

Zementprüfungen

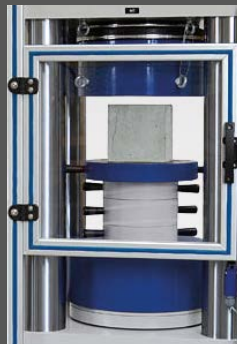
Gesteinskörnungsprüfungen

Frischbetonprüfungen

Festbetonprüfungen

Zimmer / Reuter

Schriftenreihe des **VDB**



## Betonprüfung kompakt

Die 33 wichtigsten Untersuchungen  
in Wort und Bild

2. Auflage

edition beton

VERLAG  BAU+TECHNIK

Betonprüfung kompakt

Die 33 wichtigsten Untersuchungen in Wort und Bild

VLB-Meldung

Zimmer, Uwe P. / Reuter, Hans-Heinrich:

**Betonprüfung kompakt**

Die 33 wichtigsten Untersuchungen in Wort und Bild

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Erkrath: Verlag Bau+Technik GmbH, 2019

**eISBN 978-3-7640-0742-3**

© by Verlag Bau+Technik GmbH, Erkrath 2016  
Gesamtproduktion: Verlag Bau+Technik GmbH,  
Steinhof 39, 40699 Erkrath  
**www.verlagbt.de**

### **Haftungsausschluss**

Die Inhalte und Lösungsvorschläge in diesem Buch sind nach bestem Wissen zusammengestellt. Hinsichtlich des Anwendens der Inhalte kann von den Autoren und vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. Das Buch ersetzt nicht die aufgabenbezogene Vorbereitung der Leistung durch den Anwender. Das Anwenden der Inhalte entbindet nicht von der Pflicht zur Prüfung der Vorgaben im technischen Regelwerk und deren Gültigkeit für den jeweiligen Anwendungsfall. Das Anwenden der Inhalte und der Lösungsvorschläge berechtigt zu keinerlei Regressansprüchen gegenüber den Autoren und dem Verlag.

Die im Buch erwähnten Logos, Marken und Produktnamen sind markenrechtlich geschützt, auch wenn dies am Ort der Erwähnung nicht gesondert aufgeführt wird.

Die Inhalte und Abbildungen in diesem Buch unterliegen dem Urheberschutz. Eine Verwendung oder Vervielfältigung - auch auszugsweise - ist nur mit der Genehmigung des Verlags in jedem Einzelfall möglich.

Dieses Buch enthält Literaturhinweise und sogenannte „externe Links“ (Verlinkungen) zu Webseiten, auf deren Inhalte die Autoren und der Verlag keinen Einfluss haben. Aus diesem Grund können die Autoren und der Verlag für diese Inhalte keine Gewähr übernehmen. Für die Inhalte und Richtigkeit der dort bereitgestellten Informationen ist der jeweilige Anbieter der Literatur bzw. der verlinkten Webseite verantwortlich. Zum Zeitpunkt der Verlinkung waren keine Rechtsverstöße erkennbar.

# **Betonprüfung kompakt**

## **Die 33 wichtigsten Untersuchungen in Wort und Bild**

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Dipl.-Ing. Uwe P. Zimmer

Dipl.-Ing. M. Eng. Hans-Heinrich Reuter





## Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Arbeitserklärungen .....	7
Vorsichtsmaßnahmen bei Baustoffprüfarbeiten im Labor und Probenahme .....	8
Danksagungen / Werksfotos / Allgemeiner Haftungsausschluss .....	12
DIN EN 206:2014-07 / EN 206:2013 (D) .....	13

### Zementprüfungen

1 Bestimmung der Abbindezeiten – Vicat-Prüfung (Referenzverfahren) .....	DIN EN 196-3:2017-03	15
2 Bestimmung der Mahlfineinheit mittels Luftdurchlässigkeitsverfahren – Oberfläche nach Blaine .....	DIN EN 196-6:2017-05	25
3 Herstellung und Lagerung von Zementmörtelprismen .....	DIN EN 196-1:2016-11	35
4 Bestimmung der Festigkeit – Biegezugfestigkeit von Zementmörtelprismen .....	DIN EN 196-1:2016-11	41
5 Bestimmung der Druckfestigkeit von Zementmörtelprismen .....	DIN EN 196-1:2016-11	47

### Gesteinskörnungsprüfungen

6 Trocknungsverfahren – Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung (Referenz) .....	DIN EN 1097-5:2008-06	53
7 Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes – Prüfverfahren mittels CM-Gerät (Calciumcarbid) .....	Anlehnung an DIN 18560-4:2012-06	59
8 Oberflächenfeuchte – Prüfung mittels Thaulow-Verfahren .....	nicht genormt	63
9 Korngrößenverteilung von Gesteinskörnungen mit dichtem Gefüge – Siebversuch .....	DIN EN 933-1:2012-03, DIN EN 12620:2008-07, DIN 1045-2:2008-08	69
10 Kornform und Kornformkennzahl SI von Gesteinskörnungen mit dichtem Gefüge .....	DIN EN 933-4:2015-01	77
11 Kornform und Plattigkeitskennzahl FI von Gesteinskörnungen – Referenzverfahren .....	DIN EN 933-3:2012-04	83
12 Trockenrohdichte von Gesteinskörnungen – Messzylinderverfahren .....	DIN EN 52102:2013-10	89
13 Feinanteile (abschlämbbare Bestandteile) in Gesteinskörnungen – Auswaschverfahren .....	DIN EN 933-1:2012-03	95
14 Feinanteile (abschlämbbare Bestandteile) in Gesteinskörnungen – Absetzverfahren .....	DIN 4226-3:1983-04 (zurückgezogen)	101
15 Stoffe organischen Ursprungs in Gesteinskörnungen – Natronlaugeverfahren .....	DIN EN 1744-1:2013-03, oder DIN 4226-3:1983-04 (zurückgezogen)	107
16 Schüttdichte und Hohlraumgehalt von Gesteinskörnungen – Messgefäßverfahren .....	DIN EN 1097-3:1998-06	113

## Frischbetonprüfungen

17	Konsistenz von Frischbeton – Ausbreitversuch.....	DIN EN 12350-5:2009-08 .....	119
18	Konsistenz von Frischbeton – Verdichtungsversuch .....	DIN EN 12350-5:2009-08 .....	125
19	Wassergehalt von Frischbeton – Darrverfahren .....	DIN 1048-1:1991-06 .....	131
		(zurückgezogen)	
20	Luftporengehalt von Frischbeton – Druckausgleichsverfahren.....	DIN EN 12350-7:2009-08 .....	137
21	Selbstverdichtender Beton (SVB) – Setzfließversuch .....	DIN EN 12350-8:2010-12 .....	143
22	Selbstverdichtender Beton (SVB) – Blockierringversuch.....	DIN EN 12350-12:2010-12 .....	149
23	Herstellung, Lagerung und Rohdichte von Betonwürfeln und Betonzylindern.....	DIN EN 12390-2:2009-08 .....	155
24	Herstellung, Lagerung und Rohdichte von Betonbalken – Verdichten auf dem Rütteltisch.....	DIN EN 12390-2:2009-08 .....	165
25	Herstellung, Lagerung und Rohdichte von Probekörpern – Prüfung der Wassereindringtiefe .....	DIN EN 12390-8:2009-07 .....	171

## Festbetonprüfungen

26	Druckfestigkeit und Festbetonrohndichte von Betonwürfeln.....	DIN EN 12390-3:2009-07 .....	177
27	Druckfestigkeit und Festbetonrohndichte von Betonzylindern und Bohrkernen.....	DIN EN 12390-3:2009-07 .....	185
28	Biegezugfestigkeit und Festbetonrohndichte von Betonbalken – Zwei-Punkt-Lastangriff (Drittelpunktbelastung).....	DIN EN 12390-5:2009-07 .....	193
29	Eindringtiefe von Wasser unter Druck .....	DIN EN 12390-8:2009-07 .....	201
30	Prüfung von Beton in Bauwerken – Rückprallhammer (Rückprallzahl) .....	DIN EN 12504-2:2012-12 .....	207
31	Statischer Elastizitätsmodul – Bestimmung unter Druckbelastung (Sekantenmodul) .....	DIN EN 12390-13:2012-04 .....	215
32	Dynamischer Elastizitätsmodul – Bestimmung mittels Impuls-Resonanz-Methode .....	Anlehnung an ASTM 215-14 .....	223
33	Ultraschallprüfung am Festbeton und am Beton im Bestand – Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit .....	DIN EN 12504-4:2004-12 .....	229
	Wichtige betontechnische Prüfnormen, Richtlinien, Vorschriften .....		235
	Die Autoren .....		242

## Vorwort und Arbeitserklärungen

Dieses Buch ist die 2. Auflage des in 3 Jahren mit 3 000 Exemplaren ausverkauften Buches „Betonprüfung kompakt“ in völlig überarbeiteter und stark erweiterter Form.

Der Grund für die Beliebtheit dieses Buches liegt darin, dass die oft komplexen Betonprüfungen hier ausführlich erläutert und verständlich vereinfacht werden. Anhand einer Checkliste wird jede Prüfung jetzt in 12 verschiedene Wissens- und Handlungsbereiche unterteilt. Insbesondere die ca. 400 Fotos, 150 Gleichungen und Beispielsrechnungen, die die Prüfung im chronologischen Ablauf zeigen, machen das Buch unentbehrlich für eine schnelle bildliche Information.

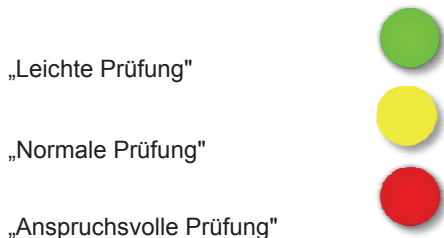
Das Buch wurde speziell für Studenten an Universitäten und Hochschulen, Auszubildende in Bauunternehmen und Berufskollegs sowie für erfahrene Betonprüfer und Betoningenieure geschrieben, die gelegentlich ihr Wissen im Rahmen einer aktuellen Prüfung auffrischen möchten oder schnelle und zuverlässige, nachhaltige Informationen benötigen. Darüber hinaus ist dieses Buch bestens geeignet für Betontechnologen und Kollegen, die sich ohne großen Aufwand über die gängigsten Normen informieren wollen, ohne zeitraubendes Normenstudium.

Das Buch enthält somit eine Anleitung zur Durchführung der 33 wichtigsten europäischen genormten und nicht genormten Betonuntersuchungen. Es ist in Zementprüfung, Gesteinskörnungsprüfung, Frischbetonprüfung, Festbetonprüfung und Beton im Bestand unterteilt.

Die Beschreibung der Prüfmethode erfolgt anhand chronologischer und didaktischer Kriterien als Checkliste. Jedes der 33 Kapitel ist in 12 Abschnitte und dem Schwierigkeitsgrad mit unterschiedlichen Erklärungen wie folgt unterteilt:

### 0. Schwierigkeitsgrad der Prüfung

Jede Prüfung wird in drei Schwierigkeitsgrade kategorisiert:



Die Einstufung erfolgt in Abhängigkeit von den vorhandenen Vorkenntnissen des Prüfers (Mindestkenntnisstand Baustoffprüfer) sowie entsprechend dem Prüfungsumfang unter Berücksichtigung der Prüfdauer und der Prüfmittel.

### 1. Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Inhalt und Ziel der Prüfmethode werden hier zum Teil vereinfacht und verständlich zusammengefasst.

### 2. Prüfvorschrift

Hier wird die Prüfnorm mit Ausgabedatum und Überschrift ausgewiesen. Deutsche nationale Anhänge wurden berücksichtigt.

### 3. Geschätzte Arbeitsdauer der Prüfung – ohne Probenahme

Die ungefähre Dauer der Prüfung wird hier abgeschätzt, ohne Probenahme und ohne größere Anpassung oder Installation von Maschinen oder Anlagen. Tatsächliche Wartezeiten, wie z.B. Trocknungsprozesse bis zur Gewichtskonstanz wurden nicht berücksichtigt. Die tatsächliche Vorbereitungszeit, die Durchführung der Prüfung, die Aufzeichnung der Ergebnisse sowie die Auswertung und die notwendigen mathematischen Operationen werden in die Berechnung der Arbeitsdauer mit einbezogen. Auch die Demontage und die Reinigung der Prüfeinrichtung und des Arbeitsplatzes nach der Prüfung sind in der Schätzung mit inbegriffen. Natürlich gibt es Diskrepanzen je nach Labor, Arbeitsplatzsituation oder Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Die geschätzte Arbeitszeit ist nur eine grobe Berechnung mit einem Abweichungspotenzial von sicherlich bis zu 25 %.

### 4. Grundsätze, Bedeutung und Anwendung

Das Wissen und die Erfahrung und die evtl. Auswirkungen auf die Betontechnologie werden vermittelt, um das Prüfergebnis in einen konkreten technologischen Kontext zu stellen.

### 5. Benötigte Geräte und Hilfsmittel nach DIN EN oder zusätzliche/abweichende Normen

Die detaillierte Liste ermöglicht es, Geräte vor der Prüfung bereitzustellen. Die Geräte entsprechen in der Regel der europäischen Norm EN, z.B. der deutschen Ausgabe der europäischen Norm DIN EN.

### 6. Bereitzustellendes Prüfmaterial

Die detaillierte Liste ermöglicht die normgerechte Bereitstellung des Prüfmaterials bzw. der Proben vor Beginn der Prüfung. Dies gilt insbesondere für Laborarbeiten mit Studenten oder Auszubildenden.

## 7. Arbeitsschritte der Prüfung

Die Einhaltung der im Buch vorgeschriebenen chronologischen Arbeitsabläufe garantiert die Einhaltung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

Einige Prüfungen werden vereinfacht dargestellt, um die teilweise sehr komplexen Abläufe nachvollziehbar und transparent zu gestalten. Die visuelle Unterstützung durch das aufwändige dazugehörige Bildmaterial ist bei diesem Buch sehr hilfreich.

## 8. Häufige Fehlerquellen

Die Beachtung der Informationen, Vorschriften und Warnungen ermöglicht es, typische Fehlerquellen von vornherein weitestgehend auszuschließen. Darüber hinaus können jedoch zusätzlich durch menschliches Versagen oder durch Gerätefehler sowie von Umwelteinflüssen verursachte Prüfabweichungen auftreten.

## 9. Unfallrisiken und Sicherheitshinweise

Alle Regeln und Vorschriften der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes der nationalen Behörden sind immer gültig. Weiterhin sind Betriebsanweisungen und Unterweisungen der befugten Personen zu beachten.

Auch auf Gefährdungen und deren Maßnahmen zur Minimierung und deren Beseitigung bei Arbeiten im Labor wird in den Regeln hingewiesen.

**Das Kapitel „Vorsichtsmaßnahmen bei der Arbeit im Labor und auf der Baustelle“ ist sorgfältig zu lesen**

## 10. Weiterführende Medien und Referenz-Dokumente

Die Prüfungen werden kurz und knapp dargestellt. Zur weiteren Vertiefung der Standards und Normen werden hier entsprechende Dokumente, Fachfilme und Fachliteratur sowie Lehrbücher empfohlen.

## 11. Mindestangaben im Prüfbericht nach DIN EN

Jede Prüfung muss in einem Prüfbericht protokolliert werden. Hier werden die erforderlichen Mindestangaben gemäß der entsprechenden Norm, aufgeführt. Weitere Zusatzinformationen sind erlaubt.

## 12. Ein beispielhafter, informativer Prüfbericht ist im Buch abgedruckt.

Der Prüfbericht hat nur informativen Charakter und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die in jedem Prüfbericht geforderten Standardinformationen (z.B. Name und Anschrift des Labors, Prüfort, detaillierte Kennzeichnung der Probe, Eingang der Probe, Alter der Probe), die in jedem Prüfbericht erforderlich sind, werden aus Platzgründen im gezeigten Prüfbericht oft nicht genannt. Daher müssen sie in den originalen Prüfbericht natürlich immer aufgenommen werden. Ein nicht ausgefüllter exemplarischer Prüfbericht kann unter [www.verlagbt.de/bpk](http://www.verlagbt.de/bpk) abgerufen werden.

## Vorsichtsmaßnahmen bei Baustoffprüfarbeiten im Labor und Probenahme

Die im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle, kombiniert mit der Produktzertifizierung, notwendigen Baustoffprüfungen, werden im Baustofflabor durchgeführt. Ein Baustofflabor ist ein Arbeitsraum, in dem fachkundiges Personal Proben, Stoffe und Materialien auf spezifische Eigenschaften untersucht.

In unserem Arbeitsbereich Prüfung, Überwachung, Probenahme ist dies meist Zement, Gesteinskörnung, Frischbeton, Mörtel, Festbeton, Zusatzstoffe, Zusatzmittel, Zugabewasser, Recyclingwasser und Beton im Bestand.

Eine der wichtigsten Aufgaben des Arbeitsschutzes ist daher die eingehende Beurteilung der Arbeitsbedingungen im Labor und auf der Baustelle.

Dies nennt man Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz. Zu ermitteln sind die chemischen, physischen und psychischen Belastungen sowie die Einwirkungen von Außen auf den Arbeitnehmer.

Um die Gesundheit der Labormitarbeiter zu erhalten und Dritte nicht zu gefährden, ist der Arbeitgeber verpflichtet, die Arbeitsschutzgesetzgebung und entsprechende Vorschriften der Unfallversicherungsträger einzuhalten. Er ist verpflichtet eine Gefährdungsbeurteilung – hier im Labor und eventuell auf der Baustelle – erstellen zu lassen und entsprechende Schutzmaßnahmen zu ergreifen.



(BG RCI - Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Heidelberg)

Nach Angaben der Hersteller wird der Kontakt mit Zement und Beton als „reizend“ eingestuft und so ergibt sich eine Kennzeichnung mit Xi.

Bei Kontakt der beiden Stoffe auf die Augen ist von der Gefahr ernster Augenschäden auszugehen und somit ist eine Kennzeichnung mit Xi und dem R-Satz 41 erforderlich.

Die Sicherheitsdatenblätter der Hersteller sind immer zu berücksichtigen. In den Regelungen der Unfallversicherungsträger werden die Sicherheitsdatenblätter der Hersteller immer für den Umgang mit Stoffen, z.B. in den Laboratorien, als grundlegende Informationsquelle benannt.

Mögliche gesundheitliche Gefährdungen sind den Sicherheitsdatenblättern gemäß REACH-Verordnung(EG) Nr. 1907/2006 oder ähnlichen Sicherheitsregelungen, die in jedem Labor eingesehen werden können, zu entnehmen.

Hierbei sind u.A. zu beachten:

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- Gefahrstoffverordnung,
- Betriebssicherheitsverordnung,
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- Deutsche gewerbliche Unfallversicherung e.V (DGUV),
- Baustellenverordnung (BaustellV),
- Chemikalienverordnung (REACH) ,
- Lärm- u. Vibrations-Arbeitsschutzverordnung,
- Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) sowie
- betriebliche Anweisungen,

soweit sie nicht gesetzlichen oder übergeordneten Vorschriften widersprechen.

In der Arbeitsstättenverordnung sind auch Raumabmessungen, Bewegungsflächen, Deckenhöhen, Fußbodenbeschaffenheit, Beleuchtung, Belüftung, Fluchtwege, Erste-Hilfe-Einrichtung usw. zu berücksichtigen.

Grundsätzlich müssen Hinweise für Notfall-Telefonnummern, Fluchtplan, Hautschutzplan und Erste-Hilfe-Ausrüstung – einschließlich Augenwaschflaschen – im Labor ausliegen und bekannt sein.

Im Labor ist grundsätzlich geeignete, geschlossene und nur schwer entflammbare Arbeitskleidung zu tragen.

Zemente, die Portlandklinker enthalten, reagieren beim Anmachen mit Wasser stark basisch (pH-Wert > 12,5). Bei längerem und ungeschütztem Kontakt kann dies zu Hautreizungen und Hautschäden führen. Bei Augenkontakt führt bereits trockener Zement zu Hautreizungen bis hin zu schweren Schädigungen. Der indirekte Kontakt über die Kleidung kann genauso schwerwiegend sein wie der direkte Kontakt, sodass Zement oder frisch gemischte (ungehärtete) zementartige Materialmischungen sofort aus der Kleidung ausgespült werden müssen. Das Tragen geeigneter Handschuhe im Zement- und Betonlabor wird daher vorausgesetzt.

Sollte Frischbeton auf die Haut gelangen, so ist dieser sofort mit reichlich Wasser abzuspülen. Durchtränkte Kleidung, Schuhe, Uhren usw. sind umgehend abzulegen und vor Wiederverwendung gründlich zu reinigen. Bei Hautbeschwerden ist ein Arzt aufzusuchen.

Gelangt Frischbeton in die Augen, sind gegebenenfalls Kontaktlinsen sofort zu entfernen und das betroffene Auge bei weit geöffnetem Lidspalt unter fließendem Wasser mindestens 20 Minuten zu spülen, um alle Teilchen zu entfernen. Bei Spülungen darf kein Spülwasser



Hände waschen nach Beton- oder Zementkontakt



Notfalldusche



Augenspülflasche (Beispielbild)  
(Plum A/S, Dänemark)



in das unverletzte Auge gelangen. Das notwendige Erste-Hilfe-Material ist mit dem zuständigen Betriebsarzt des Betreibers abzustimmen und seinen Weisungen ist Folge zu leisten, um eine optimale Erste-Hilfe zu gewährleisten. Beim Arbeiten mit Zement oder Frischbeton ist daher immer eine Schutzbrille zu tragen.

Beim Heben und Transportieren von Proben oder anderen Betonteilen ist auch die Belastung der Beschäftigten zu berücksichtigen. Beispielsweise wiegt eine gefüllte 150er Würfelform 10 bis 15 kg oder ein gefüllter 8-Liter Luftgehaltsprüfer ca. 31 kg, ein Betonbalken 150 × 150 × 750 mm rund 40 kg. Mit dazugehöriger Stahlform kann man leicht auf 85 kg kommen. Beim Tragen dieser Lasten ist dies zu beachten und dies mit gegebenenfalls mehreren Personen zu bewerkstelligen.

Der Gesetzgeber hat hierfür die Lastenhandhabungsverordnung erlassen, die für die manuelle Handhabung von Lasten gilt. Es sind allerdings keine Grenzwerte definiert.

Um die Gefährdungsbeurteilung durchführen zu können empfiehlt die „Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (bauma) die sogenannte Leitmerkalmethode. Hierbei können die Grenzwerte nach Alter, Geschlecht, Häufigkeit, Körperhaltung usw. berücksichtigt werden. Für den Transport von Lasten halten Sie die Massen möglichst klein, unter 25 kg für männliche und unter 15 kg für weibliche Beschäftigte.

Gestalten Sie die Handhabung der Lasten und deren Lagerhaltung sowie die Arbeitsplätze im Labor ergonomisch günstig und sicher, sodass für die Laborantin/Laboranten die einzelnen Probekörper auch gut zugänglich sind. Die Arbeitshöhen sind zu optimieren und der Einsatz von Hebehilfen, z.B. Klemmzangen, Kleinkräne, ist vorzusehen.

Verletzungsgefahr besteht auch bei hitzerelevanten Tätigkeiten wie Trocknen von Gesteinskörnungen im Trockenschrank bei über 110 °C oder beim Trocknen von Frischbeton mit Gasbrennern oder Heizplatten mit sehr hohen Temperaturen. Bei diesen Tätigkeiten sind unbedingt geeignete hitzeabweisende Spezialhandschuhe zu tragen.

Druck- und bestimmte Biegeprüfmaschinen müssen einen automatisch verriegelbaren Prüfraum mit Splitterschutz aufweisen. Dieser kann aus Spezialglas, Spezialkunststoff oder Metallgitter bestehen. Hochfeste Betone neigen oft zu Explosionsbrüchen.

Auch bei Mörtelmischern ist eine Mischerkübelabdeckung notwendig, um ein Hineingreifen während des Mischvorganges zu verhindern. Gleiches gilt für Betonmischer. Durch Hineingreifen mit der Kelle oder durch das Hineindreihen langer Haare, Schmuckketten, Schals oder nicht eng anliegender Arbeitskleidung können schwerste Verletzungen entstehen.

Bei staubintensiven Arbeiten sind Staubmasken zu tragen oder stationäre Absauganlagen zu installieren.

Bei Unklarheiten bezüglich des Arbeitsschutzes sollte die Berufsgenossenschaft eine Laborbegehung durchführen.

Last but not least sollten Arbeitsplätze, Prüfmaschinen sowie Arbeitstische im Labor höhenangepasst und arbeitsphysiologisch durchdacht sein und dem Stand der Zeit und der Technik entsprechen. Sogenannte „Prüfstraßen“ für Frischbeton und Festbeton, aneinander montierte Edelstahlseinheiten mit z.T. integrierten Prüfgeräten, bietet beispielsweise die entsprechende Industrie seit rund 40 Jahren an. Es haben sich arbeitsphysiologisch zwei Arbeitshöhen, je nach Tätigkeit, durchgesetzt, diese sind ca. 65 cm und 90 cm hoch.



Verschiedene Arbeits- und Schutzhandschuhe



Arbeitshelm  
(Toolineo)



Staubmaske



Schutzbrille  
(Toolineo)



Schutzbrille  
(Pixabay)



Gehörschutz  
(Toolineo)



Sicherheitsschuhe  
(Toolineo)



Sammelbehälter  
Ohrstöpsel



Feuerlöscher

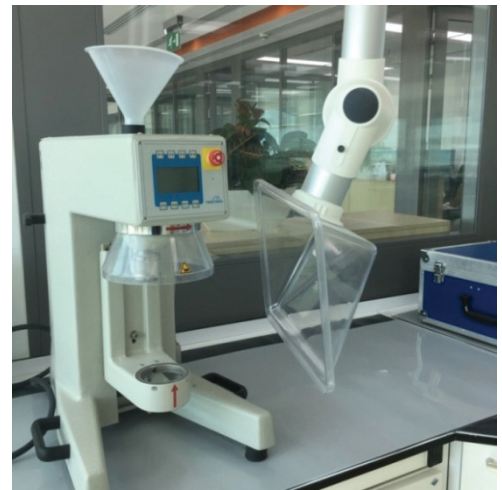


Selbst bei räumlichem Platzmangel kann die Industrie heute Lösungen präsentieren. Komplett eingerichtete Laborcontainer, die vollumfänglich der Arbeitsstättenverordnung entsprechen, also Vollzeit Arbeitsplätze sind, können als vollwertige Zement oder Betonlabors auch auf Baustellen genutzt werden. Im Regelfall sind dies professionell umgebaute 6 und 12 Meter High-Cube-Container, die auch problemlos transportiert und sogar verschifft werden können.

Der Labormitarbeiter ist ein hochspezialisierter Fachmann. Ein moderner, zeitgemäßer und sicherer Arbeitsplatz sollte selbstverständlich sein.

Die wichtigsten statistisch erfassten Unfallverursacher und Gefährdungen im Baustoff-Labor sind:

- Verbrennungen am Trockenofen, Wärmeschrank und mit kochendem Wasser
- zu schweres Tragen von Lasten mit Zerrungen, innere Verletzungen, Muskelfaserrisse
- Gehörschäden bei extremen Lärm ohne Gehörschutz, z.B. am Rütteltisch oder an der Siebmaschine
- Explosionen bei Gaseinsatz, hierdurch Verbrennungen und schwere Verletzungen
- Staubbelastung der Lunge bei ständigem Arbeiten mit Zement oder Stäuben
- Überbeanspruchung von Gelenken durch Rüttelbeanspruchung
- Allergien durch Chemikalien
- Verletzungen an Maschinen und Werkzeugen, z.B. drehende Mischerteile
- Fehlende Handpflege
- Platzen und Spritzen von Mörtelprismen und Betonproben bei der Druckfestigkeitsprüfung
- Zu schweres Heben, z.B. einen gefüllten 8-Liter LP-Topf (über 30 kg)
- Verletzung durch fehlende individuelle Arbeitsschutzausrüstung für Gehör, Augen, Lungen, Haut, Füße
- schlechte Arbeitsplatzsituation, z.B. keine ausreichende Belüftung, zu wenig Licht, Temperaturprobleme
- fehlende mögliche Absauganlagen bei staubintensiven Arbeiten
- falsche Arbeitshöhen von Arbeitstischen oder Maschinen, dadurch Wirbelsäulenbelastung
- unnötiges oder unzumutbares Arbeiten am Fußboden statt am Arbeitstisch
- Belastung der Atemwege, z.B. durch Mikrosilika, Farbstoffe, Steinkohlflussgasche, silikogene Stäube
- Stöbern und Abstürzen bei der Probenahme, z.B. auf dem Fahrzeug
- Stürzen und Stolpern im Labor durch sperrig und unsachgemäß gelagerte Proben auf den Gängen
- Fehlende aktuelle Sicherheitsdatenblätter aller Ausgangsstoffe, die im Labor verwendet werden
- Verätzungen oder reizende Wirkung von: Bindemitteln, Zusatzstoffen, Recyclingwasser und Frischbeton oder Frischmörtel.
- Absturz vom Fahrzeug bei Probenahme
- fehlender Grundbedarf an Erste-Hilfe-Material „Kleiner Betriebsverbandkasten (DIN13157)“ und „Großer Vertriebsverbandkasten (DIN 13169)“
- Telefonnummern aller Rettungsdienste und entsprechender Ärzte müssen aushängen.



Absauganlage für Stäube



Erste-Hilfe Verbandkasten (Pixabay)

Piktogramm		Wirkungsweise	Sicherheit
	EXPLOSIV GHS01	- Explosion auch ohne Fremdeinwirkung durch Kontakt mit Flammen oder Funken, nach Schlägen, Reibung oder Erhitzung, bei falscher Lagerung	- nicht reiben oder stoßen. - Feuer, Funken und jede Wärmeentwicklung vermeiden.
	HOCHENTZÜNDLICH GHS02	- Entzündung durch Kontakt mit Flammen und Funken, durch Schläge, Reibung, Erhitzung, Luft- oder Wasserkontakt, falscher Lagerung.	- von offenen Flammen und Wärmequellen fernhalten, und nicht mit diesen mischen - Gefäße dicht schließen, brandsicher aufbewahren.
	BRANDFÖRDERND GHS03	- Brände verursachend oder beschleunigend - bei Brand Sauerstofffreisetzung, nur mit speziellen Mitteln lösbar - Ersticken der Flammen unmöglich.	- von brennbaren Stoffen fernhalten und nicht mit diesen mischen - sauber aufbewahren
	GAS UNTER DRUCK GHS04	- enthält komprimierte, verflüssigte oder gelöste Gase - geruchslose/unsichtbare Gase können unbemerkt entweichen - Behälter mit komprimierten Gasen können durch Hitze oder Verformung bersten - befeuchtete Gase erzeugen Kälteverbrennungen	- nicht erhitzen - bei befeuchteten Gasen Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen
	ÄTZEND GHS05	- zerstört Metalle und verätzt Körpergewebe - schwere Augenschäden sind möglich	- Kontakt vermeiden - Schutzbrille und Handschuhe tragen - bei Kontakt Augen und Haut mit Wasser spülen
	HOCHGIFTIG GHS06	- führt schon in kleinen Mengen zu schweren Vergiftungen und zum Tod	- nicht einatmen, berühren, verschlucken - Arbeitsschutz tragen - sofort Arzt anrufen
	VORSICHT GEFÄHRLICH GHS07	- führt zu gesundheitlichen Schäden - reizt Augen Haut und Atemwegsorgane - führt in großen Mengen zum Tod	- bei Hautreizungen oder Augenkontakt mit Wasser oder geeignetem Mittel spülen
	GESUNDHEITSSCHÄDIGEND GHS08	- wirkt allergieauslösend, krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend, frucht- oder organschädigend	- informieren vor der Arbeit mit diesen Stoffen - Schutzkleidung, Handschuhe, Augen- und Mund-/Atemschutz tragen
	GEWÄSSERGEFÄHRLICH GHS09	- schädlich, giftig oder sehr giftig für Wasserorganismen, akut oder mit Langzeitwirkung	- Entsorgung im Sondermüll - nicht in die Umwelt gelangen lassen

GHS-Piktogramme für Gefahrstoffe

Bei Unklarheiten bezüglich des Arbeitsschutzes sollte die Berufsgenossenschaft eine Laborbegehung durchführen.

### **Danksagungen**

Die Autoren danken Herrn Dipl.-Ing. Jochim Feuerherdt, Geschäftsführer und Herrn Matthias Schmidt, Marketingleiter in einem der weltweit führenden Unternehmen in Berlin, das im Bereich Laborgeräte und Prüfmaschinen für die Bauindustrie tätig ist, für wertvolle Unterstützung.

Von der „Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie“ haben wir gleichfalls wertvolle Tipps bei der Durchsicht der sicherheitsrelevanten Kapitel von Herrn Dipl.-Ing. Ulrich Kretschmer (stellv. Leiter Fachbereich Rohstoffe und chemische Industrie) erhalten.

Herrn Dipl.-Ing. (FH) Dirk Wöltering, Betontechnologe, Fa. Remmers GmbH, Lönigen und Lehrbeauftragter an der Hochschule Osnabrück, unterstützte uns ebenfalls bei der kritischen Durchsicht des neuen Buches, insbesondere bei der Abschätzung der benötigten Arbeitszeiten für die einzelnen Prüfungen.

Herr Dipl.-Ing. Schönborn, Geschäftsführer vom Ingenieurbüro „Finette und Schönborn“ in Köln, hat dankenswerterweise einige schwierige Kapitel gegengelesen und Optimierungsvorschläge unterbreitet. Das Unternehmen betreibt auch die älteste private Beton-Prüfstelle Deutschlands.

Ebenfalls ein erfahrener Betontechnologe, Herr Dipl.-Bauing. (FH) Jürgen Schidzick, Sachverständiger für Betontechnologie, Ingenieurbüro und Betonprüfstelle, hat das Buch in allen wichtigen prüftechnischen Bereichen kritisch und detailliert gegengelesen. Eine enorme Arbeitsleistung.

Unterstützung erfuhren wir auch bei Dr.-Ing. Ulrich Wöhl, Ingenieurbüro für Beton und Mauerwerk, Osnabrück, Mitglied im Deutschen Normenausschuss. Weiterhin bei Herrn Dr.-Ing. Stefan Kordts, Roxeler Ingenieurgesellschaft mbH, Münster, Vorsitzender VDB Regionalgruppe Westfalen.

Schließlich hat Prof. Dr.-Ing. Robert Weber wie immer eine finale Durchsicht walten lassen.

Und last but not least dürfen wir uns bei den vielen Kollegen vom „Verband deutscher Betoningenieure (VDB) e.V.“ bedanken, die uns wertvolle Infos gegeben haben und auch auf Fehler, die sich eingeschlichen hatten, hingewiesen haben.

### **Werkfotos**

Folgende Unternehmen haben freundlicherweise Werkfotos zur Verfügung gestellt:

- Fa. Finette und Schönborn, Ingenieurbüro für Betontechnologie und Bauwerksuntersuchung, Köln
- Fa. Imko GmbH, Ettlingen
- Fa. Lang-Sensorik, GmbH, Stuttgart
- Fa. Maschieneffabrik Gustav Eirich GmbH & Co. KG, Hardheim
- Fa. Pemat-Mischtechnik GmbH, Freisbach
- Fa. Proseq S.A., Schwerzenbach, Schweiz
- Fa. Technischer Handel Beckel THB, Schwallungen
- Fa. Testing, Bluhm & Feuerherd GmbH, Berlin
- Fa. Toolineo GmbH & Co. KG, Wuppertal
- Fa. UltraTest GmbH, Ultraschall-Messsysteme und Tester
- Ingenieurbüro Zimmer, Welper
- Professor Oleg Bolotskich, Universität Charcow (Ukraine)
- Verlag Bau+Technik GmbH, Erkrath

### **Allgemeiner Haftungsausschluss**

Die Inhalte und Lösungsvorschläge in diesem Buch sind nach bestem Wissen zusammengestellt. Hinsichtlich des Anwendens der Inhalte kann von den Autoren und vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. Das Buch ersetzt nicht die aufgabenbezogene Vorbereitung der Leistung durch den Anwender. Das Anwenden der Inhalte entbindet nicht von der Pflicht zur Prüfung der Vorgaben im technischen Regelwerk und deren Gültigkeit für den jeweiligen Anwendungsfall. Das Anwenden der Inhalte und der Lösungsvorschläge berechtigt zu keinerlei Regressansprüchen gegenüber den Autoren und dem Verlag.

Die im Buch erwähnten Logos, Marken und Produktnamen sind markenrechtlich geschützt, auch wenn dies am Ort der Erwähnung nicht gesondert aufgeführt wird. Die Inhalte und Abbildungen in diesem Buch unterliegen dem Urheberrecht. Eine Verwendung oder Vervielfältigung – auch auszugsweise – ist nur mit der Genehmigung des Verlags in jedem Einzelfall möglich.

Dieses Buch enthält Literaturhinweise und sogenannte „externe Links“ (Verlinkungen) zu Webseiten, auf deren Inhalte die Autoren und der Verlag keinen Einfluss haben. Aus diesem Grund können die Autoren und der Verlag für diese Inhalte keine Gewähr übernehmen. Für die Inhalte und Richtigkeit der dort bereitgestellten Informationen ist der jeweilige Anbieter der Literatur bzw. der verlinkten Webseite verantwortlich. Zum Zeitpunkt der Verlinkung waren keine Rechtsverstöße erkennbar.

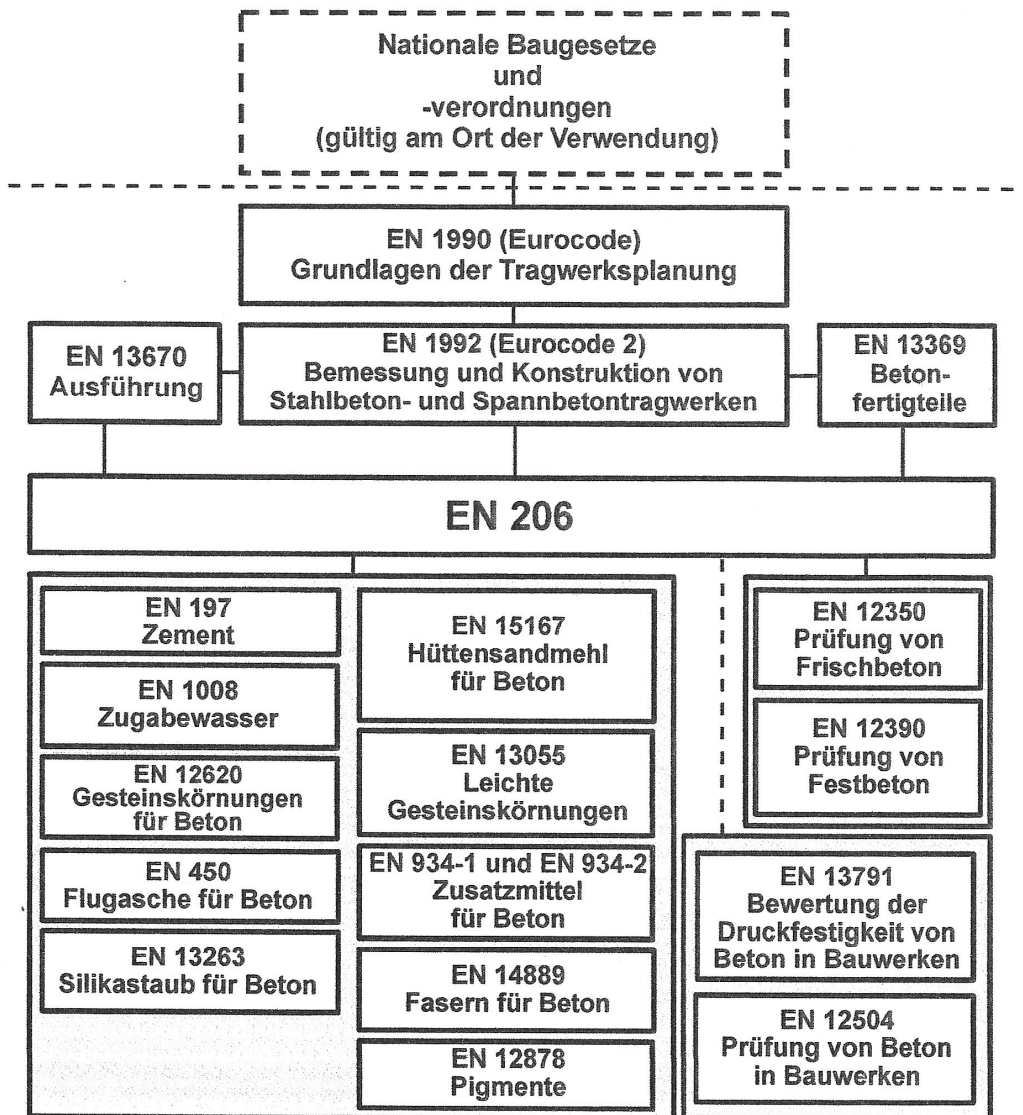


Bild 1: Beziehungen zwischen EN 206 und Normen für die Bemessung und Ausführung sowie Normen für Ausgangsstoffe und Prüfnormen [EN 206]





# 1 Zementprüfung – Bestimmung der Abbindezeiten – Vicat-Prüfung (Referenzverfahren)

DIN EN 196-3:2017-03

## 0. Schwierigkeitsgrad der Prüfung



## 1. Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

- Es sollen die Erstarrungszeiten von Zement geprüft werden. Hierbei lässt man verschiedene Stahlnadeln in die Zementleimprobe eindringen. Über das Eindringverhalten können Erstarrungsanfang und Erstarrungsende bestimmt werden.
- *Bedingung:* Konsistenz der Probe, relative Luftfeuchte und Umwelttemperatur müssen während der Prüfung konstant gehalten werden.

## 2. Prüfvorschrift

DIN EN 196-3:2017-3 „Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit“, Deutsche Fassung 2016

## 3. Grundsätze, Bedeutung, Anwendung

- Anhand der Prüfung lässt sich nachweisen, dass sich das Erstarrungsverhalten von Zementen unterschiedlicher Festigkeit, Art, Zusammensetzung und/oder Provenienz in dem Abbindeverhalten unterscheidet.
- *Ursachen:*  
Unterschiedliche Mahlfeinheiten von Zement, Zementart, Zementklasse, Zementzusammensetzung sowie Prüftemperatur, Prüfzeit, Wasserzementverhältnis und/oder Konsistenz der Probe.
- Nach Zugabe von Mischwasser wird der flüssige Zementleim durch Hydratation in den festen Zementstein umgewandelt. Dieser Zustandswechsel von flüssig nach fest erfolgt nicht plötzlich. Ausgehend von der Normsteife wird die Erstarrungszeit durch die Zeit zwischen Erreichen einer vorgegebenen Viskosität als Erstarrungsbeginn und Erreichen einer unterschiedlich vorgegebenen Viskosität als Erstarrungsende definiert.
- Die Abbindezeit des Zementes ist für die spätere Betonmischung sehr wichtig, obwohl diese nicht unmittelbar auf den Frischbeton übertragbar ist.

## 4. Geschätzte Arbeitsdauer der Prüfung – ohne Probenahme

**100 min**

Ca. 70 bis 100 Minuten Bearbeitungszeit erfordert dieser Test des Erstarrungsbeginns ohne Einstellung der Normensteife. Er ist zeitlich abhängig von der Art, Festigkeit, Zusammensetzung und weiteren Randbedingungen des Zementes. In der Arbeitszeit ist die Vorbereitung der Prüfung, das Prüfverfahren bis zum Erstarrungsbeginn, die Berechnung, das Protokoll und die Reinigung der Anlage enthalten.

**12 h**

Das Erstarrungsende ist zeitlich sehr unterschiedlich und muss spätestens 12 Stunden nach dem Anmischen, bezogen auf die Nullzeit, erreicht sein.



Bild 1-01: Manuelles Vicat-Gerät



Bild 1-02: Tauchstab für Konsistenz, Prüfnadeln für Erstarrungsbeginn, Erstarrungsende



Bild 1-03: Geräte und Hilfsmittel

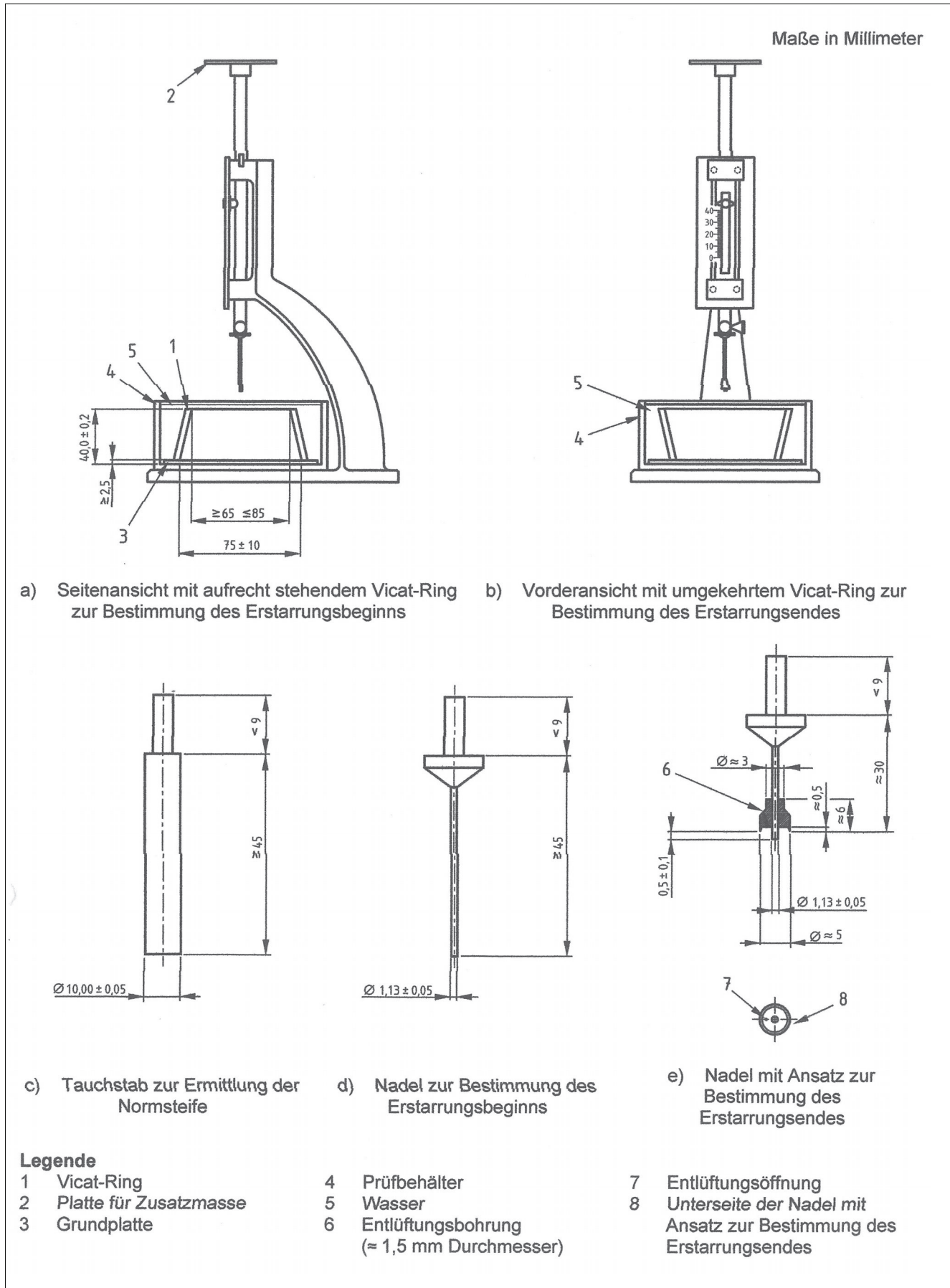


Bild 1-04: Typisches Vicat-Gerät zur Bestimmung der Normsteife und der Erstarrungszeiten [2]

### 5. Benötigte Geräte und Hilfsmittel

- 1 Vicat-Nadel-Gerät mit Tauchstab  
(Durchmesser  $10,00 \pm 0,05$  mm) und
- 1 Nadel für den Erstarrungsbeginn  
(Durchmesser von  $1,13 \pm 0,05$  mm) und
- 1 Nadel für das Erstarrungsende nach DIN EN 196-3  
(Referenzgerät)
- 1 halbautomatische Vicat-Gerät als Alternative
- 1 computergesteuertes mehrstelliges Vicat-Gerät als Alternative
- 1 Vicat-Ring aus Hartgummi, Kunststoff oder Messing,  
zylindrische Form, Höhe 40,0 mm ( $\pm 0,2$  mm),  
– Innen-Durchmesser unten ( $75 \pm 10$ ) mm und  
oben 65 mm bis 85 mm
- 1 Glasplatte (Grundplatte), mit einem Durchmesser von ca. 12 cm  
und  $\geq 2,5$  mm Dicke
- 1 Prüfbehälter(Container), zum Eintauchen der gefüllten Formen  
in Wasser bei  $(20 \pm 1)$  °C während der Lagerung
- 1 Flachspachtel
- 1 Lineal
- 1 Normen-Standardmischer nach DIN EN 196-1
- 1 Lagerschrank, bestehend aus Wasserbad oder Schrank,  
in dem eine Temperatur von  $(20 \pm 1)$  °C mit einem Thermostat  
gehalten wird.
- 1 Messzylinder oder Bürette , ( $200 \pm 1$ ) ml
- 1 Waage, Genauigkeit  $\pm 1$  g
- 1 Spatel
- 1 Löffel
- 1 Labor-Uhr,
- 1 Stoppuhr,  $\pm 1$  s Genauigkeit
- 1 Thermometer,
- 1 Hygrometer
- 1 Flasche Mineralöl,
- 1 Paar Schutzhandschuhe, Gummi, alkalibeständig
- 1 Klimaschrank, temperierbar

### 6. Bereitzustellendes Prüfmaterial

- Mineralöl, 150 ml ( $\text{cm}^3$ ),
- ca. 1 l destilliertes oder demineralisiertes Wasser,
- mindestens 1 kg Zement

### 7. Arbeitsschritte der Prüfung

#### Labor

Das Labor, in dem die Prüfung durchgeführt wird, muss bei einer Temperatur von  $(20 \pm 2)$  °C und mindestens 50 % relativer Luftfeuchte betrieben werden.

#### Bestimmung der Normsteife

1. „Das Referenzverfahren ist mit dem in diesem Abschnitt beschriebenen Gerät durchzuführen. Ein automatisches Gerät zur Bestimmung der Erstarrungszeiten, das den Anforderungen des Referenzverfahrens entspricht, darf verwendet werden“  
„Es dürfen andere automatische oder manuellen Geräte zur Bestimmung der Erstarrungszeiten unter der Voraussetzung verwendet werden, dass sie nachweislich zu den gleichen Prüfergebnissen führen wie das Referenzgerät.“ [2].
2. Dazu werden 125  $\text{cm}^3$  Wasser und 500 g Zement auf 1 g genau abgewogen.
3. Das Wasser wird in den Mischer gegossen, der Zement zugegeben. Dies ist die sogenannte „Nullzeit“. Uhr starten. Die Zugabezeit darf 10 s nicht überschreiten.
4. „Die „Nullzeit“ ist auch der Zeitpunkt, ab dem der Erstarrungsbeginn bzw. das Erstarrungsende berechnet wird“ [2]



Bild 1-05: Normenmischer nach DIN EN 196



Bild 1-06: Zementzugabe in Mischschüssel

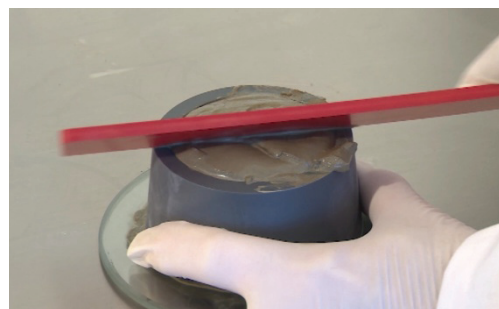


Bild 1-07: Abstreichen eines gefüllten Vicatringes

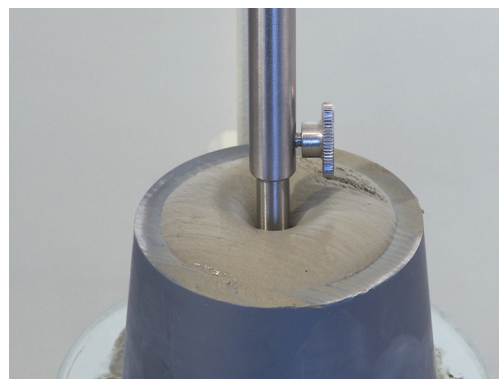


Bild 1-08: Konsistenzprüfung



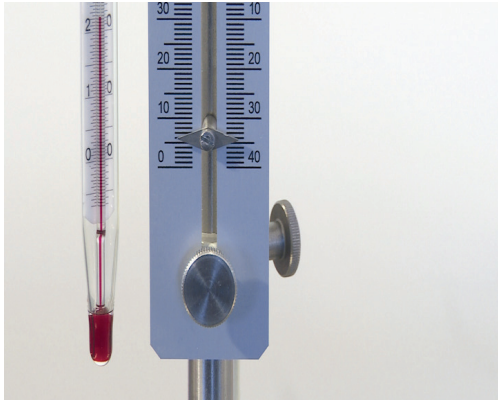


Bild 1-09: Ablesen des Konsistenzergebnisses

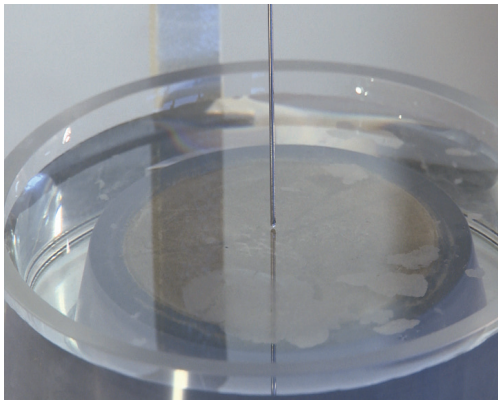


Bild 1-10: Prüfen des Erstarrungsbeginns der Probe im wassergefüllten Container



Bild 1-11: Typisches Eindringverhalten bei der Bestimmung des Erstarrungsbeginns (Vorderseite)



Bild 1-12: Prüfen des Erstarrungsendes (Rückseite)

Mischvorgang

5. Nun muss das Mischgut während 90 s mit niedriger Drehzahl (I) des Normen-Standardmischers (140 U/min) gemischt werden.
6. Das Mischen wird für 30 s unterbrochen, der Mörtel muss von den Seitenwänden wieder in die untere Mischzone geschabt werden. Dies soll mit einem geeigneten Gummi- oder Kunststoffschaber erfolgen.
7. Danach den Mischer neu starten und weitere 90 s lang mit gleicher Geschwindigkeit (I) mischen (140 U/min). Die Gesamtlaufzeit des Mischers (ohne Unterbrechung) beträgt somit 3 min – hinzu kommen ½ min Unterbrechung – zusammen 3½ min.
8. Der Zementleim wird nun in den Hartgummiring (Vicat-Ring) gefüllt und durch leichtes Rütteln und Schlagen mit dem Handballen verdichtet. Der Vicat-Ring ist innen leicht geölt und befindet sich auf einer geölte Glasplatte.
9. Der überstehende Zementleim wird an der Oberfläche in Ringhöhe sauber abgestrichen.
10. Der gefüllte Ring sowie die Glasplatte werden mittig unter dem Vicat-Gerät platziert.
11. Das Vicat-Gerät ist mit einem Tauchstab (Standardkonsistenz) ausgestattet. Alle *beweglichen* Teile des Gerätes müssen insgesamt 300 g wiegen. Einige Modelle benötigen zusätzlichen Ballast, z.B. eine aufsteckbare Testnadel, um dieses Gewicht zu erreichen.
12. 4 min ± 10 s nach dem Ende der Zugabe von Zement (Nullzeit) wird der Tauchstab vorsichtig auf die Zementleimoberfläche des gefüllten Vicatringes geführt, kurzzeitig für 1 bis 2 s gestoppt und dann fallengelassen. Stoppt der Tauchstab 4 mm bis 8 mm (6 ± 2) mm über der Glasplatte, wird die Normensteife erreicht. Das Ergebnis muss mindestens nach 5 s und spätestens 30 s nach dem Eindringen auf der Skala des Vicat-Gerätes abgelesen werden.
13. Wenn die Normensteife nicht erreicht wird, muss mit mehr oder weniger Wasser eine neue Mischung erstellt werden (im Prüfbericht notieren).
14. Bei Erreichen der Normensteife sind Wassermenge und Tauchmaß zu notieren. Die Wassermenge in Massenprozent bei Erreichen der Normensteife wird nach Gleichung 1-1 berechnet, notiert und auf 0,5 M.-% gerundet angegeben:

$$\text{Wassergehalt Normensteife} = \frac{\text{Wasser (g)} \cdot 100 \text{ M.-%}}{\text{Zement (g)}} \quad [\text{M.-%}]$$

(Gleichung 1-1)

Rechenbeispiel

Es wurden 125 ml Wasser und 500 g Zement zum Erreichen der Normensteife gemischt.

Der Wassergehalt in Massenprozent (M.-%) wird nachfolgend mit Gleichung 1-1 berechnet.

$$\text{M.-% des Wassers} = \frac{125 \text{ g} \cdot 100 \text{ M.-%}}{500 \text{ g}} = 25 \text{ M.-%}$$

15. Die Probe muss jetzt bis zur Prüfung der Erstarrungszeit im Klimaschrank bei (20 ± 1) °C aufbewahrt werden. Hierbei muss die Probe mit der Bodenplatte in den Prüfbehälter (Container) gegeben und mit mindestens 5 mm Wasser überdeckt werden. Das Referenzverfahren eignet sich bei Unterwasserlagerung jedoch nicht für alle Zemente, z.B. nicht für langsam abbindende Zemente.

*Bei einem alternativen Prüfverfahren wird der Vicat-Ring in einer Feuchtekammer oder Klimakammer bei mindestens 90 % rel. Luftfeuchte und konstanter Temperatur von (20 ± 1) °C zwischen den Prüfungen zwischengelagert.*

16. Beim Referenzverfahren ist die Probe wie bereits beschrieben im Container bis zum Prüfen des Erstarrungsbeginns im Klimaschrank zu lagern.

Die Probe im Container wird vor der Prüfung des *Erstarrungsbeginns* aus dem Klimaschrank entnommen und zentriert unter dem Vicat-Gerät platziert. Je nach Festigkeitsklasse des Zements und der Zementsorte beträgt die früheste Erstarrungszeit zwischen 15 min und 75 min.

Ermittlung des Erstarrungsbeginns

17. Der Tauchstab wird durch eine spitze Prüfnadel (1,13 mm Durchmesser) ersetzt und der evtl. nötige zusätzliche aufgesteckt, um die geforderten 300 g bewegliche Masse zu erreichen.

Entsprechend der erforderlichen Mindesterstarrungszeit, gerechnet ab der Nullzeit, muss die Probe aus dem Klimaschrank entnommen und unter dem Vicat-Gerät mittig eingestellt werden.

18. Die Prüfnadel wird vorsichtig auf die mit Wasser bedeckte Zementleimoberfläche aufgetragen und nach 1 bis 2 Sekunden fallen gelassen. Stoppt die Nadel 3 mm bis 9 mm über der Glasplatte, ist der *Erstarrungsanfang* erreicht. Das Ergebnis wird spätestens nach 30 s an der Skala abgelesen.

19. Skalenwert aufzeichnen. Die ab der Nullzeit verstrichene Zeit ist mit einer Genauigkeit von einer Minute zu notieren. Ist der Erstarrungsbeginn noch nicht erreicht, wird der Versuch an einer anderen Stelle in einem geeigneten Zeitabstand wiederholt, z.B. 10 min später (Zeit und Wert sind zu notieren). Die Prüfstellen müssen mindestens 8 mm vom Rand, 10 mm vor der letzten Einstichstelle und 5 mm voreinander entfernt liegen. Nach jedem Test muss die Nadel sofort gereinigt werden.

20. Die Probe muss immer zwischen den Prüfungen im Klimaschrank im wassergefüllten Prüfbehälter (Container) zwischengelagert werden.

Der Erstarrungsbeginn ist im Prüfprotokoll auf 1 min genau anzugeben.

21. Nach Erstarrungsbeginn (3 bis 9 mm Abstand zur Glasplatte), muss die Probe seitlich von der Glasplatte abgezogen, umgedreht, wieder auf die Glasplatte gelegt und erneut unter 5 mm Wasserbedeckung in den Prüfbehälter bis zur Bestimmung des Erstarrungsendes gelagert werden.

Ermittlung des Erstarrungsendes

22. Nach einer angemessenen Zeit, z.B. 30 min nach Erstarrungsbeginn, wird die wasserbedeckte Probe aus dem Klimaschrank entnommen und unter das Vicat-Gerät gestellt.

Die spitze Nadel (für Erstarrungsbeginn) wird gegen eine ringförmige Nadel (Erstarrungsende) ausgetauscht, um den Eindruckversuch durchzuführen. Dieser wird wie der vorher beschriebene Versuch zur Bestimmung des Erstarrungsbeginns durchgeführt.

23. Solange die ringförmige Nadel auf der Zementoberfläche einen Eindruck hinterlässt, muss die Prüfung alle 5 min bis zum Erreichen des Erstarrungsendes durchgeführt werden. Dies ist der Fall, wenn die Nadelspitze nur noch 0,5 mm eindringt und der ringförmige Nadelansatz auf der Probenoberfläche keinen Eindruck mehr hinterlässt. Ein Eindruck der zentrischen Spitze der Nadel darf jedoch zu sehen sein.

24. Die Zeit wird notiert, die Zeitspanne seit der Wasserzugabe (Nullzeit) berechnet und auf die nächsten 15 min gerundet für das Prüfprotokoll angegeben

25. Das Erstarrungsende ist durch wiederholen der Prüfung an zwei weiteren Stellen zu bestätigen.



Bild 1-13: Alternatives halbautomatisches Vicat-Gerät

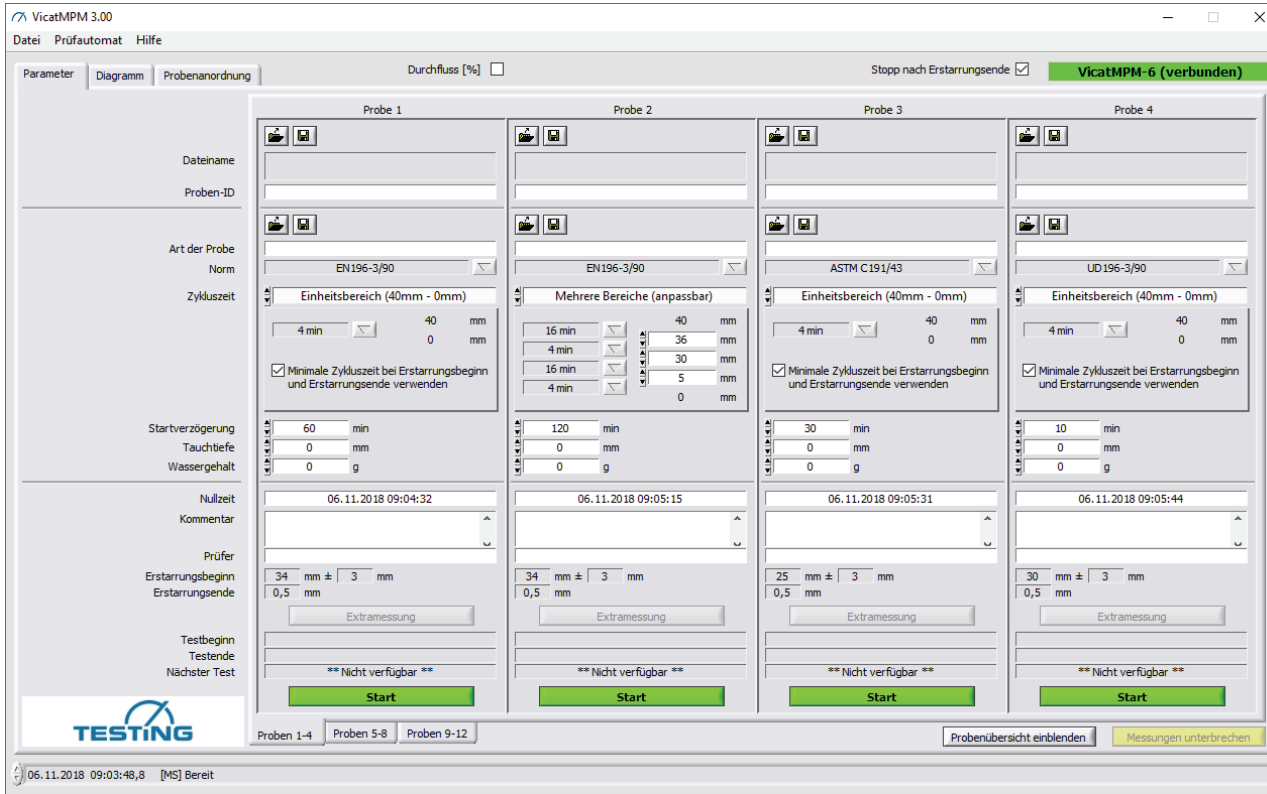


Bild 1-14: Alternatives computergesteuertes mehrstelliges Vicat-Gerät



Bild 1-15: Standard-Mörtelmischer mit zusätzlicher Konsistenzmessung

# 1 Zementprüfung – Bestimmung der Abbindezeiten – Vicat-Prüfung (Referenzverfahren)



5 a): Ergebnisse der computergesteuerten Vicat-Softwareansicht

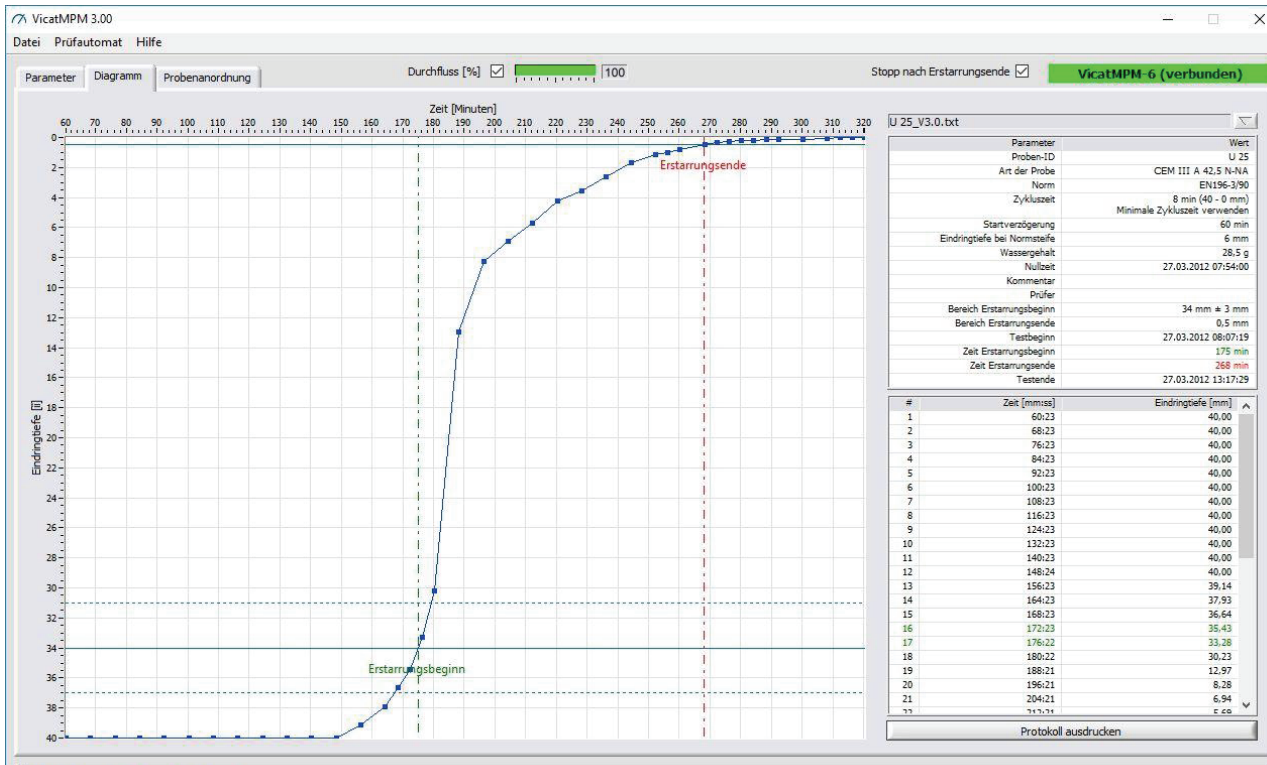


Bild 1-15 b): Ergebnis des Auswertungsdiagramms



**Beurteilung**

Bei genormten Zementen nach DIN EN 197-1, DIN EN 14216 und DIN1164 Teile 10 bis 12 darf der Erstarrungsbeginn frühestens nach den in Tabelle 1.1 genannten Zeiten erfolgen:

Tabelle 1.1: Anforderungen an das Erstarren

Festigkeitsklasse	Erstarrungsbeginn
Normalzement (N, R) und Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit (L)	
32,5 L bis 32.5 R	≥ 75 min
42,5 L bis 42.5 R	≥ 60 min
52,5 L bis 52.5 R	≥ 45 min
Zement mit frühem Erstarren (FE-Zement)	
32,5 N bis 32.5 R	≥ 15 min und 75 min
42,5 N bis 42.5 R	≥ 60 min und 60 min
52,5 N bis 52.5 R	≥ 45 min und 45 min
schnell erstarrender Zement (SE-Zement)	
32,5 N bis 52.5 R	≤ 45 min Prüfung mit dem Eindrückversuch nach DIN 1164-11, Angang A
Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme (VLH)	
22,5	≥ 75 min

Für Zemente mit sehr langsamem Erhärtungsverlauf können die Prüfungen in einer Feuchtekammer bei (20 ± 1) °C mit mindestens 90 % rel. Luftfeuchtigkeit geprüft werden.

**8. Häufige Fehlerquellen**

- Verformte, falsche und/oder verschmutzte Nadeln wurden verwendet → falsche Erstarrungszeiten, zu kurz
- Geprüfte Stelle auf der Probe wurde nicht gewechselt → falsche Erstarrungszeiten, zu kurz
- Feuchte Lagerung wurde vernachlässigt → falsche Erstarrungszeiten, zu kurz
- Lagerungstemperaturen falsch → falsche Erstarrungszeiten, zu kurz oder zu lang
- falsche Normkonsistenz
- Erschütterungen

**9. Unfallrisiken und Sicherheitshinweise**



- **„Achtung** – Beim Mischen des Zementes mit Wasser werden Alkalien freigesetzt. Es sind Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, um zu verhindern, dass beim Mischen von Beton trockener Zement in Augen, Mund und Nase gelangt. Der Hautkontakt mit feuchtem Zement oder Beton ist durch das Tragen geeigneter Schutzkleidung zu vermeiden. Wenn Zement oder Beton in die Augen gelangt ist, sind diese sofort mit sauberem Wasser sorgfältig auszuwaschen und unverzüglich medizinische Hilfe in Anspruch zu nehmen. Nasser Beton ist sofort von der Haut abzuwaschen.“ [1]
- **„Warnung** – Zementleim ist in hohem Maße alkalisch und kann zu Verätzungen der Haut führen. Bei manuellen Bedienungsvorgängen sind Schutzhandschuhe zu tragen, um einen unmittelbaren Kontakt mit der Haut zu vermeiden.“ [2]



Bild 1-16: Mischer mit Staubabsaugung



Bild 1-17: Probengefäß

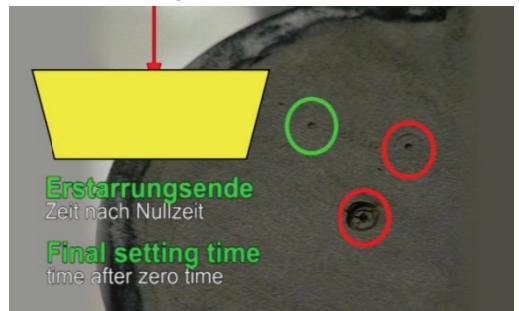


Bild 1-18: Prinzip Erstarrungsende. Ringförmiger Eindruck ist nicht mehr sichtbar



Bild 1-19: Probenahmebehälter für Zement

## 10. Weiterführende Medien und Referenzdokumente

- Iken, Hans; u.a.: Handbuch der Betonprüfung, Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf 2012, Steinhof 39, 40699 Erkrath, Tel.: 0211/924990, [www.verlagbt.de](http://www.verlagbt.de)
- DIN EN 196-3:2017-03 „Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit“
- DIN EN 196-1:2016-11 „Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit“
- DIN EN 197-1:2011-11 „Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement“
- DIN 1164-11:2003-11 „Zemente mit besonderen Eigenschaften – Teil 11: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit verkürztem Erstarren“
- DIN 1164-11:2005-06 „Zemente mit besonderen Eigenschaften – Teil 12: – Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen“
- DIN EN 12350-3: „Prüfung von Frischbeton – Teil 3: Vebe-Prüfung“
- DIN EN 12350-8:2010-12 „Prüfung von Frischbeton – Setzfließversuch“
- DIN EN 14216:2015-09 „Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme“
- Zementmerkblatt Betontechnik B1, 9.2019, Zemente und ihre Herstellung
- Geräte-Video „Vicat-Test, verschiedene Geräte“, TESTING, Bluhm & Feuerherdt GmbH, Motzener Straße 26b, 12277 Berlin, Tel.: 030 7109645-0, [www.testing.de](http://www.testing.de)
- Lehr- und Schulungsvideo mit Textbegleitheft „Die Vicat-Prüfung“, F&T Film- und Tonstudio Wuppertal, Walter Reetz, Haster Aue 6a, 42857 Remscheid, Tel.: 0202 474035, [www.filmundton.de](http://www.filmundton.de)
- Gunkler, Erhard: Arbeitsunterlagen für das Baustofftechnologie-Praktikum: Mineralische Bindemittel (n.d.). Online unter: [http://www.hs-owl.de/fb3/fileadmin/gunkler\\_erhard/Bindemittel-Praktikum.pdf](http://www.hs-owl.de/fb3/fileadmin/gunkler_erhard/Bindemittel-Praktikum.pdf) (29. Sept. 2018).
- Nadelgerät von Vicat. In: Beton Wiki (4. April 2016). Online unter: [https://www.beton.wiki/index.php?title=Nadelger%C3%A4t\\_von\\_Vicat](https://www.beton.wiki/index.php?title=Nadelger%C3%A4t_von_Vicat) (29. Sept. 2018).
- Thieme, Michael: Verfestigungsverhalten von Zement. In: Anleitung zum Praktikum, Verfestigungsverhalten von Zement' (Oktober 2013). Online unter: [https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ifww/biomaterialien/ressourcen/dateien/lehre/ww\\_praktika/verf\\_zement\\_ws13?lang=en](https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ifww/biomaterialien/ressourcen/dateien/lehre/ww_praktika/verf_zement_ws13?lang=en) (29. Sept. 2018).
- Vicat (Unternehmen). In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie (13. April 2015). Online unter: [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Vicat\\_\(Unternehmen\)&oldid=140815900](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Vicat_(Unternehmen)&oldid=140815900) (29. Sept. 2018).

## 11. Mindestangaben im Prüfbericht

- a) Verwendete Prüfnorm DIN EN 196-3:2009-02
- b) Name und Anschrift des Prüflabors
- c) Datum der Prüfung
- d) Genaue Bezeichnung der Probe
- e) Masse des Wassers für Normensteife
- f) Massenprozent des Wassers bezogen auf den Zement
- g) Normensteife, Abstand des Tauchstabes von der Glasplatte
- h) Erstarrungsbeginn, Zeit und Abstand der Nadel von der Grundplatte
- i) Erstarrungsende, Zeit auf 5 min gerundet
- j) Art des verwendeten Prüfgerätes, z.B. manuell oder automatisch
- k) Art der Zwischenlagerung.
- l) Ort der Prüfung
- m) Name des Prüfers
- n) Für die Prüfung Verantwortlicher

### Quellen:

[1] DIN EN 12350-3:2009-8

[2] DIN EN 196-3:2017-03, Deutsche Fassung 2016

## Prüfbericht (informatives Beispiel ) Nr. 1

### Bestimmung der Abbindezeiten – Vicat-Prüfung (Referenzverfahren)

DIN EN 196-3:2017-03

Ist: Arbeitsraumtemperatur **19 °C**, relative Luftfeuchtigkeit **65 % r.F.**  
Soll: Arbeitsraumtemperatur 18–20 °C, relative Luftfeuchtigkeit > 50 % r.F.

Nr.	Prüfverlauf		Arbeitshilfen
1	Mischungsherstellung aus		
1.1	Wasser in Kubikzentimeter [cm <sup>3</sup> ]	<b>128 cm<sup>3</sup></b> (ml)	* auf 0,5 % genau abwägen
1.2	Zement in Gramm [g]	<b>500 g</b>	* auf 1 g genau abwägen
2	M.-% des Wassers, Normensteife, bezogen auf die Zementmasse, auf 0,5 M.-% gerundet	<b>25,6 M.-%</b> <b>25,5 M.-%</b>	$\frac{\text{Wasser (g)} \cdot 100 (\%)}{\text{Zement (g)}} \quad [\text{M.-}\%]$
3	Wasser + Zement in den Mischtrog geben	<b>11:00</b>	* Nullzeit (Startzeit)
4	90 s mischen, Geschwindigkeit I [140 U/min]	bis <b>90 s</b>	* Zeiten addieren und Geschwindigkeiten einhalten
5	nach 30 s Mischer stoppen, Seitenwand säubern	bis <b>120 s</b>	* Mischgut in den Mischtrog schaben
6	90 s mischen, Geschwindigkeit I [140 U/min]	bis <b>210 s</b>	
7	Prüfen der Normensteife (Tauchstab) nach Zementzugabe (Nullzeit): ..... min		* unter 4 mm: <b>neue Probe mit weniger Wasser</b>
7.1	Abstandsmaß in mm   ... <b>5</b> ...             Abstand zwischen Tauchstab und Grundplatte. Normensteife erreicht: ja <input checked="" type="checkbox"/> / nein <input type="checkbox"/>		* über 8 mm: <b>neue Probe mit mehr Wasser</b>
8	Prüfen des Erstarrungsbeginns: <b>45 min</b> nach Mischbeginn mit Nadel und Gewicht bei Zementfestigkeitsklasse.....		
8.1	Eindringtiefe in mm   <b>0</b>   <b>0</b>   <b>1</b>   <b>3</b>		* zwischen 3 und 9 mm ist der Erstarrungsbeginn erreicht
8.2	Zeit in min nach Nullzeit   <b>45</b>   <b>55</b>   <b>65</b>   <b>69</b>         Abstand zwischen Nadel und Grundplatte.		* Zeiten auf 1 min genau notieren
8.3	Erstarrungsbeginn in <b>70 min</b> nach Nullzeit		* Erstarrungsbeginn (Zeit) auf 5 min runden
9	Prüfen des Erstarrungsendes mit Ringnadel und Gewicht <b>30 min</b> nach Erstarrungsbeginn		* auf 1 min genau
9.1	Ringeindruck (nur 0,5 mm)   <b>ja</b>   <b>ja</b>   <b>ja</b>   <b>nein</b>		* Erstarrungsende: es ist kein Ringeindruck mehr zu sehen, die Nadel dringt max. 0,5 mm ein
9.2	Zeit nach   <b>100</b>   <b>115</b>   <b>130</b>   <b>137</b>   ..... (Nullzeit) Mischungsbeginn		* Zeiten notieren
10	Erstarrungsende <b>135 min</b> nach Nullzeit. Die Gesamtmasse aller Teile soll 300 ± 1 Gramm [g] betragen.		* Zeit auf 15 min runden

Ein leeres Beispielformular steht zum Download bereit als PDF-Datei unter [www.verlagbt.de/bpk](http://www.verlagbt.de/bpk)

