

Iken / Lackner / Zimmer / Wöhl / Breit

edition beton



HANDBUCH DER BETONPRÜFUNG

Prüfanleitungen und Beispiele

6. Auflage

VERLAG  **BAU+TECHNIK**

Iken/Lackner/Zimmer/Wöhl/Breit
Handbuch der Betonprüfung

Handbuch der Betonprüfung

Anleitungen und Beispiele

6. Auflage

Dipl.-Ing. Uwe P. Zimmer

Dr.-Ing. Ulrich Wöhl

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit

5. Auflage

Ing. Hans-Wilhelm Iken

Dipl.-Ing. Roman R. Lackner

Dipl.-Ing. Uwe P. Zimmer

Dr.-Ing. Ulrich Wöhl

1. bis 4. Auflage

Ing. Hans-Wilhelm Iken

Dipl.-Ing. Roman R. Lackner

Dipl.-Ing. Uwe P. Zimmer

VLB-Meldung

Iken, Hans W.:

Handbuch der Betonprüfung: Anleitungen u. Beispiele /

Wolfgang Breit; Hans-Wilhelm Iken; Roman R. Lackner;

Ulrich Wöhl; Uwe P. Zimmer.

6. überarbeitete und erweiterte Auflage 2012

Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2012

eISBN 978-3-7640-0569-6

ISBN 978-3-7640-0515-3

© by Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 1972
Gesamtproduktion: Verlag Bau+Technik GmbH,
Postfach 12 01 10, 40601 Düsseldorf
www.verlagbt.de

Druck: B.o.s.s Druck- und Medien GmbH, 47561 Goch

Vorwort der Autoren

Im 40. Jahr der Ersterscheinung des „Handbuchs der Betonprüfung“ gibt es nunmehr eine Neuauflage dieses erfolgreichen Fachbuchs der Betonprüfung. Heute ist dieses Standardwerk aus keinem Baustofflabor mehr weg zu denken, gleichgültig ob Baustelle, Betonwerk, Fertigteilwerk, Fachhochschule, Universität oder Institut. Als sich damals die Autoren, alles Mitarbeiter des Staatlichen Materialprüfamts von NRW, Hans Iken, Roman R. Lackner und Uwe P. Zimmer, zusammensetzten, um ein Baustoffprüfbuch zu schaffen, glaubte niemand, dass dieses Buch eine sechste Auflage erreichen würde. Das „Handbuch der Betonprüfung“ erschien daraufhin erstmals 1972 als aktuelles und zeitgemäßes Werk im damaligen Betonverlag, heute Verlag Bau+Technik, in Düsseldorf.

Die jetzige 6. Ausgabe des „Handbuchs der Betonprüfung“ von 2011 hat mit 141 Prüfungskapiteln vergleichsweise 34 Kapitel mehr als die letzte Ausgabe. Außerdem wurden fast ausnahmslos alle Kapitel überarbeitet, da sich die Normenlandschaft in den letzten Jahren lebhaft geändert hat. Die neue Auflage ist mit über 500 Seiten daher die bisher umfangreichste Ausgabe, die bisher erschienen ist. Über 239. aktuelle Bilder und Skizzen, viele Tafeln, Tabellen und Berechnungen sowie der zusätzliche neue Bereich H über Mindestangaben im Prüfbericht runden dieses Buch nach oben ab.

Nach der Erweiterung des Autorenteam seit der 5. Auflage durch Dr. Ulrich Wöhlrl ist nun Professor Dr. Wolfgang Breit, Hochschullehrer an der Technischen Universität Kaiserslautern, Obmann des Ausschusses „Prüfverfahren für Beton“ im DIN und Mitglied des europäischen Normenausschusses Betonprüfung, hinzugekommen.

Auch diesmal, bei der 6. Auflage, wurde die bewährte Checklistenform des Buches beibehalten. Jedes Prüfungskapitel ist unterteilt in:

- A Wesen des Verfahrens
- B Prüfvorschrift
- C Geräte und Hilfsmittel
- D Durchführung
- E Beurteilung
- F Rechenbeispiel
- G Besondere Fehlermöglichkeiten / Hinweise
- H Prüfbericht

Wie immer werden wir uns freuen, wenn wir von den Nutzern Anregungen erhalten oder wenn wir auf mögliche Fehler, die sich auch in solch ein Werk einschleichen können, hingewiesen werden. Wir betonen an dieser Stelle, dass immer die aktuelle Norm, zu beziehen beim Beuth-Verlag, maßgebend für eine Prüfung oder Beurteilung ist. Last but not least danken wir den Kollegen vom Verband Deutscher Betoningenieure für wertvolle Hinweise und insbesondere Herrn Prof. Dr. Robert Weber für seine kritische und engagierte Durchsicht durch das Werk.

Für das Autorenteam
Dipl.-Ing. Uwe P. Zimmer

Welter im November 2011

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	5
Bildnachweis	14
 Zement	
1 Probenahme	DIN EN 196-7:2008-02 15
2 Mahlfeinheit – Siebverfahren, Rückstand	DIN EN 196-6:2010-05 21
3 Mahlfeinheit – Spezifische Oberfläche nach Blaine	DIN EN 196-6:2010-05 25
4 Mahlfeinheit – Spezifische Oberfläche nach Blaine-Dyckerhoff	DIN EN 196-6:2010-05 33
5 Mahlfeinheit – Luftstrahlsiebverfahren	DIN EN 196-6:2010-05 39
6 Erstarrungszeiten	DIN EN 196-3:2009-02 43
7 Raumbeständigkeit	DIN EN 196-3:2009-02 51
8 Schüttdichte	DIN EN 459-2:2010-12 55
9 Reindichte	Schriftenreihe der Zement- industrie, Heft 33/1967 59
10 Herstellen und Lagern von Zementprismen – Vibrationstisch	DIN EN 196-1:2005-05 65
11 Druckfestigkeit von Zementmörtel- prismen	DIN EN 196-1:2005-05 71
12 Biegezugfestigkeit von Zementmörtel- prismen	DIN EN 196-1:2005-05 77
 Gesteinskörnungen	
13 Probenahmeverfahren	DIN EN 932-1:1996-11 81
14 Einengen von Laboratoriumsproben – Drehteiler	DIN EN 932-2:1999-03 89
15 Einengen von Laboratoriumsproben – Riffelteiler	DIN EN 932-2:1999-03 93
16 Einengen von Laboratoriumsproben – Fraktionales Schaufeln	DIN EN 932-2:1999-03 97
17 Einengen von Laboratoriumsproben – Vierteln	DIN EN 932-2:1999-03 101
18 Korngrößenverteilung – Siebung	DIN EN 933-1:2006-01 103
19 Korngrößenverteilung – Siebung von Gesteinskörnungen mit porigem Gefüge	DIN EN 933-1:2006-01 113
20 Wassergehalt – Ofentrocknung	DIN EN 1097-5:2008-06 119
21 Wassergehalt – Calciumcarbid-Methode	nicht genormt 123
22 Feuchtigkeitsgehalt – Abflamm-Methode ...	nicht genormt 127
23 Oberflächenfeuchte – Thaulow-Verfahren ...	nicht genormt 131
24 Kornrohddichte – Thaulow-Verfahren	nicht genormt 135
25 Kornrohddichte – Überlauf-Verfahren	nicht genormt 139

26 Kornrohddichte und Wasseraufnahme – Pyknometerverfahren für Gesteins- körnungen 0,063 mm bis 4 mm mit dichtem Gefüge	DIN EN 1097-6:2005-12; Entwurf, Ausgabe 2010-06	143
27 Kornrohddichte und Wasseraufnahme – Pyknometerverfahren für Gesteins- körnungen 4 mm bis 31,5 mm mit dichtem Gefüge	DIN EN 1097-6:2005-12; Entwurf, Ausgabe 2010-06	149
28 Kornrohddichte und zeitabhängige Wasseraufnahme von leichten Gesteins- körnungen 4 mm bis 31,5 mm – Pyknometerverfahren	DIN EN 1097-6:2005-12; Entwurf, Ausgabe 2010-06	155
29 Kornrohddichte von Gesteinskörnungen mit dichtem Gefüge – Messzylinderverfahren ...	nicht genormt	161
30 Scheinbare Kornrohddichte von leichten Gesteinskörnungen – Messzylinder- verfahren und kurze Eintauchzeit	Entwurf DIN EN 1097-6 (Anhang E):2010-06	165
31 Rohddichte von Füller – Referenzverfahren...	DIN EN 1097-7:2008-06	169
32 Schüttdichte und Hohlraumgehalt	DIN EN 1097-3:1998-06	173
33 Kornform – Kornformkennzahl	DIN EN 933-4:2008-06	177
34 Kornform – Plattigkeitskennzahl	DIN EN 933-3:2003-12	185
35 Leichtgewichtige (organische) Verunreinigungen	DIN EN 1744-1:2010-04, Abschnitt 14.2	191
36 Chloridgehalt	DIN EN 1744-1:2010-04, Abschnitt 8	195
37 Dicalciumsilicatzерfall in Hochofenstückschlacke	DIN EN 1744-1:2010-04	199
38 Eisenzerfall in Hochofenstückschlacke	DIN EN 1744-1:2010-04	201
39 Säurelöslicher Sulfatgehalt	DIN EN 1744-1:2010-04	203
40 Organische Bestandteile – Humusgehalt	DIN EN 1744-1:2010-04	209
41 Stoffe organischen Ursprungs – Natronlauge-Verfahren	nicht genormt; Anlehnung an DIN 4226-3:1983-01	213
42 Feinanteil – Auswaschverfahren	DIN EN 933-1:2006-01	217
43 Abschlämbbare Bestandteile – Absetzverfahren	nicht genormt; ehemals DIN 4226-3:1983-04	221
44 Organische Bestandteile – Fulvosäuregehalt	DIN EN 1744-1:2010-04	225
45 Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel – Dosen-Verfahren	DIN EN 1367-1:2007-06	229
46 Widerstand gegen Frost-Tausalz – Magnesiumsulfat-Verfahren	DIN EN 1367-2:2010-02	235
47 Organische Bestandteile – Mörtelverfahren	DIN EN 1744-1:2010-04	239
48 Raumbeständigkeit leichter Gesteins- körnung – Autoklav-Verfahren	DIN EN 13055-1:2002-08	245

49 Wasseraufnahme leichter Gesteinskörnungen (Leichtsand) – Filternutschen-Verfahren	BVK – Betontechnische Merkblätter – Prüfverfahren Leichtzuschläge, 2004	249
50 Wasseranspruch feiner Gesteinskörnungen am Sättigungspunkt – Verfahren nach Puntke	DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“, 2003-11	251
51 Beurteilung von Feinanteilen von Gesteinskörnungen – Sandäquivalent-Verfahren	E DIN EN 933-8:2009-01	255
52 Feinanteilen von Gesteinskörnungen – Methylenblau-Verfahren	DIN EN 933-9:2009-10	261
53 Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung von Gesteinskörnung – Los-Angeles-Prüfverfahren	DIN EN 1097-2:2010-07	265
54 Bestimmung des Widerstands gegen Verschleiß von Gesteinskörnung – Micro-Deval-Prüfverfahren	DIN EN 1097-1:2011-04	269
55 Bestimmung des Widerstands gegen Zertrümmerung von Gesteinskörnung – Schlagversuch	DIN EN 1097-1:2010-07	273

Frischbeton

56 Erstprüfung Normalbeton – Herstellen einer Mischung	nicht genormt; Anlehnung DIN EN 206-1:2001-07, DIN 1045-2:2008-08	277
57 Erstprüfung Leichtbeton – Herstellen einer Mischung	nicht genormt	285
58 Probenahme	DIN EN 12350-1:2009-08	293
59 Frischbetonrohddichte	DIN EN 12350-6:2009-08	295
60 Konsistenz – Setzmaß	DIN EN 12350-2:2009-08	299
61 Konsistenz – Vebe-Prüfung	DIN EN 12350-3:2009-08	303
62 Konsistenz – Verdichtungsmaß	DIN EN 12350-4:2009-08	307
63 Konsistenz – Ausbreitmaß	DIN EN 12350-5:2009-08	311
64 Setzfließmaß von selbstverdichtendem Beton	DIN EN 12350-8:2010-12	317
65 Trichterauslaufprüfung von selbst- verdichtendem Beton	DIN EN 12350-10:2010-12	321
66 L-Kastenversuch an selbstverdichtendem Beton	DIN EN 12350-10:2010-12	323
67 Sedimentationsversuch an selbst- verdichtendem Beton	DIN EN 12350-11:2010-12	327
68 Blockierringversuch an selbst- verdichtendem Beton	DIN EN 12350-12:2010-12	331

69	Kegelsatzfließmaß und Kegelauslaufzeit mittels Auslaufkegel an selbst- verdichtendem Beton	DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ (SVB-Richtlinie) – Teil 2, Anhang M, 2012	337
70	Herstellen und Lagern von Betonwürfeln und -zylindern – Verdichten durch Stampfen	DIN EN 12390-2:2009-08	341
71	Herstellen und Lagern von Betonwürfeln und -zylindern – Verdichten durch Stochern	DIN EN 12390-1:2009-08	345
72	Herstellen und Lagern von Betonwürfeln und -zylindern – Verdichten mit Innenrüttler	DIN EN 12390-2:2009-08	351
73	Herstellen und Lagern von Betonwürfeln und -zylindern – Verdichten mit Rütteltisch	DIN EN 12390-2:2009-08	357
74	Herstellen und Lagern von Leichtbeton- würfeln und -zylindern – Verdichten mit Rütteltisch	DIN EN 12390-2:2009-08	363
75	Herstellen und Lagern von Betonbalken – Verdichten durch Stampfen	DIN EN 12390-2:2009-08	367
76	Herstellen und Lagern von Betonbalken – Verdichten durch Stochern	DIN EN 12390-2:2009-08	371
77	Herstellen und Lagern von Betonbalken – Verdichten mit Innenrüttler	DIN EN 12390-2:2009-08	375
78	Herstellen und Lagern von Betonbalken – Verdichten mit Rütteltisch	DIN EN 12390-2:2009-08	379
79	Herstellen und Lagern von Probekörpern zur Prüfung der Wassereindringtiefe	DIN EN 12390-2:2009-08	383
80	Herstellen und Lagern von Probekörpern aus selbstverdichtendem Beton	DIN EN 12390-2:2009-08 DAfStb-Richtlinie „Selbstver- dichtender Beton“, 2009-08	387
81	Luftgehalt von Frischbeton – Druckausgleichsverfahren	DIN EN 12350-7:2009-08	391
82	Wassergehalt – Darrverfahren	nicht genormt, Anlehnung an DIN 1048-1:1991-06	399
83	Blutneigung von Beton – Eimerverfahren	DBV-Merkblatt „Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton“, 2007-06	403
84	Stahlfasergehalt – Auswaschverfahren	DAfStb-Richtlinie „Stahlfaser- beton“ – Teil 2, 2010-03	407
85	Stahlfasergehalt – Induktives Verfahren	DAfStb-Richtlinie „Stahlfaser- beton“ – Teil 2, 2010-03	411

Festbeton

86	Festbetonrohddichte im Anlieferungszustand	DIN EN 12390-7:2009-07	415
87	Festbetonrohddichte am wassergesättigten Probekörper	DIN EN 12390-7:2009-07	419
88	Festbetonrohddichte ofentrocken	DIN EN 12390-7:2009-07	423
89	Festbetonrohddichte durch Unterwasserwägung – Referenzverfahren	DIN EN 12390-7:2009-07	425
90	Wassereindringtiefe unter Druck	DIN EN 12390-8:2009-07	429
91	Druckfestigkeit von Betonwürfeln	DIN EN 12390-3:2009-07	433
92	Druckfestigkeit von Betonzylindern	DIN EN 12390-3:2009-07	441
93	Spaltzugfestigkeit von Betonzylindern	DIN EN 12390-6:2010-09	447
94	Spaltzugfestigkeit von Betonkörpern mit rechteckigem Querschnitt	DIN EN 12390-6:2010-09	453
95	Biegezugfestigkeit von Betonbalken – Belastung durch zwei Einzellasten	DIN EN 12390-5:2009-07	459
96	Biegezugfestigkeit von Betonbalken – Belastung durch eine Einzellast	DIN EN 12390-5:2009-07	463
97	Biegezugfestigkeit von Stahlfaserbetonbalken	DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“, 2010-03	469
98	Abgleichen und Abschleifen von Probekörpern	DIN EN 12390-3:2009-07	473
99	Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme – Trockenverschleiß	DIN 52108:2010-05	477
100	Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand nach dem Plattenprüfverfahren	DIN CEN/TS 12390-9:2006-08	483
101	Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand nach dem Würfelverfahren	DIN CEN/TS 12390-9:2006-08	489
102	Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand nach dem CF/CDF-Verfahren	DIN CEN/TS 12390-9:2006-08	497

Bauteilprüfungen

103	Entnahme und Druckfestigkeit von Betonbohrkernen	DIN EN 12504-1:2009-07	505
104	Festigkeitsprüfung (Rückprallweg) mit dem Rückprallhammer – Schmidthammer	DIN EN 12504-2:2001-12	511
105	Festigkeitsprüfung (Rückprallkoeffizient) mit dem Rückprallhammer – SilverSchmidt	DIN EN 12504-2:2001-12; DIN EN 13791:2008-05	519
106	Karbonatisierungstiefe von Beton	DIN EN 14630:2007-01; RILEM-Empfehlung CPC 18, 2001-10	525
107	Bewehrungssuche	nicht genormt	529
108	Oberflächenzugfestigkeit von Beton	DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Instandsetzungs-Richtlinie) – Teil 3, 2001-10	533

109 Abreißfestigkeit von Betonunterlagen und aufgetragenen Schichten	ZTV-SIB 90	537
110 Prüfung des Porenanteils an Betonoberflächen	nicht genormt; DBV-Merkblatt „Sichtbeton“, 2004-08	541
111 Bestimmung der Ausziehkraft	DIN EN 12504-3:2005-07	545
112 Ausbreitgeschwindigkeit von Ultraschall im Beton	DIN EN 12504-4:2004-12	549
113 Potentialmessverfahren – Beurteilung des Korrosionszustands der Stahlbetonbewehrung	DGZfP-Merkblatt B03:2008-04; RILEM TC 154-EMC	555
114 Ermittlung der Druckfestigkeit von jungem Beton – Methode „Gewichtete Reife“ mittels Reifecomputer MC-21	NEN 5970:2001-09; in Deutschland nicht genormt ...	559
115 Eichgrafik eines Betons für das Reifegradverfahren – Methode „Gewichtete Reife“ mittels Reifecomputer MC-21	NEN 5970:2001-09; in Deutschland nicht genormt	563

Einpressmörtel

116 Einpressmörtel – Eignungsprüfung – Herstellen einer Mischung	DIN EN 445:1996-07	569
117 Fließvermögen von Einpressmörtel – Eintauchversuch – Kalibrierverfahren	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 4.3.2	573
118 Fließvermögen von Einpressmörtel – Eintauchversuch	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.2	575
119 Fließvermögen von Einpressmörtel – Trichterverfahren	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.2	579
120 Wasserabsonderung von Einpressmörtel – Messzylinderverfahren	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.3	581
121 Volumenänderung von Einpressmörtel – Zylinderverfahren	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.4.2	585
122 Volumenänderung von Einpressmörtel – Dosenverfahren	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.4.3	587
123 Druckfestigkeit von Einpressmörtel – Prüfung am Zylinder	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.5	591
124 Druckfestigkeit von Einpressmörtel – Prüfung am Prisma	DIN EN 445:1996-07, Abschnitt 3.5	595
125 Erstarrungszeit des Einpressmörtels	DIN EN 196-3:2009-02	599
126 Siebprüfung von Einpressmörtel	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.2	605
127 Fließvermögen von Einpressmörtel – Trichterverfahren	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.3.1	607
128 Fließvermögen von thixotropem Einpressmörtel – Bestimmung des Ausbreitmaßes	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.3.2	611

129	Bestimmung der Wasserabsonderung und der Volumenstabilität von Einpressmörtel im 1 : 1 Versuch – Absetztest mit Schrägrohr	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.4	615
130	Bestimmung der Wasserabsonderung und der Volumenstabilität von Einpressmörtel – Absetztest mit Vertikalrohr	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.5	619
131	Bestimmung der Dichte von Einpressmörtel	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.7	623
132	Druckfestigkeit von Einpressmörtel – Prüfung am Prisma	DIN EN 445:2008-01, Abschnitt 4.6	625

Zugabewasser

133	Probenahme und Prüfung von Zugabewasser	DIN EN 1008-10:2002-10	629
134	Zuckergehalt von Zugabewasser	nicht genormt	635
135	Betontechnologische Vergleichsprüfung an Zugabewasser	DIN EN 1008-10:2002-10	637
136	Probenahme und Prüfung von Restwasser..	DIN EN 1008-10:2002-10	641

Betonangreifende Wässer

137	Probenahme von betonangreifenden Wässern	DIN EN 4030-2:2008-06	645
138	Prüfung von betonangreifenden Wässern – Schnellverfahren	DIN EN 4030-2:2008-06	649

Betonangreifende Böden

139	Vorbereitung und Prüfung von Bodenproben	DIN EN 4030-2:2008-06	653
140	Säuregrad von Böden nach Baumann-Gully	DIN EN 4030-2:2008-06	657
141	Sulfatgehalt von Böden	DIN EN 4030-2:2008-06	659

Die Autoren	663
-------------------	-----

Prüfnormen / Richtlinien / Vorschriften	665
---	-----

Bildnachweis

Wir danken folgenden Personen und Unternehmen für die zur Verfügung gestellten Abbildungen:

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) 67.1
Bausewein, S. 13.2/13.4
CEMEX Deutschland AG 1.4
Controls S.R.L. 2.2/20.1/34.1/34.2/7.1/20.1/34.2/53.1/54.1/55.1/91.9/93.2/93.4/124.2/
125.4
FORM+TEST Seidner & Co. GmbH 6.5/10.2/10.8/11.1/11.3/47.1/56.1/59.1/61.2/73.1/
73.2/77.1/81.4/90.1/91.1/92.3/92.6/93.1/94.3/94.4/96.1/98.1/98.2/98.4/99.1/108.1/
109.2/125.3
Fritsch Elektronik GmbH 14.1/40.1
HAVER & BOECKER OHG 2.1 /18.3/19.1/26.1/40.2
Universität Siegen, Henkel, S. 109.1
Hertz Systemtechnik GmbH 85.1/85.3
Matenco Europe (UK) Ltd., Rohrdantz 85.2
MATEST S.p.A Universale 60.3/64.3/119.1
Pemat Mischtechnik GmbH, Zyklus 56.3/57.3/116.1
Proceq S.A. 104.1/104.2/104.3/105.1/105.2/107.1/107.2/112.1/112.2/113.1/113.2
Riedel de Haen AG 21.1/22.1
Elektronik Rubarth 45.2
HEMMER Prüfgeräte-Vertrieb, Schlosser 57/1
Soehnle Mess- und Prüftechnik GmbH 18.1
Suspa Systems 118.1
Retsch Technology GmbH 5.1
Tegelaar, R. 114.1/114.2/114.3/115.1
TESTING Bluhm & Feuerherdt GmbH 3.1/3.4/3.5/4.3/4.4/6.1/6.2/6.4/6.6/8.1/10.1/10.4/
10.5/11.4/12.2/18.8/19.2/23.1/32.1/47.2/47.5/48.1/56.2/56.4/56.5/56.6/57.2/57.4/
59.2/63.3/63.4/64.2/65.2/66.2/68.1/69.1/70.1/72.3/72.4/73.3/74.2/76.1/79.1/81.5/
81.6/82.1/89.1/90.2/95.3/96.4/97.3/123.1/124.1/125.1/125.2/125.5/125.6
Toni Technik Baustoffprüfsysteme GmbH 2.1/3.2/3.6/4.1/4.2/6.7/6.8/10.6/10.9/11.2/
12.1/12.3/47.3/47.4/47.6/92.7/95.1/97.2/103.4/132.1
Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) 80.1
Wacker Chemie AG 72.5
Wöhl, U. 103.2/103.3/110.1/110.2

Die restlichen Aufnahmen stammen aus dem Archiv der Verlag Bau+Technik GmbH aus früheren Veröffentlichungen.

Die Inhalte und Lösungsvorschläge in diesem Buch sind nach bestem Wissen zusammengestellt. Hinsichtlich der Anwendung der Inhalte kann von den Autoren jedoch keine Gewähr übernommen werden. Das Buch ersetzt nicht die projektbezogene Planungsleistung. Sie entbindet nicht von der Pflicht zur Prüfung der Normvorgaben und ihrer Gültigkeit für den jeweiligen Anwendungsfall. Die Anwendung der Inhalte und Lösungsvorschläge berechtigt zu keinerlei Regressansprüchen gegenüber den Autoren.

1 Probenahme von Zement

A Wesen des Verfahrens

Die entnommene Einzelprobe oder mehrere Einzelproben aus einer größeren Zementmenge, zur Durchschnittsprobe durchgemischt, dient zum Nachweis der Eigenschaft der Zementlieferung.

Hier wird ausschließlich die Entnahme von Rückstellproben beschrieben, die systematisch bei regelmäßigen Lieferungen für eventuelle spätere Prüfungen in Zweifelsfällen oder bei späteren Schäden dienen.

B Prüfvorschrift

DIN EN 196-7:2008-02 Prüfverfahren für Zement – Teil 7: Verfahren für die Probenahme und Probenauswahl von Zement

C Geräte und Hilfsmittel

Probenahmegeräte müssen von allen Beteiligten genehmigt, sauber und betriebsbereit sein.

Stechheber, alternativ Schöpfgefäß, Entnahmerohr, Schneckenprobenehmer
Blechdosen, luftdicht verschließbar mit Gummiring und Schnellverschluss, $V \approx 5 \text{ l}$

Mischschüssel

Handschaufel

Kunststoffunterlage, $\approx 100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$

alternativ Probenteiler

- 1 Rohr, $\varnothing$ etwa 6 cm
- 2 Schnecke
- 3 Ende der Schnecke, die beim Eintauchen in den Zement wie eine Punktsonde wirkt
- 4 Auslauf
- 5 Elektromotor

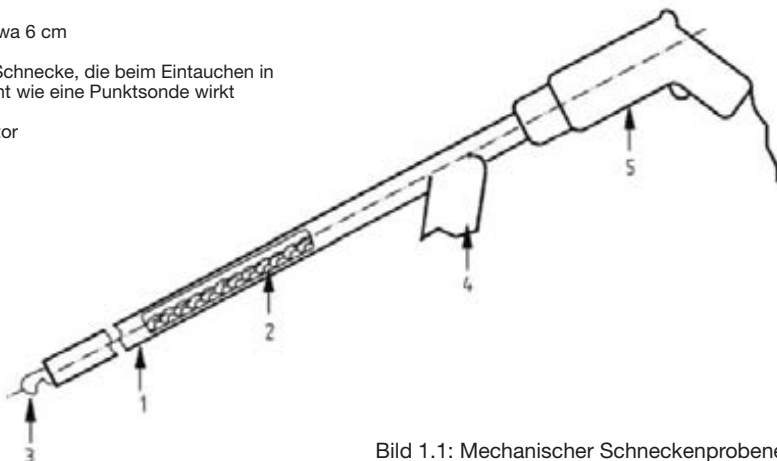
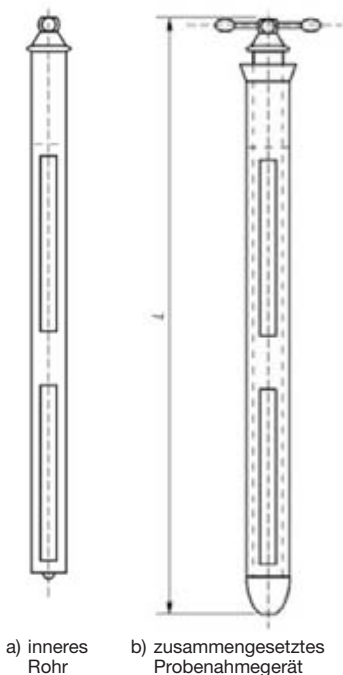
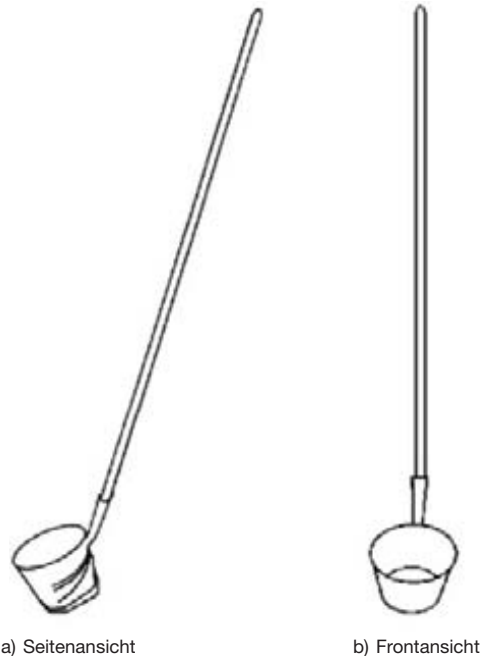


Bild 1.1: Mechanischer Schneckenprobenehmer, Prinzip



$L = 100 \text{ cm bis } 200 \text{ cm}$

Bild 1.2: Probenahmerohr, Prinzip



Ungefähre Abmessungen des Probelöffels:
Durchmesser = 20 cm; Tiefe = 15 cm; Grifflänge = 180 cm

Bild 1.3: Probenahmelöffel, Prinzip

D Durchführung

Definitionen

I Zugriffsmenge

Zementmenge, die mit einem Probenahmegerät in einem Arbeitsgang entnommen wird.

II Probe

Zufällig oder nach Prüfplan entnommene Zementmenge aus größerem Los oder Menge; Probe kann aus mehreren Zugriffsmengen bestehen.

III Stichprobe

Probe, die für eine vorgesehene Untersuchung ausreicht und innerhalb kurzer Zeit an gleicher Stelle entnommen wird; sie kann aus einer oder mehreren Zugriffsmengen bestehen.

IV Durchschnittsprobe

Homogene Mischung von Stichproben an verschiedenen Stellen oder zu verschiedenen Zeitpunkten von größerer Menge, die gegebenenfalls verkleinert wird.

- 1 Die Probenahme hat zur Wahrung etwaiger Gewährleistungsansprüche im Beisein des Herstellers oder Verkäufers und des Abnehmers oder Verkäufers unverzüglich, spätestens nach 24 Stunden, nach Eintreffen des Zements am Bestimmungsort zu erfolgen.
Die Probe von mindestens 5 kg muss nach dem Zufallsprinzip aus einem oder mehreren Säcken oder Behältern aus einem repräsentativen Lagerbestand entnommen werden. Die Probe muss jedoch so groß sein, dass alle vereinbarten oder geforderten Prüfungen zwei mal durchgeführt werden können.
- 2 Verfahren der Probenahme:
 - 2.1 Entnahme aus Säcken oder Fässern oder Behältern vergleichbarer Größe:
Mehrere Einzelproben mit Stechheber aus der Mitte der Sackfüllung aus mindestens einem bis zur Probenahme unversehrten Sack entnehmen, zu einer Durchschnittsprobe innig vermischen und Blechdose vollständig füllen.
 - 2.2 Entnahme aus Silofahrzeug:
Vor der Übergabe aus Silofahrzeug mehrere Einzelproben aus oberer Einfüllöffnung mit Hilfe eines Stechhebers oder Schöpfgefäßes entnehmen, zu einer Durchschnittsprobe innig vermischen und Blechdose vollständig füllen. Dabei Probe nicht aus unterer oder oberer Zementschicht entnehmen.
 - 2.3 Entnahme während der Silobefüllung aus Silofahrzeug:
Mehrere Einzelproben mittels Entnahmevorrichtung (Bypass an der Förderleitung; Bild 1.4) entnehmen und Blechdose vollständig füllen.
 - 2.4 Entnahme aus Silo mittels Probenahmenvorrichtung (Bild 1.4):
Entnahmegerät leeren. Nach dem Befüllen des Silos Blechdose vollständig füllen. Nach einer eventuellen Auflockerung mindestens eine halbe Minute warten. Zunächst eine bestimmte Menge verwerfen, um Ablagerungen im Fördersystem auszuschließen.



Bild 1.4: Entnahmevorrichtung für Proben am Silofüllstutzen

- 3 Probenahmeprotokoll mit Angaben nach Abschnitt H anfertigen und in die Blechdose einen Durchschlag (in Schutzumschlag) einlegen.
- 4 Blechdose luftdicht verschließen und unverwechselbar und beweiskräftig (z. B. mit wasserfestem Stift) kennzeichnen. Probenahmeprotokoll evtl. in Schutzumschlag verpacken und in die Dose legen. Auf Absprache Dose auch versiegeln, um später Echtheit sicherzustellen.
- 5 Die Häufigkeit der Probenahme und die Probenart (Stichprobe oder Durchschnittsprobe) hängen von den Vereinbarungen der Vertragspartner und den entsprechenden Normen ab.
- 6 Homogenisierung:
Sofort nach der Entnahme ist die Probe (möglichst im Labor) zu homogenisieren. Dies geschieht mit Homogenisierungsgeräten oder durch manuelles Mischen mit einer Schaufel auf sauberem Tuch oder Kunststoff-Folie. Die relative Luftfeuchtigkeit muss kleiner als 85 % sein.
Beeinflussung durch Wind, Regen, Schnee und Staub muss ausgeschlossen sein und der Zement darf nur begrenzte Zeit der Luft ausgesetzt sein.
- 7 Unabhängig vom Homogenisierungsverfahren muss seine Eignung nachgewiesen sein (DIN EN 196-7, Abschnitt 8.2.2).
- 8 Unmittelbar nach dem Homogenisieren der Probe ist diese in die erforderliche Anzahl von Labor- und Rückstellproben aufzuteilen. Dies geschieht wie folgt:
 - 8.1 Falls beim Homogenisieren ein Mischgerät verwendet wurde, darf die erforderliche Probenanzahl direkt aus der homogenisierten Probe entnommen werden.
 - 8.2 Falls eine Handhomogenisierung erfolgte, muss ein Probenteiler eingesetzt werden oder aus der geviertelten Probemenge auf einem Tuch bzw. einer Plastikunterlage wird jeweils etwa 0,5 kg aus jedem Viertel mit einer Schaufel reihum in einen vorgesehenen Behälter gefüllt. Dies ist solange fortzusetzen, bis jeder Behälter die benötigte Menge enthält. Jeder Behälter erhält somit zunächst eine Schaufel reihum von Viertel A, B, C und D.
- 9 Um Lufteinfluss zu verhindern, sind die Behälter so voll wie möglich zu füllen und luftdicht abzuschließen. Andere Verpackungen sind unter bestimmten Voraussetzungen zu akzeptieren (DIN EN 196-7, Abschnitt 9.2 a/b/c).
- 10 Die Proben sind bei Temperaturen $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu lagern.
- 11 Die Probenbehälter sind eindeutig und unlösbar an mindestens einer Stelle, nicht am Deckel, zu kennzeichnen.

E Beurteilung

Entfällt

F Rechenbeispiel

Entfällt

G Besondere Fehlermöglichkeiten / Hinweise

- 1 Probenahme erfolgte nicht nach statistisch zufälliger Vorgabe oder Menge
- 2 Probenahmeprotokoll nicht vergessen!
- 3 Eine Kopie des Probenahmeprotokolls ist allen Proben beizufügen

H Prüfbericht

- 1 Hinweis auf angewandte Norm
- 2 Name und Adresse des Prüflaboratoriums bzw. Probenehmers
- 3 Vollständige Normbezeichnung des Zements
- 4 Angabe des Lieferwerks
- 5 Ort, Datum und Uhrzeit der Probenahme
- 6 Probenart, z. B. Stichprobe oder Durchschnittsprobe aus unterschiedlicher Anzahl Stichproben
- 7 Eindeutige Kennzeichnung des Probenahmebehälters
- 8 Auffällige Beobachtungen wie Fremdkörper oder qualitätsbeeinflussende Umstände
- 9 Angaben zur eindeutigen Identifikation der Probe
- 10 Ort, Datum, Probenehmer
Zusätzliche Angaben über
- 11 Menge und Größe des Loses, aus dem entnommen wurde
- 12 Art und Eigenschaft des Probenbehälters
- 13 Probenahmeprotokoll und evtl. Durchschriften sind von allen Beteiligten zu unterschreiben und diesen bei Bedarf unverzüglich auszuhändigen

2 Bestimmung der Mahlfineinheit von Zement

Siebverfahren – Siebrückstand

A Wesen des Verfahrens

Zur Bestimmung evtl. im Zement enthaltener grober Zementpartikel wird der Rückstand auf dem Prüfsieb 90 μm ermittelt und in M.-% angegeben.

Das Verfahren eignet sich besonders für die Kontrolle und Steuerung des Herstellungsprozesses.

B Prüfvorschrift

DIN EN 196-6:2010-05 Prüfverfahren für Zement – Teil 6: Bestimmung der Mahlfineinheit

C Geräte und Hilfsmittel

Metallrahmensieb, $\varnothing = 15 \text{ cm}$ bis 20 cm , $h = 4 \text{ cm}$ bis 10 cm ,

Siebgewebe = 0,090 mm (90 μm), gemäß DIN ISO 565, Tabelle 1 und
DIN ISO 3310-1

Auffangschale, Abdeckplatte

Trockenschrank

Stielbürste (weicher Pinsel)

Präzisionswaage, Wägebereich mind. 50 g auf 0,01 g genau

Laboruhr

Referenzmaterial mit bekanntem Rückstand

Stab

Verschließbares Gefäß, $V \approx 1 \text{ l}$ bis 2 l

Waage, Wägebereich 1000 g
auf 0,1 g genau

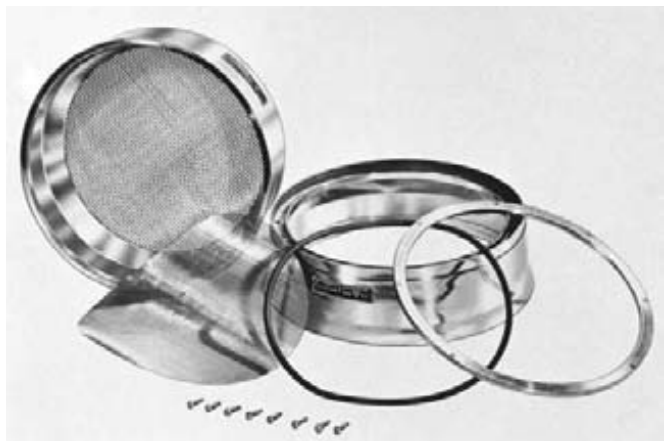


Bild 2.1: Metallrahmensiebe mit
auswechselbaren Siebgeweben

D Durchführung

- 1 400 g Zement bei 105 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz trocknen.
- 2 Zementprobe wird 2 min in geschlossenem Gefäß geschüttelt, um Agglomerate zu zerkleinern.
- 3 Gefäß 2 min stehen lassen und danach Zement mit sauberem, trockenem Stab vorsichtig umrühren, um den Feinanteil des Zements gleichmäßig in der Probe zu verteilen.
- 4 Auffangschale unter Prüfsieb anordnen und $(25 \pm 0,5)$ g klumpenfreien Zement auf $\pm 0,01$ g genau abwiegen und auf das Sieb aufgeben.
- 5 Siebabdeckplatte auf dem Sieb befestigen.
- 6 Handsiebung folgendermaßen ausführen:
Sieb in eine Hand nehmen und waagrecht kreisend hin und her bewegen, bis keine Partikel mehr durchgesiebt werden. Alternativ kann auch Maschinensiebung erfolgen, wenn gleiche Ergebnisse zu erwarten sind.
- 7 Unterseite des Siebbodens mit Pinsel abbürsten.

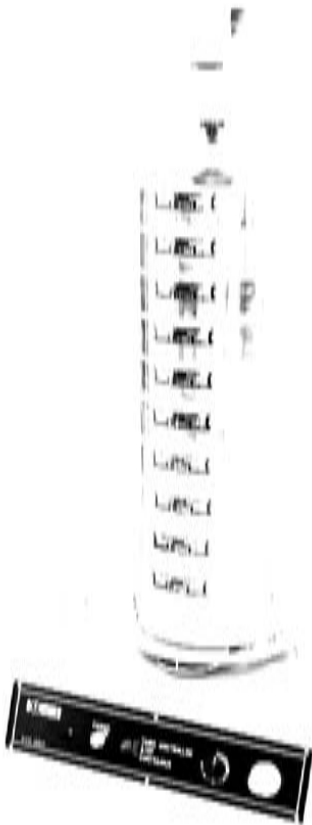


Bild 2.2: Elektromagnetische Siebmaschine für Analysesiebe bis $\varnothing$ 315 mm mit Zeitschaltuhr

- 8 Siebung ist beendet, wenn der gewogene Rückstand, bezogen auf die Einwaage, sich nicht um mehr als 0,1 M.-% verringert hat (ansonsten nochmals zwei Minuten weitersieben).
- 9 Wenn kein Durchgang mehr sichtbar, Rückstand dem Sieb entnehmen und wiegen. Das Gewicht wird in M.-% R_1 , bezogen auf die Einwaage, auf 0,1 M.-% angegeben.
- 10 Siebversuch an zweiter Probe R_2 mit neuer Einwaage von 25 g wiederholen.
- 11 Der Rückstand des Zements R wird als Mittelwert von R_1 und R_2 in M.-% auf 0,1 M.-% angegeben. Falls Abweichung größer als 1 M.-%, dritten Siebversuch durchführen. Bei drei vorliegenden Werten gilt das Mittel aus den drei Siebungen, sonst aus den beiden Siebungen.
- 12 Zur Überprüfung des Siebs ist bei Bedarf Referenzmaterial mit bekanntem Siebrückstand bereitzuhalten.

E Beurteilung

Der Siebrückstand darf nach DIN EN197-1 höchstens 3 M.-% betragen.

F Rechenbeispiel

- 1 Siebrückstand $R_1 = 1,8$ g, entspricht 7,2 M.-%.
- 2 Siebrückstand $R_2 = 1,7$ g, entspricht 6,2 M.-%.
(da Abweichung nicht größer als 1 M.-%, ist dritte Siebung nicht erforderlich)

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2} \text{ [g]} \quad (2.1)$$

$$R = \frac{1,8 + 1,7}{2} = 1,75 \text{ g}$$

Siebrückstand $R = 1,75 \text{ g} \triangleq 7,2 \text{ M.-%}$.

G Besondere Fehlermöglichkeiten / Hinweise

- 1 Siebgewebe beschädigt
Säuberung des Siebs mit größter Sorgfalt durchführen, da die geringste Verschiebung der Maschen das Sieb unbrauchbar macht.
Prüfsieb mit einer Lupe gelegentlich auf Beschädigung prüfen und gegebenenfalls Siebgewebe austauschen.

H Prüfbericht

- 1 Hinweis auf angewandte Norm
- 2 Name und Adresse des Prüflaboratoriums
- 3 Bezeichnung der Probe
- 4 Prüfergebnis R auf 0,1 M.-% als den Rückstand des geprüften Zements auf dem 90- μ m-Sieb.
- 5 Wiederholstandardabweichung beträgt etwa 0,2 %, die Vergleichsstandardabweichung beträgt etwa 0,3 %.
- 6 Falls keine ISO-Siebe vorhanden sind, können auch andere genormte, dem ISO-Sieb entsprechende Siebe benutzt werden. Der genormte Drahtsiebboden muss benutzt werden.
- 7 Ort, Datum, Prüfer

3 Mahlfineinheit von Zement

Spezifische Oberfläche nach Blaine
Luftdurchlässigkeitsverfahren

A Wesen des Verfahrens

Zur Bestimmung der Mahlfineinheit eines Zements wird seine spezifische Oberfläche aus der Luftdurchlässigkeit eines genau definierten Zementbetts ermittelt. Es wird die Zeit gemessen, in der eine bestimmte Luftmenge das Zementbett durchströmt. Diese Zeit ist dann ein Maß für die spezifische Oberfläche, die in cm^2/g angegeben wird.

B Prüfvorschrift

DIN EN 196-6:2010-05 Prüfverfahren für Zement – Teil 6: Bestimmung der Mahlfineinheit

C Geräte und Hilfsmittel

Luftdurchlässigkeitsprüfgerät nach Blaine
Stoppuhr, 0,1 s bis 0,2 s genau
Analysenwaagen, Wiegebereich von
3 g auf 0,001 mg genau und
50 g bis 110 g auf 0,01 g genau
Filterpapierscheiben (Weißband)
Pyknometer
Referenzzement
Geschlossenes Gefäß, 1 l bis 2 l
Stab



Bild 3.1: Manuelles Luftdurchlässigkeitsgerät nach Blaine

D Durchführung

- 1 Temperatur des Prüfraums muss $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ und die relative Luftfeuchte nicht mehr als 65 % betragen, wobei der zu prüfende Zement und die Prüfgeräte mindestens 24 h bei dieser Temperatur zu lagern sind. Es darf kein Durchzug herrschen.
- 2 Den zu prüfenden Zement 2 min in geschlossenem Gefäß schütteln, um Agglomerate zu zerkleinern. Danach das Gefäß 2 min stehen lassen.
- 3 Zementprobe mit sauberem, trockenem Stab vorsichtig umrühren, um den Feinanteil gleichmäßig zu verteilen.
- 4 Dichte ρ des Zementes bestimmen, z.B. mit dem Pyknometer. Dichte aus zwei Bestimmungen auf $0,01 \text{ g/cm}^3$ angeben.
- 5 Berechnen der Zementeinwaage m_1 nach Gleichung 3.1, um Zementbett mit Porosität von $e = 0,500$ herzustellen:

$$m_1 = 0,500 \cdot \rho \cdot V \text{ [g]} \quad (3.1)$$

Hierin bedeuten:

m_1 Zementeinwaage in g

V Zementbettvolumen in cm^3

(wird im Regelfall vom Gerätehersteller angegeben, muss jedoch gegebenenfalls neu bestimmt werden)

ρ Dichte des Zements in g/cm^3

(entweder mit Annahmewerten rechnen oder Reindichte nach Pyknometerverfahren bestimmen)

Annahmewerte:

Portlandzement	(CEM I)	3,10 g/cm^3
Portlandkalksteinzement	(CEM II/L, LL)	3,05 g/cm^3
Portlandhüttenzement	(CEM II/S)	3,05 g/cm^3
Hochofenzement	(CEM III)	3,00 g/cm^3
Portlandpuzzolanzement	(CEM II/P, Q)	2,90 g/cm^3

e Porosität des Zementbetts in Volumenteilen

(wird zunächst immer mit 0,500 angenommen)

- 6 Errechnete Zementmenge auf 0,001 g genau abwiegen.
- 7 Durchlässigkeitszelle vom Gerät abnehmen (Bild 3.3). Filterpapierscheibe (1) auf Siebplatte (2) auflegen und mit Bleistiftende andrücken.
- 8 Abgewogene Zementmenge m_1 unter leichtem Anklopfen in Durchlässigkeitszelle (3) einfüllen.
- 9 Oberfläche des Zementbetts (4) ebnen und mit weiterer Filterpapierscheibe (1) abdecken.
- 10 Zementbett mittels Tauchkolben (5) unter leichtem Druck verdichten, bis Tauchkolben auf Zylinderrand aufliegt. Kolben langsam um 5 mm anheben und um 90° drehen und diesen wiederum vorsichtig aber fest auf das Zementbett drücken. Ist dies nur mit einem stärkeren Druck möglich oder fällt der Tauchkolben schon bei sehr leichtem Andruck auf den Anschlag, so muss Einwaage m_1 erniedrigt

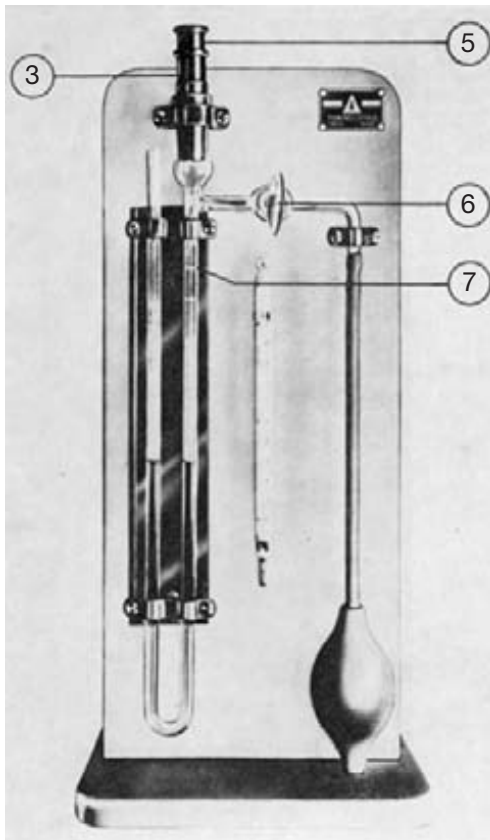


Bild 3.2: Prinzip des manuellen Luftdurchlässigkeitsgeräts nach Blaine

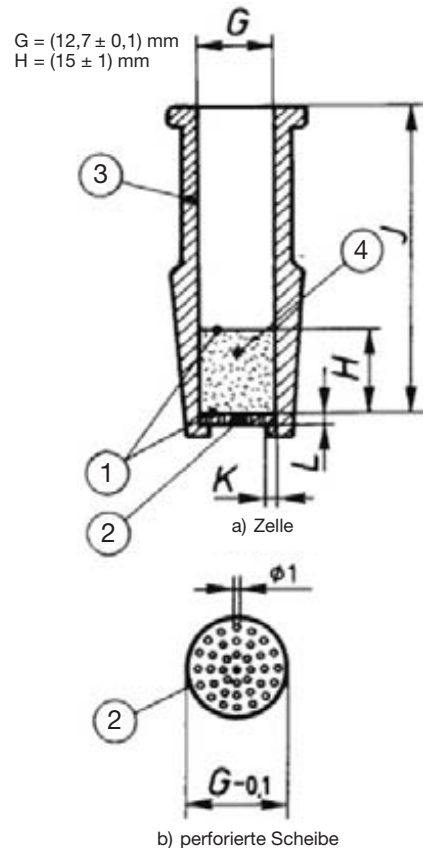


Bild 3.3: Durchlässigkeitszelle, Prinzip

bzw. erhöht werden. Die hiermit verbundene Änderung der Porosität e wird nach Gleichung 3.2 errechnet:

$$e = 1 - \frac{m_1}{V \cdot \rho} \quad (3.2)$$

- 11 Tauchkolben langsam herausziehen, Durchlässigkeitszelle luftdicht auf Gerät aufsetzen. Eventuell leichtes Schmierfett verwenden.
- 12 Oberes Ende des Zylinders mit Stopfen verschließen.
- 13 Mehrwegehahn (6) öffnen.
- 14 Manometerflüssigkeit blasenfrei bis zur obersten Markierung (7) ansaugen und Mehrwegehahn schließen.
- 15 Stopfen vom oberen Ende des Zylinders abnehmen. Manometerflüssigkeit beginnt zu sinken.

- 16 Mit Stoppuhr Zeit auf 0,1 s genau messen, die die Flüssigkeitssäule benötigt, um von der zweiten bis zur dritten Markierung zu gelangen.
- 17 Die Zeit wird auf $\pm 0,2$ s und die Temperatur auf 1 °C genau aufgezeichnet.
- 18 Versuch ein 2. Mal mit selbem Zementbett durchführen und Werte notieren.
- 19 Neues Zementbett aus dem gleichen Zement wie beschrieben herstellen und ebenfalls zwei Versuche durchführen und Werte notieren.
- 20 Mittelwert aus den vier ermittelten Zeiten errechnen, falls die Temperaturen im Bereich (20 ± 2) °C liegen.
- 21 Errechnen der spezifischen Oberfläche S nach Gleichung 3.3:

$$S = \frac{K \cdot \sqrt{e^3} \cdot \sqrt{t}}{\rho \cdot (1 - e) \cdot \sqrt{\eta} \cdot 0,1} \text{ [cm}^2\text{/g]} \quad (3.3)$$

Hierin bedeuten:

S Spezifische Oberfläche in cm²/g

K Gerätekonstante

(im Regelfall vom Hersteller angegeben, sonst nach DIN EN 196-6, ermitteln)

e Porosität des Zementbetts

t gestoppte Durchlaufzeit in s (siehe Tabelle 3.3)

ρ Dichte des Zements in g/cm³

η Viskosität der Luft bei Prüftemperaturen in (Pa · s) (siehe Tabelle 3.2)

Tabelle 3.1: Werte für die Porosität e, $(1 - e)$ und $\sqrt{e^3}$

e	1 - e	$\sqrt{e^3}$
0,45	0,55	0,302
0,46	0,54	0,312
0,47	0,53	0,322
0,48	0,52	0,333
0,49	0,51	0,343
0,50	0,50	0,354
0,51	0,49	0,364
0,52	0,48	0,375
0,53	0,47	0,386
0,54	0,46	0,397
0,55	0,45	0,408
0,56	0,44	0,419
0,57	0,43	0,430
0,58	0,42	0,442