

**DIN EN 12350-7**

ICS 91.100.30

Ersatz für  
DIN EN 12350-7:2000-11**Prüfung von Frischbeton –  
Teil 7: Luftgehalt – Druckverfahren;  
Deutsche Fassung EN 12350-7:2009**Testing fresh concrete –  
Part 7: Air content – Pressure methods;  
German version EN 12350-7:2009Essais pour béton frais –  
Partie 7: Teneur en air – Méthode de la compressibilité;  
Version allemande EN 12350-7:2009

Gesamtumfang 26 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 12350-7:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Auf nationaler Ebene wurden die Arbeiten vom NA 005-07-05 AA „Prüfverfahren für Beton“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) begleitet.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 12350-7:2000-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm wurde redaktionell überarbeitet;
- b) Präzisierung der Anweisungen für das Befüllen des Behälters und das Verdichten des Betons.

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN 12350-7: 2000-11

**Deutsche Fassung**

**Prüfung von Frischbeton —  
Teil 7: Luftgehalt —  
Druckverfahren**

Testing fresh concrete —  
Part 7: Air content —  
Pressure methods

Essais pour béton frais —  
Partie 7: Teneur en air —  
Méthode de la compressibilité

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Januar 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel**

## Inhalt

Seite

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Kurzbeschreibungen</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 Allgemeines</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2 Wassersäulenverfahren</b> .....	<b>5</b>
<b>3.3 Druckausgleichsverfahren</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Wassersäulenverfahren</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1 Geräte</b> .....	<b>6</b>
<b>4.2 Durchführung</b> .....	<b>8</b>
<b>5 Druckausgleichsverfahren</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1 Geräte</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2 Durchführung</b> .....	<b>12</b>
<b>6 Berechnung und Angabe der Ergebnisse</b> .....	<b>13</b>
<b>7 Prüfbericht</b> .....	<b>14</b>
<b>8 Genauigkeit</b> .....	<b>14</b>
<b>8.1 Wassersäulenverfahren</b> .....	<b>14</b>
<b>8.2 Druckausgleichsverfahren</b> .....	<b>15</b>
<b>Anhang A (normativ) Korrekturfaktor der Gesteinskörnung – Wassersäulenverfahren</b> .....	<b>16</b>
<b>Anhang B (normativ) Korrekturfaktor der Gesteinskörnung – Druckausgleichsverfahren</b> .....	<b>18</b>
<b>Anhang C (normativ) Kalibrierung des Gerätes – Wassersäulenverfahren</b> .....	<b>20</b>
<b>Anhang D (normativ) Kalibrierung des Gerätes – Druckausgleichsverfahren</b> .....	<b>23</b>

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 12350-7:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2009 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2009 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 12350-7:2000.

Die Ergebnisse von in verschiedenen Labors durchgeführten Untersuchungen, die teilweise von der EU gefördert wurden (Vertrag MAT 1-CT-94-0043) und die die beiden Prüfverfahren für die Bestimmung des Luftgehalts verglichen, zeigten keine signifikanten Unterschiede. Jedoch wurde festgestellt, dass der Gebrauch von Innenrüttlern zur Verdichtung von Beton mit künstlich eingeführten Luftporen nur mit Vorsicht erfolgen sollte, um den Luftporenverlust zu vermeiden.

Als normative Anhänge A und B wurde die Bestimmung von Korrekturfaktoren hinsichtlich der Gesteinskörnung für die beiden Verfahren aufgenommen.

Die Verfahren zum Kalibrieren der beiden Gerätetypen wurden als normative Anhänge C und D aufgenommen.

Diese Norm ist Bestandteil einer Normenreihe für die Prüfung von Beton.

Die Normenreihe EN 12350 „Prüfung von Frischbeton“ umfasst die folgenden Teile.

- Teil 1: Probenahme
- Teil 2: Setzmaß
- Teil 3: Vebe-Prüfung
- Teil 4: Verdichtungsmaß
- Teil 5: Ausbreitmaß
- Teil 6: Frischbetonrohddichte
- Teil 7: Luftgehalt — Druckverfahren
- Teil 8: Selbstverdichtender Beton — Setzfließversuch (in Vorbereitung)
- Teil 9: Selbstverdichtender Beton — Auslauftrichterversuch (in Vorbereitung)
- Teil 10: Selbstverdichtender Beton — L-Kasten-Versuch (in Vorbereitung)
- Teil 11: Selbstverdichtender Beton — Bestimmung der Sedimentationsstabilität im Siebversuch (in Vorbereitung)
- Teil 12: Selbstverdichtender Beton — Blockiering-Versuch (in Vorbereitung)

**ACHTUNG — Beim Mischen des Zements mit Wasser werden Alkalien freigesetzt. Es sind Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, um zu verhindern, dass beim Mischen von Beton trockener Zement in Augen, Mund und Nase gelangt. Der Hautkontakt mit feuchtem Zement oder Beton ist durch das Tragen geeigneter Schutzkleidung zu vermeiden. Wenn Zement oder Beton in die Augen gelangt ist, sind diese sofort mit sauberem Wasser sorgfältig auszuwaschen und unverzüglich medizinische Hilfe in Anspruch zu nehmen. Nasser Beton ist sofort von der Haut abzuwaschen.**

**DIN EN 12350-7:2009-08**  
**EN 12350-7:2009 (D)**

Gegenüber der Norm vom April 2000 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Norm wurde redaktionell überarbeitet;
- Präzisierung der Anweisungen für das Befüllen des Behälters und das Verdichten des Betons.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## 1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm beschreibt zwei Verfahren für die Bestimmung des Luftgehaltes von verdichtetem Frischbeton, der mit normaler oder relativ dichter Gesteinskörnung mit einem Größtkorn bis 63 mm hergestellt wurde.

ANMERKUNG Für Beton, der mit leichter Gesteinskörnung, luftgekühlter Hochofenschlacke oder Gesteinskörnung mit hoher Porosität hergestellt wurde, ist keines der beiden Verfahren wegen der vergleichbaren Größenordnung des Korrekturfaktors der Gesteinskörnung mit dem Luftporengehalt des Frischbetons anwendbar.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12350-1, *Prüfung von Frischbeton — Teil 1: Probenahme*

EN 12350-6, *Prüfung von Frischbeton — Teil 6: Frischbetonrohddichte*

## 3 Kurzbeschreibungen

### 3.1 Allgemeines

Es gibt zwei Prüfverfahren, bei denen Geräte verwendet werden, die nach dem Prinzip des Boyle-Mariotteschen-Gesetzes arbeiten. Für Vergleichszwecke werden die beiden Verfahren als Wassersäulenverfahren und Druckausgleichsverfahren und die Geräte als Wassersäulenmessgerät und Druckmessgerät bezeichnet.

### 3.2 Wassersäulenverfahren

Wasser wird über eine verdichtete Betonprobe bekannten Volumens bis auf eine festgelegte Höhe eingefüllt und ein festgelegter Luftdruck über dem Wasser aufgebracht. Die Abnahme des Luftvolumens in der Betonprobe wird durch Beobachten der Verringerung des Wasserpegels gemessen, die Wassersäule ist dabei auf den prozentualen Luftgehalt der Betonprobe kalibriert.

### 3.3 Druckausgleichsverfahren

Ein bekanntes Luftvolumen wird bei bekanntem Druck in einer dicht verschlossenen Kammer mit dem unbekanntem Luftvolumen in der Betonprobe ausgeglichen. Dabei ist die Skalenteilung des Druckmessers (Manometer) für den resultierenden Druck auf den prozentualen Luftgehalt der Betonprobe kalibriert.

## 4 Wassersäulenverfahren

### 4.1 Geräte

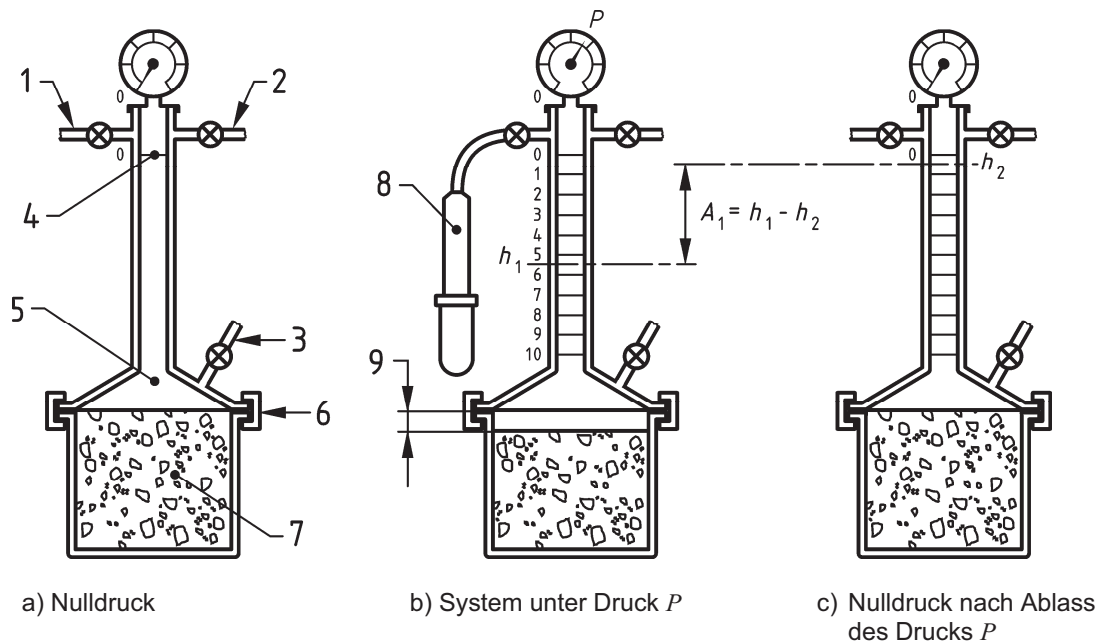
#### 4.1.1 Wassersäulenmessgerät

Das Gerät, siehe Bild 1, besteht aus:

- a) **Behälter:** Ein angeflanshtes zylindrisches Gefäß aus Stahl oder einem anderen harten Metall, das reaktionsträge gegenüber dem Zementleim ist, mit einem Nennvolumen von mindestens 5 l und einem Durchmesser/Höhe-Verhältnis zwischen 0,75 und 1,25. Der äußere Rand, die obere Oberfläche des Flansches und die Innenflächen des Behälters müssen glatt geschliffen sein. Der Behälter muss wasserdicht sein, Behälter und Verschluss müssen außerdem für einen Prüfdruck von etwa 0,1 MPa ( $\text{N/mm}^2$ ) geeignet und ausreichend biegesteif sein, um die Druckausdehnungskonstante,  $e$  (siehe C.5), auf 0,1 % Luftgehalt zu begrenzen.
- b) **Aufsatzverschluss:** Angeflanschter, biegesteifer kegelförmiger Aufsatzverschluss mit aufgesetztem Steigrohr. Der Aufsatz muss aus Stahl oder einem anderen harten Metall bestehen, das reaktionsträge gegenüber dem Zementleim ist, und seine Innenflächen müssen zur Fläche des Flansches einen Winkel von mindestens  $10^\circ$  bilden. Der äußere Rand und die untere Oberfläche des Flansches sowie die schrägen Innenflächen müssen glatt geschliffen sein. Der Verschluss muss den Behälter mit Hilfe einer Klemmvorrichtung druckdicht verschließen.
- c) **Steigrohr,** bestehend aus einem Glasrohr mit gleichmäßigem Innendurchmesser und Skalenteilung oder einem Metallrohr mit gleichmäßigem Innendurchmesser und angebrachtem Wasserstandsglas. Die Skala muss einen Luftgehalt zwischen 0 % und mindestens 8 %, vorzugsweise 10 %, anzeigen können und in Abschnitte von je 0,1 % Luftgehalt mit mindestens 2 mm voneinander entfernten Teilstrichen unterteilt sein. Geeignet ist eine Skalenteilung, bei der 25 mm einem Luftgehalt von 1 % entsprechen.
- d) **Aufsatz** mit einer geeigneten Vorrichtung zum Belüften der Luftkammer, einer Rückflusssperre und einem kleinen Ventil zum Ablassen des Wassers. Der aufgebrachte Druck wird durch ein Druckmessgerät (Manometer) angezeigt, das mit der Druckkammer über der Wassersäule verbunden ist. Das Messgerät muss in Abschnitte von je 0,005 MPa ( $\text{N/mm}^2$ ) unterteilt und die Teilstriche müssen mindestens 2 mm voneinander entfernt sein. Das Manometer muss einen Messbereich bis 0,2 MPa ( $\text{N/mm}^2$ ) aufweisen.
- e) **Ablenplatte oder Sprührohr:** Eine dünne, nicht korrodierbare Scheibe mit einem Durchmesser von mindestens 100 mm, mit der die Störung des Betons beim Zugeben des Wassers gering gehalten wird. Eine andere Möglichkeit ist ein Messingsprührohr mit geeignetem Durchmesser, das Bestandteil des Verschlussaggregats ist oder separat angebracht sein darf. Das Sprührohr muss so konstruiert sein, dass das Wasser bei der Zugabe auf die Innenwände des Verschlusses gesprüht wird und beim Herabfließen an den Wänden nur eine geringe Störung des Betons verursacht.
- f) **Luftpumpe:** Eine Druckpumpe mit Anschlussstück, das eine Verbindung zur Rückflusssperre im Verschlussaggregat ermöglicht.

Das Messgerät muss bei der Prüfung nach Anhang C kalibriert sein. Wenn das Messgerät an einen Ort gebracht wird, der um mehr als 200 m Höhe, bezogen auf NN, von dem Ort abweicht, an dem es kalibriert wurde, so ist es erneut zu kalibrieren.





#### Legende

- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1 Ventilverschluss  | 7 Beton   |
| 2 Lufteinlassventil | 8 Luftpumpe   |
| 3 Ablassventil      | 9 durch Druck verringertes Niveau                           |
| 4 Markierung        | $h_1$ (Ableseung beim Druck $P$ )                           |
| 5 Wasser            | $h_2$ (Ableseung bei Nulldruck nach Ablass des Drucks $P$ ) |
| 6 Klemmverschluss   |   |

**Bild 1 — Prüfgerät für das Wassersäulenverfahren**

ANMERKUNG  $h_1 - h_2 = A_1$ , wenn der Behälter, wie in Bild 1 gezeigt, Beton enthält;  
 $h_1 - h_2 = G$  (Korrekturfaktor des Zuschlags), wenn der Behälter nur Zuschlag und Wasser enthält;  
 $A_1 - G = A_c$  (Luftgehalt des Betons).

#### 4.1.2 Hilfsmittel für die Verdichtung, welches eines der Folgenden sein kann:

- Innenrüttler mit einer Mindestfrequenz von 120 Hz (7 200 Umdrehungen je Minute), der Durchmesser des Rüttlers darf ein Viertel der kleinsten Abmessung des Behälters nicht überschreiten;
- Rütteltisch mit einer Mindestfrequenz von 40 Hz (2 400 Umdrehungen je Minute);
- Stab aus Stahl, mit kreisförmigem Querschnitt, gerade, mit einem Durchmesser von ungefähr 16 mm, einer Länge von ungefähr 600 mm und abgerundeten Enden;
- Stampfer aus Stahl, mit quadratischem Querschnitt von ungefähr 25 mm × 25 mm und einer Länge von ungefähr 380 mm.

#### **4.1.3 Probenahmeschaufel, ungefähr 100 mm breit.**

#### **4.1.4 Glättkelle aus Stahl**

**4.1.5 Mischbehälter:** Flache Schale fester Bauart aus nicht absorbierendem Material, das nicht mit dem Zementleim reagiert. Er muss solche Abmessungen haben, dass der Beton gründlich mit einer rechteckig geöffneten Schaufel durchgemischt werden kann.

#### **4.1.6 Rechteckig geöffnete Handschaufel**

ANMERKUNG Die rechteckig geöffnete Schaufel ist notwendig, um das Material im Mischbehälter angemessen zu mischen.

#### **4.1.7 Einfüllrahmen**

Das Einfüllen kann durch Verwendung eines Einfüllrahmens, der eng mit dem Behälter abschließt, erleichtert werden.

**4.1.8 Behälter mit Ausguss,** mit einem Fassungsvermögen von 2 l bis 5 l zum Füllen des Gerätes mit Wasser.

#### **4.1.9 Schlegel aus Weichholz**

### **4.2 Durchführung**

#### **4.2.1 Probenahme**

Die Probenahme des Frischbetons ist nach EN 12350-1 durchzuführen. Vor der Prüfung ist die Probe durchzumischen.

#### **4.2.2 Befüllen des Behälters und Verdichten des Betons**

Der Beton ist mit der Probenahmeschaufel so in den Behälter einzufüllen, dass möglichst wenig Luft eingeschlossen wird. Der Behälter ist unter Berücksichtigung der Konsistenz des Betons und des Verdichtungsverfahrens in einer oder mehreren Lagen zu füllen, um eine völlige Verdichtung durch Anwendung einer der in 4.2.3 oder 4.2.4 beschriebenen Verfahren zu erzielen.

Üblicherweise erfordert Beton mit einer Konsistenz, die der Slump-Klasse S3 oder größer entspricht, nur eine Lage. Im Falle selbstverdichtenden Betons, muss der Behälter in einem Arbeitsgang gefüllt werden, ohne eine mechanische Verdichtung während oder nach dem Füllen des Behälters zu bewirken.

ANMERKUNG 1 Die vollständige Verdichtung ist bei mechanischer Rüttelwirkung erreicht, wenn keine großen Luftblasen an der Betonoberfläche mehr erscheinen und die Oberfläche relativ glatt und eben erscheint, ohne übermäßiges Entmischen.

ANMERKUNG 2 Die für jede Schicht erforderliche Anzahl der Stöße, um eine vollständige Verdichtung durch Stampfen zu erreichen, hängt von der Konsistenz des Betons ab.

ANMERKUNG 3 Weitere Anleitungen zum Verdichten von Betonen mit unterschiedlicher Konsistenz oder bei Anwendung von Formen und abweichender Größe dürfen in einem Nationalen Anhang angegeben werden.

ANMERKUNG 4 Die Materialmenge für die letzte Schicht muss möglichst so bemessen sein, dass der Behälter gerade ausreichend gefüllt wird, aber kein überschüssiger Beton entfernt werden muss. Eine kleine Menge zusätzlichen Betons kann zugefügt und verdichtet werden, um den Behälter zu füllen, jedoch sollte das Entfernen überschüssigen Materials vermieden werden.

### 4.2.3 Mechanische Verdichtung

#### 4.2.3.1 Verdichten mit dem Innenrüttler

Die Rüttelbehandlung muss mindestens für die Dauer angewendet werden, die für eine vollständige Verdichtung des Betons notwendig ist. Zu langes Rütteln, das den Verlust künstlich eingeführter Luftporen bewirken kann, ist zu vermeiden.

ANMERKUNG 1 Es ist darauf zu achten, dass der Behälter nicht beschädigt wird. Der Rüttler ist senkrecht zu halten und darf den Boden und die Wände des Behälters nicht berühren. Die Verwendung des Aufsatzes wird empfohlen.

ANMERKUNG 2 Laborversuche haben gezeigt, dass bei Verwendung von Innenrüttlern der Verlust von künstlich eingeführten Luftporen zu beachten ist.

#### 4.2.3.2 Verdichten mit dem Rütteltisch

Die Rüttelbehandlung muss mindestens für die Dauer angewendet werden, die für eine vollständige Verdichtung des Betons notwendig ist. Der Behälter sollte vorzugsweise am Tisch befestigt sein oder fest dagegehalten werden.

Zu langes Rütteln, das den Verlust künstlich eingeführter Luftporen bewirken kann, ist zu vermeiden.

#### 4.2.4 Verdichten mit dem Stab oder dem Stampfer

Die Stöße mit dem Stab oder dem Stampfer sind gleichmäßig über den Querschnitt der Form zu verteilen. Es ist sicherzustellen, dass der Stab oder der Stampfer beim Verdichten der ersten Schicht nicht auf den Boden des Behälters auftrifft und des Weiteren nicht wesentlich in die vorangegangenen Schichten eindringt. Je Schicht ist der Beton mindestens 25 Stößen auszusetzen. Um Lufteinschlüsse in Hohlräumen, nicht aber künstlich eingeführte Luftporen zu entfernen, ist nach dem Verdichten jeder Schicht mit dem Schlegel leicht an die Seitenwände des Behälters zu klopfen, bis auf der Oberfläche keine großen Luftblasen mehr erscheinen und die Eindruckstellen des Stabes oder des Stampfers ausgefüllt sind.

#### 4.2.5 Messen des Luftgehaltes

Nach dem Verdichten des Betons, ist die Oberfläche mit den Behälterrand unter Verwendung des Stahlstabes abzugleichen und mit der Glättkelle zu glätten.

Die Flansche von Behälter und Verschluss sind gründlich zu reinigen. Wenn kein Sprührohr verwendet wird, dann ist die Ablenkplatte mittig auf den Beton zu legen und anzudrücken. Das Verschlussaggregat wird aufgesetzt und mit der Klemmvorrichtung befestigt, dabei ist darauf zu achten, dass eine gute Druckabdichtung zwischen Verschluss und Behälter hergestellt wird. Das Prüfgerät wird mit Wasser gefüllt und mit dem Schlegel leicht dagegen geklopft, um die an den Innenwänden des Verschlussaggregats haftende Luft zu entfernen. Die Wasserhöhe im Steigrohr wird bei geöffnetem Entlüftungsventil durch Ablassen von Wasser durch das kleine Ventil auf den Nullpunkt eingestellt. Das Entlüftungsventil wird geschlossen und mit Hilfe der Luftpumpe der Prüfdruck,  $P$ , aufgebracht. Die Wasserhöhe im Steigrohr,  $h_1$ , wird aufgezeichnet und der Druck entlastet. Die Wasserhöhe wird erneut abgelesen, und wenn dieser Wert,  $h_2$ ,  $\leq 0,2$  % Luftgehalt beträgt, wird der Wert  $h_1 - h_2$  als scheinbarer Luftgehalt,  $A_1$ , auf 0,1 % festgehalten. Beträgt  $h_2 > 0,2$  % Luftgehalt, wird der Prüfdruck,  $P$ , erneut aufgebracht, der Wert  $h_3$  und (nach Entlasten des Druckes) der Wert  $h_4$  abgelesen. Wenn  $h_4 - h_2 \leq 0,1$  % Luftgehalt ist, dann wird der Wert  $h_3 - h_4$  als scheinbarer Luftgehalt festgehalten. Beträgt  $h_4 - h_2 > 0,1$  % Luftgehalt, dann ist die Prüfanordnung wahrscheinlich undicht und die Prüfung ungültig.

## 5 Druckausgleichsverfahren

### 5.1 Geräte

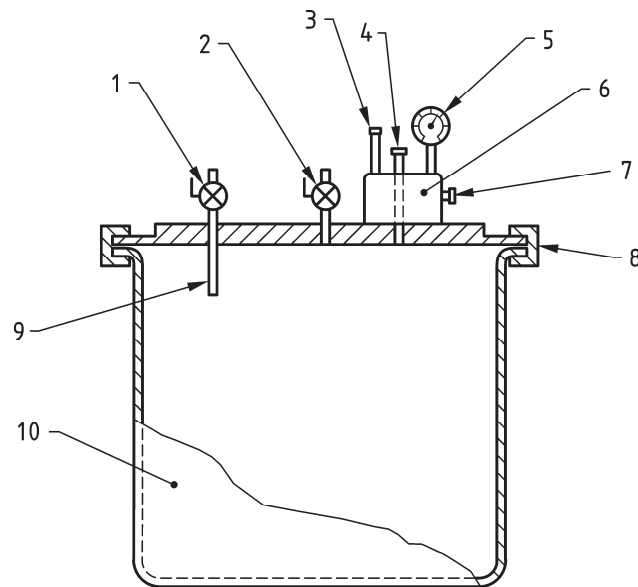
#### 5.1.1 Druckmessgerät

Das Gerät, das Bild 2 beispielhaft zeigt, besteht aus:

- a) **Behälter:** Ein angeflanshtes zylindrisches Gefäß aus Stahl oder einem anderen harten Metall, das nicht mit dem Zementleim reagiert, mit einem Nennvolumen von mindestens 5 l und einem Durchmesser/Gerät-Höhe-Verhältnis zwischen 0,75 und 1,25. Der äußere Rand und die Innenflächen des Behälters müssen glatt geschliffen sein. Der Behälter muss wasserdicht sein, Behälter und Verschlussaggregat müssen außerdem für einen Prüfdruck von etwa 0,2 MPa (N/mm<sup>2</sup>) geeignet sein.
- b) **Verschlussaggregat:** Ein angeflanschter biegesteifer Verschluss aus Stahl oder einem anderen harten Metall, das reaktionsträge gegenüber dem Zementleim ist, der äußere Rand und die untere Oberfläche des Flansches sowie die Innenflächen müssen glatt geschliffen sein. Das Verschlussaggregat muss den Behälter mit Hilfe einer Klemmvorrichtung druckdicht verschließen.
- c) **Druckmesser** (Manometer), der am Verschlussaggregat angebracht ist, das für einen Luftgehalt von 0 % bis mindestens 8 %, vorzugsweise 10 % kalibriert ist. Die Skala des Manometers sollte wie folgt unterteilt sein:

0 % bis 3 %	0,1 %
3 % bis 6 %	0,2 %
6 % bis 10 %	0,5 %
- d) **Luftpumpe:** Druckpumpe, die in das Verschlussaggregat eingebaut sein darf.

Das Druckmessgerät muss bei der Prüfung nach Anhang D kalibriert sein.



#### Legende

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1 Ventil A        | 6 Luftkammer                                      |
| 2 Ventil B        | 7 Luftablassventil                                |
| 3 Pumpe           | 8 Klemmverschluss                                 |
| 4 Hauptluftventil | 9 Ausdehnröhre für Überprüfungen beim Kalibrieren |
| 5 Druckmessuhr    | 10 Behälter                                       |

**Bild 2 — Prüfgerät für das Druckausgleichsverfahren**

#### 5.1.2 Hilfsmittel für die Verdichtung, welches eines der Folgenden sein kann:

- e) Innenrüttler mit einer Mindestfrequenz von 120 Hz (7 200 Umdrehungen je Minute), der Durchmesser des Rüttlers darf ein Viertel der kleinsten Abmessung des Behälters nicht überschreiten;
- f) Rütteltisch mit einer Mindestfrequenz von 40 Hz (2 400 Umdrehungen je Minute);
- g) Stab aus Stahl, mit kreisförmigem Querschnitt, gerade, mit einem Durchmesser von ungefähr 16 mm, einer Länge von ungefähr 600 mm und abgerundeten Enden;
- h) Stampfer aus Stahl, mit quadratischem Querschnitt von etwa 25 mm × 25 mm und einer Länge von etwa 380 mm.

#### 5.1.3 Probenahmeschaufel, etwa 100 mm breit.

#### 5.1.4 Glättkelle aus Stahl

**5.1.5 Mischbehälter:** Flache Schale fester Bauart aus nicht absorbierendem Material, das nicht mit dem Zementleim reagiert. Er muss solche Abmessungen haben, dass der Beton gründlich mit einer rechteckig geöffneten Schaufel durchgemischt werden kann.

#### 5.1.6 Rechteckig geöffnete Handschaufel

ANMERKUNG Die rechteckig geöffnete Schaufel ist notwendig, um das Material im Mischbehälter angemessen zu mischen.

**5.1.7 Spritzflasche**, geeignet um Wasser durch das Ventil A oder B in den Behälter zu spritzen.

**5.1.8 Schlegel** mit weicher Oberfläche.

### **5.1.9 Einfüllrahmen**

Das Einfüllen kann durch Verwendung eines Einfüllrahmens, der eng mit dem Behälter abschließt, erleichtert werden.

## **5.2 Durchführung**

### **5.2.1 Probenahme**

Die Probenahme des Frischbetons ist nach EN 12350-1 durchzuführen. Vor der Prüfung ist die Probe durchzumischen.

### **5.2.2 Befüllen des Behälters und Verdichten des Betons**

Der Beton ist mit der Probenahmeschaufel so in den Behälter einzufüllen, dass möglichst wenig Luft eingeschlossen wird. Der Behälter ist unter Berücksichtigung der Konsistenz des Betons und des Verdichtungsverfahrens in einer oder mehreren Lagen zu füllen, um eine völlige Verdichtung durch Anwendung einer der in 5.2.3 oder 5.2.4 beschriebenen Verfahren zu erzielen.

Üblicherweise erfordert Beton mit einer Konsistenz, die der Slump-Klasse S3 oder größer entspricht, nur eine Lage. Im Falle selbstverdichtenden Betons, muss der Behälter in einem Arbeitsgang gefüllt werden, ohne eine mechanische Verdichtung während oder nach dem Füllen des Behälters zu bewirken.

**ANMERKUNG 1** Die vollständige Verdichtung ist bei mechanischer Rüttleinwirkung erreicht, wenn keine großen Luftblasen an der Betonoberfläche mehr erscheinen und die Oberfläche relativ glatt und eben erscheint, ohne übermäßiges Entmischen.

**ANMERKUNG 2** Die für jede Schicht erforderliche Anzahl der Stöße, um eine vollständige Verdichtung durch Stampfen zu erreichen, hängt von der Konsistenz des Betons ab.

**ANMERKUNG 3** Weitere Anleitungen zum Verdichten von Betonen mit unterschiedlicher Konsistenz oder bei Anwendung von Formen und abweichender Größe dürfen in einem Nationalen Anhang NA angegeben werden.

**ANMERKUNG 4** Die Materialmenge für die letzte Schicht muss möglichst so bemessen sein, dass der Behälter gerade ausreichend gefüllt wird, aber kein überschüssiger Beton entfernt werden muss. Eine kleine Menge zusätzlichen Betons kann zugefügt und verdichtet werden, um den Behälter zu füllen, jedoch sollte das Entfernen überschüssigen Materials vermieden werden.

### **5.2.3 Mechanische Verdichtung**

#### **5.2.3.1 Verdichten mit dem Innenrüttler**

Die Rüttelbehandlung muss mindestens für die Dauer angewendet werden, die für eine vollständige Verdichtung des Betons notwendig ist. Zu langes Rütteln, das den Verlust künstlich eingeführter Luftporen bewirken kann, ist zu vermeiden.

**ANMERKUNG 1** Es sollte darauf geachtet werden, dass der Behälter nicht beschädigt wird. Der Rüttler ist senkrecht zu halten und darf den Boden und die Wände des Behälters nicht berühren. Die Verwendung des Aufsatzes wird empfohlen.

**ANMERKUNG 2** Laborversuche haben gezeigt, dass bei Verwendung von Innenrüttlern der Verlust von künstlich eingeführten Luftporen zu beachten ist.

### 5.2.3.2 Verdichten mit dem Rütteltisch

Die Rüttelbehandlung muss mindestens für die Dauer angewendet werden, die für eine vollständige Verdichtung des Betons notwendig ist. Der Behälter sollte vorzugsweise am Tisch befestigt sein oder fest dageengehalten werden.

Zu langes Rütteln, das den Verlust künstlich eingeführter Luftporen bewirken kann, ist zu vermeiden.

### 5.2.4 Verdichten mit dem Stab oder dem Stampfer

Die Stöße mit dem Stab oder dem Stampfer sind gleichmäßig über den Querschnitt der Form zu verteilen. Es ist sicherzustellen, dass der Stab oder der Stampfer beim Verdichten der ersten Schicht nicht gewaltsam auf den Boden des Behälters auftrifft und des Weiteren nicht wesentlich in die vorangegangenen Schichten eindringt. Je Schicht ist der Beton mindestens 25 Stößen auszusetzen. Um Lufteinschlüsse in Hohlräumen, nicht aber künstlich eingeführte Luftporen zu entfernen, ist nach dem Verdichten jeder Schicht mit dem Schlegel leicht an die Seitenwände des Behälters zu klopfen, bis auf der Oberfläche keine großen Luftblasen mehr erscheinen und die Eindruckstellen des Stabes oder des Stampfers ausgefüllt sind.

### 5.2.5 Messen des Luftgehaltes

Nach dem Verdichten des Betons wird dieser mit dem Stampfer bündig mit dem oberen Rand des Behälters abgestrichen und mit der Glättkelle geglättet.

Die Flansche von Behälter und Verschluss sind gründlich zu reinigen. Das Verschlussaggregat wird aufgesetzt und mittels Klemmvorrichtung befestigt, dabei ist darauf zu achten, dass eine gute Druckabdichtung zwischen Behälter und Verschluss hergestellt wird. Das Hauptluftventil wird geschlossen und die Ventile A und B werden geöffnet. Durch Ventil A oder B wird mit einer Spritze so lange Wasser eingefüllt, bis es aus dem anderen Ventil austritt. Mit dem Schlegel wird leicht gegen das Gerät geklopft und die enthaltene Luft vollständig ausgetrieben. Das Entlüftungsventil der Luftkammer wird geschlossen und so lange Luft in die Luftkammer gepumpt, bis der Zeiger des Druckmessers anspricht (Nullpunktanzeige). Nachdem sich die Druckluft in wenigen Sekunden auf Raumtemperatur abgekühlt hat, wird die Nullpunktanzeige am Manometer durch Nachpumpen oder Ablassen von Luft stabilisiert. Während dieses Vorgangs wird mit dem Schlegel leicht gegen das Messgerät geklopft. Ventil A und Ventil B werden geschlossen, das Hauptluftventil wird geöffnet und kräftig an die Behälterwände geklopft. Der Anzeigewert wird abgelesen, indem leicht am Manometer geklopft wird, und entspricht dann dem scheinbaren prozentualen Luftgehalt,  $A_1$ , auf 0,1%. Bevor der Verschluss entfernt wird, werden die Ventile A und B geöffnet, um den Druck zu entlasten.

## 6 Berechnung und Angabe der Ergebnisse

Luftgehalt der geprüften Probe: Der Luftgehalt des Betons im Behälter,  $A_c$ , wird nach Gleichung (1) berechnet:

$$A_c = A_1 - G \quad (1)$$

Dabei ist

$A_1$  der scheinbare Luftgehalt der geprüften Probe,

$G$  der Korrekturfaktor des Zuschlags.  $G = 0$ , sofern nicht anders ermittelt oder im Nationalen Anhang angegeben.

Der Luftgehalt wird in Prozent auf 0,1 % angegeben.

**ANMERKUNG** Die Verfahren für die Bestimmung des Korrekturfaktors für den Zuschlag sind in den Anhängen A und B beschrieben.

## 7 Prüfbericht

Der Bericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Kennzeichnung der Probe;
- b) Ort der Durchführung der Prüfung;
- c) Datum und Uhrzeit der Durchführung der Prüfung;
- d) Konsistenzmaß der Probe;
- e) Verdichtungsverfahren
- f) Korrekturfaktor des Zuschlags;  $G$  wenn nicht  $G = 0$
- g) Kennzeichnung des verwendeten Prüfverfahrens, d. h. Wassersäulen- oder Druckausgleichsverfahren;
- h) Spezifische Angaben über die jeweilige Prüfung, z. B. Höhenlage;
- i) gemessener Luftgehalt; Angabe mit einer Genauigkeit von 0,1 %
- j) jede Abweichung vom festgelegten Prüfverfahren;
- k) der Bericht muss eine Erklärung des(der) Prüfverantwortlichen enthalten, dass die Prüfung nach dieser Norm durchgeführt wurde, für Abweichungen gilt j).

Der Bericht kann enthalten:

- l) Temperatur der durchgemischten Probe (wahlweise);
- m) sonstige Angaben über den Zustand der Probe (wahlweise).

## 8 Genauigkeit

### 8.1 Wassersäulenverfahren

In Tabelle 1 sind Daten für die Zuverlässigkeit der Prüfung dargestellt. Sie gelten für Messungen des Luftgehalts nach dem Wassersäulenverfahren an Einzelproben aus einer Betongesamtprobe, die manuell verdichtet wurden, wobei jedes Prüfergebnis aus einer getrennten Bestimmung des Luftgehaltes erhalten wurde.

Tabelle 1 — Daten für die Zuverlässigkeit der Prüfung des Luftgehaltes

Stufe %	Wiederholbedingungen		Vergleichsbedingungen	
	$s_r$ %	$r$ %	$s_R$ %	$R$ %
5,6	0,16	0,4	0,45	1,3



ANMERKUNG 1 Die Daten für die Zuverlässigkeit der Prüfung wurden 1987 im Vereinigten Königreich experimentell nachgewiesen, wobei die Daten für mehrere der in BS 1881 beschriebenen Prüfungen bestimmt wurden. In das Experiment waren 16 Prüfpersonen einbezogen. Die Betonmischungen wurden aus normalem Portlandzement, Thames-Valley-Sand und Thames-Valley-Grobzuschlagstoffen (10 mm und 20 mm) hergestellt.

ANMERKUNG 2 Die Abweichung von zwei Prüfergebnissen für dieselbe Probe, die von einer Prüfperson mit demselben Gerät innerhalb eines möglichst kurzen Zeitabstands ermittelt wurden, überschreitet den Wiederholbarkeitswert  $r$  im Durchschnitt nicht häufiger als einmal in 20 Fällen, wenn normal und korrekt nach der festgelegten Prüfvorschrift vorgegangen worden ist.

ANMERKUNG 3 Die Prüfergebnisse, die für dieselbe Probe innerhalb eines möglichst kurzen Zeitabstands erhalten wurden, wenn zwei Prüfpersonen mit ihrer eigenen Geräteausstattung arbeiten, weichen vom Vergleichswert  $R$  im Durchschnitt nicht häufiger als einmal in 20 Fällen ab, wenn normal und korrekt nach der festgelegten Prüfvorschrift vorgegangen worden ist.

ANMERKUNG 4 Wegen weiterer Informationen für die Zuverlässigkeit der Prüfung und für die Bestimmung der verwendeten statistischen Begriffe wird auf ISO 5725 verwiesen.

## **8.2 Druckausgleichsverfahren**

Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dieser Norm waren keine endgültigen Daten erhältlich.

## Anhang A (normativ)

### Korrekturfaktor der Gesteinskörnung – Wassersäulenverfahren

#### A.1 Allgemeines

Der Korrekturfaktor der Gesteinskörnung ändert sich in Abhängigkeit von den Gesteinskörnungen, und auch wenn er für eine bestimmte Gesteinskörnung nahezu konstant bleibt, ist er gelegentlich zu überprüfen. Der Korrekturfaktor kann nur durch Prüfung bestimmt werden, da er nicht direkt auf die Wasserabsorption der Partikel bezogen werden kann.

#### A.2 Probengröße

Der Korrekturfaktor der Gesteinskörnung wird durch Aufbringen des Prüfdrucks auf eine Mischprobe aus feiner und grober Gesteinskörnungen bestimmt, die in ihren Anteilen und Feuchtigkeitsgehalten den Bedingungen in der Betonprobe entsprechen. Die Probe wird entweder durch Waschen des Zements aus einer Betonprobe, deren Luftgehalt ermittelt wurde, auf einem 150- $\mu\text{m}$ -Sieb, oder durch Verwendung einer Mischprobe aus feiner und grober Gesteinskörnung ähnlich dem im Beton verwendeten hergestellt. Im letzteren Fall werden die Massen der zu verwendenden feinen und groben Gesteinskörnungen,  $m_f$  bzw.  $m_c$ , nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$m_f = V_0 D p_f$$

$$m_c = V_0 D p_c$$

Dabei ist

$p_f$  und  $p_c$  der Anteil der feinen und groben Gesteinskörnung an der Gesamtmasse der Betonmischung (Gesteinskörnung, Zement und Wasser);

$V_0$  das Fassungsvermögen des Behälters, (in  $\text{m}^3$ ), (siehe C.3);

$D$  die Dichte des zu prüfenden Betons, (in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ), bestimmt nach EN 12350-6 oder aus bekannten Anteilen und Dichten der Werkstoffe und dem Nennluftgehalt berechnet.

#### A.3 Füllen des Behälters

Der Behälter des Gerätes wird teilweise mit Wasser gefüllt und die Mischprobe anschließend in kleinen Mengen mit der Probenahmeschaufel zugegeben. Dabei ist so vorzugehen, dass möglichst wenig Luft eingeschlossen wird. Wenn erforderlich, wird zusätzliches Wasser eingefüllt, sodass alle Partikel der Gesteinskörnung unter Wasser sind. Nach jeder Zugabe mit der Probenahmeschaufel wird entstehender Schaum sofort entfernt, mit dem Stab umgerührt und mit dem Schlegel an den Behälter geklopft, um die eingeschlossene Luft vollständig zu entfernen.

#### A.4 Bestimmung des Korrekturfaktors der Gesteinskörnung

Wenn sämtliche Gesteinskörnungen in den Behälter gegeben worden sind, werden die Flansche des Behälters sauber gewischt, das Verschlussaggregat wird aufgesetzt und mit Hilfe der Klemmvorrichtung befestigt. Das Gerät wird mit Wasser gefüllt und die an den Innenwänden des Gerätes anhaftende Luft durch Klopfen mit dem Schlegel entfernt. Die Wasserhöhe im Steigrohr wird durch Ablassen von Wasser durch das kleine Ventil auf den Nullpunkt eingestellt. Das Entlüftungsventil wird geschlossen und mit der Luftpumpe der Prüfdruck,  $P$ , aufgebracht.

Der Anzeigewert am Messrohr,  $h_1$ , wird aufgezeichnet, der Druck entlastet und der Anzeigewert  $h_2$  abgelesen. Der gesamte Vorgang wird einmal wiederholt, sodass man ein weiteres Messwertepaar,  $h_3$  und  $h_4$ , erhält. Der Mittelwert aus  $h_1 - h_2$  und  $h_3 - h_4$  ist der Korrekturfaktor der Gesteinskörnung,  $G$ , sofern die beiden Werte der Klammern für  $(h_1 - h_2)$  und  $(h_3 - h_4)$  um nicht mehr als 0,1 % Luftgehalt voneinander abweichen. In diesem Falle sind weitere Bestimmungen durchzuführen, bis gleichbleibende Ergebnisse erhalten werden.

## Anhang B (normativ)

### Korrekturfaktor der Gesteinskörnung – Druckausgleichsverfahren

#### B.1 Allgemeines

Der Korrekturfaktor der Gesteinskörnung ändert sich in Abhängigkeit von den Gesteinskörnungen, und wenn er auch für eine bestimmte Gesteinskörnung nahezu konstant bleibt, ist er gelegentlich zu überprüfen. Der Korrekturfaktor kann nur durch Prüfung bestimmt werden, da er nicht direkt auf die Wasserabsorption der Partikel bezogen werden kann.

#### B.2 Probengröße

Der Korrekturfaktor der Gesteinskörnung wird durch Aufbringen des Prüfdrucks auf eine Mischprobe aus feiner und grober Gesteinskörnung bestimmt, die in ihren Anteilen und ihrem Feuchtigkeitsgehalt den Bedingungen in der Betonprobe entsprechen. Die Mischprobe wird entweder durch Waschen des Zements durch ein 150- $\mu\text{m}$ -Sieb aus der Betonprobe, deren Luftgehalt ermittelt wurde, oder durch Verwendung einer Mischprobe aus feiner und grober Gesteinskörnung ähnlich dem im Beton verwendeten hergestellt. Im letzteren Fall wird die Masse der zu verwendenden feiner und grober Gesteinskörnung,  $m_f$  bzw.  $m_c$ , nach folgender Gleichung berechnet:

$$m_f = V_0 D p_f$$

$$m_c = V_0 D p_c$$

Dabei ist

$p_f$  und  $p_c$  der Anteil der feinen und groben Gesteinskörnung an der Gesamtmasse der Betonmischung (Zuschlag, Zement und Wasser);

$V_0$  das Fassungsvermögen des Behälters, (in  $\text{m}^3$ ), (siehe D.3);

$D$  die Dichte des zu prüfenden Betons, (in  $\text{kg}/\text{m}^3$ ), bestimmt nach EN 12350-6 oder aus bekannten Anteilen und Dichten der Werkstoffe und dem Nennluftgehalt berechnet.

#### B.3 Füllen des Behälters

Der Behälter des Gerätes wird teilweise mit Wasser gefüllt und die Mischprobe anschließend in kleinen Mengen mit der Probenahmeschaufel zugegeben. Dabei ist so vorzugehen, dass möglichst wenig Luft eingeschlossen wird.

Wenn erforderlich, wird zusätzliches Wasser eingefüllt, sodass alle Partikel der Gesteinskörnung unter Wasser sind. Nach jeder Zugabe mit der Probenahmeschaufel wird entstehender Schaum sofort entfernt, mit dem Stab umgerührt und mit dem Schlegel an den Behälter geklopft, um die eingeschlossene Luft vollständig zu entfernen.

#### **B.4 Bestimmung des Korrekturfaktors der Gesteinskörnung**

Wenn alle Gesteinskörnungen in den Behälter gegeben worden sind, werden die Flansche von Behälter und Verschluss sauber gewischt, das Verschlussaggregat wird aufgesetzt und mit der Klemmvorrichtung so befestigt, dass der Behälter druckdicht verschlossen ist. Das Hauptventil wird geschlossen und die Ventile A und B werden geöffnet. Durch Ventil A oder Ventil B wird Wasser so lange mit der Spritzflasche eingefüllt, bis es aus dem anderen Ventil austritt. Mit dem Schlegel wird leicht an die Wände des Gerätes geklopft, bis die eingeschlossene Luft vollständig über dasselbe Ventil entwichen ist. Dem Behälter wird eine Wassermenge entnommen, die etwa der Luftmenge entspricht, die in einer typischen Betonprobe von der Größe des Behälters enthalten ist. Das Wasser für die Kalibrierprüfung wird dem Behälter wie in D.4 beschrieben zugeführt. Die weitere Prüfung erfolgt nach der in 5.2.5 beschriebenen Durchführung.

Der Korrekturfaktor der Gesteinskörnung,  $G$ , entspricht dem abgelesenen Luftgehalt abzüglich des Volumens des Wassers, das aus dem Behälter entnommen wurde, er wird in % bezogen auf das Behältervolumen angegeben.

## Anhang C (normativ)

### Kalibrierung des Gerätes – Wassersäulenverfahren

#### C.1 Allgemeines

**C.1.1** Die in C.3, C.4, C.5 und C.6 beschriebenen Kalibrierprüfungen sind vor der ersten Verwendung des Gerätes und danach immer dann durchzuführen, wenn überprüft werden muss, ob sich das Fassungsvermögen des Kalibrierzylinders oder Behälters geändert hat. Die in C.7 und C.8 beschriebenen Kalibrierprüfungen sind so häufig durchzuführen, wie überprüft werden muss, ob das Manometer den Druck,  $P$ , genau anzeigt. Eine erneute Kalibrierung des Gerätes ist außerdem dann erforderlich, wenn der Ort, an dem es verwendet wird, um mehr als 200 m Höhe von dem Ort abweicht, an dem es kalibriert wurde.

#### C.2 Geräte

**C.2.1 Kalibrierzylinder:** Messzylinder aus Messing oder einem anderen harten, nicht korrodierbaren Metall, mit einem Fassungsvermögen von etwa 0,3 l. Der Rand des Zylinders muss glatt geschliffen sein und rechtwinklig zur Zylinderachse verlaufen.

**C.2.2 Unterlage:** eine Unterlage für den Kalibrierzylinder aus einem nicht korrodierbaren Werkstoff, der ein ungehindertes Fließen des Wassers in den und aus dem Behälter ermöglicht, wenn dieser auf den Kopf gestellt wurde.

**C.2.3 Feder:** Eine nicht korrodierbare Spiralfeder oder ähnliche Vorrichtung als Halterung für den Kalibrierzylinder.

**C.2.4 Durchsichtige Platten:** Zwei starre Platten, die eine zum Verschließen des Kalibrierzylinders, die andere zum Verschließen des Behälters.

**C.2.5 Wäageinstrumente:** Eine kalibrierte Waage, mit der Massen bis 1 kg auf  $\pm 0,5$  g, und eine kalibrierte Waage, mit der Massen bis 20 kg auf  $\pm 5$  g gemessen werden können.

#### C.3 Fassungsvermögen des Kalibrierzylinders

Das Fassungsvermögen des Kalibrierzylinders wird mit der 1-kg-Waage bestimmt. Hierzu wird die Masse des Wassers gemessen, das zum Füllen des Zylinders benötigt wird. Der gewogene Kalibrierzylinder wird mit Wasser von Raumtemperatur, (15 °C bis 25 °C), gefüllt und vorsichtig mit der vorher gewogenen transparenten Platte so abgedeckt, dass sich keine Luftblasen unter der Platte befinden. Das überschüssige Wasser wird vor dem Wägen der Anordnung abgewischt. Dieses Vorgehen wird zweimal wiederholt, um drei Wägungen für den wassergefüllten, abgedeckten Zylinder zu erhalten. Der Mittelwert für die Masse des Wassers im gefüllten Behälter,  $m_1$ , wird berechnet und auf 0,5 g gerundet.

## C.4 Fassungsvermögen des Behälters

Das Fassungsvermögen des Behälters wird mit der 20-kg-Waage bestimmt. Hierzu wird die Masse des Wassers gemessen, das zum Füllen des Behälters benötigt wird. Der Flansch des Behälters wird dünn eingefettet und der Behälter nach dem Wägen im leeren Zustand mit Wasser von Raumtemperatur, (15 °C bis 25 °C), gefüllt. Durch das Aufschieben der transparenten Platte über den Flansch wird der Behälter wasserdicht verschlossen, dabei ist darauf zu achten, dass sich keine Luftblasen unter der Platte befinden. Das überschüssige Wasser wird vor dem Wägen abgewischt. Dieses Vorgehen wird zweimal wiederholt, um drei Wägungen für den wassergefüllten, abgedeckten Behälter zu erhalten. Der Mittelwert für die Masse des Wassers im gefüllten Behälter,  $m_2$ , wird berechnet und auf 5 g gerundet.

## C.5 Druckausdehnungskonstante, $e$

Die Druckausdehnungskonstante wird durch Füllen des Gerätes mit Wasser bestimmt (dabei ist sicherzustellen, dass keine Luft mehr eingeschlossen und der Wasserstand exakt auf den Nullpunkt eingestellt ist), dann wird ein Luftdruck von 100 KPa aufgebracht. Der Anzeigewert im Steigrohr (in % des Luftgehaltes) ist die Druckausdehnungskonstante des Gerätes,  $e$ .

ANMERKUNG Genau genommen sollte der aufgebrachte Luftdruck,  $P$ , bei dieser Prüfung der nach C.8 bestimmte Prüfdruck sein, jedoch wird der Wert  $e$  für die Bestimmung von  $P$  über die Kalibrierkonstante  $K$  benötigt. In der Praxis ist die Änderung von  $e$  aufgrund der Änderung von  $P$  vernachlässigbar gering. Da  $P$  aber üblicherweise größer als 100 KPa ist, wird dieser Wert vorgeschrieben, um das Problem zu lösen. Seine Anwendung ergibt einen Wert für  $e$ , der ausreichend genau für die Prüfung ist.

## C.6 Kalibrierkonstante, $K$

Die Kalibrierkonstante ist der Anzeigewert, der bei der Kalibrierung benötigt wird, um die Skalenteilung direkt auf den prozentualen Gehalt der Luft zu beziehen, die durch den Kalibrierzylinder in den Behälter eingeführt wird, wenn dieser mit Wasser gefüllt ist.

Die Konstante,  $K$ , wird allgemein wie in Gleichung (C.1) berechnet (siehe Anmerkung):

$$K = 0,98 R + e \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

$e$  die Druckausdehnungskonstante (siehe C.5);

$R$  das Fassungsvermögen des Kalibrierzylinders, auf das Fassungsvermögen des Behälters bezogen und wie in Gleichung (C.2) berechnet:

$$R = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \% \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

$m_1$  das Fassungsvermögen des Kalibrierzylinders (siehe C.3);

$m_2$  das Fassungsvermögen des Behälters (siehe C.4).

ANMERKUNG Mit dem Faktor 0,98 wird die Abnahme des Luftvolumens im Kalibriergefäß korrigiert, wenn es von einer Wasserhöhe komprimiert wird, die der Höhe des Behälters entspricht. Der Faktor beträgt etwa 0,98 für einen 200 mm tiefen Behälter auf Meeresspiegelhöhe. Sein Wert verringert sich auf etwa 0,975 bei einer Höhe von 1 500 m über NN und auf 0,970 bei einer Höhe von 4 000 m über NN. Der Wert der Konstante verringert sich um etwa 0,01 je 100 mm Gefäßhöhe. Folglich stellt der Wert 0,98  $R$  das effektive Fassungsvermögen des Kalibriergefäßes dar, der als prozentualer Anteil des Behältervolumens angegeben wird.

### C.7 Erforderlicher Prüfdruck

Die Unterlage für den Kalibrierzylinder wird mittig unter den Boden des sauberen Behälters gelegt und der Zylinder wird mit dem offenen Ende nach unten auf die Unterlage gesetzt. Die Spiralfeder wird am Zylinder und der Verschluss mittels Klemmvorrichtung vorsichtig befestigt.

Der Behälter wird bis über den Nullpunkt der Luftgehaltsskala mit Wasser von Raumtemperatur gefüllt. Das Luftventil wird geschlossen und Luft in das Gerät gepumpt, bis ein Prüfdruck von etwa 100 kPa erreicht worden ist. Mit dem Schlegel wird leicht an Seitenwände und Verschluss geklopft, um möglichst viel eingebrachte Luft von den Innenwänden des Gefäßes zu entfernen, danach wird der Druck allmählich durch Ablassen des abgesonderten Wassers durch Öffnen des Entlüftungsventils entlastet. Der Wasserstand wird durch Ablassen von Wasser durch das kleine Ventil im Verschlussaggregat auf Null eingestellt. Mit der Luftpumpe wird der Druck erhöht, bis die Höhe der Wassersäule der Kalibrierkonstante,  $K$ , entspricht (siehe C.6). Der am Manometer angezeigte Druck,  $P$ , wird aufgezeichnet. Durch Öffnen des Entlüftungsventils wird der Druck allmählich bis auf Null verringert. Wenn sich die Säulenhöhe auf einen Wert kleiner 0,05 % Luftgehalt einstellt, dann ist der Druck,  $P$ , der Prüfdruck. Wenn sich die Wasserhöhe nicht auf weniger als 0,05 % Luftgehalt einstellt, dann ist das Gerät auf Undichtheit zu überprüfen und die Durchführung zu wiederholen.

### C.8 Ausweichprüfdruck

Der Messbereich für den Luftgehalt, der mit einem einzelnen Gerät erfasst werden kann, lässt sich durch Bestimmung eines geeigneten Ausweichprüfdrucks erweitern, wenn der Messbereich beispielsweise zu verdoppeln ist, dann ist der Ausweichprüfdruck,  $P_1$ , der Druck, bei dem das Gerät den halben Wert der Kalibrierkonstante,  $K$ , angibt (siehe C.6).

Eine exakte Kalibrierung erfordert die Bestimmung der Druckausdehnungskonstante,  $e$  (siehe C.5) für den verringerten Prüfdruck, weil aber die Abweichung der Druckausdehnungskonstante üblicherweise vernachlässigbar klein ist, darf der Ausweichprüfdruck während der Bestimmung des normalen Prüfdrucks ermittelt werden (siehe C.7).



## Anhang D (normativ)

### Kalibrierung des Gerätes – Druckausgleichsverfahren

#### D.1 Allgemeines.

Die nachfolgend beschriebene Kalibrierprüfung ist so häufig durchzuführen wie überprüft werden muss, ob der Luftgehalt auf der Skala des Messgerätes genau angezeigt wird.

ANMERKUNG Bei Änderung der Höhenlage des Ortes, an dem es eingesetzt wird, oder bei Änderung des Luftdrucks ist keine erneute Kalibrierung erforderlich.

#### D.2 Gerät

**D.2.1 Kalibrierzylinder:** Ein hohler Messzylinder aus Messing oder einem anderen starken, nicht korrodierbaren Metall, mit einem Fassungsvermögen von etwa 0,3 l, der in das Verschlussaggregat eingebaut sein darf.

**D.2.2 Transparente Platte:** Eine starre transparente Platte, die für das Verschließen des Behälters geeignet ist.

**D.2.3 Wägeeinrichtungen:** Eine kalibrierte Waage, mit der Masse bis 1 kg auf  $\pm 0,5$  g, und eine kalibrierte Waage, mit der Massen bis 20 kg auf  $\pm 5$  g gemessen werden können.

#### D.3 Überprüfen des Fassungsvermögens des Behälters

Das Fassungsvermögen des Behälters wird durch Bestimmen der Masse an Wasser,  $m_2$ , ermittelt, die zum Füllen benötigt wird.

Der Flansch des Behälters wird dünn eingefettet, um eine wasserdichte Verbindung zwischen Behälteröffnung und transparenter Platte zu bewirken. Der Behälter wird mit Wasser von Raumtemperatur gefüllt und die transparente Platte darüber geschoben, um jeden konvexen Meniskus zu entfernen. Das überschüssige Wasser wird abgewischt und die Masse des wassergefüllten Behälters durch Wägen bestimmt.

#### D.4 Überprüfen der Skalenteilung des Manometers für den Luftgehalt

Das Verlängerungsrohr (siehe Bild 2) wird in das Gewindeloch unterhalb von Ventil A auf der Unterseite des Verschlusses eingeschraubt, der Verschluss wird mit Hilfe der Klemmvorrichtung so befestigt, dass der Behälter druckdicht verschlossen ist. Das Hauptluftventil wird geschlossen und die Ventile A und B werden geöffnet. Durch Ventil A wird Wasser eingefüllt, bis die eingeschlossene Luft vollständig durch Ventil B ausgetrieben wurde. In die Druckkammer wird Luft gepumpt, bis der Zeiger des Manometers anspricht. Nachdem sich die Druckluft innerhalb weniger Minuten auf Raumtemperatur abgekühlt hat, wird die Nullpunkteinstellung am Manometer durch Nachpumpen oder Ablassen von Luft stabilisiert, dabei wird leicht an das Manometer geklopft und Ventil B geschlossen.

Aus dem Behälter wird eine Wassermenge entnommen, die ausreichend ist, den Kalibrierzylinder vollständig oder bis zu einer vorgegebenen Höhe zu füllen, danach wird die Masse des umgefüllten Wassers,  $m_3$ , durch Wägen bestimmt.

In Abhängigkeit von der Ausführung des Gerätes wird der Wasserfluss entweder durch Öffnen von Ventil A und Verwendung des Hauptluftventils oder durch Öffnen des Hauptluftventils und Verwendung von Ventil A gesteuert. Danach wird der Behälterdruck durch Öffnen von Ventil B entlastet (wenn das Gerät mit einem Zusatzrohr zum Füllen des Kalibrierzylinders ausgestattet ist, wird Ventil A so geöffnet, dass das Rohr in den Behälter entleert, wenn der Kalibrierzylinder in das Verschlussaggregat eingebaut ist, wird Ventil A unmittelbar nach dem Füllen geschlossen und bleibt bis zur Beendigung der Prüfung in diesem Zustand). Das Luftvolumen im Behälter entspricht jetzt dem Volumen des umgefüllten Wassers; alle Ventile werden geschlossen, in die Luftkammer wird Luft gepumpt, bis der Zeiger des Manometers anspricht, dann wird das Hauptluftventil geöffnet. Der angezeigte Wert für den Luftgehalt entspricht dem prozentualen Luftgehalt,  $A_1$ , dabei ist  $A_1 = m_3/m_2 \times 100 \%$ . Wenn sich bei zwei oder mehr Bestimmungen dieselbe Abweichung vom genauen Luftgehalt ergibt, dann ist die Zeigereinstellung am Manometer auf den genauen Luftgehalt zu korrigieren und die Prüfung zu wiederholen, bis der Anzeigewert am Messgerät vom kalibrierten Luftgehalt nicht mehr als 0,1 % abweicht.