

BAWMerkblatt

Entmischungssensibilität von Beton (MESB)

Ausgabe 2025

EU-Notifizierung Nr. 2025/0252/DE

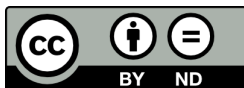
Hinweis:

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1)

BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien

Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Telefon: +49 721 9726-0
E-Mail: info@baw.de
www.baw.de



creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/

Soweit nicht anders gekennzeichnet, stehen die Inhalte der Beiträge unter der Creative Commons Lizenz BY-ND 4.0 (Namensnennung – Keine Bearbeitungen 4.0 International). Bei anderweitiger Kennzeichnung unterliegen die entsprechenden Inhalte dem urheberrechtlichen Schutz und dürfen nicht weiterverwendet werden.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	1
2 Literatur und normative Verweise	2
3 Prüfungen am Frischbeton	2
4 Prüfungen am Festbeton	2
4.1 Laborprüfkörper	2
4.2 Prüfungen am Kleinbauteil	2
4.3 Prüfungen an Bohrkernen aus Bauteilen	3
4.3.1 Kurzbeschreibung	3
4.3.2 Geräte	3
4.3.3 Durchführung	3
4.3.4 Auswertung	5
4.3.5 Bewertung	6
4.3.6 Bericht	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswertung der Flächenanteile aus Abbildung 2	6
Tabelle 2: Auswertebeispiele zum Auswaschversuch gemäß Abschnitt A.4.2 und A.4.3	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiele für die Festlegung von Auswertebereichen	4
Abbildung 2: schwarz markiert: angeschnittene Gesteinskörnungsflächen ≥ 8 mm als Grundlage für die Flächenauswertung (links: oberes Drittel, Mitte: mittleres Drittel, rechts: unteres Drittel eines Bohrkerns)	6
Abbildung 3: Verdichtungsgerät mit eingespannter, mit Beton gefüllter Zylinderform	9
Abbildung 4: Bereiche unterschiedlicher Sedimentationssensibilität bei Auswertung nach A.4.2	14
Abbildung 5: Beispiel: Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und Sedimentation der groben Gesteinskörnung im oberen Segment	15
Abbildung 6: Beispiel: Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und der Differenz zwischen der Frischbetonrohddichte im oberen Segment und der mittleren Frischbetonrohddichte	16
Abbildung 7: Empfehlung Bohrkernentnahmestellen am Kleinbauteil (Draufsicht)	22

Anlagenverzeichnis

Anlage A:	Auswaschversuch (informativ)	8
Anlage B:	Ermittlung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Festbeton – Laborprüfkörper (informativ)	18
Anlage C:	Prüfung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Festbeton – Kleinbauteil (informativ)	21

Vorbemerkung

Das Betonregelwerk enthält bislang keine Regelungen zur Beurteilung des Entmischens von Beton. Vor diesem Hintergrund befasst sich das BAWMerkblatt Entmischungssensibilität von Beton (MESB) mit der Beurteilung von Rüttelbetonen im Hinblick auf ihre Sensibilität bezüglich Entmischung. Im Fokus stehen hierbei die Sedimentation der groben Gesteinskörnung sowie Mörtelanreicherungen und sonstige Entmischungen. Das Merkblatt enthält bislang nur Vorgaben für die Beurteilung von Proben aus Bauteilen, für die Durchführung von Frisch- und Festbetonprüfungen an gesondert hergestellten Probekörpern enthält das Merkblatt derzeit nur Empfehlungen.

Hinsichtlich der Empfehlungen zu Frisch- und Festbetonprüfungen an gesondert hergestellten Probekörpern differenziert das Merkblatt nach Prüfungen am Frischbeton (Auswaschversuch) und am Festbeton (Laborprüfkörper, Kleinbauteil, Bohrkern aus Bauteilen). Beim Auswaschversuch sowie bei den Festbetonprüfungen am Laborprüfkörper und am Kleinbauteil handelt es sich nach derzeitigem Stand um Verfahren, mit denen erste Praxiserfahrungen gewonnen wurden. Diese Verfahren werden deshalb bis auf Weiteres in informativen Anlagen aufgeführt. Der Auswaschversuch soll perspektivisch eine Einordnung des Betons hinsichtlich seiner Sedimentationssensibilität ermöglichen. Hierzu ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse des Auswaschversuches auf Praxisverhältnisse zu überprüfen. Dies soll über den Vergleich mit Untersuchungen an Kleinbauteilen realisiert werden, bei denen der gleiche Beton praxisnah verdichtet wird. Die Einordnung des Betons hinsichtlich der Sedimentationssensibilität soll den Verwender bezüglich der Wahl einer angemessenen Betonverdichtung mit Bezug zu DIN 1045-3, 9.5 (1) und (7) unterstützen.

Waren, die rechtmäßig in einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union oder in der Türkei in Verkehr gebracht werden oder die ihren Ursprung in einem EFTA-Staat haben, der Vertragspartei des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ist, und dort rechtmäßig in Verkehr gebracht werden, gelten als mit dieser Maßnahme vereinbar. Die Anwendung dieser Maßnahme unterliegt der Verordnung (EG) Nr. 764/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 zur Festlegung von Verfahren im Zusammenhang mit der Anwendung bestimmter nationaler technischer Vorschriften für Produkte, die in einem anderen Mitgliedstaat rechtmäßig in den Verkehr gebracht worden sind, und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 3052/95/EG (ABl. L 218 vom 13.8.2008, S. 21).

1 Einleitung

Mit der Untersuchung des Festbetons anhand von Bohrkernen aus Bauteilen gemäß Abschnitt 4.3 sollen das Ausmaß der Sedimentation der groben Gesteinskörnung sowie von Mörtelanreicherungen bzw. sonstigen Entmischungen beurteilt werden. Dieses Verfahren und die zugehörigen Kriterien sind im BAW-MESB verankert und dienen in erster Linie zur Überprüfung und Bewertung der ausgeführten Leistung bei Baumaßnahmen.

Die Prüfungen am Frischbeton gemäß Abschnitt 3 und die Prüfung des Festbetons am Laborprüfkörper gemäß Abschnitt 4.1 basieren auf dem Auswaschversuch nach DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton, Ausgabe November 2003, Anlage N.2, bzw. der Prüfung der Sedimentationsstabilität am Festbeton nach Anlage N.1. Mit diesen Untersuchungen soll die Sensibilität von Beton gegenüber der Sedimentation der groben Gesteinskörnung während des Verdichtens untersucht werden. Die Versuchsdurchführung wurde an die Untersuchung von Rüttelbeton angepasst. Die Modifikationen betreffen insbesondere die Einbeziehung des Verdichtens in den Prüfablauf sowie die Auswertemethode.

Mit der Untersuchung des Festbetons am Kleinbauteil gemäß Abschnitt 4.2 sollen in einem praxisnahen Versuch die Auswirkungen einer Verdichtung mittels Innenrüttler auf die Sedimentation der groben Gesteinskörnung sowie auf Mörtelanreicherungen und sonstige Entmischungen erfasst werden. Dieser Versuch dient außerdem der Erfahrungssammlung im Hinblick auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse des Auswaschversuchs auf die Baupraxis.

2 Literatur und normative Verweise

DAfStb-Richtlinie	Selbstverdichtender Beton (SVB Richtlinie), Ausgabe November 2003
DBV-Merkblatt	Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton
DIN 1045-3	DIN 1045-3:2023-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 3: Bauausführung
DIN EN 12350-1	Prüfung von Frischbeton - Teil 1: Probenahme
DIN EN 12350-5	Prüfung von Frischbeton - Teil 5: Ausbreitmaß
DIN EN 12350-6	Prüfung von Frischbeton - Teil 6: Frischbetonrohddichte
DIN EN 12350-7	Prüfung von Frischbeton - Teil 7: Luftgehalt - Druckverfahren
DIN EN 12620	Gesteinskörnungen für Beton
DIN ISO 3310-2	Test sieves — Technical requirements and testing — Part 2: Test sieves of perforated metal plate
BAWMerkblatt	Bohrkernentnahme für Bauwerksuntersuchungen (MBK)

3 Prüfungen am Frischbeton

Siehe Anlage A

4 Prüfungen am Festbeton

4.1 Laborprüfkörper

Siehe Anlage B

4.2 Prüfungen am Kleinbauteil

Siehe Anlage C

4.3 Prüfungen an Bohrkernen aus Bauteilen

4.3.1 Kurzbeschreibung

Die Prüfung am Bohrkern dient zur Beurteilung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung von Beton mit einem Größtkorn von mindestens 16 mm und von Mörtelanreicherungen bzw. sonstigen Entmischungen an Beton mit beliebigem Größtkorn unter den gegebenen Einbaurandbedingungen. Das Verfahren kann für unterschiedliche Zielsetzungen angewendet werden. Die Prüfung erfolgt analog zur DAfStb-SVB-Richtlinie, Anlage N.1, durch eine visuelle Beurteilung der Verteilung der groben Gesteinskörnung am Schnittbild des Bohrkerns ergänzt um eine quantitative Bestimmung der Grobkornverteilung. Zusätzlich wird die Bohrkernmantelfläche im Hinblick auf Mörtelanreicherungen und sonstige Entmischungen beurteilt.

4.3.2 Geräte

4.3.2.1 Bohrgerätschaften

Zur Bohrkernentnahme nach BAW-MBK.

4.3.2.2 Säge

Geeignet, die Bohrkern entlang der Bohrkernachse aufzusägen.

4.3.2.3 Schablone

Geeignet zur Erfassung der für die Auswertung relevanten angeschnittenen Flächen der groben Gesteinskörnung nach Abschnitt 4.3.4.1.

4.3.2.4 Stift

Zur Markierung der für die Auswertung relevanten angeschnittenen Flächen der groben Gesteinskörnung oder eine gleichwertige Markierungsmethode.

4.3.2.5 Bildaufnahmegerät

Zur Erstellung eines digitalen Bildes des Prüfkörpers.

4.3.3 Durchführung

4.3.3.1 Probenahme

Die Entnahme von Bohrkernen erfolgt nach BAW-MBK. Der Bohrkerndurchmesser beträgt vorzugsweise 150 mm bei einer Mindestlänge von 450 mm. In Abhängigkeit zu den Bauteilrandbedingungen (Bewehrungsabstand) kann der Durchmesser auf 100 mm reduziert werden. Bei horizontal entnommenen Bohrkernen ist am Bohrkern die Ausrichtung im Bauteil kenntlich zu machen.

Anmerkung: Eine Reduzierung auf einen Bohrkerndurchmesser von 100 mm ist aufgrund der reduzierten Abso lutfläche der für die Auswertung zur Verfügung stehenden angeschnittenen Gesteinskörnung kritisch zu hinterfragen und gegen etwaige Einschränkungen bei der Bohrkernentnahme abzuwägen.

4.3.3.2 Aufsagen der Prüfkörper

Der Bohrkern ist längs zur Bohrrichtung mittig aufzusägen. Nach dem Aufsagen ist die Schnittfläche des Bohrkerns zu fotografieren.

4.3.3.3 Festlegung der Auswertebereiche

Je Prüfung sind in Bohrkernlängsrichtung drei Auswertebereiche mit einer Länge von je 150 mm festzulegen. Die Auswahl für die Auswertung muss nachvollziehbar unter Berücksichtigung des Gesamteindrucks des Prüfkörpers erfolgen. Die Lage der jeweils drei Auswertebereiche je Beurteilungsbereich ist anzuzeichnen. Beispiele können Abbildung 1 entnommen werden.

Untersuchungen im Hinblick auf die vertikale Sedimentation der groben Gesteinskörnung und von Mörtelanreicherungen bzw. sonstigen Entmischungen erfolgen im Regelfall an vertikal aus dem Bauteil zu entnehmenden Bohrkernen. Bei der Festlegung der Auswertebereiche sind vorhandene Betonierlagen bzw. Betonierabschnitte, sofern erkennbar, zu berücksichtigen.

Untersuchungen im Hinblick auf Entmischungsprozesse senkrecht zur Betonierhöhe erfolgen im Regelfall an horizontal aus dem Bauteil zu entnehmenden Bohrkernen.

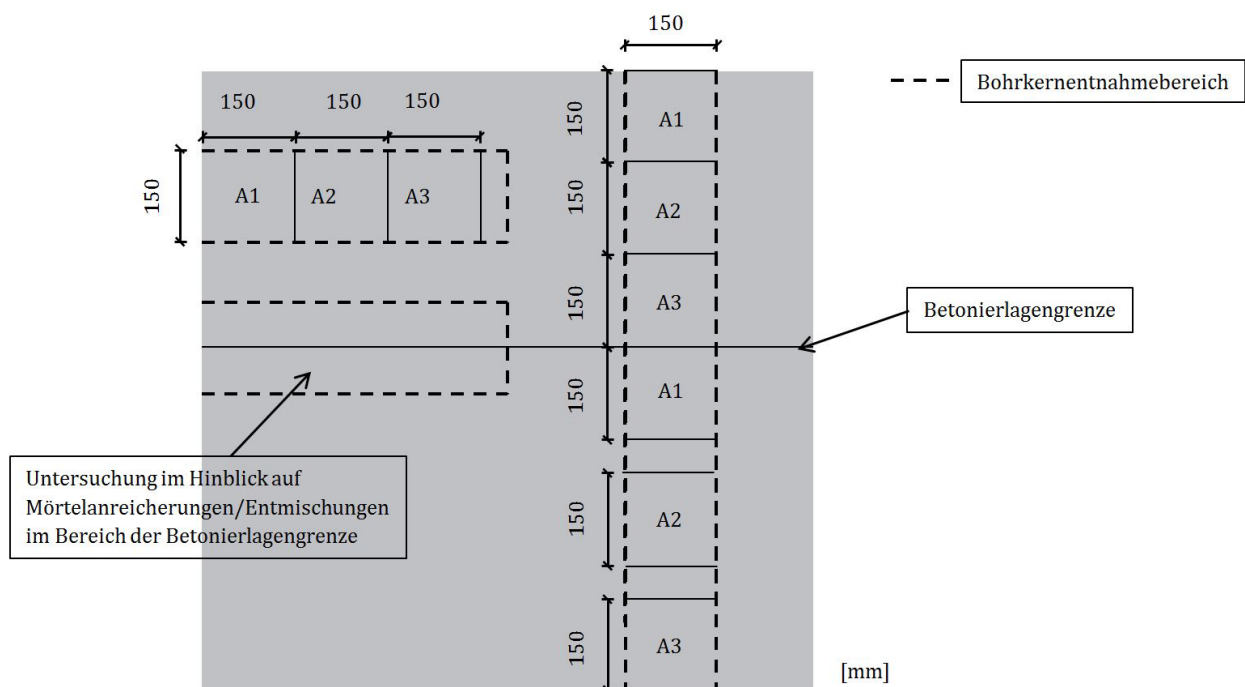


Abbildung 1: Beispiele für die Festlegung von Auswertebereichen

4.3.3.4 Präparation der Prüfkörper

Für jeden Auswertebereich sind alle Gesteinskörner manuell zu identifizieren, deren größte Abmessung d an der gesägten Gesteinskörnungsfläche mindestens 8 mm beträgt. Die Anschnittsflächen dieser Gesteinskörner sind vollflächig, beispielsweise durch schwarzes Einfärben, zu markieren. Anschließend ist eine digitale Abbildung der Teilflächen inkl. eines Maßstabs zu erstellen und die Flächenabmessungen der Auswertebereiche zu protokollieren.

Alternative Verfahren zur Identifizierung der angeschnittenen Gesteinskörner ≥ 8 mm sind zulässig sofern deren Gleichwertigkeit nachgewiesen wird.

Anmerkung: Eine Schablone gemäß Abschnitt 4.3.2.3 ermöglicht eine objektive Identifikation der relevanten Gesteinskörner.

4.3.4 Auswertung

4.3.4.1 Vorgehensweise

Für die Auswertung ist für jeden der drei Auswertebereiche die Fläche der angeschnittenen Gesteinskörner ≥ 8 mm auf ganze mm^2 genau zu bestimmen. Die Vorgehensweise bei der Flächenermittlung der markierten Gesteinskörner ist freigestellt, sie ist im Bericht nachvollziehbar darzustellen.

Aus den Flächen der drei Auswertebereiche ist die mittlere Fläche der groben angeschnittenen Gesteinskörnung ≥ 8 mm in den Auswertebereichen auf ganze mm^2 genau zu berechnen.

$$\bar{A} = \frac{1}{3} (A_1 + A_2 + A_3)$$

Mit:

\bar{A}	Mittlere Fläche der groben angeschnittenen Gesteinskörnung ≥ 8 mm in den drei Auswertebereichen in mm^2
A_1, A_2, A_3	Fläche der groben angeschnittenen Gesteinskörnung ≥ 8 mm in den drei Auswertebereichen in mm^2

Die prozentuale Abweichung der Fläche der angeschnittenen groben Gesteinskörnung ΔA_i in % im einzelnen Auswertebereich von der mittleren Fläche ist auf 0,1 % genau zu berechnen:

$$\Delta A_i = \left(\frac{A_i}{\bar{A}} - 1 \right) \cdot 100$$

Mit:

A_i	Fläche der groben angeschnittenen Gesteinskörnung im Auswertebereich i in mm^2
ΔA_i	Abweichung der Fläche der groben Gesteinskörnung im Auswertebereich i von der mittleren Fläche in %

4.3.4.2 Auswertebeispiel

Abbildung 2 und Tabelle 1 stellen ein Auswertebeispiel für die Flächenauswertung am Festbeton dar.

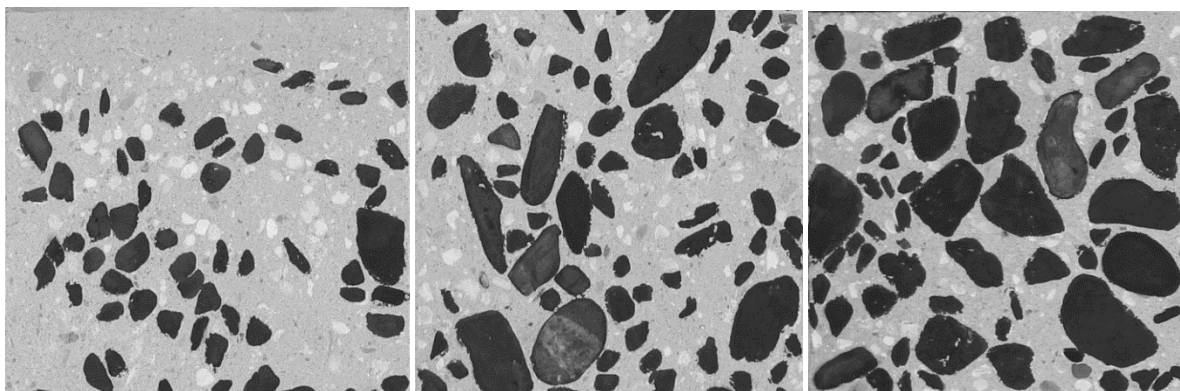


Abbildung 2: schwarz markiert: angeschnittene Gesteinskörnungsflächen ≥ 8 mm als Grundlage für die Flächenauswertung
(links: oberes Drittel, Mitte: mittleres Drittel, rechts: unteres Drittel eines Bohrkerns)

Tabelle 1: Auswertung der Flächenanteile aus Abbildung 2

		A_i	ΔA_i
		[mm ²]	[%]
	1	2	3
1	Oben	4198	-49
2	Mitte	8593	+5
3	Unten	11836	+44
4	Mittelwert	8209	0

4.3.5 Bewertung

Bei der Untersuchung von Bohrkernen aus Bauteilen gemäß Abschnitt 4.3 gelten, sofern nicht anders vereinbart, die beiden folgenden Bewertungskriterien als Maßstab zur Identifizierung in unzulässiger Weise sedimentierter bzw. entmischter Bereiche eines Betonbauteils:

- Eine entsprechend Abschnitt 4.3.3 in Verbindung mit 4.3.4 ermittelte Abweichung von $\Delta A_i = 30$ % darf nicht überschritten werden.
- Im Bohrkern darf in keinem Bereich eine unzulässige Mörtelanreicherung oder sonstige Entmischung vorhanden sein. Eine unzulässige Mörtelanreicherung bzw. sonstige Entmischung liegt unter anderem dann vor,
 - wenn auf der Bohrkernmantelfläche ein umlaufender Streifen mit einer Breite von mindestens 8 mm zu erkennen ist, in dem nur Gesteinskörner vorhanden sind, deren größte Abmessung d an der geschnittenen Fläche 4 mm beträgt. Im Bereich von Betondeckungen darf die Betonrandzone bis in eine Tiefe von 10 mm von dieser Auswertung ausgenommen werden.
 - wenn auf der Bohrkernmantelfläche ein umlaufender, minderfester Streifen (Trennlage) mit z. B. porösen/porigen Bereichen vorhanden ist.

4.3.6 Bericht

Der Bericht muss folgende Angaben und Anlagen enthalten:

- a) Eindeutige Beschreibung der Bohrkernentnahmestelle(n);
- b) Eindeutige Bezeichnung der untersuchten Probekörper;
- c) Foto der Bohrkern mit Maßstab;
- d) Eindeutige Kennzeichnung der Auswertebereiche an der Schnittfläche (Foto);
- e) Foto der Schnittfläche mit den für die Auswertung markierten Gesteinskörnern;
- f) Beschreibung des Verfahrens zur Bestimmung der Flächenanteile der Gesteinskörnung in den Auswertebereichen;
- g) Mischungsberechnung und Größtkorn der Gesteinskörnung;
- h) Grenzabmessung d der in der Auswertung berücksichtigten Gesteinskörnungsanteile;
- i) Fläche grober Gesteinskörnung A_i in jedem Auswertebereich in mm^2 ;
- j) Mittlere Fläche \bar{A} in mm^2 ;
- k) Prozentuale Abweichung des Grobkornanteils ΔA_i in den einzelnen Auswertebereichen in %;
- l) Beschreibung eventueller Mörtelanreicherungen und sonstiger Entmischungen;
- m) Jegliche Abweichung vom beschriebenen Prüfverfahren;
- n) Bohrprotokolle gemäß BAW-MBK;
- o) Betonierplan, Lieferscheine sowie Frischbetoneigenschaften des beprobten Bereiches beim Betoneinbau (Ausbreitmaß, Frischbetonrohddichte, Luftgehalt, Frischbetontemperatur), wenn keine Informationen verfügbar sind, ist dies ebenfalls anzugeben;
- p) Datum des Betoneinbaus;
- q) Beim Betoneinbau verwendetes Verdichtungsgerät, Durchmesser, Frequenz, Hersteller, Typenbezeichnung;
- r) Angabe zu planmäßigen und/oder tatsächlichen Verdichtungszeiten, wenn keine Informationen verfügbar sind, ist dies ebenfalls anzugeben.

Anlagen

Anlage A: Auswaschversuch (informativ)

A.1 Kurzbeschreibung

Der Auswaschversuch wird zur Bewertung der Sedimentationssensibilität von Rüttelbeton mit einem Größtkorn von mindestens 16 mm verwendet. Im Versuch wird der Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und Sedimentation der groben Gesteinskörnung ermittelt.

Beim Auswaschversuch werden drei gleich hohe Zylindersegmente übereinandergestellt, mit Beton gefüllt und verdichtet. Direkt im Anschluss wird die Masse des Siebrückstandes des Grobkornanteils der Gesteinskörnung im Beton im jeweiligen Zylindersegment nach dem Auswaschen und Absieben bestimmt. Die Unterschiede der Anteile der groben Gesteinskörnung auf den einzelnen Sieben zeigen den Grad der Entmischung infolge der eingebrachten Verdichtungseinwirkung an.

A.2 Geräte

A.2.1 Zeitnehmer

Geeignet, auf 1 s genau zu messen.

A.2.2 Thermometer

Geeignet, auf 1 °C genau zu messen.

A.2.3 Metermaß

Geeignet, auf 1 mm genau zu messen.

A.2.4 Verdichtungsgerät

Einheit aus Rütteltisch, Zylinderform, Einspannvorrichtung und Steuerung für Zeit und Frequenz. Die zerlegbare Zylinderform aus Stahl mit einer Gesamthöhe $h_{\text{ges}}=450$ mm besteht aus drei gleich hohen Teilen der Höhe $h_i=150$ mm mit einem Innendurchmesser $d=150$ mm.

Anmerkung 1: Die Ausbildung des Verdichtungsgerätes, die Einspannung der Zylinderform sowie Frequenz und Amplitude sind maßgeblich für den Gesamtenergieeintrag auf den Beton und damit für die hiermit erzielten Ergebnisse. Die Untersuchungen zur Entmischungssensibilität von Beton im DAfStb-Arbeitskreis Frischbeton wurden mit dem in Abbildung 3 dargestellten Gerät durchgeführt. Sie haben bei einer Frequenz von 75 Hz zu einer guten Differenzierung geführt. Hierbei ergibt sich bei diesem Verdichtungsgerät bei eingespannter, vollständig mit Beton gefüllter Zylinderform eine Amplitude von 0,25 mm. Zur Vermeidung von Oberschwingungen muss ein bestimmter Mindestanpressdruck der Zylinderform eingehalten werden. Bei den bisher durchgeführten Versuchen war dies ab einem Anzugsmoment der Einspannschrauben von 12 Nm gegeben.

Anmerkung 2: Zur Weiterentwicklung des BAW-MESB ist die systematische Sammlung weiterer Versuchsdaten erforderlich. Hierzu wird seitens der BAW das im DAfStb-Arbeitskreis Frischbeton eingesetzte Gerät verwendet. Die Versuchsdaten Dritter können hierzu beitragen, sind nach derzeitigem Stand aber nur nutzbar, wenn sie mit dem gleichen Prüfgerät und gleichen Prüfparametern gewonnen werden.

Die Parameter Frequenz und Amplitude sind einmal jährlich messtechnisch bei definiert angepresster und mit Beton vollständig gefüllter Zylinderform zu ermitteln und zu dokumentieren.



Abbildung 3: Verdichtungsgerät mit eingespannter, mit Beton gefüllter Zylinderform

A.2.5 Abstreichlineal

Mit einer Länge von mehr als 200 mm.

A.2.6 Siebblech

Mit 8 bzw. 11,2 (11) mm großen quadratischen Öffnungen, einem Rahmendurchmesser von mindestens 300 mm und einer Höhe von mindestens 30 mm, in Übereinstimmung mit DIN ISO 3310-2.

A.2.7 Behälter

Aus nicht absorbierendem Material zur Aufnahme der Frischbetonstichprobe nach DIN EN 12350-1.

A.2.8 Probenbehälter

Drei Probenbehälter aus nicht absorbierendem Material zur Aufnahme der ausgewaschenen groben Gesteinskörnungen aus den drei Zylinderstücken.

A.2.9 Waage

Waage, die eine Belastbarkeit von mindestens 10 kg aufweist und mit der die Masse auf 0,001 kg genau bestimmt werden kann.

A.2.10 Trennschieber

Aus dünnem Stahlblech zur Abtrennung der mit Beton gefüllten Einzelsegmente nach der Versuchsdurchführung.

A.3 Durchführung

A.3.1 Probenahme

Eine für die zu bewertende Charge repräsentative Stichprobe nach DIN EN 12350-1 ist zu entnehmen und in einen Behälter zu füllen.

Anmerkung: Der Entnahme einer repräsentativen Probe kommt beim Auswaschversuch eine besondere Bedeutung zu, da diese sich unmittelbar auf das Versuchsergebnis auswirken kann.

A.3.2 Füllen und Verdichten der Zylinderform

Das Verdichtungsgerät ist auf eine feste, waagerechte Ebene zu stellen. Die Zylinderform ist zusammenzubauen. Der Beton im Behälter ist unmittelbar vor dem Einfüllen in die Zylinderform gründlich durchzumischen, um eine homogene Kornverteilung in der Zylinderform sicherzustellen. Der Beton ist bei zunächst schräg gehaltener Zylinderform möglichst hohlraumarm ohne Verdichtung vollständig bis zu Schalungsoberkante einzufüllen. Überschüssiger Beton ist mit dem Abstreichlineal in einer Sägebewegung zu entfernen, wobei jegliche Verdichtung zu vermeiden ist.

Die Zylinderform ist mit dem vorgesehenen Anzugsmoment auf dem Rütteltisch definiert zu fixieren. Der Beton ist mit den festgelegten Parametern zu verdichten (siehe Abschnitt A.5.2 und A.5.3). Ein Nachfüllen während des Verdichtungs Vorgangs ist nicht zulässig. Nach Abschluss des Verdichtens ist das Absetzen a des Betons zwischen Oberkante des Zylinders und der Oberfläche des verdichteten Betons auf 1 mm genau zu messen.

Anmerkung 1: Bei Betonen mit geringem Ausbreitmaß (unterer Bereich F3 und kleiner) kann es zu einem starken Absetzen des Betons in der Zylinderform während des Versuches kommen. Eine sinnvolle Versuchsauswertung nach Abschnitt A.4 kann in diesem Fall aufgrund der fehlenden Möglichkeit einer exakten Drittelung der Probe ggf. nicht mehr gegeben sein.

Anmerkung 2: Zur Durchführung der Untersuchungen nach Abschnitt A.5.2 ist es erforderlich, mindestens vier Zylinderformen unmittelbar nacheinander zu befüllen, dann zu verdichten und erst anschließend mit dem Auswaschen zu beginnen, um den Einfluss von sich ggf. während der Dauer der Versuchsdurchführung verändernden Frischbetoneigenschaften zu minimieren. Nach der Verdichtung wirken sich zeitliche Veränderungen der Frischbetoneigenschaften nicht mehr auf das Prüfergebnis aus.

A.3.3 Wahl des Siebsatzes

Bei einem Beton mit einem Größtkorn von 16 mm wird das Grobkorn auf einem Sieb mit quadratischen, 8 mm großen Öffnungen gemäß DIN ISO 3310-2, bei einem Beton mit einem Größtkorn von 22,4 bzw. 31,5 mm auf einem Sieb mit quadratischen, 11,2 (11) mm großen Öffnungen ausgewaschen und abgesiebt.

Anmerkung: Für Rüttelbetone mit einem Größtkorn von 8 mm liegen keine Erfahrungen vor.

A.3.4 Auswaschen des Betons

Der Zylinder ist mit Hilfe des Trennschiebers zu teilen. Jedes Segment ist in einen Behälter zu entleeren. Das jeweilige Betongewicht $m_{b,i}$ in den drei Segmenten ist auf 1 g genau zu ermitteln.

Anschließend ist der Beton auf das Sieb gemäß Abschnitt A.3.3 zu geben, auszuwaschen und abzusieben. Das auf dem Sieb verbleibende Grobkorn ist für jedes Segment in einem Probenbehälter aufzufangen. Überschüssiges Wasser ist aus dem Probenbehälter abzuschütten. Die Massen m_1 , m_2 und m_3 der groben oberflächenfeuchten Gesteinskörnung aus den drei Segmenten sind auf 1 g genau zu ermitteln.

A.3.5 Begleitende Frischbetonprüfungen

Die Temperatur des Betons ist unter Verwendung eines Thermometers auf 1 °C genau zu messen und aufzuzeichnen. Die Konsistenz des Betons nach DIN EN 12350-5, die Rohdichte nach DIN EN 12350-6 und der Luftgehalt nach DIN EN 12350-7 sind zum Prüfzeitpunkt zu bestimmen und aufzuzeichnen. Bei Beton aus einer Transportbetonmischanlage ist der Wassergehalt des Frischbetons im Darrversuch gemäß DBV-Merkblatt Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton zu bestimmen.

Anmerkung: Sollte die Füllung und Verdichtung der Zylinderformen bei Untersuchungen nach Abschnitt A.5.2 einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen und dadurch zu Veränderungen der Konsistenz und ggf. des Luftgehaltes führen, sollten diese Eigenschaften vor und nach Beendigung des Verdichtungsvorgangs aller Zylinderformen bestimmt werden.

A.4 Versuchsauswertung

A.4.1 Allgemeines

Nachfolgend werden zwei Auswerteverfahren zur Ermittlung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung beschrieben. In den bisherigen Untersuchungen wurde die Auswertung nach Abschnitt A.4.2 herangezogen. Diese Auswertung stellt das Referenzverfahren dar. Die alternative Auswertung nach Abschnitt A.4.3 führt zu einer wesentlichen Vereinfachung der Prüfung, da der Auswaschvorgang entfällt.

Anmerkung: Zur Überprüfung einer repräsentativen Probennahme ist ein Abgleich der mittleren Masse der groben Gesteinskörnung \bar{m} nach Abschnitt A.4.2 mit dem sich aus der Sieblinie ergebenden Anteil bzw. der mittleren Frischbetonrohichte $\bar{\rho}$ nach Abschnitt A.4.3 mit der Frischbetonrohichte des Betons nach DIN EN 12390-6 ratsam. Bei Durchführung mehrerer Auswaschversuche gibt ein Vergleich der groben Gesteinskörnung \bar{m} und der mittleren Frischbetonrohichte $\bar{\rho}_b$ Hinweise auf die Vergleichbarkeit der jeweiligen Probenahmen.

A.4.2 Ermittlung des Sedimentationsmaßes (Referenzverfahren)

Die Masse der groben Gesteinskörnung im oberen Segment ist um das Absetzen a nach folgender Formel auf 1 g genau zu korrigieren:

$$m_{1,\text{kor}} = \frac{m_1}{1 - \frac{a}{150}}$$

Mit:

m_1 Masse der abgesiebten groben Gesteinskörnung aus dem oberen Segment in g

a Absetzen des Betons nach dem Verdichten in mm

Aus der korrigierten Masse des oberen Segmentes und den Massen der übrigen beiden Segmente wird die mittlere Masse grober Gesteinskörnung in den Segmenten auf 1 g genau berechnet.

$$\bar{m} = \frac{1}{3} (m_{1,\text{kor}} + m_2 + m_3)$$

Mit:

\bar{m} mittlere Masse grober Gesteinskörnung in den drei Segmenten in g

$m_{1,\text{kor}}$ korrigierte Masse grober Gesteinskörnung im obersten Segment in g

m_2, m_3 Masse grober Gesteinskörnung im mittleren und unteren Segment in g

Das Sedimentationsmaß als prozentuale Abweichung des Grobkornanteils Δm_i in M.-% im einzelnen Segment i vom mittleren Grobkornanteil wird auf 1 M.-% genau berechnet:

$$\Delta m_i = \left(\frac{m_i}{\bar{m}} - 1 \right) \cdot 100$$

Mit:

m_i	Masse grober Gesteinskörnung in den drei einzelnen Segmenten i in g
Δm_i	prozentuale Abweichung des Grobkornanteils im einzelnen Segment i vom mittleren Grobkornanteil in M.-%

A.4.3 Ermittlung der Dichtedifferenz (Alternativverfahren)

Eine alternative Auswertemethode stellt die Dichtedifferenz dar, welches die Differenz zwischen der Frischbetondichte im oberen bzw. unteren Segment und der mittleren Frischbetondichte darstellt.

$$\Delta \rho_o = \rho_o - \bar{\rho}$$

$$\Delta \rho_u = \rho_u - \bar{\rho}$$

Mit:

$\Delta \rho_o, \Delta \rho_u$	Dichtedifferenz im oberen (o) bzw. unteren (u) Segment in kg/m ³
ρ_o, ρ_u	Frischbetonrohichte im oberen (o) bzw. unteren (u) Segment in kg/m ³
$\bar{\rho} = \frac{\sum \rho_i}{3}$	Mittlere Frischbetonrohichte des Betons der drei einzelnen Segmente in kg/m ³
$\rho_i = \frac{m_{b,i}}{V_i}$	Frischbetonrohichte in den drei einzelnen Segmenten i in kg/m ³
$m_{b,i}$	Masse des Betons in den drei einzelnen Segmenten in kg
$V_i = \pi \cdot r^2 \cdot h_i$	Betonvolumen in den drei einzelnen Segmenten i in m ³
r	Radius der einzelnen Segmente, r=0,075 m
h_i	Höhe der einzelnen Segmente, $h_m=150$ mm, $h_u=150$ mm, $h_o=150$ mm-a
a	Absetzen des Betons nach dem Verdichten in mm

A.4.4 Auswertebeispiel

In Tabelle 2 sind Auswertebeispiele für den Auswaschversuch dargestellt.

Tabelle 2: Auswertebeispiele zum Auswaschversuch gemäß Abschnitt A.4.2 und A.4.3

		m _i	a	Verfahren nach Abschnitt A.4.2		Verfahren nach Abschnitt A.4.3		
				m _{1,korr}	Δm _i	m _{b,i}	V _i	ρ _i
		[g]	[mm]	[g]	[M.-%]	[g]	[dm ³]	[kg/m ³]
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Oben	1686	8	1784	-20	5714	2,51	2276
2	Mitte	2036	-	-	-8	6204	2,65	2341
3	Unten	2838	-	-	+28	6506	2,65	2455
4	<i>m̄</i>	-	-	2219	0	-	-	-
5	<i>ρ̄</i>	-	-	-	-	-		2357
6	Δ <i>ρ_o</i>							-81
7	Δ <i>ρ_u</i>							+98

A.5 Bewertung

A.5.1 Allgemeines

Mit dem jetzigen Erkenntnisstand können keine Grenzwerte für die Sedimentationssensibilität festgelegt werden. Mit den Versuchsergebnissen sollen grundsätzlich

- Relativbetrachtungen unterschiedlicher Betonzusammensetzungen vorgenommen werden.
- herstellbedingte Schwankungen der Sedimentationssensibilität einer Betonrezeptur erfasst werden.

A.5.2 Ermittlung der Sedimentationssensibilität

Durch Variation der Verdichtungszeit in mindestens vier Versuchen ist die Sedimentationssensibilität zu ermitteln. Hierzu werden Verdichtungszeiten von 15, 30, 60 und 90 s empfohlen. Bei LP-Beton können kürzere Zeitabstände sinnvoll sein. Bei Betonen ohne LP können längere Verdichtungszeiten bis zu 120 s sinnvoll sein. Mit einer Regression unter Berücksichtigung des Nulldurchgangs als Wertepaar wird der Zusammenhang zwischen der Verdichtungszeit und dem Sedimentationsmaß bestimmt. Die Steigung der Regressionsgeraden wird als Maß für die Sedimentationssensibilität der groben Gesteinskörnung unter den Versuchsrandbedingungen herangezogen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 der Regression ist anzugeben.

Diese Versuche müssen für repräsentative Ergebnisse möglichst bei gleichen sonstigen Frischbetoneigenschaften (Ausbreitmaß ± 20 mm, Luftgehalt $\pm 0,5$ Vol.-%) durchgeführt werden. Dies ist durch begleitende Frischbetonuntersuchungen gemäß Abschnitt A.3.5 zu überprüfen.

Anmerkung 1: Das Versuchsergebnis wird von den Frischbetoneigenschaften beeinflusst. Für die Ergebnisbewertung ist die Kenntnis dieser Frischbetoneigenschaften und ggf. die Veränderung der Eigenschaften während der Versuchsdurchführung bis zum Verdichten wichtig. Daher müssen sie zwingend mit ermittelt werden.

Anmerkung 2: Mit zunehmender Verdichtungsdauer kann ein betonabhängiger Ausgleichszustand des Sedimentationsmaßes auftreten. Das Sedimentationsmaß verbleibt in diesem Fall mit zunehmender Verdichtungsdauer etwa in gleicher Größenordnung. Die ermittelten Sedimentationsmaße, welche nach Erreichen dieses Ausgleichszustandes ermittelt werden, beschreiben nicht mehr die Sedimentationssensibilität und werden daher nicht bei der Bestimmung der Steigung der Regressionsgeraden berücksichtigt (siehe Abbildung 5, Abbildung 6). Auf diese Weise wird eine aussagekräftige Bestimmung der Steigung der Regressionsgerade mit Bestimmtheitsmaßen $R^2 > 0,90$ möglich.

Zur Einordnung des Betons hinsichtlich seiner Sedimentationssensibilität erscheint vor dem Hintergrund des bisherigen Erkenntnisstandes auf Basis des Zusammenhangs zwischen Verdichtungsintensität und Sedimentationsmaß eine grobe Einteilung in drei Bereiche möglich (siehe Abbildung 4):

Bereich 1: eher geringe Sensibilität gegenüber Verdichtungseinwirkung

Bereich 2: Übergangsbereich

Bereich 3: eher höhere Sensibilität gegenüber Verdichtungseinwirkung

Die Bereiche unterschiedlicher Sedimentationssensibilität sollen dem Verwender Hinweise bezüglich der Wahl einer angemessenen Betonverdichtung geben. Die Sedimentationssensibilität wird maßgeblich durch die Betonzusammensetzung und die Frischbetoneigenschaften beeinflusst. Nach bisherigem Erkenntnisstand finden sich beispielsweise Luftporenbetone eher in den Bereichen 2 oder 3 wieder.

Anmerkung: Für die alternative Auswertemethode nach A4.3 ist durch weitere Datensammlung ein vergleichbarer Erfahrungsbereich zu ermitteln.

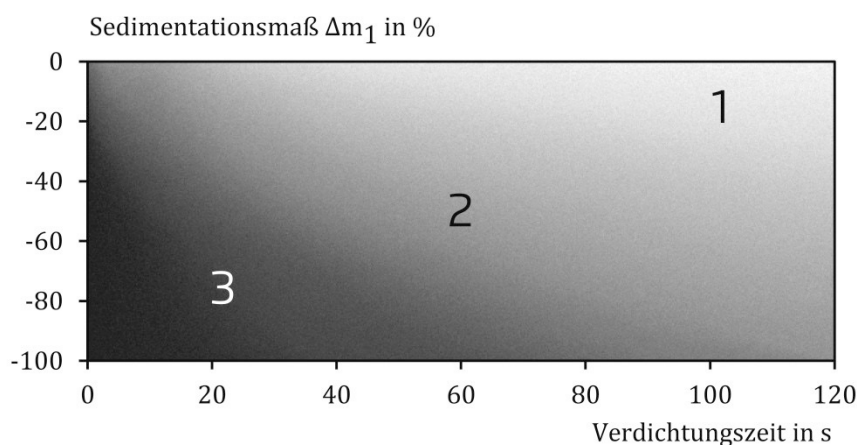


Abbildung 4: Bereiche unterschiedlicher Sedimentationssensibilität bei Auswertung nach A.4.2

Das Bestimmtheitsmaß berechnet sich wie folgt:

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y}(x_i) - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

Mit:

R^2 Bestimmtheitsmaß

$\hat{y}(x_i)$ Regressionsfunktion

\bar{y} Mittelwert

y_i Prüfwert

A.5.3 Herstellungs- bzw. baubegleitende Prüfung der Sedimentationssensibilität

Die Versuche müssen mit dem gleichen Gerät bei der gleichen Frequenz und Amplitude wie die Versuche unter Abschnitt A.5.2 durchgeführt werden. Es empfiehlt sich, für die Durchführung des Auswaschversuches eine Verdichtungszeit nach Abschnitt A.5.2 zu verwenden, bei der für den untersuchten Beton bei den Versuchen nach Abschnitt A.5.2 ein Sedimentationsmaß von mehr als 20 % ermittelt wurde. Kürzere Verdichtungszeiten sind ebenfalls möglich, können aber zu höheren Prüfstreuungen der Ergebnisse führen. Die Auswertung erfolgt entsprechend Abschnitt A.4.

Zusätzlich sind die begleitenden Frischbetonprüfungen gemäß Abschnitt A.3.5 durchzuführen.

A.5.4 Auswertebeispiel

Ein Beispiel zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Verdichtungszeit und Sedimentation der groben Gesteinskörnung im oberen Segment zeigt Abbildung 5. Ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und der Dichtedifferenz zeigt Abbildung 6.

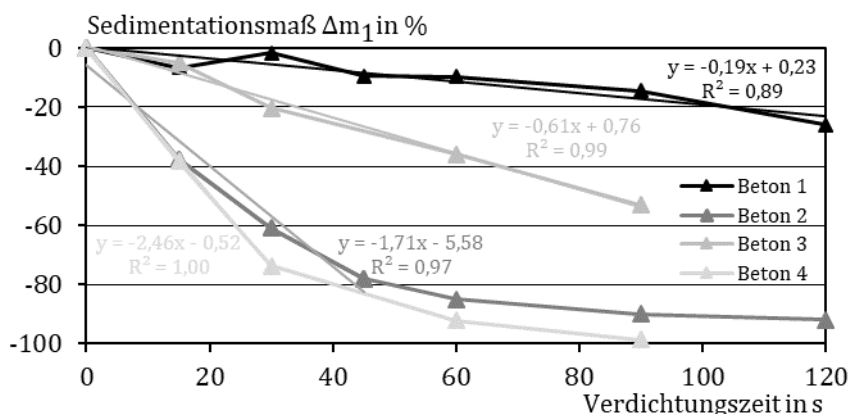


Abbildung 5: Beispiel: Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und Sedimentation der groben Gesteinskörnung im oberen Segment

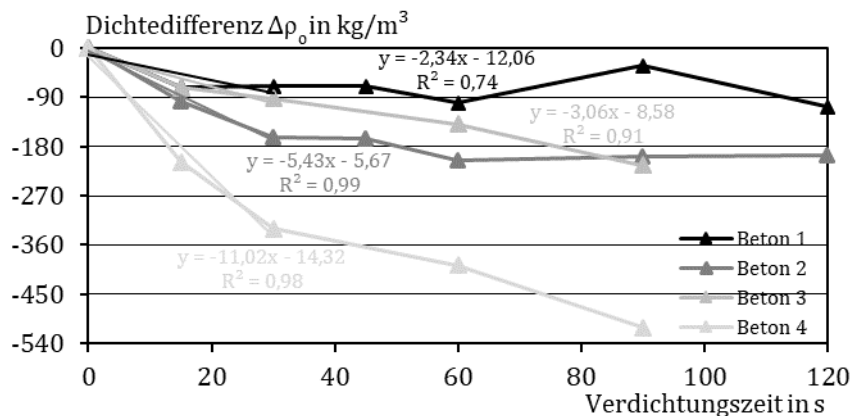


Abbildung 6: Beispiel: Zusammenhang zwischen Verdichtungszeit und der Differenz zwischen der Frischbetonrohddichte im oberen Segment und der mittleren Frischbetonrohddichte

Die Steigung der Regressionsgeraden bei hohem Bestimmtheitsmaß beschreibt die Sedimentationsgeschwindigkeit, das Erreichen eines Ausgleichszustands (siehe z. B. Beton 1 und Beton 2 bei der Dichtedifferenz) deutet ein Gesamtsedimentationspotential an.

A.6 Bericht

Der Bericht muss bei Auswertung nach dem Referenzverfahren nach Abschnitt A.4.2 folgende Angaben und Anlagen enthalten:

- Bezeichnung der Untersuchungsprobe;
- Ort, an dem die Prüfung durchgeführt wurde;
- Datum und Zeit der Prüfung;
- Mischungsberechnung;
- Größtkorn der Gesteinskörnung;
- Betonalter in Minuten nach Wasserzugabe bei Befüllen des Zylinders;
- Temperatur des Betons zum Zeitpunkt der Prüfung, auf das nächste °C aufgerundet;
- Ausbreitmaß des Betons zum Zeitpunkt der Verdichtung in mm;
- Der Luftgehalt in Vol.-% und die Frischbetonrohddichte in kg/m^3 zum Zeitpunkt der Verdichtung;
- Bei Beton von einer Mischanlage: Wassergehalt des Frischbetons durch Darren in kg/m^3 ;
- Verdichtungsfrequenz in Hz, Amplitude in mm und Verdichtungszeit in s;
- Absetzen a des Betons im Zylinder nach dem Verdichten in mm;
- Die Massen grober Gesteinskörnung m_i in jedem Segment i in g;
- Die korrigierte Masse grober Gesteinskörnung $m_{1,\text{kor}}$ im obersten Segment in g;
- Mittlere Masse grober Gesteinskörnung \bar{m} in g;
- Prozentuale Abweichung des Grobkornanteils Δm_i in M.-% im einzelnen Segment i ;
- Grafische Ergebnisdarstellung inkl. Regression und Bestimmtheitsmaß R^2 ;

- r) Protokoll der letzten Messung von Frequenz und Amplitude des Gerätes entsprechend Abschnitt A.2.4;
- s) Jegliche Abweichung vom beschriebenen Prüfverfahren;
- t) Erklärung der für die Prüfung in technischer Hinsicht verantwortlichen Person, dass die Prüfung mit Ausnahme des Vermerks unter Punkt s) nach dieser Beschreibung durchgeführt wurde;
- u) Bei Baustellen- oder Transportbeton: Lieferschein.

Bei Auswertung nach A.4.3:

- v) Mittlere Frischbetonrohddichte $\bar{\rho}$ des Betons der drei einzelnen Segmente;
- w) Frischbetonrohddichte ρ_i in den drei einzelnen Segmenten i;
- x) Masse des Betons $m_{b,i}$ in den drei einzelnen Segmenten in g;
- y) Dichtedifferenz $\Delta\rho_o, \Delta\rho_u$ im oberen (o) bzw. unteren (u) Segment.

Anlage B: Ermittlung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Festbeton – Laborprüfkörper (informativ)

B.1 Kurzbeschreibung

Die Ermittlung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Laborprüfkörper wird zur visuellen und quantitativen Bewertung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung von Rüttelbeton mit einem Größtkorn von mindestens 16 mm verwendet. Im Versuch kann die Auswirkung verschiedener Verdichtungszeiten auf die Sedimentation der groben Gesteinskörnung bestimmt werden.

Es werden Zylinderschalungen mit Beton gefüllt und verdichtet. Nach der Aushärtung werden die Betonzylinder längs zur Achse mittig aufgesägt. Die Auswertung der Grobkornverteilung erfolgt über die Prüfkörperhöhe. Unterschiede der Anteile der groben Gesteinskörnung über die Auswertebereiche zeigen den Grad der Sedimentation der groben Gesteinskörnung infolge der eingebrachten Verdichtungseinwirkung an.

B.2 Geräte

Siehe Abschnitt A.2.1 bis A.2.5 sowie Abschnitt 4.3.2.2 bis 4.3.2.5 sowie:

B.2.1 Zylinderschalung

Zylinderschalung der Abmessung $d/h = 150 \text{ mm} / 450 \text{ mm}$, die entsprechend Abschnitt A.2.4 mit definiertem Anpressdruck auf dem Rütteltisch fixiert werden kann. Das Material der Zylinderschalung ist im Bericht anzugeben.

B.3 Durchführung

B.3.1 Probenahme

Die Probenahme erfolgt entsprechend Abschnitt A.3.1, vorzugsweise gemeinsam mit der Probenahme für den Auswaschversuch.

B.3.2 Prüfkörperherstellung

Zum Abgleich mit dem Auswaschversuch nach Anlage A sind zwei Zylinder nach Abschnitt B.2.1 zu verwenden. Diese Zylinder sind mit den gleichen Verdichtungsparametern wie im Auswaschversuch entsprechend Abschnitt A.3.2 zu verdichten.

Anmerkung: Es ist empfehlenswert, mindestens einen Zylinder bei kürzester und einen Zylinder bei längster Verdichtungszeit herzustellen, um die Bandbreite der Grobkornsedimentation zu visualisieren.

B.3.3 Aufsägen der Prüfkörper

Die Durchführung erfolgt entsprechend Abschnitt 4.3.3.2.

B.3.4 Präparation der Prüfkörper

Die Prüffläche ist in drei gleichgroße Abschnitte aufzuteilen. Die Präparation erfolgt entsprechend Abschnitt 0.

B.4 Versuchsauswertung

B.4.1 Vorgehensweise

Die Auswertung erfolgt entsprechend Abschnitt 4.3.4.

B.4.2 Auswertebeispiel

Ein Auswertebeispiel enthält Abschnitt 0.

B.5 Bewertung

Die Ergebnisse des Auswaschversuches und des Festbetonversuches am Laborprüfkörper werden miteinander abgeglichen. Neben einem visuellen Eindruck der Festbetonprobe ist ein quantitativer Vergleich zwischen Frisch- und Festbetonuntersuchung möglich. Der visuelle Eindruck am Festbeton sowie die Prüfergebnisse können weiterhin zur Einordnung von Ergebnissen dienen, die an Bohrkernen entsprechend Abschnitt 4.3 gewonnen wurden.

B.6 Bericht

Der Bericht muss folgende Angaben und Anlagen enthalten:

- a) Eindeutige Bezeichnung der untersuchten Probekörper;
- b) Ort, an dem die Prüfung durchgeführt wurde;
- c) Datum und Zeit der Prüfung;
- d) Mischungsberechnung und Größtkorn der Gesteinskörnung;
- e) Betonalter in Minuten nach Wasserzugabe bei Befüllen des Zylinders;
- f) Temperatur des Betons zum Zeitpunkt der Prüfung, auf das nächste °C aufgerundet;
- g) Ausbreitmaß des Betons zum Zeitpunkt der Verdichtung in mm;
- h) Luftgehalt in Vol.-% und die Frischbetonrohichte zum Zeitpunkt der Verdichtung in kg/m^3 ;
- i) Bei Beton von einer Mischanlage: Wassergehalt des Frischbetons durch Darren in kg/m^3 ;
- j) Verdichtungsfrequenz in Hz, Amplitude in mm und Verdichtungszeit in s;
- k) Material der Zylinderschalung;
- l) Eindeutige Kennzeichnung der Auswertebereiche an der Schnittfläche (Foto);
- m) Foto der Schnittfläche mit den für die Auswertung markierten Gesteinskörnern;
- n) Beschreibung des Verfahrens zur Bestimmung der Flächenanteile der Gesteinskörnung in den Auswertebereichen;
- o) Grenzabmessung d der in der Auswertung berücksichtigten Gesteinskörnungsanteile in mm;
- p) Fläche grober Gesteinskörnung A_i in jedem Auswertebereich in mm^2 ;
- q) Mittlere Fläche \bar{A} in mm^2 ;
- r) Prozentuale Abweichung des Grobkornanteils ΔA_i in den einzelnen Auswertebereichen in %;
- s) Beschreibung eventueller Mörtelanreicherungen und sonstiger Entmischungen;

- t) Jegliche Abweichung vom beschriebenen Prüfverfahren;
- u) Erklärung der für die Prüfung in technischer Hinsicht verantwortlichen Person, dass die Prüfung mit Ausnahme des Vermerks unter Punkt t) nach dieser Beschreibung durchgeführt wurde;
- v) Bei Baustellen- oder Transportbeton: Lieferschein.

Anlage C: Prüfung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Festbeton – Kleinbauteil (informativ)

C.1 Kurzbeschreibung

Die Ermittlung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung am Kleinbauteil wird zur visuellen und quantitativen Bewertung der Sedimentation der groben Gesteinskörnung von Rüttelbeton mit einem Größtkorn von mindestens 16 mm verwendet. Im Versuch kann auf die Auswirkung einer baupraktischen Verdichtung mit einem Innenrüttler bei verschiedenen Verdichtungszeiten auf die Sedimentation der groben Gesteinskörnung geschlossen werden.

Es werden zwei baugleiche Schalungen mit Beton gefüllt und mittels Innenrüttler mit unterschiedlicher Rütteldauer verdichtet. Nach der Aushärtung werden Bohrkerne entnommen und längs mittig der Achse aufgesägt. Es erfolgt eine Auswertung der Grobkornverteilung über die Prüfkörperhöhe. Unterschiede der Anteile der groben Gesteinskörnung über die Prüfabschnitte zeigen den Grad der Entmischung infolge der eingebrachten Verdichtungseinwirkung an.

C.2 Geräte

Siehe Abschnitt A.2.1 bis A.2.3 sowie Abschnitt 4.3.2.1 bis 4.3.2.5 sowie:

C.2.1 Schalung

Säulenschalung mit einem Durchmesser von 800 mm und einer Höhe von ca. 600 mm mit glatter Schalhaut.

C.2.2 Innenrüttler (Rüttelflasche)

Innenrüttler mit einem Durchmesser zwischen 50 und 60 mm zur Betonverdichtung im Kleinbauteil.

C.3 Durchführung

C.3.1 Probenahme

Es ist eine für die zu bewertende Charge repräsentative Stichprobe mit einer für den Beton repräsentativen Konsistenz und bei Luftporenbeton einem repräsentativen Luftgehalt aus einem Fahrmischer zu verwenden.

C.3.2 Kleinbauteilherstellung

Es sind zwei Kleinbauteile mit den Schalungen nach Abschnitt C.2.1 herzustellen. Der Beton ist in einer Betonierlage mit einer Höhe von rund 500 mm (im verdichteten Zustand) in das erste Kleinbauteil einzubringen und mit einem Innenrüttler nach Abschnitt C.2.2 nach den anerkannten Regeln der Technik zu verdichten. Die gewählte Verdichtungszeit je Lage ist zu dokumentieren. Das zweite Kleinbauteil ist in gleicher Weise, aber mit der dreifachen Verdichtungszeit herzustellen. Die Eintauchstelle der Rüttelflasche ist in beiden Bauteilen in der Mitte des Bauteils anzuordnen und zu markieren.

C.3.3 Begleitende Betonuntersuchungen

Begleitend zur Kleinbauteilherstellung sind der Auswaschversuch nach Abschnitt 3 und der Festbetonversuch nach Abschnitt 4.1 durchzuführen.

C.3.4 Bohrkernentnahme

Nach ausreichender Erhärtung ist das gesamte Kleinbauteil vertikal zu durchbohren. Die Bohrkernentnahme muss nach BAWMerkblatt Bohrkernentnahme erfolgen. Zum Abgleich der Auswertungen an den beiden Bauteilen sind die Bohrkernentnahmestellen an beiden Bauteilen an den gleichen Stellen zu wählen und zu dokumentieren. Die Entnahmestellen sollen 10 cm außerhalb des Zentrums der Eintauchstelle des Innenrüttlers liegen, einen Randbereich zur Schalung von 10 cm aussparen und den gesamten Querschnitt des Bauteils abdecken. Es sollten mindestens drei Bohrkern entnommen werden. Eine Empfehlung für die Bohrkernentnahme kann Abbildung 7 entnommen werden.

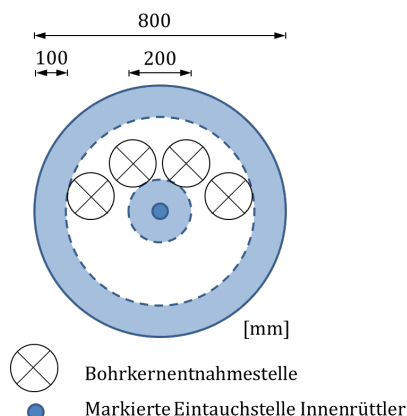


Abbildung 7: Empfehlung Bohrkernentnahmestellen am Kleinbauteil (Draufsicht)

C.3.5 Aufsägen der Prüfkörper

Die Durchführung erfolgt entsprechend Abschnitt 4.3.3.2.

Anmerkung: In Abhängigkeit des visuell festgestellten Eindrucks des Gefügebildes ist je Bauteil mindestens ein repräsentativer Bohrkern für die weitere Auswertung aufzusägen.

C.3.6 Festlegung der Auswertebereiche

Die Prüffläche ist in drei gleichgroße Abschnitte aufzuteilen.

C.3.7 Präparation der Prüfkörper

Die Präparation erfolgt entsprechend Abschnitt 0.

C.4 Versuchsauswertung

C.4.1 Vorgehensweise

Die Auswertung erfolgt entsprechend Abschnitt 4.3.4.1.

C.4.2 Auswertebeispiel

Ein Auswertebeispiel enthält Abschnitt 0.

C.5 Bewertung

Die Untersuchungen an den Kleinbauteilen sollen die Auswirkungen von deutlich unterschiedlichen Verdichtungszeiten auf die Entmischungsneigung des Betons im Bauteil unter Einsatz eines Innenrüttlers aufzeigen.

Anmerkung: Mit den Untersuchungen am Kleinbauteil sollen Erkenntnisse zur Übertragbarkeit der Ergebnisse des Auswaschversuchs auf Praxisverhältnisse gewonnen werden. Dazu sind die Ergebnisse des Auswaschversuches (Abschnitt 3) und der Laborprüfkörper (Abschnitt 4.1) mit den Ergebnissen der Kleinbauteile zu vergleichen. Perspektivisch soll der Verwender Rückschlüsse für die Verarbeitung des Betons ableiten können.

C.6 Bericht

Der Bericht muss folgende Angaben und Anlagen enthalten:

- a) Eindeutige Beschreibung des Kleinbauteils inkl. Fotos;
- b) Eindeutige Kennzeichnung der Lage der Eintauchstelle des Innenrüttlers;
- c) Typenbezeichnung und Kennwerte des Innenrüttlers;
- d) Gewählte Verdichtungszeit je Eintauchvorgang bei beiden Bauteilen;
- e) Eindeutige Beschreibung der Bohrkernentnahmestelle;
- f) Eindeutige Bezeichnung der untersuchten Probekörper;
- g) Foto der Bohrkern mit Maßstab;
- h) Nachvollziehbare Begründung der Bohrkernauswahl für die Auswertung;
- i) Eindeutige Kennzeichnung der Auswertebereiche an der Schnittfläche (Foto);
- j) Foto der Schnittfläche mit den für die Auswertung markierten Gesteinskörnern;
- k) Beschreibung des Verfahrens zur Bestimmung der Flächenanteile der Gesteinskörnung in den Auswertebereichen;
- l) Mischungsberechnung und Größtkorn der Gesteinskörnung;
- m) Grenzabmessung d der in der Auswertung berücksichtigten Gesteinskörnungsanteile;
- n) Flächenanteil grober Gesteinskörnung A_i in jedem Auswertebereich in %;
- o) Mittlerer Flächenanteil \bar{A} in %;
- p) Prozentuale Abweichung des Grobkornanteils ΔA_i in den einzelnen Auswertebereichen in %;
- q) Beschreibung eventueller Mörtelanreicherungen und sonstiger Entmischungen;
- r) Jegliche Abweichung vom beschriebenen Prüfverfahren;
- s) Bohrprotokolle gemäß BAWMerkblatt Bohrkernentnahme;
- t) Lieferscheine sowie Frischbetoneigenschaften beim Betoneinbau (Ausbreitmaß, Frischbetonrohichte, Luftgehalt, Frischbetontemperatur), wenn keine Informationen verfügbar sind, ist dies ebenfalls anzugeben;
- u) Betonalter in Minuten nach Beladezeit.