur Prüfung verwendeten Proben beträgt üblicherweise fünf, und die Heterogenität der Proben ist signifikant. Aus diesem Grund ist die Anzahl der effektiven Freiheitsgrade häufig nicht groß genug, um einen Erfassungsbereichsfaktor  $k$  gleich 2 zu verwenden. Für  $k$  dürfen andere Werte verwendet werden, wenn alle Beteiligten zugestimmt haben.

#### A.5 Beispiele zur Berechnung und Angabe von $B_V$ und $u_V$

In diesem Abschnitt wird für ein Ergebnis einer indirekten Prüfung ein Beispiel zur Ergebnisauswertung angegeben. Die vorausgesetzte indirekte Prüfung erfolgt nach einer direkten Prüfung unter Anwendung von Referenzproben bei drei unterschiedlichen Energiestufen. Die vorgelegten Ergebnisse werden an Referenzproben mit einem zertifizierten  $KV_R$ -Wert von 123,8 J und einer erwarteten Messunsicherheit von 3,4 J bei 28 Freiheitsgraden (Werte aus dem RM-Zertifikat) ermittelt.

---

1) In Vorbereitung.



Tabelle A.1 — Beispiel für Ergebnisse indirekter Prüfungen

Prüfergebnisse und Daten aus den Zertifikaten		Berechnung der Werte für Abweichung und Unsicherheit	
Probe 1	123,1 J	$\overline{KV}_V$	119,4 J
Probe 2	116,1 J	$s_V$	4,7 J
Probe 3	112,8 J	$n_V$	5
Probe 4	123,6 J	Aus Gleichung (A.2): $u(\overline{KV}_V)$	2,1 J
Probe 5	121,3 J		
Laut Zertifikat: Freiheitsgrade $\nu_{RM}$	30	Aus Gleichung (A.1): $B_V$	-4,4 J
Laut Zertifikat: Erweiterte Unsicherheit bei einem Vertrauensniveau von etwa 95 % $U_{RM}$	3,4 J	Aus Gleichung (A.3): $u(B_V)$	2,7 J
Wegen $\nu_{RM} > 10$ kann die Standardabweichung $u_{RM}$ als $U_{RM}/2$ errechnet werden	1,7 J	Aus Gleichung (A.4): $u_V$	5,2 J
Freiheitsgrade für 5 Proben $\nu_B$	4	Aus Gleichung (A.5): $\nu_V$	7

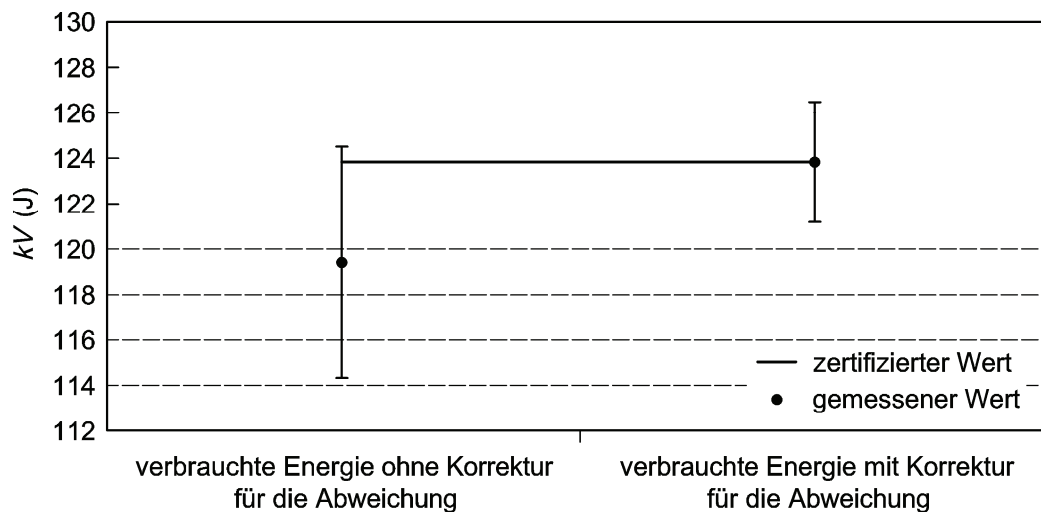
Das Erstergebnis der indirekten Prüfung ist akzeptabel: Der absolute Wert für die Abweichung ( $B_V = -4,4$  J) ist kleiner als der in Abschnitt 7 festgelegte obere Grenzwert. Der Wert  $B_V$  muss mit seiner eigenen Unsicherheit kombiniert werden, um  $u_V$  zu erhalten, es sei denn, sein Wert wäre exakt bekannt, was in diesem Fall vermutlich nicht zutrifft. Aus Gleichung (A.5) wird die Anzahl der  $u_V$  entsprechenden Freiheitsgrade mit 7 errechnet. Die Prüfergebnisse können so angegeben werden wie in Tabelle A.2 gezeigt:

Tabelle A.2 — Übersichtstabelle für das Ergebnis  $\overline{KV}$  mit erweiterter Messunsicherheit,  $U(\overline{KV})$

$KV_R$ J	$B_V$ J	$u(B_V)$ J	$\nu_V$	$u_V$ J
123,8	-4,4	2,7	7	5,2
	$B_V$ ist nicht sicher festgelegt.			
... <sup>a</sup>	...	...	...	...
	...			

<sup>a</sup> Diese Übersichtstabelle enthält eine Zeile für jede Energiestufe, bei der eine indirekte Prüfung für das Pendelschlagwerk erfolgte.

Eine graphische Darstellung des Beispiels wird in Bild A.1 gezeigt, zusammen mit den Ergebnissen, die erreicht werden, wenn die gemessenen Werte für die verbrauchte Energie bezüglich der gemessenen Abweichung korrigiert werden. Die Unsicherheit der indirekten Prüfung ist relativ groß ( $u_V = 5,2$  J), da sie sich aus  $u(B_V)$  und  $B_V$  zusammensetzt. Wenn der Abweichungswert exakter festgelegt wurde und der gemessene Wert korrigiert ist, könnte eine beträchtlich kleinere Unsicherheit erreicht worden sein [ $u(B_V) = 2,7$  J].



**Bild A.1 — Graphische Darstellung für das Standard-Verfahren (links) ohne Korrektur für die verbrauchte Energie und die zugehörige Unsicherheit  $u_V$  sowie (rechts) der Fall mit Korrektur des Messwerts bezüglich der Abweichung, woraus sich eine geringere Unsicherheit  $u(B_V)$  ergibt**

## Anhang B (informativ)

### Messunsicherheit für die Ergebnisse der direkten Prüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks

#### B.1 Anwendungsbereich

Die direkte Prüfung besteht aus einer Reihe von Überprüfungen der geometrischen und mechanischen Parameter eines Pendelschlagwerks. Jede Abweichung von den Nennwerten dieser Parameter leistet einen Beitrag zur Abweichung des Pendelschlagwerks gegenüber einem Abschnitt 6 entsprechenden Pendelschlagwerk.

Theoretisch kann z. B. die folgende Gleichung angewendet werden, um die kombinierte Abweichung  $z$  für das Pendelschlagwerk zu bestimmen:

$$z = R + A + C + E + V + (l - l_1) + H + S \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- $R$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Abweichung des Radius der Hammerfinne;
- $A$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Abweichung der Geometrie von Widerlager und Probenauflagen;
- $C$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Abweichung des Auftreffpunktes;
- $E$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Berechnung der Energie aus den gemessenen Winkeln;
- $V$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Abweichung der Auftreffgeschwindigkeit;
- $(l - l_1)$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Abweichung der Differenz zwischen Pendellänge und Schwingungsmittelpunkt;
- $H$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Korrektur des Reibungsverlusts;
- $S$  die Abweichung von  $K$  (in Energie-Einheiten) bedingt durch die Abweichung der auf einer analogen oder digitalen Skale abgelesenen Energie.

Es wird vorausgesetzt, dass die Einflüsse der Faktoren ( $R, A, C, E, V, l - l_1, H, S$ ) auf die verbrauchte Energie gering sind, wenn sie innerhalb der für die direkte Prüfung des Pendelschlagwerks geforderten Toleranzen (siehe Abschnitt 6) liegen und wenn der Kerbschlagbiegeversuch nach dem genormten Verfahren (siehe ISO 148-1) durchgeführt wird. Es gibt jedoch Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der einzelnen Faktoren, die einen Beitrag zu  $z$  liefern. Unter der Annahme, dass alle Größen unabhängig sind, ist die kombinierte Standardunsicherheit für  $z$  nach der folgenden Gleichung zu errechnen:

$$u_c(z) = \sqrt{u^2(R) + u^2(A) + u^2(C) + u^2(E) + u^2(V) + u^2(l - l_1) + u^2(H) + u^2(S)} \quad (\text{B.2})$$

Nicht alle Werte aus den Gleichungen (B.1) und (B.2) können zuverlässig und quantitativ ermittelt werden. Stattdessen wird eine indirekte Prüfung des Pendelschlagwerks unter Anwendung von Referenzmaterialien durchgeführt, um die Abweichung des Pendelschlagwerks und die dazugehörige Messunsicherheit zu bestimmen.

Dennoch ist es wichtig, die Zuverlässigkeit der unterschiedlichen Stufen der obligatorischen direkten Prüfung zu untersuchen. Aus diesem Grund werden in diesem informativen Anhang die dem Stand der Technik entsprechenden Verfahren diskutiert, um die Unsicherheiten zu bestimmen, die mit den Ergebnissen einer Anzahl von Messungen verknüpft sind, die während der direkten Prüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks durchgeführt werden.

Im Allgemeinen wird die Unsicherheit für einen zertifizierten Wert auf dem Zertifikat für ein Vertrauensniveau von etwa 95 % festgelegt. Daher ist die kombinierte Standardunsicherheit  $u_{RM}$  unter Anwendung eines geeigneten Erfassungsbereichsfaktors  $k$  zu erweitern. Der anzuwendende Erfassungsbereichsfaktor hängt von der Anzahl der Freiheitsgrade ab, die der kombinierten Unsicherheit zuzuordnen sind und die unter Anwendung der Näherung nach Welch-Satterthwaite zu berechnen ist. Für einen typischen Fall ist die Anzahl der effektiven Freiheitsgrade größer als 20, und es kann ein Erfassungsbereichsfaktor von  $k = 2$  angewendet werden.

**ANMERKUNG 1** Andere Verfahren zur Bewertung der Messunsicherheiten können angewandt werden, wenn sie die Anforderungen des GUM (siehe Literaturhinweis [9]) erfüllen.

Das grundlegende Ziel besteht darin, eine zuverlässige Abschätzung der Messunsicherheit für die direkt überprüften Parameter zu erreichen um zu verifizieren, ob die Summe der Abweichungen zwischen Nennwert und gemessenem Wert und der Messunsicherheit dieser Abweichung innerhalb der nach Abschnitt 6 zulässigen Toleranzen liegt.

**ANMERKUNG 2** Unsicherheits-Verzichtserklärung:

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

Produktnormen und Datenbanken für Werkstoffeigenschaften, die auf dem vorliegenden Teil von ISO 148 und seinen früheren Ausgaben 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 nur zu informatischen 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 den Produkt-Spezifikationen zu bewerten.

## **B.2 Unsicherheit für bestimmte Parameter des Pendelschlagwerks**

### **B.2.1 Schwingungsmittelpunkt**

Das Pendel muss so gebaut sein, dass die Pendellänge  $l$  gleich dem Abstand zwischen dem Schwingungsmittelpunkt und der Drehachse  $l_1$  ist.

Für die Bestimmung von  $l_1$  wird die folgende Gleichung verwendet:

$$l_1 = \frac{g \times t^2}{4\pi^2} \tag{B.3}$$

Dabei ist

- $l_1$  der Abstand zwischen der Position des Schwingungsmittelpunkts und der Drehachse (reduzierte Pendellänge), in Meter;
- $t$  die bei 100, 50 oder 25 Schwingungen aus drei Messungen bestimmte mittlere Schwingungsdauer des Pendels.

Die Messung für die Dauer  $T$  der Schwingungen wird für z. B. 50 Schwingungen manuell oder mit einem kalibrierten Zeitmessgerät durchgeführt. In diesem Beispiel wird eine realistische Messunsicherheit von  $u(T) = 0,1$  s angewendet. Die Unsicherheit von  $l_1$  kann dann berechnet werden als

$$u(l_1) = \frac{2 \times g \times T}{(4\pi^2) \times 50^2} \times u(T) \quad (\text{B.4})$$

Die Pendellänge  $l$  wird mit einem Messschieber gemessen. Da die Pendellänge,  $l$  häufig nicht direkt gemessen werden kann, wird sie aus drei Teilmessungen,  $L_1$ ,  $L_2$  und  $L_3$  bestimmt:

$$u(l) = \sqrt{u^2(L_1) + u^2(L_2) + u^2(L_3)} \quad (\text{B.5})$$

Der Messschieber hat für geringere Längen (z. B.  $L_1$  und  $L_3$ ) im Allgemeinen eine Messunsicherheit von 0,1 mm. Für größere Längen (hier:  $L_2$ ) hat der Messschieber im Allgemeinen eine Messunsicherheit von 0,3 mm. In diesem Fall ergibt sich für die kombinierte Messunsicherheit:  $u(l) = 0,3$  mm.

ANMERKUNG Diese Werte sind üblicherweise im Kalibrierschein der verwendeten Messgeräte enthalten.

Die Messunsicherheit für die Abweichung der Position des Schwingungsmittelpunkts von der gemessenen Pendellänge ( $l - l_1$ ) wird mit den oben genannten Unsicherheiten folgendermaßen errechnet:

$$u(l - l_1) = \sqrt{u^2(l) + u^2(l_1)} \quad (\text{B.6})$$

BEISPIEL Siehe auch Tabelle B.1.

Für eine gemessene Pendellänge von  $l = 800,0$  mm, eine gemessene Schwingungsdauer  $T$  (für 50 Schwingungen) = 89,7 s und dem daraus errechneten Wert für  $l_1 = 799,75$  mm sowie unter Anwendung der oben genannten Unsicherheiten für Längen- und Zeitmessungen wird eine Unsicherheit von  $u(l - l_1) = 1,07$  mm ermittelt. Dieser Wert liegt innerhalb der zulässigen Toleranz (0,5 %).

**Tabelle B.1 — Messunsicherheitsbudget der Lage des Schwingungsmittelpunktes**

Größe	Ermittelter Wert	Unsicherheit		Standard-unsicherheit	Sensitivitätskoeffizient	Beitrag zur Unsicherheit von ( $l - l_1$ )
		Wert	Art der Verteilung			
$l$	800,0 mm	0,3 mm	Normal	0,3 mm	1 mm/mm	0,3 mm
$T$	89,7 s	0,1 s	Rechtwinklig	0,058 s	17,83 mm/s	1,03 mm
Kombinierte Messunsicherheit $u(\overline{l - l_1})$						1,07 mm
Erweiterte Messunsicherheit unter Anwendung von $k = 2$ für eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 %						2,14 mm

### B.2.2 Auftreffgeschwindigkeit

Die Auftreffgeschwindigkeit wird aus der Pendellänge und dem Fallwinkel errechnet; sie ist ein typischer Parameter des Pendelschlagwerks. Die in dieser Norm festgelegten zulässigen Fehler für die direkte Prüfung sind relativ groß. Daher ist es nicht erforderlich, die Unsicherheit für diesen Wert zu errechnen.

### B.2.3 Berechnung der verbrauchten Energie

Für die Berechnung der verbrauchten Energie ist die folgende Gleichung zu verwenden:

$$KV = F \times l_2 \times (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (\text{B.7})$$

Dabei ist

- $K$  die aus dem gemessenen Fall- und Steigwinkel errechnete verbrauchte Energie, in Joule;
- $F$  die vom Pendel im Abstand  $l_2$  in der horizontalen Position auf das Kraftanzeigegerät ausgeübte Kraft, in Newton,
- $l_2$  der Abstand zwischen dem Angriffspunkt der Kraft  $F$  und der Drehachse, in Meter;
- $\alpha$  der Fallwinkel, in Grad;
- $\beta$  der Steigwinkel, in Grad.

Für die oben genannten Parameter gibt es in dieser Norm keine Angaben für bestimmte Nennwerte oder -bereiche. Folglich gibt es für diese Parameter auch keine Abweichung, sondern nur eine Messunsicherheit. Die Unsicherheit der aus den gemessenen Werten errechneten Energie ist nach der folgenden Gleichung zu errechnen:

$$u_1^2 = \left( \frac{\partial KV}{\partial F} \right)^2 u^2(F) + \left( \frac{\partial KV}{\partial l_2} \right)^2 u^2(l_2) + \left( \frac{\partial KV}{\partial \beta} \right)^2 u^2(\beta) + \left( \frac{\partial KV}{\partial \alpha} \right)^2 u^2(\alpha) \quad (\text{B.8})$$

Aus Gleichung (B.7) können die folgenden Gleichungen abgeleitet werden:

$$\frac{\partial KV}{\partial \alpha} = F \times l_2 \times \sin \alpha \quad (\text{B.9})$$

$$\frac{\partial KV}{\partial \beta} = -F \times l_2 \times \sin \beta \quad (\text{B.10})$$

$$\frac{\partial KV}{\partial F} = l_2 \times (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (\text{B.11})$$

$$\frac{\partial KV}{\partial l_2} = F \times (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (\text{B.12})$$

Für die einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit ergibt sich:

$$u(F) = \sqrt{u^2(F_{\text{std}}) + u^2(t) + u^2(S) + u^2(D)} \quad (\text{B.13})$$

Dabei ist

$$u(t) = \frac{\delta \times a_{\text{temp}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{B.14})$$

Dabei ist

$\delta$  der Temperaturkoeffizient des Kraftmesssystems (vom Hersteller angegeben);  
 $a_{\text{temp}}$  die Abweichung von der Referenztemperatur;

$$u(S) = \frac{a_{\text{stab}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{B.15})$$

Dabei ist  $a_{\text{stab}}$  die Langzeitstabilität des Kraftmesssystems;

$$u(D) = a_{\text{int-dev}} \quad (\text{B.16})$$

Dabei ist  $a_{\text{int-dev}}$  die Interpolationsabweichung des Kraftmesssystems;

$$u(l_2) = \frac{\Delta l_2}{l_2} \quad (\text{B.17})$$

Dabei ist  $\Delta l_2$  die Unsicherheit der Abstandsmessung zwischen dem Kraftangriffspunkt und der Drehachse.

ANMERKUNG  $\Delta l_2$  wird aus dem Kalibrierschein des zur Messung von  $l_2$  verwendeten Messgeräts entnommen.

BEISPIEL Siehe auch Tabelle B.2.

### 1) Kraft

Messunsicherheit des Kraftmesssystems:  $U_{\text{std}} = 0,12 \%$  ( $k = 2$ )

Langzeitstabilität des Kraftmesssystems:  $a_{\text{stab}} = 0,05 \%$

Temperaturkoeffizient des Kraftmesssystems:  $\delta = 0,01 \%$

Abweichung von der Referenztemperatur:  $a_{\text{temp}} = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Messunsicherheit wegen der linearen Interpolation für die vom Pendel auf das Kraftmesssystem ausgeübte Kraft:  $a_{\text{int-dev}} = 0,05 \%$

Vom Pendel auf das Kraftmesssystem bei einer Pendellänge von 750,1 mm ausgeübte Kraft:  $F = 206,70 \text{ N}$

Die kombinierten Beiträge der Messunsicherheit für die Kraft erreichen 0,1 %. Für eine Kraft  $F$  von 206,70 N ergibt sich folglich für die kombinierte Standardunsicherheit,  $u(F)$  ein Wert von 0,21 N.

### 2) Pendellänge

Unsicherheit der Abstandsmessung:  $\Delta l_2 = 0,3 \text{ mm}$

Länge des Pendels:  $l = l_2 = 750,1 \text{ mm}$

(Die Unsicherheit des Abstands  $l_2$ , über den die Kraftmessung erfolgt, kann bei sorgfältigem Gebrauch durch  $\Delta l_2 = \pm 0,3 \text{ mm}$  erfasst werden.)

3) Winkel

Unsicherheit der Winkelmessung:  $\Delta\alpha = \Delta\beta = 0,2^\circ$ ; Steigwinkel:  $\beta = 120^\circ$ ; Fallwinkel:  $\alpha = 160^\circ$

Vor Anwendung der Gleichungen müssen Grad in Radiant und Millimeter in Meter umgerechnet werden.

Tabelle B.2 — Messunsicherheitsbudget der verbrauchten Energie

Größe	Ermittelter Wert	Unsicherheit		Standard-unsicherheit	Sensitivitätskoeffizient	Beitrag zur Unsicherheit von $K_V$
		Wert	Art der Verteilung			
$F$	206,70 N	0,21 N	Normal	0,21 N	0,33 J/N	0,07 J
$L$	750,1 mm	0,3 mm	Rechtwinklig	0,17 mm	91 J/m	0,016 J
$\beta$	120°	0,2°	Rechtwinklig	0,12°	134 J/rad	0,27 J
$\alpha$	160°	0,2°	Rechtwinklig	0,12°	53 J/rad	0,11 J
Kombinierte Messunsicherheit						0,30 J
Erweiterte Messunsicherheit unter Anwendung von $k = 2$ für eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 %						0,6 J

B.2.4 Ablesungen für die verbrauchte Energie auf einer analogen oder digitalen Skala

$S$  ist die Abweichung des Anzeige-Mechanismus; sie zeigt die Differenz zwischen der Ablesung für die verbrauchte Energie an der Analogskala des Pendelschlagwerks oder einem am PC des Pendelschlagwerks angezeigten digitalen Wert und der errechneten Energie.  $S$  kann für ein bestimmtes Pendelschlagwerk unter Anwendung der Ergebnisse der direkten Prüfung errechnet werden:

$$S = K_s - K_{calc} \tag{B.18}$$

Dabei ist  $S$  die Abweichung der angezeigten Energie  $K$  gegenüber der berechneten Energie  $K_T$ , wobei beide Energien in Joule angegeben werden.

Die effektive Unsicherheit  $u(S)$  wird nach der folgenden Gleichung errechnet:

$$u(S) = \sqrt{u^2(K_s) + u^2(K_{calc})} \tag{B.19}$$

Dabei ist

$$u(K_s) = \frac{a}{2 \times \sqrt{3}} \tag{B.20}$$

wobei  $a$  die Auflösung der Skala ist.



BEISPIEL Siehe auch Tabelle B.3.

An der analogen Skala abgelesener Wert

$$K_S = 68,0 \text{ J}$$

Auflösung der Anzeigeeinrichtung:

$$a = 0,5 \text{ J}$$

Aus den gemessenen Winkeln errechneter Energiewert:

$$K_{\text{calc}} = 68,17 \text{ J}$$

Unsicherheit der aus den gemessenen Winkeln berechneten Energie:

$$u(K_{\text{calc}}) = 0,38 \text{ J}$$

**Tabelle B.3 — Messunsicherheitsbudget für die Abweichung der angezeigten verbrauchten Energie**

Größe	Ermittelter Wert	Unsicherheit		Standard-unsicherheit	Sensitivitätskoeffizient	Beitrag zur Unsicherheit von $S$
		Wert	Art der Verteilung			
$K_S$	68,0 J	0,5 J	Rechtwinklig	0,14 J	1	0,14 J
$K_{\text{calc}}$	68,17 J	0,3 J	Normal	0,3 J	1	0,3 J
Kombinierte Messunsicherheit						0,33 J
Erweiterte Messunsicherheit unter Anwendung von $k = 2$ für eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 %						0,7 J

## Anhang C (informativ)

### Verfahren zur direkten Überprüfung der geometrischen Eigenschaften der Pendelschlagwerke unter Anwendung einer Lehre

#### C.1 Anwendungsbereich

In diesem Anhang wird ein Verfahren für die direkte Überprüfung der geometrischen Eigenschaften der Pendelschlagwerke unter Anwendung einer Lehre beschrieben.

Folgende Eigenschaften können überprüft werden:

- Position der Hammerfinne in der Symmetrieebene der Widerlager;
- horizontale Lage der Drehachse des Pendels;
- Rechtwinkligkeit zwischen Pendelarm und Drehachse;
- Fluchtung von Hammerfinne und Pendelarm;
- Rechtwinkligkeit zwischen Hammerfennenebene und Probe.

Dieses Verfahren kann auf alle Pendelschlagwerke angewendet werden und besonders auf Pendelschlagwerke ohne Referenz-Fläche am Maschinengestell.

#### C.2 Lehre

Form und Maße der Lehre werden in Bild C.1 festgelegt. Die Lehre hat zwei Enden (A und B), die den beiden Anwendungspositionen (A und B) entsprechen.

#### C.3 Verfahren

Vor Anwendung der Lehre müssen die folgenden beiden Eigenschaften unter Anwendung eines Nivelliergeräts verifiziert werden:

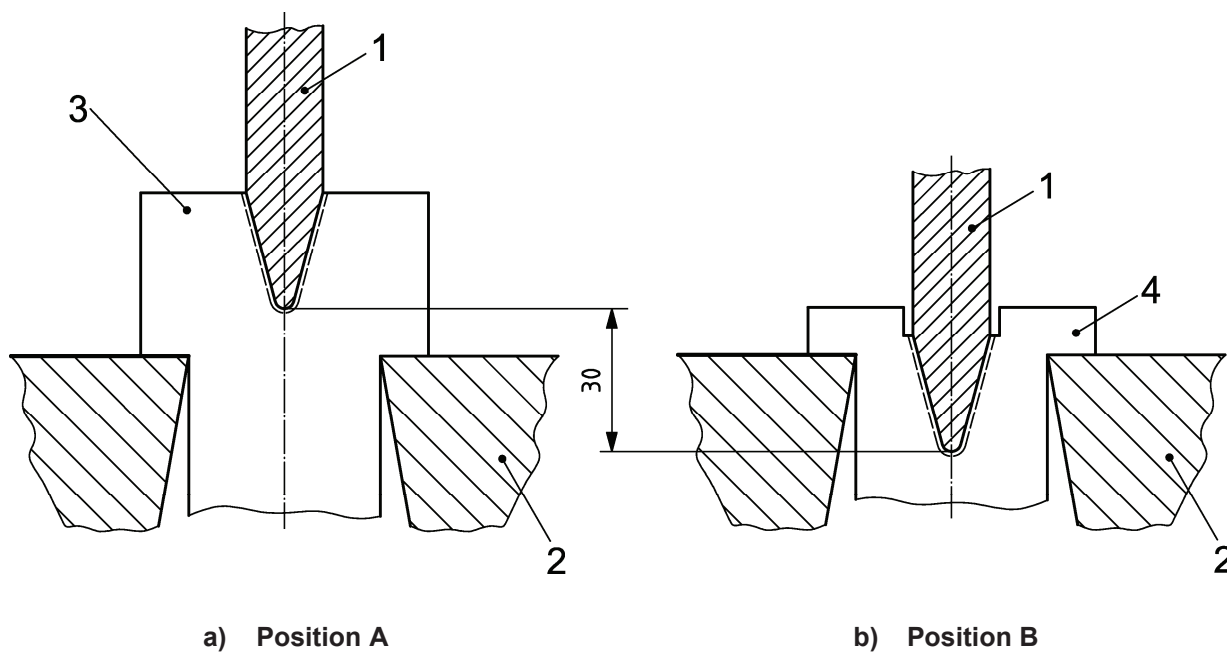
- horizontale Lage der Probenauflagerebene;
- Rechtwinkligkeit zwischen den Ebenen der Widerlager und der Auflager für die Probe.

Die Lehre muss in den beiden Positionen A und B nach Bild C.2 angewendet werden, wobei die Hammerfinne in Position B einen 30 mm längeren Weg als in Position A zu durchlaufen hat.

In Bild C.3 und in Bild C.4 wird die Anwendung der Lehre zur Überprüfung der in C.1 definierten Eigenschaften dargestellt.



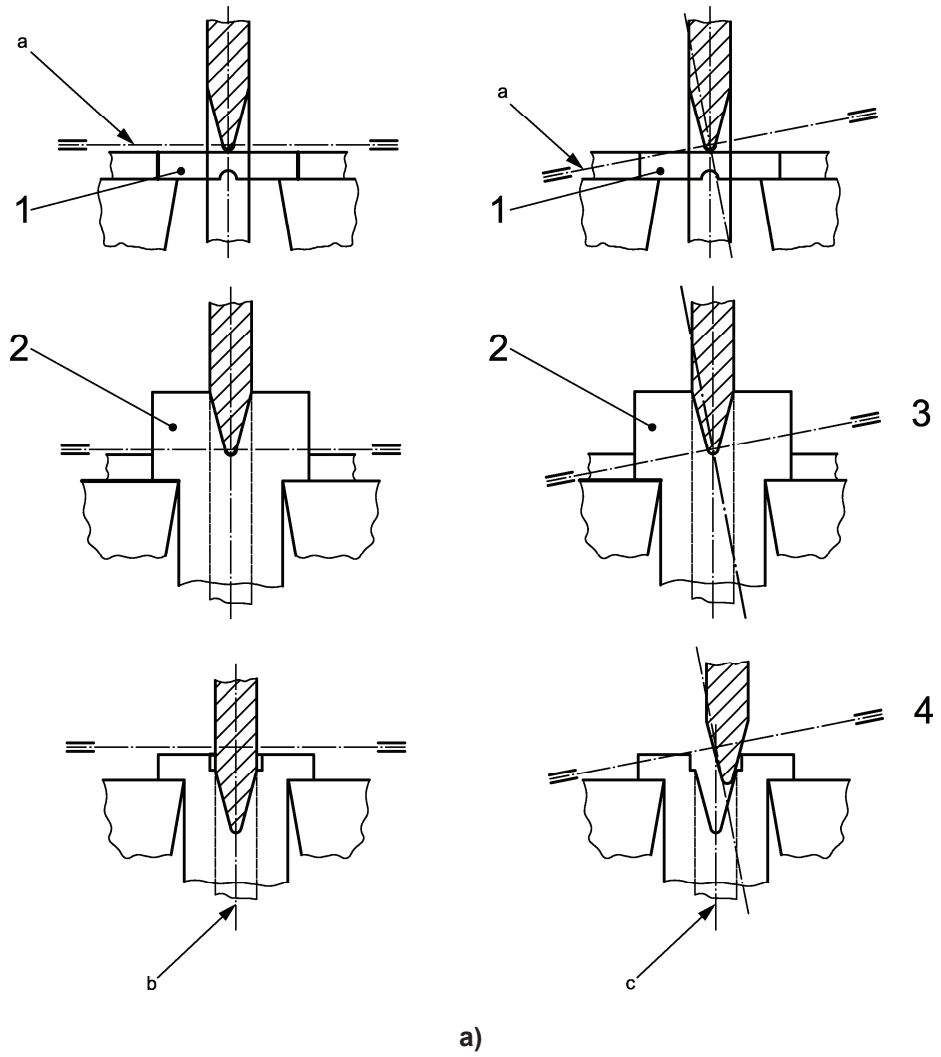
Maße in Millimeter

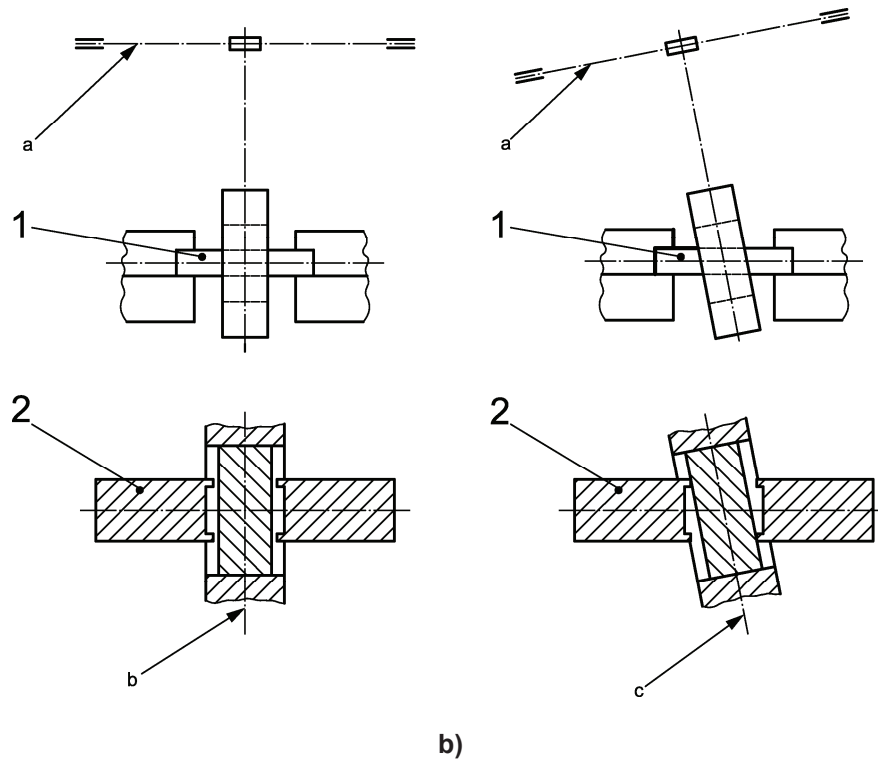


**Legende**

- 1 Hammerfinne
- 2 Widerlager
- 3 Ende A der Lehre
- 4 Ende B der Lehre

**Bild C.2 — Wechsel von Position A zu Position B, wodurch die Hammerfinne einen 30 mm längeren Weg zu durchlaufen hat**





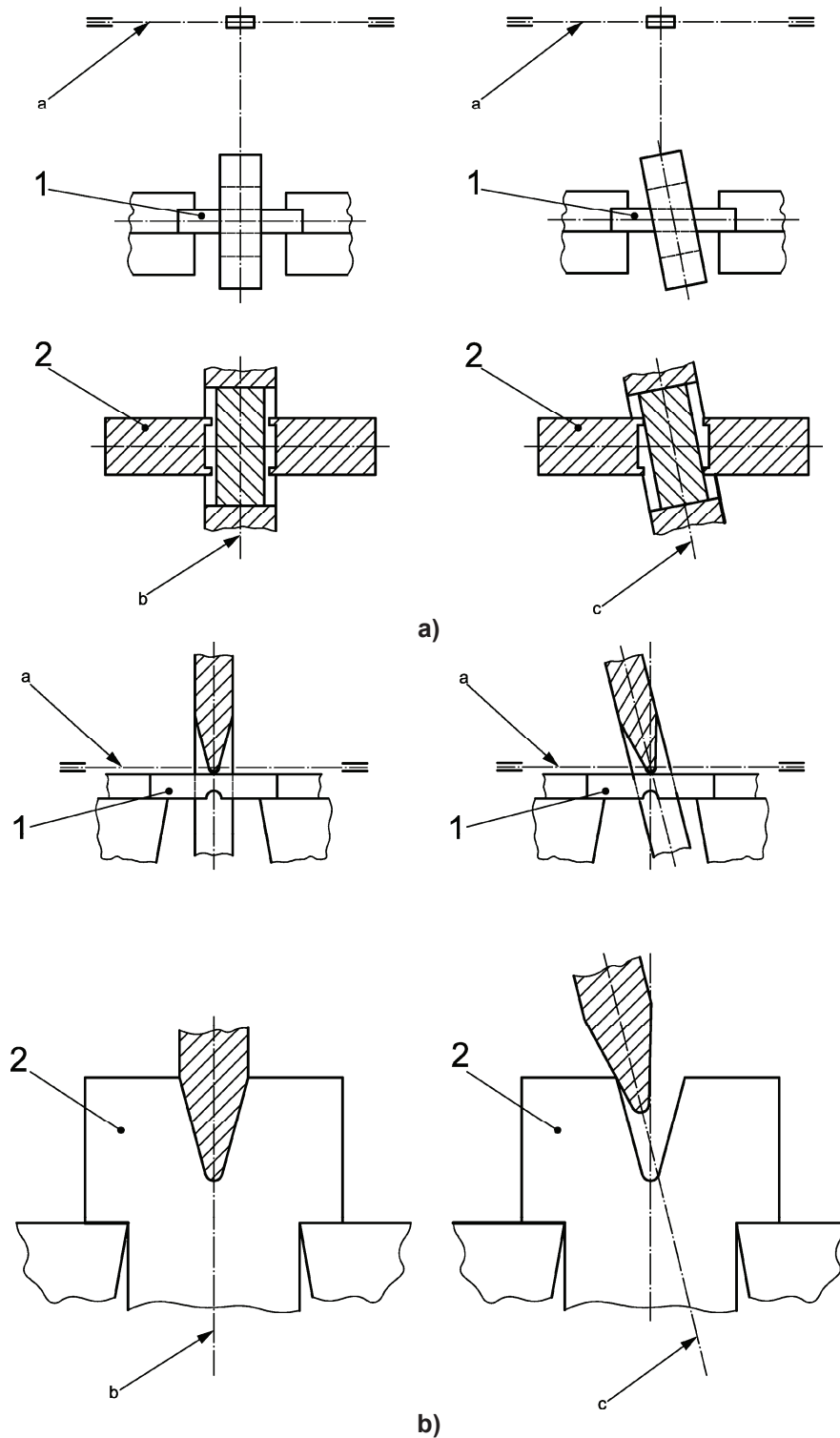
**Legende**

- 1 Probe
- 2 Lehre
- 3 Ende A
- 4 Ende B
- a Pendelachse
- b Schwingebene des Pendels rechtwinklig zur Längsachse der Probe
- c Schwingebene des Pendels nicht rechtwinklig zur Längsachse der Probe

**Bild C.3 — Anwendungsbeispiel für die in Bild C.1 gezeigte Lehre**

In Bild C.3 ist:

- a) Die Schwingebene des Pendels ist nicht rechtwinklig zur Längsachse der Probe (Bilder auf der rechten Seite)
- b) Der Fehler besteht darin, dass die Finnschneide die Seiten der Lehre berührt: Teile des Endes A der Lehre oben links und unten rechts.



**Legende**

- 1 Probe
- 2 Lehre

- a Pendelachse
- b Symmetrieebene des Hammers in der Schwingebene des Pendels
- c Symmetrieebene des Hammers nicht in der Schwingebene des Pendels

**Bild C.4 — Anwendungsbeispiel für die in Bild C.1 gezeigte Vorrichtung**

In Bild C.4:

- a) Die Symmetrieebene des Hammers ist nicht in der Schwingenebene des Pendels (Bilder auf der rechten Seite).
- b) Der Fehler besteht darin, dass die Finnenschneide die Seiten der Lehre berührt: Teile des Endes A der Lehre oben links und unten rechts.
- c) Der Fehler besteht darin, dass die Finnenschneide nicht den Kerbgrund des V-Kerbs der Lehre berührt.

## Literaturhinweise

- [1] ISO 7500-1:2004, *Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system*
- [2] WEHRSTEDT, A. und PATKOVŠKY, I: *News in the field of standardization about verification and calibration of materials testing machines*, Mai 2001, EMPA Academy 2001
- [3] YAMAGUCHI, Y., TAKAGI, S. und NAKANO, H. *Effects of anvil configurations on absorbed energy*,. In: *Pendulum Impact Testing: A Century of Progress* (eds. Siewert, T. A. and Manahan, M. P.), ASTM International 1380, 2000, Seiten 164–180
- [4] REVISE, G. *Influence des paramètres dimensionnels du mouton pendule*, Bulletin BNM, **47**, 1982; Seiten 29–39
- [5] ISHINO, J., SHIN, S., NAGAI, S. und YANO, H. *Error evaluation of Charpy impact test*, Bulletin of NRLM, **41**(2), 1992, Seiten 97–102
- [6] TAKAGI, S. und YAMAGUCHI, Y. *Uncertainty analyses of reference specimens for the verification of Charpy impact test machines*, J. Material Testing Research Association of Japan, **48**(4), 2003, Seiten 250–254
- [7] GERBER, S. und HÄNSEL, G. *Determination of Uncertainty of Measurements in Calibration of Impact Testing Machines*. Proceedings of the EUROLAB International Workshop, 17. bis 18. Mai 2001, Dübendorf, Switzerland
- [8] GERBER, S. *Kalibrierung von Pendelschlagwerken und deren Messunsicherheit*. Werkstoffprüfung 2005, Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. (DVM), 01./02.12.2005, Berlin, Deutschland
- [9] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*
- [10] EN 10045-2, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 2: Prüfung der Prüfmaschine (Pendelschlagwerk)*