

Maria Teresa Alonso und Patrick Schäffel, Düsseldorf

Das Wasserabsondern von Beton für Industrieböden – Laborergebnisse und Übertragbarkeit auf praktische Verhältnisse

Water secretion from concrete for industrial floors – laboratory results and their applicability to practical conditions

Übersicht

Planer, Betonhersteller und ausführende Unternehmen von Industriebetonböden berichten über Schadensfälle, die auf das Wasserabsondern des Betons zurückgeführt werden. Wasser, das sich auf der Oberfläche von flächigen Bauteilen sammelt, kann sich aber auch positiv als eine Nachbehandlungsmaßnahme auswirken. Die weitere Bearbeitung der Betonoberfläche kann dadurch ggf. beeinträchtigt werden. Laboruntersuchungen zur Bestimmung des Wasserabsondorns mit typischen Betonzusammensetzungen für Industriebetonböden wurden durchgeführt und die Übertragbarkeit auf praktische Verhältnisse wurde überprüft. Das Wasserabsondern ist abhängig von der Zementart, vom Wassergehalt, von der Sieblinie und von Zusatzmittelart und -dosierung. Die Ergebnisse ermöglichen die Abschätzung betontechnologischer Einflüsse auf das Wasserabsondern unter Berücksichtigung baupraktischer Gesichtspunkte.

1 Einleitung

Frischbeton kann im Zuge seines Einbaus und seiner Verdichtung in unterschiedlichem Maße Wasser absondern, das sich an der Oberfläche eines Betonbauteils ansammelt. Dieser Vorgang wird gemeinhin auch als „Bluten“ bezeichnet. Die Ausgangsstoffe des Frischbetons liegen während des Mischvorgangs und unmittelbar nach dem Einbau des Betons als Suspension vor. Bei der Sedimentation der gröberen Feststoffbestandteile kann das aufsteigende Wasser feine Partikel an die Oberfläche transportieren und ein Teil dieses Wassers kann sich unter groben Gesteinskörnungen bzw. an Unebenheiten der Bauteiloberfläche sammeln. Das kann zur Beeinträchtigung des Verbunds in der Kontaktzone zwischen Gesteinskörnung und Zementstein sowie zur Bildung von Hohlräumen, insbesondere im oberflächennahen Bereich führen. Durch das Wasserabsondern kann sich damit auch eine veränderliche Betonzusammensetzung im Querschnitt einstellen, die im ungünstigsten Fall zu unerwünschten Betoneigenschaften führt. Durch das Wasserabsondern hervorgerufene Schwankungen im Luftgehalt können den Frost-Tausalz-Widerstand beeinträchtigen.

Wasser, das sich bei flächigen Bauteilen auf der Oberfläche sammelt und dort zunächst stehen bleibt, kann sich in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen (Verdunstungsrate) aber auch positiv als Nachbehandlungsmaßnahme auswirken und die Oberfläche vor einer schnellen Austrocknung des Betons schützen. Die weitere Bearbeitung der Oberfläche von Betonböden kann durch das Wasserabsondern jedoch beeinträchtigt werden, da ggf. das Entfernen des Blutwassers notwendig ist, die Liegezeit fehlerhaft bestimmt wird und beim Glätten eine Walkbeanspruchung in dieser Zone verursacht werden kann. Darüber hinaus kann es durch das abgesonderte Wasser zu einer Verringerung der Festigkeit an der Betonoberfläche kommen, bei einer Hartstoffeinstreuung ein mangelnder Verbund zwischen Hartstoff und

Abstract

There have been reports from designers, concrete producers and contractors concerning cases of damage to industrial concrete floors that are attributable to secretion of water from the concrete. Water that concentrates on the surface of flat structural elements can also have a positive effect on the curing but may possibly be detrimental to further treatment of the concrete surface. Laboratory investigations to determine the water secretion with typical concrete compositions for industrial concrete floors were carried out and their applicability to practical conditions was checked. Water secretion is dependent on the water content, the grading curve and the type and addition level of the admixtures. The results make it possible to assess the concrete technology factors affecting the water secretion while taking the practical construction aspects into account.

1 Introduction

When fresh concrete is being placed and compacted it can secrete varying quantities of water that collect on the surface of a concrete structural element. This process is commonly known as “bleeding”. During the mixing process and immediately after the concrete has been placed the components of the fresh concrete are present as a suspension. During sedimentation of the coarser solid constituent the rising water can transport fine particles to the surface and some of this water can collect under coarse particles of aggregate and in irregularities on the surface of the structural element. This can have an adverse effect on the bond in the contact zone between aggregate and hardened cement paste and lead to the formation of voids, especially in areas close to the surface. This means that water secretion can also cause a varying concrete composition over the cross-section that, in an unfavourable case, can lead to undesirable concrete properties. Fluctuations in air content caused by water secretion can adversely affect the resistance to freeze-thaw with de-icing salt.

Water that collects on the surface of flat structural elements and initially remains there can, depending on the ambient conditions (rate of evaporation), also have a positive effect on the curing and prevent the surface of the concrete from drying out rapidly. However, further treatment of the surface of concrete floors can be adversely affected by water secretion as it may be necessary to remove the bleed water, the life may be incorrectly determined and a flexing stress can be generated in this zone during levelling. The secreted water can also cause a reduction in strength at the concrete surface, there may be a defective bond between granolithic material and mortar when granolithic material is spread and a change in volume can occur that may lead to a reduction of the concrete cover over the steel and increase the risk of premature cracking [1-7].

The varied dependence of water secretion on the concrete composition and factors such as ambient and site conditions, construction sequence and structural element geometry necessitates

Mörtel entstehen und eine Volumenänderung auftreten, die ggf. zur Abnahme der Betondeckung des Stahls führt bzw. das Risiko der Frührissebildung erhöht [1–7].

Die vielseitige Abhängigkeit des Wasserabsonderns von der Betonzusammensetzung und Faktoren wie Umgebungs- bzw. Baustellenbedingungen, Bauablauf und Bauteilgeometrie erfordern gezielte Erstprüfungen. Zur Erfassung des Wasserabsonderns wurde für den Hochbau das „Rohrverfahren“ [8] entwickelt. In DIN EN 480-4 wird ein Verfahren zur Bestimmung der Wasserabsonderung des Betons (Bluten) im Labor zur Prüfung von Zusatzmitteln in Beton, Mörtel und Einpressmörtel beschrieben. Seit einigen Jahren wird aufgrund seiner Einfachheit zunehmend das Eimer-Verfahren nach [9] eingesetzt. Anhaltswerte für Bewertungskriterien werden derzeit diskutiert [6, 7, 8, 9, 12, 13, 18].

In welchem Maße das Wasserabsondern einer Betonzusammensetzung durch eine geeignete Kornpackung, die Fließmitteldosierung und eine planmäßige Wechselwirkung zwischen Zement und Fließmittel beeinflusst wird, kann derzeit nicht sicher beantwortet werden [1, 10]. Ergebnisse aus Versuchen an Zementleim und Mörtel können nicht direkt auf den Beton übertragen werden. Die Menge an abgesondertem Wasser, die bei Einbau und Bearbeitung von Betonböden tolerierbar und sogar erwünscht ist, ist nicht eindeutig definiert. Einige der vorhandenen Prüfmethode sind für die Baustelle wenig geeignet und ihre Ergebnisse in der Regel untereinander nicht vergleichbar. Derzeit werden noch Erfahrungen mit den jeweiligen Prüfverfahren gesammelt, sodass i.d.R. noch nicht von festen Grenzwerten, sondern von Anhaltswerten zu sprechen ist [8, 9].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zurzeit wissenschaftlich begründete und quantifizierte Angaben fehlen, die dem Planer, dem Betonhersteller und dem ausführenden Unternehmen als Hilfe bei der Auswahl der Betonzusammensetzung für Betonböden dienen können.

Im Rahmen des IGF-Forschungsvorhabens Nr. 16328 N [11] wurden im Forschungsinstitut der Zementindustrie Untersuchungen zur Optimierung der Betonzusammensetzung zur Verringerung der Sedimentations- und Entmischungsneigung von Industriebetonböden durchgeführt. Ziel des Forschungsvorhabens war die Erarbeitung von Empfehlungen zur zielsicheren Herstellung von Betonböden. Hierzu wurden unter anderem Laboruntersuchungen zum Wasserabsondern des Betons durchgeführt, bei deren Durchführung auch die Frage der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Praxisverhältnisse beleuchtet wurde. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse zum Wasserabsondern erläutert. Andere Ergebnisse dieses Vorhabens sind aus [11, 20] zu entnehmen.

2 Vorgehensweise

Die Laboruntersuchungen sollten Hinweise zur Optimierung einer Betonzusammensetzung im Hinblick auf ein für Industriebetonböden angemessenes Wasserabsondern und eine geringe Sedimentationsneigung des Betons ermöglichen. Ziel der Laboruntersuchungen war es zunächst, die Einflüsse der Betonzusammensetzung auf das Wasserabsondern quantitativ zu bestimmen, um eine gezielte Steuerung des Wasserabsonderns für die Praxis zu erzielen. Folgende Parameter wurden untersucht: Zementart und Zementgehalt, Wassergehalt bzw. Wasserzementwert, Sieblinie der Gesteinskörnung und Mehlkorngehalt sowie die Verwendung von verflüssigenden Betonzusatzmitteln. Darüber hinaus wurden Einflüsse des Prüfverfahrens selbst und spezifische Einflüsse der betrachteten Bauweise einbezogen.

Das Wasserabsondern wurde mit dem Eimerverfahren nach [9] ermittelt. Die Ergebnisse wurden außerdem mit dem Prüfverfahren nach [8] und in Anlehnung an DIN EN 480-4 verglichen. Darüber hinaus wurden Untersuchungen mit einer Filterpresse in Anlehnung an das ÖVBB-Merkblatt „Weiche Betone“ [14] durchgeführt.

3 Untersuchungen

3.1 Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung

Insgesamt wurden 61 Betonzusammensetzungen untersucht. Hierfür wurden Betone mit zehn verschiedenen handelsüblichen

carefully directed initial testing. The “pipe method” [8] was developed for building work to measure the water secretion. A method for determining the water secretion (bleeding) from concrete in the laboratory to test admixtures in concrete, mortar and grouting mortar is described in DIN EN 480-4. The bucket method specified in [9] has been used increasingly for some years because of its simplicity. Reference values for evaluation criteria are currently under discussion [6, 7, 8, 9, 12, 13, 18].

The extent to which water secretion from a concrete composition is affected by suitable particle packing, the addition level of superplasticizer, and systematic interaction between cement and superplasticizer cannot yet be stated reliably [1, 10]. Results of trials with cement paste and mortar cannot be applied directly to concrete. The quantity of secreted water that can be tolerated, or is even desirable, when placing and processing concrete floors is not clearly defined. Some of the available test methods are not very suitable for building sites and, as a rule, their results are not comparable with one another. Experience with the respective test methods is still being gathered so that, as a rule, it is only possible at the moment to speak of reference values rather than fixed limits [8, 9].

The situation can be summarized by stating that there is currently a lack of scientifically based and quantified information that designers, concrete producers and contractors can use to help them choose concrete compositions for concrete floors.

Trials have been carried out at the Research Institute of the Cement Industry as part of IGF Research Project No. 16328 N [11] to optimize the concrete composition in order to reduce the tendency for sedimentation and segregation in industrial concrete floors. The aim of the research project was to work out recommendations for dependable production of concrete floors. Among other things, laboratory investigations were carried out into the secretion of water from concrete during which the question of the applicability of the results to practical conditions was also examined. This article explains the results relating to water secretion. Other results of this project can be found in [11, 20].

2 Procedure

The laboratory investigations were intended to provide information about optimizing a concrete composition with respect to water secretion that is appropriate for industrial concrete floors with a low tendency to sedimentation. The aim of the laboratory investigations was initially to determine the quantitative influence of the concrete composition on water secretion in order to achieve selective control of the water secretion for practical purposes. The following parameters were examined: cement type and cement content, water content or water/cement ratio, grading curve of the aggregates and the fines content as well as the use of plasticizing concrete admixtures. The effects of the test procedure itself and specific effects of the mode of construction under consideration were also included.

The water secretion was determined using the bucket method specified in [9]. The results were also compared with those obtained by the test method described in [8] and by following the procedure in DIN EN 480-4. Investigations were also carried out with a filter press based on the ÖVBB data sheet “Soft concretes” [14].

3 Investigations

3.1 Constituents and concrete composition

A total of 61 concrete compositions were examined. Concretes were produced using ten different commercially available cements, three admixtures, five water/cement ratios and 17 grading curves. The concrete compositions investigated are shown in tabular form in Table 1.

The following cement types and cement strength classes were used: CEM I 32,5 R, CEM I 42,5 R, CEM I 52,5 R, CEM II/A-LL 32,5 R, CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R, CEM II/B-S 42,5 N, CEM III/A 42,5 N. The cement properties are summarized in Table 2. The cement content of the concretes varied between 300 kg/m³ and 360 kg/m³. The concretes were produced with water/cement ratios between 0.50 and 0.60. The mixing water was

Zementen, drei Zusatzmitteln, fünf Wassermengewerten und 17 Sieblinien hergestellt. Tafel 1 enthält eine tabellarische Übersicht der untersuchten Betonzusammensetzungen.

Folgende Zementarten bzw. Zementfestigkeitsklassen wurden verwendet: CEM I 32,5 R, CEM I 42,5 R, CEM I 52,5 R, CEM II/A-LL 32,5 R, CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R, CEM II/B-S 42,5 N, CEM III/A 42,5 N. Die Zementeigenschaften sind in Tafel 2 zusammengefasst. Der Zementgehalt der Betone variierte zwischen 300 kg/m³ und 360 kg/m³. Die Betone wurden mit Wassermengewerten zwischen 0,50 und 0,60 hergestellt. Das Zugabewasser wurde dem Düsseldorfer Leitungsnetz entnommen. Es wurden die Sieblinien A8/B8, A16/B16 und A32/B32 mit und ohne Zugabe der Korngruppe 0/0,125 untersucht. Als Gesteinskörnung wurden Rheinsand und Rheinkies verwendet. Zur Einstellung der Konsistenz wurden ein handelsübliches Fließmittel auf der Basis von Melamin- und Naphthalinsulfat (MNS) und zwei Polycarboxylatether (PCE) verwendet. Das MNS fin-

taken from the Düsseldorf mains system. The A8/B8, A16/B16 and A32/B32 grading curves, with and without the addition of the 0/0,125 particle size fraction, were investigated. Rhine sand and Rhine gravel were used as aggregates. A commercially available superplasticizer based on melamine and naphthalene sulfonate (MNS) and two polycarboxylate ethers (PCEs) were used to adjust the consistency. The MNS is used in the prefabricated component industry and on building sites. The “prefabricated component industry” type of PCE superplasticizer is used in the prefabricated component industry. A “consistency retainer” type of PCE superplasticizer, which is used in ready-mixed concrete to control the consistency for long transport and workability times, was also used in one series of investigations.

Tafel 1: Untersuchte Betonzusammensetzungen
Table 1: Concrete compositions examined

Zementart Cement type	Werk Plant	Zementgehalt Cement content [kg/m ³]	w/z w/c	Sieblinie Grading curve	Mehlkorngehalt Ultrafines content [kg/m ³]	Zusatzmittel Admixture [M.-%/mass %]	Betonbezeichnung Concrete designation
CEM I 32,5 R	G	300	0,60	A16/B16	335	Ohne/none	B0
			0,50		324	Ohne/none	B1
	0,60	359	Ohne/none			B2	
			J		320	324	Ohne/none
	G	340					344
			A		340	0,50	
	344	1,6 MNS					BM1
		344	0,6 PCE-A		BM3		
	394		1,6 MNS		BM2		
		B	340		0,50	344	1,4 MNS
	0,7 PCE-A						BM5
	A	340	0,53		344	1,4 MNS	BM6
						Ohne/none	B8
	B	340	0,60		344	Ohne/none	B9
						Ohne/none	B10
	J	340	0,60		344	Ohne/none	B11
G				360		0,50	A8/B8
	A16/B16	413	Ohne/none		B13		
A32/B32		364	Ohne/none	B14			
	399	Ohne/none	B15				
364	Ohne/none	B16					
397	Ohne/none	B17					
CEM I 42,5 R	J	320	0,60	324	Ohne/none	B18	
CEM I 52,5 R	J	340			Ohne/none	B19	
CEM II/A-LL 32,5 R	C	340	0,50	A16/B16	344	1,4 MNS	BM7
			0,52			0,6 PCE-A	BM8-D1
						0,7 PCE-A	BM8-D2
			0,54			0,8 PCE-A	BM8-D3
						1,4 MNS	BM9
			1,4 MNS			BM10	
Ohne/none	B21						

Fortsetzung Tafel 1 auf der nächsten Seite/Continuation of table 1 on the next page

Zementart Cement type	Werk Plant	Zementgehalt Cement content [kg/m ³]	w/z w/c	Sieblinie Grading curve	Mehlkorngehalt Ultrafines content [kg/m ³]	Zusatzmittel Admixture [M.-%/mass %]	Betonbezeichnung Concrete designation		
CEM II/B-S 42,5 N	D	320	0,60	A16/B16*)	324	Ohne/none	B22		
					359	Ohne/none	B23		
					344	Ohne/none	B24		
		340	0,50	0,54	0,50	A16/B16*)	370	2,4 MNS	BM-11-S3
							370	2,4 MNS	BM-11-S4-D1
								2,1 MNS	BM-11-S4-D2
							380	2,4 MNS	BM-11-S5
							375	2,4 MNS	BM-11-S6
							370	2,3 MNS	BM-11-S7
							360	1,8 MNS	BM-11-S8
							350	2,3 MNS	BM-11-S9
								1,3 MNS	BM-11-S9-W
								1,6 MNS	BM-11-S10
								1,9 MNS	BM-11-S11
								1,8 MNS	BM-11-S12
								1,7 MNS	BM-11-SW
								1,0 PCE-A	BM12-SW-A
							394	2,2 MNS	BM13
1,1 PCE-A	BM14								
CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R	E	340	0,50	A16/B16	344	2,2 MNS	BM15		
					1,3 PCE-A	BM16			
			0,60		344	Ohne/none	B27		
CEM III/A 42,5 N	F	340	0,50	A16/B16	344	Ohne/none	B29		
			1,2 MNS			BM17			
			0,6 PCE-A			BM18			
			1,2 MNS			BM19			
			0,60			Ohne/none	B30		

*) Sieblinien nach Veränderungen innerhalb der Sieblinien A16/B16, s. Bild 9
 *) Grading curves after alteration of the grading curve A16/B16, s. Fig. 9

Tafel 2: Zementeigenschaften
 Table 2: Cement properties

Zemente/Cements		Zementeigenschaften/Cement properties							
Zementart Cement type	Werk Plant	Dichte/ Density [g/cm ³]	Mahlfeinheit nach Blaine Fineness acc. to Blaine [cm ² /g]	Wasser- anspruch Water demand [M.-%/mass %]	Erstarrungsbeginn Setting time [min]		Druckfestigkeit Compressive strength [N/mm ²]		
					Beginn Start	Ende End	2 d	7 d	28 d
CEM I 32,5 R	A	3,06	2540	25,5	205	240	16,7	33,5	46,8
	B	3,06	3300	24,0	180	225	20,3	37,0	46,4
	G	3,06	2930	25,5	180	225	20,8	39,9	48,3
	J	3,10	3230	27,0	180	225	21,0	35,3	46,8
CEM I 42,5 R	J	3,09	3330	28,0	170	210	25,6	46,5	57,7
CEM I 52,5 R	I	3,06	5490	31,0	130	165	44,6	57,5	65,3
CEM II/A-LL 32,5 R	C	3,01	4230	26,0	130	165	24,7	42,0	48,5
CEM II/B-S 42,5 N	D	3,02	4540	31,0	190	240	21,5	37,1	54,6
CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R	E	3,01	4280	30,5	200	240	21,3	32,1	43,1
CEM III/A 42,5 N	F	2,96	4390	29,5	205	255	19,0	36,0	57,9

det in der Fertigteilindustrie und auf Baustellen Anwendung. Das PCE-Fließmittel vom Typ „Fertigteilindustrie“ wird in der Fertigteilindustrie verwendet. In einer Reihe von Untersuchungen wurde ein PCE-Fließmittel vom Typ „Konsistenzhalter“ eingesetzt, das im Transportbeton zur Konsistenzsteuerung für lange Transport- und Verarbeitungszeiten verwendet wird.

3.2 Herstellung und Lagerung der Prüfkörper im Labor

Die Betonherstellung im Labor erfolgte in einem Tellermischer. Die trockene Gesteinskörnung wurde mit 5 kg/m^3 Zugabewasser befeuchtet und die befeuchtete Gesteinskörnung und der Zement wurden zunächst 30 s gemischt. Nach vollständiger Wasserzugabe wurde der Beton 2 min weiter gemischt. Bei den Betonen mit dem Fließmittel MNS erfolgte eine einmalige Fließmittelzugabe rd. 35 min nach Mischende. Während dieser rd. 35 min blieb der Beton mit Folie abgedeckt im Tellermischer. Die 35 min entsprechen in vielen Fällen der Zeit zwischen der Herstellung im Transportbetonwerk und der Ankunft auf der Baustelle. Das PCE wurde direkt mit dem Zugabewasser zugegeben und der Beton blieb wiederum 35 min mit Folie abgedeckt im Tellermischer. Kurz vor der Bestimmung der Eigenschaften wurde der Beton erneut kurz gemischt.

Die Betone lagerten nach der Herstellung bis zur Bestimmung der Frischbetoneigenschaften in der Betonhalle bei Temperaturen zwischen 19°C und 23°C .

3.3 Prüfverfahren

Die Konsistenz des Frischbetons wurde mit dem Ausbreitmaß gemäß DIN EN 12350-5 bestimmt. Die Frischbetondichte bzw. der Luftgehalt des Betons wurde gemäß DIN EN 12350-6 bzw. DIN EN 12350-7 zehn Minuten nach Ende der Herstellung ermittelt.

Das Wasserabsondern wurde mit dem Eimerverfahren nach [9] bestimmt. Die Prüfgefäße wurden zehn Minuten nach Mischende in zwei Lagen eingefüllt und auf dem Rütteltisch verdichtet. Die erste Messung erfolgte 60 min nach Mischende und wurde in Zeitabständen von 60 min wiederholt.

Versuche zur Bestimmung der ausgepressten Filtratwassermenge in Anlehnung an [14] wurden durchgeführt. Hierfür wurde der Frischbeton zehn Minuten nach Mischende in den Stahlbehälter einer Filterpresse eingefüllt, mit einem Verdichtungsholz verdichtet und mittels Stahllineal am oberen Rand abgezogen. Nach Verschließen des Behälters wurde auf den Frischbeton ein pneumatischer Druck von 3 bar aufgebracht. Unter dem Luftdruck gibt der Frischbeton mit der Zeit Wasser ab, das im Messzylinder in

3.2 Production and storage of the test specimens in the laboratory

The concrete was produced in the laboratory in a pan mixer. The dry aggregate was wetted with 5 kg/m^3 mixing water and the moistened aggregate and the cement were then mixed for 30 s. After addition of all the water the concrete was then mixed for a further 2 min. For the concretes containing MNS superplasticizer there was a single addition of superplasticizer about 35 min after the end of mixing. During these 35 min the concrete remained in the pan mixer covered with film. In many cases the 35 min corresponds to the time between production in a ready-mixed concrete plant and arrival at the building site. The PCE was added directly with the mixing water, and once again the concrete remained for 35 minutes in the pan mixer covered with film. The concrete was mixed again for a short time just before determination of the properties.

After production and until determination of the fresh concrete properties the concretes were stored in the concrete production building at temperatures between 19°C and 23°C .

3.3 Test methods

The consistency of the concrete was determined using the flow-table spread as defined in DIN EN 12350-5. The fresh concrete density and the air content of the concrete were determined in accordance with DIN EN 12350-6 and DIN EN 12350-7 respectively, ten minutes after the end of production.

The water secretion was determined by the bucket method specified in [9]. Ten minutes after the end of mixing the test vessel was filled in two layers and compacted on the vibrating table. The first measurement was made 60 min after the end of mixing and was repeated at intervals of 60 min.

Tests were carried out for determining the quantity of filtrate water expressed using the procedure described in [14]. Ten minutes after the end of mixing the fresh concrete was placed in the steel container of a filter press, compacted with a wooden rammer and struck off at the upper edge with a steel rule. After the container had been closed a pneumatic pressure of 3 bar was applied to the fresh concrete. Under the air pressure the fresh concrete released water over a period of time. The water was collected in the measuring cylinder at varying time intervals. During the investigations some tests were carried out with a reduced test pressure of 1 bar instead of 3 bar (see Section 4.4.2).

4 Test results

4.1 Fresh concrete properties

The fresh concrete density of all the concretes investigated lay between 2310 kg/m^3 and 2450 kg/m^3 . In all cases the air content was about 1 vol. %. The flow-table spreads of the concretes without superplasticizer varied between 370 mm and 620 mm. With constant concrete composition and without any superplasticizer the flow-table spread tended to decrease when cements of greater fineness were used (Fig. 1 and Table 2).

The target consistency for the concretes containing superplasticizer was (540 ± 20) mm after 35 min.

During the determination of the quantity of bleed water all the concretes examined initially exhibited an almost linear increase in the quantity of bleed water that reached a maximum value after about 3 h to 6 h. The tests were continued beyond these values and a fall was recorded after the maximum value. Fig. 2 shows an example of the behaviour of the measured water secretion of concretes with various compositions. The water secretion from concretes without superplasticizers increased with rising flow-table spread (Fig. 3).

4.2 Influence of concrete composition on water secretion

4.2.1 Influence of the type of cement and the cement content on the water secretion

As a rule, the concretes made with CEM II and CEM III/A cement had less water secretion for the same concrete composition than the concrete made with CEM I cement (Fig. 4).

With a constant concrete composition and without extra addition of inert fines (such as quartz meal), the water secretion tended

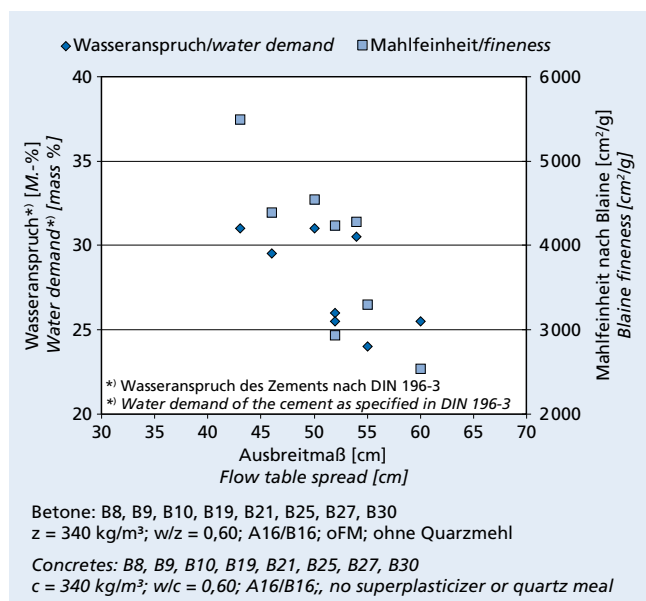


Bild 1: Ausbreitmaß von Betonen ohne Zusatzmittel

Figure 1: Flow table spread of concretes without admixtures

unterschiedlichen Zeitabständen erfasst wurde. Im Rahmen der Untersuchungen wurden Versuche z.T. mit Reduzierung des Prüfdrucks von 3 bar auf 1 bar durchgeführt (s. Abs. 4.4.2).

4 Versuchsergebnisse
4.1 Frischbetoneigenschaften

Die Frischbetonrohichte aller untersuchten Betone lag zwischen 2310 kg/m³ und 2450 kg/m³. Der Luftgehalt betrug jeweils rd. 1 Vol.-%. Das Ausbreitmaß der Betone ohne Fließmittel variierte zwischen 370 mm und 620 mm. Bei konstanter Betonzusammensetzung und ohne Fließmittel nahm das Ausbreitmaß der Betone tendenziell bei Verwendung von Zementen mit höherer Mahlfineinheit ab (Bild 1 und Tafel 2).

Die Zielkonsistenz der Betone mit Fließmittel betrug (540 ± 20) mm nach 35 min.

Bei der Bestimmung der Blutwassermenge zeigten alle untersuchten Betone zunächst eine annähernd lineare Zunahme der Blutwassermenge, die nach ca. 3 h bis sechs 6 h einen maximalen Wert erreichte. Die Versuche wurden über diesen Wert hinaus fortgesetzt und somit wurde nach dem maximalen Wert ein Absinken erfasst. Bild 2 zeigt beispielhaft den Verlauf des gemessenen Wasserabsonderns von Betonen verschiedener Betonzusammensetzungen. Mit steigendem Ausbreitmaß nahm das Wasserabsondern von Betonen ohne Zusatzmittel zu (Bild 3).

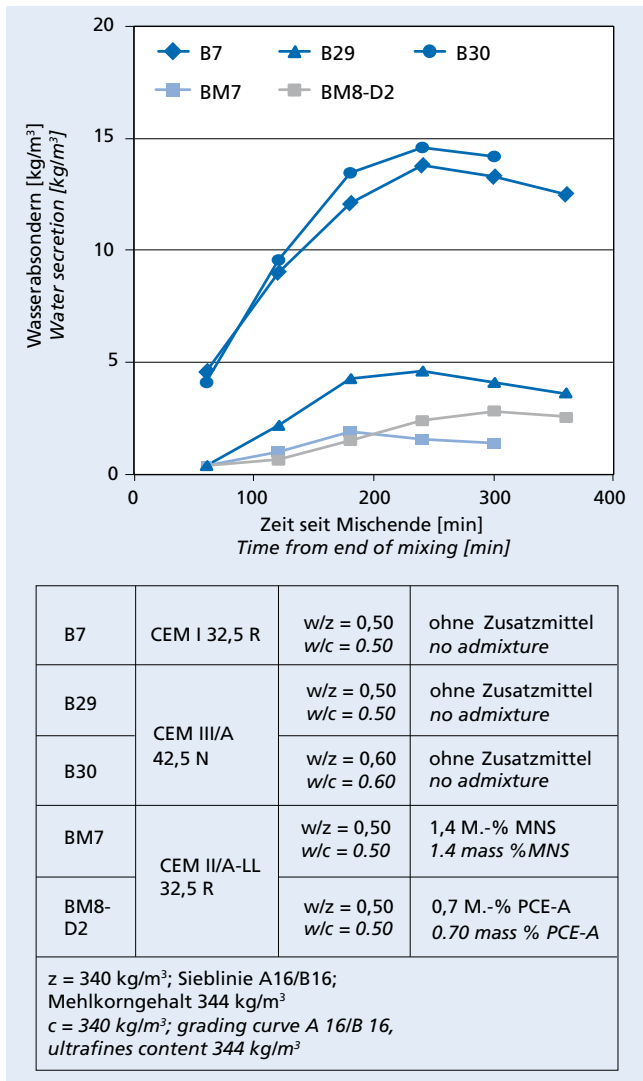


Bild 2: Verlauf des Wasserabsonderns verschiedener Betone
Figure 2: Progress of water secretion from different concretes

to depend on the specific surface and the water demand of the cement used (Fig. 5 and Table 2). As expected (for example [15]), the concretes made with coarser cements secreted more water than the concretes made with the more finely ground cements. Cements with higher standard compressive strengths and comparable proportions of the main cement constituents exhibited less water secretion in the concrete.

The water secretion fell with higher cement content and constant water content in the concrete, i.e. lower water/cement ratio and higher paste volume (e.g. concretes B0 and B13, Fig. 6). The measured quantity of secreted water also increased with constant water/cement ratio and increasing cement paste content or cement content (e.g. concretes B1, B6 and B13 in Fig. 6).

4.2.2 Influence of the water content on water secretion

Water secretion is dependent on the water content, so for the same cement content an increase in water secretion was found with increasing water/cement ratio (see, for example, concretes B29 and B30 in Fig. 2). In the bucket method a maximum water secretion of between about 11 kg/m³ and 35 kg/m³, depending on the type of cement, was measured in concrete with a water/cement ratio of 0.60 and a cement content of 340 kg/m³ without superplasticizer (Fig. 4). At a water content of 170 kg/m³ and a water/cement ratio of 0.50 without superplasticizer the water secretion was reduced to values between 5 kg/m³ and 15 kg/m³.

4.2.3 Influence of concrete admixtures on water secretion

As already shown in [16], the interaction between cement and concrete admixture can, alongside other concrete technology parameters, have a substantial influence on the tendency of concrete to secrete water and to segregate. In concretes containing plasticizing

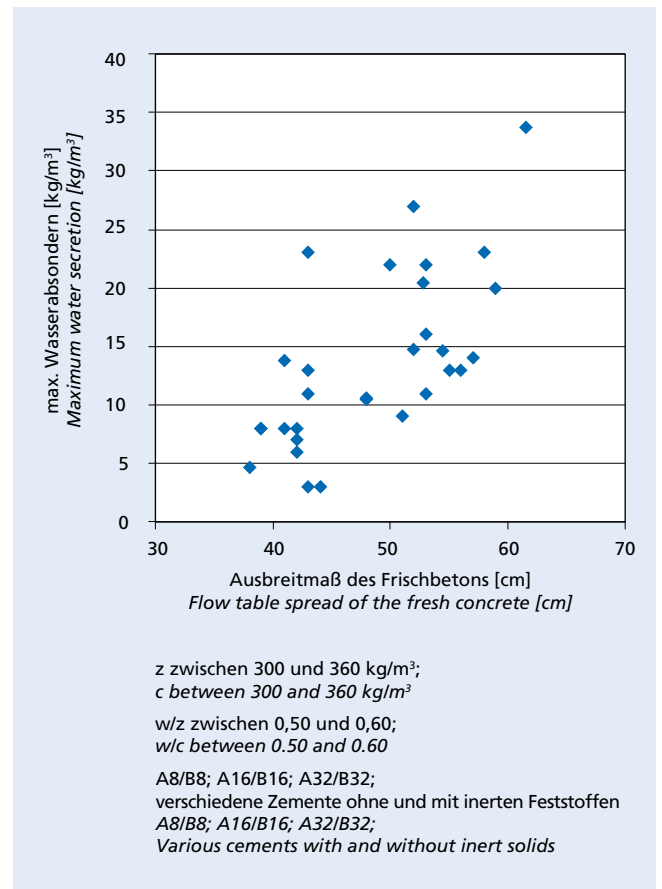


Bild 3: Ausbreitmaß und Wasserabsondern von Betonen ohne Zusatzmittel
Figure 3: Flow table spread and water secretion of concretes without admixtures

4.2 Einfluss der Betonzusammensetzung auf das Wasserabsondern

4.2.1 Einfluss der Zementart und des Zementgehalts auf das Wasserabsondern

In der Regel zeigten die Betone mit CEM II- und CEM III/A-Zementen bei sonst gleicher Betonzusammensetzung ein geringeres Wasserabsondern als der Beton mit dem CEM I-Zement (Bild 4).

Bei konstanter Betonzusammensetzung und ohne zusätzliche Zugabe von inerten Feinstoffen, wie z.B. Quarzmehl, hing das Wasserabsondern tendenziell von der spezifischen Oberfläche bzw. dem Wasseranspruch des verwendeten Zements ab (Bild 5 und Tafel 2). Wie erwartet (vgl. z.B. [15]) sonderten die Betone mit gröberem Zementen mehr Wasser ab, als die Betone mit feiner gemahlten Zementen. Zemente mit höherer Normdruckfestigkeit bei vergleichbaren Anteilen der Zementhauptbestandteile zeigten im Beton ein geringeres Wasserabsondern.

Bei höherem Zementgehalt und bei konstantem Wassergehalt im Beton, d.h. geringerem Wasserzementwert und höherem Leimvolumen, verringerte sich das Wasserabsondern (z.B. Betone B0 und B13, Bild 6). Mit konstantem Wasserzementwert und zunehmendem Zementleimgehalt bzw. Zementgehalt erhöhte sich auch die ermittelte Menge des abgesonderten Wassers (z.B. Betone B1, B6 und B13 in Bild 6).

4.2.2 Einfluss des Wassergehalts auf das Wasserabsondern

Das Wasserabsondern ist vom Wassergehalt abhängig und somit konnte bei jeweils gleichem Zementgehalt eine Zunahme des Blutens mit steigendem Wasserzementwert festgestellt werden (s. z.B. Bild 2, Beton B29 und B30). Im Eierverfahren wurden an Beton mit einem Wasserzementwert 0,60 bei einem Zementgehalt von 340 kg/m^3 ohne Zusatzmittel in Abhängigkeit von der Zementart ein maximales Wasserabsondern zwischen ca. 11 kg/m^3 und 35 kg/m^3 gemessen (Bild 4). Bei einem Wassergehalt von 170 kg/m^3 und einem Wasserzementwert von 0,50 ohne Fließmittel verringerte sich das Wasserabsondern auf Werte zwischen 5 kg/m^3 und 15 kg/m^3 .

4.2.3 Einfluss von Betonzusatzmitteln auf das Wasserabsondern

Wie bereits in [16] dargestellt, kann die Wechselwirkung zwischen Zement und Betonzusatzmittel neben anderen betontechnologischen Parametern maßgeblich die Neigung des Betons zum Wasserabsondern bzw. Entmischen beeinflussen. Bei Beton mit verflüssigenden Betonzusatzmitteln zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Zusatzmittelart und der Dosierung auf die abgesonderte Wassermenge bei vergleichbarem Ausbreitmaß.

Die Ergebnisse zeigten, dass einerseits das Wasserabsondern nahezu unabhängig vom verwendeten Zusatzmittel war (Bild 7, Betone mit CEM III/A), sich andererseits die Menge des abgesonderten Wassers bei den Betonen mit Portlandzement CEM I und Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL (Bild 7) bei Verwendung des PCE-A-Fließmittels im Vergleich zum Melamin- und Naphthalinsulfat verdoppelte. Ebenfalls doppelte Mengen an abgesonderten Wasser wurden bei Verwendung vom Zusatzmittel MNS und unterschiedlichen Zementen erfasst. Der Beton mit CEM III/A 42,5 N zeigte mit rd. 5 kg/m^3 die doppelte Menge an abgesondertem Wasser wie der Beton mit CEM II/A-LL 32,5 R bei vergleichbarer Konsistenz (Bild 7). Aus dem Vergleich dieser Ergebnisse mit den abgesondertem Wassermengen in Abhängigkeit vom verwendeten Zement ohne Zusatzmittel muss in Abhängigkeit von der Zement-/Zusatzmittel-Kombination von einem z.T. erheblichen Einfluss auf das Wasserabsondern ausgegangen werden. Die Betone mit CEM II/A-LL 32,5 R und CEM III/A 42,5 N ohne Zusatzmittel bei einem Wasserzementwert von 0,60 zeigten nahezu die gleiche Menge an abgesondertem Wasser von rd. 15 kg/m^3 (Bild 4).

Ebenfalls zeigten die Ergebnisse, dass die Zusatzmitteldosierung einen z.T. erheblichen Einfluss auf das Wasserabsondern haben kann. Der Einfluss der Dosierung des Zusatzmittels wurde mit dem PCE-A bei Betonen mit CEM II/A-LL 32,5 R und $w/z = 0,50$ untersucht. Bild 8 zeigt, dass das Wasserabsondern

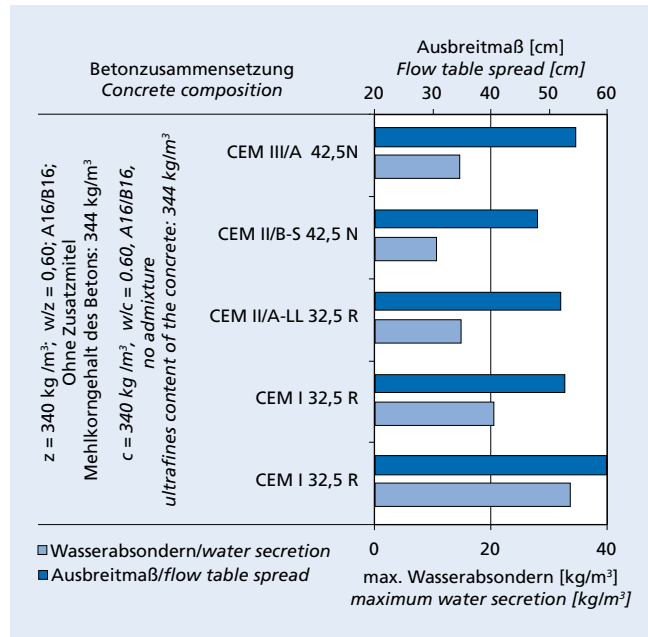


Bild 4: Ausbreitmaß und Wasserabsondern von Betonen ohne Zusatzmittel

Figure 4: Flow table spread and water secretion of concretes without admixtures

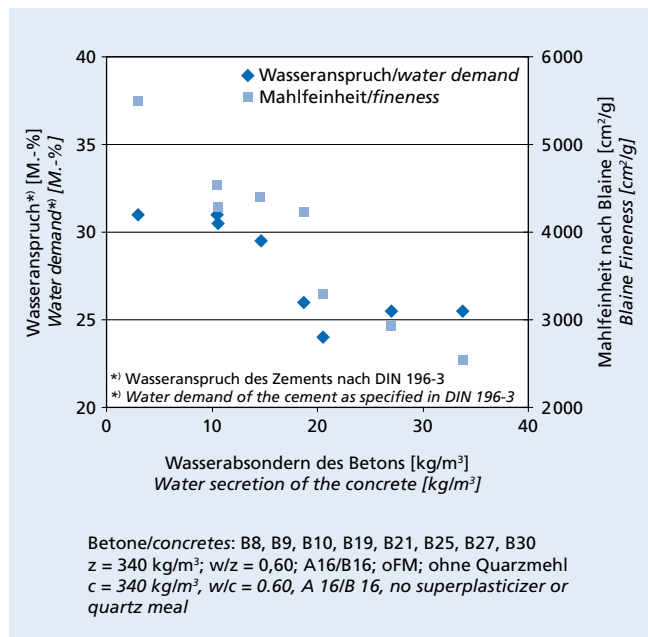


Bild 5: Wasserabsondern in Abhängigkeit von den Zementeigenschaften (Wasseranspruch und Mahlfeinheit) bei Betonen mit $w/z = 0,60$ ohne Zusatzmittel

Figure 5: Water secretion in relation to the cement properties (water demand and fineness) for concretes with $w/z = 0,60$ without admixtures

concrete admixtures the type and addition level of the admixture was found to have a significant influence on the quantity of water secreted for a comparable flow-table spread.

The results showed that, on the one hand, the water secretion was virtually independent of the admixture used (Fig. 7, concretes made with CEM III/A cement) while, on the other hand, that the quantity of secreted water in concretes made with CEM I Portland cement and CEM II/A-LL Portland-limestone cement (Fig. 7) was doubled when the PCE-A superplasticizer was used

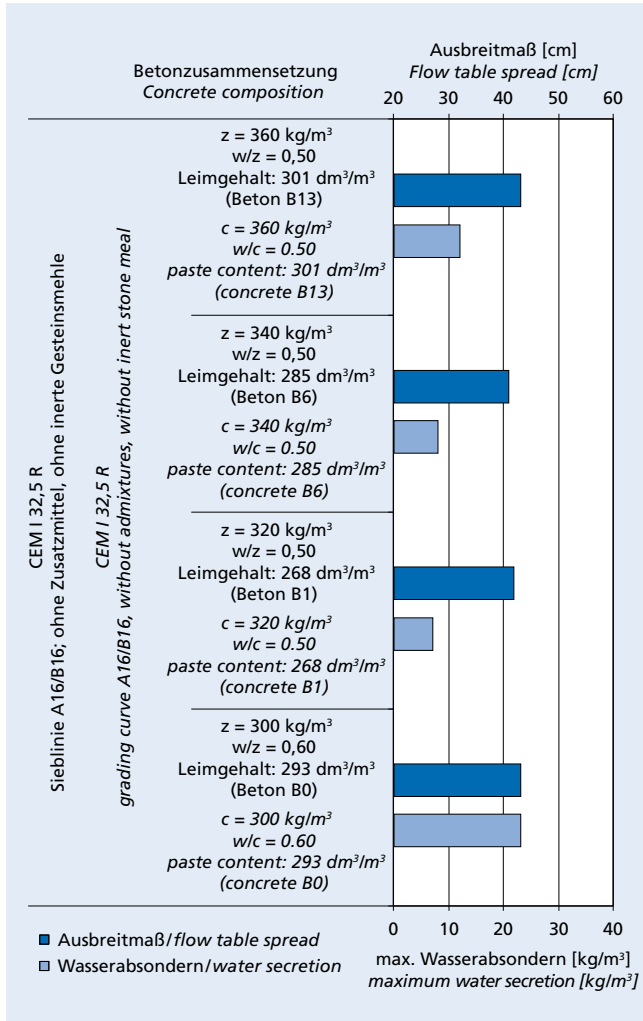


Bild 6: Wasserabsondern des Frischbetons in Abhängigkeit vom Zementgehalt
Figure 6: Water secretion of the fresh concrete relative to the cement content

when compared with melamine and naphthalene sulfates. Double the quantity of secreted water was also recorded when using the MNS admixture and various cements. The concrete made with CEM III/A 42,5 N cement secreted twice as much water (about 5 kg/m³) as the concrete made with CEM II/A-LL 32,5 R cement with comparable consistency (Fig. 7). From a comparison of these results with the quantities of secreted water in relation to the cement used without admixture it must be assumed that the cement/admixture combination sometimes has a substantial influence on the water secretion. The concretes made with CEM II/A-LL 32,5 R and CEM III/A 42,5 N cements without superplasticizer and with a water/cement ratio of 0.60 exhibited virtually the same quantity of secreted water of about 15 kg/m³ (Fig. 4).

The results also showed that the admixture addition level can sometimes have a substantial influence on the water secretion. The influence of the addition level of the admixture was investigated with PCE-A on concretes made with CEM II/A-LL 32,5 R cement and w/c = 0.50. Fig. 8 shows that raising the addition level from 0.6 mass % to 0.8 mass % increased the water secretion from about 2.5 kg/m³ to about 4.5 kg/m³. The flow-table spread rose from about 500 mm to about 540 mm.

Raising the water/cement ratio from 0.50 to 0.53 with otherwise the same concrete composition (cement content and admixture addition level) increased the quantity of secreted water in concretes made with CEM I 32,5 R Portland cement and CEM III/A 42,5 N blastfurnace cement from about 5 kg/m³ to about 23 kg/m³ and 18 kg/m³ respectively. Minor visual symptoms of segregation in the form of watery fringes were detected during the determination of the consistency in the flow-table spread test with the concretes with a water/cement ratio of w/c = 0.53. Raising the water/cement ratio while at the same time changing the admixture addition level to maintain the consistency also led to larger quantities of bleed water.

4.2.4 Influence of the grading curve on water secretion

Not only the influence of the cement, the water content and the admixtures but also the influence of the particle size composition on the consistency and water segregation were examined. The fines content of the A8/B8, A16/B16 and A32/B32 grading curves of about 365 kg/m³ was altered selectively. Fig. 9 shows that a reduction in the maximum particle size in the aggregate and the use of quartz meal to raise the fines content from about 365 kg/m³ to about 398 kg/m³ led in both cases to a reduction in water secretion

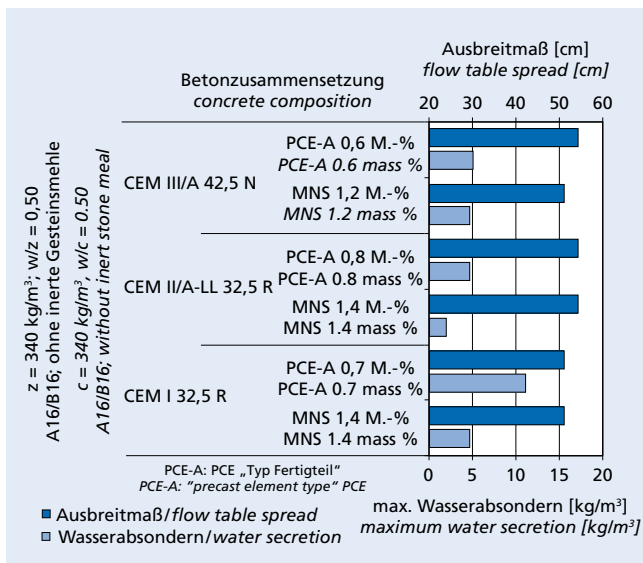


Bild 7: Beispiele für das Ausbreitmaß und das Wasserabsondern von Betonen mit verflüssigenden Betonzusatzmitteln
Figure 7: Examples of the flow table spread and water secretion of concretes with plasticizing admixtures

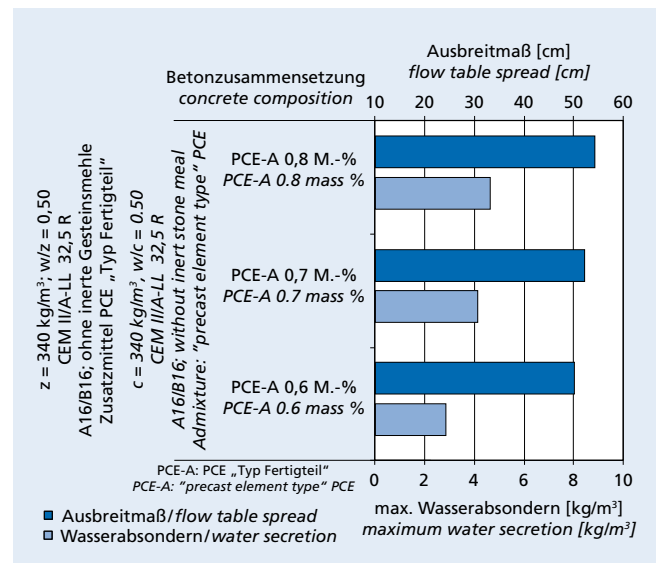


Bild 8: Ausbreitmaß und Wasserabsondern in Abhängigkeit von der Zusatzmitteldosierung
Figure 8: Flow table spread and water secretion in relation to the addition level of admixture

durch Erhöhung der Dosierung von 0,6 M.-% auf 0,8 M.-% von rd. 2,5 kg/m³ auf rd. 4,5 kg/m³ zunahm. Das Ausbreitmaß erhöhte sich von rd. 500 mm auf rd. 540 mm.

Durch die Erhöhung des Wasserzementwerts von 0,50 auf 0,53 erhöhte sich die Blutwassermenge bei sonst gleicher Betonzusammensetzung (Zementgehalt und Zusatzmitteldosierung) bei Beton mit Portlandzement CEM I 32,5 R bzw. Hochofenzement CEM III/A 42,5 N von rd. 5 kg/m³ auf rd. 23 kg/m³ bzw. 18 kg/m³. Bei der Bestimmung des Ausbreitmaßes wurden bei den Betonen mit einem Wasserzementwert von w/z = 0,53 optisch geringfügige Entmischungserscheinungen in Form von Wasserrändern bei der Bestimmung der Konsistenz im Ausbreitversuch festgestellt. Ebenfalls führt eine Erhöhung des Wasserzementwerts bei gleichzeitiger Veränderung der Zusatzmitteldosierung zur Einhaltung der Konsistenz zu höheren Blutwassermengen.

4.2.4 Einfluss der Sieblinie auf das Wasserabsondern

Neben dem Einfluss des Zements, des Wassergehalts und der Zusatzmittel wurde auch der Einfluss der Kornzusammensetzung auf die Konsistenz und das Wasserabsondern untersucht. Hierzu wurde der Mehlkorngehalt der Sieblinien A8/B8, A16/B16 und A32/B32 von rd. 365 kg/m³ gezielt verändert. Bild 9 zeigt, dass die Verringerung des Größtkorns der Gesteinskörnung und die Verwendung von Quarzmehl zur Erhöhung des Mehlkorngehalts von rd. 365 kg/m³ auf rd. 398 kg/m³ jeweils zu einer Verringerung des Wasserabsonderns bei nahezu gleichem Ausbreitmaß führten. Insgesamt betragen die abgesonderten Wassermengen zwischen rd. 8 kg/m³ und rd. 14 kg/m³.

Der Einfluss der Sieblinie der Gesteinskörnung, insbesondere der Korngruppe 0/2, auf das Wasserabsondern und das Ausbreitmaß von Beton geht aus Bild 10 hervor. Die Grafiken zeigen, dass eine Zunahme des Mehlkorngehalts von 350 kg/m³ auf 370 kg/m³ bei gleichem Volumenanteil der Korngruppe 0/2 (26 Vol.-%) zu einer deutlichen Reduzierung des Wasserabsonderns führen kann. Bei konstantem Mehlkorngehalt von 370 kg/m³ führte ein abnehmender Anteil der Korngruppe 0/2 von 39 Vol.-% auf 26 Vol.-% zu einer Verringerung des Wasserabsonderns von rd. 3,5 kg/m³ auf 0,5 kg/m³ bei nahezu konstantem Ausbreitmaß. Eine Reduzierung der Zusatzmitteldosierung von 2,4 M.-% v. z auf 1,8 M.-% v. z zur Erzielung eines nahezu konstanten Ausbreitmaßes bei veränderter Sieblinie führte ebenfalls zu einem verringerten Wasserabsondern des Betons.

Entsteht durch die Veränderung der Sieblinie eine höhere Packungsdichte der Gesteinskörnung, auf die jedoch nicht mit einer Anpassung insbesondere des Wassergehalts reagiert wird, so ist mit einem Wasserüberschuss und mit Wasserabsondern zu rechnen. Der Beton mit Sieblinie S4 wies von den Betonen die höchste Packungsdichte und den niedrigsten Wasseranspruch auf. Im Ausbreitversuch zeigte er eine leichte Leimumrandung. Die Bildung eines Wasser- bzw. Leimrands beim Ausbreitversuch wurde umso größer, je niedriger der Mehlkorngehalt bei unverändertem Sandanteil war [11].

4.2.5 Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei der Bestimmung des Wasserabsonderns von Beton

Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei der Bestimmung des Wasserabsonderns wurde durch Doppelbestimmungen an identischen Mischungen sowie durch Einfachbestimmungen an zwei zeitlich unterschiedlich hergestellten Betonen gleicher Zusammensetzung überprüft. Bei den Doppelbestimmungen des Wasserabsonderns nach vier Stunden ergab sich eine Differenz der Einzelwerte von rd. 1,0 kg/m³. Bei Wiederholung der Betonherstellung und erneuter Bestimmung des Wasserabsonderns wurde eine Differenz der Einzelwerte von rd. 1,4 kg/m³ ermittelt. Zusammenfassend lagen die Variationskoeffizienten unabhängig von der Betonzusammensetzung zwischen rd. 10 % und 20 %. In [9] wird für die Bestimmung des Wasserabsonderns mit dem Eimerverfahren ein Variationskoeffizient von 15 % angegeben.

Bei der Bestimmung des Wasserabsonderns nach [9] können somit grundsätzlich Einflüsse aus der Betonzusammensetzung erkannt werden. Die Ergebnisse bestätigen, dass der Einfluss der

für virtuell die gleiche flow-table spread. The quantity of water secreted lay between about 8 kg/m³ and about 14 kg/m³.

The influence of the aggregate grading curve, especially the 0/2 particle size group, on the water secretion and flow-table spread of concrete can be seen in Fig. 10. The graphs show that an increase in fines content from 350 kg/m³ to 370 kg/m³ for the same volumetric fraction of the 0/2 particle size group (26 vol. %) can lead to a significant reduction in water secretion. At a constant fines content of 370 kg/m³ a decreasing fraction of the 0/2 particle size group from 39 vol. % to 26 vol. % led to a reduction in water secretion from about 3.5 kg/m³ to 0.5 kg/m³ at virtually constant flow-table spread. A reduction in the admixture addition level from 2.4 mass % to 1.8 mass % w.r.t. cement to achieve a virtually constant flow-table spread with changing grading curve also led to reduced water secretion from the concrete.

If the change in grading curve results in a higher packing density of the aggregate and is not taken into account by making an adjustment, particularly in the water content, then surplus water and water secretion can be expected. Of all the concretes the concrete with the S4 grading curve exhibited the highest packing density and the lowest water demand. In the flow-table spread test it showed a slight fringe of paste. The formation of a water or paste fringe in the flow-table spread test became larger the lower the fines content with an unchanged proportion of sand [11].

4.2.5 Reproducibility of the test results in the determination of water secretion from concrete

The reproducibility of the test results in the determination of water secretion was checked by double determinations on identical mixes and by single determinations on two concretes with the same composition that had been produced at different times. A difference in the individual values of about 1.0 kg/m³ was obtained in the double determinations of water secretion after four hours while a difference in the individual values of about 1.4 kg/m³ was found with repetition of the concrete production and fresh determination of the water secretion. Overall, the coefficients of variation lay between about 10 % and 20 % regardless of the concrete composition. A coefficient of variation of 15 % is given in [9] for determination of water secretion by the bucket method.

This basically means that any influence from the concrete composition can be identified in the determination of water secretion as specified in [9]. However, the results confirm that, in some cases,

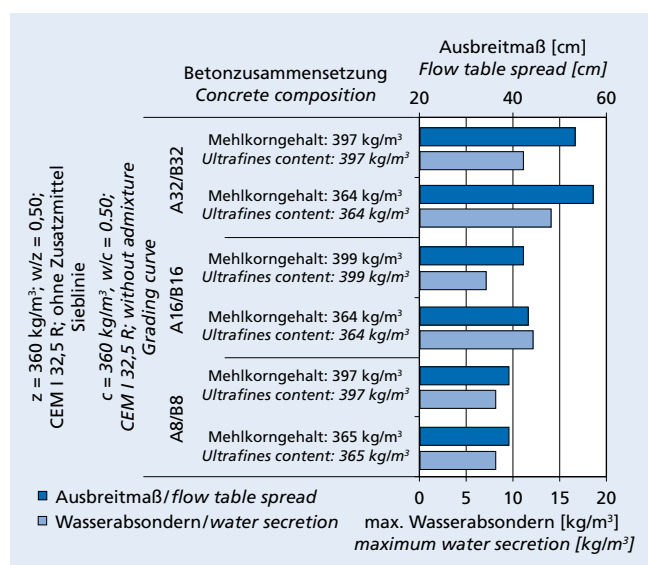


Bild 9: Wasserabsondern von Betonen mit unterschiedlichem Größtkorn der Sieblinie ohne und mit Verwendung von Quarzmehlen. Beispiele von Betonen ohne Zusatzmittel
Figure 9: Water secretion of concretes with different maximum particle sizes in the grading curve, with and without the use of quartz meal. Examples of concretes without admixtures

Betonzusammensetzung auf das Wasserabsondern aber z.T. nicht unerheblich durch verfahrensbedingte Einflüsse überlagert wird [13]. Das muss bei der Festlegung von Anhalt- bzw. Grenzwerten für das Wasserabsondern von Beton, insbesondere für Industrieböden, berücksichtigt werden.

the influence of the concrete composition on water secretion is overlaid to a substantial extent by factors due to the process [13]. This must be taken into account, particularly for industrial floors, when specifying reference values and limits for water secretion from concrete.

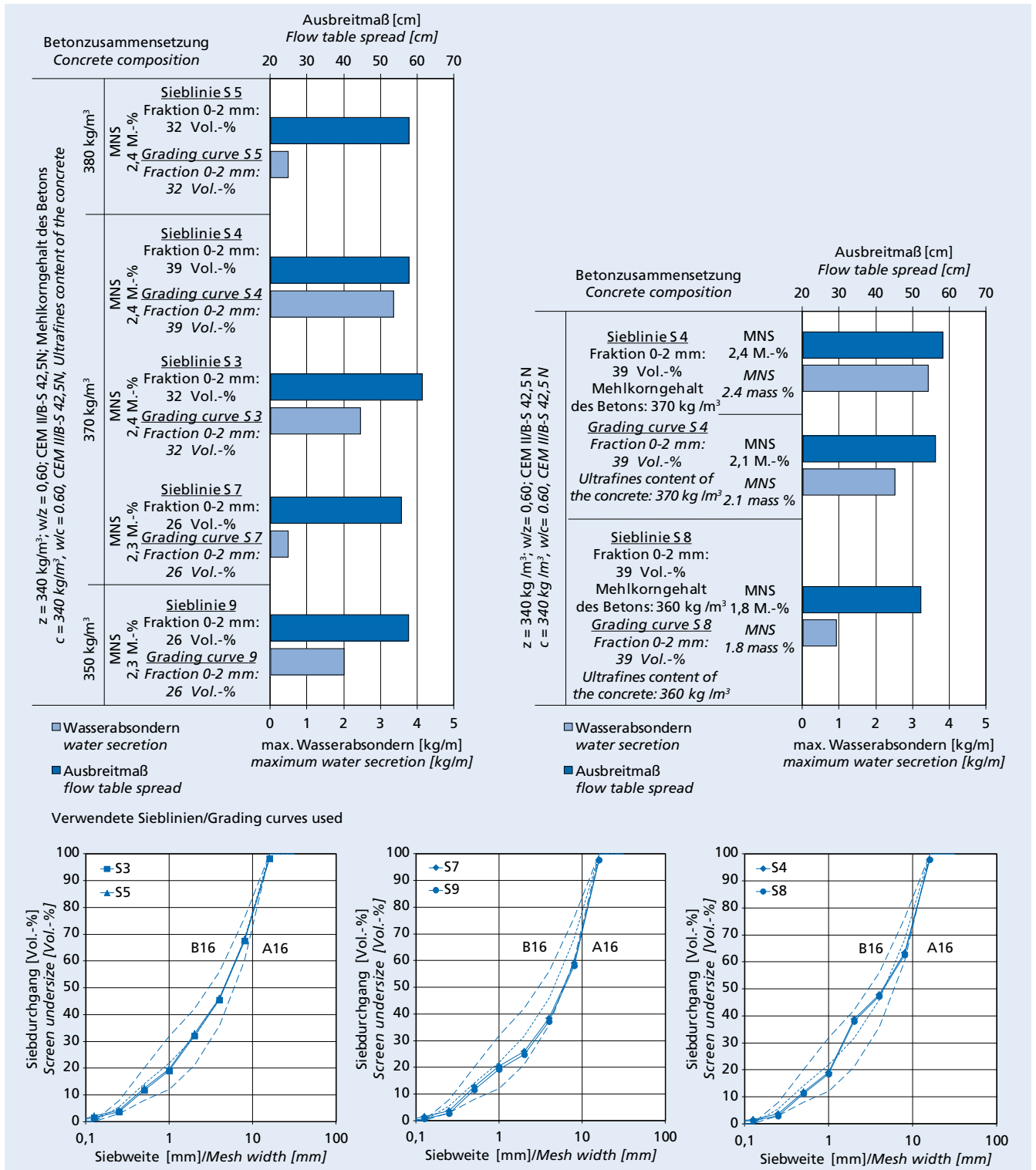


Bild 10: Abhängigkeit des Wasserabsonderns von Mehlkorngehalt und Sandfraktion der Sieblinie; verschiedene Zusatzmitteldosierungen
 Figure 10: Dependence of the water secretion on the ultrafines content and sand fraction in the grading curve; various admixture addition levels

4.3 Übertragbarkeit auf praktische Verhältnisse

4.3.1 Einfluss der Geometrie der Prüfgeräte und der Betonherstellung auf das Wasserabsondern von Beton

Der Einfluss von Prüfgeräten unterschiedlicher Geometrie bei der Bestimmung des Wasserabsonders zur Übertragbarkeit von Laborprüfresultaten auf Praxisverhältnisse wurde mit handelsüblichen Bau-Eimern verschiedener Nenninhalte untersucht. Die ermittelte Menge an abgesondertem Wasser wurde unabhängig von der Betonzusammensetzung durch das Einfüllvolumen und die Füllhöhe des verwendeten Bau-Eimers beeinflusst. Bild 11 zeigt, dass ein verringertes Einfüllvolumen bei gleicher Füllhöhe zu verringertem Wasserabsondern führte. Bei gleichem Einfüllvolumen erhöhte sich das Wasserabsondern bei verringerter Einfüllhöhe.

Zur Überprüfung der Übertragbarkeit der Laborprüfresultate auf die Praxis wurden rechteckige Betonplatten mit den Abmessungen 50 cm x 50 cm und einer Dicke von 20 cm und 25 cm hergestellt. Die Untersuchung des Wasserabsonders in den Schalungen wurde in Anlehnung an [9] durchgeführt. Die Betone wurden nach der Herstellung in die Schalungen gefüllt und bis zum Zeitpunkt der Messungen abgedeckt. Zum Zeitpunkt der Messung wurden die Schalungen auf 7 Grad geneigt und die abgesonderte Wassermenge erfasst. Im Anschluss wurde das abgesaugte Wasser auf den Beton zurückgegeben. Die Ergebnisse zeigen, dass die auf der Plattenoberfläche abgesonderte Wassermenge im Vergleich zu den im Bau-Eimer mit gleicher Einfüllhöhe ermittelten Ergebnissen geringer war und dass sich mit zunehmender Dicke der Platte das Wasserabsondern tendenziell verringerte. Bild 12 zeigt beispielhaft die Ergebnisse.

Mit dem Verfahren nach [9] wird die abgesonderte Wassermenge als Volumen des abgesonderten Wassers je Volumen des Frischbetons angegeben. Es wurde gezeigt, dass anhand der im Prüfeimer abgesonderten Wassermenge auf den Wasserfilm auf der Betonoberfläche für zylindrische oder quadratische Prüfgefäße sowie in erster Näherung für konische Formen wie die benutzten Eimer geschlossen werden kann. Somit bestätigen die mit dem Prüfeimer gewonnenen Ergebnisse, dass der auf der Oberfläche des eingebauten Betons gebildete Wasserfilm durch das Wasserabsondern mit zunehmender Einfüllhöhe zunimmt [17].

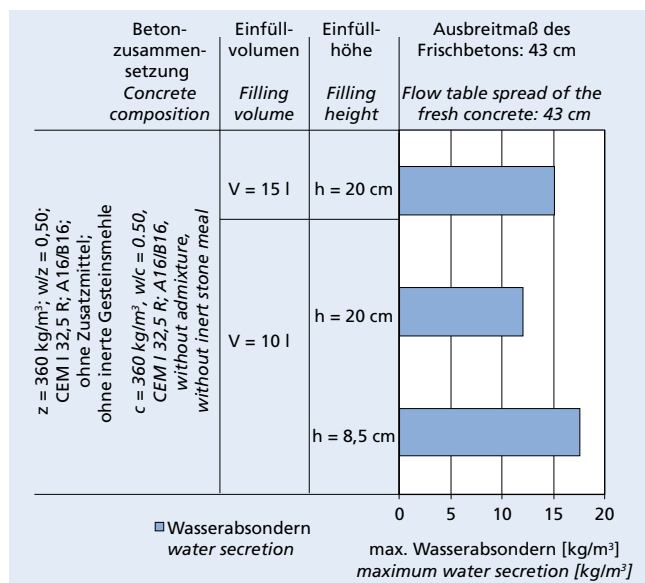


Bild 11: Wasserabsondern bei Veränderung der Einfüllhöhe und des Einfüllvolumens des Betons im Prüfeimer

Figure 11: Water secretion while changing the filling level and filling height of the concrete in the test bucket

4.3 Applicability to practical conditions

4.3.1 Influence of the concrete production and the geometry of the test equipment on water secretion from concrete

In the determination of water secretion the influence of test equipment with varying geometry on the applicability of laboratory test results to practical conditions was investigated with commercially available hand buckets of differing nominal capacity. Regardless of the concrete composition, the quantity of secreted water was affected by the filling volume and filling height of the hand bucket used. Fig. 11 shows that, for the same filling height, a reduced filling volume led to reduced water secretion. For the same filling volume the water secretion rose with reduced filling height.

Rectangular 50 cm x 50 cm concrete plates with thicknesses of 20 cm and 25 cm were produced to test the applicability of the laboratory test results to practical conditions. The investigation of water secretion in formwork was carried out following the procedure specified in [9]. After production the concretes were placed in the formwork and covered until the measurements were taken. For the measurements the formwork was tilted at 7 degrees and the quantity of secreted water was recorded. The water that had been drawn off was then returned to the concrete. The results show that the quantity of water secreted on the surface of the plate was lower than the results determined in the hand bucket with the same filling height, and that the water secretion tended to decrease with increasing thickness of the plate. Fig. 12 shows examples of the results.

With the method specified in [9] the quantity of secreted water is given as the volume of secreted water per volume of fresh concrete. It was found that the quantity of water secreted in the bucket test can be used to draw conclusions about the water film on the concrete surface for cylindrical or square test containers and, to a first approximation, for conical moulds like the bucket used. The results obtained with the test bucket therefore confirm that the film of water formed through water secretion on the placed concrete increases with increasing filling height [17].

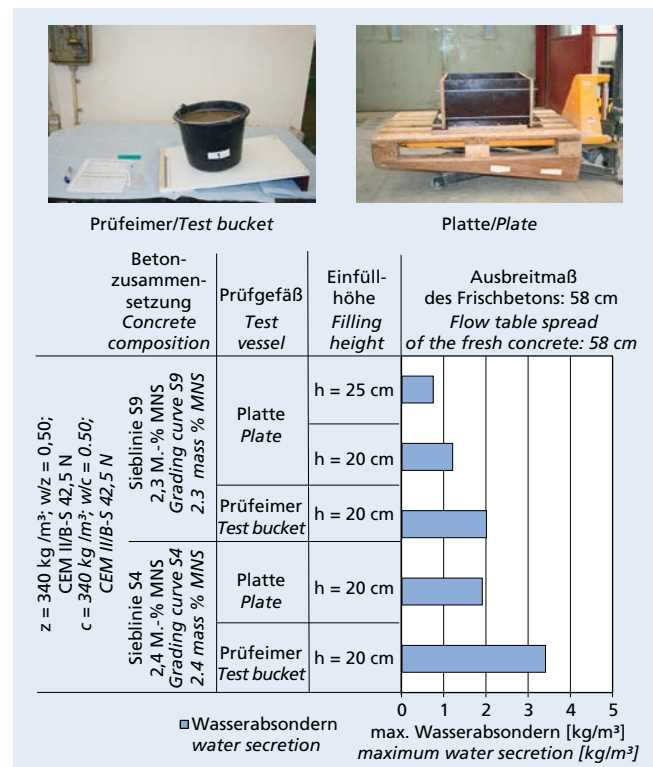


Bild 12: Beispiele für den Geometrieinfluss auf das Wasserabsondern

Figure 12: Examples of the influence of geometry on the water secretion

4.3.2 Einflüsse der Herstellung und Verarbeitung von Beton auf das Wasserabsondern

Transportbeton wird nach der Herstellung im Werk üblicherweise bis zum Einbau im Transportbetonfahrzeug weiter mit geringer Intensität gemischt. Der Einfluss dieses nachträglichen Mischvorgangs wurde durch die Verwendung eines Trommelmischers im Labor simuliert. Hierzu wurde der Beton zunächst im Tellermischer gemischt und anschließend für weitere 30 min im Trommelmischer rotiert. Der Einfluss dieses nachträglichen Mischens wurde an Betonen mit einem Portlandhüttenzement CEM II/B-S 42,5 R, einem Zementgehalt von 340 kg/m³ und einem Wasserzementwert von 0,50 unter Verwendung der beiden PCE vom Typ „Fertigteil“ und „Konsistenzhalter“ sowie dem MNS untersucht. Der Beton mit dem MNS-Fließmittel wies bei der Herstellung im Tellermischer ohne nachträgliche Mischung im Trommelmischer ein Wasserabsondern von rd. 4 kg/m³ auf. Durch das nachträgliche Mischen im Trommelmischer für die Dauer von 30 min reduzierte sich die abgesonderte Wassermenge des Betons mit MNS auf rd. 1 kg/m³. Gleichzeitig nahm das Ausbreitmaß von 560 mm auf 490 mm ab. Mit dem PCE vom Typ „Fertigteil“ war das Ausbreitmaß vergleichbar und das Wasserabsondern verringerte sich von rd. 2 kg/m³ auf rd. 1 kg/m³. Mit dem PCE vom Typ „Konsistenzhalter“ betrug die abgesonderte Wassermenge ohne nachträgliches Mischen rd. 14 kg/m³. Durch das nachträgliche Mischen trat mit dem PCE vom Typ „Konsistenzhalter“ nahezu kein Wasserabsondern mehr auf.

Der Einfluss der Verdichtung auf das Wasserabsondern wurde in Laborversuchen mit Rüttelflaschen auf dem Rütteltisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tafel 3 dargestellt. Die Verlängerung der Verdichtungszeit auf dem Rütteltisch führte zu einer leichten Abnahme des Wasserabsondens. Durch die Verdichtung mit der Rüttelflasche mit gleicher Verdichtungszeit wie auf dem Rütteltisch verringerte sich das Wasserabsondern im Vergleich zur Verdichtung auf dem Rütteltisch.

4.3.3 Einflüsse des Austrocknens der Betonoberfläche auf das Wasserabsondern

Der Einfluss des Austrocknens der Betonoberfläche auf das Wasserabsondern wurde an Prüfeimern nach [9] untersucht. Die Temperatur während der Prüfungen betrug rd. 20 °C. Tafel 4 zeigt, dass sich durch eine fehlende Abdeckung der Prüfkörper, d. h. mit Austrocknung der Oberfläche des Betons, die Menge des abgesonderten Wassers um bis zu 30 % verringerte. Bei Beton B26 wurde kein Unterschied mit und ohne Abdeckung festgestellt. Zusätzlich wurde untersucht, welcher Einfluss auf das Prüfergebnis sich einstellt, wenn das abgesaugte Wasser nach der

4.3.2 Influence of the production and processing of concrete on water secretion

After production in the plant, ready-mixed concrete is usually mixed further at a low intensity in the ready-mixed concrete vehicle until it is placed. The influence of this subsequent mixing process was simulated in the laboratory by using a drum mixer. The concrete was first mixed in the pan mixer and then rotated for a further 30 min in the drum mixer. This influence of this subsequent mixing was investigated using concretes made with CEM II/B-S 42,5 R Portland-slag cement with a cement content of 340 kg/m³ and a water/cement ratio of 0.50 using both the “prefabricated component” and the “consistency retainer” types of PCE as well as the MNS. The concrete containing the MNS superplasticizer exhibited a water secretion of about 4 kg/m³ for production in the pan mixer without subsequent mixing in the drum mixer. The quantity of water secreted by the concrete containing MNS was reduced to about 1 kg/m³ by subsequent mixing in the drum mixer for 30 min. At the same time the flow-table spread fell from 560 mm to 490 mm. With the “prefabricated component” type of PCE the flow-table spread was comparable and the water secretion fell from about 2 kg/m³ to about 1 kg/m³. With the “consistency retainer” type of PCE the quantity of secreted water without subsequent mixing was about 14 kg/m³, but subsequent mixing resulted in virtually no water secretion.

The influence of compaction on water secretion was investigated in the laboratory trials with vibrating cylinders and on the vibrating table. The results of these investigations are shown in Table 3. Extension of the compaction time on the vibrating table led to a slight decrease in water secretion. Compaction with a vibrating cylinder reduced the water secretion when compared with compaction on the vibrating table for the same compaction time.

4.3.3 Influence of drying out of the concrete surface on water secretion

The influence of drying out of the concrete surface on water secretion was investigated in test buckets as specified in [9]. The temperature during the tests was about 20 °C. Table 4 shows that defective coverage of the test piece, i.e. with drying out of the concrete surface, reduced the quantity of secreted water by up to 30 %. No difference with and without covering was detected with concrete B26. The effect on the test result that occurs if the water that has been drawn off is not returned to the bucket after the measurement (which is required in [9]) was also examined. It was found, in agreement with [13], that the effect of this deviation from the procedure specified in [9] was slight.

Tafel 3: Wasserabsondern bei unterschiedlichen Verdichtungsarten und -zeiten im Eimerverfahren

Table 3: Water secretion in the bucket test using different types and times of compaction

Verdichtung Compaction		max. Blutwassermenge max. quantity of bleed water [kg/m ³]
Art type	Zeit*) time*) [s]	
Rütteltisch Vibrating table	2 + 2	3,2
	5 + 5	2,8
	10 + 10	2,7
Rüttelflasche Vibrating cylinder	2 + 2	1,9
Beton BM11-S4; MNS: 2,1 M.-% Concrete BM11-S4; MNS: 2.1 mass %		
*) Verdichtungszeit je Lage (Füllung des Prüfeimers in zwei Lagen) *) Compaction time per layer (test bucket is filled in two layers)		

Tafel 4: Wasserabsondern verschiedener Betone. Einfluss der Austrocknung und der Rückgabe des Wassers nach der Messung

Table 4: Water secretion from different concretes. Influence of drying and of returning the water after the measurements

Beton Concrete	z = 320 kg/m ³ ; w/z = 0,60 A16/B16; ohne Zusatzmittel, ohne Quarzmehl/ c = 320 kg/m ³ ; w/c = 0.60 A16/B16; no admixture or quartz meal	max. Wasserabsondern max. water secretion [kg/m ³]		
		Abdeckung des Prüfkörpers Test specimen covered		
		Ja yes	Nein no	Ja yes
		Rückgabe des abgesaugten Wassers Return of drawn off water		
		Ja yes	Nein no	
B4	CEM I 32,5 R	23	18	21
B20	CEM II/A-LL 32,5 R	9	7	10
B22	CEM II/B-S 42,5 N	10	7	10
B26	CEM II/B-S 32,5 R	13	13	14

Messung nicht wieder in den Eimer zurückgegeben wird, wie in [9] gefordert. In Übereinstimmung mit [13] war der Einfluss dieser Abweichung von der in [9] beschriebenen Vorgehensweise gering.

4.4 Vergleich verschiedener Prüfverfahren zur Bestimmung des Wasserabsondorns von Beton

4.4.1 Prüfverfahren nach dem Prinzip des aufstehenden abgesonderten Wassers

An ausgewählten Betonen wurde das Wasserabsondern vergleichend mit dem Eimerverfahren nach [9], dem PVC-Rohrverfahren nach [8] und in Anlehnung an DIN EN 480-4 „Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Bestimmung der Wasserabsonderung des Betons (Bluten)“ durchgeführt. In Tafel 5 sind die Prüfverfahren vergleichend zusammengestellt.

Nach [13, 18] wird das Ergebnis der Prüfung des Wasserabsondorns von Beton grundsätzlich durch die Abmessungen, die Geometrie und das Material des Prüfgefäßes sowie durch die Prüfzeiten beeinflusst. Um die Einflüsse auf die Ergebnisse zu minimieren, wurden bei den vergleichenden Prüfungen die gleichen Zeitpunkte der Prüfung gewählt. Für einen Beton mit 300 kg/m^3

4.4 Comparison of different test methods for determining the secretion of water from concrete

4.4.1 Test method based on the principle of secreted surface water

The water secretion from selected concretes was compared using the bucket method specified in [9], the PVC pipe method specified in [8] and by following the procedure in DIN EN 480-4 “Admixtures for concrete, mortar and grouting mortar – determination of water secretion from concrete (bleeding)”. The test methods are compared in Table 5.

According to [13, 18] the result of testing the water secretion from concrete is basically affected by the dimensions, the geometry and the material of the test container and by the testing times. The same testing times were chosen for the comparative tests in order to minimize the effect on the results. For a concrete made with 300 kg/m^3 of CEM I 32,5 R Portland cement, a water/cement ratio of $w/c = 0.60$ and a fines content of 335 kg/m^3 with the A16/B16 grading curve without any admixture the measured water secretion with the pipe method for a filling height of about 400 mm was about 20 kg/m^3 . In the bucket method with a filling height of about 200 mm it was about 13 kg/m^3 . The PVC pipe was compacted with a vibrating cylinder and the test bucket was compacted

Tafel 5: Vergleich unterschiedlicher Prüfverfahren zur Bestimmung des Wasserabsondorns

Table 5: Comparison of different test methods for determining water secretion

Prüfverfahren zur Bestimmung des Wasserabsondorns Test method for determining water secretion				
Durchführung Procedure		Eimerverfahren nach [9] Bucket test acc. to [9]	Rohrverfahren nach [8] Pipe test acc. to [8]	Bluten nach DIN EN 480-4 Bleeding acc. to DIN EN 480-4
Prüfbehälter Test container	Art Type	Bau-Eimer Hand bucket	Kunststoffrohr Plastic pipe	Zylindrischer fester Behälter Rigid cylindrical container
	Durchmesser Diameter	$250 \pm 30 \text{ mm}$	150 mm	$250 \pm 10 \text{ mm}$
	Höhe Height	mindestens 230 mm at least 230 mm	mindestens 450 mm at least 450 mm	$280 \pm 10 \text{ mm}$
Betonprobe Concrete sample	Einfüllvolumen Filling volume	10 l	nach Einfüllhöhe: According to filling height	
	Einfüllhöhe Filling height	um 10 l zu füllen: fill to 10 l	400 mm	250 mm
Füllung des Prüfbehälters Filling the test container		Zwei Schichten von jeweils einer Hälfte der Einfüllhöhe Two layers, each of half the filling height	Eine Schicht bis Einfüllhöhe One layer up to the filling height	Drei Schichten von jeweils einem Drittel der Einfüllhöhe Three layers, each of one third of the filling height
Verdichtung je Lage Compaction per layer		Aufstampfen/Rütteltisch Ramming/vibrating table	Innenrüttler Internal vibrator	Stampfer/Rütteln Rammer/vibration
Schutz vor Verdunstung Protection against evaporation		Ja Yes	Ja Yes	Ja Yes
Wasserentnahme Water removal	Schrägstellen des Behälters mittels Unterlegholz oder Unterkeil. The container is tilted with piece of wood or chock.			
	Absaugen des angesammelten Wassers mit einer Pipette oder ähnlichem Gerät. The collected water is drawn off with a pipette or similar instrument.			
	Das Gewicht oder das Volumen des Wassers werden bestimmt. The weight or volume of the water is measured.			
Rückgabe des abgezogenen Wassers Return of the water that has been drawn off		Ja Yes	Nein: Wasser wird in einem Messzylinder angesammelt No: the water is collected in a measuring cylinder	
Prüfzeiten Test times	Prüfbeginn Start of test	60 min	30 min	10 min
	Messintervall Measuring interval	60 min	30 min	10 min während der ersten 40 min und danach alle 30 min 10 min during the first 40 min and then every 30 min

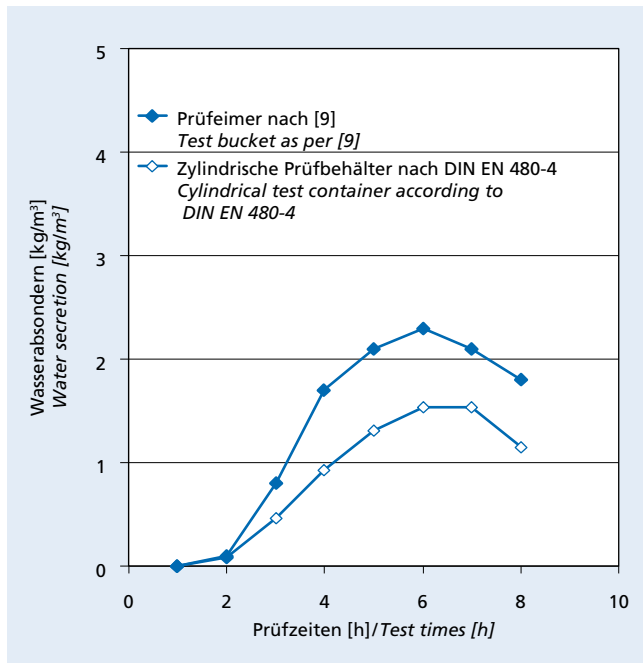


Bild 13: Wasserabsondern mit dem Eimerverfahren nach [9] und in Anlehnung an DIN EN 480-4, Lagerung bei 20 °C

Figure 13: Water secretion with the bucket test as specified in [9] and in accordance with DIN EN 480-4, storage at 20 °C

Portlandzement CEM I 32,5 R, einem Wassermenge von $w/z = 0,60$, einem Mehlkorngesamt von 335 kg/m^3 mit der Sieblinie A16/B16 ohne Zusatzmittel betrug das mit dem Rohrverfahren bei einer Einfüllhöhe von rd. 400 mm gemessene Wasserabsondern rd. 20 kg/m^3 . Im Prüfeimer bei einer Einfüllhöhe von rd. 200 mm waren es rd. 13 kg/m^3 . Das PVC-Rohr wurde mit einer Rüttelflasche und der Prüfeimer auf dem Rütteltisch verdichtet. Somit wurden mit dem für den Hochbau entwickelten Rohrverfahren niedrigere Werte als mit dem Eimerverfahren festgestellt. Die Prüfung begann 30 min nach dem Einfüllen des jeweiligen Behälters. Die Wasserentnahme erfolgte alle 30 min. Nach [12] ist das Wasserabsondern im Eimerverfahren etwa doppelt so groß wie im „PVC-Rohrverfahren“. Da der Einfluss der Wasserrückgabe nach dem jeweiligen Messintervall auf die Betonoberfläche auszuschließen ist (s. Abs. 4.3.1), können die Unterschiede auf die Geometrie der Prüfkörper und auf die Verdichtung (s. Abs. 4.3.2) zurückgeführt werden. Mit der doppelten Einfüllhöhe und einer rd. 70 % kleineren Oberfläche des Prüfgefäßes im Rohrverfahren können die Ergebnisse mit diesem Verfahren auf Betonböden, die als waagerechte Flächen mit Dicken von rd. 200 mm hergestellt werden, nicht ohne Weiteres übertragen werden.

Für die Baustelle sind die kurzen Prüfintervalle nach DIN EN 480-4 innerhalb der ersten 40 min nicht geeignet [12]. Abweichend von DIN EN 480-4 wurden Prüfbeginn und Prüfintervall mit dem Eimerverfahren nach [9] bei den Vergleichsuntersuchungen identisch gehalten. Die Probekörper wurden auf dem Rütteltisch verdichtet. Bild 13 zeigt, dass die abgesonderte Wassermenge mit dem Eimerverfahren nach [9] höher war als im Prüfbehälter nach DIN EN 480-4. Die Dauer des Wasserabsonderns war im Prüfbehälter nach DIN EN 480-4 um rd. eine Stunde länger als im Prüfeimer nach [9]. Untersuchungen bei einer Umgebungstemperatur von 30 °C zeigten ebenfalls geringfügige Unterschiede in den Ergebnissen der Prüfung des Wasserabsonderns mit dem Eimerverfahren und dem Prüfbehälter nach DIN EN 480-4. Zusammenfassend können die Unterschiede auf die Steifigkeit und Geometrie des Prüfbehälters zurückzuführen sein. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sollte in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen in [13, 20] vor Anwendung des Prüfverfahrens der zu verwendende Eimertyp festgelegt werden.

on the vibrating table. This means that lower values were obtained by the pipe method developed for building construction than with the bucket method. The testing started 30 min after the respective containers were filled. The water was removed every 30 min. According to [12] the water secretion in the bucket method is about twice as large as in the “PVC pipe method”. The effect of returning the water to the concrete surface after each test interval can be ruled out (see Section 4.3.1) so the differences can be attributed to the geometry of the test piece and to the compaction (see Section 4.3.2). With twice the filling height and a surface of the test container that is about 70 % smaller in the pipe method the results with this method cannot be applied directly to concrete floors that are produced as horizontal areas with thicknesses of about 200 mm.

The short test intervals specified in DIN EN 480-4 within the first 40 min are not suitable for building sites [12]. As a departure from DIN EN 480-4 the start of testing and the test intervals were kept identical with the bucket method specified in [9] for the comparative investigations. The test specimens were compacted on the vibrating table. Fig. 13 shows that the quantity of water secreted with the bucket method specified in [9] was greater than in the test container specified in DIN EN 480-4. The duration of the water secretion was about one hour longer in the test container specified in DIN EN 480-4 than in the test bucket specified in [9]. Investigations at an ambient temperature of 30 °C also showed minor differences in the results of testing the water secretion with the bucket method and with the test container specified in DIN EN 480-4. Basically, the differences can be attributed to the stiffness and geometry of the test containers. Against the background of these results, the type of bucket to be used should, in conformity with the findings in [13, 20], be specified before the test method is applied.

4.4.2 Test method based on the principle of expressed filter water

With the bucket method the results are normally available about 3 h to 6 h after the concrete has been placed. A method has been developed in Austria in which a pneumatic pressure of 3 bar is applied to the fresh concrete with a filter press (Fig. 14 and Section 3.3). The pressure is maintained and information about the mix stability of soft concretes is obtained after 15 min and 60 min on the basis of the quantity of filtrate water that has been expressed. According to [14], stability is understood to mean fairly small secretion of water and fines, even under pressure, a small amount of segregation during transport and placement and a fairly small amount of sedimentation of the coarse aggregate. Preliminary tests, in some cases with a reduction of the test pressure from 3 bar to 1 bar, were carried out as part of the investigations.

With a constant admixture addition level the quantity of filtrate water rose with increasing water/cement ratio. With a constant water content the quantity of filtrate water fell with increasing water demand of the aggregate grading curve. Overall, there was good correlation between the results from the filter press and those



Bild 14: Filterpresse

Figure 14: Filter press

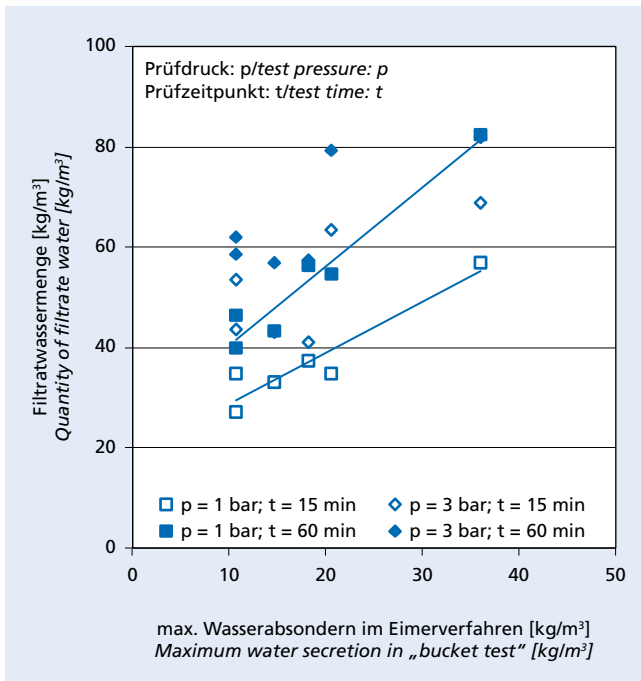


Bild 15: Filtratwassermenge für zwei Prüfdrücke in Abhängigkeit des max. Wasserabsonderns im Eimerverfahren nach [9]. Betone ohne Zusatzmittel

Figure 15: Quantity of filtrate water for two test pressures in relation to the maximum water secretion in the bucket test as specified in [9]. Concretes without admixtures

4.4.2 Prüfverfahren nach dem Prinzip des ausgepressten Filterwassers

Mit dem Eimerverfahren liegen Prüfergebnisse i.d.R. rd. 3 h bis 6 h nach dem Betoneinbau vor. In Österreich wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem mit einer Filterpresse (Bild 14 und Abs. 3.3) ein pneumatischer Druck von 3 bar auf den Frischbeton aufgebracht wird. Der Druck wird aufrechterhalten und nach 15 min und 60 min werden anhand der ausgepressten Filtratwassermenge Aussagen zur Mischungsstabilität weicher Betone getroffen. Unter Stabilität wird nach [14] eine geringere Absonderung vom Wasser und Feinteilen auch unter Druck, eine geringe Entmischung beim Transport und Einbau sowie eine geringere Sedimentation der groben Gesteinskörnung verstanden. Im Rahmen der Untersuchungen wurden orientierende Versuche z.T. mit Reduzierung des Prüfdrucks von 3 bar auf 1 bar durchgeführt.

Die Filtratwassermenge stieg bei konstanter Zusatzmitteldosierung mit steigendem Wasserzementwert an. Mit steigendem Wasseranspruch der Sieblinie der Gesteinskörnung nahm die Filtratwassermenge bei konstantem Wassergehalt ab. Insgesamt ergab sich eine gute Korrelation zwischen den Ergebnissen der Filterpresse und denen des Eimerverfahrens nach [9] bei Beton mit $w/z = 0,60$ ohne Zusatzmittel bei einem Prüfdruck von 1 bar für die Prüfzeiten von 15 min und 60 min (Bild 15). Die mit dem Eimerverfahren ermittelten betontechnologischen Einflüsse auf das Wasserabsondern von Betonen ohne Zusatzmittel standen in guter Übereinstimmung mit den mit der Filterpresse ermittelten Prüfergebnissen. Bei Betonen, die mit verflüssigenden Betonzusatzmitteln hergestellt wurden und die ein grundsätzlich geringeres Wasserabsondern aufwiesen, nahm die Korrelation der Ergebnisse beider Verfahren ab (Bild 16).

Das Filterpressenverfahren bietet gegenüber dem Eimerverfahren den Vorteil, dass innerhalb eines kürzeren Zeitraums Ergebnisse erzielt werden können. Die Ergebnisse sind in ihrer Aussage grundsätzlich mit den Ergebnissen des Eimerverfahrens vergleichbar.

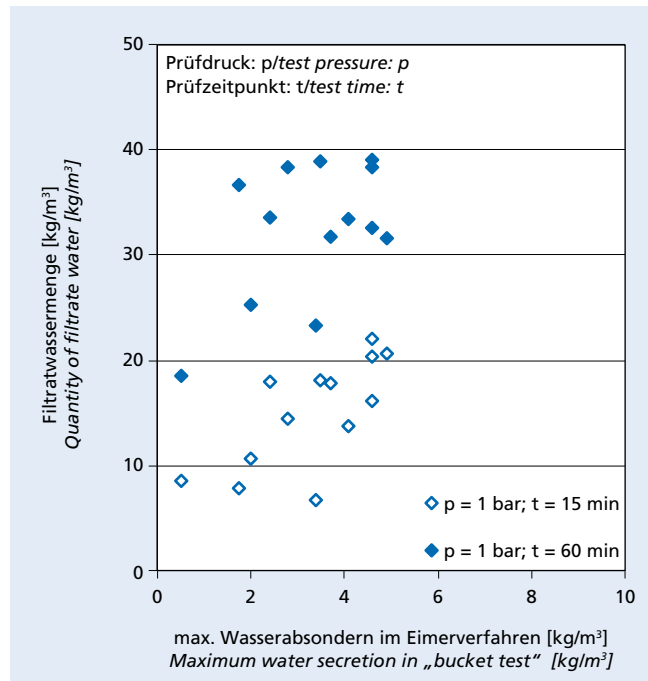


Bild 16: Filtratwassermenge in Abhängigkeit vom max. Wasserabsondern im Eimerverfahren nach [9]. Betone mit verschiedenen verflüssigenden Betonzusatzmitteln

Figure 16: Quantity of filtrate water in relation to the maximum water secretion in the bucket test as specified in [9]. Concretes with plasticizing admixtures

from the bucket method specified in [9] for concrete with $w/c = 0.60$ with no admixture at a test pressure of 1 bar for the test times of 15 min and 60 min (Fig. 15). The concrete technology factors affecting water secretion from concretes without admixtures determined by the bucket method agreed well with the test results determined with the filter press. The correlation of the results between the two methods decreased for concretes that had been produced with plasticizing concrete admixtures and that exhibited a fundamentally lower water secretion (Fig. 16).

The filter press method has the advantage over the bucket method that results can be obtained more quickly. The informative value of the results is basically comparable with that of the results from the bucket test.

4.5 Advice on classification and evaluation of the results of investigations into water secretion from concrete

Regardless of the test method used, the water secretion was found to be directly dependent on the water content and on the type and addition level of the plasticizing concrete admixture used as well as on the grading curve. The tendency of concrete to secrete water could be reduced by raising the fines content. The following measures contribute to reducing the water secretion from concrete under laboratory conditions:

- reducing the water content or lowering the water/cement ratio
- increasing the paste content by raising the cement content at constant water content
- raising the fines content in concrete, if necessary with changes to the 0/2 particle size group
- ensuring workability at a given paste content by using concrete admixtures to reduce the water content, bearing in mind the interaction between cement and admixture
- using CEM II Portland-composite cement and CEM III/A blastfurnace cement instead of CEM I Portland cement

4.5 Hinweise zur Einordnung und Bewertung von Untersuchungsergebnissen zum Wasserabsondern von Beton

Unabhängig vom verwendeten Prüfverfahren zeigte sich eine unmittelbare Abhängigkeit des Wasserabsonderns vom Wassergehalt, dem verwendeten verflüssigenden Betonzusatzmittel und seiner Dosierung sowie von der Sieblinie. Dabei konnte durch eine Erhöhung des Mehlkorngehalts die Neigung des Betons zum Wasserabsondern verringert werden. Folgende Maßnahmen tragen dazu bei, das Wasserabsondern von Beton unter Laborprüfbedingungen zu verringern:

- Reduzierung des Wassergehalts bzw. Herabsetzung des Wasserzementwerts
- Zunahme des Leimgehalts durch Erhöhung des Zementgehalts bei konstantem Wassergehalt
- Erhöhung des Mehlkorngehalts und ggf. Änderungen der Korngruppe 0/2
- bei vorgegebenem Leimgehalt Verarbeitbarkeit sicherstellen durch Verwendung von Betonzusatzmitteln zur Reduzierung des Wassergehalts unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Zement und Zusatzmittel
- Verwendung von Portlandkompositzement CEM II und Hochofenzement CEM III/A-Zementen anstelle von Portlandzement CEM I

Eine Übertragung der im Labor gewonnenen Ergebnisse auf die Bauwerksverhältnisse ist bedingt möglich. Die Ergebnisse an Probekörpern mit einer Höhe bzw. Bauteildicke von rd. 20 cm (Abschnitt 4.3.1) zeigten, dass in der Praxis mit einer Abnahme des Wasserabsonderns im Vergleich zu den Ergebnissen im Eimerverfahren zu rechnen ist. Dies ist u.a. auf die Anwendung von Rüttelflaschen im Vergleich zum Rütteltisch zurückzuführen. Der nachträgliche Mischvorgang während des Transports des Betons zur Baustelle trägt ebenfalls zu einer Abnahme der abgesonderten Wassermenge bei. Falls eine Betonoberfläche in der Praxis austrocknen kann, führt dies zu niedrigeren Blutwassermengen als ohne Austrocknung. Allerdings kann die Verdunstung je nach Umweltbedingungen eine zu rasche Austrocknung der Randzone mit negativen Folgen für die Dauerhaftigkeit bedeuten. Die abgesonderte Wassermenge nimmt mit abnehmenden Umgebungstemperaturen zu.

Untersuchungen mit der Filterpresse an Betonen mit weichen Konsistenzen ergaben eine zeitabhängige Zunahme der Filtratwassermenge. Reproduzierbare Filtratwassermengen wurden 15 min und 60 min nach Mischende ermittelt. Insbesondere für Beton mit einem Wasserzementwert $w/z = 0,60$ und ohne verflüssigende Betonzusatzmittel zeigte sich ein guter Zusammenhang zwischen der Filtratwassermenge und dem im Eimerverfahren bestimmten max. Wasserabsondern des Frischbetons. Die abgesonderte Wassermenge allein reicht jedoch zur Beurteilung der Stabilität des Betons im Hinblick auf Entmischung und Sedimentation nicht aus. Hierzu sind weitere Laboruntersuchungen notwendig [10, 19].

5 Zusammenfassung

In diesem Forschungsvorhaben wurden systematisch 61 Betonzusammensetzungen ohne und mit verflüssigenden Betonzusatzmittel im Labor untersucht, um die Optimierungspotenziale von Beton für Industrieböden im Hinblick auf das Wasserabsondern herauszuarbeiten. Im Wesentlichen wurden die Einflüsse der Betonzusammensetzung auf das Wasserabsondern untersucht. Das Wasserabsondern wurde mit dem Eimerverfahren ermittelt. In der Regel zeigten Betone mit CEM II- und CEM III/A-Zementen bei gleicher Betonzusammensetzung ein geringeres Wasserabsondern als Betone mit CEM I-Zement. Das Wasserabsondern war stark abhängig vom Wassergehalt, von der Sieblinie sowie von der Zusatzmittelart und -dosierung.

Eine Übertragung der im Labor gewonnenen Ergebnisse auf die Bauwerksverhältnisse ist bedingt möglich. Mit den vorliegenden Ergebnissen lassen sich betontechnologische Einflüsse auf das Wasserabsondern unter Berücksichtigung baupraktischer Gesichtspunkte abschätzen. Derzeit werden noch Erfahrungen mit

The results obtained in the laboratory can be applied to building site conditions with some reservations. The results obtained with test specimens with a height or component thickness of about 20 cm (Section 4.3.1) showed that a decrease in water secretion can be expected under practical conditions when compared with the results from the bucket method. This is attributable to, among other things, the use of vibrating cylinders as compared with the vibrating table. The subsequent mixing process during transport of the concrete to the building site also contributes to a decrease in the quantity of water secreted. If a concrete surface can dry out under practical conditions this leads to smaller quantities of bleed water than without any drying out. However, depending on the ambient conditions, the evaporation can cause excessively rapid drying of the edge zones with negative consequences for the durability. The quantity of secreted water increases with decreasing ambient temperature.

Investigations with the filter press on concretes with soft consistencies showed a time-dependent increase in the quantity of filtrate water. Reproducible quantities of filtrate water were measured 15 min and 60 min after the end of mixing. There was good correlation between the quantity of filtrate water and the maximum water secretion from fresh concrete determined by the bucket method, especially for concrete with a water/cement ratio $w/c = 0.60$ without plasticizing admixture. However, the quantity of secreted water is not by itself sufficient for assessing the stability of the concrete with respect to segregation and sedimentation. This will require further laboratory investigations [10, 19].

5 Summary

Sixty one concrete compositions with and without admixtures were investigated in the laboratory in this research project in order to work out the optimization potential of concrete for industrial floors with respect to water secretion. The investigation focused mainly on the influence of the concrete composition on water secretion. The "bucket test" was used to measure the water secretion. As a rule, concretes of the same composition made with CEM II and CEM III/A cements exhibited less tendency to bleeding than concretes made with CEM I cement. The water secretion was heavily dependent on the water content, the grading curve as well as the type and addition level of the additives.

The results obtained in the laboratory can be applied to a limited extent to building conditions.

The results that were obtained make it possible to assess the concrete technology factors affecting the water secretion while taking the practical construction aspects into account. Experience with the respective test methods is still being gathered so, as a rule, it is not yet possible to use fixed limits, but reference values should be used instead.

den jeweiligen Prüfverfahren gesammelt, sodass man i.d.R. noch nicht von festen Grenzwerten, sondern von Anhaltswerten sprechen sollte.

Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 16328 N der Forschungsvereinigung Verein Deutscher Zementwerke e.V. bzw. VDZ gGmbH wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.

Funding note

IGF project 16328 N of the Research Association of the VDZ (German Cement Works Association) and of VDZ gGmbH was funded through the AiF (Federation of Industrial Cooperative Research Associations) as part of the programme by the Federal Ministry for Economics and Energy based on a decision by the German Federal Parliament to promote joint industrial research and development (IGF).

Literatur / Literature

- [1] Breitenbücher, R.: Potentielle Ursachen von Mängeln in Industrieböden aus Beton und deren Bewertung. Industrieböden aus Beton. 4. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung. Universität Karlsruhe, März 2007, Universitätsverlag, Karlsruhe 2007, S. 73–81
- [2] Hartkorneinstreuung für Industrieböden. Industrieböden 1999. Internationales Kolloquium 12.–16. Januar 1999. Herausgeber P. Seidler, Esslingen 1999
- [3] Ebeling, K.: Betonböden für Produktions- und Lagerhallen. Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 2006
- [4] Kosmatka, S.: Bleed water. In: Significance of tests and properties of concrete and concrete-making materials, Chapter 12, ASTM special technical publication 169D, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia 2006
- [5] Krell, J.: Oberfläche und Nachbehandlung von Betonböden. Industrieböden aus Beton. 4. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung. Universität Karlsruhe (TH), 15. März 2007, Universitätsverlag, Karlsruhe 2007, S. 63–72
- [6] Krell, J.: Blüten von Beton. beton 63 (2013) H. 1+2, S. 8–12
- [7] Schmidt, M.: Optimierung der Betonzusammensetzung zur Erzielung dauerhafter Oberflächeneigenschaften. Vortrag auf der Betonstraßentagung, Köln 2005
- [8] Schießl, P.; Weber, J. W.; Schwamborn, B.; Leißner, J.: Blüten von Frischbeton. In: Schriftenreihe des Bundesverbands der Deutschen Transportindustrie. Beton-Verlag, Düsseldorf 1998
- [9] Besondere Verfahren zur Prüfung von Frischbeton. Merkblatt Deutscher Beton- und Bautechnik Verein E.V. (DBV), Berlin 2007
- [10] Wöhl, U.: Betontechnologische Aspekte bei der Ausführung von Bodenplatten. Industrieböden aus Beton. 4. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung. Universität Karlsruhe (TH), 15. März 2007, Universitätsverlag, Karlsruhe 2007, S. 57–61
- [11] VDZ gGmbH (Hrsg.): Zielsichere Herstellung von Industrieböden für Frei- und Hallenflächen. AiF-Forschungsvorhaben Nr. 16328N (Schlussbericht), Düsseldorf 2012
- [12] Wagner, J.-P.; Reichertz, A. et al.: Blüten von Frischbeton. Versuchsergebnisse mit dem Eimerverfahren des DBV-Merkblatts. beton 57 (2007) H. 12, S. 558–565
- [13] Heese, C.; Breit, W.: Ermittlung der Blutneigung im Eimerverfahren. Verfahrensbedingte Einflussparameter. beton 62 (2012) H. 4, S. 110–115
- [14] Merkblatt Weiche Betone. Betone mit Konsistenz \geq F59. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien 2009
- [15] Wierig, H. G.; Schöner, W.; Suhr, S.; Scholz, E.: Untersuchungen über das Bluten von Zementleimen. Mitteilungen des Instituts für Baustoffkunde und Materialprüfung, Heft 64, Universität Hannover 1992
- [16] Rickert, J.; Strehlein, D.: Vermeidung von Farbunterschieden in Sichtbetonflächen. Mischungsstabilität und Transportphänomene. AiF-Forschungsvorhaben 14079 N1/I. Schlussbericht. Forschungsinstitut der Zementindustrie, FIZ, Düsseldorf 2006
- [17] Hoshino, M.: Relationship between bleeding, coarse aggregate, and specimen height of concrete. ACI Materials Journal, March–April 1989, S. 185–190
- [18] Kiltz, D.; Siebert, B.: Erfahrungen mit dem Eimerverfahren zur Bestimmung der Blutneigung von Beton. beton 63 (2013) H. 1+2, S. 14–17
- [19] Nischer, P.; Macht, J.: Weiche Betone mit verschiedenem Mehlkorn. Maßnahmen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Betonwerk und Fertigteil-Technik 72 (2006) H. 8, S. 42–53
- [20] Alonso, M. T.; Schäffel, P.: Zielsichere Herstellung von Industriebetonböden. In Vorbereitung zur Veröffentlichung in der Fachzeitschrift beton

