

## DIN 8127



ICS 17.100

**Gewichtstücke der Genauigkeitsklassen E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>,  
M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub>, und M<sub>3</sub> –  
Metrologische und technische Anforderungen  
(OIML R 111-1:2004)**

Weights of classes E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub>, and M<sub>3</sub> –  
Metrological and technical requirements  
(OIML R 111-1:2004)

Poids des classes E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub>, et M<sub>3</sub> –  
Exigences métrologiques et techniques  
(OIML R 111-1:2004)

Gesamtumfang 99 Seiten

Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument wird vom Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN herausgegeben. Diese Empfehlung ist die deutsche Übersetzung der von der Internationalen Organisation für Gesetzliches Messwesen (OIML) herausgegebenen Empfehlung OIML R 111-1:2004 „Weights of classes E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub> and M<sub>3</sub>, Part 1: Metrological and technical requirements“.

Es ist vorgesehen, dass die geänderte Eichordnung – Anlage 8 (EO 8) – auf DIN 8127 und deren Festlegungen verweisen sollen.

Die OIML R 111-1:2004 ist eine anerkannte technische Regel und wurde 2004 von der Internationalen Konferenz für Gesetzliches Messwesen angenommen. Gewichtstücke werden darüber hinaus zur Rückführung anderer physikalischer Maßeinheiten und ebenso im gesetzlich nicht geregelten Messwesen verwendet. Das DIN hat sich deshalb auf Antrag seines Normenausschusses Technische Grundlagen (NATG) entschlossen, diese Internationale Empfehlung der deutschen Wirtschaft als Norm zur Verfügung zu stellen.

Die vorhergehende OIML R 111:1994 war als E DIN 8127:1996-05 übernommen und im März 2006 zurückgezogen worden.

### Auszug aus dem OIML-Vorwort:

OIML-Entwurfsempfehlungen und Dokumente sind von den Mitgliedstaaten gebildeten technischen Ausschüssen oder Unterausschüssen erarbeitet worden. Bestimmte internationale und regionale Institutionen partizipieren ebenfalls auf Beratungsbasis.

Kooperative Übereinkommen sind zwischen OIML und bestimmten Institutionen, wie z. B. ISO und IEC, vereinbart mit dem Ziel, sich widersprechende Bedingungen zu verhindern; konsequenterweise können Hersteller und Anwender von Messgeräten, Prüflabors usw. simultan OIML-Veröffentlichungen und solche von anderen Institutionen anwenden.

Internationale Empfehlungen und internationale Dokumente werden in Französisch (F) und Englisch (E) veröffentlicht und unterliegen periodischen Änderungen.

Diese Veröffentlichung – Referenz: OIML R 111-1, Ausgabe 2004 (E) ist vom OIML-Unterausschuss TC 9/SC 3 „Gewichtstücke“ erarbeitet worden. Sie wurde zur Veröffentlichung durch das Internationale Komitee des gesetzlichen Messwesens 2003 genehmigt und wird der Internationalen Konferenz des gesetzlichen Messwesens 2004 zur förmlichen Verabschiedung vorgelegt.

OIML-Publikationen können als PDF-Version von der OIML-Internetseite heruntergeladen werden. Zusätzliche Informationen sind erhältlich von der Hauptgeschäftsstelle der Organisation:

Bureau International de Métrologie Légale  
11, rue Turgot — 75009 Paris — France  
Telefon: 33 (0) 1 48 78 12 82 und 42 85 27 11  
Telefax: 33 (01) 42 82 17 27  
E-mail: [biml@oiml.org](mailto:biml@oiml.org)  
Internet : [www.oiml.org](http://www.oiml.org)

**Gewichtstücke der Genauigkeitsklassen  
E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub> und M<sub>3</sub>  
Metrologische und technische Anforderungen**

## Inhalt

|                                                                                                              | Seite     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Allgemeines .....</b>                                                                                     | <b>5</b>  |
| 1 <b>Anwendungsbereich .....</b>                                                                             | <b>5</b>  |
| 2 <b>Terminologie .....</b>                                                                                  | <b>6</b>  |
| 3 <b>Formelzeichen .....</b>                                                                                 | <b>10</b> |
| 4 <b>Einheiten und Nennwerte der Gewichtstücke .....</b>                                                     | <b>13</b> |
| <b>Messtechnische Anforderungen.....</b>                                                                     | <b>14</b> |
| 5 <b>Eichfehlergrenzen .....</b>                                                                             | <b>14</b> |
| <b>Technische Anforderungen.....</b>                                                                         | <b>16</b> |
| 6 <b>Form.....</b>                                                                                           | <b>16</b> |
| 7 <b>Bauanforderungen .....</b>                                                                              | <b>17</b> |
| 8 <b>Werkstoff .....</b>                                                                                     | <b>19</b> |
| 9 <b>Magnetismus.....</b>                                                                                    | <b>20</b> |
| 10 <b>Dichte.....</b>                                                                                        | <b>21</b> |
| 11 <b>Oberflächenbeschaffenheit .....</b>                                                                    | <b>23</b> |
| 12 <b>Justierung .....</b>                                                                                   | <b>23</b> |
| 13 <b>Aufschriften .....</b>                                                                                 | <b>24</b> |
| 14 <b>Aufbewahrung .....</b>                                                                                 | <b>26</b> |
| <b>Metrologische Kontrollen .....</b>                                                                        | <b>27</b> |
| 15 <b>Vorlage zu metrologischen Kontrollen .....</b>                                                         | <b>27</b> |
| 16 <b>Stempelzeichen .....</b>                                                                               | <b>29</b> |
| <b>Anhang A Beispiele für verschiedene Formen und Maße.....</b>                                              | <b>30</b> |
| <b>Anhang B (normativ) Prüfverfahren für Gewichtstücke .....</b>                                             | <b>36</b> |
| B.1 <b>Einführung .....</b>                                                                                  | <b>36</b> |
| B.2 <b>Ablauf der Prüfung .....</b>                                                                          | <b>36</b> |
| B.3 <b>Beschaffenheitsprüfung .....</b>                                                                      | <b>36</b> |
| B.4 <b>Reinigung von Gewichtstücken.....</b>                                                                 | <b>37</b> |
| B.5 <b>Oberflächenrauheit.....</b>                                                                           | <b>38</b> |
| B.6 <b>Magnetismus.....</b>                                                                                  | <b>42</b> |
| B.7 <b>Dichte.....</b>                                                                                       | <b>54</b> |
| B.8 <b>Zuordnung einer Klasse nach OIML R 111 (2004) für alte und/oder besondere<br/>Gewichtstücke .....</b> | <b>76</b> |
| <b>Anhang C Kalibrierung eines Gewichtstückes oder -satzes (normativ).....</b>                               | <b>78</b> |
| C.1 <b>Anwendungsbereich .....</b>                                                                           | <b>78</b> |

|                                                                         | Seite     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>C.2 Allgemeine Anforderungen.....</b>                                | <b>78</b> |
| <b>C.3 Wägeschemata.....</b>                                            | <b>79</b> |
| <b>C.4 Wägezyklen .....</b>                                             | <b>80</b> |
| <b>C.5 Datenanalyse.....</b>                                            | <b>82</b> |
| <b>C.6 Unsicherheitsberechnungen .....</b>                              | <b>83</b> |
| <b>Anhang D (informativ) Statische Kontrolle .....</b>                  | <b>89</b> |
| <b>D.1 Überprüfungsnormal .....</b>                                     | <b>89</b> |
| <b>D.2 Genauigkeit der Waage .....</b>                                  | <b>90</b> |
| <b>Anhang E (informativ) CIPM-Formel und eine Näherungsformel .....</b> | <b>93</b> |
| <b>E.1 Die CIPM-Formel .....</b>                                        | <b>93</b> |
| <b>E.2 Die Konstanten.....</b>                                          | <b>93</b> |
| <b>E.3 Näherungsformel für die Luftdichte.....</b>                      | <b>95</b> |
| <b>Literaturhinweise .....</b>                                          | <b>97</b> |

# Allgemeines

## 1 Anwendungsbereich

**1.1** Diese Empfehlung enthält die technischen (z. B. grundlegende physikalische Eigenschaften) und messtechnischen Anforderungen von Gewichtstücken, die

- als Normale für die Prüfung von Waagen;
- als Normale für die Prüfung von Gewichtstücken einer niedrigeren Genauigkeitsklasse;
- zusammen mit Waagen

verwendet werden.

## 1.2 Anwendung

Diese Empfehlung gilt für Gewichtstücke mit Nennwerten von 1 mg bis 5 000 kg der Genauigkeitsklassen  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $M_1$ ,  $M_{1-2}$ ,  $M_2$ ,  $M_{2-3}$  und  $M_3$ .

## 1.3 Minimale Genauigkeitsklasse von Gewichtstücken

Die Genauigkeitsklasse für Gewichtstücke, die als Normale für die Eichung von Gewichtstücken oder Waagen verwendet werden, muss den Anforderungen der entsprechenden OIML-Empfehlungen entsprechen.

**1.3.1** Die OIML-Genauigkeitsklassen der Gewichtstücke definieren sich wie folgt:

- Klasse  $E_1$ :** Gewichtstücke zur Sicherung der Rückführbarkeit zwischen den nationalen Massenormalen (deren Werte vom Internationalen Kilogramm-Prototyp abgeleitet werden) und den Gewichtstücken der Klasse  $E_2$  und niedriger. Den Gewichtstücken oder Gewichtsätzen der Klasse  $E_1$  ist immer ein Kalibrierschein beizufügen (siehe 15.2.2.1).
- Klasse  $E_2$ :** Gewichtstücke für die Eichung oder Kalibrierung von Gewichtstücken der Klasse  $F_1$ , sowie Gewichtstücke die zur Verwendung mit Waagen der Genauigkeitsklasse I benutzt werden. Den Gewichtstücken oder Gewichtsätzen der Klasse  $E_2$  ist ein Kalibrierschein beizufügen (siehe 15.2.2.2). Sie können als Gewichtstücke der Klasse  $E_1$  verwendet werden, wenn sie die Anforderungen über Oberflächenrauheit, die magnetische Suszeptibilität sowie Magnetisierung für Gewichtstücke der Klasse  $E_1$  erfüllen, und diese Daten in dem Kalibrierschein nach 15.2.2.1 angegeben sind.
- Klasse  $F_1$ :** Gewichtstücke für die Eichung oder Kalibrierung von Gewichtstücken der Klasse  $F_2$ , sowie Gewichtstücke zur Verwendung mit Waagen der Genauigkeitsklassen I und II.
- Klasse  $F_2$ :** Gewichtstücke für die Eichung oder Kalibrierung von Gewichtstücken der Klasse  $M_1$  und der möglichen Klasse  $M_2$ . Außerdem für die Verwendung bei bedeutenden Handelsgeschäften (z. B. Edelmetalle und Edelsteine) mit Waagen der Genauigkeitsklasse II.
- Klasse  $M_1$ :** Gewichtstücke zur Eichung oder Kalibrierung von Gewichtstücken der Klasse  $M_2$ , sowie Gewichtstücke zur Verwendung mit Waagen der Genauigkeitsklasse III.

**Klasse M<sub>2</sub>:** Gewichtstücke zur Eichung oder Kalibrierung von Gewichtstücken der Klasse M<sub>3</sub> sowie Gewichtstücke zur Verwendung mit Waagen der Genauigkeitsklasse III bei allgemeinen Handelsgeschäften.

**Klasse M<sub>3</sub>:** Gewichtstücke zur Verwendung mit Waagen der Genauigkeitsklasse III und Waagen der Genauigkeitsklasse IIII.

**Klassen M<sub>1-2</sub>:** Gewichtstücke von 50 kg bis 5 000 kg geringerer Genauigkeit zur Verwendung mit Waagen und **M<sub>2-3</sub>:** der Genauigkeitsklasse III.

**ANMERKUNG** Der Fehler eines Gewichtstückes, das für die Eichung einer Waage verwendet wird, darf nicht größer als ein Drittel der für die Waage zulässigen Fehlergrenze sein. Diese Werte sind in 3.7.1 der OIML R 76 „*Nichtselbsttätige Waagen*“ (1992) festgelegt.

## 2 Terminologie

Die in dieser Empfehlung verwendete Terminologie richtet sich nach dem „*Internationalen Wörterbuch der Metrologie*“ (Ausgabe 1993) [1] und dem „*Internationalen Wörterbuch der Begriffe des Gesetzlichen Messwesens*“ (Ausgabe 2000) [2]. Außerdem gelten für die Anwendung dieser Empfehlung die folgenden Definitionen:

### 2.1 Genauigkeitsklasse

Klassenbezeichnung für ein Gewichtstück oder einen Gewichtsatz, die bestimmte messtechnische Anforderungen erfüllen, um zu erreichen, dass die Massewerte innerhalb festgelegter Grenzen liegen.

### 2.2 Waage

Messgerät, das die scheinbare Masse anzeigt und auf folgende Einflussgrößen reagiert:

$$F_g = m \times g$$

Schwerkraft

$$F_b = V \times \rho_a \times g = \frac{m}{\rho} \rho_a \times g$$

Luftauftriebskraft gleich dem Gewicht der verdrängten Luft

$$F_z = \mu_0 \iiint_V (M + \chi H) \frac{\partial H}{\partial z} dV$$

Vertikale Komponente der magnetischen Wechselwirkung zwischen dem Gewichtstück und der Waage und/oder der Umgebung

$H$  und  $M$  sind Vektoren;  $z$  ist die vertikale kartesische Koordinate.

Wenn magnetische Effekte vernachlässigt werden können, d. h. wenn die permanente Magnetisierung ( $M$ ) des Gewichtstückes und die magnetische Suszeptibilität ( $\chi$ ) gering genug sind und die Waage mit Normalen bekannter Masse kalibriert wurde, kann die Waage zur Anzeige des konventionellen Wägewerts,  $m_c$ , eines Körpers unter konventionell gewählten Bedingungen verwendet werden.

### 2.3 Kalibrierung

Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den ausgegebenen Werten eines Messgerätes, eines Messsystems oder den von einer Maßverkörperung oder von einem Referenzmaterial dargestellten Werten und den zugehörigen, durch Normale festgelegten Werten einer Messgröße unter vorgegebenen Bedingungen.

ANMERKUNG 1 Das Kalibrierergebnis besteht entweder darin, die Abweichung der angezeigten Werte von Messgrößen zu ermitteln oder Korrekturen für die angezeigten Werte zu ermitteln.

ANMERKUNG 2 Durch eine Kalibrierung können auch andere messtechnische Eigenschaften ermittelt werden, wie z. B. die Auswirkung von Einflussgrößen.

ANMERKUNG 3 Das Ergebnis einer Kalibrierung muss in einem Dokument festgehalten werden, das als Kalibrierschein oder Kalibrierbericht bezeichnet wird.

### 2.3.1 Kalibrierschein (-bericht)

Zertifikat, das nur von dazu befugten oder akkreditierten Laboratorien ausgestellt wird, und in dem die Ergebnisse einer Kalibrierung dokumentiert werden.

## 2.4 Konformitätsbescheinigung

Von einer zuständigen, nationalen Stelle ausgestelltes Dokument, das die Übereinstimmung eines bestimmten Gewichtstückes, Gewichtsatzes oder Baumusters mit den entsprechenden Anforderungen dieser Empfehlung bestätigt. (Siehe *OIML-Zertifizierungssystem für Messgeräte*)

## 2.5 Überprüfungsnormal

Normal, das für eine statistische Kontrolle verwendet wird, die eine „Überprüfung“ bietet, die sicherstellt, dass die Normale und Messvorgänge sowie die Ergebnisse innerhalb annehmbarer statistischer Grenzen liegen.

## 2.6 Vergleich

Messmethode, basierend auf dem Vergleich des Wertes einer zu messenden Größe mit einem bekannten Wert derselben Größe.

## 2.7 Konventioneller Wägewert (auch konventioneller Gewichtswert genannt)

Konventioneller Wert des Ergebnisses von Wägungen in Luft nach OIML D 28 „*Konventioneller Wert des Ergebnisses von Wägungen in Luft*“ [3]. Bei einem Gewichtstück mit einer Referenztemperatur ( $t_{\text{ref}}$ ) von 20 °C entspricht der konventionelle Wägewert der Masse eines Normals mit einer Dichte ( $\rho_{\text{ref}}$ ) von 8 000 kg m<sup>-3</sup>, dem es in Luft mit einer Referenzdichte ( $\rho_0$ ) von 1,2 kg m<sup>-3</sup> das Gleichgewicht hält.

## 2.8 Dichte eines Körpers

Masse dividiert durch das Volumen nach der Formel  $\rho = \frac{m}{V}$ .

## 2.9 Magnetismus

Effekt, der eine Anziehungs- oder Abstoßungskraft erzeugt.

### 2.9.1 Magnetisches Dipolmoment ( $m_d$ )

Parameter eines magnetischen Dipols. Die von einem Dipol erzeugte magnetische Feldstärke, also die Kraft zwischen dem Dipol und einer magnetisierten Probe, ist proportional zu diesem Dipolmoment. Die Kraft zwischen dem Dipol und einer Probe mit magnetischer Suszeptibilität ist proportional zum Quadrat des Dipolmoments.

### 2.9.2 Magnetische Feldstärke ( $H$ )

Örtliche magnetische Feldstärke, die durch ein magnetisches Material, wie z. B. einen Dauermagneten, oder durch elektrische Ströme erzeugt wird.

### 2.9.3 Magnetische Kraft ( $F_1, F_2, F_a, F_b, F_{\max}$ und $F_z$ )

Kraft, die auf ein magnetisches oder magnetisierbares Material durch ein magnetisches Fremdfeld erzeugt wird.

### 2.9.4 Magnetische Permeabilität ( $\mu$ )

Maß der Fähigkeit eines Stoffes, ein magnetisches Feld zu verändern.

### 2.9.5 Magnetische Konstante (magnetische Permeabilität des Vakuums ( $\mu_0$ ))

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}.$$

### 2.9.6 Magnetische (Volumen-) Suszeptibilität ( $\chi$ )

Maß für die Fähigkeit eines Stoffes, ein magnetisches Feld zu verändern. Es steht mit der magnetischen Permeabilität ( $\mu$ ):  $\mu/\mu_0 = 1 + \chi$  in Beziehung. Die Größe  $\mu/\mu_0$  wird auch relative Permeabilität,  $\mu_r$ , genannt.

### 2.9.7 (Permanente) Magnetisierung ( $M$ )

Parameter, der einen magnetischen Zustand von Stoffen, wie z. B. Gewichtstücken, ohne ein magnetisches Fremdfeld angibt. (Allgemein ist die Magnetisierung ein Vektor, dessen Betrag und Richtung im Material nicht notwendigerweise konstant sind.) Die Magnetisierung eines Körpers erzeugt ein inhomogenes magnetisches Feld im Raum und kann daher magnetische Kräfte auf andere Materialien erzeugen.

### 2.10 Fehlergrenze ( $\delta m$ oder $m_{pe}$ )

Größter von einer nationalen Vorschrift zugelassener Wert der Differenz zwischen dem gemessenen konventionellen Wägewert und dem Nennwert eines Gewichtstückes, der mit entsprechenden Normalen ermittelt wurde.

### 2.11 Rauheitsparameter oder R-Parameter ( $R_a$ oder $R_z$ )

Parameter, der das bewertete Rauheitsprofil einer Probe beschreibt. Der Buchstabe R weist auf die Art des bewerteten Profils hin; in diesem Fall steht R für Rauheitsprofil. Das bewertete Profil einer Probe kann sich auf verschiedene Profilarten beziehen: Rauheitsprofil oder R-Parameter, Primärprofil oder P-Parameter, Welligkeitsprofil oder W-Parameter. [4]

### 2.12 Zulagegewichtstück

Gewichtstück zur Bestimmung der Empfindlichkeit einer Waage (siehe T.4.1 in OIML R 76-1).

### 2.13 Satz von Gewichtstücken oder Gewichtsatz

Reihe oder Gruppe von Gewichtstücken, die gewöhnlich in einem Kasten so angeordnet sind, dass jede beliebige Wägung aller Lasten von der Masse des Gewichtstückes mit dem kleinsten Nennwert bis zur Summe der Massen aller Gewichtstücke der Reihe mit einer Stufung möglich ist, bei der die Masse des Gewichtstückes mit dem kleinsten Nennwert die kleinste Stufe der Reihe darstellt. Die Gewichtstücke eines Satzes müssen ähnliche messtechnische Eigenschaften und gleiche oder unterschiedliche Nennwerte nach 4.3 dieser Empfehlung haben und derselben Genauigkeitsklasse angehören.

## 2.14 Temperatur ( $t$ )

Temperatur in Grad Celsius durch  $t = T - 273,15$  K, auf die absolute thermodynamische Temperaturskala (Kelvinskala) bezogen.

## 2.15 Prüfung

Technischer Vorgang, der darin besteht, eine oder mehrere Eigenschaften oder die Leistung eines gegebenen Produkts, eines Werkstoffes, einer Ausrüstung, eines Organismus, eines physikalischen Phänomens, Prozesses oder einer Dienstleistung nach einem festgelegten Verfahren festzustellen. (Auf der Grundlage von 13.1. „Prüfung“, ISO/IEC-Leitfaden 2:1996: Normung und verwandte Tätigkeiten – Allgemeines Vokabular). [5]

## 2.16 Prüfgegenstand ( $m_t$ )

Gewichtstück, das nach dieser Empfehlung zu prüfen ist.

## 2.17 Bauart

Bestimmtes Modell von Gewichtstücken oder eines Gewichtsatzes, mit dem es übereinstimmt.

### 2.17.1 Bauartprüfung

Systematische Untersuchung und Prüfung der Eigenschaften einer bestimmten Bauart von Gewichtstücken oder Gewichtsätzen, die durch Vergleich mit den in dieser Empfehlung enthaltenen Anforderungen erfolgt. Die Ergebnisse werden in einem Prüfbericht festgehalten.

### 2.17.2 Bauartzulassung

Entscheidung einer zuständigen Stelle, die auf der Grundlage der Überprüfung eines Bauartprüfberichts über die Bauart von Gewichtstücken oder Gewichtsätzen fachkundige Beurteilungen abgibt, ob die Bauart mit den vorgeschriebenen Anforderungen dieser Empfehlung für gesetzliche Anwendungen übereinstimmt.

## 2.18 Eichung

Alle Vorgänge, die von einer Stelle des nationalen gesetzlichen Messwesens (oder von einer anderen dazu gesetzlich befugten Organisation) durchgeführt werden, um festzustellen bzw. zu bestätigen, dass das Gewichtstück die Eichvorschriften in vollem Umfang erfüllt. Die Eichung schließt sowohl die Prüfung als auch die Stempelung mit ein. (Übernommen aus VIML 2.4 und 2.13)

### 2.18.1 Ersteichung

Eine Reihe von Prüfungen und Sichtprüfungen, die vor der Inbetriebnahme der Gerätschaft/des Gewichtstückes durchgeführt werden, um festzustellen, ob ein Gewichtstück oder ein Gewichtsatz einer vorgegebenen Bauart entsprechend hergestellt wurde und mit dieser Bauart und den Vorschriften übereinstimmt, und ob seine messtechnischen Eigenschaften innerhalb der für die Ersteichung von Exemplaren dieser Bauart geforderten Grenzen liegen. Wenn die Gewichtstücke oder die Gewichtsätze alle Prüfungen und Untersuchungen bestehen, werden sie durch Stempelung und/oder Ausstellung einer Eichbescheinigung als geeicht gekennzeichnet. (Übernommen aus OIML-D 20 „Ersteichung und Nacheichung von Messgeräten und -verfahren“ (1988))

### 2.18.2 Nacheichung oder Befundprüfung

Eine Reihe von Prüfungen und Sichtprüfungen, die auch von einem Mitarbeiter des gesetzlichen Messwesens durchgeführt werden können, um festzustellen, ob die Gewichtstücke oder Gewichtsätze, die einige Zeit nach

der letzten Eichung in Gebrauch waren, weiterhin oder erneut die Vorschriften erfüllen und ihre messtechnischen Eigenschaften weiterhin innerhalb der geforderten Grenzen liegen. Wenn die Gewichtstücke oder die Gewichtsätze alle Prüfungen und Untersuchungen bestehen, wird ihre Eichung durch Stempelung und/oder Ausstellung einer Eichbescheinigung entweder bestätigt oder erneut hergestellt. Wenn ein Stichprobenverfahren zur Eichung einer Gesamtheit von Gewichtstücken angewendet wird, gelten alle Teile dieser Gesamtheit als geeicht.

## 2.19 Gewichtstück

Maßverkörperung der Masse, deren physikalische und messtechnische Eigenschaften vorgeschrieben sind: Form, Maße, Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit, Nennwert, Dichte, magnetische Eigenschaften und Fehlergrenzen.

## 2.20 Gewicht eines Körpers ( $F_g$ )

Schwerkraft, mit der der Körper von der Erde angezogen wird. Das Wort „Gewicht“ bezeichnet eine Größe von derselben Art wie eine Kraft: das Gewicht eines Körpers ist das Produkt seiner Masse und der Fallbeschleunigung.

## 3 Formelzeichen

| Formelzeichen | Einheit | Definition                                                                                                                       |
|---------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A$           | $m^2$   | Fläche                                                                                                                           |
| $B$           | T       | magnetische Induktion im Medium                                                                                                  |
| $B_E$         | T       | Gaußmeter-Ablesung für das magnetische Umgebungsfeld ohne Gewichtstück                                                           |
| $B_0$         | T       | magnetische Induktion im Vakuum                                                                                                  |
| $C$           | –       | Korrektionsfaktor für den Luftauftrieb                                                                                           |
| $C_a$         | –       | Korrektionsfaktor für den Luftauftrieb bei der Luftdichte während der Wägung in Luft                                             |
| $C_{al}$      | –       | Korrektionsfaktor für den Luftauftrieb bei der Luftdichte während der Wägung in Flüssigkeit                                      |
| $C_s$         | –       | Korrektionsfaktor für den Luftauftrieb für die Dichte des Zulagegewichtstückes                                                   |
| $D$           | kg      | Differenz der Waagenanzeige zwischen dem kleinsten und dem größten Wert bei der Exzentrizitätsprüfung                            |
| $d$           | kg      | Teilungswert                                                                                                                     |
| $F_1$         | N       | durchschnittliche Kraft für die durchschnittliche Masseänderung auf dem Massekomparator für den ersten Zyklus abgelesener Werte  |
| $F_2$         | N       | durchschnittliche Kraft für die durchschnittliche Masseänderung auf dem Massekomparator für den zweiten Zyklus abgelesener Werte |
| $F_a$         | N       | durchschnittliche Kraft der magnetischen Suszeptibilität                                                                         |
| $F_b$         | N       | durchschnittliche Kraft der Magnetisierung                                                                                       |
| $F_g$         | N       | Schwerkraft                                                                                                                      |
| $F_{max}$     | N       | maximale Kraft der magnetischen Suszeptibilität                                                                                  |

| Formelzeichen           | Einheit              | Definition                                                                                                                     |
|-------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $F_z$                   | N                    | magnetische Kraft zwischen einem Massekomparator und einem Gewichtstück in vertikaler oder z-Richtung                          |
| $g$                     | $\text{ms}^{-2}$     | Fallbeschleunigung                                                                                                             |
| $h$                     | mm oder m            | Höhe                                                                                                                           |
| $H$                     | $\text{A m}^{-1}$    | magnetische Feldstärke                                                                                                         |
| $H_{EZ}$                | $\text{A m}^{-1}$    | vertikale Komponente der magnetischen Feldstärke der Erde                                                                      |
| $hr$                    | %                    | relative Luftfeuchte                                                                                                           |
| $\Delta I$              | kg                   | Anzeigedifferenz der Waage mit $\Delta I = I_t - I_r$                                                                          |
| $\Delta I_a$            | kg                   | Anzeigedifferenz der Waage bei Wägung in Luft, mit<br>$\Delta I_a = I_{ta} - I_{ra}$                                           |
| $\Delta I_l$            | kg                   | Anzeigedifferenz der Waage bei Wägung in Flüssigkeit, mit $\Delta I_l = I_{tl} - I_{rl}$                                       |
| $\Delta I_s$            | kg                   | Anzeigeänderung der Waage aufgrund des Zulagegewichtstückes                                                                    |
| $I$                     | kg                   | Anzeige der Waagen (Teilungswert)                                                                                              |
| $I_a$                   | –                    | geometrischer Korrektionsfaktor [6]                                                                                            |
| $I_b$                   | –                    | geometrischer Korrektionsfaktor [6]                                                                                            |
| $I_{dl}$                | –                    | Waagenanzeige als Differenz durch die verdrängte Flüssigkeit                                                                   |
| $I_l$                   | –                    | Waagenanzeige für Behälter und darin enthaltene Flüssigkeit                                                                    |
| $+$                     | –                    | Waagenanzeige für Behälter mit Flüssigkeit und Gewichtstück                                                                    |
| $I_{ta}$                | –                    | Waagenanzeige für Wägung des Prüfgegenstandes in Luft (nach Tarierung)                                                         |
| $I_{tl}$                | –                    | Waagenanzeige für Wägung des Prüfgegenstandes in Flüssigkeit (nach Tarierung)                                                  |
| $j$                     | –                    | Index für die Anzahl von Prüfgegenständen oder die Anzahl von Wägezyklen                                                       |
| $k$                     | –                    | Erweiterungsfaktor, typischerweise 2 oder 3. ( <i>Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM) (1995)</i> ) [7] |
| $m$                     | kg                   | Masse eines festen Körpers (Gewichtstückes)                                                                                    |
| $M$                     | $\text{A m}^{-1}$    | permanente Magnetisierung (siehe auch $\mu_0 M$ )                                                                              |
| $M_v$                   | $\text{kg mol}^{-1}$ | molare Masse von Wasser (Gleichung E.1)                                                                                        |
| $M_a$                   | $\text{kg mol}^{-1}$ | molare Masse trockener Luft                                                                                                    |
| $m_c$                   | kg                   | konventioneller Wägewert des Gewichtstückes                                                                                    |
| $m_{cr}$                | kg                   | konventioneller Wägewert des Normals                                                                                           |
| $m_{ct}$                | kg                   | konventioneller Wägewert des Prüfgegenstandes                                                                                  |
| $\overline{\Delta m_c}$ | –                    | Durchschnittliche Differenz der konventionellen Wägewerte                                                                      |
| $m_d$                   | $\text{A m}^2$       | magnetisches Dipolmoment (des im Suszeptometer verwendeten Magneten)                                                           |
| $m_0$                   | kg                   | Nennwert des Gewichtstückes (z. B. 1 kg)                                                                                       |

| Formelzeichen                   | Einheit     | Definition                                                                                                                                        |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_r$                           | kg          | Masse des Normal im Vergleich zum Prüfgegenstand, beides in Luft oder in Flüssigkeit getaucht                                                     |
| $m_{ra}$                        | kg          | Masse des Normal gegen den Prüfgegenstand, beide in Luft                                                                                          |
| $m_{ri}$                        | kg          | Masse der Kombination von Normalen zum Vergleich mit Prüfgegenständen, Normal in Luft, Prüfgegenstand in Flüssigkeit                              |
| $m_s$                           | kg          | Masse des Zulagegewichtstückes                                                                                                                    |
| $m_t$                           | kg          | Masse des Prüfgegenstandes                                                                                                                        |
| $m_{wa}$                        | kg          | Masse des Gewichtstückes in Luft                                                                                                                  |
| $m_{wl}$                        | kg          | Masse des Gewichtstückes in Flüssigkeit                                                                                                           |
| $\Delta m$                      | kg          | Differenz der Masse, üblicherweise zwischen Normal und Prüfgegenstand                                                                             |
| $\overline{\Delta m}$           | kg          | Durchschnittswert einer Messreihe, die eine Anzahl identischer Wägezyklen umfasst, oder einer Messreihe mit annähernd gleicher Standardabweichung |
| $\Delta m_c$                    | kg          | Differenz der konventionellen Wägewerte                                                                                                           |
| $n$                             | –           | Anzahl der Wägezyklen                                                                                                                             |
| $p$                             | Pa oder hPa | Druck                                                                                                                                             |
| $p_{sv}$                        | Pa          | Sättigungsdampfdruck feuchter Luft                                                                                                                |
| $R$                             | J/(mol K)   | molare Gaskonstante                                                                                                                               |
| $R_a$                           | $\mu m$     | arithmetischer Mittenrauwert (R-Parameter) (siehe Abschnitt 11)                                                                                   |
| $R_z$                           | $\mu m$     | gemittelte Rautiefe (R-Parameter) (siehe Abschnitt 11)                                                                                            |
| $r$                             | –           | Index für Normal                                                                                                                                  |
| $s$                             | kg          | Standardabweichung                                                                                                                                |
| $s$                             | –           | Index für Zulagegewichtstück                                                                                                                      |
| $T$                             | K           | Thermodynamische Temperatur unter Verwendung der Internationalen Temperaturskala von 1990 (ITS-90)                                                |
| $t$                             | –           | Index für den Prüfgegenstand                                                                                                                      |
| $t$                             | °C          | Temperatur in °C mit $t = T - 273,15$ K                                                                                                           |
| $t_{ref}$                       | °C          | Referenztemperatur                                                                                                                                |
| $U$                             | kg          | erweiterte Unsicherheit                                                                                                                           |
| $u$                             | kg          | Standardunsicherheit                                                                                                                              |
| $u(m_r)$                        | kg          | Unsicherheit des Normal                                                                                                                           |
| $u_b$                           | kg          | Unsicherheit der Luftauftriebskorrektur                                                                                                           |
| $u_{ba}$                        | kg          | Unsicherheit der Waage                                                                                                                            |
| $u_{ba}(\overline{\Delta m_c})$ | kg          | kombinierte Standardunsicherheit der Waage                                                                                                        |
| $u_c$                           | kg          | kombinierte Standardunsicherheit                                                                                                                  |
| $u_d$                           | kg          | Unsicherheit aufgrund der Teilung einer Digitalanzeige                                                                                            |
| $u_E$                           | kg          | Unsicherheit aufgrund exzentrischer Belastung                                                                                                     |
| $u_{inst}$                      | kg          | Unsicherheit aufgrund der Instabilität des Normal                                                                                                 |

| Formelzeichen  | Einheit            | Definition                                                                                                          |
|----------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $u_{ma}$       | kg                 | Unsicherheit aufgrund des Magnetismus                                                                               |
| $u_s$          | kg                 | Unsicherheit aufgrund der Empfindlichkeit der Waage                                                                 |
| $u_w$          | kg                 | Unsicherheit aufgrund des Wägevorgangs                                                                              |
| $V$            | m <sup>3</sup>     | Volumen eines festen Körpers (Gewichtstück)                                                                         |
| $V_{rli}$      | m <sup>3</sup>     | Volumen des <i>i-ten</i> Normals einer Kombination von Gewichtstücken                                               |
| $x_v$          | –                  | Stoffmengenanteil an Wasserdampf                                                                                    |
| $Z$            | –                  | Kompressibilitätsfaktor                                                                                             |
| $Z_l$          | mm                 | Abstand von der Oberseite des Gewichtstückes zur Magnetmitte (Bild B.1)                                             |
| $Z_0$          | mm                 | Abstand der Magnetmitte zur Unterseite des Gewichtstückes (Bild B.1)                                                |
| $\rho_a$       | kg m <sup>-3</sup> | Dichte der feuchten Luft                                                                                            |
| $\rho_0$       | kg m <sup>-3</sup> | Referenzdichte der Luft (1,2 kg m <sup>-3</sup> )                                                                   |
| $\rho_r$       | kg m <sup>-3</sup> | Dichte des Normals mit der Masse $m_r$                                                                              |
| $\rho_{ra}$    | kg m <sup>-3</sup> | Dichte des Normals mit der Masse $m_{ra}$                                                                           |
| $\rho_{ref}$   | kg m <sup>-3</sup> | Referenzdichte (d. h. 8 000 kg m <sup>-3</sup> )                                                                    |
| $\rho_{rl}$    | kg m <sup>-3</sup> | Dichte des Normals mit der Masse $m_{rl}$                                                                           |
| $\rho_s$       | kg m <sup>-3</sup> | Dichte des Zulagegewichtstückes                                                                                     |
| $\rho_t$       | kg m <sup>-3</sup> | Dichte des Prüfgegenstandes                                                                                         |
| $\rho_x$       | kg m <sup>-3</sup> | Dichte der Legierung (x)                                                                                            |
| $\rho_y$       | kg m <sup>-3</sup> | Dichte der Legierung (y)                                                                                            |
| $\delta m/m_0$ | –                  | Relative Fehlergrenze bei Gewichtstücken                                                                            |
| $\mu$          | N A <sup>-2</sup>  | magnetische Permeabilität                                                                                           |
| $\mu_r$        | –                  | relative magnetische Permeabilität ( $\mu/\mu_0$ )                                                                  |
| $\mu_0$        | N A <sup>-2</sup>  | magnetische Feldkonstante (magnetische Permeabilität im Vakuum),<br>$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$ |
| $\mu_0 M$      | T                  | magnetische Polarisation                                                                                            |
| $\chi$         | –                  | magnetische (Volumen-) Suszeptibilität                                                                              |

## 4 Einheiten und Nennwerte der Gewichtstücke

### 4.1 Einheiten

Die verwendeten Einheiten sind:

- für die Masse: Milligramm (mg), Gramm (g) und Kilogramm (kg);
- für die Dichte: Kilogramm je Kubikmeter (kg m<sup>-3</sup>).

## 4.2 Nennwerte

Die Nennwerte der Gewichtstücke oder Gewichtsätze müssen gleich  $1 \times 10^n$  kg,  $2 \times 10^n$  kg oder  $5 \times 10^n$  kg sein, dabei ist „ $n$ “ eine positive oder negative ganze Zahl oder Null.

## 4.3 Stufung von Gewichtstücken

**4.3.1** Ein Gewichtsatz kann aus verschiedenen gestuften Nennwerten bestehen. Sind Stufungen bei Gewichtsätzen vorhanden, so sind folgende Stufungen zulässig:

$$\begin{aligned} &(1; 1; 2; 5) \times 10^n \text{ kg;} \\ &(1; 1; 1; 2; 5) \times 10^n \text{ kg;} \\ &(1; 2; 2; 5) \times 10^n \text{ kg;} \\ &(1; 1; 2; 2; 5) \times 10^n \text{ kg;} \end{aligned}$$

dabei ist „ $n$ “ eine positive oder negative ganze Zahl oder Null.

**4.3.2** Ein Gewichtsatz kann auch aus mehreren Gewichtstücken des gleichen Nennwertes bestehen. (z. B.: 10 Stück eines Gewichtsatzes, die alle den Nennwert  $5 \times 10^n$  kg haben).

# Messtechnische Anforderungen

## 5 Eichfehlergrenzen

### 5.1 Fehlergrenzen für Ersteichung, Nacheichung oder Befundprüfung (\*)

**5.1.1** Die Fehlergrenzen für die Ersteichung einzelner Gewichtstücke sind in Tabelle 1 genannt und beziehen sich auf den konventionellen Wägewert.

**5.1.2** Die Fehlergrenzen für die Nacheichung und Befundprüfung liegen im Ermessen der einzelnen Staaten. Wenn die zulässigen Fehlergrenzen jedoch größer als die in Tabelle 1 genannten Fehlergrenzen sind, kann das Gewichtstück nicht als einer entsprechenden OIML-Klasse zugehörig eingestuft werden.

### 5.2 Erweiterte Unsicherheit

Für jedes Gewichtstück muss die erweiterte Unsicherheit,  $U$ , für  $k = 2$  des konventionellen Wägewertes kleiner oder gleich einem Drittel des zulässigen Fehlers nach Tabelle 1 sein.

$$U \leq \frac{1}{3} \cdot \delta m \quad (5.2-1)$$

### 5.3 Konventioneller Wägewert

**5.3.1** Bei keinem Gewichtstück darf der konventionelle Wägewert,  $m_c$  (bestimmt mit der erweiterten Unsicherheit,  $U$ , nach 5.2), um mehr als die Differenz der Fehlergrenze,  $\delta m$ , minus der erweiterten Unsicherheit vom Nennwert des Gewichtstückes,  $m_0$ , abweichen.

$$m_0 - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta m - U) \quad (5.3-1)$$

**5.3.2** Bei Gewichtstücken der Klassen  $E_1$  und  $E_2$ , denen immer eine Bescheinigung mit den entsprechenden Daten beigelegt ist (siehe 15.2.1), muss die Abweichung vom Nennwert,  $m_c - m_0$ , vom Benutzer berücksichtigt werden.

Tabelle 1 — Fehlergrenzen für Gewichtstücke ( $\pm \delta m$  in mg)

| Nennwert* | Klasse E <sub>1</sub> | Klasse E <sub>2</sub> | Klasse F <sub>1</sub> | Klasse F <sub>2</sub> | Klasse M <sub>1</sub> | Klasse M <sub>1-2</sub> | Klasse M <sub>2</sub> | Klasse M <sub>2-3</sub> | Klasse M <sub>3</sub> |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| 5 000 kg  |                       |                       | 25 000                | 80 000                | 250 000               | 500 000                 | 800 000               | 1 600 000               | 2 500 000             |
| 2 000 kg  |                       |                       | 10 000                | 30 000                | 100 000               | 200 000                 | 300 000               | 600 000                 | 1 000 000             |
| 1 000 kg  |                       | 1 600                 | 5 000                 | 16 000                | 50 000                | 100 000                 | 160 000               | 300 000                 | 500 000               |
| 500 kg    |                       | 800                   | 2 500                 | 8 000                 | 25 000                | 50 000                  | 80 000                | 160 000                 | 250 000               |
| 200 kg    |                       | 300                   | 1 000                 | 3 000                 | 10 000                | 20 000                  | 30 000                | 60 000                  | 100 000               |
| 100 kg    |                       | 160                   | 500                   | 1 600                 | 5 000                 | 10 000                  | 16 000                | 30 000                  | 50 000                |
| 50 kg     | 25                    | 80                    | 250                   | 800                   | 2 500                 | 5 000                   | 8 000                 | 16 000                  | 25 000                |
| 20 kg     | 10                    | 30                    | 100                   | 300                   | 1 000                 |                         | 3 000                 |                         | 10 000                |
| 10 kg     | 5,0                   | 16                    | 50                    | 160                   | 500                   |                         | 1 600                 |                         | 5 000                 |
| 5 kg      | 2,5                   | 8,0                   | 25                    | 80                    | 250                   |                         | 800                   |                         | 2 500                 |
| 2 kg      | 1,0                   | 3,0                   | 10                    | 30                    | 100                   |                         | 300                   |                         | 1 000                 |
| 1 kg      | 0,5                   | 1,6                   | 5,0                   | 16                    | 50                    |                         | 160                   |                         | 500                   |
| 500 g     | 0,25                  | 0,8                   | 2,5                   | 8,0                   | 25                    |                         | 80                    |                         | 250                   |
| 200 g     | 0,1                   | 0,3                   | 1,0                   | 3,0                   | 10                    |                         | 30                    |                         | 100                   |
| 100 g     | 0,05                  | 0,16                  | 0,5                   | 1,6                   | 5,0                   |                         | 16                    |                         | 50                    |
| 50 g      | 0,03                  | 0,10                  | 0,3                   | 1,0                   | 3,0                   |                         | 10                    |                         | 30                    |
| 20 g      | 0,025                 | 0,08                  | 0,25                  | 0,8                   | 2,5                   |                         | 8,0                   |                         | 25                    |
| 10 g      | 0,020                 | 0,06                  | 0,20                  | 0,6                   | 2,0                   |                         | 6,0                   |                         | 20                    |
| 5 g       | 0,016                 | 0,05                  | 0,16                  | 0,5                   | 1,6                   |                         | 5,0                   |                         | 16                    |
| 2 g       | 0,012                 | 0,04                  | 0,12                  | 0,4                   | 1,2                   |                         | 4,0                   |                         | 12                    |
| 1 g       | 0,010                 | 0,03                  | 0,10                  | 0,3                   | 1,0                   |                         | 3,0                   |                         | 10                    |
| 500 mg    | 0,008                 | 0,025                 | 0,08                  | 0,25                  | 0,8                   |                         | 2,5                   |                         |                       |
| 200 mg    | 0,006                 | 0,020                 | 0,06                  | 0,20                  | 0,6                   |                         | 2,0                   |                         |                       |
| 100 mg    | 0,005                 | 0,016                 | 0,05                  | 0,16                  | 0,5                   |                         | 1,6                   |                         |                       |
| 50 mg     | 0,004                 | 0,012                 | 0,04                  | 0,12                  | 0,4                   |                         |                       |                         |                       |
| 20 mg     | 0,003                 | 0,010                 | 0,03                  | 0,10                  | 0,3                   |                         |                       |                         |                       |
| 10 mg     | 0,003                 | 0,008                 | 0,025                 | 0,08                  | 0,25                  |                         |                       |                         |                       |
| 5 mg      | 0,003                 | 0,006                 | 0,020                 | 0,06                  | 0,20                  |                         |                       |                         |                       |
| 2mg       | 0,003                 | 0,006                 | 0,020                 | 0,06                  | 0,20                  |                         |                       |                         |                       |
| 1 mg      | 0,003                 | 0,006                 | 0,020                 | 0,06                  | 0,20                  |                         |                       |                         |                       |

\* Die in Tabelle 1 für die Gewichtstücke verwendeten Nennwertbezeichnungen beziehen sich auf das kleinste und größte in einer Klasse nach R 111 zulässige Gewicht, und die Fehlergrenzen und Bezeichnungen dürfen nicht auf höhere oder niedrigere Werte extrapoliert werden. So ist zum Beispiel der kleinste Nennwert für ein Gewichtstück in Klasse M<sub>2</sub> 100 mg, während der größte 5 000 kg ist. Ein 50 mg Gewichtstück würde nicht als ein Gewichtstück der Klasse M<sub>2</sub> nach R 111 akzeptiert werden, sondern müsste vielmehr die Fehlergrenzen und anderen Anforderungen (z. B.: Form oder Kennzeichnungen) der Klasse M<sub>1</sub> erfüllen. Anderenfalls steht das Gewichtstück nicht in Übereinstimmung mit R 111.

## Technische Anforderungen

### 6 Form

#### 6.1 Allgemeines

**6.1.1** Gewichtstücke müssen von einfacher geometrischer Form sein, um ihre Herstellung zu erleichtern. Sie dürfen keine scharfen Kanten oder Ecken haben, um Beschädigungen an ihnen zu vermeiden. Sie dürfen keine deutlichen Vertiefungen aufweisen, um Ablagerungen (z. B. Staub) auf ihrer Oberfläche zu verhindern.

**6.1.2** Alle Gewichtstücke in einem Gewichtsatz müssen die gleiche Form haben, mit Ausnahme der Gewichtstücke von 1 g oder weniger.

#### 6.2 Gewichtstücke von 1 g oder weniger

**6.2.1** Um eine leichte Handhabung zu ermöglichen, sollen Gewichtstücke von weniger als 1 g als polygonale Plättchen oder Drähte der Form nach Tabelle 2 gestaltet sein.

**6.2.2** Gewichtstücke von 1 g können polygonale Plättchen oder Drähte sein (siehe 6.3.1). Die Form von Gewichtstücken, die keine Aufschrift ihres Nennwertes tragen muss der Tabelle 2 entsprechen.

**Tabelle 2 — Form der Gewichtstücke von 1 g oder weniger**

| Nennwerte            | Polygonale Plättchen | Drähte  |          |              |
|----------------------|----------------------|---------|----------|--------------|
| 5, 50, 500 mg        | Fünfeck              | Fünfeck | } oder { | 5 Abschnitte |
| 2, 20, 200 mg        | Viereck              | Viereck |          | 2 Abschnitte |
| 1, 10, 100, 1 000 mg | Dreieck              | Dreieck |          | 1 Abschnitt  |

**6.2.3** Ein Gewichtsatz kann aus mehreren Teilreihen von Gewichtstücken mit unterschiedlichen Formen bestehen. Dabei ist zu beachten, dass in einem Gewichtsatz eine Teilreihe mit einer unterschiedlichen Form nicht zwischen zwei Teilreihen mit gleicher Form eingeordnet wird.

#### 6.3 Gewichtstücke von 1 g bis 50 kg

**6.3.1** Ein 1-g-Gewichtstück kann die gleiche Form haben wie Gewichtstücke des Vielfachen eines 1-g-Gewichtstückes oder wie Bruchgrammgewichtstücke.

**6.3.2** Gewichtstücke mit einem Nennwert von 1 g bis 50 kg können die in den Tabellen und Zeichnungen des Anhangs A aufgeführten Maße haben.

**6.3.2.1** Diese Gewichtstücke können auch zylindrische oder kegelstumpfförmige Körper (siehe Beispiel in Zeichnung A.1) sein. Die Höhe des Körpers muss im Bereich zwischen  $\frac{3}{4}$  und  $\frac{5}{4}$  seines mittleren Durchmessers liegen.

**6.3.2.2** Diese Gewichtstücke können auch mit einem Knopf versehen sein, dessen Höhe zwischen dem 0,5-fachen und dem 1-fachen des mittleren Durchmessers liegt.

**6.3.3** Zusätzlich zu den oben genannten Formen (6.3.2) dürfen Gewichtstücke von 5 kg bis 50 kg abweichende Formen aufweisen, die der jeweiligen Verwendung angepasst sind. Anstelle des Knopfes können starre Vorrichtungen zum Handhaben eingelassen sein, wie Stege, Griffe, Haken oder Ösen usw.

**6.3.4** Gewichtstücke der Klassen M mit Nennwerten von 5 kg bis 50 kg können auch als Blockgewichtstücke mit abgerundeten Ecken und festen Griffen ausgeführt sein. Typische Beispiele dieser Gewichtstücke sind in den Bildern A.2 und A.3 dargestellt.

## **6.4 Gewichtstücke von 50 kg oder mehr**

**6.4.1** Die Formen der Gewichtstücke von 50 kg oder mehr können zylindrisch, als Blockgewichtstück oder verwendungsbezogen ausgeführt sein. Die Form muss eine sichere Aufbewahrung und Handhabung sicherstellen.

**6.4.2** Gewichtstücke von 50 kg oder mehr sollen mit starren Vorrichtungen zur Handhabung, wie Stege, Griffe, Haken oder Ösen usw. versehen sein.

**6.4.3** Wenn Gewichtstücke der Klassen M zum Verschieben auf glatten Böden (oder Schienen) vorgesehen sind, sollen sie mit Rollschienen versehen sein oder geringe Auflageflächen haben.

## **7 Bauanforderungen**

### **7.1 Gewichtstücke der Klassen E**

#### **7.1.1 Gewichtstücke der Klassen E von 1 mg bis 50 kg**

#### **7.1.2 Gewichtstücke der Klasse E<sub>2</sub> über 50 kg**

Gewichtstücke der Klassen E von 1 mg bis 50 kg müssen massiv sein und dürfen keine zur Atmosphäre offenen Hohlräume haben. Sie müssen aus einem Stück sein.

**7.1.2.1** Gewichtstücke der Klasse E<sub>2</sub> über 50 kg können eine Berichtigungskammer haben. Das Volumen dieser Kammer darf nicht größer als  $\frac{1}{1\,000}$  des Gesamtvolumens des Gewichtstückes sein. Die Kammer muss verschließbar sowie wasserdicht und luftdicht sein (z. B. durch eine Dichtung). Die Kammer muss mit einem Gewindepfropfen mit Schraubschlitz oder einer Handhabungseinrichtung, wie z. B. einem Knopf, einem Griff, einer Öse o. Ä. verschlossen werden können. Der Gewindepfropfen muss aus demselben Material wie der Körper des Gewichtstückes sein und die Oberflächenanforderungen für Klasse E<sub>2</sub> erfüllen.

**7.1.2.2** Nach der ersten Justierung muss ungefähr die Hälfte des Gesamtvolumens der Berichtigungskammer leer sein.

### **7.2 Gewichtstücke der Klassen F**

Gewichtstücke der Klassen F können aus einem oder mehreren Teilen desselben Werkstoffes bestehen.

## 7.2.1 Gewichtstücke der Klassen F von 1 g bis 50 kg

**7.2.1.1** Gewichtstücke der Klassen F von 1 g bis 50 kg können eine Berichtigungskammer haben. Das Volumen dieser Kammer soll 1/4 des Volumens des Gewichtstückes nicht überschreiten. Die Kammer muss entweder mit einem Knopf oder einer anderen geeigneten Einrichtung verschlossen sein.

**7.2.1.2** Nach der ersten Justierung muss ungefähr die Hälfte des Gesamtvolumens der Berichtigungskammer leer sein.

## 7.2.2 Gewichtstücke der Klassen F über 50 kg

Gewichtstücke der Klassen F über 50 kg können auch ein Behältnis sein, das aus mehreren geschlossenen, luft- und wasserdicht verschweißten Stücken zusammengesetzt ist. Der Inhalt des Behältnisses kann aus einem Werkstoff bestehen, der sich von dem des Behältnisses unterscheidet, muss aber die Anforderungen an die magnetischen Eigenschaften der Klassen  $F_1$  und  $F_2$  erfüllen. Die Wände des Behältnisses müssen ausreichend starr sein, damit Veränderungen des Umgebungsluftdrucks, Handhabung, Stöße o. Ä. keine Verformungen hervorrufen. Das Verhältnis zwischen Masse und Volumen muss die in Tabelle 5 genannten Dichteanforderungen erfüllen.

**7.2.2.1** Gewichtstücke der Klassen F über 50 kg können eine Berichtigungskammer haben. Das Volumen dieser Kammer darf nicht größer als 1/20 des Gesamtvolumens des Gewichtstückes sein. Die Kammer muss verschließbar sowie wasser- und luftdicht sein (z. B. durch eine Dichtung). Die Kammer muss mit einem Gewindedeckel mit einem Schraubendreherschlitz oder einer Handhabungsvorrichtung wie z. B. einem Knopf, einem Griff, einer Öse o. Ä. verschlossen werden können.

**7.2.2.2** Nach der ersten Justierung muss ungefähr die Hälfte des Gesamtvolumens der Berichtigungskammer leer sein.

## 7.3 Gewichtstücke der Klassen M

### 7.3.1 Gewichtstücke der Klassen $M_1$ , $M_2$ und $M_3$ von 1 g bis 50 kg

**7.3.1.1** Gewichtstücke der Klassen  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  von 1 g bis 10 g müssen massiv sein und dürfen keine Berichtigungskammer haben. Gewichtstücke der Klassen  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  von 20 g bis 50 g können eine Berichtigungskammer haben. Gewichtstücke der Klassen  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  von 100 g bis 50 kg müssen eine Berichtigungskammer haben. Bei Gewichtstücken der Klassen  $M_1$  und  $M_2$  von 20 g bis 200 g aus rostfreiem Stahl kann jedoch eine Berichtigungskammer vorhanden sein. Die Berichtigungskammer muss so konstruiert sein, dass die Ablagerung von Fremdstoffen oder Verunreinigungen verhindert wird und, dass die Kammer sicher verschlossen und für zusätzliche Justierungen geöffnet werden kann. Das Volumen der Berichtigungskammer darf nicht größer als 1/4 des Gesamtvolumens des Gewichtstückes sein.

**7.3.1.2** Nach der ersten Justierung muss ungefähr die Hälfte des Gesamtvolumens der Berichtigungskammer leer sein.

**7.3.2** Zylindrische Gewichtstücke der Klassen  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  von 100 g bis 50 kg (siehe Bild A.1) müssen eine Berichtigungskammer haben, die coaxial zur vertikalen Achse des Gewichtstückes liegt, eine Öffnung auf der Oberseite des Knopfs hat und am Eingang einen breiteren Durchmesser aufweist. Die Kammer muss entweder durch einen Gewindepfropfen mit Schraubschlitz (siehe Bild A.1 Variante 1) oder einer Scheibe mit einer mittig angeordneten Handhabungsöffnung verschlossen sein (siehe Bild A.1, Variante 2) (\*\*). Der Pfropfen bzw. die Scheibe muss aus Messing oder einem anderen geeigneten Metall bestehen und durch eine Abdeckung aus Blei oder einem ähnlichen Material verschlossen werden, das in einen innen liegenden kreisförmigen Schlitz im verbreiterten Teil des Durchmessers eingetrieben wird.

**7.3.3** Blockgewichtstücke der Klassen  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  von 5 kg bis 50 kg müssen eine Berichtigungskammer haben, die sich im Inneren des rohrförmigen Griffs befindet. Wenn der Griff massiv ist, kann eine Berichti-

gungskammer in einem der Seitenteile des Gewichtstückes, die zur Seite oder zur Oberfläche hin offen ist, vorhanden sein (siehe Bilder A.2. und A.3).

**7.3.3.1** Wenn sich die Berichtigungskammer im Rohrgriff befindet (siehe Bild A.2), muss die Kammer entweder durch einen Gewindepfropfen mit Schraubschlitz oder durch eine Scheibe mit einer mittig angeordneten Handhabungsöffnung verschlossen werden. Der Pfropfen bzw. die Scheibe muss aus Messing oder einem anderen geeigneten Metall bestehen und durch eine Abdeckung aus Blei (oder einem ähnlichen Material) verschlossen werden, das in einen inneren kreisförmigen Schlitz oder in die Rohrgewinde eingetrieben wird.

**7.3.3.2** Wenn die Berichtigungskammer in einem der Seitenteile gegossen ist und an der Seite oder Oberfläche des Seitenteiles eine Öffnung hat (siehe Bild A.3), muss die Kammer durch eine Platte aus Flusstahl oder einem anderen geeigneten Material und durch eine Abdeckung aus Blei oder einem ähnlichen Material verschlossen sein, das in eine Aussparung mit kegelförmigem Querschnitt eingetrieben wird.

#### **7.3.4 Gewichtstücke der Klassen M von 50 kg oder mehr**

Die Gewichtstücke dürfen keine Hohlräume aufweisen, in denen sich schnell Staub oder Verunreinigungen ansammeln können.

**7.3.4.1** Die Gewichtstücke müssen eine oder mehrere Berichtigungskammern haben. Das Gesamtvolumen aller Berichtigungskammern darf nicht größer als 1/10 des Gesamtvolumens des Gewichtstückes sein. Die Kammern müssen verschließbar sowie wasser- und luftdicht sein (z. B. durch eine Dichtung). Die Kammern müssen durch einen Gewindedeckel mit Schraubschlitz oder eine Handhabungsvorrichtung (z. B. einem Knopf oder Griff) verschlossen werden können.

**7.3.4.2** Nach der ersten Justierung muss mindestens 1/3 des Gesamtvolumens der Berichtigungskammer leer sein.

## **8 Werkstoff**

### **8.1 Allgemeines**

Die Gewichtstücke müssen korrosionsbeständig sein. Die Beschaffenheit des Werkstoffes muss so sein, dass Masseänderungen der Gewichtstücke, bezogen auf die Fehlergrenze der betreffenden Genauigkeitsklasse (siehe Tabelle 1), unter normalen Gebrauchsbedingungen und für den beabsichtigten Verwendungszweck vernachlässigt werden können.

### **8.2 Gewichtstücke der Klassen E<sub>1</sub> und E<sub>2</sub>**

**8.2.1** Bei Gewichtstücken von 1 g oder mehr müssen die Härte und Abriebfestigkeit des Werkstoffes ähnlich oder besser als bei rostfreiem austenitischen Stahl sein.

### **8.3 Gewichtstücke der Klassen F**

Die Oberfläche von Gewichtstücken der Klassen F von 1 g oder mehr, kann zur Verbesserung ihrer Korrosionsbeständigkeit und Härte mit einer geeigneten Metallbeschichtung versehen sein.

**8.3.1** Bei Gewichtstücken der Klassen F von 1 g oder mehr, müssen die Härte und Sprödigkeit des Werkstoffes mindestens der von gezogenem Messing entsprechen.

**8.3.2** Bei Gewichtstücken der Klassen F von 50 kg oder mehr, müssen die Härte und Sprödigkeit der für den gesamten Körper oder für die Oberflächen verwendeten Werkstoffe mindestens denen von rostfreiem Stahl entsprechen.

#### **8.4 Gewichtstücke der Klassen M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> von 50 kg oder weniger**

Die Oberfläche von Gewichtstücken von 1 g oder mehr, kann zur Verbesserung ihrer Korrosionsbeständigkeit und Härte mit einer entsprechenden Beschichtung versehen sein.

**8.4.1** Gewichtstücke der Klassen M von weniger als 1 g, müssen aus einem ausreichend korrosions- und oxidationsbeständigem Werkstoff hergestellt sein.

**8.4.2** Zylindrische Gewichtstücke der Klasse M<sub>1</sub> kleiner 5 kg, sowie der Klassen M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> kleiner 100 g müssen aus Messing oder aus einem Werkstoff sein, dessen Härte und Korrosionsbeständigkeit mindestens der von Messing entsprechen. Andere zylindrische Gewichtstücke der Klassen M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> von 50 kg oder weniger können aus Grauguss oder einem Werkstoff sein, dessen Sprödigkeit und Korrosionsbeständigkeit mindestens dem von Grauguss entspricht.

**8.4.3** Blockgewichtstücke von 5 kg bis 50 kg müssen aus einem Werkstoff sein, dessen Korrosionsbeständigkeit mindestens der von Grauguss entspricht. Die Sprödigkeit darf nicht größer als die von Grauguss sein.

**8.4.4** Die Griffe von Blockgewichtstücken müssen aus nahtlosem Stahlrohr oder aus Gusseisen bestehen und an den Körper des Gewichtstückes angegossen sein.

#### **8.5 Gewichtstücke der Klassen M größer 50 kg**

**8.5.1** Die Oberfläche der Gewichtstücke kann zur Verbesserung ihrer Korrosionsbeständigkeit mit einer entsprechenden Beschichtung versehen sein. Diese Beschichtung muss stoßfest und witterungsbeständig sein.

**8.5.2** Die Gewichtstücke müssen aus einem oder mehreren Werkstoffen hergestellt sein, mit einer Korrosionsbeständigkeit die der von Grauguss entspricht oder besser ist.

**8.5.3** Der Werkstoff muss so hart und fest sein, dass er den unter normalen Gebrauchsbedingungen auftretenden Belastungen und Stößen standhält.

**8.5.4** Die Griffe von Blockgewichtstücken müssen aus nahtlosem Stahlrohr oder aus Gusseisen bestehen und an den Körper des Gewichtstückes angegossen sein.

### **9 Magnetismus**

#### **9.1 Grenzwerte der Polarisation**

Die permanente Magnetisierung,  $M$ , als Funktion der Polarisation,  $\mu_0 M$ , darf die in Tabelle 3 genannten Höchstwerte nicht überschreiten.

Tabelle 3 — Höchste magnetische Polarisation,  $\mu_0 M$  ( $\mu\text{T}$ )

| Klasse                                                  | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | M <sub>1</sub> | M <sub>1-2</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>2-3</sub> | M <sub>3</sub> |
|---------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| maximale Polarisation,<br>$\mu_0 M$ , ( $\mu\text{T}$ ) | 2,5            | 8              | 25             | 80             | 250            | 500              | 800            | 1 600            | 2 500          |

## 9.2 Grenzwerte der magnetischen Suszeptibilität

Die magnetische Suszeptibilität eines Gewichtstückes darf die in Tabelle 4 genannten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 4 — Maximale Suszeptibilität,  $\chi$ 

| Klasse                                 | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> |
|----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $m \leq 1 \text{ g}$                   | 0,25           | 0,9            | 10             | -              |
| $2 \text{ g} \leq m \leq 10 \text{ g}$ | 0,06           | 0,18           | 0,7            | 4              |
| $20 \text{ g} \leq m$                  | 0,02           | 0,07           | 0,2            | 0,8            |

**9.3** Die durch die Magnetisierung der Gewichtstücke bedingten Unsicherheitsanteile sind vernachlässigbar, wenn alle Magnetisierungs- und Suszeptibilitätsmessungen unter den Grenzwerten der Tabellen 3 und 4 liegen. Die in den Tabellen 3 und 4 aufgeführte maximale permanente Magnetisierung und magnetische Suszeptibilitäten sind so gewählt, dass sie den konventionellen Wägewert bei eventuell an den Lastschalen auftretenden magnetischen Feldern und magnetischen Feldgradienten um weniger als 1/10 der Fehlergrenze des Prüfgegenstandes ändern [8] [9].

## 10 Dichte

### 10.1 Allgemeines

Die Dichte des Werkstoffes für Gewichtstücke ist in Tabelle 5 aufgeführt. Sie muss derart beschaffen sein, dass eine Änderung der Luftdichte um 10 % von dem festgelegten Wert ( $1,2 \text{ kg m}^{-3}$ ) keinen größeren Fehler als ein Viertel der in Tabelle 1 aufgeführten Fehlergrenze verursacht.

Tabelle 5 — Untere und obere Grenzen für die Dichte ( $\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\max}$ )

| Nennwert | $\rho_{\min}, \rho_{\max} (10^3 \text{ kg m}^{-3})$         |                |                |                |                |                  |                |                  |
|----------|-------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
|          | Klasse (für Klasse M <sub>3</sub> ist kein Wert festgelegt) |                |                |                |                |                  |                |                  |
|          | E <sub>1</sub>                                              | E <sub>2</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | M <sub>1</sub> | M <sub>1-2</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>2-3</sub> |
| ≥ 100 g  | 7,934 – 8,067                                               | 7,81 – 8,21    | 7,39 – 8,73    | 6,4 – 10,7     | ≥ 4,4          | ≥ 3,0            | ≥ 2,3          | ≥ 1,5            |
| 50 g     | 7,92 – 8,08                                                 | 7,74 – 8,28    | 7,27 – 8,89    | 6,0 – 12,0     | ≥ 4,0          |                  |                |                  |
| 20 g     | 7,84 – 8,17                                                 | 7,50 – 8,57    | 6,6 – 10,1     | 4,8 – 24,0     | ≥ 2,6          |                  |                |                  |
| 10 g     | 7,74 – 8,28                                                 | 7,27 – 8,89    | 6,0 – 12,0     | ≥ 4,0          | ≥ 2,0          |                  |                |                  |
| 5 g      | 7,62 – 8,42                                                 | 6,9 – 9,6      | 5,3 – 16,0     | ≥ 3,0          |                |                  |                |                  |
| 2 g      | 7,27 – 8,89                                                 | 6,0 – 12,0     | ≥ 4,0          | ≥ 2,0          |                |                  |                |                  |
| 1 g      | 6,9 – 9,6                                                   | 5,3 – 16,0     | ≥ 3,0          |                |                |                  |                |                  |
| 500 mg   | 6,3 – 10,9                                                  | ≥ 4,4          | ≥ 2,2          |                |                |                  |                |                  |
| 200 mg   | 5,3 – 16,0                                                  | ≥ 3,0          |                |                |                |                  |                |                  |
| 100 mg   | ≥ 4,4                                                       |                |                |                |                |                  |                |                  |
| 50 mg    | ≥ 3,4                                                       |                |                |                |                |                  |                |                  |
| 20 mg    | ≥ 2,3                                                       |                |                |                |                |                  |                |                  |

ANMERKUNG 1 Regel für die Dichte,  $\rho$ , von Gewichtstücken.  $\delta m/m_0$  sei der Wert der relativen Fehlergrenze für die Gewichtstücke. Die Dichte  $\rho$  des Gewichtstückes muss die folgenden Bedingungen erfüllen:

$$8\,000 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1}{1+10^5 \left( \frac{\delta m / m_0}{6} \right)} \leq \rho \leq 8\,000 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1}{1-10^5 \left( \frac{\delta m / m_0}{6} \right)} \quad \text{wenn } \delta m/m_0 < 6 \times 10^{-5} \quad (10.1-1)$$

$$8\,000 \text{ kg m}^{-3} \times \frac{1}{1+10^5 \left( \frac{\delta m / m_0}{6} \right)} \leq \rho \quad \text{wenn } \delta m/m_0 \geq 6 \times 10^{-5} \quad (10.1-2)$$

ANMERKUNG 2 Unabhängig von den Anforderungen an die Dichte der Gewichtstücke ist es vor allem bei Normalen oder Gewichtstücken mit großem Nennwert erforderlich, eine Dichte von  $8\,000 \text{ kg m}^{-3}$  zu erhalten. Es kann zum Beispiel ein Körper aus Gusseisen mit einer speziellen Hohlkammer verwendet werden, in den ein Bleikern mit einer Masse gegossen werden kann, der etwa 30 % der gesamten Nennmasse des Normalen entspricht.

## 10.2 Korrekturen für die Abweichung der Luftdichte

**10.2.1** Wenn die Luftdichte  $\rho_a$  um mehr als  $\pm 10\%$  von  $\rho_0 = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$  abweicht, und die Dichte des Prüfgegenstandes,  $\rho_t$ , von der Dichte des Normalen,  $\rho_r$ , abweicht, muss der konventionelle Wägewert um den Term C wie folgt korrigiert werden:

$$m_{ct} = m_{ct} (1 + C) + \overline{\Delta m_c} \quad (10.2-1)$$

mit

$$C = (\rho_a - \rho_0) \left[ \frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right] \quad (10.2-2)$$

Dabei ist  $\overline{\Delta m_c}$  die mittlere beobachtete Wägedifferenz zwischen den Normalen und Prüfgegenständen ist;

$\rho_r$  die Dichte des Normalen ist; und

$m_{ct}$ , und  $m_{cr}$  die konventionellen Wägewerte der Prüfgegenstände bzw. der Normale sind.

## 10.2.2 Für die Kalibrierung/Eichung von Waagen verwendete Gewichtstücke

Die Höhe und die sich daraus ergebende Änderung der Luftdichte kann bei Verwendung des konventionellen Wägewerts die Messabweichung beeinflussen. Daher sollte die Auftriebskorrektur aus 10.2.1 verwendet werden, bei der die Dichte der Gewichtstücke bekannt sein muss. Wenn Gewichtstücke der Klassen E in Höhen von über 330 Meter ü. NN verwendet werden sollen, muss die Dichte der Gewichtstücke zusammen mit der zugehörigen Unsicherheit angegeben sein. Bei Klasse F<sub>1</sub> gilt dies für Höhen über 800 Meter ü. NN. Anderenfalls muss der Hersteller bei der Festlegung der Klasse für Normale mit konventionellem Wägewert die niedrigere Auftriebswirkung bei der höheren Lage berücksichtigen.

## 11 Oberflächenbeschaffenheit

### 11.1 Allgemeines

Unter üblichen Gebrauchsbedingungen muss die Oberfläche so beschaffen sein, dass jede Veränderung der Masse der Gewichtstücke in Bezug auf die Fehlergrenzen vernachlässigbar ist.

**11.1.1** Die Oberfläche der Gewichtstücke (einschließlich Standfläche und Kanten) muss glatt und die Kanten müssen abgerundet sein.

**11.1.2** Die Oberflächen von Gewichtstücken der Klassen E und F dürfen nicht porös sein und müssen sorgfältig poliert sein. Eine Sichtprüfung der Oberflächengüte ist ausreichend. Falls Zweifel an der Oberflächengüte bestehen, sind die Werte aus Tabelle 6 maßgebend. Die für Gewichtstücke von über 50 kg zulässige größte Oberflächenrauheit darf das Doppelte der in Tabelle 6 genannten Werte betragen.

**Tabelle 6 — Höchstwerte für die Oberflächenrauheit**

| Klasse              | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R <sub>z</sub> (µm) | 0,5            | 1              | 2              | 5              |
| R <sub>a</sub> (µm) | 0,1            | 0,2            | 0,4            | 1              |

**11.1.3** Die Oberfläche von zylindrischen Gewichtstücken der Klassen M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> von 1 g bis 50 kg muss glatt sein und darf bei der Sichtprüfung nicht porös erscheinen. Die Ausführung von Gussgewichtstücken der Klassen M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> und M<sub>3</sub> von 100 g bis 50 kg und aller Gewichtstücke der Klassen M über 50 kg muss Feinguss entsprechen. Dies kann durch geeignete Methoden zum Schutz der Oberfläche erreicht werden.

## 12 Justierung

Ein Gewichtstück eines angegebenen Nennwertes muss so justiert sein, dass der konventionelle Wägewert für das Wägeergebnis dieses Gewichtstückes in Luft gleich dem angegebenen Nennwert ist. Dieser muss innerhalb der für die Genauigkeitsklasse dieses Gewichtstückes festgelegten Fehlergrenze liegen. Es gelten die Unsicherheitsanforderungen nach 5.3.1.

### 12.1 Gewichtstücke der Klassen E

Gewichtstücke sind durch Schmirlen, Schleifen oder einer anderen entsprechenden Methode zu justieren. Die Anforderungen an die Oberfläche müssen nach Abschluss der Justierung eingehalten werden. Gewichtstücke von mehr als 50 kg mit einer Berichtigungskammer müssen mit demselben Material, aus dem sie hergestellt sind, justiert werden.

## 12.2 Gewichtstücke der Klassen F

Gewichtstücke aus einem Stück sind durch Schmirgeln, Schleifen oder einer anderen entsprechenden Methode, das die Oberfläche nicht verändert, zu justieren. Gewichtstücke mit einer Berichtigungskammer müssen mit demselben Material, aus dem sie hergestellt sind, oder mit rostfreiem Stahl, Messing, Zinn, Molybdän oder Wolfram justiert werden.

## 12.3 Gewichtstücke der Klassen M

**12.3.1** Gewichtstücke in Plättchenform oder als Drähte von 1 mg bis 1 g sind durch Abschneiden, Schleifen oder Schmirgeln zu justieren.

**12.3.2** Zylindrische Gewichtstücke ohne Berichtigungskammer sind durch Schmirgeln zu justieren.

**12.3.3** Gewichtstücke, die eine Berichtigungskammer haben, müssen durch Entnahme oder Zugabe von metallischem Material, wie Bleischrot, justiert werden. Wenn kein Material entfernt werden kann, sind sie durch Schmirgeln zu justieren.

## 12.4 Referenzbedingungen

Folgende Referenzbedingungen gelten für die Justierung von Normalgewichtstücken:

- Normal-Referenzdichte:  $8\,000\text{ kg m}^{-3}$ ;
- Dichte der Umgebungsluft:  $1,2\text{ kg m}^{-3}$ ; und
- Gleichgewicht in Luft bei  $20\text{ °C}$ , ohne Luftauftriebskorrektur.

## 13 Aufschriften

### 13.1 Allgemeines

Mit Ausnahme der Gewichtstücke der Klassen E und den in 6.2.2 beschriebenen Gewichtstücken von 1 g müssen Gewichtstücke von 1 g und mehr mit der deutlichen Aufschrift ihres Nennwertes versehen sein, vorausgesetzt die Oberflächenbeschaffenheit und die Stabilität der Gewichtstücke werden durch die Kennzeichnung oder das zur Kennzeichnung des Gewichtstückes angewandte Verfahren nicht beeinflusst.

**13.1.1** Die Ziffern bezeichnen den Nennwert der Gewichtstücke

- in Kilogramm für Massen von 1 kg und mehr; oder
- in Gramm für Massen von 1 g bis 500 g.

**13.1.2** Doppelt oder dreifach vorhandene Gewichtstücke innerhalb eines Satzes sind deutlich durch einen oder zwei Sterne oder Punkte auf der Mitte der Oberfläche zu unterscheiden. Bei Drahtgewichten ist diese Unterscheidung durch eine oder zwei Aufbiegungen kenntlich zu machen.

### 13.2 Gewichtstücke der Klassen E

Bei Gewichtstücken der Klassen E muss die Klasse auf dem Deckel des Aufbewahrungskastens (siehe 14.1) aufgebracht sein. Ein Gewichtstück der Klasse E darf keine Aufschrift tragen, es sei denn, die Aufschrift dient dazu, es von einem anderen Gewichtstück der Klasse E zu unterscheiden, vorausgesetzt, dass die Oberflächenbeschaffenheit und Stabilität des Gewichtstückes nicht durch die Kennzeichnung oder das zur Kennzeichnung angewandte Verfahren beeinflusst werden. Tabelle 7 gibt die Höchstanzahl von Benutzerkennzeichnungen an.

Bei Gewichtstücken der Klasse  $E_2$  kann außermittig auf der oberen Fläche ein Punkt angebracht werden, um sie von Gewichtstücken der Klasse  $E_1$  zu unterscheiden.

### 13.3 Gewichtstücke der Klassen F

Bei Gewichtstücken von 1 g oder mehr wird die Angabe des Nennwerts entsprechend 13.1 brüniert oder eingraviert (ohne Angabe des Einheitennamens oder -zeichens).

**13.3.1** Gewichtstücke der Klasse  $F_1$  tragen keinerlei Hinweis auf ihre Klasse.

**13.3.2** Gewichtstücke der Klasse  $F_2$  von 1 g und mehr müssen mit ihrer Genauigkeitsklasse durch die Angabe „F“ zusammen mit ihrem Nennwert gekennzeichnet sein.

### 13.4 Gewichtstücke der Klassen $M_1$ , $M_2$ und $M_3$

**13.4.1** Blockgewichtstücke von 5 kg bis 5 000 kg sind mit ihrem Nennwert und dem nachgestellten Symbol „kg“ zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung wird vertieft oder erhaben entsprechend den Bildern A.2 und A.3 dargestellt.

**13.4.2** Zylindrische Gewichtstücke von 1 g bis 5 000 kg sind mit ihrem Nennwert und dem nachgestellten Symbol „g“ oder „kg“ zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung wird vertieft oder erhaben auf dem Knopf, entsprechend Bild A.1 dargestellt. Bei zylindrischen Gewichtstücken von 500 g bis 5 000 kg kann sich die Angabe auf der Mantelfläche des Gewichtstückes befinden.

**13.4.3** Bei Gewichtstücken der Klasse  $M_1$  muss das Zeichen „ $M_1$ “ oder „M“ zusammen mit dem Nennwert erhaben oder vertieft, entsprechend den Bildern A.2 und A.3, dargestellt sein. Blockgewichtstücke der Klasse  $M_1$  können ein Herstellerzeichen tragen, das vertieft oder erhaben auf dem Mittelteil des Blockgewichtstückes dargestellt ist, entsprechend den Bildern A.2 und A.3.

**13.4.4** Blockgewichtstücke der Klasse  $M_2$  müssen mit dem Nennwert gekennzeichnet sein und können das Zeichen „ $M_2$ “ vertieft oder erhaben entsprechend den Bildern A.2 und A.3 tragen.

**13.4.5** Bei Blockgewichtstücken der Klasse  $M_3$  sind die Zeichen „ $M_3$ “ oder „X“ zusammen mit dem Nennwert vertieft oder erhaben entsprechend den Bildern A.2 und A.3 darzustellen.

**13.4.6** Gewichtstücke der Klassen  $M_2$  und  $M_3$  (mit Ausnahme von Drahtgewichtstücken) können ein Herstellerzeichen tragen; in diesem Fall ist es erhaben oder vertieft wie folgt darzustellen:

- auf der oberen Fläche in der Mitte bei Blockgewichtstücken;
- auf der oberen Fläche des Knopfes bei zylindrischen Gewichtstücken; oder
- auf der oberen Fläche des Zylinders bei Gewichtstücken der Klasse  $M_3$ , die mit einem Handgriff versehen sind.

Siehe Bilder A.1, A.2 und A.3.

**13.4.7** Gewichtstücke der Klasse  $M_3$  gleich oder größer 50 kg

Das Gewichtstück muss den Nennwert in Ziffern, gefolgt vom Einheitenzeichen, tragen.

**13.5** Gewichtstücke der Klassen  $M_{1-2}$  und  $M_{2-3}$ 

Gewichtstücke der Klasse  $M_{1-2}$  müssen das Zeichen „ $M_{1-2}$ “, und die der Klasse  $M_{2-3}$  Zeichen „ $M_{2-3}$ “ sowie den Nennwert gefolgt vom Symbol „kg“ vertieft oder erhaben tragen. Gewichtstücke der Klassen  $M_{1-2}$  und  $M_{2-3}$  können das Herstellerzeichen in einer Größe ähnlich wie in den Bildern A.1, A.2 oder A.3 für andere Gewichtstücke der Klassen M vertieft oder erhaben auf der Oberfläche tragen.

**13.6** Benutzerkennzeichen

Es empfiehlt sich für den Benutzer, die einzelnen Gewichtstücke deutlich zu kennzeichnen, um ein Gewichtstück seinem Kalibrier- oder Eichschein zuordnen zu können. Tabelle 7 enthält die zulässige Höchstanzahl der Benutzerkennzeichnungen.

Tabelle 7 — Maximale Anzahl von Benutzerkennzeichnungen

| Klasse                | Nennwert        | Höhe der Beschriftung | Maximale Anzahl der Zeichen, Ziffern oder Buchstaben |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------------------------------|
| E, F, $M_1$ und $M_2$ | < 1 g           | 1 mm                  | 2                                                    |
| $E_1$                 | $\geq 1$ g      | 2 mm                  | 3                                                    |
| $E_2$                 | $\geq 1$ g      | 3 mm                  | 5                                                    |
| $F_1$ bis $M_2$       | 1 g bis 100 g   | 3 mm                  | 5                                                    |
| $F_1$ bis $M_2$       | 200 g bis 10 kg | 5 mm                  | 5                                                    |
| $F_1$ bis $M_2$       | $\geq 20$ kg    | 7 mm                  | 5                                                    |

Die Benutzerkennzeichnungen müssen aus Zeichen, Ziffern oder Buchstaben bestehen, die zu keiner Verwechslung mit Nennwert- oder Klassenangaben führen.

**14** Aufbewahrung**14.1** Allgemeines

Mit Ausnahme der Gewichtstücke der Klassen  $M_{1-2}$ ,  $M_2$ ,  $M_{2-3}$  und  $M_3$  müssen die Gewichtstücke nach folgenden Anforderungen aufbewahrt werden.

**14.1.1** Der Deckel des Gewichtkastens muss zur Einordnung in die Klasse wie folgt gekennzeichnet sein: „ $E_1$ “, „ $E_2$ “, „ $F_1$ “, „ $F_2$ “, oder „ $M_1$ “.

**14.1.2** Gewichtstücke eines Gewichtsatzes müssen derselben Genauigkeitsklasse angehören.

## 14.2 Gewichtstücke der Klassen E und F

**14.2.1** Einzelne Gewichtstücke und Gewichtsätze müssen gegen Abnutzung oder Beschädigung durch Stöße oder Erschütterungen geschützt sein. Sie müssen in Kästen aus Holz, Kunststoff oder einem anderen geeigneten Material mit passenden Aussparungen aufbewahrt werden.

**14.2.2** Hilfsmittel zur Handhabung von Gewichtstücken der Klassen E und F müssen so beschaffen sein, dass sie die Oberfläche der Gewichtstücke nicht zerkratzen oder verändern.

## 14.3 Gewichtstücke der Klasse M<sub>1</sub>

**14.3.1** Zylindrische Gewichtstücke der Klasse M<sub>1</sub> bis einschließlich 500 g (einzelne Gewichtstücke oder in Sätzen) müssen in einem Kasten mit passenden Aussparungen aufbewahrt werden.

**14.3.2** Gewichtstücke in Plättchenform oder aus Draht sind in Kästen mit passenden Aussparungen aufzubewahren; auf dem Deckel des Kastens ist die Genauigkeitsklasse (M<sub>1</sub>) anzugeben.

## Metrologische Kontrollen

### 15 Vorlage zu metrologischen Kontrollen

Wenn in einem Staat Gewichtstücke der metrologischen Kontrolle des gesetzlichen Messwesens unterliegen, kann – entsprechend der jeweiligen nationalen Gesetzgebung – diese Kontrolle aus einer oder mehreren der Folgenden bestehen: Bauartzulassung, Kalibrierung, Nachkalibrierung, Eichung, Ersteichung und Nacheichung. Tabelle 8 enthält eine Anleitung, welche Prüfungen während welcher Stufen der Beurteilung durchgeführt werden sollen.

**Tabelle 8 — Anleitung zur Festlegung, welche Prüfungen für die Bauartzulassung durchzuführen sind, und für die Erst- und Nacheichung empfohlene Prüfungen**

| Prüfung | Dichte<br>$\rho$ |   |   | Oberflächen-<br>rauheit |   |   | Magnetische<br>Suszeptibilität<br>$\chi$ |   |   | Permanente<br>Magnetisierung<br>$M$ |   |   | Konventioneller<br>Wägewert<br>$m_0$ |   |   |
|---------|------------------|---|---|-------------------------|---|---|------------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|---|
| Klasse  | E                | F | M | E                       | F | M | E                                        | F | M | E                                   | F | M | E                                    | F | M |
| BAZ     | x                | x | x | x                       | x | x | x                                        | x |   | x                                   | x | x | x                                    | x | x |
| E       | x <sup>+</sup>   |   |   | S                       | S | S | x                                        | x |   | x                                   | x | x | x                                    | x | x |
| N       |                  |   |   | S                       | S | S |                                          |   |   | *                                   | * | * | x                                    | x | x |

**Legende:**

BAZ Bauartzulassung

E Ersteichung ist vorgesehen, wenn das Gewichtstücke zum ersten Mal in Gebrauch genommen wird

N Nacheichung

 Prüfung nicht erforderlich

S Sichtprüfung

x Prüfung erforderlich

\* Im Zweifelsfall kann die permanente Magnetisierung eines Gewichtstückes bei der Nacheichung geprüft werden

+ gilt nur für Klasse E<sub>1</sub>, nicht für Klasse E<sub>2</sub>

## 15.1 Bauartzulassung

**15.1.1** Jeder Hersteller oder bevollmächtigte Vertreter kann ein Baumuster eines zur Herstellung vorgesehenen Gewichtstückes der für das gesetzliche Messwesen zuständigen Stelle vorlegen, um bestätigen zu lassen, dass dieses den gesetzlichen Anforderungen entspricht. Die vorgeschriebenen Prüfverfahren werden in den Anhängen B und C dieser Empfehlung angegeben. R 111-2 zeigt das für die Bauartzulassung vorgeschriebene Format des Prüfberichts. Tabelle 8 zeigt die für die Bauartzulassung vorgeschriebenen Prüfungen.

**15.1.2** Ein zugelassenes Baumuster darf ohne besondere Genehmigung nicht geändert werden (siehe OIML B3 „*OIML-Zertifizierungssystem für Messgeräte*“), wenn es einmal zugelassen wurde.

## 15.2 Kalibrierung und Eichung

In Abhängigkeit von der nationalen Gesetzgebung und der geplanten Verwendung, liegt die Verantwortung für die Kalibrierung und Eichung von Gewichtstücken oder Gewichtsätzen bei der zuständigen nationalen Stelle oder beim Benutzer. Kalibrier- und Eichscheine dürfen nur von befugten oder akkreditierten Labors ausgestellt werden. Die Rückführbarkeit auf nationale Normale muss sichergestellt sein.

### 15.2.1 Kalibrier- und Eichscheine

Ein Kalibrier- oder Eichschein muss mindestens folgende Angaben enthalten: den konventionellen Wägewert jedes Gewichtstückes,  $m_c$ , die Angabe, ob ein Gewichtstück vor der Kalibrierung justiert worden ist, die erweiterte Unsicherheit,  $U$ , und der Wert des Erweiterungsfaktors,  $k$ .

**15.2.2** Für Gewichtstücke der Klassen E ist stets ein Kalibrierschein auszustellen.

**15.2.2.1** Ein Schein für Gewichtstücke der Klasse  $E_1$  muss mindestens den konventionellen Wägewert,  $m_c$ , die erweiterte Unsicherheit,  $U$ , und den Erweiterungsfaktor,  $k$ , sowie die Dichte oder das Volumen jedes Gewichtstückes enthalten. Außerdem muss die Bescheinigung eine Angabe darüber enthalten, ob die Dichte oder das Volumen gemessen oder geschätzt worden ist.

**15.2.2.2** Ein Schein für Gewichtstücke der Klasse  $E_2$  muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- a) den konventionellen Wägewert,  $m_c$ , für jedes Gewichtstück, die erweiterte Unsicherheit,  $U$ , und den Erweiterungsfaktor,  $k$ ; oder
- b) die Angaben, die für Scheine von Gewichtstücken der Klasse  $E_1$  erforderlich sind (wie in 1.3.1. vorgeschrieben).

## 15.3 Nachkalibrierung sowie Erst- und Nacheichung (\*)

**15.3.1** In Tabelle 8 sind die empfohlenen Prüfungen für die Erst- und Nacheichung angegeben. Für die Bauarten von Gewichtstücken, für die eine Kalibrierung oder Ersteichung vorgeschrieben ist, sollte auch eine Nachkalibrierung oder Nacheichung vorgeschrieben werden, um sicherzustellen, dass sie ihre messtechnischen Eigenschaften beibehalten. Gewichtstücke, die zum Zeitpunkt der Nachkalibrierung oder Nacheichung fehlerhaft sind, sind auszutauschen oder neu zu justieren.

**15.3.2** Bei der Nacheichung müssen die Bauart und die Oberflächenbeschaffenheit der Gewichtstücke zumindest einer Sichtprüfung unterzogen werden, und die Masse muss mit der Bescheinigung und der OIML-Konformitätsbescheinigung verglichen werden.

## 16 Stempelzeichen

### 16.1 Allgemeines

Gewichtstücke, für die ein Kalibrierschein ausgestellt wird, müssen nicht mit Stempelzeichen gekennzeichnet sein.

### 16.2 Gewichtstücke der Klassen E

**16.2.1** Stempelzeichen müssen auf dem Aufbewahrungskasten angebracht werden.

**16.2.2** Von den messtechnischen Stellen (z. B. akkreditierten Kalibrierdiensten oder -labors) ist für jedes Gewichtstück bzw. jeden Gewichtsatz ein Kalibrierschein auszustellen.

### 16.3 Gewichtstücke der Klassen F

#### 16.3.1 Gewichtstücke der Klasse $F_1$

Wenn die Gewichtstücke messtechnischen Kontrollen unterliegen, muss die entsprechende Kennzeichnung auf dem Kasten, der die Gewichtstücke enthält, angebracht werden.

#### 16.3.2 Gewichtstücke der Klasse $F_2$

Wenn zylindrische Gewichtstücke der Klasse  $F_2$  messtechnischen Kontrollen unterliegen, muss die entsprechende Kennzeichnung auf dem Verschluss der Berichtigungskammer angebracht werden; bei Gewichtstücken ohne Berichtigungskammer muss die Kennzeichnung auf ihrer Standfläche oder auf dem Kasten, der die Gewichtstücke enthält, angebracht werden.

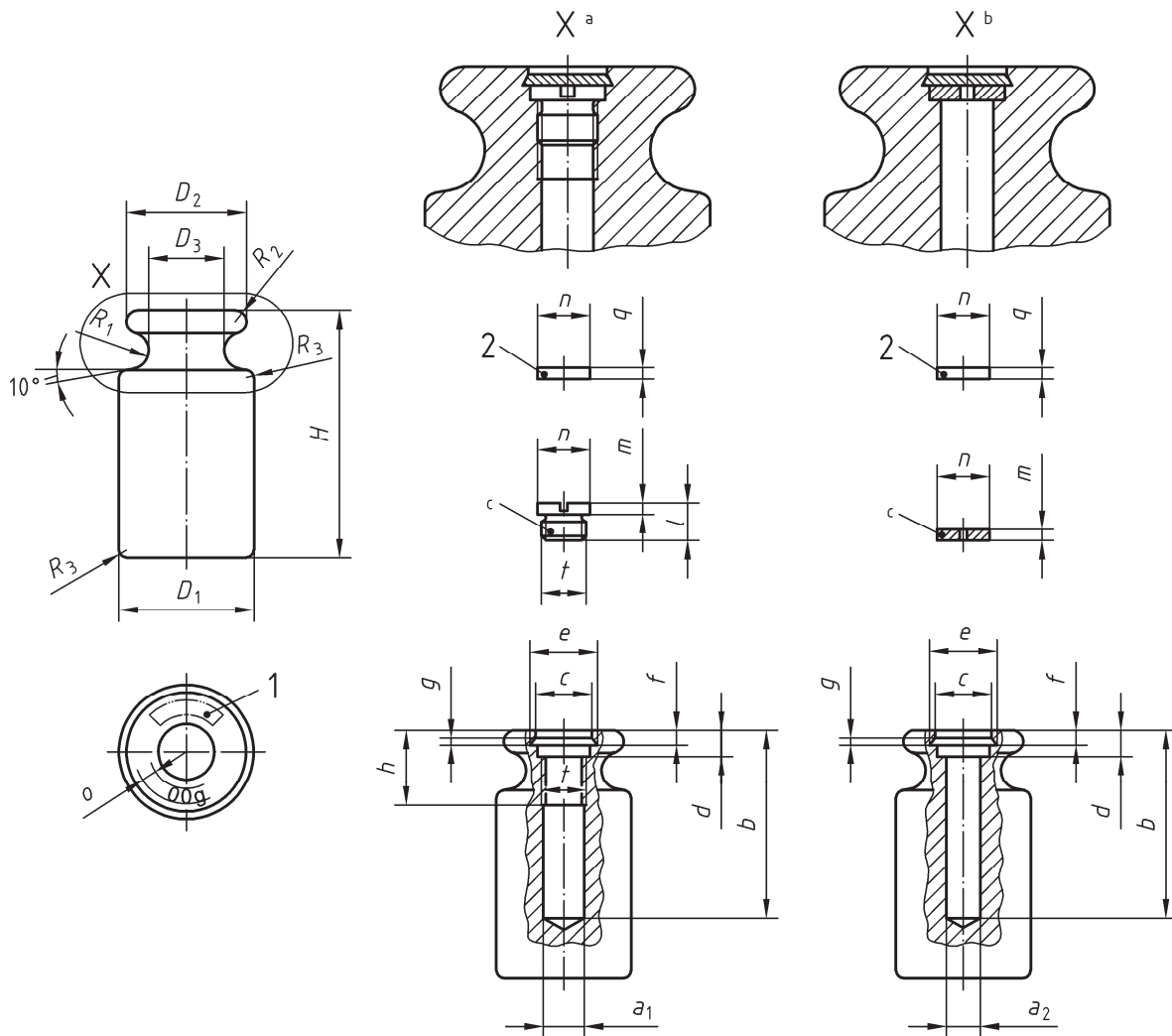
### 16.4 Gewichtstücke der Klassen M

**16.4.1** Wenn Gewichtstücke der Klassen  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$  messtechnischen Kontrollen unterliegen, muss die entsprechende Kennzeichnung auf dem Verschluss der Berichtigungskammer angebracht werden; bei Gewichtstücken ohne Berichtigungskammer ist die Kennzeichnung auf ihrer Standfläche anzubringen.

**16.4.2** Wenn Gewichtstücke der Klasse  $M_1$  in Plättchenform oder als Draht messtechnischen Kontrollen unterliegen, muss die erforderliche Kennzeichnung auf dem Kasten angebracht werden.

## Anhang A

### Beispiele für verschiedene Formen und Maße



#### Legende

- 1 Herstellerzeichen
- 2 Bleiplatte
- a Variante 1 Berichtigungskammer
- b Variante 2 Berichtigungskammer
- c Messing oder das gleiche Material wie das Gewichtsstück

**Bild A.1 — Beispiele für zylindrische Gewichtstücke**