

DIN EN 459-2**DIN**

ICS 91.100.10

Ersatz für
DIN EN 459-2:2002-02

**Baukalk –
Teil 2: Prüfverfahren;
Deutsche Fassung EN 459-2:2010**

Building lime –
Part 2: Test methods;
German version EN 459-2:2010

Chaux de construction –
Partie 2: Méthodes d'essai;
Version allemande EN 459-2:2010

Gesamtumfang 67 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 459-2:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 51 „Zement und Baukalke“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NBN (Belgien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-06-24 AA „Baukalk (Sp CEN/TC 51/WG 11)“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 459-2:2002-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) neue Gliederung des Abschnittes physikalische Prüfungen;
- b) chemische Prüfverfahren für CaO, MgO, CO₂ (Referenzverfahren), SO₃ und Glühverlust aufgenommen;
- c) Überarbeitung des Prüfverfahrens für den verfügbaren Kalkanteil und der physikalischen Prüfverfahren;
- d) Prüfverfahren für Korngrößenverteilung und Luftstrahlsiebung aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 1060: 1941-05, 1955-07, 1967-12

DIN 1060-2: 1982-11

DIN 1060-3:1983-11

DIN EN 459-2: 1995-03, 2002-02

Deutsche Fassung
**Baukalk —
Teil 2: Prüfverfahren**

Building lime —
Part 2: Test methods

Chaux de construction —
Partie 2: Méthodes d'essai

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 30. Juli 2010 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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Probenahme	5
3.1 Allgemeines	5
3.2 Probenahme von Feinstoffen	5
3.3 Probenahme von körnigem Material.....	5
3.4 Probenahme von Kalkteigen und Kalkmilch.....	5
3.5 Probenvorbereitung.....	6
4 Allgemeine Prüfanforderungen	7
4.1 Anzahl der Bestimmungen	7
4.2 Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit	7
4.3 Angabe von Massen, Volumina, Faktoren und Ergebnissen	7
4.4 Blindwertbestimmungen	7
4.5 Reagenzien	8
4.6 Bewertung der Prüfergebnisse	8
5 Chemische Analyse	9
5.1 Nassaufschluss mit Salzsäure	9
5.2 Bestimmung von Calciumoxid (CaO) und Magnesiumoxid (MgO).....	10
5.3 Bestimmung von Sulfat (ausgedrückt als SO ₃).....	13
5.4 Freies Wasser.....	14
5.5 Gravimetrische Bestimmung von Kohlenstoffdioxid (Referenzverfahren)	15
5.6 Volumetrische Bestimmung von Kohlenstoffdioxid (Alternativverfahren)	19
5.7 Glühverlust.....	22
5.8 Verfügbarer Kalk	23
6 Physikalische Prüfungen	25
6.1 Korngröße durch Siebung	25
6.2 Korngrößenverteilung durch Luftstrahlsiebung	26
6.3 Schüttdichte	28
6.4 Raumbeständigkeit.....	30
6.5 Erstarrungszeiten	36
6.6 Reaktionsfähigkeit	41
6.7 Ergiebigkeit	47
6.8 Normmörtel nach Massenanteilen und Wasseranspruch für Ausbreitmaß und Eindringmaß	48
6.9 Wasserrückhaltevermögen	54
6.10 Luftgehalt.....	57
6.11 Druckfestigkeit.....	58
Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel für die Ergebnisse der Siebung.....	62
Anhang B (informativ) Präzisionsdaten für die Prüfmethode.....	63
Literaturhinweise	65

Vorwort

Dieses Dokument (EN 459-2:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 51 „Zement und Baukalk“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NBN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2011, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2011 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 459-2:2001.

Gegenüber EN 459-2:2001 sind folgende Änderungen vorgenommen worden:

- Beschreibung der chemischen Verfahren für CaO, MgO, CO₂ gravimetrisch, SO₃ und Glühverlust;
- Korrekturen bei den Bestimmungen von freiem Wasser und verfügbarem Kalk;
- Beschreibung der Verfahren für die Korngrößenbestimmung;
- Beschreibung der Bestimmung der Erstarrungszeiten;
- Änderungen bei der Bestimmung der Festigkeit;
- redaktionelle Änderungen; geringfügige Fehler wurden korrigiert.

EN 459 *Baukalk* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*
- *Teil 2: Prüfverfahren*
- *Teil 3: Konformitätsbewertung*

Die bereits vorhandenen Normen der Reihe EN 196 bildeten die Grundlage für die Prüfung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften in EN 459-2. Zur Bestimmung der chemischen Eigenschaften von Baukalk sind Prüfverfahren der EN 12485 in dieser Europäischen Norm übernommen worden.

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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Ziel der Europäischen Norm für Baukalk ist die Übernahme so vieler europäisch genormter Verfahren wie möglich, bzw., falls dies nicht möglich ist, die Verwendung anderer geeigneter und überprüfter Verfahren.

Sofern nicht anders angegeben, sollte die Toleranzklasse m nach ISO 2768-1:1989 gelten. (In Zeichnungen ist der Hinweis „ISO 2768-m“ angegeben).

Alle Maße sind in Millimeter angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt Prüfverfahren für alle Baukalk, die in EN 459-1:2010 enthalten sind.

Diese Europäische Norm legt die Verfahren für die chemische Analyse und die Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Baukalken fest.

Diese Europäische Norm beschreibt Referenzprüfverfahren und in einigen Fällen Alternativprüfverfahren, die als gleichwertig angesehen werden können. Im Streitfall ist nur das Referenzverfahren maßgebend.

Werden andere Verfahren angewendet, so sind diese gegen die Referenzverfahren oder gegen international anerkannte Referenzmaterialien zu kalibrieren, um ihre Eignung nachzuweisen.

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 196-1:2005, *Prüfverfahren für Zement — Teil 1: Bestimmung der Festigkeit*

EN 196-3, *Prüfverfahren für Zement — Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit*

EN 196-7, *Prüfverfahren für Zement — Teil 7: Verfahren für die Probenahme und Probenauswahl von Zement*

EN 459-1:2010, *Baukalk — Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

EN 932-1, *Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 1: Probenahmeverfahren*

EN ISO 6506-1:2005, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1:2005)*

3 Probenahme

3.1 Allgemeines

Die Probenahme ist nach 3.2 bis 3.4 durchzuführen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Feuchte- und Kohlenstoffdioxidaufnahme so gering wie möglich zu halten ist. Daher müssen die Proben in luftdichten Verpackungen transportiert und gelagert werden, ebenso müssen alle Handhabungen schnellstmöglich durchgeführt werden.

3.2 Probenahme von Feinstoffen

Die Probenahme ist nach EN 196-7 durchzuführen.

3.3 Probenahme von körnigem Material

Die Probenahme ist nach EN 932-1 durchzuführen.

3.4 Probenahme von Kalkteigen und Kalkmilch

Die Größe der Stichprobe muss $(10 \pm 5) \text{ dm}^3$ betragen.

Bei der Probenahme von Kalkteig oder Kalkmilch sind die Zugriffsmengen gründlich zu mischen.

3.5 Probenvorbereitung

Vor Durchführung der Prüfung ist die Probe mit einem Probenteiler und/oder durch Vierteln auf eine Teilprobe zu reduzieren, um eine homogene Teilprobe mit einer für die vorgesehenen Bestimmungen geeigneten Masse zu erzielen. Kalkteig und Kalkmilch sind vor der chemischen Analyse zu trocknen (siehe 5.4.4.2).

Die Probenvorbereitung für die entsprechenden Prüfungen ist in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1 — Probenvorbereitung für die einzelnen Prüfungen

Prüfung	Abschnitt in dieser Norm	Art und Form des Baukalke	Probenvorbereitung
chemische Analyse	5	alle Baukalke	Die Probe körnigen Materials ist zu zerstoßen und zu mahlen. Alle Prüfungen sind an Material mit einer Feinheit von $\leq 0,2$ mm durchzuführen
Korngrößenverteilung durch Siebung	6.1 und 6.2	ungelöschter Kalk	Material im Anlieferungszustand
Korngrößenverteilung durch Luftstrahl-siebung	6.2	Kalkhydrat, Dolomitkalkhydrat, Kalk mit hydraulischen Eigenschaften	Material im Anlieferungszustand
Schüttdichte	6.3	alle Baukalke	siehe 6.3.2
Raumbeständigkeit	6.4.2.1 und 6.4.2.2	Kalkhydrat und Kalk mit hydraulischen Eigenschaften	Material im Anlieferungszustand
	6.4.2.3	Hydraulischer Kalk mit einem SO_3 -Anteil höher als 3 % und bis zu 7 %	Material im Anlieferungszustand
	6.4.3	Kalkhydrat, Kalkteig und Dolomitkalkhydrat	Material im Anlieferungszustand
	6.4.4	ungelöschter Kalk, Kalkteig, Dolomitkalk und Dolomitkalkhydrat	siehe 6.4.4.3.1
Erstarrungszeiten	6.5	Kalk mit hydraulischen Eigenschaften	Material im Anlieferungszustand
Reaktionsfähigkeit	6.6	ungelöschter Kalk	Die Prüfung ist an Material mit einer Feinheit von $\leq 0,2$ mm durchzuführen. Wenn 100 % des zu prüfenden Materials durch das 5-mm-Sieb durchgehen, kann das Produkt alternativ im Anlieferungszustand geprüft werden
Ergiebigkeit	6.7	ungelöschter Kalk	siehe 6.7.2
Mörtelprüfungen	6.8 bis 6.10	Kalkhydrat, Dolomitkalkhydrat, Kalk mit hydraulischen Eigenschaften	Material im Anlieferungszustand
Druckfestigkeit	6.11	Kalk mit hydraulischen Eigenschaften	Material im Anlieferungszustand

4 Allgemeine Prüfanforderungen

4.1 Anzahl der Bestimmungen

Bei der Analyse eines Baukalkes kann es erforderlich sein, mehrere chemische Eigenschaften zu bestimmen. Für jede Bestimmung sind eine oder mehrere Prüfungen durchzuführen; die Anzahl der Messungen wird im jeweiligen Abschnitt dieser Norm festgelegt.

Ist die Analyse Teil einer Prüfreihe, die der statistischen Kontrolle unterliegt, ist zur Bestimmung der einzelnen chemischen Eigenschaften mindestens eine Prüfung durchzuführen.

Ist die Analyse nicht Teil einer Prüfreihe, die der statistischen Kontrolle unterliegt, sind zur Bestimmung der einzelnen chemischen Eigenschaften jeweils zwei Prüfungen durchzuführen (siehe auch 4.3).

Im Streitfall sind zur Bestimmung der einzelnen chemischen Eigenschaften jeweils zwei Analysen durchzuführen (siehe auch 4.3).

4.2 Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit

Wiederholbarkeit — Genauigkeit unter Wiederholbarkeitsbedingungen, unter denen voneinander unabhängige Prüfergebnisse mit demselben Verfahren an gleichen Prüfkörpern (am gleichen Material) im selben Labor vom selben Prüfer und mit demselben Gerät innerhalb einer kurzen Zeitspanne erhalten werden.

Vergleichbarkeit — Genauigkeit unter Vergleichbarkeitsbedingungen, unter denen Prüfergebnisse mit demselben Verfahren an gleichen Prüfkörpern (am gleichen Material) in verschiedenen Prüflabors von verschiedenen Prüfern mit unterschiedlichen Geräten erhalten werden.

In diesem Dokument wird die Wiederholbarkeit als Wiederholstandardabweichung(en) und die Vergleichbarkeit als Vergleichstandardabweichung(en) angegeben (siehe Anhang B), z. B. in % oder Gramm absolut, je nach der geprüften Eigenschaft.

4.3 Angabe von Massen, Volumina, Faktoren und Ergebnissen

Massen sind in Gramm auf 0,001 g, mit Büretten abgemessene Volumina in Milliliter auf 0,05 ml anzugeben.

Als Faktoren eingestellter Lösungen gilt das Mittel aus drei Bestimmungen. Sie sind auf drei Dezimalstellen anzugeben.

Sofern ein einzelnes Prüfergebnis erhalten wurde, sind die Ergebnisse in %, in der Regel auf zwei Dezimalstellen anzugeben.

Sofern zwei Prüfergebnisse erhalten wurden, sind die Ergebnisse als Mittel der beiden Bestimmungen in %, in der Regel auf zwei Dezimalstellen anzugeben.

Weichen die Ergebnisse einer Doppelbestimmung um mehr als die zweifache Wiederholstandardabweichung voneinander ab, ist die Bestimmung zu wiederholen. Als Ergebnis gilt dann das Mittel aus den beiden Ergebnissen mit der geringsten Abweichung.

Die Ergebnisse aller Bestimmungen sind aufzuzeichnen.

4.4 Blindwertbestimmungen

Wo erforderlich, ist eine Blindwertbestimmung ohne Probe durchzuführen. Dabei ist das gleiche Verfahren und die gleiche Menge Reagenz zu verwenden. Die Ergebnisse der analytischen Bestimmung sind entsprechend zu korrigieren.

4.5 Reagenzien

Es sind für die Analyse nur Reagenzien der Qualität „zur Analyse“ zu verwenden. Unter „Wasser“ ist destilliertes oder entionisiertes Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit $\leq 0,5$ mS/m zu verstehen.

Sofern nicht anders angegeben, bedeutet „Prozent“ stets Massenanteil in Prozent.

Bei den in dieser Norm für die Reagenzien verwendeten konzentrierten Flüssigkeiten werden die Dichten ρ in g/ml bei 20 °C angegeben. Verdünnungen werden stets als Volumensumme angegeben. So bedeutet z. B. verdünnte Salzsäure 1+2, dass ein Volumenanteil konzentrierte Salzsäure mit zwei Volumenanteilen Wasser zu vermischen ist.

Die Gehalte von Maßlösungen werden als Stoffmengenkonzentration c (mol/l) angegeben.

4.6 Bewertung der Prüfergebnisse

4.6.1 Allgemeines

Die chemischen Anforderungen an Baukalk sind in EN 459-1:2010, Tabellen 2, 9, 16, 20 und 24 angegeben.

4.6.2 Prüfergebnisse bei ungelöschtem Kalk

Bei ungelöschten Kalken gelten die festgelegten Werte für das Endprodukt.

4.6.3 Prüfergebnisse bei allen anderen Typen

Für alle anderen Baukalkarten (Kalkhydrat, Kalkteig, Kalkmilch, Kalk mit hydraulischen Eigenschaften) gelten die Werte für das wasserfreie und kristallwasserfreie Produkt. Die Werte für Calcium- und Magnesiumoxid (5.2), Magnesiumoxid (5.2), Sulfat (5.3), und Kohlenstoffdioxid (5.5 oder 5.6), die durch Anwendung der in dieser Norm beschriebenen Verfahren erzielt werden, gelten für das Produkt ohne Abzug des Gehaltes an freiem Wasser bzw. an Kristallwasser. Um diese Werte mit EN 459-1:2010, Tabellen 2 oder 9, vergleichen zu können, sind sie vorher durch Multiplikation mit dem Faktor F zu korrigieren. Der Faktor F ist wie folgt zu berechnen:

Der Kohlenstoffdioxidgehalt ist nach 5.5 oder 5.6 zu bestimmen. Der Glühverlust ist nach 5.7 zu bestimmen. Der Glühverlust ist die Summe des freien Wassers, des Kristallwassers und des Kohlenstoffdioxids, vorausgesetzt, dass die Probe keine leichtflüchtigen Verbindungen oder oxidierbaren Bestandteile enthält. Der gesamte Wassergehalt (freies Wasser + Kristallwasser) W_T ist nach folgender Gleichung als Massenanteil der Probe in Prozent zu berechnen:

$$W_T = \text{Glühverlust (\%)} - \text{Kohlenstoffdioxidgehalt in Prozent} \quad (1)$$

Der Faktor F ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$F = 100 / (100 - W_T) \quad (2)$$

4.6.4 Prüfergebnisse für den verfügbaren Kalk

Die Werte für den verfügbaren Kalk, die durch Anwendung des in 5.8 beschriebenen Verfahrens erzielt werden, gelten entweder für verfügbares CaO in ungelöschtem Kalk oder für verfügbares Ca(OH)₂ in allen anderen Typen (Kalkhydrat, Kalkteig, Kalkmilch, Kalk mit hydraulischen Eigenschaften).

5 Chemische Analyse

5.1 Nassaufschluss mit Salzsäure

5.1.1 Allgemeines

Mit dem Nassaufschluss mit Salzsäure wird Baukalk zur Bestimmung von Calciumoxid und Magnesiumoxid in Lösung gebracht.

5.1.2 Kurzbeschreibung

Die Kalkprobe wird mit Salzsäure gekocht und filtriert. Das Filtrat wird bei pH 6 bis pH 7 der Fällung der Oxide des Eisens (III) und Aluminiums unterworfen. Nach erneutem Abfiltrieren wird das Filtrat in einen geeigneten Messkolben übergeführt.

5.1.3 Reagenzien

5.1.3.1 Salzsäure, ρ (HCl) = 1,16 g/ml bis 1,19 g/ml.

5.1.3.2 Wasserstoffperoxidlösung, c (H₂O₂) = 30 %.

5.1.3.3 Wasserstoffperoxidlösung, verdünnt, 1 + 9.

5.1.3.4 Ammoniumhydroxidlösung, c (NH₄OH) = 25 %.

5.1.3.5 Ammoniumhydroxidlösung, verdünnt, 1 + 9.

5.1.3.6 Ammoniumchlorid, NH₄Cl.

5.1.4 Geräte

5.1.4.1 Übliches Laborgerät.

5.1.4.2 Heizplatte.

5.1.4.3 Analysenwaage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

5.1.4.4 Magnetrührer mit Rührstäbchen, inert z. B. durch Bedeckung aus PTFE.

5.1.4.5 pH-Meter mit Glaselektrode, mit Fehlergrenzen von 0,05.

5.1.5 Durchführung

(1 ± 0,1) g der Probe werden auf 0,001 g gewogen (m_1), in ein 250-ml-Becherglas gegeben, mit 10 ml Wasser befeuchtet und dann nach und nach mit 30 ml Salzsäure (5.1.3.1) versetzt. Die Lösung wird mit Wasser auf etwa 100 ml aufgefüllt und 10 min gekocht. Nach dem Kochen wird sofort durch ein Faltenfilter (Porengröße etwa 2,5 µm) in ein 400-ml-Becherglas filtriert und der Rückstand mit heißem Wasser gut ausgewaschen.

Die Lösung wird mit etwa 4 g Ammoniumchlorid (5.1.3.6) und einigen Tropfen Wasserstoffperoxidlösung (5.1.3.3) versetzt. Dann wird mit etwa 150 ml Wasser verdünnt und zum Sieden erhitzt. Während des Kochens wird tropfenweise Ammoniumhydroxidlösung (5.1.3.4) zugesetzt, um bei pH 6 bis pH 7 Aluminium- und Eisenhydroxid sowie die lösliche Kieselsäure zu fällen.

Dann wird noch 3 min am Sieden gehalten und nach Absetzen des Niederschlags wird die Lösung sofort durch ein Faltenfilter (Porengröße etwa 2,5 µm) in einen 500-ml-Messkolben filtriert. Der Filtrerrückstand wird dreimal mit Ammoniumhydroxidlösung (5.1.3.5) und dreimal mit Wasser gewaschen. Nach Abkühlen des Filtrates auf Raumtemperatur wird der Messkolben mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt und der Kolbeninhalt gut durchgeschüttelt. Diese Lösung (V_1) dient für die weiteren chemischen Analysen.

5.2 Bestimmung von Calciumoxid (CaO) und Magnesiumoxid (MgO)

5.2.1 Allgemeines

Das Verfahren ist geeignet zur Bestimmung von Calciumoxid und Magnesiumoxid.

5.2.2 Kurzbeschreibung

In einem aliquoten Teil der Probenlösung wird zunächst Calciumoxid komplexitrimetrisch mit EDTA-Lösung bei $\text{pH} = 13$ bestimmt. Der Endpunkt wird durch den Farbumschlag eines calciumspezifischen Indikators angezeigt. Während der Titration reagieren zunächst die freien Calciumionen mit EDTA, anschließend die an den Indikator gebundenen; dieser schlägt dabei scharf von weinrot nach blau um.

In gleicher Weise wird bei $\text{pH} = 10$ die Summe Calciumoxid + Magnesiumoxid ($\Sigma \text{CaO} + \text{MgO}$) mit EDTA als Titrationsmittel und Eriochromschwarz T als Indikator bestimmt. Während der Titration reagieren zunächst die freien Calcium- und Magnesiumionen mit EDTA, anschließend die an den Indikator gebundenen; dieser schlägt dabei von rot nach blau um. Der Magnesiumgehalt $c(\text{MgO})$ ergibt sich aus der Differenz der Stoffmengenkonzentrationen $c(\text{CaO} + \text{MgO})$ und $c(\text{CaO})$.

5.2.3 Reagenzien

5.2.3.1 Salzsäure, $\rho(\text{HCl}) = 1,16 \text{ g/ml}$ bis $1,19 \text{ g/ml}$.

5.2.3.2 Salzsäure, verdünnt, 1 + 1.

5.2.3.3 Triethanolamin, $c[\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_3] = 99 \%$.

5.2.3.4 Triethanolaminlösung, verdünnt, 1 + 1.

5.2.3.5 Natriumhydroxidlösung, $c(\text{NaOH}) = 4 \text{ mol/l}$.

5.2.3.6 Ammoniumhydroxidlösung, $c(\text{NH}_4\text{OH}) = 25 \%$.

5.2.3.7 Ammoniumchlorid, NH_4Cl .

5.2.3.8 Ethylendiamintetraessigsäure-dinatriumsalz-Dihydrat ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), (EDTA), vor der Einwaage bei $80 \text{ }^\circ\text{C}$ bis zur Massenkonstanz getrocknet.

5.2.3.9 Calciumcarbonat, $c(\text{CaCO}_3) = 99,9 \%$ (bei $(200 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ getrocknet).

5.2.3.10 Pufferlösung

70 g Ammoniumchlorid (5.2.3.7) werden mit 570 ml Ammoniumhydroxidlösung (5.2.3.6) im 1 000 ml-Messkolben mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt.

5.2.3.11 EDTA-Lösung, $c(\text{EDTA}) = 0,04 \text{ mol/l}$.

a) Herstellung

14,89 g EDTA (5.2.3.8) werden in Wasser zu 1 000 ml gelöst.

b) Einstellen der EDTA-Lösung.

In einen 400-ml-Becher werden 50 ml der Calciumionen-Bezugslösung (5.2.3.12) pipettiert und mit 100 ml Wasser verdünnt. Der pH-Wert dieser Lösung wird unter Verwendung eines pH-Messgerätes mit Natriumhydroxidlösung (5.2.3.5) auf einen pH von $(12,5 \pm 0,5)$ eingestellt. Nach Zugabe von 0,1 g Calconcarbonsäure-Indikator (5.2.3.13) wird mit der einzustellenden EDTA-Lösung bis zum Farbumschlag nach blau titriert.

Der Faktor c der EDTA-Lösung wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$c = \frac{50 \times m_2}{100,09 \times 0,04 \times V_2} = \frac{12,489 \times m_2}{V_2} \quad (3)$$

Dabei ist

m_2 die Einwaage an Calciumcarbonat bei der Herstellung der Calciumionen-Bezugslösung, in Gramm;

V_2 der Verbrauch an EDTA-Lösung bei der Titration, in Milliliter.

5.2.3.12 Calciumionen-Bezugslösung, $c(\text{Ca}^{2+}) = 0,01 \text{ mol/l}$

$(1 \pm 0,002)$ g Calciumcarbonat (5.2.3.9) (m_2) wird zusammen mit etwa 100 ml Wasser in einen 400-ml-Becher gegeben. Der Becher wird mit einem Uhrglas abgedeckt und mit etwa 10 ml Salzsäure (5.2.3.2) vorsichtig versetzt. Nachdem das Calciumcarbonat vollständig gelöst worden ist, wird das Kohlenstoffdioxid verkocht. Nach Abkühlen der Lösung auf Raumtemperatur wird in einem Messkolben auf 1 000 ml aufgefüllt.

5.2.3.13 Calconcarbonsäure-Indikator

0,2 g Calconcarbonsäure werden mit 20 g wasserfreiem Natriumsulfat in einer Reibschale intensiv vermahlen.

5.2.3.14 Eriochromschwarz T-Indikator

1 g Eriochromschwarz T wird mit 100 g Natriumchlorid in einer Reibschale intensiv vermahlen.

5.2.4 Geräte

5.2.4.1 Übliches Laborgerät.

5.2.4.2 Magnetrührer mit Rührstäbchen.

5.2.4.3 pH-Meter mit Glaselektrode, mit Fehlergrenzen von 0,05.

5.2.5 Durchführung

5.2.5.1 Bestimmung von CaO

Zur Bestimmung des Calciumoxidgehaltes werden 25 ml (V_3) aus der nach 5.1.5 hergestellten Lösung in einem 400-ml-Becher mit etwa 150 ml Wasser verdünnt und mit 5 ml Triethanolaminlösung (5.2.3.4) versetzt.

Der pH-Wert dieser Lösung wird unter Verwendung eines pH-Meters mit Natriumhydroxidlösung (5.2.3.5) auf $(12,5 \pm 0,5)$ eingestellt. Nach Zugabe von 0,1 g Calconcarbonsäure-Indikators (5.2.3.13) wird unter ständigem Rühren mit Hilfe eines Magnetrührers mit der EDTA-Lösung bis zum Farbumschlag von weinrot nach blau titriert. Das Volumen (V_4) der Zugabemenge an EDTA-Lösung ist aufzuzeichnen. Bei der Titration darf der pH-Wert 12,0 nicht unterschritten werden.

5.2.5.2 Summenbestimmung von (CaO + MgO)

In einem 400-ml-Becher werden etwa 150 ml Wasser und 25 ml (V_5) aus der nach 5.1.5 hergestellten Lösung vorgelegt. Nach Zugabe von 5 ml Triethanolaminlösung (5.2.3.4) wird der pH-Wert dieser Lösung unter Verwendung eines pH-Messgerätes mit Pufferlösung (5.2.3.10) auf $(10,5 \pm 0,5)$ eingestellt. Dann werden etwa 90 % der bei der Calciumoxidtitration nach 5.2.5.1 verbrauchten Menge an EDTA-Lösung zugegeben. Nach Zusatz von 0,1 g Eriochromschwarz T-Indikator (5.2.3.14) wird die Lösung bis zum Umschlag von rot nach blaugrün titriert. Das Gesamtvolumen (V_6) der Zugabemenge an EDTA-Lösung ist aufzuzeichnen.

5.2.6 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Gehalt der Probe an Calciumoxid, ausgedrückt als Massenanteil CaO in Prozent, wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{CaO} = \frac{V_1 \times 0,04 \times 56,08 \times c \times V_4 \times 100}{V_3 \times 1\,000 \times m_1} \quad (4)$$

Dabei ist

- V_1 das Volumen der Aufschlusslösung (5.1.5), in Milliliter;
- V_3 das Aliquot der Aufschlusslösung V_1 zur Titration nach 5.2.5.1, in Milliliter;
- V_4 der Verbrauch an EDTA-Lösung für die CaO-Bestimmung nach 5.2.5.1, in Milliliter
- c der Faktor der EDTA-Lösung nach 5.2.3.11;
- m_1 die Masse der Probe nach 5.1.5, in Gramm.

Der Gehalt der Probe an Magnesiumoxid, ausgedrückt als Massenanteil MgO in Prozent, wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{MgO} = \frac{V_1 \times 0,04 \times 40,311 \times c \cdot (V_6 - V_4) \times 100}{V_5 \times 1\,000 \times m_1} \quad (5)$$

Dabei ist

- V_1 das Volumen der Aufschlusslösung (5.1.5), in Milliliter;
- V_5 das Aliquot der Aufschlusslösung V_1 zur Titration nach 5.2.5.2, in Milliliter;
- V_4 der Verbrauch an EDTA-Lösung für die CaO-Bestimmung nach 5.2.5.1, in Milliliter;
- V_6 der Verbrauch an EDTA-Lösung für die Bestimmung der Summe (CaO + MgO) nach 5.2.5.2, in Milliliter;
- c der Faktor der EDTA-Lösung nach 5.2.3.11;
- m_1 die Masse der Probe nach 5.1.5, in Gramm.

5.3 Bestimmung von Sulfat (ausgedrückt als SO_3)

5.3.1 Allgemeines

Das Verfahren dient zur Bestimmung des Sulfatgehaltes in Baukalk.

5.3.2 Kurzbeschreibung

Die in der Kalkprobe vorliegenden Sulfatverbindungen werden in Salzsäure gelöst. Der pH-Wert wird auf $\text{pH} = 1$ bis $\text{pH} = 1,5$ eingestellt, um eine Fällung der Oxide von Eisen und Aluminium zu verhindern. Der Sulfatgehalt wird gravimetrisch nach Fällung von schwerlöslichem Bariumsulfat mit einer Bariumchloridlösung in der Siedehitze ermittelt.

5.3.3 Reagenzien

5.3.3.1 Salzsäure, $\rho(\text{HCl}) = 1,16 \text{ g/ml}$ bis $1,19 \text{ g/ml}$.

5.3.3.2 Salzsäure, verdünnt, 1 + 1.

5.3.3.3 Salzsäure, verdünnt, 1 + 50.

5.3.3.4 Salpetersäure, $\rho(\text{HNO}_3) = 1,40 \text{ g/ml}$ bis $1,42 \text{ g/ml}$.

5.3.3.5 Ammoniumhydroxidlösung, $c(\text{NH}_4\text{OH}) = 25 \%$.

5.3.3.6 Ammoniumhydroxidlösung, verdünnt, 1 + 16.

5.3.3.7 Bariumchlorid, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

5.3.3.8 Bariumchloridlösung

120 g Bariumchlorid werden in Wasser zu 1 000 ml gelöst.

5.3.3.9 Silbernitrat, AgNO_3 .

5.3.3.10 Silbernitratlösung

5 g Silbernitrat (5.3.3.9) werden in Wasser gelöst, mit 10 ml Salpetersäure (5.3.3.4) versetzt und mit Wasser zu 1 000 ml verdünnt.

5.3.4 Geräte

5.3.4.1 Übliches Laborgerät.

5.3.4.2 Analysenwaage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

5.3.4.3 Heizplatte oder Sandbad.

5.3.4.4 Muffelofen.

5.3.5 Durchführung

Von dem Probegut werden $(1 \pm 0,1) \text{ g}$ auf $0,001 \text{ g}$ (m_3) in einen 250-ml-Becher eingewogen, mit 90 ml kaltem Wasser und unter kräftigem Rühren mit 10 ml Salzsäure (5.3.3.1) versetzt. Die Lösung wird vorsichtig im Abzug auf einer Heizplatte oder einem Sandbad bis knapp unter den Siedepunkt erhitzt und etwa 15 min bei dieser Temperatur belassen. Durch ein feinporiges Filter (Porengröße etwa $2 \mu\text{m}$, Ascheanteil $< 0,01 \%$) wird in ein 400-ml-Becherglas filtriert. Der Rückstand wird mehrmals mit kleinen Mengen heißer, verdünnter Salzsäure (5.3.3.3) ausgewaschen.

Das Filtrat wird mit Wasser auf etwa 250 ml verdünnt; gegebenenfalls wird sie mit Salzsäure (5.3.3.2) oder Ammoniumhydroxidlösung (5.3.3.6) auf einen pH-Wert von 1 eingestellt. Die Lösung wird 5 min gekocht. Der siedenden Lösung werden unter ständigem Rühren tropfenweise 10 ml heiße Bariumchloridlösung (5.3.3.8) zugesetzt. Die Lösung wird weitere 15 min am Sieden gehalten, damit sich der Niederschlag gut ausbilden kann. Anschließend wird im Fällungsgefäß auf einer etwa 60 °C warmen Heizplatte über Nacht stehen gelassen. Dabei ist sicherzustellen, dass die Lösung nicht eindampft.

Der Niederschlag wird durch ein feinporiges Filter filtriert (Porengröße etwa 2 µm, Ascheanteil < 0,01 %) und mit siedendem Wasser chloridfrei gewaschen. Hierzu wird mit Silbernitratlösung (5.3.3.10) geprüft (siehe unten). Nach dem Waschen des Niederschlags wird der Ablauf des Trichters mit einigen Wassertropfen abgespült. Filter und Inhalt werden mit einigen Millilitern Wasser gewaschen, die in einem Reagenzglas aufgefangen und mit einigen Tropfen Silbernitratlösung versetzt werden. Tritt keine Trübung und kein Niederschlag in der Lösung auf, ist kein Chlorid vorhanden. Anderenfalls ist der Waschvorgang zu wiederholen, bis die Prüfung mit Silbernitrat negativ ist.

Anschließend wird das Filter mit Rückstand in einen Platintiegel überführt und bei (925 ± 25) °C im Muffelofen bis zur Massenkonstanz geglüht. Im Allgemeinen reicht eine Glühdauer von 15 min aus, um die Massenkonstanz zu erreichen. Die Masse ist aufzuzeichnen (m_4).

5.3.6 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Gehalt an Sulfat, ausgedrückt als Massenanteil SO₃ in Prozent, wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{SO}_3 = \frac{0,343 \times m_4 \times 100}{m_3} = \frac{34,3 \times m_4}{m_3} \quad (6)$$

Dabei ist

m_4 die Auswaage an BaSO₄, in Gramm;

m_3 die Masse der Probe, in Gramm.

5.4 Freies Wasser

5.4.1 Allgemeines

Das Verfahren beschreibt die Bestimmung von freiem Wasser in Baukalk. Bei Kalkhydrat oder Kalk mit hydraulischen Eigenschaften ist darunter die dem Produkt anhaftende Feuchte, bei Kalkmilch oder Kalkteig der Wassergehalt der Suspension zu verstehen.

5.4.2 Kurzbeschreibung

Beim Erhitzen einer Probe von Kalkhydrat oder Kalk mit hydraulischen Eigenschaften auf (105 ± 5) °C oder von Kalkmilch oder Kalkteig auf (150 ± 5) °C, wird das freie Wasser ausgetrieben. Der Massenverlust bei dieser Temperatur wird bei Kalkhydrat und Kalk mit hydraulischen Eigenschaften als freies Wasser bezeichnet, bei Kalkmilch oder Kalkteig als der Massenanteil Wasser in der Suspension.

5.4.3 Geräte

5.4.3.1 Übliches Laborgerät

5.4.3.2 Trockenschrank, auf (105 ± 5) °C oder (150 ± 5) °C einstellbar (Alternativgerät 1).

5.4.3.3 Automatische Feuchtwage, einstellbar zwischen $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ und $(150 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (Alternativgerät 2).

5.4.3.4 Analysenwaage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

5.4.3.5 Exsikkator mit Trocknungsmittel.

5.4.3.6 Unglasierter Porzellantiegel mit Deckel.

5.4.3.7 Pipette.

5.4.4 Durchführung

5.4.4.1 Kalkhydrat und Kalk mit hydraulischen Eigenschaften

Von der Probe im Anlieferungszustand werden zwischen $(5 \pm 0,1)$ g und $(10 \pm 0,1)$ g auf 0,001 g (m_5) in einen Tiegel eingewogen. Die Probe wird entweder im Trockenschrank (5.4.3.2) oder mit der Feuchtwage (5.4.3.3) bis zur Massenkonstanz getrocknet. Bei Verwendung des Ofens ist die Trockenzeit auf etwa 2 h zu begrenzen. Nach Herausnahme aus dem Trockenschrank ist der Tiegel mit dem Deckel zu verschließen, um eine Aufnahme von Kohlenstoffdioxid und Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft zu verhindern. Nach dem Abkühlen im Exsikkator auf Raumtemperatur wird die Massenabnahme ermittelt.

5.4.4.2 Kalkmilch und Kalkteig

Die Suspension wird vor der Entnahme eines Probenaliquotes durch Schütteln homogenisiert. Mit Hilfe einer Pipette werden etwa 20 g entnommen und auf 0,001 g in ein Glasgefäß eingewogen. Die Probe wird entweder im Trockenschrank (5.4.3.2) oder auf der Feuchtwage (5.4.3.3) bis zur Massenkonstanz getrocknet. Nach Herausnahme aus dem Trockenschrank ist der Tiegel mit dem Deckel zu verschließen, um eine Aufnahme von Kohlenstoffdioxid und Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft zu verhindern. Nach dem Abkühlen im Exsikkator auf Raumtemperatur wird die Massenabnahme ermittelt.

5.4.5 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Gehalt an freiem Wasser ist als Massenanteil H_2O in Prozent nach folgender Gleichung gegeben:

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{(m_5 - m_6)}{m_5} \times 100 \quad (7)$$

Dabei ist

m_5 die Masse der Probe vor dem Erwärmen, in Gramm;

m_6 die Masse der Probe nach dem Erwärmen, in Gramm.

5.5 Gravimetrische Bestimmung von Kohlenstoffdioxid (Referenzverfahren)

5.5.1 Kurzbeschreibung

Die Probe wird mit Phosphorsäure behandelt, um das vorhandene Carbonat aufzuschließen. Das freiwerdende Kohlenstoffdioxid wird mit einem kohlenstoffdioxidfreien Gas- oder Luftstrom über eine Reihe von Absorptionsrohren geleitet. In den beiden ersten Absorptionsrohren werden Schwefelwasserstoff und Wasser abgetrennt, in den nachgeschalteten Rohren wird das Kohlenstoffdioxid absorbiert. Zwei Absorptionsrohre, die jeweils ein grobkörniges Absorptionsmittel für das Kohlenstoffdioxid und getrocknetes Magnesiumperchlorat zur Aufnahme des bei der Absorption entstehenden Wassers enthalten, werden gewogen, um die Masse des freigesetzten Kohlenstoffdioxids zu bestimmen.

5.5.2 Reagenzien

- 5.5.2.1 **Schwefelsäure**, H_2SO_4 , konzentriert, > 98 %.
- 5.5.2.2 **Phosphorsäure**, $\rho(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,71 \text{ g/ml}$ bis $1,75 \text{ g/ml}$.
- 5.5.2.3 **Kupfer(II)sulfat** ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
- 5.5.2.4 **Gesättigte wässrige Kupfersulfat(II)-Lösung**.
- 5.5.2.5 **Absorptionsmittel für Schwefelwasserstoff**

Eine gewogene Menge trockenen Bimssteins mit einer Korngröße zwischen 1,2 mm und 2,4 mm wird in eine flache Schale gegeben und mit einem Volumen gesättigter Kupfersulfatlösung (5.5.2.4) bedeckt, so dass die Masse der Kupfersulfatlösung etwa der halben Masse des Bimssteins entspricht. Die Mischung wird unter häufigem Rühren mit einem Glasstab zur Trockne eingedampft. Der Inhalt der Schale wird mindestens 5 h in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von $(150 \pm 5)^\circ\text{C}$ getrocknet. Das feste Gemisch wird in einem Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt und in einer luftdichten Flasche aufbewahrt.

5.5.2.6 Absorptionsmittel für Wasser

Getrocknetes Magnesiumperchlorat ($\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$) mit einer Korngröße zwischen 0,6 mm und 1,2 mm.

5.5.2.7 Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid

Synthetische, mit Natriumhydroxid (NaOH) imprägnierte Silicate mit einer Korngröße zwischen 0,6 mm und 1,2 mm.

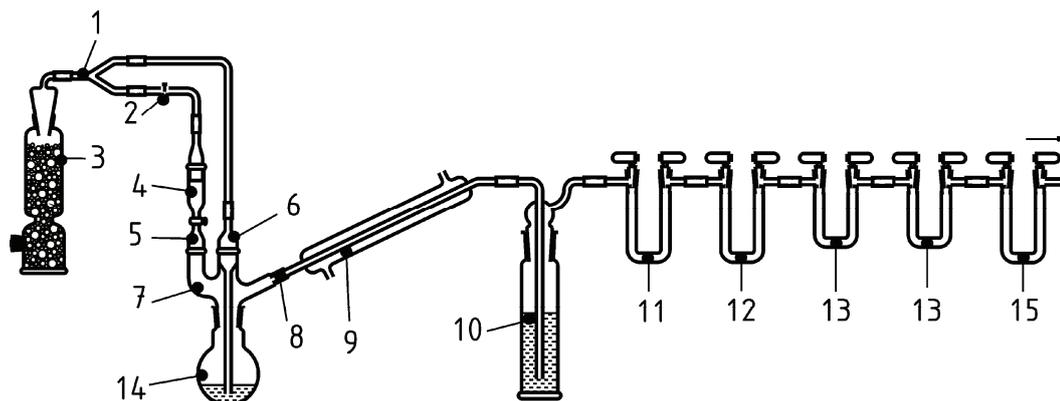
ANMERKUNG Dieses Absorptionsmittel kann gebrauchsfertig bezogen werden.

5.5.3 Geräte

- 5.5.3.1 **Analysenwaage**, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.
- 5.5.3.2 **Gerät für die Bestimmung von Kohlenstoffdioxid** (Referenzverfahren)

Bild 1 zeigt ein typisches Gerät, das entweder mit einem zylindrischen Druckbehälter, einer kleinen elektrischen Pumpe oder mit einer passenden Ansaugvorrichtung versehen sein kann, die für einen gleichmäßigen Gas- bzw. Luftstrom sorgt. Das in das Gerät eintretende Gas (Luft oder Stickstoff) wird zuvor von Kohlenstoffdioxid befreit, indem es zunächst durch ein Absorptionsrohr oder einen Trockenturm geleitet wird, in dem sich das Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) befindet. Das Gerät besteht aus einem 100-ml-Destillationskolben (14) mit dreiarbigem Aufsatz. Anschluss (5) ist mit einem Tropftrichter (4) verbunden, Anschluss (6) mit einem Verbindungsrohr und Anschluss (8) mit einem Wasserkühler. Der Trichter und das Verbindungsrohr sind durch ein Y-Stück (1) miteinander verbunden, wobei das CO_2 -freie Gas durch die Verwendung einer Mohr'schen Schelle (2) entweder durch das Verbindungsrohr oder durch den Trichter strömen kann.

Nach dem Kühler (9) wird das Gas durch konzentrierte Schwefelsäure (5.5.2.1) (10), dann durch Absorptionsrohre, die Absorptionsmittel für Schwefelwasserstoff (5.5.2.5) (11) und für Wasser (5.5.2.6) (12) enthalten, und danach durch zwei wägbare Absorptionsrohre (13) geleitet, die je zu drei Vierteln mit dem Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) und zu einem Viertel mit dem Absorptionsmittel für Wasser (5.5.2.6) gefüllt sind. Das Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) wird in Bezug auf den Gasstrom vor das Absorptionsmittel für Wasser (5.5.2.6) gefüllt. Dem Absorptionsrohr (13) wird ein zusätzliches Absorptionsrohr (15) nachgeschaltet, das ebenfalls die Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) und Wasser (5.5.2.6) enthält, um das Absorptionsrohr (13) vor dem Zutritt von Kohlenstoffdioxid und Wasser aus der Luft zu schützen.



Legende

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | Y-Stück | 11 | Absorptionsrohr mit Absorptionsmittel für Schwefelwasserstoff (5.5.2.5) |
| 2 | Mohr'sche Schelle | 12 | Absorptionsrohr mit Absorptionsmittel für Wasser (5.5.2.6) |
| 3 | Absorptionsturm mit Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) | 13 | Absorptionsrohre mit Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) und Wasser (5.5.2.6) |
| 4 | Tropftrichter | 14 | 100-ml-Destillationskolben |
| 5 | Anschluss des Tropftrichters | 15 | Absorptionsrohr mit Absorptionsmittel für Kohlenstoffdioxid (5.5.2.7) und Wasser (5.5.2.6) |
| 6 | Anschluss des Verbindungsrohres | | |
| 7 | dreiarmliger Aufsatz | | |
| 8 | Anschluss des Wasserkühlers | | |
| 9 | Kühler | | |
| 10 | Waschflasche mit konzentriertem Schwefelwasserstoff (5.5.2.1) | | |

Bild 1 — Beispiel für ein Gerät zur Bestimmung des Kohlenstoffdioxidanteils (Referenzverfahren)

Die zu wägenden Absorptionsrohre (13) können z. B. folgende Abmessungen haben:

- | | | |
|----|--|---------|
| a) | Abstand der Außenseiten der Rohrschenkel | 45 mm; |
| b) | Innendurchmesser | 20 mm; |
| c) | Abstand zwischen dem unteren Teil des Rohrs und dem oberen Teil des Schliffs | 75 mm; |
| d) | Dicke der Rohrwand | 1,5 mm. |

5.5.4 Durchführung

Die Einwaage der Baukalkprobe richtet sich nach dem zu erwartenden CO₂-Anteil und ist etwa wie folgt zu wählen:

- | | | | | |
|----|-------|----------|-------------------|---------|
| a) | 2 g | bei 0 % | ≤ CO ₂ | ≤ 2 %; |
| b) | 1 g | bei 2 % | < CO ₂ | ≤ 5 %; |
| c) | 0,5 g | bei 5 % | < CO ₂ | ≤ 10 %; |
| d) | 0,3 g | bei 10 % | < CO ₂ | ≤ 15 %; |
| e) | 0,2 g | bei 15 % | < CO ₂ | ≤ 40 %; |
| f) | 0,1 g | bei 40 % | < CO ₂ | ≤ 50 %. |

In einen trockenen 100-ml-Destillationskolben wird die Probe (m_7) auf 0,001 g eingewogen. Der Kolben wird, wie in Bild 1 dargestellt, mit dem Gerät, jedoch ohne die beiden Absorptionsrohre (13) verbunden. Mit dem Verbindungsrohr an Anschluss (6) (Abzweig (5), Mohr'sche Schelle geschlossen) wird ein CO₂-freier Gasstrom mit etwa drei Blasen je Sekunde (Blasenzähler) 15 Minuten durch das Gerät geleitet. Die Mohr'sche Schelle wird gelöst und die Gaszuleitung vom Trichter (4) abgenommen. 30 ml konzentrierte Phosphorsäure (5.5.2.2) werden in den Tropftrichter gefüllt und die Gaszuleitung wird wieder am Trichter (4) befestigt.

Die verschlossenen Absorptionsrohre (13) werden 15 min im Wägeraum einer Waage zum Temperatúrausgleich aufbewahrt. Danach wird jedes Rohr gesondert gewogen. Der Gasstrom wird abgestellt und die Rohre werden, wie in Bild 1 dargestellt, am Gerät befestigt.

ANMERKUNG Die Rohre sollten mit Vorsicht behandelt werden, um zu verhindern, dass ihr Gewicht beeinflusst wird, und um Schäden oder Verletzungen zu vermeiden. Es wird empfohlen, bei diesem Vorgang Schutzhandschuhe zu tragen.

Danach wird der Gasstrom wieder angestellt. Nach 10 min werden die Absorptionsrohre (13) verschlossen, abgenommen, 15 min in den Wägeraum einer Waage gestellt und dann einzeln gewogen. Das Durchströmen, Abnehmen und Wiegen der Absorptionsrohre (13) wird so lange wiederholt, bis die Ergebnisse von zwei aufeinander folgenden Wägungen eines Rohres um nicht mehr als 0,000 5 g voneinander abweichen.

Sofern die Massenänderung der Absorptionsrohre (13) größer als 0,000 5 g bleibt, sind die Absorptionsmittel in den Rohren (11) und (12) zu erneuern.

Die gewogenen Absorptionsrohre (13) werden, wie in Bild 1 dargestellt, am Gerät befestigt. Der Trichterhahn wird geöffnet, und die Phosphorsäure (5.5.2.2) tropft in den Destillationskolben (14). Nachdem die Reaktion abgeklungen ist, wird der Inhalt des Destillationskolbens zum Sieden erhitzt und 5 min schwach siedend gehalten. Danach lässt man den Destillationskolben auf Raumtemperatur abkühlen, wobei der Gasstrom aufrechterhalten wird.

Die Absorptionsrohre (13) werden verschlossen, abgenommen und 15 min in den Wägeraum einer Waage gelegt. Danach wird jedes Rohr gesondert gewogen. Die Massenzunahme beider Rohre dient zur Berechnung des Anteils an Kohlenstoffdioxid.

Das Kohlenstoffdioxid wird nahezu vollständig im ersten Rohr (13) absorbiert. Übersteigt die Massenzunahme im zweiten Rohr (13) 0,000 5 g, so ist das Absorptionsmittel im ersten Rohr (13) zu erneuern, und die Prüfung ist noch einmal durchzuführen.

5.5.5 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Gehalt an Kohlenstoffdioxid ist als Massenanteil CO₂ in Prozent nach folgender Gleichung gegeben:

$$\text{CO}_2 = \frac{(m_8 + m_9)}{m_7} \times 100 \quad (8)$$

Dabei ist

- m_7 die Einwaage der Probe, in Gramm;
- m_8 die Massenzunahme des ersten Rohres (13) nach der Absorption, in Gramm;
- m_9 die Massenzunahme des zweiten Rohres (13) nach der Absorption, in Gramm.

5.6 Volumetrische Bestimmung von Kohlenstoffdioxid (Alternativverfahren)

5.6.1 Kurzbeschreibung

Das in Form von Carbonaten im Baukalk enthaltene Kohlenstoffdioxid wird mit Salzsäure freigesetzt und volumetrisch bestimmt.

5.6.2 Reagenzien

5.6.2.1 Salzsäure, $\rho(\text{HCl}) = 1,16 \text{ g/ml}$ bis $1,19 \text{ g/ml}$.

5.6.2.2 Salzsäure, verdünnt, 1 + 1.

5.6.2.3 Schwefelsäure, H_2SO_4 , konzentriert, > 98 %.

5.6.2.4 Kupfersulfat, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

5.6.2.5 Methylrot.

5.6.2.6 Methylrotlösung

0,2 g Methylrot (5.6.2.5) werden mit Wasser zu 100 ml gelöst.

5.6.2.7 Natriumsulfat, Na_2SO_4 .

5.6.2.8 Sperrflüssigkeit

20 g Natriumsulfat (5.6.2.7) und 5 ml Schwefelsäure (5.6.2.3) werden mit Wasser zu 100 ml verdünnt und mit einigen Tropfen Methylrotlösung angefärbt. Die Sperrflüssigkeit muss mit CO_2 gesättigt sein.

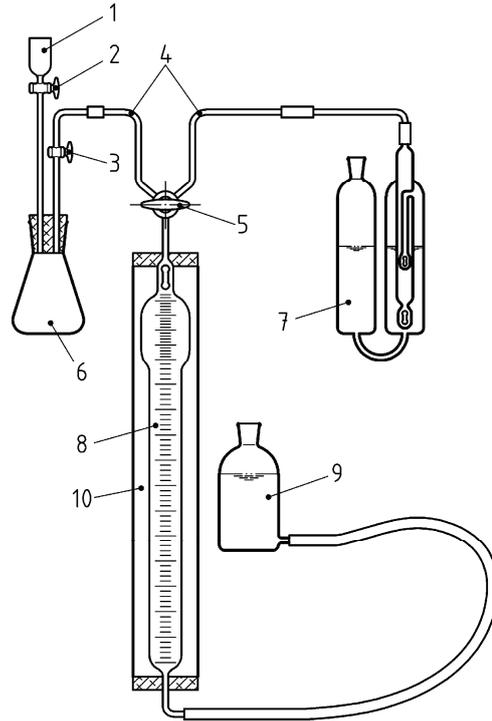
5.6.2.9 Kaliumhydroxidlösung, $c(\text{KOH}) = 50 \%$.

5.6.2.10 Calciumcarbonat, CaCO_3 , bei $(200 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ zur Massenkonzanz getrocknet.

5.6.3 Geräte

5.6.3.1 Analysenwaage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

5.6.3.2 Gerät für die Bestimmung von Kohlenstoffdioxid (Alternativverfahren):



Legende

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 Tropftrichter, Volumen 100 ml | 7 Absorptionsgefäß, Volumen 100 ml, mit Kaliumhydroxidlösung (5.6.2.9) |
| 2 Absperrhahn 1 | 8 Bürette, Volumen 100 ml |
| 3 Absperrhahn 2 | 9 Niveaugefäß, Volumen 500 ml, mit Sperrflüssigkeit (5.6.2.8) |
| 4 Kapillarrohre | 10 Mantelrohr mit Wasser gefüllt |
| 5 Dreiwegehahn | |
| 6 Zersetzungskolben, Volumen 50 ml | |

Bild 2 — Beispiel für ein Gerät zur Bestimmung des Kohlenstoffdioxidanteils (Alternativverfahren)

5.6.4 Durchführung

Die Einwaage der Baukalkprobe richtet sich nach dem zu erwartenden CO₂-Anteil und ist etwa wie folgt zu wählen:

- | | | | | |
|----|-------|----------|-------------------|---------|
| a) | 2 g | bei 0 % | ≤ CO ₂ | ≤ 2 %; |
| b) | 1 g | bei 2 % | < CO ₂ | ≤ 5 %; |
| c) | 0,5 g | bei 5 % | < CO ₂ | ≤ 10 %; |
| d) | 0,3 g | bei 10 % | < CO ₂ | ≤ 15 %; |
| e) | 0,2 g | bei 15 % | < CO ₂ | ≤ 40 %; |
| f) | 0,1 g | bei 40 % | < CO ₂ | ≤ 50 %. |

Die Probe ist auf 0,001 g (*m*₁₀) genau in den Zersetzungskolben einzuwiegen, eine Spatelspitze Kupfersulfat (5.6.2.4) zur Bindung von eventuell gebildetem Dihydrogensulfid hinzuzufügen und mit etwas Wasser aufzuschlämmen.

Der Kolben wird mit Hilfe des doppelt durchbohrten Stopfens an die Apparatur angeschlossen. Durch den Stopfen ist ein Trichter und das Zuleitungsrohr zur Messburette zu führen. Die in diesen beiden Leitungen befindlichen Absperrhähne sind zu öffnen. Der Dreiwegehahn ist in die Stellung zu bringen, in der er Kolben und Messburette miteinander verbindet. Durch Anheben der Niveauflasche ist die Burette bis zum Dreiwegehahn mit Sperrflüssigkeit (5.6.2.8) zu füllen. Der Absperrhahn 1 ist jetzt zu schließen und der Trichter mit verdünnter Salzsäure (5.6.2.2) zu füllen. Anschließend ist verdünnte Salzsäure (5.6.2.2) durch den Tropftrichter in den Kolben zu geben, bis dieser zur Hälfte gefüllt ist. Nach dem Schließen des Absperrhahns 1 verbleibt etwas Säure als Sperrflüssigkeit im Trichter.

Nachdem das Gemisch einige Minuten in der Kälte reagiert hat, muss es zum Sieden erhitzt werden und noch etwa 3 min gekocht werden. Dann ist der Kolben mit Hilfe des Tropftrichters vollständig bis zum Absperrhahn 2 mit verdünnter Salzsäure (5.6.2.2) zu füllen, um das restliche Gasgemisch in die Burette zu überführen. Dabei ist darauf zu achten, dass keine verdünnte Salzsäure mit hinüberfließt. Mit dem Dreiwegehahn ist die Burette zu schließen. Nach etwa 5 min ist die Sperrflüssigkeit in Burette und Niveauflasche auf gleiches Niveau zu bringen und das Gasvolumen V_7 ist abzulesen.

Durch das Drehen des Dreiwegehahns ist nun die Messburette mit dem Absorptionsgefäß zu verbinden und das aufgefangene Luft-CO₂-Gemisch auszuwaschen. Hierfür muss die Niveauflasche angehoben werden, so dass das Gas vollständig durch die im Absorptionsgefäß befindliche Kaliumhydroxidlösung (5.6.2.9) gedrückt wird. Hierbei wird CO₂ absorbiert. Der Absorptionsvorgang ist etwa siebenmal bis achtmal zu wiederholen, bis sich schließlich nur noch das Restgas in der Messburette befindet. Der Dreiwegehahn ist zu schließen, die Sperrflüssigkeit in Burette und Niveauflasche auf Niveausgleich zu bringen und das Volumen V_8 abzulesen.

Die Volumendifferenz ($V_7 - V_8$) entspricht dem Kohlenstoffdioxidanteil der Probe.

5.6.5 Kalibrierung des Gerätes

Es sind 0,1 g Calciumcarbonat (5.6.2.10) auf 0,001 g genau in den Zersetzungskolben einzuwiegen. Die Bestimmung ist nach 5.6.4 durchzuführen.

Die Volumendifferenz ($V_9 - V_{10}$) entspricht dem Kohlenstoffdioxidanteil der Kalibriersubstanz. Der Korrekturfaktor F_1 der Absorptionsapparatur ist nach folgender Beziehung zu berechnen, die sich durch Umformung der Gleichung (9) ergibt:

$$F_1 = \frac{82,96 \times T}{(V_9 - V_{10}) \times P} \quad (9)$$

Die Bedeutung der Formelzeichen entspricht den Angaben in 5.6.6.

Der Korrekturfaktor muss im Bereich von 1,00 bis 1,04 liegen, sonst muss die Apparatur auf Dichtigkeit und Funktion überprüft und die Kalibrierung wiederholt werden.

5.6.6 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Anteil an Kohlenstoffdioxid wird als Massenanteil an CO₂ in Prozent nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{CO}_2 = 0,053 F_1 \frac{(V_7 - V_8) \times P}{T \times m_{10}} \quad (10)$$

Dabei ist

- F_1 der Korrekturfaktor nach 5.6.5;
- V_7 das Volumen des Gases vor der Absorption, in Milliliter;
- V_8 das Volumen des Gases nach der Absorption, in Milliliter;
- P der korrigierte Barometerstand, in Pascal $\times 100$;
- T die Messtemperatur, in Kelvin;
- m_{10} die Einwaage, in Gramm.

Wenn Kalibrierung und Bestimmung unmittelbar hintereinander erfolgen, erübrigt sich die Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck. Die Gleichung (10) vereinfacht sich für diesen Fall zu:

$$\text{CO}_2 = \frac{4,397 (V_7 - V_8) \text{ Messung}}{(V_9 - V_{10}) \text{ Kalibrierung} \times m_{10}} \quad (11)$$

bei 0,1 g CaCO₃ Einwaage zur Kalibrierung.

5.7 Glühverlust

5.7.1 Allgemeines

Das Verfahren beschreibt die Bestimmung des Glühverlustes in Baukalk.

5.7.2 Kurzbeschreibung

Der Glühverlust in den entsprechenden Materialien wird bei (1 050 ± 25) °C ermittelt.

5.7.3 Geräte

5.7.3.1 Übliches Laborgerät.

5.7.3.2 Regelbarer Elektro-Ofen, mit thermoelektrischer Temperaturanzeige, zu betreiben bei (1 050 ± 25) °C.

5.7.3.3 Analysenwaage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

5.7.3.4 Exsikkator mit Trocknungsmittel.

5.7.3.5 Unglasierte Porzellan- oder Platintiegel.

5.7.4 Durchführung

5.7.4.1 Kalkhydrat und Kalk mit hydraulischen Eigenschaften

Von dem zu untersuchenden Material im Anlieferungszustand werden (5 ± 0,1) g in einen vorher gewogenen Tiegel auf 0,001 g (m_{11}) genau eingewogen. Die Probe wird im Ofen 2 h bei (1 050 ± 25) °C geglüht. Der Tiegel wird nach der Herausnahme aus dem Ofen abgedeckt, um eine Aufnahme von Kohlenstoffdioxid und Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft zu verhindern. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur im Exsikkator wird die Massenabnahme (m_{12}) ermittelt.

5.7.4.2 Kalkmilch und Kalkteig

Der Wasseranteil der Kalkmilch wird nach 5.4.4.2 ermittelt. An der so getrockneten Probe wird die Bestimmung entsprechend 5.7.4.1 vorgenommen.

5.7.5 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Glühverlust, angegeben als Massenanteil GV in Prozent, wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{GV} = \frac{(m_{11} - m_{12})}{m_{11}} \times 100 \quad (12)$$

Dabei ist

m_{11} die Masse der Probe vor dem Glühen bei (1 050 ± 25) °C, in Gramm;

m_{12} die Masse der Probe nach dem Glühen bei (1 050 ± 50) °C, in Gramm.

5.8 Verfügbarer Kalk

5.8.1 Allgemeines

Das Verfahren dient zur Bestimmung des verfügbaren Kalkanteils

- in Weißkalk in Form von ungelöschtem Kalk und Kalkhydrat;
- in Weißkalk in Form von Kalkmilch und Kalkteig (in der Trockensubstanz nach Trocknen entsprechend 5.4.4.2); und
- in allen Arten von Kalk mit hydraulischen Eigenschaften.

Die suspendierten Proben von Kalk mit hydraulischen Eigenschaften sind vor der Titration zu filtrieren.

Dieses Verfahren erfasst diejenigen Bestandteile der Kalkprobe, die unter den Bedingungen dieses spezifischen Verfahrens die Reaktion eingehen. Die Auswertung der Ergebnisse, die mit dem folgenden Verfahren erzielt werden, muss unter Beachtung dieser einschränkenden Definition vorgenommen werden.

5.8.2 Kurzbeschreibung

Die Probe wird in Wasser eingelöscht und dispergiert. Um ein Vergrießen des Calciumoxids beim Ablöschen zu vermeiden, das zu unvollständigem Suspendieren einer Probe ungelöschten Kalks führen kann, müssen solche Kalke erhitzt werden. Der Kalk wird durch die Reaktion mit Zucker als Calciumsaccharat in Lösung gebracht und wird anschließend durch Titration mit Salzsäure gegen Phenolphthalein als Indikator bestimmt.

5.8.3 Reagenzien

5.8.3.1 Salzsäure, Standardlösung, $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/l}$.

5.8.3.2 Natriumhydroxidlösung, $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/l}$.

5.8.3.3 Phenolphthalein-Indikatorlösung

0,5 g Phenolphthalein sind in 50 ml Ethanol (5.8.3.4) zu lösen und mit Wasser auf 100 ml zu verdünnen.

5.8.3.4 Ethanol, $\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,79 \text{ g/ml}$.

5.8.3.5 Wasser, frisch abgekocht zur Entfernung von CO_2 und auf Raumtemperatur abgekühlt.

5.8.3.6 Saccharose, Zucker raffiniert, handelsüblich.

5.8.3.7 Zuckerlösung

Eine Lösung von Zucker in CO_2 -freiem Wasser (5.8.3.5) (40 % *w/v*) in einem Becherglas wird mit einigen Tropfen Phenolphthalein-Indikatorlösung versetzt. Unter Rühren wird NaOH-Lösung (5.8.3.2) zugetropft bis eine schwache Rosafärbung verbleibt. Eine Zucker-Standardlösung darf nur zum sofortigen Gebrauch hergestellt werden und darf nicht länger als zwei Tage aufbewahrt werden. Alternativ kann die Acidität einer jeden einzelnen Zuckermenge bestimmt und als Korrekturfaktor verwendet werden.

5.8.4 Geräte

5.8.4.1 Übliches Laborgerät.

5.8.4.2 Analysenwaage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

5.8.4.3 Heizbarer Magnetrührer mit Rührstäbchen.

5.8.4.4 Kühlbad.

5.8.4.5 Büchnertrichter.

5.8.4.6 **Bürette**, 50 ml.

5.8.5 Durchführung

5.8.5.1 Ungelöschter Kalk

(1 ± 0,1) g ungelöschter Kalk (m_{13}) werden auf 0,001 g abgewogen und sofort in einen 500-ml-Erlenmeyerkolben eingerührt, in dem etwa 100 ml Wasser vorgelegt sind. Der Kolben wird mit einem Uhrglas abgedeckt, der Inhalt wird unter Rühren auf dem heizbaren Magnetrührer zum Sieden gebracht. Nach einer Siedezeit von 5 min wird die Wandung des Erlenmeyerkolbens mit etwa 50 ml Wasser abgespritzt. Nach Entfernen von der Heizplatte wird der Kolben lose abgedeckt und zum Abkühlen auf Raumtemperatur in ein Kühlbad gestellt.

5.8.5.2 Alle anderen Produkte

(1,3 ± 0,1) g Kalkhydrat, Kalkmilch, Kalkteig oder Kalk mit hydraulischen Eigenschaften (m_{14}) werden auf 0,001 g abgewogen und sofort in einen 500-ml-Erlenmeyerkolben eingerührt, in dem etwa 150 ml Wasser vorgelegt sind.

5.8.6 Zuckerextraktion

50 ml der neutralen Zuckerlösung (oder, alternativ, etwa 20 g raffinierten Zuckers und 40 ml Wasser) werden zugegeben. Der Kolben ist zu verschließen und für eine Reaktionszeit von (10 ± 2) min zu schütteln.

5.8.7 Messung der Calciumkalke

Der Stopfen wird entfernt, vier bis fünf Tropfen der Phenolphthalein-Indikatorlösung werden zugesetzt, der Stopfen und die Gefäßwandung werden mit wenig Wasser abgespült.

Anschließend wird unter Rühren langsam Salzsäure aus einer 50-ml-Bürette zugetropft (Titriergeschwindigkeit 12 ml/min), bis sich die Lösung gerade entfärbt hat. Ohne weitere Salzsäure-Zugabe wird nun 60 s gerührt und unmittelbar anschließend bis zur Entfärbung tropfenweise (Titriergeschwindigkeit 4 ml/min) titriert. Eine eventuell nach einigen Sekunden wiederkehrende Rotfärbung der Lösung bleibt unbeachtet.

5.8.8 Messung der Kalke mit hydraulischen Eigenschaften

Die Suspension wird über eine Feinfilterpapier-Doppellage (Porengröße etwa 2 µm, Ascheanteil < 0,01 %) filtriert. Anschließend sind der Kolben und der Filter mit Wasser auszuwaschen und das Filtrat gegen Phenolphthalein mit Salzsäure auszutitrieren.

5.8.9 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Der Gehalt an verfügbarem Kalk, ausgedrückt als verfügbares CaO in ungelöschtem Kalk oder verfügbares Ca(OH)₂ in allen anderen Produkten und ausgedrückt als Massenanteil in Prozent, wird nach einer der folgenden Gleichungen berechnet:

$$\text{für ungelöschten Kalk: verfügbares CaO} = \frac{28,04 \times V \times 100}{1\,000 \times m_{13}} = \frac{2,804 \times V}{m_{13}} \quad (13)$$

$$\text{für alle anderen Produkte: verfügbares Ca(OH)}_2 = \frac{37,05 \times V \times 100}{1\,000 \times m_{14}} = \frac{3,705 \times V}{m_{14}} \quad (14)$$

Dabei ist

- V das Volumen der verbrauchten Salzsäure, in Milliliter;
- m_{13} die Masse der CaO-Probe, in Gramm;
- m_{14} die Masse der Ca(OH)₂-Probe, in Gramm.

6 Physikalische Prüfungen

6.1 Korngröße durch Siebung

6.1.1 Allgemeines

Die Methode wird zur Bestimmung der Korngrößenverteilung bei ungelöschtem Kalk nach EN 459-1:2010, Tabellen 5 und 12, angewendet.

6.1.2 Kurzbeschreibung

Die Prüfung besteht im Aufteilen und Trennen von Material mit Hilfe einer Serie von Sieben in unterschiedliche Kornklassen mit abnehmenden Größen. Die Öffnungsweiten und die Anzahl der Siebe sind entsprechend der Anforderungen EN 459-1:2010, Tabellen 5 und 12, auszuwählen.

Die Masse des Rückstandes der Körner auf den verschiedenen Sieben ist auf die Ausgangsmasse des Materials zu beziehen. Die kumulativ erhaltenen Anteile, die jedes Sieb passieren, sind numerisch darzustellen (siehe Anhang A).

6.1.3 Geräte

6.1.3.1 Analysensiebe, mit Weiten 10,0 mm, 5,0 mm und 2,0 mm.

6.1.3.2 Auffangschale und Deckel für die Siebe.

6.1.3.3 Auffangpfannen oder andere Behältnisse, zur Aufnahme der Probe.

6.1.3.4 Waage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

6.1.3.5 Siebmaschine (nach Ermessen).

6.1.3.6 Probenteiler.

6.1.4 Vorbereitung der Messproben

Messproben sind mittels einem Probenteiler (6.1.3.6) herzustellen. Die Masse einer Messprobe ist zu notieren.

6.1.5 Durchführung

Die Probe ist in den Siebturm zu schütten. Der Turm besteht aus einer Anzahl von Analysensieben mit Auffangschale und Deckel, die zusammengesteckt und von oben nach unten so angeordnet sind, dass die Öffnungsweiten abnehmen.

Der Siebturm ist von Hand oder mechanisch zu schütteln, und dann sind die Analysensiebe nacheinander, mit der größten Öffnungsweite beginnend, abzunehmen und unter Verwendung einer Unterlage und einer Abdeckung von Hand einzeln nachzusieben, ohne dass Material verloren geht (zum Beispiel durch Verwendung einer Auffangschale mit Deckel).

Das Material, das durch ein einzelnes Sieb durchgeht, ist auf das nächstkleinere Sieb zu überführen, bevor der Vorgang mit diesem Sieb fortgesetzt wird.

Der Rückstand auf dem Sieb mit der größten Öffnungsweite ist zu wägen und seine Masse als R_1 zu notieren. Derselbe Vorgang ist für jedes nachfolgende Sieb durchzuführen und der Rückstand als R_2 oder R_3 zu notieren.

Der eventuell in der Auffangschale enthaltene Siebdurchgang ist zu wägen und seine Masse als P zu notieren. Dieses Material wird durch Luftstrahlsiebung entsprechend der Methode 6.2 gesiebt.

6.1.6 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Die verschiedenen Massen sind in ein Prüfprotokoll einzutragen. Ein Beispiel ist in Anhang A angegeben.

Die Masse des Rückstandes auf jedem Sieb $m(P_i)$ ist als Massenanteil in Prozent der ursprünglichen Masse M_1 nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$m(P_i) = \frac{R_i \times 100}{M_1} \quad (15)$$

Dabei ist

- M_1 die Masse der Messprobe, in Gramm;
- R_i die Masse des Rückstandes auf dem Sieb, in Gramm.

Der Rückstand auf jedem Analysensieb, berechnet als kumulierte Werte als Massenanteil in Prozent, ist unter Einschluss des 0,09-mm-Siebes bezogen auf die ursprüngliche Probenmasse zu berechnen.

Der Durchgang durch jedes Analysensieb, berechnet als kumulierte Werte als Massenanteil in Prozent, ist unter Einschluss des 0,09-mm-Siebes bezogen auf die ursprüngliche Probenmasse zu berechnen.

6.2 Korngrößenverteilung durch Luftstrahlsiebung

6.2.1 Allgemeines

Das Verfahren ist für Partikel anwendbar, die eine Abtrennung über ein Sieb mit einer Öffnungsweite von 2,0 mm erlauben. Das Verfahren kann zur Bestimmung der Korngröße von Agglomeraten aus sehr feinen Partikeln angewendet werden. Für das Verfahren werden Siebe mit Öffnungsweiten von 0,2 mm und 0,09 mm verwendet.

Das Verfahren wird bei Kalkhydrat, bei Kalk mit hydraulischen Eigenschaften und bei ungelöschtem Kalk nach EN 459-1:2010, Tabellen 5, 6, 12, 13, 18, 22 und 26, angewendet.

6.2.2 Geräte

6.2.2.1 Gerät für die Luftstrahlsiebung (Siebmaschine) nach Bild 3.

Das Gerät ist so einzustellen, dass ein Druckgefälle von 2 kPa bis 2,5 kPa entsteht.

6.2.2.2 Analysensiebe, Durchmesser 200 mm. Die Öffnungsweiten sind 0,2 mm und 0,09 mm.

ANMERKUNG Einige Geräte zur Luftstrahlsiebung erfordern gegebenenfalls den Einsatz von nicht genormten Siebrahmen und zusätzliche Dichtungen. Dies ist unter der Voraussetzung erlaubt, dass Bauart und Siebboden den Anforderungen der Norm entsprechen.

6.2.2.3 Auffangpfannen oder andere Behältnisse zur Aufnahme der Probe.

6.2.2.4 Waage, mit Fehlergrenzen von 0,001 g.

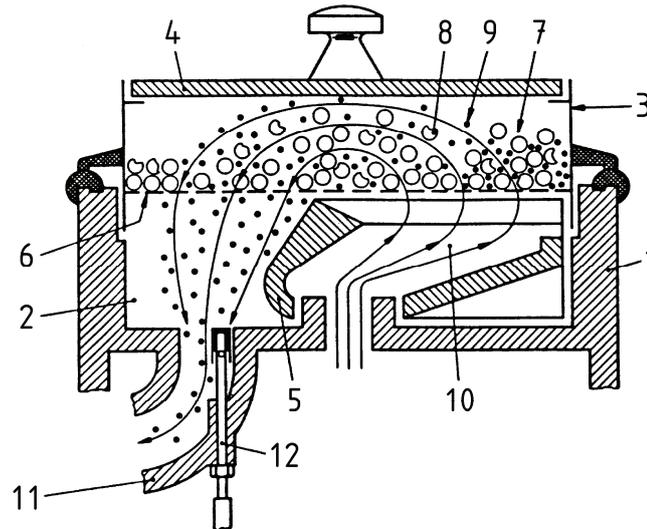
6.2.2.5 Weicher Pinsel.

6.2.2.6 Ultraschallbad zur Reinigung der Siebböden.

6.2.2.7 Hammer, wenn das Probenmaterial leicht am Deckel des Gerätes haften bleibt.

Es sollte ein Gummi- oder Kunststoffhammer benutzt werden.

6.2.2.8 Trockenschrank (wahlweise), auf (105 ± 5) °C einstellbar.



Legende

1	Gehäuse	7	Probe
2	Auffangpfanne	8	Überkorn
3	Siebrahmen	9	Unterkorn
4	Siebdeckel	10	Luftstrahl
5	Schlitzdüse	11	Luftabzug
6	Sieb	12	Druckmessgerät, mit Staubkappe

Bild 3 — Beispiel für ein Gerät zur Luftstrahlsiebung

6.2.3 Durchführung

Eine geeignete Menge des Baukalkes wird auf 0,001 g (m_{15}) genau eingewogen. Das Sieb mit der Öffnungsweite von 0,09 mm ist in das Gerät einzusetzen und die gesamte Probe auf den Siebboden zu geben. Dabei ist sicherzustellen, dass kein Probenmaterial verloren geht.

Das Gerät wird mit dem Siebdeckel verschlossen und in Betrieb gesetzt. Dabei ist sicherzustellen, dass das entstehende Vakuum den vom Hersteller angegebenen Mindestwert übersteigt und die Schlitzdüse korrekt rotiert. Das an der Unterseite des Siebdeckels haftende Probenmaterial ist mit Hilfe des Hammers durch vorsichtiges Klopfen auf die Siebdeckelmitte zu entfernen. Sollte das Probenmaterial unter dem Einfluss des Luftstroms Agglomerate bilden, ist der Siebvorgang zu unterbrechen, und die Agglomerate sind mit einem weichen Pinsel auseinanderzubrechen. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Partikel durch das Sieb gedrückt werden.

Nach einer Siebdauer von $(5 \pm 0,2)$ min ist das Gerät auszuschalten und das Sieb vorsichtig zu entfernen. Das auf dem Sieb verbliebene Probenmaterial ist in eine Auffangschale oder ein anderes geeignetes Gefäß zu überführen und der Siebboden vorsichtig über einer Auffangschale mit einem weichen Pinsel zu reinigen. Die Masse des Siebrückstands einschließlich des vom Siebboden mit einem Pinsel entfernten Materials ist zu bestimmen und auf 0,001 g genau anzugeben.

Das Sieb ist in die Siebmaschine einzusetzen und der Siebrückstand erneut auf den Siebboden zu geben. Das Wäge- und Siebverfahren ist bis zum Erreichen des Endpunkts fortzuführen und die durch Wägung an diesem Punkt ermittelte Masse ist auf 0,001 g genau anzugeben. Der Endpunkt ist erreicht, wenn die Masse des Siebdurchgangs in 1 min nicht mehr als 0,2 % der ursprünglichen Masse des Aufgabegutes beträgt.

Das Analysensieb mit einer Öffnungsweite von 0,20 mm ist in die Siebmaschine einzusetzen und das Wäge- und Siebverfahren bis zum Erreichen des Endpunkts der Siebung fortzuführen. Die durch Wägung an diesem Punkt ermittelte Masse ist auf 0,001 g genau anzugeben.

6.2.4 Auswertung und Angabe der Ergebnisse

Die Masse des Siebrückstands auf jedem Sieb, ausgedrückt als Massenanteil m ($P_{0,20}$ oder $0,09$) in Prozent, ist nach folgender Gleichung gegeben:

$$m(P_{0,20} \text{ oder } 0,09) = \frac{m_{16} \times 100}{m_{15}} \quad (16)$$

Dabei ist

m_{15} die Probenmasse, in Gramm;

m_{16} die Masse des Siebrückstands, in Gramm.

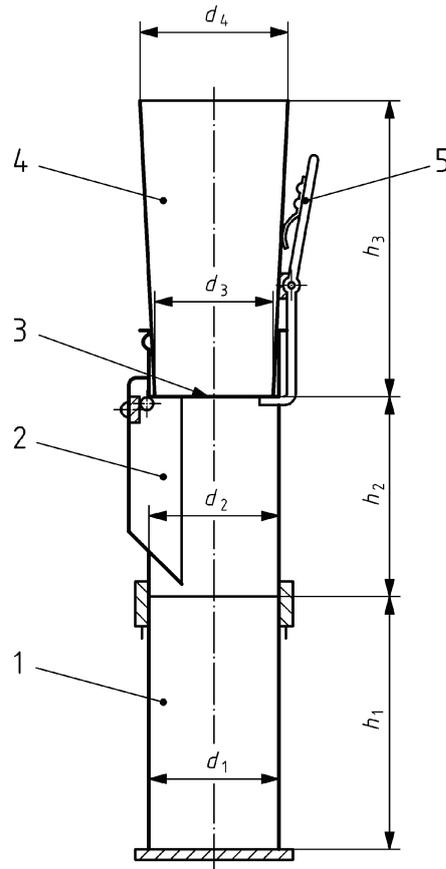
6.3 Schüttdichte

6.3.1 Gerät

Das Gerät, in dem die Schüttdichte bestimmt wird (siehe Tabelle 2 und Bild 4), besteht aus einem zylindrischen Litergefäß (1), einem Zwischenstück (2) mit Verschlusskappe (3) und einem Füllaufsatz (4) mit einem gefederten Verschlusshebel (5), der zum Festhalten und Lösen der Verschlusskappe dient. Durch Betätigen des Hebels öffnet sich die Verschlusskappe und lässt das in den Füllaufsatz eingefüllte Siebgut in das Litergefäß fallen.

Tabelle 2 — Maße des Einlaufgerätes

Teil Nr	Benennung	Maße
1	Litergefäß	
	lichter Durchmesser	$d_1: (87 \pm 1) \text{ mm}$
	lichte Höhe	$h_1: \text{entsprechend einem Füllvolumen von } 1\ 000 \text{ cm}^3, \text{ Fehlergrenze } \pm 5 \text{ cm}^3$
2	Zwischenstück	
	lichter Durchmesser	$d_2: (87 \pm 1) \text{ mm}$
	Höhe	$h_2: (135 \pm 1) \text{ mm}$
4	Füllaufsatz	
	lichter Durchmesser, unten	$d_3: (79 \pm 1) \text{ mm}$
	lichter Durchmesser, oben	$d_4: (99 \pm 1) \text{ mm}$
	Höhe	$h_3: (199 \pm 1) \text{ mm}$



Legende

- 1 Litergefäß, zylindrisch, siehe Tabelle 2 für die Maße h_1 und d_1
- 2 Zwischenstück, siehe Tabelle 2 für die Maße h_2 und d_2
- 3 Verschlussklappe
- 4 Füllaufsatz, siehe Tabelle 2 für die Maße h_3 und d_3
- 5 Verschlusshebel

Bild 4 — Beispiel für ein Einlaufgerät

6.3.2 Durchführung

Von der Baukalkprobe ist mit einer Schaufel so viel in den Füllaufsatz des Einlaufgerätes zu schütten, dass das über dem Rande stehende Pulver unter seinem natürlichen Böschungswinkel abfällt. Durch Betätigen des Verschlusshebels am Füllsatz ist die Verschlussklappe zu öffnen. Nach einer Wartezeit von 2 min ist der entleerte Füllaufsatz abzuheben, alle überstehenden Teile des in das Gefäß eingelaufenen Kalkpulvers mit dem Lineal abzustreichen und die Masse des Gefäßinhalts zu bestimmen.

Die Prüfung ist dreimal, jeweils mit einer neuen Probe Kalkpulver, auszuführen und, falls die sich hierbei ergebenden Werte um mehr als 10 g voneinander abweichen, zweimal zu wiederholen. Das Mittel aus den drei am wenigsten voneinander abweichenden Werten gilt als die Schüttdichte des eingelaufenen Kalkpulvers. Die Schüttdichte ist in Kilogramm je Kubikdezimeter anzugeben.

6.4 Raumbeständigkeit

6.4.1 Allgemeines

Aufgrund der unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften von Baukalken ist es nicht möglich, mit nur einem Verfahren die Raumbeständigkeit von allen Baukalkarten zu bestimmen. Aus diesem Grund ist die Raumbeständigkeit wie folgt zu bestimmen:

- Kalkhydrat und alle Typen von Kalk mit hydraulischen Eigenschaften 6.4.2.1 (Referenzverfahren)
6.4.2.2 (Alternativverfahren)
- hydraulischer Kalk mit einem SO_3 -Anteil größer als 3 % und bis 7 % 6.4.2.3
- Kalkhydrat, Kalkteig und Dolomitkalkhydrat mit Körnern größer als 0,2 mm 6.4.3
- Ungelöschter Kalk, Kalkteig, Dolomitkalk und Dolomitkalkhydrat 6.4.4

6.4.2 Für Kalkhydrat und alle Typen von Kalk mit hydraulischen Eigenschaften

6.4.2.1 Referenzverfahren

6.4.2.1.1 Kurzbeschreibung

Wenn die Ablöschung des Kalkes unvollständig ist, führt die Dampfhydratation von Calciumoxid (CaO) in einer in einen scheibenförmigen Prüfkörper gepressten Probe zur Ausdehnung, die durch die Änderung ihres Scheibendurchmessers gemessen wird.

6.4.2.1.2 Geräte

6.4.2.1.2.1 Form wie in Bild 5 dargestellt.

Der Kolben weist ein gefrästes Kreuz an der Ebene auf, welche die Oberfläche des Prüfkörpers bildet.

6.4.2.1.2.2 Presse, die eine Kraft von mindestens 2 kN auf den Kolben der Form aufbringen kann.

Die Kraft sollte mit einer Genauigkeit von mindestens 0,5 kN eingestellt werden können. Alternativ darf der Druck, der durch den Kolben (1) der Form (Bild 5) auf den Kalkprüfkörper ausgeübt wird, direkt am Messgerät eingestellt werden.

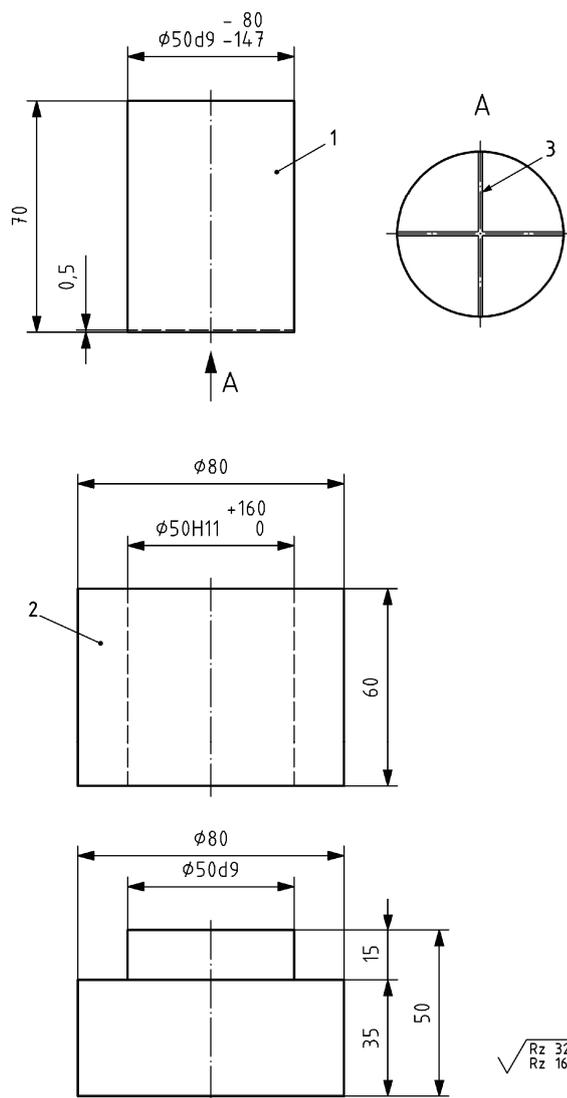
6.4.2.1.2.3 Längenmessvorrichtung mit Fehlergrenzen von 0,1 mm.

6.4.2.1.2.4 Dampfbad zur Dampfbehandlung der Prüfkörper

Der einfachste Aufbau beinhaltet einen Zylindertank, in dem sich eine Lochscheibe (z. B. nichtrostende Drahtgaze, Sieb) befindet, die es ermöglicht, dass sich die Prüfkörper etwa 50 mm über dem kochenden Wasser befindet. Der Deckel ist so auszubilden, dass kein Kondenswasser auf die Prüfkörper tropft.

6.4.2.1.2.5 Heizquelle, die das Wasser auf Siedetemperatur aufheizt, wie z. B. eine elektrische Heizplatte mit einem Regler oder einstellbarer Gasbrenner.

6.4.2.1.2.6 Waage mit Fehlergrenzen von 0,001 g.



Toleranzen nach ISO 2768-m.

Legende

- 1 Kolben
- 2 Form
- 3 0,5 gefrästes Kreuz

Bild 5 — Beispiel für eine Prüfkörperpresse

6.4.2.1.3 Durchführung

Es sind $(25 \pm 0,1)$ g des zu prüfenden Baukalkes einzuwiegen; dann ist genügend Wasser hinzuzufügen, so dass die Probe nach dem Entformen (üblicherweise 5 g, aber weniger als 2,5 g bei Kalk mit hydraulischen Eigenschaften) gehandhabt werden kann, und es ist sorgfältig zu mischen. Sofern die Waage es ermöglicht, ist beides vorzugsweise direkt in die Prüfkörperform zu geben; ist dies nicht möglich, ist beides in einen Zwischenbehälter zu geben, und die Mischung ist im bestmöglich gemischten Zustand in die Prüfkörperform zu geben. Dann ist die Form mit eingesetztem Kolben unter die Presse zu stellen.

Es ist mit einer Kraft bis zu 2 kN zu pressen, und dieser Druck ist ungefähr 5 s aufrechtzuerhalten; dann ist zu entformen. Der hergestellte Prüfkörper weist im Allgemeinen eine Dicke von ungefähr 10 mm und einen Durchmesser von ungefähr 50 mm auf. Es sind zwei Durchmesser rechtwinklig zueinander auf ungefähr 0,1 mm zu messen, z. B. auf den Kreuzdurchmesser. Aus beiden Messwerten ist das arithmetische Mittel D_i zu berechnen. Der Prüfkörper ist in das Dampfbad zu stellen und 90 min lang dem durch das kochende Wasser erzeugten atmosphärischen Dampf auszusetzen. Dann ist der Prüfkörper zu entfernen, unter 40 °C abkühlen zu lassen, und die Durchmesser sind, wie oben angegeben, erneut zu messen. Aus den beiden Messwerten ist dann das arithmetische Mittel D_e zu berechnen.

6.4.2.1.4 Angabe der Ergebnisse

Der Wert für die Ausdehnung in Millimeter, auf 0,1 mm genau, entspricht der Differenz ($D_e - D_i$).

6.4.2.2 Alternativverfahren

6.4.2.2.1 Allgemeines

Die Prüfung der Raumbeständigkeit ist nach EN 196-3 durchzuführen, mit der Ausnahme, dass bei Kalken mit hydraulischen Eigenschaften der Klasse 5 die geformten Prüfkörper ($48 \pm 0,5$) h bei einer relativen Luftfeuchte von mindestens 90 % und (20 ± 1) °C vorzulagern sind.

Die folgenden Abweichungen sind für Baukalke CL 70, CL 80, CL 90 sowie für Kalke mit hydraulischen Eigenschaften der Klassen 2 und 3,5 anzuwenden.

6.4.2.2.2 Geräte

Anstelle des Wasserbades und des Feuchtkastens, die in EN 196-3 beschrieben sind, ist ein Dampfbad zu verwenden.

6.4.2.2.3 Durchführung

Es sind drei Prüfkörper herzustellen, indem 75 g der trockenen Kalkhydratprobe mit 20 ml Wasser von Hand vorsichtig gemischt werden. Jede Form ist unmittelbar mit der vorbereiteten Mischung vollständig, jedoch locker zu füllen, und die Probe ist leicht zu stampfen, um einen Lufteinschluss zu vermeiden. Dieser Vorgang ist so lange zu wiederholen, bis die Mischung mit dem Rand der Form bündig abschließt.

Wenn dieses Verfahren nicht geeignet ist, um die Form nach EN 196-3 zu füllen, darf die Wassermenge geändert und die verwendete Menge im Prüfbericht angegeben werden.

Die Entfernung (A) zwischen den Nadelspitzen ist auf 1 mm zu messen. Die Formen sind unmittelbar in das Dampfbad zu stellen, das bereits auf hoher Stufe in Betrieb sein sollte.

Die Formen sind (180 ± 10) min dem gleichbleibenden Dampf bei atmosphärischem Druck auszusetzen. Danach sind die Formen herauszunehmen, auf Raumtemperatur abzukühlen und die Entfernung (B) zwischen den Nadelspitzen ist zu messen.

6.4.2.2.4 Angabe der Ergebnisse

Für jeden Prüfkörper sind die Messungen A und B aufzuzeichnen und die Differenzen ($B - A$) in Millimeter, auf 1 mm genau, zu berechnen.

Wenn Einzelwerte um mehr als 2 mm abweichen, ist die Prüfung zu wiederholen.

6.4.2.3 Für hydraulische Kalke mit einem SO_3 -Anteil größer als 3 % und bis 7 % (Prüfung nach dem Kaltwasserversuch)

6.4.2.3.1 Herstellung der Prüfkörper

200 g hydraulischer Kalk werden mit etwa 45 g bis 90 g Wasser 3 min unter Kneten zu einem steifen Brei gut durchgearbeitet. Der Wasserzusatz ist richtig, wenn sich der Brei erst bei mehrmaligem Rütteln der Glasplatte langsam ausbreitet.

Aus dem Brei werden zwei Kuchen in der Weise hergestellt, dass die beiden Hälften des Breis als Klumpen auf die Mitte je einer leicht (mit Trennmittel) geölten, ebenen Glasplatte (Spiegelglas) gebracht und so lange gerüttelt werden, bis Kuchen von 50 mm bis 70 mm Durchmesser und etwa 10 mm Dicke entstehen. Die Kuchen dürfen nach dem Ausbreiten nicht mit dem Messer oder Kelle bearbeitet werden.

Die beiden Kuchen sind für die Doppelbestimmung vorgesehen.

6.4.2.3.2 Durchführung

Die beiden Kuchen werden sofort nach dem Anfertigen in einen Feuchtluft-Lagerungskasten mit einer relativen Luftfeuchte von $\geq 90\%$ gelegt und darin ungestört dem Erstarren überlassen. Etwa 24 h nach dem Herstellen werden die Kuchen vorsichtig von der Glasplatte gelöst und unter Wasser von 18 °C bis 21 °C gelegt. Sie sind während weiterer 27 Tage zu beobachten. Zeigen sich Verkrümmungen oder klaffende Kantenrisse, allein oder in Verbindung mit Netzrissen, so deutet dies „Treiben“ an, das heißt, der Kuchen zerklüftet unter allmählicher Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhangs, was bis zum gänzlichen Zerfall führen kann (siehe Bild 8).

Die Wölbung der Bodenfläche des Kuchens darf ein Stichmaß von höchstens 2 mm haben.

Die Erscheinungen des Treibens zeigen sich an den Kuchen häufig bereits nach drei Tagen; trotzdem kann eine Beobachtung bis zu 28 Tagen erforderlich sein, um Treiben mit Sicherheit zu erkennen.

Der Kuchen darf zur Beobachtung höchstens 30 min aus dem Wasser genommen werden, da sonst leicht radiale Schwindrisse an den Rändern entstehen können (Bild 7).

6.4.3 Für Kalkhydrat, Weißkalkteig und Dolomitkalkhydrat mit Körnern größer als 0,2 mm

6.4.3.1 Kurzbeschreibung

Bei der Verwendung als Putze können große Körner von hartgebranntem ungelöschem Kalk kreisförmige Aufbrüche und Vertiefungen verursachen. Bei dieser Prüfung wird einem nichtverzögerten Stuckgips Kalkhydrat hinzugefügt und, nachdem der Gips erstarrt ist, wird er Dampf ausgesetzt. Der Dampf hydratisiert eventuell unreaktiertes Calcium- und/oder Magnesiumoxid. Dadurch wird eine Ausdehnung hervorgerufen, die zum Aufbrechen der Putzoberfläche führt.

6.4.3.2 Geräte

6.4.3.2.1 Eine große Platte aus nichtsaugendem Material für das Mischen (eine Glasplatte mit den Maßen $500\text{ mm} \times 750\text{ mm}$ hat sich als geeignet erwiesen).

6.4.3.2.2 Drei Formen aus einer Kupfer-Zinklegierung, Innendurchmesser 100 mm, Tiefe 5 mm, mit einer Ringdicke von mindestens 5 mm und einer Innenkonizität von ungefähr 5° , die jeweils mit einer nichtporösen Bodenplatte von ungefähr $120\text{ mm} \times 120\text{ mm}$ versehen sind.

6.4.3.2.3 Zwei breite Spachtel.

6.2.3.2.4 Trockenschrank, einstellbar auf $(40 \pm 5)\text{ °C}$.

6.4.3.2.5 Dampfbad, in dem die Prüfkörper für die Raumbeständigkeit Dampf bei atmosphärischem Druck ausgesetzt werden können.

Der Deckel ist so auszubilden, dass kein Kondenswasser auf die Prüfkörper tropft.

6.4.3.3 Material

Stuckgips, der einen Massenanteil von mehr als 90 % Calciumsulfat-Halbhydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) enthält und durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 0,2 mm gesiebt werden kann.

Außerdem muss der Gips bei einer Dosierung mit 50 % seiner eigenen Masse an Wasser bei einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ eine Erstarrungszeit bei der Prüfung nach 6.5 von nicht weniger als 4 min und nicht mehr als 15 min aufweisen.

6.4.3.4 Durchführung

Bei einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ sind ungefähr 250 g der Probe auf 1 g auf die große Platte aus nicht-saugendem Stoff einzuwägen und mit genügend Wasser mit den beiden Spachteln zu mischen, um einen Kalkteig herzustellen. Die Mischung ist zu einer dichten Masse zu häufen, zu bedecken, um Wasserverlust zu vermeiden, und (120 ± 10) min stehen zu lassen.

Die drei Ringformen und die Bodenplatten sind mit Vaseline einzufetten.

Nach 2 h ist der Kalkteig mit den Spachteln so lange zu mischen, bis eine steife plastische Masse erzielt wird. Falls erforderlich, darf etwas Wasser zugegeben werden. Der Teig ist auszubreiten, die Teigoberfläche ist mit 35 g des Stuckgipses gleichmäßig zu besprengen und mit den Spachteln (120 ± 5) s schnell zu mischen.

Der angehäuften Stoff ist in kleinen Mengen mit einem Spachtel zu drei flachen Kuchen zusammenzudrücken und in eine Ringform zu geben, die mit dem breiteren Durchmesser nach unten gerichtet auf einer nichtsaugenden Bodenplatte ruht. Es muss sichergestellt sein, dass keine Lufteinschlüsse vorliegen. Mit dem Spachtel, dessen Schneide fast senkrecht gehalten wird, ist der überschüssige Teig abzuschneiden, und dann ist der obere Rand der Form mit nicht mehr als zwölf Streichbewegungen mit der fast horizontal gehaltenen Schneide des Messers bündig abzustreichen. Die Gesamtzeit für die Fertigstellung der Kuchen darf ab Hinzufügen des Stuckgipses nicht mehr als 5 min betragen.

Die drei Kuchen müssen 1 h ruhen, um zu erstarren. Die Kuchen sind auf die Bodenplatten mit oder ohne Ringformen zu geben und mindestens 12 h in den Trockenschrank mit einer Temperatur von $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$ zu stellen. (Im Allgemeinen erweist es sich als zweckmäßig, die Kuchen über Nacht zu trocknen). Die noch auf den Bodenplatten befindlichen Kuchen sind horizontal in das Dampfbad zu geben; dabei muss das Wasser im Dampfbad so heftig kochen, dass ein ständiger Dampfaustritt erfolgt. Die drei Kuchen sind bei atmosphärischem Druck (180 ± 10) min ständig dem gesättigten Dampf auszusetzen, wobei zu verhindern ist, dass Kondenswasser auf die Kuchen tropft.

Wenn ein Kuchen Schwindrisse nach dem Trocknen im Ofen bei einer Temperatur von $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$ aufweist, ist er zu verwerfen, und es ist ein neuer Kuchen herzustellen. Während der neue Kuchen hergestellt wird, sind die anderen Kuchen weiter zu prüfen.

Die Kuchen sind aus dem Dampfbad zu entfernen, abkühlen zu lassen und bei genügend Licht auf Aufreißen, Aufbrüche oder kreisförmige Vertiefungen zu untersuchen.

ANMERKUNG Wassertropfen können zur Bildung von sogenannten Wasserblasen führen; dies sollte nicht mit Aufbrüchen oder kreisförmigen Vertiefungen verwechselt werden.

6.4.3.5 Prüfbericht

Im Prüfbericht ist anzugeben, ob Aufrisse, Aufbrüche oder kreisförmige Vertiefungen vorhanden oder nicht vorhanden sind.

6.4.4 Für ungelöschten Kalk, Kalkteig, Dolomitkalk und Dolomitkalkhydrat

6.4.4.1 Kurzbeschreibung

Kuchen werden hergestellt, indem Breie aus gelöschtem Kalk oder Kalkteig auf Saugplatten gebracht werden. Nach 5 min werden die Kuchen auf neuen trockenen Platten in den Wärmeschrank gestellt und nach dieser Behandlung werden sie durch Inaugenscheinnahme auf Treibrisse geprüft.

6.4.4.2 Geräte

6.4.4.2.1 Saugplatten mit einer Größe von ungefähr 100 mm × 100 mm aus Calciumsilicathydrat, übliche Verwendung: Wärmeschutz, Dichte etwa 1,0 g/cm³, Dicke etwa 25 mm, Aufsaugzeit bis 10 min.

ANMERKUNG Es dürfen auch andere Aufsaugstoffe verwendet werden, die zu einem vergleichbaren Wasseranteil führen.

6.4.4.2.2 Wärmeschrank, eingestellt auf (105 ± 5) °C.

6.4.4.3 Herstellung der Prüfkörper

6.4.4.3.1 Siebrückstand

Werden bei der Prüfung auf Kornfeinheit auf dem 0,2-mm-Drahtsiebboden (siehe 6.2) einzelne Körner festgestellt, so ist wie folgt vorzugehen:

- alle festgestellten Körner werden in der Mitte eines hergestellten Kuchens so eingebettet, dass sie vollständig bedeckt sind;
- gemahlene Körner in ungelöschten Kalken sind zuvor nach der Verarbeitungsvorschrift des Herstellers einzusumpfen und dann in die Mitte des Kuchens einzubringen;
- der Kuchen ist aus der gleichen Kalkprobe, bei der Rückstände festgestellt wurden, herzustellen.

6.4.4.3.2 Ungelöschter Kalk und Dolomitkalk

Etwa 200 g ungelöschter Kalk oder Dolomitkalk sind mit Wasser mit einer Temperatur von (20 ± 2) °C zu Brei zu löschen und so lange einzusumpfen, wie vom Hersteller in der Verarbeitungsvorschrift gefordert wird. Erst dann sind aus diesem Brei zwei Kuchen von etwa 50 mm bis etwa 70 mm Durchmesser und in der Mitte von etwa 10 mm Dicke zu gießen.

6.4.4.3.3 Kalkteig

Bei Kalkteigen sind zwei Kuchen direkt aus den vorhandenen Teigen herzustellen.

6.4.4.3.4 Dolomitkalkhydrat

Bei der Prüfung der sofort verarbeitbaren Dolomitkalkhydrate sind etwa 100 g Kalkpulver mit Wasser mit einer Temperatur von (20 ± 2) °C zu einem Brei so anzurühren, dass zwei Kuchen von etwa 50 mm bis etwa 70 mm Durchmesser und in der Mitte von etwa 10 mm Dicke auf je eine trockene Filterplatte (siehe 6.4.4.2) gegossen werden können.

6.4.4.4 Durchführung

Nach einer ausreichenden Liegezeit (etwa 5 min) sind die Kuchen abzunehmen, auf zwei andere trockene Saugplatten zu legen und in den Wärmeschrank einzubringen. Darin sind sie 4 h bei (105 ± 5) °C zu lagern.

6.4.4.5 Auswertung

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn die Kuchen nach der Behandlung nach 6.4.4.4 fest sind und keine Treibrisse zeigen. Schwindrisse sind für die Beurteilung bedeutungslos. Siehe hierzu Bilder 6 bis 8.

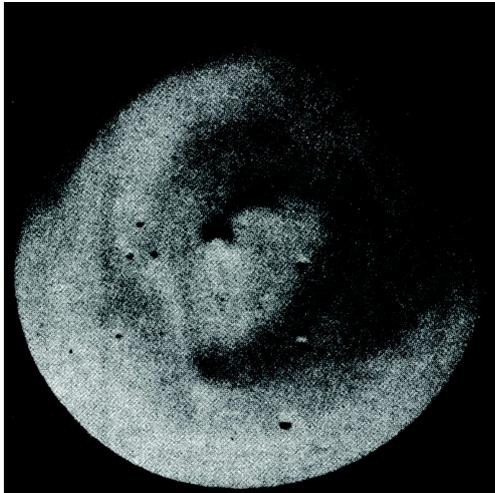


Bild 6 — „Prüfung bestanden“

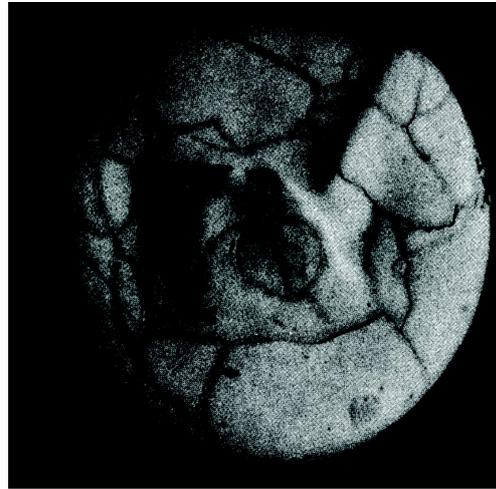


Bild 7 — Prüfkörper mit Schwindrisse
(„Prüfung bestanden“)

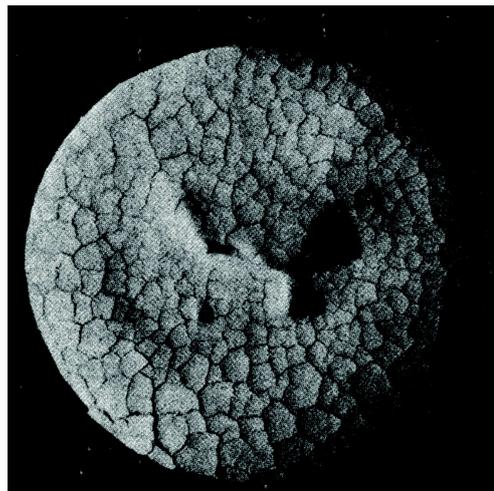


Bild 8 — Prüfkörper mit Treibrissen („Prüfung nicht bestanden“)

6.5 Erstarrungszeiten

6.5.1 Kurzbeschreibung

Als Erstarrungszeit gilt der Zeitraum, nach dem eine Nadel bis zu einer bestimmten Tiefe in einen Baukalkleim von Normsteife eingedrungen ist.

Ein Baukalkleim von Normsteife weist einen bestimmten Widerstand gegen das Eindringen eines Normtauchstabes auf. Die Ermittlung der zur Erzielung der Normsteife erforderlichen Wassermenge erfolgt anhand mehrerer Eindringversuche an Baukalkleimen mit unterschiedlich hohem Wassergehalt.

6.5.2 Labor, Geräte und Materialien

6.5.2.1 Labor

Der Laborraum, in dem Prüfkörper hergestellt und geprüft werden, muss eine konstante Temperatur von (20 ± 2) °C und eine relative Luftfeuchte von mindestens 50 % aufweisen.

Die Temperatur und die relative Luftfeuchte im Labor sowie die Temperatur des in den Behältern gelagerten Wassers sind mindestens einmal täglich während der Arbeitszeit aufzuzeichnen.

Baukalk, Wasser und Geräte, die zur Herstellung und Prüfung der Prüfkörper benötigt werden, müssen eine Temperatur von (20 ± 2) °C aufweisen.

Sind Temperaturbereiche angegeben, muss die auf dem Gerät eingestellte Zieltemperatur dem mittleren Wert des Temperaturbereiches entsprechen.

6.5.2.2 Geräte und Materialien

6.5.2.2.1 Waage mit Fehlergrenzen von ± 1 g.

6.5.2.2.2 Messzylinder oder Bürette mit Fehlergrenzen von ± 1 ml.

6.5.2.2.3 Mischer nach EN 196-1.

6.5.2.2.4 Wasser, für die Herstellung, die Lagerung und das Kochen der Proben ist destilliertes oder entionisiertes Wasser zu verwenden.

6.5.2.2.5 Der Baukalk, das Wasser und die Geräte, die zur Herstellung und Prüfung der Probekörper benötigt werden, müssen eine Temperatur von (20 ± 2) °C aufweisen.

ANMERKUNG Jedes andere Wasser darf unter der Voraussetzung verwendet werden, dass damit nachweislich die gleichen Prüfergebnisse erzielt werden.

6.5.3 Prüfung der Normsteife

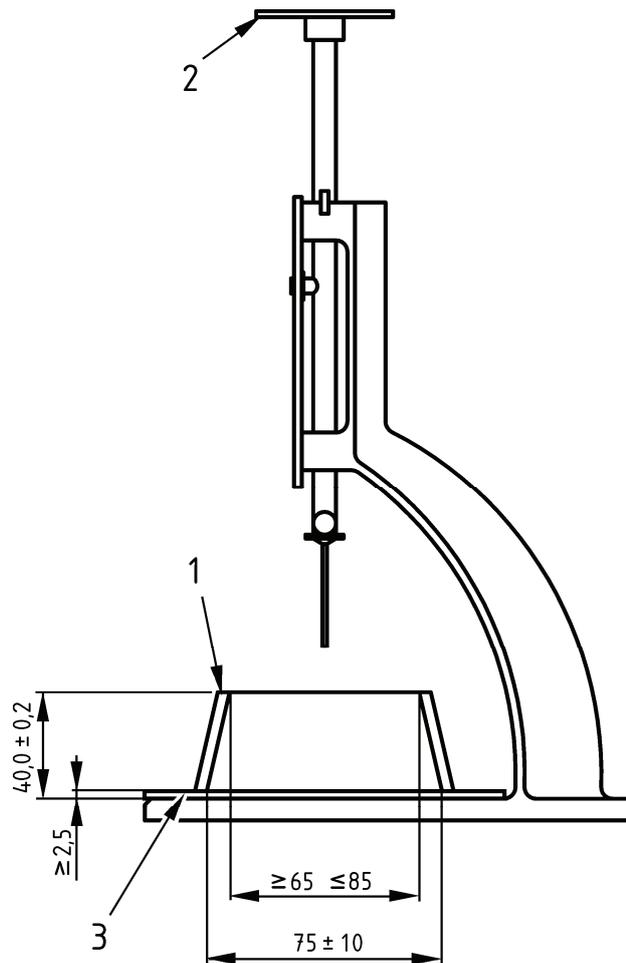
6.5.3.1 Geräte

Das Nadelgerät nach Vicat (Bilder 9 a) und 9 b)) ist mit einem Tauchstab (Bild 9 c)) zu verwenden, der aus korrosionsbeständigem Metall besteht und die Form eines geraden Kreiszylinders mit einer wirksamen Länge von mindestens 45 mm und einem Durchmesser von $(10,00 \pm 0,05)$ mm besitzt. Die Gesamtmasse der beweglichen Teile muss (300 ± 1) g betragen; sie müssen sich senkrecht und ohne nennenswerte Reibung bewegen lassen. Ihre Achse muss mit der Achse des Tauchstabes übereinstimmen.

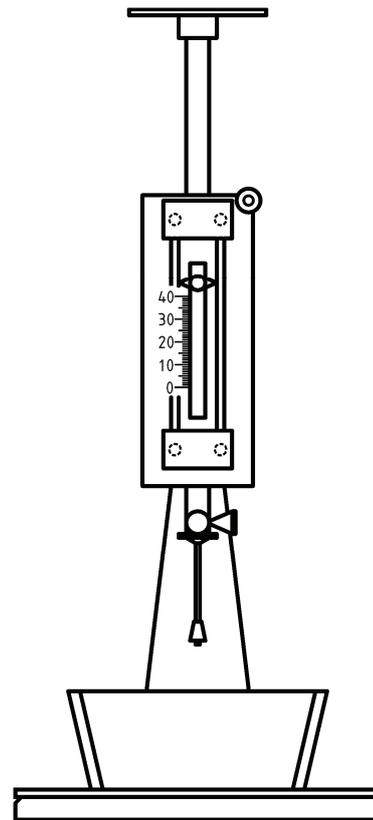
Der Vicat-Ring (Bild 9 a)), in den der zu prüfende Baukalkleim eingefüllt wird, muss aus Hartgummi, Kunststoff oder Messing bestehen. Der Ring muss entweder eine zylindrische oder vorzugsweise eine konische Form haben sowie eine Tiefe von $(40,0 \pm 0,2)$ mm und einen inneren Durchmesser von (75 ± 10) mm aufweisen. Er muss genügend starr sein und mit einer Grundplatte versehen werden, die größer als der Ring und mindestens 2,5 mm dick ist. Die Grundplatte ist aus einem undurchlässigen Material herzustellen, das gegen den Baukalkleim beständig ist, z. B. aus einer ebenen Glasplatte.

ANMERKUNG Vicat-Ringe aus einem anderen Metall dürfen unter der Voraussetzung verwendet werden, dass sie die vorgeschriebene Tiefe haben und nachweislich zu den gleichen Prüfergebnissen führen wie die vorgeschriebenen Ringe.

Maße in Millimeter



a) Seitenansicht mit aufrecht stehendem Vicat-Ring zur Bestimmung des Erstarrungsbeginns

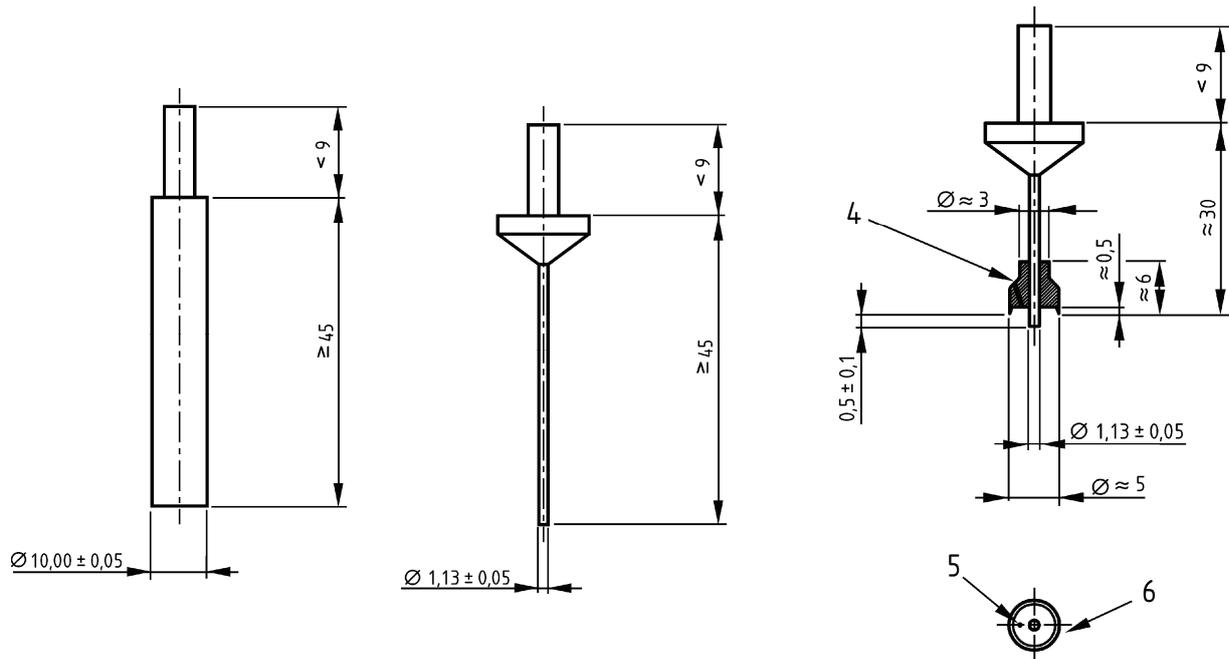


b) Vorderansicht mit umgekehrtem Vicat-Ring zur Bestimmung des Erstarrungsendes

Legende

- 1 Vicat-Ring
- 2 Platte für Zusatzmasse
- 3 Grundplatte
- 4 Entlüftungsbohrung (1,5 mm Durchmesser)
- 5 Entlüftungsöffnung
- 6 Unterseite der Nadel mit Ansatz zur Bestimmung des Erstarrungsendes

Bild 9 — Beispiel für ein Vicat-Gerät zur Bestimmung der Normsteife und der Erstarrungszeiten von Baukalk



c) Tauchstab zur Ermittlung der Normsteife

d) Nadel zur Ermittlung des Erstarrungsbeginns

e) Nadel mit Ansatz zur Bestimmung des Erstarrungsendes

Legende

- 1 Vicat-Ring
- 2 Platte für Zusatzmasse
- 3 Grundplatte
- 4 Entlüftungsbohrung (1,5 mm Durchmesser)
- 5 Entlüftungsöffnung
- 6 Unterseite der Nadel mit Ansatz zur Bestimmung des Erstarrungsendes

Bild 9 (fortgesetzt) — Beispiel für ein Vicat-Gerät zur Bestimmung der Normsteife und der Erstarrungszeiten von Baukalk

ANMERKUNG Für jedes Vicat-Gerät wird nur eine Zusatzmasse benötigt, wenn die Masse des Tauchstabes und der Nadeln mit und ohne Ansatz stets gleich ist, z. B. $(9,0 \pm 0,5)$ g.

6.5.3.2 Durchführung

6.5.3.2.1 Herstellen des Baukalkleims

Es sind 500 g Baukalk auf 1 g einzuwiegen. Eine bestimmte Menge Wasser, beispielsweise 125 g, muss entweder in die Schale des Mixers eingewogen oder aus einem Messzylinder bzw. einer Bürette eingefüllt werden.

Die Baukalkmenge muss dem Wasser sorgfältig zugegeben werden, um einen Verlust von Wasser oder Baukalk zu vermeiden. Die Zeit für die Zugabe des Baukalkes muss mindestens 5 s betragen und darf 10 s nicht überschreiten. Der Zeitpunkt nach Beendigung der Baukalkzugabe gilt als Nullpunkt für die späteren Zeitmessungen (Nullzeit). Anschließend ist der Mixer für die Dauer von 90 s bei der niedrigen Geschwindigkeitsstufe in Betrieb zu nehmen.

Nach 90 s ist der Mixer für 30 s anzuhalten. In dieser Zeit wird der Baukalkleim, der an den Seitenwänden der Mischschale außerhalb der Mischzone haftet, mit einem geeigneten Spachtel entfernt und wieder der Mischung zugefügt. Anschließend ist der Mixer für weitere 90 s Mischdauer bei niedriger Geschwindigkeit zu betreiben. Die gesamte Mischdauer beträgt 3 min.

ANMERKUNG Andere Verfahren zum Mischen des Baukalkleims, mit Hilfe einer Maschine oder von Hand, dürfen unter der Voraussetzung angewendet werden, dass sie nachweislich zu den gleichen Prüfergebnissen führen wie das vorgeschriebene Mischverfahren.

6.5.3.2.2 Füllen des Ringes

Der gemischte Baukalkleim ist sofort und ohne übermäßiges Verdichten oder Rütteln bis zum Überlaufen in den Vicat-Ring einzufüllen, der vorher auf eine leicht eingefettete Glasplatte gestellt worden ist. Der überschüssige Baukalkleim wird vorsichtig durch Hin- und Herbewegen eines geeigneten geradkantigen Werkzeuges auf der oberen Fläche des Ringes so abgestrichen, dass der Baukalkleim im Ring eine glatte Oberfläche aufweist.

6.5.3.2.3 Eindringversuch

Das Vicat-Gerät ist mit dem zugehörigen Tauchstab (Bild 9 c)) vor dem Versuch zu justieren; hierzu wird der Tauchstab auf die untergelegte Glasplatte aufgesetzt und der Zeiger auf den Nullpunkt der Skala eingestellt. Anschließend wird der Tauchstab in die Ausgangsstellung angehoben. Der Vicat-Ring und die Glasplatte sind sofort nach dem Abstreichen des Baukalkleims mittig unter den Tauchstab des Vicat-Gerätes zu setzen. Der Tauchstab ist anschließend vorsichtig so weit herabzulassen, dass er die Oberfläche des Baukalkleims berührt. Er muss für 1 s bis 2 s in dieser Stellung bleiben, um eine zusätzliche Beschleunigung beim Eindringen oder eine erhöhte Beschleunigung der beweglichen Teile zu vermeiden. Anschließend sind die beweglichen Teile schnell loszulassen, so dass der Tauchstab senkrecht in die Mitte des Baukalkleims eindringt. Der Eindringversuch mit dem Tauchstab muss 4 min \pm 10 s nach dem Ende der Baukalkzugabe in den Mischer (Nullzeit) durchgeführt werden. Auf der Skala wird die Eindringtiefe abgelesen, sobald der Tauchstab nicht mehr tiefer in den Baukalkleim eindringt, spätestens jedoch nach 30 s.

Der abgelesene Messwert, der den Abstand zwischen dem unteren Ende des Tauchstabes und der Glasplatte angibt, ist zusammen mit dem Wassergehalt des Baukalkleims in Prozent, bezogen auf die Baukalkmasse, im Prüfbericht anzugeben. Nach jedem Eindringversuch ist der Tauchstab sofort zu reinigen.

Der Versuch ist mit Baukalkleim, der unterschiedlich große Wassermengen enthält, so oft zu wiederholen, bis sich ein Abstand von (6 ± 2) mm zwischen Tauchstab und Glasplatte ergibt. Der auf 0,5 % gerundete und im Prüfbericht anzugebende Wassergehalt dieses Baukalkleims ist der Wassergehalt, der zur Erzielung der Normsteife erforderlich ist.

6.5.4 Bestimmung der Erstarrungszeiten

6.5.4.1 Geräte

6.5.4.1.1 Prüfraum oder Feuchtkasten

Prüfraum oder ausreichend großer Feuchtkasten mit einer Temperatur von (20 ± 1) °C und einer relativen Luftfeuchte von mindestens 90 %.

6.5.4.1.2 Vicat-Gerät zur Bestimmung des Erstarrungsbeginns

Der Tauchstab ist durch eine Stahlnadel (Bild 9 d)) zu ersetzen, die eine zylindrische Form bei einer wirksamen Länge von mindestens 45 mm und bei einem Durchmesser von $(1,13 \pm 0,05)$ mm aufweist. Die Gesamtmasse der beweglichen Teile muss (300 ± 1) g betragen; sie müssen sich senkrecht und ohne nennenswerte Reibung bewegen lassen. Ihre Achse muss mit der Achse der Nadel übereinstimmen.

ANMERKUNG Im Handel erhältliche Geräte zur automatischen Bestimmung der Erstarrungszeit dürfen unter der Voraussetzung angewendet werden, dass sie nachweislich zu den gleichen Prüfergebnissen führen wie die angegebenen Geräte und Bestimmungsverfahren.

6.5.4.2 Bestimmung des Erstarrungsbeginns

Das mit der Nadel (Bild 9 d)) ausgerüstete Vicat-Gerät ist vor der Prüfung zu justieren; hierzu wird die Nadel auf die untergelegte Glasplatte aufgesetzt und der Zeiger auf den Nullpunkt der Skale eingestellt. Anschließend wird die Nadel in die Ausgangsstellung angehoben.

Der Vicat-Ring ist mit Baukalkleim von Normsteife nach 6.5.3.2.1 und 6.5.3.2.2 zu füllen und abzustreichen.

Der gefüllte Vicat-Ring wird anschließend auf der Glasplatte im Prüfraum oder im Feuchtkasten nach 6.5.4.1.1 gelagert. Nach einer bestimmten Zeit wird der gefüllte Vicat-Ring unter die Nadel des Vicat-Gerätes gestellt, die vorsichtig so weit herabzulassen ist, bis sie die Oberfläche des Baukalkleims berührt. Die Nadel muss für 1 s bis 2 s in dieser Stellung bleiben, um eine zusätzliche Beschleunigung beim Eindringen oder eine erhöhte Beschleunigung der beweglichen Teile zu vermeiden. Anschließend sind die beweglichen Teile schnell loszulassen, so dass die Nadel senkrecht in den Baukalkleim eindringt. Auf der Skala wird die Eindringtiefe abgelesen, sobald die Nadel nicht mehr tiefer in den Baukalkleim eindringt, spätestens jedoch nach 30 s.

Der abgelesene Messwert, der den Abstand zwischen dem Nadelende und der Glasplatte angibt, ist zusammen mit der Zeit, die seit der Baukalkzugabe in den Mischer vergangen ist (Nullzeit), im Prüfbericht anzugeben. Der Eindringversuch ist an der gleichen Baukalkleimprobe in passend gewählten Zeitabständen, z. B. von 10 min, und an geeigneten Stellen, die mindestens 10 mm von der Kante des Ringes und von der letzten Einstichstelle entfernt sind, zu wiederholen. Zwischen den einzelnen Eindringversuchen ist der gefüllte Vicat-Ring im Prüfraum oder im Feuchtkasten nach 6.5.4.1.1 zu lagern. Nach jedem Eindringversuch ist die Vicat-Nadel sofort zu reinigen. Die Zeitspanne, die vom Einfüllen des Baukalkes in den Mischer (Nullzeit) bis zu dem Zeitpunkt vergeht, in dem der Abstand zwischen Nadel und Glasplatte (6 ± 3) mm beträgt, gilt als Erstarrungsbeginn des Baukalkes und ist auf 5 min im Prüfbericht anzugeben. Die erforderliche Genauigkeit kann dadurch sichergestellt werden, dass der Zeitabstand zwischen den einzelnen Eindringversuchen in der Nähe des Erstarrungsbeginns des Baukalkleims verkürzt wird und beachtet wird, dass die aufeinander folgenden Messergebnisse nicht übermäßig voneinander abweichen.

6.5.4.3 Bestimmung des Erstarrungsendes

Der gefüllte und nach 6.5.4.2 bereits zur Bestimmung des Erstarrungsbeginns verwendete Vicat-Ring ist auf der Glasplatte umzudrehen, damit die Versuche zur Bestimmung des Erstarrungsendes auf der ursprünglich der Glasplatte zugekehrten Seite durchgeführt werden können. Die hierfür verwendete Nadel ist mit einem ringförmigen Ansatz zu versehen (Bild 9 e)), mit dem geringe Eindringtiefen leichter und genau erfasst werden können; es ist nach 6.5.4.2 zu verfahren. Die Zeitspanne zwischen den einzelnen Eindringversuchen darf zum Beispiel auf 30 min verlängert werden.

Zwischen den einzelnen Eindringversuchen ist der gefüllte Vicat-Ring im Prüfraum oder im Feuchtkasten nach 6.5.4.1.1 zu lagern. Nach jedem Eindringversuch ist die Vicat-Nadel sofort zu reinigen.

Die Zeitspanne, die vom Einfüllen des Baukalkes in den Mischer (Nullzeit) bis zu dem Zeitpunkt vergeht, in dem die Nadel nur noch 0,5 mm in den erhärteten Baukalkleim eindringt, gilt als Erstarrungsende des Baukalkes und ist, auf 15 min gerundet, im Prüfbericht anzugeben. Der Zeitpunkt für das Erstarrungsende gilt als erreicht, wenn der ringförmige Ansatz der Nadel keinen Eindruck mehr auf der Prüfkörperfläche hinterlässt. Er kann genau festgelegt werden, wenn die Zeitspanne zwischen den Eindringversuchen in der Nähe des Endpunktes verkürzt wird und beachtet wird, dass die aufeinander folgenden Prüfergebnisse nicht übermäßig voneinander abweichen.

6.6 Reaktionsfähigkeit

6.6.1 Allgemeines

Die Probe des ungelöschten Kalkes, die nach 3.5 vorbereitet wurde, ist auf Reaktionsfähigkeit beim Löschen durch Messung der bei ihrer Umsetzung mit Wasser einsetzenden Temperaturerhöhung in Abhängigkeit von der Reaktionsdauer (Nasslöschkurve) zu prüfen. Wenn 100 % des zu prüfenden Materials durch das 5 mm-Sieb durchgehen, kann das Produkt alternativ im Anlieferungszustand geprüft werden.

6.6.2 Geräte

Das Prüfgerät muss aus den sechs in Bild 10 beschriebenen Teilen bestehen:

- 1 Dewar-Gefäß, 1 000 ml, innerer Durchmesser etwa 77 mm, innere Höhe etwa 235 mm.
- 2 Rührmotor, $(300 \pm 10) \text{ min}^{-1}$ unter Last.
- 3 Stativ und Halterung.
- 4 Blattrührer aus geeignetem Kunststoff, Durchmesser etwa 60 mm, Dicke etwa 4 mm (siehe Bild 11).

ANMERKUNG Andere Formen von Rührern können benutzt werden, wenn sie zu gleichen Ergebnissen für die Reaktionsfähigkeit führen.

- 5 Deckel aus Kunststoff mit abklappbarem Segment, Einfüllöffnung und Bohrung für das Thermometer, passend zum Dewar-Gefäß (siehe Bild 12).
- 6 Kalibriertes Thermometer $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ mit einer Fehlergrenze von $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und hoher Ansprechgeschwindigkeit (Einstelldauer von $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ auf $60 \text{ }^{\circ}\text{C} < 10 \text{ s}$). Die Eindringtiefe muss etwa 160 mm, bezogen auf eine geeignete Öffnung in der Oberkante des Deckels betragen.

Zusätzlich sind zu verwenden:

- ein schreibendes Registriergerät für die Temperaturmessung;
- Wäge- und Einfüllvorrichtung, bestehend aus nichtrostendem Stahl (siehe Bild 13).

6.6.3 Bestimmung des Wasserwertes des Gerätes

Der Wasserwert w wird nach Ermittlung einer sich im Dewargefäß unter Messbedingungen einstellenden Mischtemperatur T_m einer Wassermenge von etwa 650 g ermittelt. Das Gerät ist unter den gleichen Bedingungen wie für die Prüfung der Reaktionsfähigkeit zu benutzen.

Nach Zugabe von $(200 \pm 1) \text{ g}$ Wasser (m_h) mit der Temperatur T_h ($50 \pm 0,1$) $^{\circ}\text{C}$ zu $(450 \pm 1) \text{ g}$ Wasser (m_c) mit der Temperatur T_c ($20 \pm 0,1$) $^{\circ}\text{C}$ im Dewargefäß wird der Blattrührer $(300 \pm 10) \text{ min}^{-1}$ eingeschaltet. Nach $(5 \pm 0,1) \text{ min}$ wird die Temperatur T_m auf $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ genau bestimmt.

$$w = \frac{m_h(T_h - T_m) - m_c(T_m - T_c)}{T_m - T_c} \times 4,19 \text{ Joule/Kelvin} \quad (17)$$

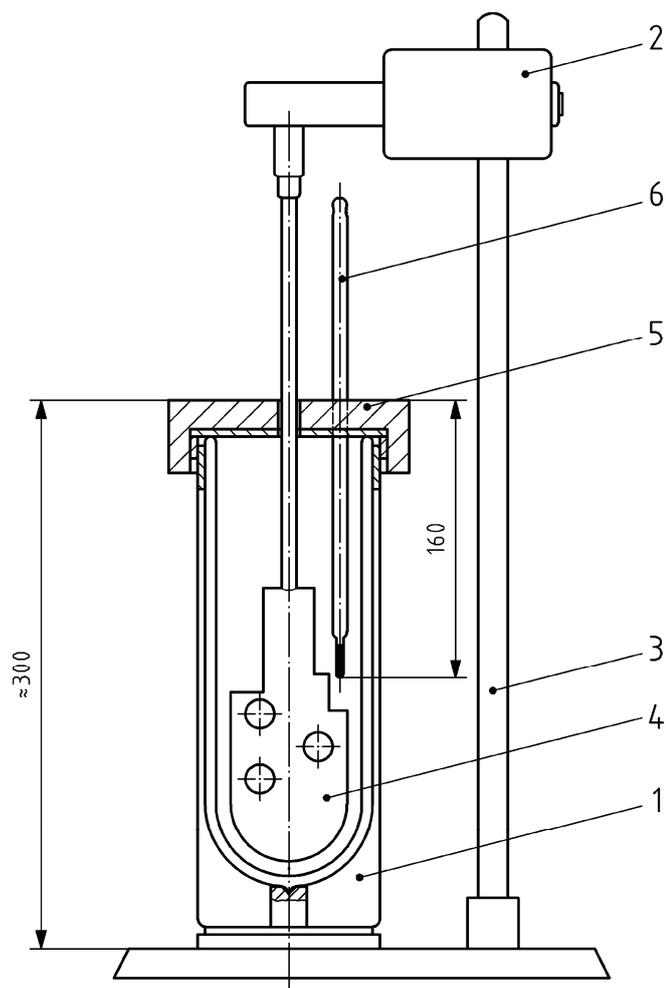
$T_{m,h,c}$ sind Temperaturen, in Grad Celsius;

$m_{h,c}$ sind Massen, in Gramm;

w ist der Wasserwert, in Joule je Kelvin.

Die Prüfapparatur muss einen Wasserwert von 200 J/K bis 300 J/K besitzen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Dewar-Gefäß.
- 2 Rührmotor
- 3 Stativ und Halterung
- 4 Blattrührer aus geeignetem Kunststoff
- 6 kalibriertes Thermometer

Bild 10 — Beispiel für eine Apparatur zur Prüfung auf Reaktionsfähigkeit

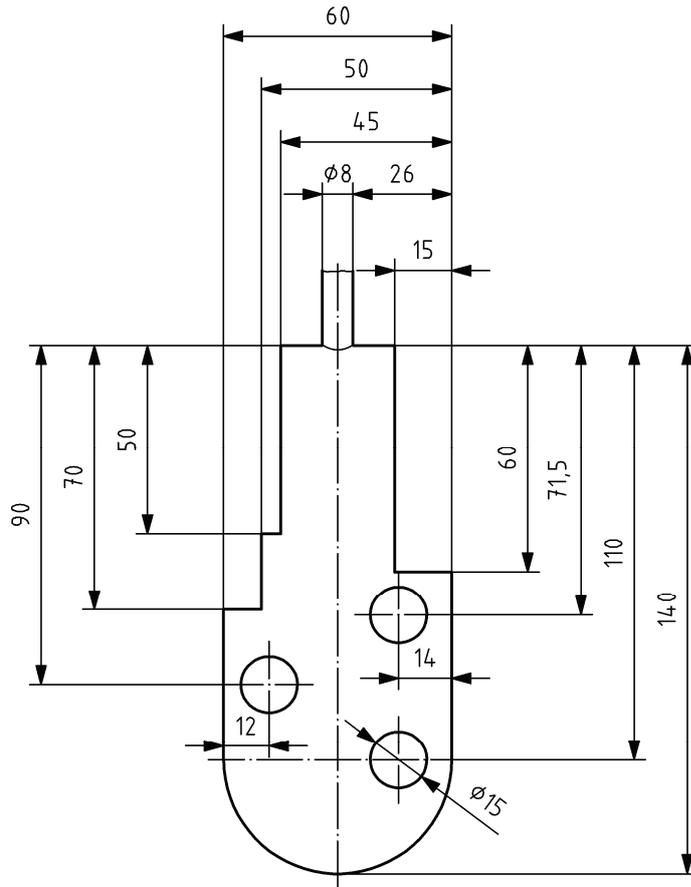
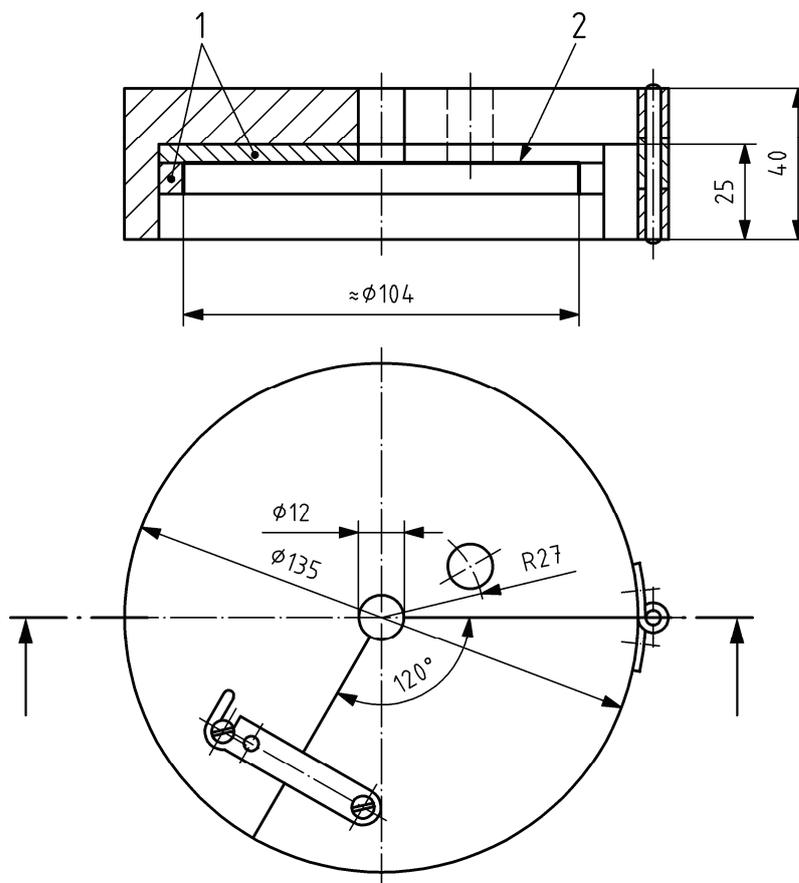


Bild 11 — Beispiel für einen Blattrührer

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Isolierschicht
- 2 Polyethylenfolie

Bild 12 — Beispiel für einen Deckel mit abklappbarem Segment und Bohrung für das Thermometer

Maße in Millimeter

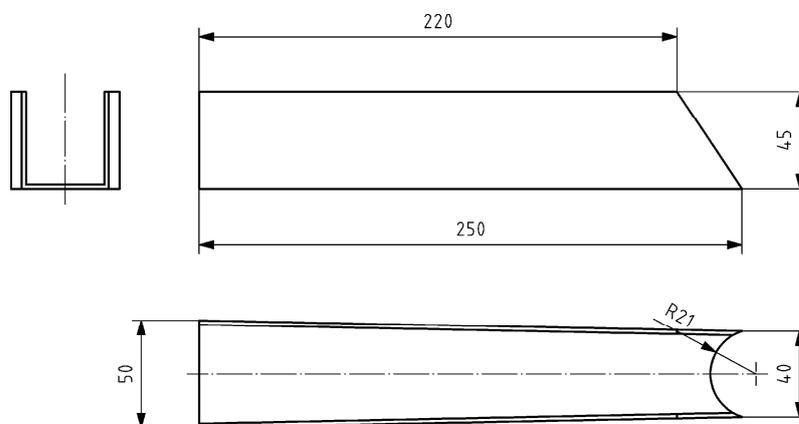


Bild 13 — Beispiel für eine Wäge- und Einfüllvorrichtung

6.6.4 Probenaufbereitung

Es ist eine Probemenge von etwa 0,5 kg zu prüfen.

Damit die Probe dem zu prüfenden Produkt entspricht, ist sie in einem luftdichten Behälter aufzubewahren. Bereits die Aufnahme kleiner Feuchtigkeitsmengen beeinflusst den Verlauf der Nasslöschkurve. Für den Einzelversuch ist eine Probemenge von $(150 \pm 0,5)$ g abzuwägen.

6.6.5 Durchführung

Das Dewar-Gefäß wird mit (600 ± 1) g destilliertem Wasser von etwa 20 °C (T_0) gefüllt, Thermometer und Blattrührer eingesetzt und bei laufendem Blattrührer, $(300 \pm 10)\text{ min}^{-1}$, die Temperatur kontrolliert; sie darf nicht mehr als $\pm 0,5\text{ °C}$ von 20 °C abweichen. Auch die Kalkprobe muss eine Temperatur von etwa 20 °C aufweisen.

Bei laufendem Rührer wird die eingewogene Probemenge mittels Einführvorrichtung (siehe Bild 13) mit einem Mal in das vorgelegte Wasser gegeben. Dieser Zeitpunkt gilt als Versuchsbeginn. Die Löschtemperaturen werden nach einer halben Minute, nach 1 min und dann jeweils nach 1 min bis zu 10 min, danach nur noch in Abständen von 2 min gemessen.

Bei sehr reaktionsfähigen Kalken ist die Temperaturmessung in kürzeren Abständen vorzunehmen, da die Reaktion bereits nach einigen Minuten beendet sein kann.

Es muss sichergestellt sein, dass der Gefäßinhalt während der gesamten Prüfung vollständig durchgemischt wird. Bei stark eindickenden Kalken kann es daher notwendig sein, nach Erreichen der Reaktionstemperatur von etwa 60 °C die Drehzahl des Rührmotors zu erhöhen.

6.6.6 Auswertung

6.6.6.1 Referenzverfahren

Die gemessenen Temperaturen, in Grad Celsius, werden in einem Diagramm in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt (Nasslöschkurve, Bild 14).

Das Ergebnis wird als die Zeit t bis zum Erreichen der erforderlichen Temperatur T angegeben. Zum Beispiel beträgt bei einer erforderlichen Temperatur von 60 °C das Ergebnis t_{60} in Minuten.

6.6.6.2 Alternativverfahren

Die gemessenen Temperaturen, in Grad Celsius, sind in einem Diagramm in Abhängigkeit von der Zeit, in min, aufzuzeichnen, um die in Bild 14 gezeigte Nasslöschkurve darzustellen. Es wird angenommen, dass der 100 %ige Umsatz des löschraren Kalkes erfolgt ist, wenn die maximale Temperatur T'_{\max} erreicht ist. Dieser Punkt ist beispielhaft in Bild 14 gezeigt. Die Reaktivität des Kalkes ist für die Zeit t_u anzugeben, die für einen 80 %igen Umsatz erforderlich ist. Die Temperatur T_u ist als die Temperatur, in Grad Celsius, definiert, bei der der 80%ige Umsatz des löschraren Kalkes erfolgt ist und wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$T_u = (0,8 \times T'_{\max}) + (0,2 \times T_0), \text{ in Grad Celsius} \quad (18)$$

Nach der Berechnung von T_u ist der Wert t_u aus der Nasslöschkurve, wie in Bild 14 gezeigt, zu bestimmen.

Die Mahlfinheit der Kalkprobe sowie die maximale Temperatur T_{\max} sind ebenfalls aufzuzeichnen. Zur Ermittlung der maximalen Temperatur T_{\max} in Grad Celsius muss die beobachtete maximale Temperatur T'_{\max} unter Berücksichtigung des Wasserwertes korrigiert werden.

$$T_{\max} = (1,1 \times T'_{\max}) - 2, \text{ in Grad Celsius} \quad (19)$$

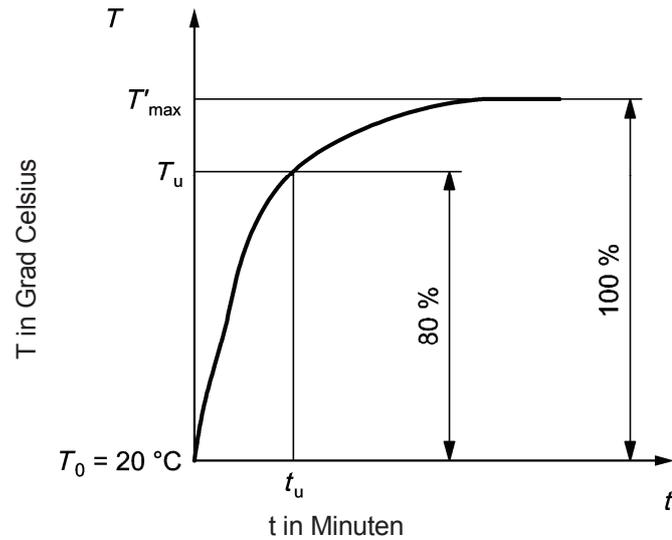


Bild 14 — Beispiel für eine Nasslöschkurve

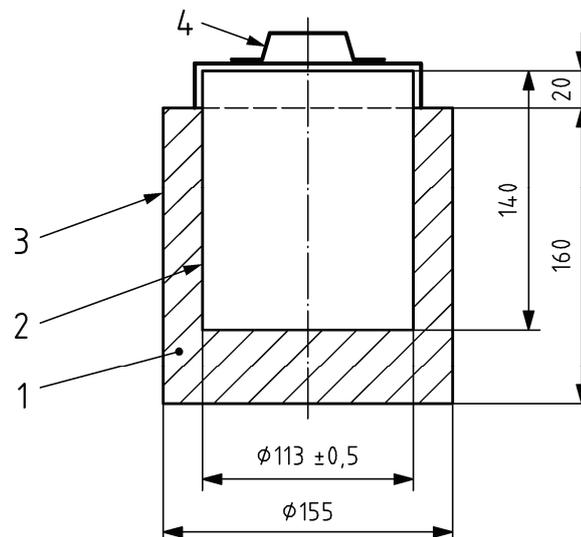
6.7 Ergiebigkeit

6.7.1 Löschgefäß

Das Löschgefäß, in dem die Ergiebigkeit bestimmt wird (siehe Bild 15), muss aus einem doppelwandigen Gefäß aus nichtrostendem Stahl bestehen. Der Hohlraum zwischen den Wänden ist mit einem wärmedämmenden Material, z. B. Mineralwolle, auszufüllen. Die Innenmaße des Löschgefäßes müssen je 2 mm Tiefe einer Ergiebigkeit von 1 dm^3 je 10 kg ungelöschtem Kalk entsprechen.

Das Gefäß ist mit einem Deckel zu verschließen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 wärmedämmendes Material
- 2 innerer Zylinder
- 3 äußerer Zylinder
- 4 Deckel

Bild 15 — Beispiel für Löschgefäß mit Deckel

6.7.2 Durchführung

Zunächst sind (320 ± 1) ml Wasser von (20 ± 2) °C in das Löschgefäß (Bild 15) zu geben und darauf (200 ± 1) g ungelöschter Kalk einzuschütten. Stückkalk ist zu zerkleinern (z. B. auf eine Korngröße von 5 mm).

Bis zum Beginn des Löschens ist die Mischung leicht durchzurühren und dann das nach dem Löschverhalten des Kalkes (mit besonderer Sorgfalt bei hochreaktivem Kalk) erforderliche Restwasser nachzugeben. Der Teig ist nochmals kurz durchzurühren und dann das Löschgefäß mit dem Deckel zu verschließen. Nach rund 24-stündigem Stehen ist der Deckel vom Löschgefäß abzunehmen.

Der Wasserzusatz beim Löschen ist richtig gewählt, wenn sich 24 h nach dem Löschen auf der Oberfläche des Kalkteigs eine geringe Menge Wasser (bis höchstens 40 ml) abgesetzt hat.

Die Ergiebigkeit ist zu bestimmen, wenn sich der Kalkteig von den Gefäßwandungen abgesetzt hat. Hierzu wird die Höhe des Kalkteigs gemessen. Für die Auswertung ist der Mittelwert aus vier Messungen heranzuziehen. Je 2 mm Höhe des Kalkteigs entsprechen einer Ergiebigkeit von 1 dm^3 je 10 kg ungelöschtem Kalk.

6.8 Normmörtel nach Massenanteilen und Wasseranspruch für Ausbreitmaß und Eindringmaß

6.8.1 Allgemeines

Die Messung des Eindringmaßes, des Wasserrückhaltevermögens und des Luftgehaltes erfordert die Aufbereitung eines Normmörtels nach EN 196-1, der auf das entsprechende Ausbreitmaß (Tabelle 3), gemessen mit dem Ausbreittisch nach 6.8.2.1.2, eingestellt wird.

6.8.2 Zusammensetzung und Aufbereitung des Normmörtels

6.8.2.1 Laboratorium und Ausrüstung

6.8.2.1.1 Allgemeines

Laboratorium, Mischer, Normsand und Wasser nach EN 196-1.

6.8.2.1.2 Ausbreittisch

Das Gestell (1) für den Ausbreittisch (siehe Bild 16) muss aus geschweißtem oder gegossenem Stahl bestehen sowie stabil und verwindungsfrei sein. Als Grundlage für die Maße der zu verwendenden Profile gilt Bild 16. Die Breite jedes Stützarms des Gestells (1) muss am unteren Ende mindestens 140 mm und am oberen Ende (nahe der Gegennabe) mindestens 20 mm länger als der Durchmesser der Hubachse (4) sein.

Auf der mit gleichmäßiger Drehzahl ($1 \text{ U} \cdot \text{s}^{-1}$) über eine flexible Kupplung maschinell angetriebenen Welle (2) aus Stahl des Ausbreittisches befindet sich die Hubkurve (3) aus Stahl.

Die Hubkurve hebt die Hubachse (4) mitsamt der Tischplatte (5) einmal jede Sekunde um $(10,0 \pm 0,2)$ mm. Der Hubvorgang ist nach 15 Hubstößen abzuschalten.

Die Hubachse (4) mit einem Durchmesser von (22 ± 8) mm muss aus nichtrostendem Stahl mit feingeschliffener Oberfläche (max. Rautiefe 0,010 mm) bestehen. Über ein M8-Gewinde ist an ihrer Unterseite ein Fuß (12) mit einer Länge von $(12,0 \pm 0,1)$ mm und einem Durchmesser von $(10,0 \pm 0,1)$ mm aus gehärtetem Stahl festzuschrauben. Ein Auflager (6), das eine biegesteife $(4,0 \pm 0,1)$ mm dicke, polierte (Mittenrauwert höchstens 0,003 2 mm) Tischplatte (5) aus nichtrostendem Stahl mit einem Durchmesser von (300 ± 1) mm trägt, ist an der Hubachse oben über ein M16-Gewinde bzw. über eine gesicherte Passung (20,00) mm zu befestigen.

Die Spitze der Hubkurve (3) und die Fläche des aufgeschraubten Fußes (12) der Hubachse (4) sind auf eine Brinell-Härte HBS 150 nach EN ISO 6506-1:2005 zu härten.

Die Steifigkeit der Tischplatte (5) wird erhöht:

- a) durch Befestigung der Tischplatte am Auflager (6), Durchmesser ($100 \pm 0,2$) mm, durch fünf um 72° versetzte ($37,5 \pm 0,1$) mm vom Mittelpunkt entfernte M5-Schrauben. Außerdem wird die Tischplatte aus nichtrostendem Stahl an der Unterseite durch einen aus durch Mörtel nicht angreifbarem Metall gedrehten Kreisring mit einem äußeren Durchmesser von (300 ± 1) mm, einem inneren Durchmesser von ($260 \pm 0,1$) mm und einer Höhe von 5 mm gleichmäßig belastet. Der Kreisring (7) wird durch sechs um 60° versetzte M5-Senkschrauben an der Tischplatte aus nichtrostendem Stahl festgeschraubt; oder
- b) alternativ durch drei um 120° versetzte Stützarme, die aus dem zentralen Auflager bis zum Rand der Tischplatte herausragen. An den Enden der Stützarme sind Auflagerflächen, die mit dem zentralen Auflagerplan bündig und horizontal sind, herzustellen. An dieser Auflagerfläche jedes Stützarms ist die Tischplatte (5) mit einer M5-Senkschraube zu befestigen.

Die Kontaktflächen zwischen der Tischplatte (5), dem Auflager (6) und dem Kreisring (7) beziehungsweise den in Alternative b) angegebenen Stützarmen sind auf eine Rauheit von höchstens 0,003 2 mm zu polieren.

Ein Kreis mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Einstichtiefe von 0,2 mm ist zentrisch auf der Oberseite der Tischplatte aus nichtrostendem Stahl (5) einzufräsen.

Die Tischplatte aus nichtrostendem Stahl muss in der oberen und unteren Stellung der Hubachse horizontal liegen. Das Gewicht der Hubachse, des Auflagers, der Tischplatte aus nichtrostendem Stahl und der Stabilisierungsvorrichtungen muss 4,2 kg bis 4,5 kg betragen. (Sind bei dem Alternativverfahren b) für die Stabilisierung Zusatzgewichte erforderlich, so sind gleichschwere Zusatzgewichte an der Unterseite jedes Stützarms symmetrisch zum Tischplattenmittelpunkt festzukleben).

Die Führungen der Hubachse müssen ein Spiel von 0,05 mm bis 0,1 mm aufweisen. Eine Drehsicherung darf nicht angebracht sein, es muss vielmehr durch exakte Ausbildung der Hubkurvenfläche und des daraufliegenden Teils der Hubachse sichergestellt sein, dass sich der Tisch während der 15 Hübe höchstens um 60° dreht.

Die Hubkurve (3) ist eine glatte und gleichmäßig ansteigende Spirale, welche die Hubachse (4) nach dem Fall erst nach der Drehung von 120° wieder berührt. Bis zum nächsten Fall muss ein dauernder Kontakt zwischen Hubkurve und Hubachse sichergestellt sein.

Die Hubachse muss in zwei mindestens 50 mm voneinander entfernten, feingeschlitzten Bohrungen (max. Rautiefe 0,010 0 mm) geführt werden, wobei die Führungs-Durchbohrungen senkrecht übereinanderliegen müssen.

Alternativ darf die Hubachse in einem senkrechten Rohr mit feingeschlitzter Innenoberfläche (max. Rautiefe 0,010 0 mm) geführt werden. In diesem Fall muss die Hubachse so ausgebildet werden, dass sie ständig an höchstens zwei mindestens 50 mm voneinander entfernten Flächen im Rohr anliegt.

In beiden Fällen muss die in jedem Moment anliegende Fläche der Hubachse 25 cm^2 bis 35 cm^2 betragen.

Die Hubachse muss ungehindert fallen können und ist sauber zu halten. Sie darf nur mit einem dünnflüssigen, nicht verharzenden Mineralöl gefettet werden. Zwischen Tischplatte und Gegennabe (8) am Gestell (1) muss auf dem gesamten Umfang ein Kontakt auf einem horizontalen Kreisring mit einer Breite von mindestens 5 mm vorhanden sein.

Zwischen Unterseite des Auflagers und Gegennabe (8) darf weder Flüssigkeit (Öl, Wasser) noch Staub sein. Dies darf durch die Ausbildung einer Erweiterung des Durchmessers der Führung um 3 mm auf 5 mm Tiefe (von der Gegennabe (8) aus) unterstützt werden.

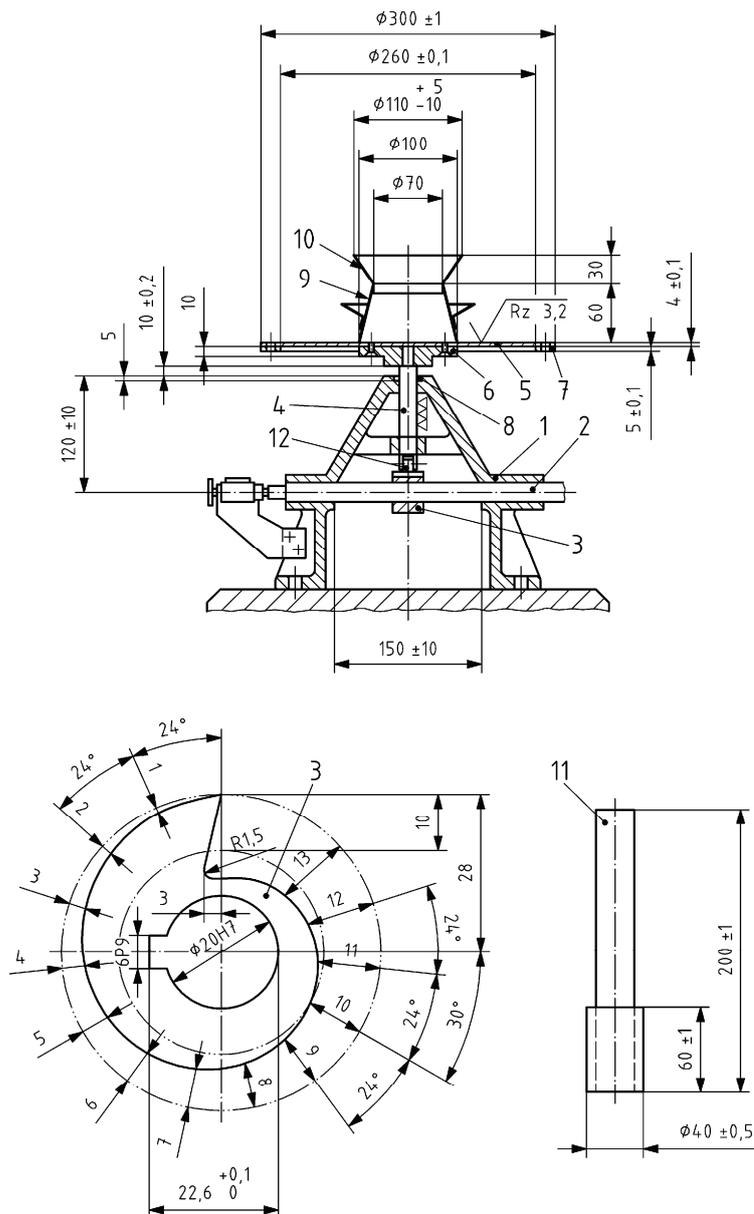
Der Setztrichter (9) und der Aufsatz (10) bestehen aus durch Mörtel nicht angreifbarem Metall (nichtrostender Stahl, Kupfer-Zinklegierung). Der untere lichte Durchmesser, der obere lichte Durchmesser und die Höhe des Setztrichters sind mit einem Grenzabmaß von $\pm 0,5$ mm einzuhalten. Um Verbeulungen des Setztrichters auszuschließen, muss die Dicke des Setztrichters mindestens 2,0 mm betragen.

Der Ausbreittisch ist unmittelbar ohne Nivellierungshilfe auf eine waagerechte, nicht federnde und nicht plastische Unterlage festzuschrauben. Geeignet ist z. B. ein Betonklotz von mindestens 50 kg Gewicht.

Alle hier angegebenen Toleranzen gelten auch für im Gebrauch befindliche Ausbreittische.

Der Stampfer (11) ist ein runder Stab aus wasserundurchlässigem Material mit Blechschutz und muss (250 ± 15) g wiegen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Gestell
- 2 Welle
- 3 Hubkurve
- 4 Hubachse
- 5 Tischplatte
- 6 Auflager
- 7 Kreisring
- 8 Gegennabe
- 9 Setztrichter
- 10 Aufsatz
- 11 Stampfer
- 12 Fuß der Hubachse

Toleranzen nach ISO 2768-m.

Bild 16 — Beispiele für Ausbreittisch, Hubkurve und Stampfer

6.8.2.1.3 Geräte zur Messung des Eindringmaßes

Das Steifemessgerät muss dem in Bild 17 dargestellten Gerät entsprechen.

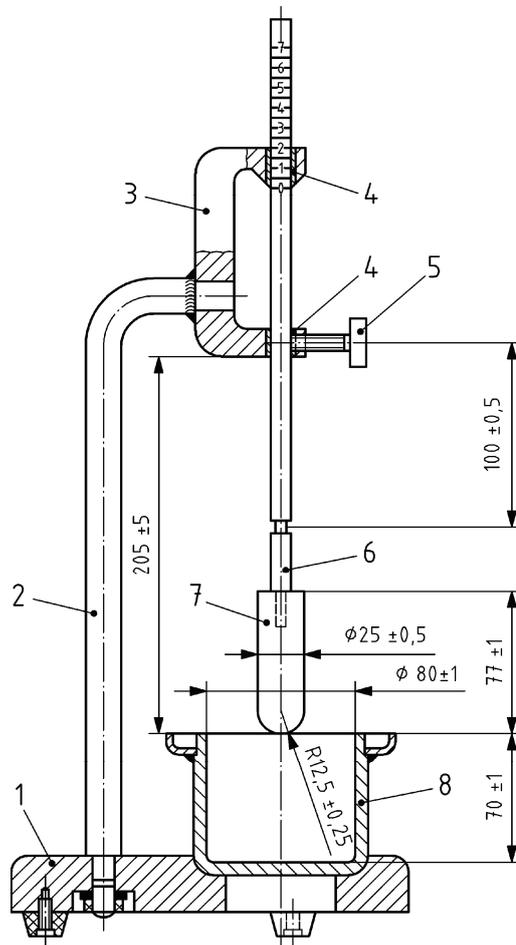
Die Gesamtmasse von Messstab und Eindringkörper muss (90 ± 2) g betragen. Mit einer Feststellschraube muss der Messstab so einstellbar sein, dass der Abstand zwischen dem unteren Ende des Eindringkörpers und der Mörteloberfläche (Fallhöhe) zu Beginn der Prüfung (Ausgangsstellung) (100 ± 1) mm beträgt.

Der Mörtelbehälter muss so in die Grundplatte eingesetzt werden können, dass keine zusätzliche Zentrierung erforderlich ist.

Der Eindringkörper muss an seinem unteren Ende halbkugelförmig sein, muss korrosionsbeständig sein und darf durch Mörtel nicht angreifbar sein.

Der Stampfer muss dem in Bild 16 dargestellten Stampfer entsprechen.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Grundplatte
- 2 Haltebügel
- 3 Lager
- 4 Führungsbuchsen
- 5 Feststellschraube
- 6 Messstab aus Aluminium (Skala mit 2-mm-Teilung)
- 7 Eindringkörper
- 8 Mörtelbehälter (mit Auffangrinne)

Bild 17 — Beispiel für ein Steifemessgerät zur Messung des Eindringmaßes

6.8.2.2 Mischung des Mörtels

Der Mörtel ist nach dem in EN 196-1 beschriebenen Verfahren zu mischen, mit der Ausnahme, dass sich der Wassergehalt nach der erforderlichen Konsistenz, wie in Tabelle 3 beschrieben, richten muss. Für das Mischverfahren gelten die in Tabelle 4 beschriebenen Abweichungen.

Wenn das geforderte Ausbreitmaß (Tabelle 3) mit der gewählten Menge Wasser nicht erreicht wird, ist mit einem neuen Ansatz mit veränderter Wassermenge die richtige Wassermenge zu bestimmen. Die Wassermenge ist auf jeweils 1 g zu wägen.

ANMERKUNG Zweckmäßigerweise wird hierzu das Ausbreitmaß gegen die Wassermenge aufgetragen und die erforderliche Wassermenge abgelesen. Dies erleichtert die Bestimmung der erforderlichen Wassermenge.

Tabelle 3 — Werte für Ausbreitmaß

Baukalkart	Ausbreitmaß
Kalkhydrat, Dolomitmalkhydrat	(165 ± 3) mm
NHL 2, FL 2	
NHL 3,5; FL 3,5;	
NHL 5, FL 5, HL 2, HL 3,5, HL 5	(185 ± 3) mm

Tabelle 4 — Mischverfahren für Kalk mit hydraulischen Eigenschaften

Arten von Kalk mit hydraulischen Eigenschaften	Mischverfahren
Alle Arten von NHL, FL und HL	Wie in EN 196-1
Für FL mit organischen Zusätzen (siehe EN 459-1:2010, Anhang D) ist dieses Mischverfahren empfohlen	<ul style="list-style-type: none"> a) Wasser und Bindemittel sind in die Mischschüssel zu geben; b) Mischer mit niedriger Geschwindigkeit (siehe EN 196-1:2005, Tabelle 2) starten; gleichzeitig wird mit dem Zeitnehmen der Mischvorgänge begonnen. Nach 30 s ist der Sand gleichmäßig während der nächsten 30 s hinzuzufügen. Danach ist das Mischen während weiterer 30 s bei niedriger Geschwindigkeit fortzusetzen; c) der Mischer ist danach für 30 s anzuhalten, aller Mörtel, der an der Wand und am unteren Teil der Schüssel klebt, ist mit einem Gummi- oder Kunststoffschraper zu entfernen und in die Mitte der Schüssel zu geben; d) das Mischen ist bei der niedrigen Geschwindigkeit für weitere 15 s fortzusetzen.

6.8.2.3 Ausbreitmaß

6.8.2.3.1 Wenn der Ausbreittisch eine Stunde vor der Prüfung nicht benutzt wurde, ist der Tisch mehrere Male „leer“ zu heben. Zwischen dem Auflager (6) und der Gegennabe (8) dürfen sich weder Flüssigkeit noch Schmutz befinden (siehe Bild 16).

6.8.2.3.2 Zur Bestimmung des Ausbreitmaßes ist der Setztrichter mittig auf die saubere und trockene Platte des Ausbreittisches (siehe 6.8.2.1.2) zu stellen. Der Mörtel ist sofort in zwei Schichten einzufüllen, wobei der Setztrichter mit dem Aufsatz derart mit einer Hand auf die Platte gedrückt wird, dass sein Rand mit dem auf der Platte angezeigten Kreis übereinstimmt. Jede Mörtelschicht ist mit 10 leichten Stößen mit dem Stampfer (Bild 16, (11)) so zu verteilen, dass der Setztrichter gleichmäßig gefüllt ist.

Danach ist der Aufsatz unverzüglich zu entfernen und der überstehende Mörtel abzustreichen. Der Ausbreittisch ist zu säubern und jegliches Wasser in der Nähe des Setztrichters abzuwischen. Nach 10 s bis 15 s ist der Setztrichter langsam senkrecht nach oben abzuziehen und der Mörtel durch Betätigung des Motors auf der Tischplatte mit 15 Hubstößen auszubreiten. Durch den maschinellen Antrieb ist dafür zu sorgen, dass jede Sekunde ein Hubstoß erfolgt. Der Durchmesser des Kuchens ist nach zwei zueinander senkrechten Richtungen mittels eines Messschiebers zu messen. Das Ausbreitmaß ist der auf 1 mm angegebene Mittelwert dieser Messungen.

6.8.3 Wasseranspruch für Ausbreitmaß und Eindringmaß

Anzugeben ist diejenige Wassermenge — der Wasseranspruch — in Gramm, die für einen Mörtelansatz nach 6.8.2.2 benötigt wird, um ein Ausbreitmaß entsprechend Tabelle 3 zu erhalten. Zusätzlich ist dasjenige Eindringmaß in Millimeter anzugeben, die dieser Mörtel bei der Prüfung mit einem Steifemessgerät nach 6.8.2.1.3 aufweist.

Zur Messung des Eindringmaßes ist der Mörtel innerhalb von 3 min nach Beendigung des Mischvorgangs in den Mörtelbehälter nach 6.8.2.1.3 in zwei Lagen einzufüllen. Jede Schicht ist durch zehn Stöße mit dem Stampfer zu verteilen.

Der überstehende Mörtel muss mit einem leicht schräg gehaltenen Stahllineal langsam mit sägender Bewegung abgestrichen und anschließend ebenso geglättet werden; dabei ist eine Verdichtung des Mörtels zu vermeiden. Der Mörtelbehälter ist bei dem in Ausgangsstellung gebrachten Eindringkörper in die Grundplatte einzusetzen. Dann ist die Feststellschraube zu lösen, um den Eindringkörper freizugeben. An der Unterseite der abgeschrägten oberen Führungsbuchse ist daraufhin das Eindringmaß in Millimeter abzulesen.

6.9 Wasserrückhaltevermögen

6.9.1 Kurzbeschreibung

Das Wasserrückhaltevermögen von Norm-Frischmörtel nach 6.8.2.2 wird ausgedrückt als derjenige Wasseranteil in Prozent, der nach dem kurzzeitigen Wasserentzug durch Filterpapier im Mörtel verbleibt.

6.9.2 Geräte

6.9.2.1 Filterplatte, 190 mm × 190 mm × 2 mm. Um die erforderliche Tiefe von 2 mm zu erreichen, kann mehr als eine Platte verwendet werden.

6.9.2.2 Faservlies, Durchmesser 185 mm.

6.9.2.3 Kunststoffring, konisch, Innendurchmesser 140 mm unten, 150 mm oben, 12 mm hoch.

6.9.2.4 Waage, mit Fehlergrenzen von 0,1 g.

6.9.2.5 Stahllineal.

6.9.2.6 Zwei Kunststoffplatten 200 mm × 200 mm × 5 mm.

6.9.3 Herstellung des Prüfmörtels

Die Herstellung des Prüfmörtels erfolgt nach 6.8.2.2. Geräte, Probenlagerraum und Prüfraum müssen eine Temperatur von (20 ± 2) °C aufweisen; die relative Luftfeuchte im Probenlagerraum und/oder Prüfraum muss größer als 50 % sein.

6.9.4 Durchführung

Zu Beginn der Prüfung muss der Wasseranteil (W_1) des nach 6.9.3 hergestellten Prüfmörtels bekannt sein.

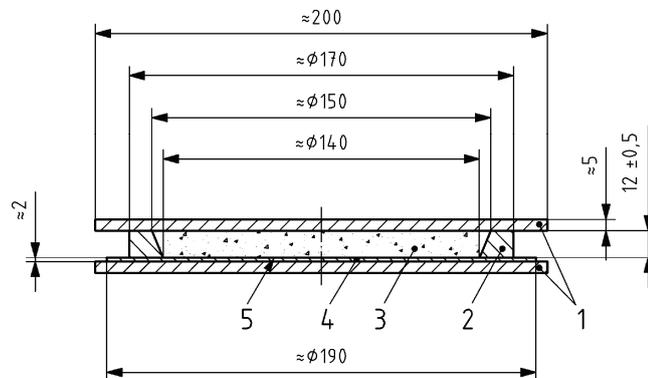
In Bild 18 ist schematisch die Prüfanordnung dargestellt. Die trockene Filterplatte wird zusammen mit einer der beiden Kunststoffplatten gewogen (m_{17}). Auf die Filterplatte wird ein Faservlies gelegt. Hierauf wird der Kunststoffring mit der kleinen Öffnung nach unten aufgelegt und alles gemeinsam gewogen (m_{18}).

Die Prüfung muss 15 s nach Beendigung des Mischvorgangs erfolgen, das heißt, sie beginnt mit dem Einfüllen des Mörtels in den Kunststoffring erfolgen.

Der Mörtel ist möglichst schnell und gleichmäßig in den Kunststoffring einzufüllen und sofort mit dem Stahl-lineal abzuwiegen. Anschließend ist erneut zu wiegen (m_{19}) und sofort danach mit der zweiten Kunststoffplatte abzudecken. Nach einer Gesamtsaugzeit von 5 min wird die Prüfanordnung umgestülpt, die untere Kunststoffplatte mit der Filterplatte sofort abgenommen und gewogen (m_{20}).

Sollte die von der Filterplatte aufgesaugte Wassermenge $W_3 = m_{20} - m_{17}$ größer als 10 g sein, so ist der Versuch mit mindestens zwei Filterplatten zu wiederholen. Die Anzahl n der zu verwendenden Filterplatten ist so zu wählen, dass der Quotient $W_3/n \leq 10$ g ist.

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Kunststoffplatte
- 2 Kunststoffring
- 3 Prüfmörtel
- 4 Filterplatte(n)
- 5 Faservlies

Bild 18 — Beispiel einer Versuchsanordnung zur Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens von Frischmörtel

6.9.5 Auswertung

Das Wasserrückhaltevermögen (WRV) muss sich über folgende Gleichungen ergeben.

Der Wasseranteil (W_1) des Prüfmörtels ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$W_1 = \frac{m_{21}}{m_{21} + m_{22}} \quad (20)$$

Dabei ist

- W_1 der Wasseranteil des Prüfmörtels;
- m_{21} die Gesamtwassermasse im Frischmörtel, in Gramm;
- m_{22} die Trockenmörtelmenge, in Gramm.

Der Wassergehalt des Mörtels im Kunststoffring (W_2) ist nach den folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$W_2 = m_{23} \times W_1 \quad (21)$$

$$m_{23} = m_{19} - m_{18}$$

Dabei ist

- W_2 der Wassergehalt des Mörtels im Kunststoffring, in Gramm;
- m_{23} die Masse des Mörtels im Kunststoffring, in Gramm;
- m_{18} die Masse der Kunststoffplatte, der Filterplatte, des Faservlieses und des Kunststoffrings, in Gramm;
- m_{19} die Masse der Kunststoffplatte, der Filterplatte, des Faservlieses und des Kunststoffrings mit Mörtel, in Gramm.

Die von der Filterplatte aufgesaugte Wassermasse (W_3) ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$W_3 = m_{20} - m_{17} \quad (22)$$

Dabei ist

- W_3 die von der Filterplatte aufgesaugte Wassermasse, in Gramm;
- m_{17} die Masse der trockenen Filterplatte und Masse der Kunststoffplatte, in Gramm;
- m_{20} die Masse der feuchten Filterplatte und Masse der Kunststoffplatte, in Gramm.

Der relative Wasserverlust des Mörtels (W_4), in Prozent, ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$W_4 = \frac{W_3}{W_2} \times 100 \quad (23)$$

Dabei ist

- W_4 der relative Wasserverlust des Mörtels, in Prozent.

Das Wasserrückhaltevermögen (WRV), in Prozent, ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$WRV = 100 - W_4 \quad (24)$$

Die Einzelwerte und der Mittelwert aus zwei Einzelwerten sind auf 0,1 % anzugeben.

6.10 Luftgehalt

6.10.1 Geräte

Der Luftgehalt des Frischmörtels wird mit einem justierten Prüfgerät von 1 dm³ oder 0,75 dm³ Volumen nach dem Druckausgleichsverfahren gemessen.

Das Prüfgerät muss eine Druckkammer haben, in der ein definierter Druck erzeugt wird. Durch Öffnen eines Überstromventils wird der Druckausgleich zum Probenbehälter (Messgefäß), der mit Frischmörtel gefüllt ist, hergestellt. Der Druckabfall ist ein Maß für den im Frischmörtel vorhandenen Luftgehalt. Der Luftgehalt im Mörtel ist auf einer Kalibrierkurve nach 6.10.2 abzulesen.

6.10.2 Kalibrierung des Gerätes

6.10.2.1 Allgemeines

Das Gerät ist mindestens alle sechs Monate zu kalibrieren. Es ist eine Kalibrierkurve im Bereich von 0 % bis 25 % Luftgehalt mit Abständen von jeweils 5 % aufzustellen. Jeder korrigierte Wert ist aus dem Mittelwert von drei der in 6.10.2.2 und 6.10.2.3 beschriebenen Messungen zu berechnen.

6.10.2.2 Bestimmung des Gefäßvolumens

Das Volumen des während der Prüfung mit Mörtel gefüllten Gefäßes ist zu bestimmen, indem die Masse des sauberen Wassers von (20 ± 2) °C, die das Gefäß enthalten kann, bestimmt wird. Das leere Gefäß und eine Glasplatte sind zu wiegen. Das leere Gefäß muss vollständig mit Wasser gefüllt und sorgfältig mit der Glasplatte abgedeckt werden, damit sich keine Luftblasen bilden können. Das volle Gefäß und die Glasplatte sind zu wiegen, und die Masse des Wassers ist aus der Differenz zu bestimmen.

6.10.2.3 Kalibrierverfahren

Das Gefäß ist mit sauberem Wasser von (20 ± 2) °C zu füllen. Das Oberteil des Gerätes ist auf den Rand des Gefäßes zu setzen und fest zu verschließen. Das Gefäß ist mit dem Füllrohr mit Wasser zu füllen, bis das Wasser aus den Rohren fließt. Beide Ventile sind zu verschließen. Die Druckkammer ist auf den vorgeschriebenen Druck zu bringen. Dann ist zwischen Druckkammer und Gefäß ein Druckausgleich herzustellen. Das Ventil des Verlängerungsrohres (nach unten gekrümmt) ist leicht zu öffnen.

ANMERKUNG Nur für dieses Kalibrierverfahren wird das Rohr mit einem Verlängerungsrohr versehen.

Das Verlängerungsrohr muss fast bis zum Boden des Gefäßes reichen. Es ist zu öffnen, damit eine ausreichende Menge Wasser (10 ml entsprechen ungefähr 1 % Luft) ablaufen kann. Der genaue Prozentsatz hängt vom Volumen des Gefäßes ab, das nach 6.10.2.2 zu messen ist (als Masse oder Volumen auf 0,1 cm³). Der angegebene Luftgehalt muss abgelesen und die Kalibrierung muss fortgesetzt werden, indem erneut ein Druck in der Druckkammer erzeugt, ein Druckausgleich hergestellt, das Ventil des Verlängerungsrohres geöffnet wird usw.

6.10.3 Herstellung des Prüfmörtels

Der Prüfmörtel ist nach 6.8.2.2 herzustellen. Die Bestimmung des Luftanteils ist frühestens 5 min nach Mischen des Prüfmörtels durchzuführen. Die Prüfung ist an zwei Proben durchzuführen.

6.10.4 Durchführung

Der Mörtel ist mit einem Löffel etwa bis zur halben Höhe in das Messgefäß einzufüllen. Zur Verdichtung des Mörtels muss das Gefäß auf einer festen und unnachgiebigen Unterlage an wechselnden Seiten zwischen 10-mal und 20-mal um etwa 30 mm angehoben und fallengelassen werden. Danach muss ein weiterer Mörtel bis zum oberen Rand des Messgefäßes eingefüllt und in gleicher Weise verdichtet werden.

Es muss so viel Mörtel nachgefüllt werden, dass sich ein abziehfähiger Überstand bildet. Dieser ist anschließend abzustreichen.

Das Oberteil des Prüfgerätes (konischer Zylinder mit Anschlussstrichter) wird aufgesetzt und fest verschlossen.

Das noch freie Volumen des Gefäßes ist mit Wasser zu füllen, bis die gesamte Luft über dem Prüfkörper entwichen ist; dies wird durch das Ausströmen von Wasser durch das Verlängerungsrohr angezeigt. Dann sind die Ventile zu schließen, und es ist Luft einzupumpen, bis der vorgeschriebene Druck im Oberteil (Druckkammer) erreicht ist. Zu hoher Druck ist durch ein spezielles Ventil zu korrigieren. Nach erfolgtem Druckausgleich ist der Luftgehalt an der Kalibrierkurve anhand des angegebenen Druckes abzulesen.

6.10.5 Angabe der Ergebnisse

Der Luftgehalt ist in % (Mittelwert von zwei Bestimmungen) auf 0,5 % anzugeben.

6.11 Druckfestigkeit

6.11.1 Allgemeines

Die Druckfestigkeit ist nach EN 196-1 zu bestimmen, wobei anstelle des Wortes „Zement“ „Kalk mit hydraulischen Eigenschaften“ einzusetzen ist. Für jede Mischung sind drei Prüfkörper herzustellen.

Es müssen jedoch die Abweichungen nach 6.11.2 gelten.

6.11.2 Abweichungen gegenüber EN 196-1

6.11.2.1 Zusammensetzung des Mörtels

Siehe Tabelle 5 für die Wasser-Bindemittel-Werte der verschiedenen Baukalkprodukte.

Tabelle 5 — Wasserbindemittelwerte

Art des Produktes	Schüttdichte kg/dm³	Wasserbindemittelwert	Masse des Wassers g
HL 5, NHL 5, FL 5	> 0,6	0,5	225 ± 2
HL 2, NHL 2, FL 2, HL 3,5; NHL 3,5; FL 3,5	> 0,6	0,55	248 ± 2
HL 2, NHL 2, FL 3,5; HL 3,5; NHL 3,5; NHL 5, FL 5	≤ 0,60	0,60	270 ± 2
FL 2	≤ 0,60	0,65	292,5 ± 2

6.11.2.2 Verdichten der Probekörper

6.11.2.2.1 Allgemeines

Als Referenzverfahren gilt die Verdichtung mit dem Vibrationstisch (6.11.2.2.2).

Das in EN 196-1 angegebene Verfahren (Schocktisch) ist ein Alternativverfahren.

Es dürfen Alternativverfahren zur Verdichtung angewendet werden, wenn in Parallelprüfungen mit drei unterschiedlichen hydraulischen Kalken HL 5 bzw. NHL 5 die absolute Differenz der jeweiligen Mittelwerte der 28-Tage-Druckfestigkeit (aus mindestens 10 Prüfergebnissen) den Wert 1,5 MPa nicht überschreitet.

6.11.2.2.2 Vibrationstisch

Der Vibrationstisch (siehe Bild 19) muss den folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Antrieb elektromagnetischer Vibrator mit einer nominalen sinusförmigen Vibration;
- b) Stromversorgung
 - 1) Spannung : 230/240 V;
 - 2) Phase : einfach;
 - 3) Stromaufnahme : maximal 6,3 A;
 - 4) Frequenz : nominal 50 Hz.
- c) Vibrationsmasse (einschließlich leerer Form, Aufsatzkasten und Spannvorrichtung, ohne Vibrator):
(35 ± 0,1) kg;
- d) Eigenfrequenz der Vibrationsmasse: (53,00 ± 0,25) Hz;
- e) Vibrationsplatte Die Arbeitsplatte muss eben beschliffen sein.
Mindestmaße (Breite × Tiefe) 400 mm × 300 mm
Entweder:
 - 1) einschichtig aus nichtrostendem Stahl (Mindestdicke 10 mm)
 - oder
 - 2) zweischichtig aus Metall (Mindestdicke 20 mm) mit mindestens 1 mm dicker dauerhaft kraft- und formschlüssig mit der Unterlage verbundener Auflage aus nichtrostendem Stahl;
- f) Formhalterung Spannvorrichtung, passend zu Prismenformen
40 mm × 40 mm × 160 mm mit aufgesetztem Aufsatzkasten;
- g) Masse des Tisches ≥ 100 kg.

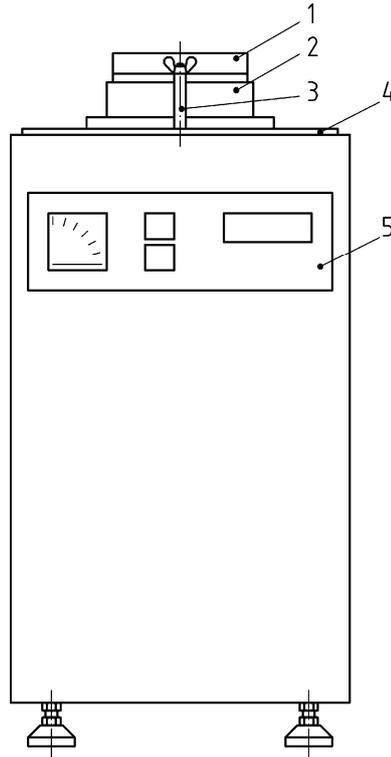
Der Vibrationstisch ist mit den an der Unterseite angebrachten Stellschrauben so aufzustellen, dass die Schwingplattenarbeitsfläche von der Horizontalen nicht mehr als 1 mm/m abweicht.

Die Schwingplatte darf nur einachsige, lotrechte Schwingungen ausführen. Die bei eingespannter, leerer Form auf den mittleren Stegen und auf den äußeren Ecken der Form gemessene doppelte Amplitude muss (0,75 ± 0,10) mm betragen. Die Schwingbreite muss ständig angezeigt werden.

Der Tisch muss mit Führungen oder Ähnlichem so ausgerüstet sein, dass die Form etwa in der Mitte der Arbeitsfläche gehalten wird.

Die Form mit aufgesetztem Aufsatzkasten muss durch eine Spannvorrichtung fest aufgespannt werden können.

Die Dauer der Vibration muss mit einer Schaltuhr auf 1 s eingestellt werden können.



Legende

- 1 Aufsatzkasten
- 2 Form
- 3 Klemme
- 4 Schwingplatte
- 5 Steuerpult mit Anzeige der Amplitude, Zeitschalter, Amplitudeneinstellung, Hauptschalter

Bild 19 — Beispiel eines Verdichtungsgerätes „Vibrationstisch“ (Prinzipschema)

6.11.2.2.3 Verdichtungsverfahren

Die Prüfkörper sind unmittelbar nach dem Mischen des Mörtels herzustellen.

Der Mörtel ist mit dem Vibrationstisch zu verdichten.

Die Form ist fest aufzuspannen. Nach Einschalten des Vibrators sind die Fächer der Form innerhalb von höchstens 45 s mit dem Mörtel in zwei Lagen nach folgendem Zeitplan zu füllen.

Mit der ersten Lage Mörtel sind die Fächer der Form mit einem Löffel von rechts beginnend innerhalb 15 s bis ungefähr zur Hälfte zu füllen.

Ohne Abschalten des Vibrators ist dann nach einer Einfüllpause von 15 s innerhalb der nächsten 15 s die zweite Lage wiederum von rechts beginnend einzubringen. Die gesamte Mörtelmenge nach 6.11.2.1 muss eingefüllt werden. Nach insgesamt (120 ± 1) s muss sich der Vibrator automatisch abschalten.

Die Form ist möglichst erschütterungsfrei von dem Vibrationstisch zu heben und der Aufsatzkasten zu entfernen. Der überstehende Mörtel ist unmittelbar danach mit einem geraden Metalllineal (siehe EN 196-1:2005, Bild 3) abzustreichen, das dabei fast senkrecht gehalten und langsam in einer horizontalen, sägenden Bewegung (siehe EN 196-1:2005, Bild 2) je einmal in jeder Richtung geführt wird. Die Oberfläche der Prüfkörper ist mit dem gleichen Metalllineal zu glätten, wobei es fast flach gehalten wird.

6.11.2.3 Lagerung der Prüfkörper nach dem Entformen

6.11.2.3.1 Bei NHL 2, FL 2 und FL 3,5

Bis zur Prüfung der Druckfestigkeit werden die entformten Prüfkörper mit den Zeittoleranzen nach EN 196-1 in einem großen Kasten (nach EN 196-1:2005, 4.1), der eine gleichbleibende Temperatur von (20 ± 1) °C und eine relative Luftfeuchte von nicht weniger als 60 % aufweist, gelagert. Eine Anreicherung mit atmosphärischem Kohlenstoffdioxid ist nicht erlaubt.

6.11.2.3.2 Bei allen anderen Typen von Kalk mit hydraulischen Eigenschaften

Bis zur Prüfung der Druckfestigkeit werden die entformten Prüfkörper mit den Zeittoleranzen nach EN 196-1 in einem großen Kasten (nach EN 196-1:2005, 4.1), der eine gleichbleibende Temperatur von (20 ± 1) °C und eine relative Luftfeuchte von nicht weniger als 90 % aufweist, gelagert.

6.11.2.3.3 Belastungsgeschwindigkeit

Die Belastungsgeschwindigkeit muss für alle Arten von hydraulischem Kalk (400 ± 40) N/s betragen.

Anhang A (informativ)

Berechnungsbeispiel für die Ergebnisse der Siebung

Sieb- größen	<i>R</i>		<i>R</i>		Siebrückstand		Siebdurchgang	
	g		G		Einzelwerte <i>m (P_i)</i>		Kumulierte Werte	
					g	%	%	
10		0,0			0,0	0,0	0,0	100,0
5		32,9			32,9	22,5	22,5	77,5
2	130,5	97,6			97,6	66,9	89,4	10,6
0,2				11,0	11,0	7,5	96,9	3,1
0,09			11,6	0,6	0,6	0,5	97,4	2,6
Pfanne	15,4		3,8		3,8	2,6	100,0	0,0
	145,9	130,5	15,4		145,9	100,0		

Masse der angelieferten Probe	9 087,0	g
Probeteilung	Ja	
Anzahl der Teilungen	6	
Masse der Messprobe	145,9	g

Einwaage auf 2 mm	145,9	g
Einwaage auf 5 mm	130,5	g
Einwaage auf 0,09 mm	15,4	g
Einwaage auf 0,2 mm	11,6	g

Anhang B (informativ)

Präzisionsdaten für die Prüfmethode

Die Grenzen der Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit wurden in einem Rundversuch nach ISO 5725-2 bestimmt.

Tabelle B.1 — Präzisionsdaten für die chemischen Prüfmethode

Parameter		Produkt	L	N	$\bar{\bar{x}}$	s_r	s_R	r	R
CaO	%	CL90-Q	14	52	96,188	0,126	0,385	0,349	1,067
		CL90-S	15	57	74,187	0,148	0,341	0,409	0,946
		DL90-S	13	49	47,446	0,201	0,918	0,556	2,543
MgO		CL90-Q	15	56	1,078	0,076	0,113	0,21	0,312
		CL90-S	13	49	0,495	0,017	0,066	0,047	0,183
		DL90-S	13	49	32,786	0,267	0,678	0,74	1,878
CO ₂		CL90-Q	14	54	0,423	0,017	0,059	0,048	0,164
		CL90-S	13	50	0,561	0,038	0,076	0,105	0,21
		DL90-S	12	46	0,855	0,035	0,145	0,097	0,4
Freies Wasser	CL90-S	14	55	0,448	0,057	0,138	0,157	0,384	
	DL90-S	13	52	0,465	0,044	0,158	0,122	0,437	
Glühverlust	CL90-Q	9	36	1,228	0,012	0,066	0,034	0,182	
	CL90-S	12	48	24,879	0,05	0,108	0,139	0,3	
	DL90-S	13	52	17,101	0,061	0,15	0,17	0,415	
verfügbarer Kalk	CL 90-Q	17	64	94,46	0,19	0,46	0,53	1,28	
	CL 90-S	17	68	92,38	0,29	0,70	0,82	1,96	
	CL 80-Q	14	56	69,6	0,29	1,06	0,81	3,0	
	CL 80-S	17	56	70,73	0,31	1,28	0,88	3,59	
	FL A	17	64	52,97	0,45	1,49	1,25	4,18	
	FL B	17	64	47,90	0,57	3,00	1,59	8,39	
NHL 3,5	17	64	32,12	0,41	3,18	1,16	8,90		
L	Anzahl der ausgewerteten Labore			s_R	Vergleichstandardabweichung				
N	Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte			r	Wiederholbarkeit				
$\bar{\bar{x}}$	Gesamtmittelwert			R	Vergleichbarkeit				
s_r	Wiederholstandardabweichung								

Tabelle B.2 — Präzisionsdaten für die physikalischen Prüfmethode

Parameter		Produkt	L	N	$\bar{\bar{x}}$	s_r	s_R	r	R
Druckfestigkeit	MPa	NHL 2	10	28	4,1	0,24	0,71	0,67	1,97
		NHL 3,5	10	28	3,8	0,38	1,0	1,0	2,8
		FL A2	10	28	3,3	0,21	0,49	0,58	1,37
Wasseranspruch für Ausbreitmaß	ml	NHL 2	9	24	343,09	2,43	24,17	6,82	67,68
		NHL 3,5	9	22	324,33	2,54	14,70	7,11	41,15
		FL A2	8	21	380,91	3,72	25,99	10,42	72,77
Ausbreitmaß	mm	NHL 2	9	24	164,54	1,25	2,05	3,49	5,75
		NHL 3,5	10	27	184,73	1,42	1,78	3,98	4,99
		FL A2	9	24	165,63	1,76	1,54	4,94	4,30
Eindringmaß	mm	NHL 2	7	21	23,15	0,95	6,56	2,67	18,38
		NHL 3,5	7	21	28,76	2,00	10,32	5,60	28,90
		FL A2	7	21	20,22	1,59	7,21	4,45	20,17
Luftgehalt	%	NHL 2	8	24	2,79	0,17	0,61	0,46	1,70
		NHL 3,5	8	24	2,80	0,24	0,94	0,68	2,63
		FL A2	8	24	7,10	0,36	0,85	1,00	2,37
Erstarrungsbeginn	h	NHL 2	9	24	5,61	0,63	2,01	1,76	5,64
		NHL 3,5	9	24	4,95	0,62	1,64	1,73	4,58
		FL A2	9	24	5,61	0,18	2,09	0,49	5,85
Erstarrungsende	h	NHL 3,5	8	21	11,02	0,63	3,95	1,78	11,06
Reaktivität t_{50}	min	CL 80-Q	15	56	10,2	0,38	0,7	1,06	2,0
Reaktivität t_{60}	min	CL 80-Q	15	56	21	0,84	2,03	2,34	5,7
Reaktivität t_{60}	min	CL 90-Q	15	56	9,9	0,36	0,58	1,0	1,64
Luftstrahlsiebung 0,2 mm	%	CL 80-Q	15	60	4,08	0,19	0,38	0,53	1,07
Luftstrahlsiebung 0,09 mm	%	CL 80-Q	15	60	15,4	0,27	0,74	0,77	2,06
Luftstrahlsiebung 0,09 mm	%	CL 90-Q	15	60	1,0	0,08	0,21	0,23	0,59
L	Anzahl der ausgewerteten Labore			s_R	Vergleichsstandardabweichung				
N	Anzahl der ausreißerfreien Einzelwerte			r	Wiederholbarkeit				
$\bar{\bar{x}}$	Gesamtmittelwert			R	Vergleichbarkeit				
s_r	Wiederholstandardabweichung								

Literaturhinweise

- [1] EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- [2] ISO 383, *Laboratory glassware — Interchangeable conical ground joints*
- [3] ISO 5725-2, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*
- [4] ISO 2768-1:1989, *General tolerances — Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications*