Die Segregationsneigung von Beton bei Verwendung von Fliessmitteln

Autor(en): **Lukas, Walter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 13

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74074

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Segregationsneigung von Beton bei Verwendung von Fliessmitteln

Von Walter Lukas, Innsbruck

An labormässig hergestellten Betonen mit Fliessmittelzusatz, die eine definierte Ausgangszusammensetzung aufwiesen, ist die Entmischungsneigung untersucht worden. Variiert wurden einmal zwei verschiedene Fliessmittelprodukte (Basis: Melamin bzw. Ligninsulfonat), sowie verschiedene Dosierungen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Entmischungsneigung bei gleicher Konsistenz mit der Zunahme des Fliessmittelgehaltes (W/Z-Wertverminderung) deutlich zurückgeht. Damit treten Analogien in der Entmischung zu den Proben auf, bei denen der W/Z-Wert durch Reduktion der Wasserzugabe verringert wurde. Der Vergleich der beiden Fliessmittelprodukte auf Melamin bzw. Lingninsulfonat-Basis zeigt bezüglich der Entmischungsneigung bei gleicher Konsistenz und gleicher Verarbeitung des Betons keine Unterschiede.

Bei der *Anwendung von Fliessbeton* wird oft befürchtet, es werde durch die *wesentlich geringere Viskosität* des hergestellten Produktes zu einer *zusätzlichen Entmischung* gegenüber dem normalen Beton gleichen Wassergehaltes kommen.

Versuchsanordnung

Die *Entmischungsneigung* der Komponenten an Betonen, bei denen Fliessmittel verwendet wurden, ist an *Modellbetonen mit definierter Zusammensetzung* studiert worden, die sich in der Zusammensetzung von herkömmlichen Fliessbetonen unterscheiden. Sie weisen einen höheren Zementgehalt auf; die Zuschläge sind mit einem Grösstkorn von 8 mm begrenzt, und der Wassergehalt ist so gewählt worden, dass die Konsistenz grösser ist als jene eines normalen Fliessbetons. Bei sämtlichen Serien wurde das Verhältnis zwischen Zuschlag und Zement konstant gehalten. Die Einstellung der gewünschten, konstant gehaltenen Konsistenz erfolgte durch Variation der Dosierungsmenge des Fliessmittels. Damit ändert sich naturgemäss der W/Z-Wert. Um in allen Fällen *vergleichbare* Konsistenzen zu erhalten, ist ein bestimmtes Ausbreitmass in Anlehnung an die ÖNORM B 3310 mit dem dort beschriebenen Rütteltisch eingestellt worden. Darin entspricht ein Ausbreitmass von ca. 23 cm einer Konsistenz, die grösser als normaler Fliessbeton ist, während 16 cm einer Konsistenz von etwa K2 im unteren Bereich entspricht.

Nach der Homogenisierung der drei Ausgangskomponenten im Labormischer und der notwendigen Konsistenzkontrolle wurde das gemischte Material in einen Plastikbehälter mit einer grossen Einfüllöffnung gefüllt und dicht verschlossen. Die Verdichtung wurde durch intensives Rütteln auf einem Aussenrüttler erreicht. Zur Vermeidung von unterschiedlichen äusseren Beeinflussungen sind alle variablen Parameter konstant gehalten worden. So erfolgte die Zusammensetzung der Sieblinie nach einer vorherigen Auftrennung in einzelne Kornfraktionen. Auch ist die in die Behälter eingefüllte Betonmenge, die Rütteldauer und die Rüttelfrequenz des zur Verdichtung verwendeten Aussenrüttlers bei allen Versuchen konstant gehalten worden. Um ein Verdunsten des Wassers bis zur weiteren Präparation (Zerteilung) zu vermeiden, wurde der Behälter vorher verschlossen. Nach dem Erhärten und Zerteilen des ca. 12–15 cm grossen Probekörpers in fünf etwa gleich starke Schichten wurde der Wasser-, Zement- und Zuschlagstoffgehalt jeder einzelnen Schicht bestimmt. Die Ermittlung der *Feststoffanteile* Zement und Zuschlag in den einzelnen Schichten erfolgte nach einer von uns ausgearbeiteten *röntgenfluoreszenzanalytischen* Methode; die *Feststellung des Wassergehaltes* nach *thermomassenspektrometrischen Analysenmethoden*. Alle Methoden sind in einer anderen Arbeit bereits ausführlich beschrieben worden [1].

Zunächst wurde in einer Serie (I) der *Einfluss der Entmischung von verschiedenen Fliessmittelmengen bei gleicher Konsistenz* untersucht. Die Konsistenz wurde nach der vorher beschriebenen Methode geprüft. Variiert wurde der Fliessmittelgehalt – Basis-Melamin (Type Me) von 0–3,3%. Um die vorgegebene Konsistenz (Ausbreitmass 23 cm; Bestimmung am Rütteltisch nach ÖNORM B 3310) zu erhalten, war es notwendig, den Wassergehalt mit zunehmender Fliessmittelmenge zu reduzieren. Um die Wirkungsweise von anderen Fliessmitteln auf die Entmischung zu untersuchen, ist neben der Verwendung eines auf *Melamin-Basis (Me)*, ein solches auf Basis *Ligninsulfonat (Li)* in die Untersuchung einbezogen worden – Serie II. Aus den vielen möglichen Produkten, die im Handel erhältlich sind, wurde ein *Na-Ligninsulfonat* ausgesucht. Bei diesem handelt es sich um ein gereinigtes, zucker- und chlorfreies Präparat. Letztlich wurde, um den Entmischungsgrad bei gleichem Ausbreitmass, jedoch ohne Fliessmittel zu untersuchen, eine Serie hergestellt, die denselben W/Z-Wert aufweist wie die beiden letztgenannten Serien I und II. Sie wurde mit Serie III bezeichnet. Alle drei Serien weisen einen *W/Z-Wert von 0,453* auf. In der vorliegenden Untersuchung sind demnach Serien mit folgender Zusammensetzung beschrieben:

	Zement	*Aufgabegehalte in Massen-%* *Wasser*	*Zuschlag*	*W/Z-Wert*	*Fliessmittel in % bez. auf Zementgewicht*	*Ausbreitmass*)* cm ca.
Serie I/1	23,81	12,69	63,50	0,533	0	23
Serie I/2	24,06	11,83	64,11	0,492	Me 1,25	23,5
Serie I/3	24,27	10,99	64,74	0,453	Me 2,5	23
Serie I/4	24,50	10,17	65,33	0,415	Me 3,3	23
Serie II	24,27	10,99	64,74	0,453	Li 1,1	23
Serie III	24,27	10,99	64,74	0,453	0	16

Me = Zusatzmittel auf Melaminbasis

Li = Serie mit Na-Ligninsulfonat, zuckerfrei *) Ausbreitmass mit Rütteltisch nach ÖNORM B 3310

Die vorliegende Zusammensetzung der verschiedenen Betonproben (relativ hoher Zementgehalt, hoher W/Z-Wert, Körnung 0–8, Verdichtung) entspricht nicht ganz der Zusammensetzung von Betonen bzw. Fliessbetonen, die in der Praxis verwendet werden. Die abweichende Zusammensetzung musste deshalb gewählt werden, um die Entmischungsneigung zu vergrössern bzw. zu kontrastieren. Wie Entmischungsuntersuchungen an Betonen normaler Zusammensetzung gezeigt haben, liegen bei diesen vergleichbare Verhältnisse vor.

Zuschlag: Dolomit Körnung 0–8 mm
Zement: PZ 375 nach ÖNORM B 3310
Portlandzement ohne puzzolanische Zumahlung
Verhältnis zwischen Zuschlag und Zement konstant

Diskussion der Ergebnisse

Die ermittelten Gehalte an Zement, Zuschlagstoff und Wasser sind für die einzelnen Serien getrennt in *Diagrammen* dargestellt worden. Die vertikale Richtung zeigt die Höhenverhältnisse der einzelnen Schichten des Probekörpers einer Serie. In horizontaler Richtung wurden, für jede einzelne Scheibe getrennt, die jeweils ermittelten Anteile von Wasser, Zement und Zuschlagstoff in Massenprozenten angegeben. Der ursprünglich aufgegebene Sollwert aller drei Komponenten ist durch eine vertikale strichlierte Linie gekennzeichnet. Neben den prozentuellen Verteilungsverhältnissen sind noch getrennt, die aus den erhaltenen Wasser- und Zementgehalten rechnerisch ermittelten W/Z-Wert-Verhältnisse dargestellt.

Wird zunächst jene Serie betrachtet, die ohne Fliessmittelzusatz hergestellt wurde, Serie I/1, so war für die Erreichung der vorgegebenen Konsistenz ein Wasserbedarf notwendig, der einen W/Z-Wert von 0,533 ergab. Der nach dem Einbringen und Verdichten beginnende Erhärtungsvorgang ist bei dieser Serie mit einer starken Wasserabgabe (Blutwasser) an die obere Grenzfläche gekennzeichnet. Dieser abgegebene Wasseranteil wurde für alle weiteren Betrachtungen abgezogen. Somit reduziert sich der ursprüngliche W/Z-Wert im vorliegenden System von 0,533 auf 0,511. Wird zunächst nur der Zementgehalt dieser Serie angesehen, so zeigt sich eine deutliche Anreicherung in der obersten Schicht. Hier nimmt der aufgegebene Wert von 23,81 auf etwa 37,2% zu. In tieferen Bereichen fällt er dann zwar rasch von diesem hohen Wert ab, zeigt aber dennoch mit zunehmender Tiefe eine laufende Abnahme. In der untersten Schicht dieser Serie liegt der Wert dann nurmehr bei ca. 16,3%. Ähnlich wie beim Zement erscheinen die Verhältnisse beim Wasser. Dieses nimmt von ca. 15,4% in der obersten Schicht auf ca. 9,5% im untersten Bereich ab. In beiden Fällen differieren die Wassergehalte stark vom aufgegebenen Mittelwert von 12,69%. Wie bereits in einer anderen Arbeit gezeigt werden konnte, kann auch hier eine deutliche Zunahme des W/Z-Wertes mit zunehmender Tiefe festgestellt werden. Bei Serie I/1 ergibt sich nach Abzug des Blutwassers ein theoretischer W/Z-Wert von 0,511. In der obersten Zone kann aber aus den ermittelten Zement- und Wassergehalten ein W/Z-Wert von 0,425 errechnet werden. Der Wert nimmt dann laufend zu und beträgt in der letzten Schicht 0,564.

Wird der Wasseranteil bei gleicher Konsistenz durch Zugabe von 1,25% Fliessmittel zunächst geringfügig reduziert, – Serie I/2 (W/Z = 0,492) – verringert sich auch die Neigung, Blutwas-

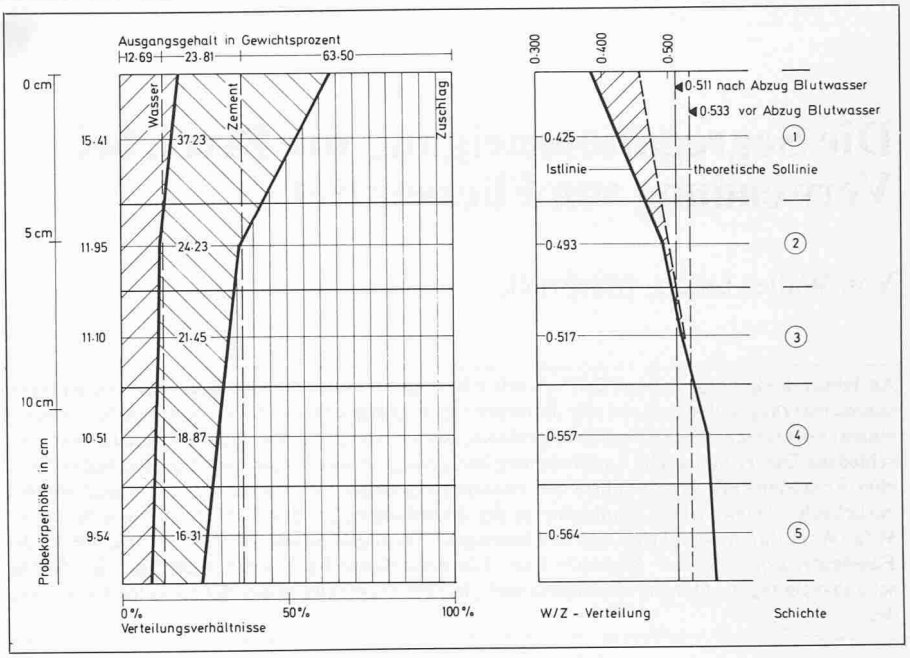


Diagramm 1. Serie I/1. W/Z = 0,533. A = 23,0cm, B = 0,022, F = 0

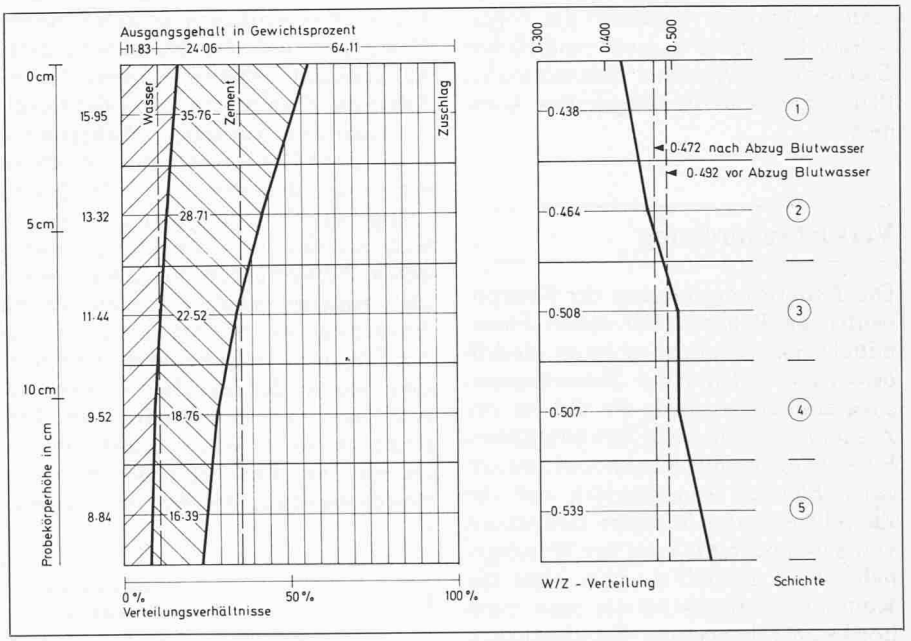


Diagramm 2. Serie I/2. W/Z = 0,492. A = 23,5cm, B = 0,020, F = Me = 1,25% Ze

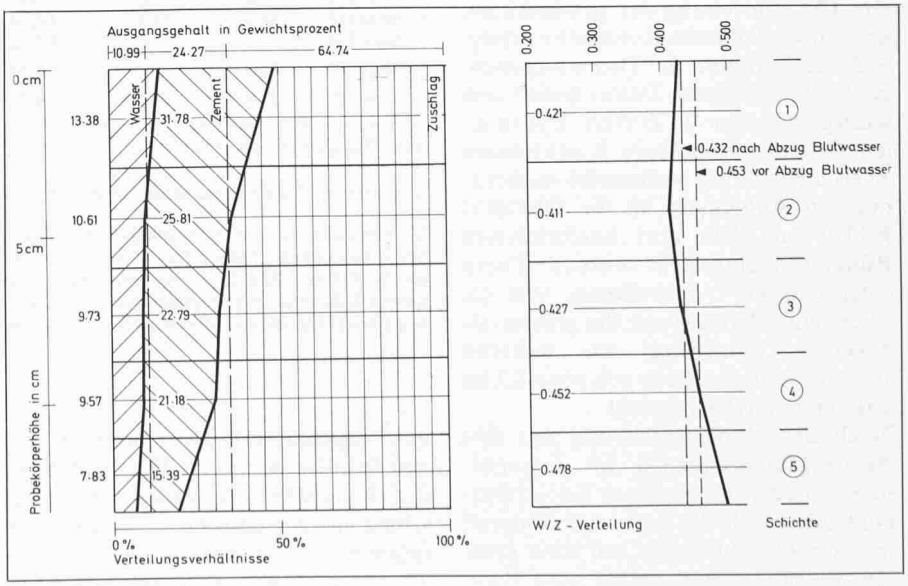


Diagramm 3. Serie I/3. W/Z = 0,453. A = 23,0cm, B = 0,021, F = Me = 2,5% Ze

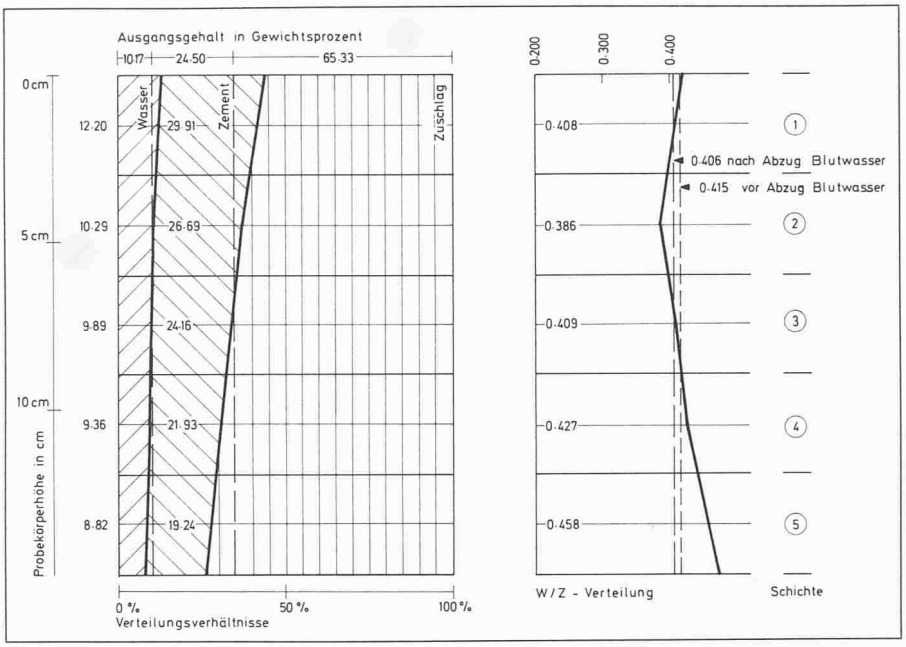


Diagramm 4. Serie I/4. W/Z = 0,415. A = 23,0cm, B = 0,009, F = Me = 3,3% Ze

ser während des Abbindevorganges abzugeben. Bei Serie I/2 verkleinert sich der ursprünglich vorhandene W/Z-Wert von 0,492 auf 0,472. Neben diesem Effekt tritt aber auch eine deutliche Abnahme der Entmischungsneigung der Feststoffkomponenten und des Wassers auf. In der obersten Schicht geht die Entmischung von ca. 37,2% (Serie I/1) auf ca. 35,8% zurück. Dies macht sich aber auch in der untersten Schicht bemerkbar, bei der der Zementgehalt gegenüber der erstgenannten Serie etwas zunimmt. In beiden Schichten liegt nun der Wert näher dem aufgegebenen Mittelwert von 24,06%. Anders verhält sich der Wassergehalt. Hier liegt, wenn der absolute Wert in der obersten Schicht betrachtet wird, bei Serie I/2 ein mit 15,95% grösserer Wert vor als bei Serie I/1 (15,41%). Ab ca. 4–5 cm Tiefe sind dann wieder die zu erwartenden Verhältnisse feststellbar, die dann noch deutlicher in der untersten Schicht zu finden sind. In dieser liegen die absoluten Wassergehalte bei Serie II mit ca. 8,8% deutlich unter jenen der Serie I, von ca. 9,5%. Eine Deutung dieser unterschiedlichen Wasserverteilungsverhältnisse wird noch später zu geben versucht.

Bei weiterer Reduktion des Wassergehaltes und Beibehaltung gleicher Konsistenz, ergibt sich bei Verwendung von 2,5% Fliessmittel der Type Me ein W/Z-Wert von 0,453 – Serie I/3. Durch die Reduzierung des Anmachwassers tritt bei dieser Serie eine weitere geringfügige Verminderung der Blutungsneigung auf. Daneben zeichnet sich aber ein sehr deutlicher Rückgang in der gesamten Entmischungsneigung sämtlicher Komponenten ab. Der Zementgehalt in der obersten Schicht sinkt gegenüber den beiden ersteren Serien weiter ab und liegt in dieser Serie bei ca. 31,8%. Weiter fällt auf, dass es nur in der obersten Schicht zu dieser starken Anreicherung kommt; bereits in den weiter darunter liegenden Schichten, ab ca. 4 cm Tiefe, liegen dann die Zementgehaltswerte knapp über dem aufgegebenen Mittelwert. Der nochmalige Abfall des Zementgehaltes in der letzten Schicht dürfte auf eine Anreicherung der groben Zuschlagstoffanteile zurückzuführen und eher zufällig und durch präparative Massnahmen bedingt sein. Auch beim Wasser zeigt sich, dass gegenüber Serie I/1 und 2 eine deutliche Reduzierung der Entmischungsneigung feststellbar ist. Der ursprüngliche mit 10,99% aufgegebene Wassergehalt steigt in der obersten Schicht auf einen Wert von 13,4% an. Dieser fällt dann laufend ab und beträgt dann in der untersten Schicht nur mehr 7,8%.

Durch eine weitere Erhöhung des Fliessmittelgehaltes kann bei gleicher Konsistenz zusätzlich der benötigte Wassergehalt verkleinert werden. Bei 3,3% Fliessmittel ergab sich für die vorgegebenen Bedingungen ein W/Z-Wert von 0,415. Die Neigung, Blutwasser abzugeben, geht nun sehr deutlich zurück und kann fast vernachlässigt werden. Durch die Blutwasserabgabe verringert sich nämlich der W/Z-Wert nur mehr geringfügig auf 0,406. Bei dieser Serie ist gegenüber allen anderen Serien bezüglich der Entmischung die geringste Neigung feststellbar. In der obersten Schicht zeigt sich lediglich eine Zementanreicherung von 29,9% bzw. ein Wassergehalt von 12,2%. Beide weichen nur mehr geringfügig vom aufgegebenen Wert 24,50% bzw. 10,17% ab. In analoger Weise bezüglich des Entmischungsgrades von Zement und Wasser kann auch in der untersten Schicht dies festgestellt werden, bei der auch eine deutliche Abnahme feststellbar ist.

Wird die W/Z-Wertverteilung der Serie I betrachtet, so zeigt sich, dass der Wert mit grösser werdender Probentiefe zunimmt. Dazu lässt sich eine Abnahme der Abweichung vom mittleren Sollwert mit zunehmendem Fliessmittelgehalt feststellen. Ähnliche Verhältnisse werden durch die Verkleinerung des W/Z-Wertes bei der Entmischung von normalem Beton ohne Fliessmittelzugabe beschrieben.

Um den Zusammenhang zwischen Entmischungsgrad und Wassergehalt aller vier untersuchten Proben der Serie I übersichtlicher in einem Diagramm darstellen zu können, wurde versucht, einen anderen Weg zu gehen und die wesentlichsten Ergebnisse dieser vier Serien gegenüberzustellen. Dazu sind die Abweichungen durch die Entmischung im Zement- und Wassergehalt der obersten Schicht bzw. der untersten festgestellt und vom ursprünglich aufgegebenen Ausgangsgehalt (=100%) berechnet worden. Graphisch lassen sich diese errechenbaren Anteile den einzelnen W/Z-Werten gegenüberstellen. Auf der Abszisse des Diagrammes 5 sind die verschiedenen W/Z-Werte der Serie I,

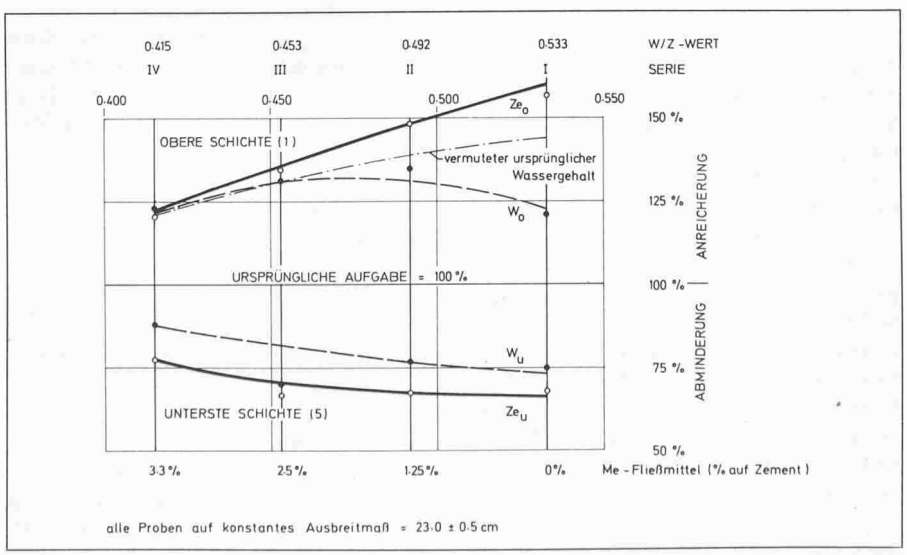


Diagramm 5. Zusammenhang zwischen Gutmischungsgrad und Wassergehalt der vier untersuchten Serien

auf der Ordinate der prozentuelle Entmischungsgrad vom Zement und Wasser dargestellt worden. Die Kurve Ze_o bzw. W_o stellt den jeweiligen Zement bzw. Wassergehalt der obersten Schicht, Ze_u und W_u den der untersten dar. Wird durch die zugehörigen Punkte eine Ausgleichskurve gelegt, so zeigt sich besonders bei der Zementkurve Ze_o, dass mit zunehmendem Fliessmittelgehalt die Entmischungsneigung abnimmt. Die Kurve zeigt nämlich einen deutlichen Abfall von Serie I/1 (W/Z = 0,533) auch Serie I/4 (W/Z = 0,415). Betrug die Entmischung des Zementes in der obersten Schicht bei der erstgenannten Serie 156,4%, so liegt dieser bei Serie 4 nurmehr bei 122,1%. Die Zementkurve Ze_u steigt umgekehrt in der untersten Schicht von 68,4% (Serie I/1) laufend auf 78,5% (Serie I/4) an. Ähnlichen Anstieg zeigt auch die Wasserkurve des unteren Bereiches (W_u). Ganz anders verhält sich die Entmischungskurve des Wassers der oberen Schichten. Nach anfänglichem Anstieg zwischen Serie I/4 und 3 fällt sie plötzlich stark nach Serie I/1 ab. Dieser Abfall lässt sich direkt mit dem Blutungsvorgang in Verbindung bringen. Es kann nämlich der bei der W/Z-Wertkurve der Serie I/1 (Diagramm 1) auftretende Knick in der Weise umgangen werden, dass die Neigung des unteren Bereiches geradlinig nach oben interpoliert wird. Die zwischen dieser theoretischen Kurve und dem praktischen Kurvenverlauf feststellbare Fläche stimmt fast genau mit der Blutwassermenge überein. Aus diesen Überlegungen kann ein theoretischer W/Z-Wert von 0,475 (siehe Diagramm 1, strichlierte Linie) abgeleitet werden. Dieser Wert entspricht wieder – bezogen auf den Zementgehalt – etwa 17,7% Wasser. Wird nun dieser «ursprüngliche» Wasserwert in das Diagramm 5 eingetragen, ergibt sich dann der erwartete Anstieg der Wasserkurve im oberen Bereich. Sie wurde im Diagramm 5 strichliert eingetragen.

Um die Entmischungsneigung bei der Verwendung eines Fliessmittels auf Lingninsulfonat-Basis zu untersuchen, sind zu Serie I andere Serien analoger Zusammensetzung mit gleichem W/Z-Wert hergestellt worden. Die Dosierung des Fliessmittels wurde dann so gewählt, dass bei konstantem Wassergehalt ein Beton mit gleicher Konsistenz (23 cm) erreicht wurde. Diese Serie ist mit II bezeichnet worden. Da sich bei ihr ähnliche Entmischungseffekte ergeben wie bei Serie I, erfolgte die Darstellung lediglich für einen W/Z-Wert von 0,453. Die Werte dieser Serie gehen aus dem Diagramm 6 hervor. Wie aus dem Vergleich mit Serie I/3 (Diagramm 3) ersichtlich ist, zeigt die Entmischung beider Serien kaum wesentliche Unterschiede. Findet sich in der oberen Schicht der Serie I/Li ein Zementgehalt von ca. 32%, so liegt dieser bei Verwendung von Me-Fliessmittel bei ca. 31%. Auch der Wassergehalt zeigt ähnliches Verhalten. Wird die Verschiebung des W/Z-Wertes beider Serien verglichen, so können bei Verwendung von Ligninsulfonat im vorliegenden Fall ähnliche Verhältnisse wie bei Verwendung von Melamin-Fliessmittel nachgewiesen werden.

Um den Entmischungsgrad eines verflüssigten Betons mit einem Beton gleichen W/Z-Wertes ohne Fliessmittel vergleichen zu können, ist aus den hergestellten Proben der Serie I jene ausgewählt worden, bei der die Menge des Fliessmittels einer praxisnahen Dosierung entsprach. Dies ist bei gewähltem Fliessmittel-Me jene mit einem W/Z-Wert von 0,453 und 2,5% Dosierung der Fall. Bei Verwendung dieses W/Z-Wertes ohne Fliessmittel zeigt sich eine plastische Konsistenz, die nach einer optischen Beurteilung an der unteren Grenze von K2 liegen dürfte.

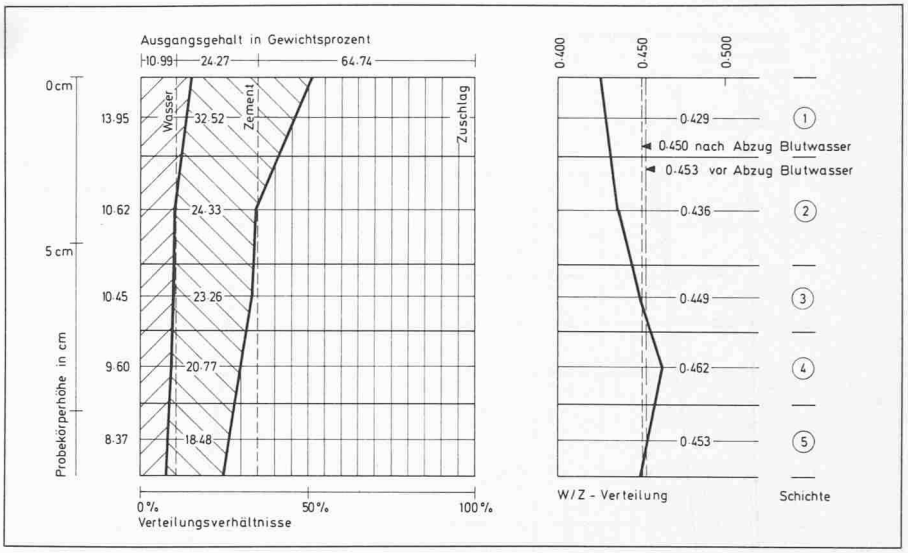


Diagramm 6. Serie II/Z – Li. W/Z = 0,453. A = 23,5cm, B = 0,003, F = Li = 1,1% Ze

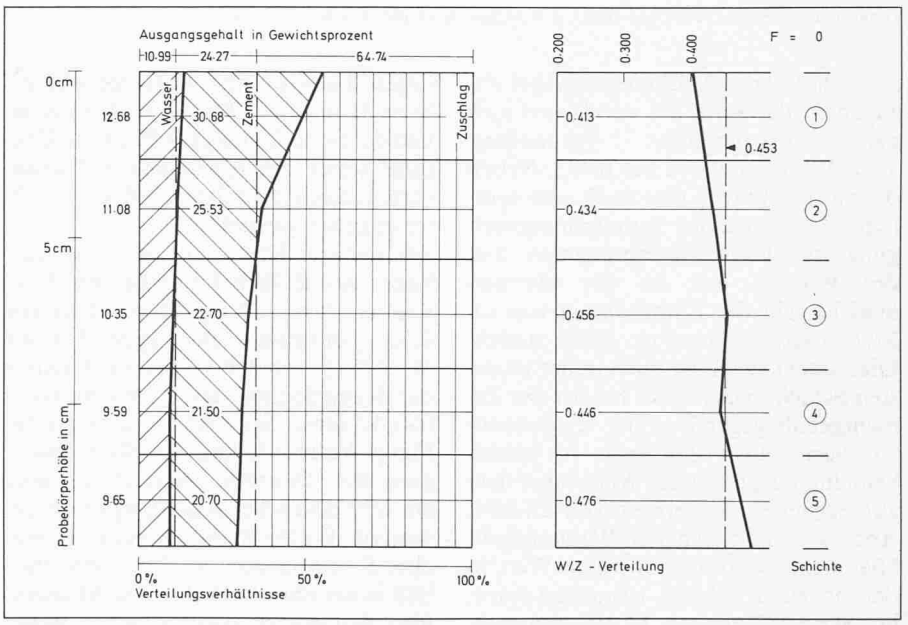


Diagramm 7. Serie III. W/Z = 0,453. A = 16,0cm, B = 0, F = 0

Das Ergebnis der Entmischungsuntersuchung dieser als Serie III bezeichneten Probe ist im Diagramm 7 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass für die gewählten Bedingungen bei der Serie ohne Fliessmittel eine etwas geringere Entmischung nachzuweisen ist, als in der Serie mit Verwendung von Fliessmitteln.

Literatur:

[1] *Lukas, W.*: «Verschiebung des Zementgehaltes und W/Z-Wertes in Modellbetonen bei Entmischungsvorgängen». Cement and Concrete Research, 1978, im Druck.

[2] *Smalley, J., Khan Ahmad*: «Factors Influencing Segregation in Simple Granular Systems». RILEM, Seminar Proc., Fresh Concrete, Vol. 3, 1973.

Adresse des Verfassers: Dr. *W. Lukas*, Institut für Baustofflehre und Materialprüfung, Universität Innsbruck, Fakultät für Bauingenieurwesen und Architektur, Technikerstr. 13, A-6020 Innsbruck