

DIN EN ISO 148-2

ICS 77.040.10

Einsprüche bis 2015-10-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 148-2:2009-09

Entwurf

**Metallische Werkstoffe –
Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy –
Teil 2: Überprüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke)
(ISO/DIS 148-2:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 148-2:2015**

Metallic materials –
Charpy pendulum impact test –
Part 2: Verification of testing machines (ISO/DIS 148-2:2015);
German and English version prEN ISO 148-2:2015

Matériaux métalliques –
Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy –
Partie 2: Vérification des machines d'essai (mouton-pendule) (ISO/DIS 148-2:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 148-2:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-08-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 91 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 148-2:2015) ist im Technischen Komitee ECISS/TC 1 „Stahlprüfung“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) unter intensiver deutscher Mitwirkung ausgearbeitet worden. Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-44 AA „Schlagzähigkeitsprüfung für Metalle“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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 Überprüfen (en: „verification“) ermittelt.

In dieser Internationalen Norm sind für die lichten Abstände zwischen den Widerlagern für die Prüfung von Pendelschlagwerken für DVM-, DVMK-Proben keine Maße und Maßabweichungen enthalten. Diese Angaben sind in DIN EN ISO 148-1:2014-02 enthalten.

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 weiter bestehen. Dort werden die besonderen Anforderungen an kleine Pendelschlagwerke mit einem Nennarbeitsvermögen ≤ 50 J und deren Prüfung festgelegt, die nicht in DIN EN ISO 148-2 enthalten sind.

In der EN ISO 148-2 wird 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.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 148-2 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 148-1	siehe	DIN EN ISO 148-1
ISO 148-3	siehe	DIN EN ISO 148-3
ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 148-2:2009-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vereinheitlichung der Terminologie „Dicke“ und „Breite“ mit den Normen aus dem Bereich der Bruchmechanik;
- b) Überarbeitung von 7.3 „Anforderungen an Referenzproben“;
- c) Erweiterung von durchzuführenden Überprüfungen um Angaben zu Messunsicherheitsgrenzwerten;
- d) Überarbeitung der Anforderungen und Informationen zur Häufigkeit der Überprüfung
- e) redaktionelle Überarbeitung.

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 Überprüfung 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*

Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 2: Überprüfung der Prüfmaschinen (Pendelschlagwerke) (ISO/DIS 148-2:2015)

Matériaux métalliques — Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy — Partie 2 : Vérification et étalonnage des machines d'essai (ISO/DIS 148-2:2015)

Metallic materials — Charpy pendulum impact test — Part 2: Verification of testing machines (ISO/DIS 148-2:2015)

ICS:

Deskriptoren:

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
3.1 Begriffe im Zusammenhang mit der Prüfmaschine	7
3.2 Begriffe im Zusammenhang mit der Energie	8
3.3 Begriffe im Zusammenhang mit den Proben	9
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Pendelschlagwerk.....	11
6 Direkte Überprüfung.....	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Fundament/Aufstellung.....	12
6.3 Maschinengestell	12
6.4 Pendel	13
6.5 Widerlager und Auflager	17
6.6 Anzeigeeinrichtung.....	18
7 Indirekte Überprüfung durch Anwendung von Referenzproben	18
7.1 Verwendete Referenzproben	18
7.2 Stufen der verbrauchten Energie	18
7.3 Anforderungen an Referenzproben	19
7.4 Eingeschränkte direkte Überprüfung	19
7.5 Systematische Abweichung und Wiederholpräzision	19
7.5.1 Wiederholpräzision.....	19
7.5.2 Systematische Abweichung	19
8 Prüfhäufigkeit.....	20
9 Kalibrierschein/Prüfzeugnis	20
9.1 Allgemeines	20
9.2 Direkte Überprüfung.....	20
9.3 Indirekte Überprüfung	21
10 Messunsicherheit.....	21
Anhang A (informativ) Messunsicherheit für das Ergebnis der indirekten Überprüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks	27
A.1 Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen	27
A.1.1 Allgemeines	27
A.1.2 Unsicherheits-Verzichtserklärung	27
A.2 Beiträge zur Messunsicherheit der indirekten Überprüfung	27
A.2.1 Systematische Abweichung	27
A.2.2 Unsicherheit des Abweichungswertes	28
A.3 Bestimmung der kombinierten Unsicherheit, u_V für das Ergebnis der indirekten Überprüfung	28
A.4 Erweiterung der kombinierten Messunsicherheit	29
A.5 Beispiele zur Berechnung und Angabe von B_V und u_V	29
Anhang B (informativ) Messunsicherheit für die Ergebnisse der direkten Überprüfung eines Charpy-Pendelschlagwerks	31

B.1	Anwendungsbereich	31
B.2	Unsicherheit für bestimmte Parameter des Pendelschlagwerks	32
B.2.1	Schwingungsmittelpunkt.....	32
B.2.2	Auftreffgeschwindigkeit.....	34
B.2.3	Berechnung der verbrauchten Energie.....	34
B.2.4	Ablesungen für die verbrauchte Energie auf einer analogen oder digitalen Skala.....	36
Anhang C (informativ) Verfahren zur direkten Überprüfung der geometrischen Eigenschaften der Pendelschlagwerke unter Anwendung einer Lehre		38
C.1	Anwendungsbereich	38
C.2	Lehre	38
C.3	Verfahren	38
Literaturhinweise		45

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 148-2:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 148-2:2008 ersetzen.

ISO 148 mit dem Haupttitel *Metallic materials — Charpy pendulum impact test* besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 1: Test method*
- *Part 2: Verification and calibration of testing machines*
- *Part 3: Preparation and characterization of Charpy V-notch test pieces for indirect verification of pendulum impact machines*

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 148-2:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 148-2:2015 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. in Bezug auf die Form und den Abstand zwischen den Widerlagern. Die Kalibrierung der Skala wird üblicherweise durch die Bestimmung der Pendelmasse und dessen Höhe bei verschiedenen Skalenablesungen überprüft. 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 Überprüfungsverfahren 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 Überprüfung 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.

Diese Norm beschreibt sowohl das ursprüngliche direkte als auch das indirekte Überprüfungsverfahren.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von ISO 148 werden die Überprüfung eines Pendelschlagwerks hinsichtlich seiner einzelnen Teile, seiner gesamten Schlagarbeit und der Genauigkeit der erhaltenen Ergebnisse 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 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 Überprüfung von Referenz-Pendelschlagwerken sind in ISO 148-3 enthalten.

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

- 1) 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 Überprüfung und Kalibrierung eingesetzten Geräte sind auf nationale Normale rückführbar.
- 2) Das indirekte Verfahren, welches prinzipiell dynamisch ist und 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 Überprüfungen 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.

Dieser Teil von ISO 148 beschreibt, wie die verschiedenen Komponenten der gesamten verbrauchten (absorbierten) Energie zum Brechen der Probe bewertet werden. 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*

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, Annex D*

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 Probenauflagen 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 1 zum Begriff: 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 Probendicke (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 zum Begriff: Mit diesen Pendelschlagwerken dürfen keine Referenzwerte bestimmt werden, es sei denn, dass sie auch die Anforderungen eines Referenz Pendelschlagwerks (siehe ISO 148-3) erfüllen.

Anmerkung 2 zum Begriff: 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

Anmerkung 1 zum Begriff: Referenz-Pendelschlagwerke werden nach den in ISO 148-3 beschriebenen Verfahren überprüft.

3.1.7

Hammerfinne

Teil des Pendelhammers, der die Probe berührt

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 1 zum Begriff: 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 potenzielle Energie des Hammers vor seiner Freigabe für den Schlagversuch und der potenziellen Energie des Hammers in Schlagposition

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 6.4.2.

3.2.3

verbrauchte Schlagenergie

K

die bei der Prüfung mit einem Pendelschlagwerk für das Brechen der Probe erforderliche Energie, die wie in 6.4.5 definiert bezüglich der Reibung korrigiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 und den Luftwiderstand korrigiert sein kann, um die verbrauchte Schlagenergie K anzugeben

3.2.7

Energiewert der Referenzproben

K_R

zertifizierter Wert der verbrauchten Energie der Referenzproben, die bei Überprüfung des Arbeitsvermögens eines Pendelschlagwerks verwendet werden

3.3 Begriffe im Zusammenhang mit den Proben

3.3.1

Breite

Abstand zwischen der gekerbten Fläche und der gegenüberliegenden Fläche

3.3.2

Dicke

Maß senkrecht zur Breite, 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 verbrauchte Energie mit der für die Probe mitgelieferten verbrauchten Referenzenergie verglichen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 ^a	Einheit	Bedeutung
B_V	J	Systematische Abweichung des Pendelschlagwerks, bestimmt durch indirekte Überprüfung
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 ²	Erdbeschleunigung
GUM	—	Leitfaden zur Angabe der Messunsicherheit [8]
h	m	Fallhöhe des Pendels

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol/ Abkürzung ^a	Einheit	Bedeutung
H_1	m	Steighöhe des Pendels
ISO	—	Internationale Organisation für Normung
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
KV_R	J	Zertifizierter KV -Wert der bei der indirekten Überprüfung verwendeten Referenzproben
$\overline{KV}_V$	J	Mittlerer KV -Wert der bei der indirekten Überprüfung 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_1 oder β_1	J oder Grad	Angezeigte verbrauchte Energie oder angezeigter Steigwinkel, wenn das Pendelschlagwerk auf übliche Weise ohne eingelegte Probe betätigt wurde
K_2 oder β_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 β_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 Überprüfung 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_β	J	Korrekturwert für die Verluste der verbrauchten Schlagenergie bei einem Steigwinkel β
r	J	Auflösung der Anzeige des Pendelschlagwerks
RM	—	Referenzmaterial
s_V	J	Standardabweichung der KV -Werte, ermittelt an n_V Referenzproben

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol/ Abkürzung ^a	Einheit	Bedeutung
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
$T_{\min}$	s	Kleinster Wert von T
u	—	Standardmessunsicherheit
$u(\overline{KV}_V)$	J	Standardmessunsicherheit von $(\overline{KV}_V)$
$u(B_V)$	J	Beitrag der systematischen Abweichung zur Standardmessunsicherheit
$u(F)$	J	Standardmessunsicherheit der gemessenen Kraft, F
$u(F_{\text{td}})$	J	Standardmessunsicherheit des Kraftmesssystems
$u(r)$	J	Beitrag der Auflösung zur Standardmessunsicherheit
u_{RM}	J	Standardmessunsicherheit des bei der indirekten Überprüfung verwendeten zertifizierten Wertes für das Referenzmaterial
u_V	J	Standardmessunsicherheit des Ergebnisses der indirekten Überprüfung
α	Grad	Fallwinkel des Pendels
β	Grad	Steigwinkel des Pendels
ν_B	—	Freiheitsgrade aus $u(B_V)$
ν_V	—	Freiheitsgrade aus u_V
ν_{RM}	—	Freiheitsgrade aus u_{RM}
^a Siehe Bild 4.		

5 Pendelschlagwerk

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

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

6 Direkte Überprüfung

6.1 Allgemeines

Die direkte Überprüfung des Pendelschlagwerks umfasst die Überprüfung der in 5. aufgeführten Teile a)-e).

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:

- 1) 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;
- 2) 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:

- 1) freie Position des Pendels;
- 2) Lage des Pendels in Bezug zu den Auflagern;
- 3) axiales und radiales Spiel der Pendellager;
- 4) Freiraum zwischen Hammer und Maschinengestell.

Pendelschlagwerke, die nach 1998 hergestellt wurden, müssen eine Referenz-Fläche besitzen, auf die alle Messungen bezogen werden können.

Anhang C 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 waagrechte 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 10,5 mm hat (siehe Bild 3).

6.3.5 Die Schwingebene des Pendels muss zur Drehachse einen Winkel von $(90,0 \pm 0,1)^\circ$ ($u < 0,05^\circ$) haben.

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

ANMERKUNG Eine Möglichkeit um zu überprüfen, ob diese Anforderung erfüllt ist, besteht darin, eine Probe mit den Maßen $55 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ zu verwenden, die fest (z. B. mit Klebeband fixiert) in dünnes Papier eingewickelt wird, sowie eine Finnenschneide, die fest mit Kohlepapier umwickelt wird, so 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 Überprüfung kann 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 $0,5 \text{ mm}$ aufweisen ($u < 0,02 \text{ mm}$).

6.3.8 Das axiale Spiel der Pendellager, gemessen an der Hammerfinne, darf $0,25 \text{ mm}$ 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)] ($u < 0,05 \text{ mm}$).

6.3.9 Das radiale Spiel der Achswellenendes der Pendellager darf $0,08 \text{ mm}$ nicht überschreiten, wenn eine Kraft von $(150 \pm 10) \text{ N}$ im Abstand l senkrecht zur Schwingebene des Pendels aufgebracht wird ($u < 0,02 \text{ mm}$).

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 Es wird empfohlen, dass die Sockelmasse des Maschinengestells mindestens das 12fache der Pendelmasse betragen sollte.

6.4 Pendel

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

- 1) potenzielle Energie, K_P ;
- 2) Fehler der angezeigten verbrauchten Schlagenergie, K_S ;
- 3) Auftreffgeschwindigkeit des Pendels;
- 4) durch Reibung verbrauchte Energie;
- 5) Position des Schwingungsmittelpunkts (d. h. Abstand Schwingungsmittelpunkt/Drehachse);
- 6) Radius der Finnenschneide der Hammerfinne;
- 7) 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 ($u < 5/1\ 000$).

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 Länge l_2 kann gleich groß sein wie Länge l .

Der Fallwinkel α muss auf $\pm 0,2^\circ$ gemessen werden; dieser Winkel kann 90° 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 β auf $\pm 0,2^\circ$ bestimmt wird. Die berechnete Energie wird nach Gleichung (2) errechnet:

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

ANMERKUNG 1 Die Messunsicherheit für l_2 , F und β ergibt eine mittlere Gesamtabweichung für K_{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 darf nicht größer sein als $\pm 1 \%$ der abgelesenen Energie oder als $\pm 0,5 \%$ des nominellen Arbeitsvermögens K_N . In jedem Fall ist der größere Wert zulässig, d. h.

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

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

ANMERKUNG 2 Zu beachten ist, dass die Messgenauigkeit der für die verbrauchte Energie abgelesenen Werte umgekehrt proportional zu ihrem Wert ist, 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_{calc} vorgenommen werden, damit ein Vergleich der Ergebnisse möglich ist.

6.4.4 Die Auftreffgeschwindigkeit kann nach Gleichung (5) bestimmt werden:

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

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 m/s bis $5,5 \text{ m/s}$ betragen ($u < 0,1 \text{ m/s}$); für Pendelschlagwerke, die vor 1998 hergestellt wurden, sind alle Werte innerhalb des Bereichs von $4,3 \text{ m/s}$ bis 7 m/s zulässig; der Wert muss im Kalibrierschein/Prüfzeugnis 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 β_1 oder die angezeigte verbrauchte Energie K_1 ist aufzuzeichnen. Dann wird eine zweite Prüfung ohne Rückstellung des Schleppzeigers durchgeführt, und der Steigwinkel β_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.

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

Nachdem β_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 β_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 Steigwinkel β 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 β_1 und β_2 nahezu gleich α sind, kann die Gleichung (10) vereinfacht werden zu:

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

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

$$\beta = \arccos \left[1 - \frac{1}{M(K_P - K_T)} \right] \quad (12)$$

6.4.5.3 Bei den Werten β_1 , β_2 und β_3 sowie K_1 , K_2 und K_3 handelt es sich um die Mittelwerte von mindestens zwei Messungen. 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. Die Messunsicherheit des für l_1 errechneten Wertes darf weniger als 0,5 mm betragen.

Der Abstand kann bestimmt werden, indem das Pendel eine Schwingung um einen 5° 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 ist

g die mit $9,81 \text{ m/s}^2$ angenommene Erdbeschleunigung;

π^2 ein Wert von 9,87.

Daher ergibt sich, angegeben in Meter: $l_1 = 0,2485 \cdot t^2$.

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 Finnen-schneide und den Winkel des Finnenkeils 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 ($u < 0,2 \text{ mm}$).

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

6.4.8 Der Winkel zwischen der Berührungslinie der Hammerfinne und der waagerechten Probenachse muss $(90 \pm 2)^\circ$ betragen (siehe 6.3.6) ($u < 0,2^\circ$).

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 Überprüfung 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):

- 1) Anordnung der Auflager;
- 2) Anordnung der Widerlager;
- 3) Abstand zwischen den Widerlagern;
- 4) Winkel des Hinterschnitts der Widerlager;
- 5) Radius der Widerlager;
- 6) 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 ($u < 0,05$ mm). Die Auflager müssen so angeordnet werden, dass die Längsachse der Probe zur Drehachse des Pendels bis auf maximal 3/1 000 parallel ist ($u < 1/1 000$)

6.5.3 Die beiden zur Probe weisenden Widerlagerflächen müssen in zueinander parallelen Ebenen mit einem Versatz von maximal 0,1 mm liegen ($u < 0,05$ mm). Der Winkel zwischen den Ebenen der Widerlager und der Auflager muss $(90 \pm 0,1)^\circ$ betragen ($u < 0,05^\circ$). 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 ($u < 0,2$ mm).

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 Positionierung 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:

- 1) ihre Dicke muss etwa 1,5 mm betragen;
- 2) sie müssen eine Mindesthärte von 45 HRC aufweisen;
- 3) ihr Kantenradius muss mindestens 1,5 mm betragen;
- 4) 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:

- 1) Untersuchung der Skalenteilungen;
- 2) 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 kleinergleich 0,25 % des nominellen Arbeitsvermögens betragen.

7 Indirekte Überprüfung durch Anwendung von Referenzproben

7.1 Verwendete Referenzproben

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

- 1) für den Vergleich zwischen Versuchsergebnissen, die auf dem zu prüfenden Pendelschlagwerk und auf einem oder mehreren Referenz-Pendelschlagwerken ermittelt wurden oder mit einem auf eine SI-Einheit rückführbaren, in voller Übereinstimmung mit ISO 148 ermittelten K_R -Wert;
- 2) zur Überwachung der Leistungsfähigkeit eines Pendelschlagwerks über eine Zeitspanne ohne Vergleich mit einem anderen Pendelschlagwerk.

7.2 Stufen der verbrauchten Energie

Die indirekte Überprüfung 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

Referenzproben müssen von einem Referenzproben-Hersteller bezogen werden, der die Proben gemäß ISO 148-3 hergestellt hat. Die Entscheidung, ob nicht brechende Proben bei der Berechnung von systematischer Pendelabweichung und Wiederholpräzision berücksichtigt werden müssen, obliegt dem RM-Hersteller.

7.4 Eingeschränkte direkte Überprüfung

Vor jeder indirekten Überprüfung muss eine eingeschränkte direkte Überprüfung durchgeführt werden. Diese eingeschränkte direkte Überprüfung umfasst:

- 1) eine Untersuchung der Maschine nach 6.2.3 a) und des Maschinengestells nach 6.3.4 und 6.3.6;
- 2) eine (mindestens visuell durchzuführende) Untersuchung des Hammers und der Widerlager auf übermäßigen Verschleiß (siehe Tabelle 3);
- 3) Messung des Abstands zwischen den beiden Widerlagern (siehe Tabelle 3);
- 4) bei Veränderung des Hammers oder der Auflager oder der Widerlager: Messung der Teile 6.3.4, 6.3.6, 6.3.7, 6.4.7, 6.4.8, 6.5.2, 6.5.3 und 6.5.4;
- 5) Messung der Verluste durch Lagerreibung und Luftwiderstand;
- 6) 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 Werte für die verbrauchte Energie aller n_V Referenzproben, die für die indirekte Überprüfung bei einer bestimmten Stufe der Energie verwendet werden. Die Wiederholpräzision des Pendelschlagwerks unter den vorgeschriebenen kontrollierten Bedingungen wird durch Wert b beschrieben, die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten der n_V KV-Werte:

$$b = KV_{\max} - KV_{\min} \quad (14)$$

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

$$\overline{KV_V} = \frac{KV_1 + \dots + KV_{n_V}}{n_V} \quad (16)$$

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 b	Systematische Abweichung $ B_V $
< 40	≤ 6	≤ 4
≥ 40	$\leq 15 \% KV_R$	$\leq 10 \% KV_R$

8 Prüfhäufigkeit

8.1 Eine vollständige direkte Überprüfung, gefolgt von einer indirekten Überprüfung, muss bei der Aufstellung und nach dem Umsetzen eines Pendelschlagwerks durchgeführt werden.

8.2 Indirekte Überprüfungen, einschließlich einer eingeschränkten direkten Überprüfung, müssen mindestens alle 12 Monate durchgeführt werden. Häufigere indirekte Prüfungen können je nach beobachtetem Verschleiß erforderlich sein.

8.3 Wenn Widerlager und/oder der Hammer ersetzt werden, muss eine direkte Überprüfung nach dem Ablauf durchgeführt werden, der in den Abschnitten für das/die betroffene(n) Teil(e) beschrieben wird. Eine indirekte Überprüfung muss ebenfalls durchgeführt werden.

8.4 Eine vollständige direkte Überprüfung muss durchgeführt werden, wenn die Ergebnisse einer indirekten Überprüfung nicht zufriedenstellend ausfallen.

9 Kalibrierschein/Prüfzeugnis

9.1 Allgemeines

Der Kalibrierschein/das Prüfzeugnis muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- 1) Verweisung auf diesen Teil von ISO 148, d. h. ISO 148-2;
- 2) Kennzeichnung des Pendelschlagwerks: Name des Herstellers, Modell- und Seriennummer;
- 3) Radius der Finnenschneide;
- 4) Namen des Eigentümers und Anschrift des Aufstellungsortes;
- 5) den Namen oder das Zeichen der Prüfstelle;
- 6) Datum der Prüfung.

9.2 Direkte Überprüfung

Folgende Angaben zur direkten Überprüfung des Pendelschlagwerks müssen enthalten sein:

- 1) Nennwert des nominellen Arbeitsvermögens des Pendels;
- 2) Auftreffgeschwindigkeit des Pendels;
- 3) Energieverlust durch Luftwiderstand und Reibung.

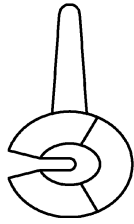
9.3 Indirekte Überprüfung

Folgende Angaben zur indirekten Überprüfung des Pendelschlagwerks müssen enthalten sein:

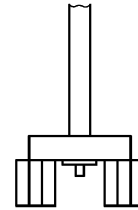
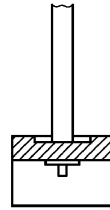
- 1) Kennzeichnung der für die indirekte Überprüfung verwendeten Referenzproben unter Angabe der Referenzwerte und der tatsächlich für die Proben ermittelten Werte der verbrauchten Energie;
- 2) die Ergebnisse der indirekten Überprüfung;
 - a) Wiederholpräzision;
 - b) systematische Abweichung;
 - c)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

10 Messunsicherheit

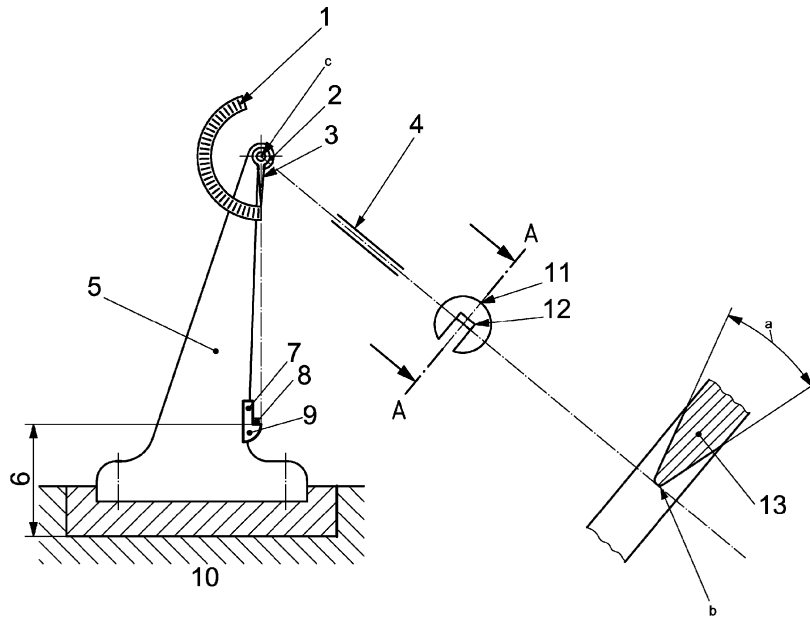
Ein Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit der Ergebnisse der indirekten Überprüfung wird in Anhang A angegeben. In Anhang B werden Verfahren zur Berechnung der Messunsicherheit, wie sie für einige Messungen bei der direkten Überprüfung zum Einsatz kommen, angegeben.



a) Pendelhammer Form C



b) Pendelhammer Form U

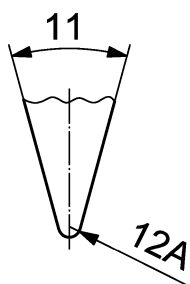


c) Pendelschlagwerk

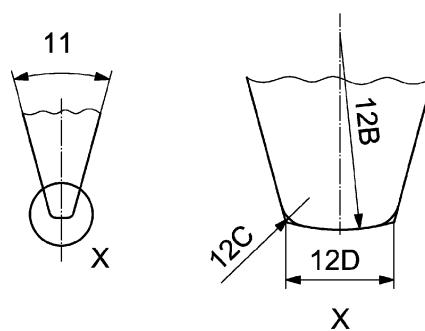
Legende

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 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 |

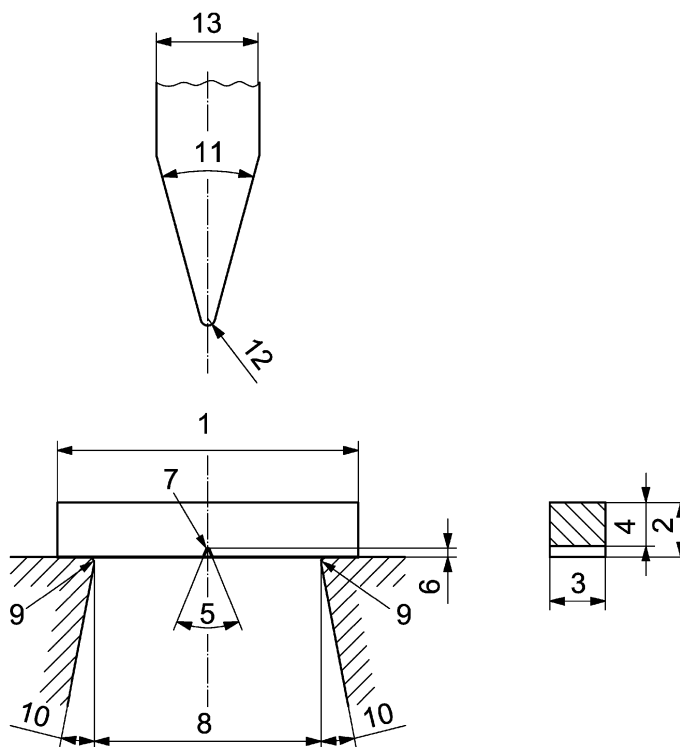
Bild 1 — Einzelteile des Pendelschlagwerks



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 ^a	Bezeichnung	Maß/Größe
1	Länge der Probe	Siehe ISO 148-1
2	Breite der Probe	Siehe ISO 148-1
3	Dicke der Probe	Siehe ISO 148-1
4	Breite der Probe abzüglich der Kerbtiefe (Breite unter dem Kerb)	Siehe ISO 148-1
5	Kerbwinkel	Siehe ISO 148-1
6	Kerbtiefe	Siehe ISO 148-1
7	Kerbgrund-Radius	Siehe ISO 148-1
8	Lichter Abstand zwischen den Widerlagern	40,00 mm $^{+0,20}_{-0,00}$ mm
9	Radius der Widerlager	1,00 mm $^{+0,50}_{-0,00}$ mm
10	Winkel des Hinterschnitts der Widerlager	11° ± 1°
11	Winkel des Finnenkeils	30° ± 1°
12	Radius der Finnenschneide:	
12A	2-mm-Hammer	2,00 mm $^{+0,50}_{-0,00}$ mm
12B	8-mm-Hammer	8,00 mm ± 0,05 mm
12C	Übergangsradius am Ansatz der Finnenschneide des 8-mm-Hammers	0,25 mm $^{+0,50}_{-0,05}$ mm
12D	Breite am Ansatz des 8-mm-Hammers	4,00 mm ± 0,05 mm
13	Breite des Hammers	14 mm ± 4 mm
^a Siehe Bild 2.		