

Slipform pavers Influence of Additives and Admixtures on the Thixotropic Properties of Pastes

Gleitschalungsfertiger Einfluss von Zusatzstoffen und -mitteln auf die thixotropen Eigenschaften von Bindemittelleimen

Autoren



Prof. Dr.-Ing. Rolf Breitenbücher
Studierte Bauingenieurwesen an der TU München. Nach kurzer Zeit in einem Technischen Büro war er von 1983 bis 1992 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baustoffkunde der TU München tätig, wo er 1989 promovierte. Zwischen 1992 und 2002 leitete er das Zentrale Baustofflabor der Philipp Holzmann AG und war gleichzeitig Geschäftsführer der Philipp Holzmann Bautechnik GmbH. Seit 2003 ist er Inhaber des Lehrstuhls für Baustofftechnik an der Ruhr-Universität Bochum.

• A conventional SCC with very flowable consistency is not suitable for use in the slipform paving process, which is why a concrete with pronounced thixotropic characteristics must be used for this purpose. The research reported on in this article evaluated cement pastes that were to be used for the production of thixotropic self-compacting concretes. The relevant characteristics of the pastes include a high flowability and a markedly thixotropic behavior or a high dimensional stability of the free-standing element within a very short period after casting.

To date, low- or no-slump concretes have been used for placement in the slipform paving process to create concrete road pavements. It is thus imperative to compact the concrete using internal vibrators that are firmly attached to the slipform paver. This process will often lead to an elevated fine mortar proportion in the vibrator paths, which may modify the properties of the concrete compared to the areas outside these paths.

These weaker zones result from the system used, and cracks may occur in these areas in the course of the use of the pavement. The vibrator paths are not necessarily the cause of the cracks but determine their locations [1]. The use of self-compacting concrete may facilitate the placement of concrete for slip-form paving whilst improving its commercial viability and eliminating the vibrator paths that had been identified as potentially weak areas above. For this purpose, however, the concrete must have a high green strength in addition to its highly flowable and self-ventilating properties already after a few minutes, i.e. after discharge from the slipform paver, in order for the pavement slab to retain its shape in fresh condition. Thus, a highly thixotropic fresh concrete needs to be developed.

In the initial phase of a research project designed to develop such self-compacting concretes with high green strengths, cement pastes were used to identify the key parameters with an influence on the flow behavior and thixotropy of concrete. For this purpose, varied material mixes were used in terms of concrete admixtures (e.g. thixotroping agent, plasticizer and sheet silicates) and additives (e.g. quartz powder and metakaolin).

Materials

The materials listed in **Table 1** were included in the evaluation of the rheology of cement pastes. In all mixes, a CEM III A 42.5 N blast-furnace cement was used (blast-furnace slag at 50 wt.-% with normal initial strength) [2] [6].

• Da ein herkömmlicher SVB in sehr fließfähiger Konsistenz mit Gleitschalungsfertigern nicht eingesetzt werden kann, ist für diesen Zweck ein Beton mit ausgeprägten thixotropen Eigenschaften notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Bindemittelleime untersucht, mit denen selbstverdichtende Betone mit thixotropen Eigenschaften hergestellt werden sollen. Die hierfür relevanten Eigenschaften der Leime sind eine hohe Fließfähigkeit in Verbindung mit einem ausgeprägten thixotropen Verhalten bzw. hoher Formstabilität des freistehenden Körpers innerhalb kürzester Zeit nach dem Einbau.

Bei der Herstellung von Fahrbahndecken aus Beton werden bislang Betone von steifer bis sehr steifer Konsistenz mit Gleitschalungsfertigern eingebaut. Dementsprechend ist es unumgänglich, den Beton mit am Fertiger fest angeordneten Innenrüttlern zu verdichten. Dies führt oftmals zu einem erhöhten Feinmörtelanteil in den Rüttelgassen, wodurch sich die Betoneigenschaften in diesen Bereichen u. U. gegenüber denen der außerhalb liegenden Flächen verändern.

In solchen systembedingten Schwachstellen können sich im Laufe der Nutzung Risse bilden, wobei die Rüttelgassen nicht zwangsläufig als Rissursache, sondern lediglich als lokalisierend zu bezeichnen sind [1]. Mit selbstverdichtendem Beton könnte beim Bau von Fahrbahndecken der Einbau erleichtert, wirtschaftlich verbessert und die oben als potenzielle Schwachstellen dargelegten Rüttelgassen eliminiert werden. Allerdings muss dann der Beton neben seiner hohen Fließfähigkeit und Selbstentlüftung gleichzeitig nach Verlassen des Gleitschalungsfertigers, d. h. nach wenigen Minuten, eine hohe Grünstandfestigkeit aufweisen, damit die Fahrbahnplatte auch im frischen Zustand ihre Form beibehält. Dazu ist ein Frischbeton mit ausgeprägt thixotropen Eigenschaften zu entwickeln.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes, dass die Entwicklung solcher selbstverdichtender Betone mit hoher Grünstandfestigkeit zum Ziel hat, wurden zunächst an Bindemittelleimen die wesentlichen Einflussparameter auf die Fließfähigkeit und das thixotrope Verhalten von Beton untersucht. Dazu wurden hinsichtlich der Ausgangsstoffe zwischen verschiedenen Betonzusatzmitteln (z. B. Thixotropiermittel, Fließmittel und Schichtsilikate) sowie Betonzusatzstoffen (z. B. Quarzmehl und Metakaolin) variiert.

Ausgangsstoffe

In die rheologischen Untersuchungen an Bindemittelleimen wurden die in **Tabelle 1** aufgelisteten Ausgangsstoffe einbezogen. Durchweg wurde ein Hochofenzement

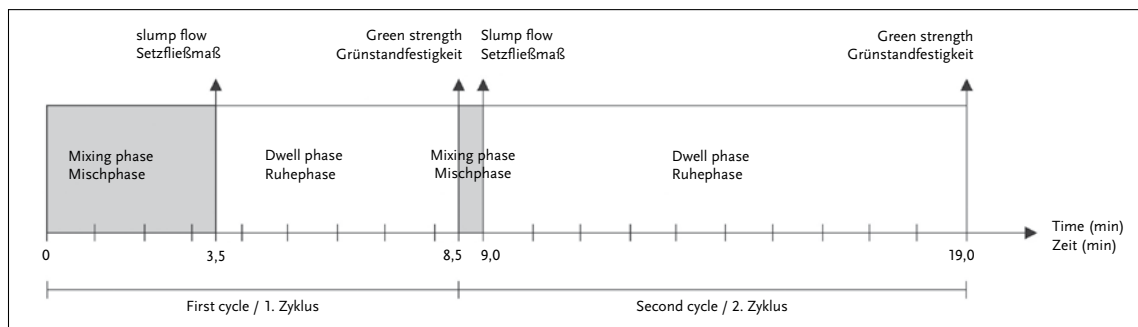


Fig. 1 Sequence of measuring and testing over time.

Abb. 1 Zeitlicher Ablauf des Mess- und Prüfregimes.

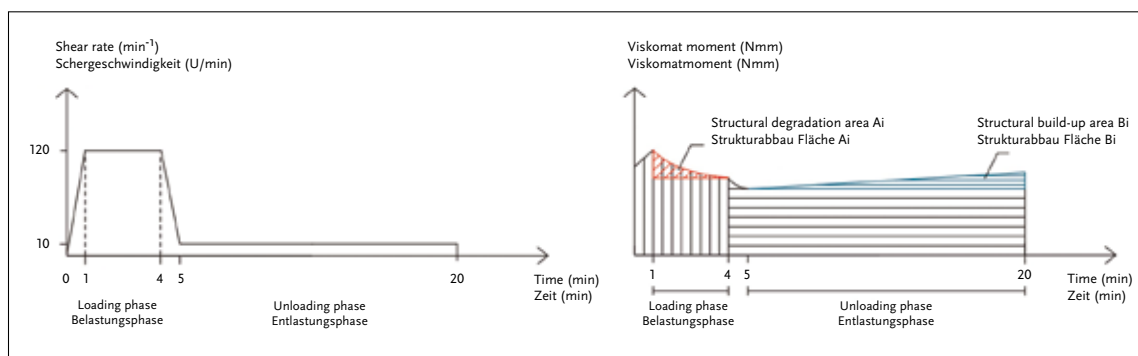


Fig. 2 Measuring profile applied in the rheometer for the assessment of thixotropy ($T_i = B_i/A_i$).

Abb. 2 Im Rheometer angewandtes Messprofil zur Beurteilung der Thixotropie ($T_i = B_i/A_i$).

The investigated paste compositions are listed in **Tables 2 and 3** [3][4].

The amount of mixing water was determined for the individual binders on the basis of the water demand (standard stiffness) in accordance with DIN EN 196-3. The amount of water and plasticizer added to a paste over and above the water demand has a significant influence on the rheological parameters (relative yield limit and relative viscosity) [5][6][7][8].

In the tests, the cement pastes were produced with a water quantity that corresponded to 0.7 and 1.6 times the water demand of the binder (1.6 times for mixes in group L1 and 0.7 times for mixes in group L2), and with a certain amount of plasticizer.

Experimental documentation of rheological characteristics

The rheological properties with a key influence on the intended outcome were captured in more detail in several tests. As usual, the shear strength and viscosity of the cement pastes were determined in a rotational viscosimeter [8][9][10].

CEM III A 42,5 N (Hüttensand 50 M.-% mit normaler Anfangsfestigkeit) eingesetzt. [2] [6]

Die untersuchten Leimzusammensetzungen sind den **Tabellen 2 und 3** zu entnehmen. [3][4]

Die Zugabewassermenge des jeweiligen Bindemittels wurde auf Basis des Wasseranspruchs (Normsteife) nach DIN EN 196-3 festgelegt. Die Wassermenge und der Fließmittelgehalt, welcher über den Wasseranspruch (WA) hinausgehend einem Leim zugegeben wird, beeinflusst die rheologischen Parameter (rel. Fließgrenze und rel. Viskosität) maßgeblich. [5][6][7][8]

In den Untersuchungen wurden die Bindemittelleime mit einer Wassermenge entsprechend dem 0,7 und 1,6 fachen Wasseranspruch des Bindemittels (1,6 WA für die Mischungen der Gruppe L1 und 0,7 WA für die Mischungen der Gruppe L2) und einem gewissen Fließmittelanteil hergestellt.

Experimentelle Erfassung der rheologischen Eigenschaften

Die für das angestrebte Ziel maßgebenden rheologischen

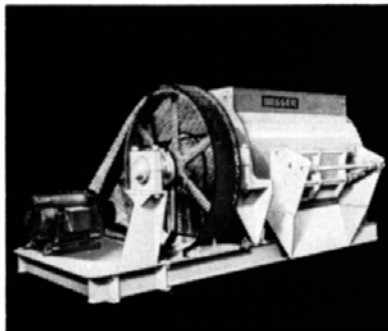


Ing. Diego Sarmiento
Jahrgang 1981,
2000 bis Mitte 2007 Studium des Bauingenieurwesens an der Universidad Tecnológica Nacional - Regional Cordoba, Argentinien. Zwischen Januar 2006 und Juli 2008 Bauleiter in der Industrie. Seit September 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baustofftechnik der Ruhr-Universität - Bochum, Promotions-thema: Selbstverdichtender Beton mit hoher Grünstandfestigkeit für den Einsatz in Gleitschalungsfertigern im Betonstraßenbau.
Diego.Sarmiento@rub.de

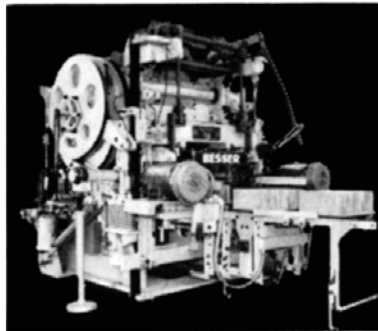
Table 1: Materials used for the cement paste tests		
	Materials	Description/basis
Binder	Cement	CEM III/A 42.5 N
Admixtures	Air-entraining agent (AEA)	Modified wood resin
	Plasticizer (P)	Polycarboxylate ether
	Thixotroping agent (T1)	Powder, basis: tetrasaccharides
	Thixotroping agent (T2)	Liquid, basis: modified polymers
	Sheet silicates (SK1)	Mineral mix containing kaolinite, illite and quartz
	Sheet silicates (SK2)	Clay (montmorillonite)
	Sheet silicates (SK3)	Alkaline-activated bentonite (montmorillonite)
	Sheet silicates (SK4)	Natural Ca bentonite (montmorillonite)
	Starch (ST)	Modified starch
Additives	Quartz powder (type I)	Silicic acid
	Metakaolin (type II)	Aluminosilicate

Tabelle 1 in die Leimuntersuchungen einbezogene Ausgangsstoffe		
	Ausgangsstoffe	Beschreibung / Basis
Bindemittel	Zement	CEM III/A 42,5 N
Zusatzmittel	Luftporenbildner (LP)	Modifiziertes Wurzelharz
	Fließmittel (FM)	Polycarboxylatether
	Thixotropiermittel (T1)	pulverförmig, Basis: Tetrasaccharide
	Thixotropiermittel (T2)	flüssig, Basis: Modifizierte Polymere
	Schichtsilikate (SK1)	Mineralgemisch aus Kaolinit, Illit und Quarz
	Schichtsilikate (SK2)	Ton (Montmorillonit)
	Schichtsilikate (SK3)	Alkalisch aktivierter Bentonit (Montmorillonit)
	Schichtsilikate (SK4)	Natürlicher Ca-Bentonit (Montmorillonit)
	Stärke (Zs)	Modifizierte Stärke
	Zusatzstoffe	Quarzmehl (Typ I)
Metakaolin (Typ II)		Alumosilikat

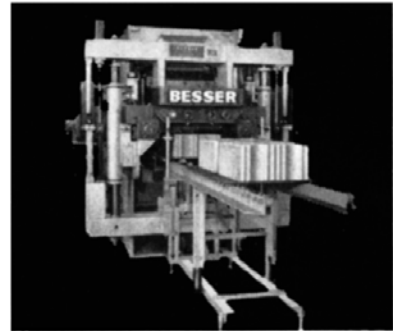
Besser bedeutet Erfolg in Betonblöcken.



Besser Mischer. Wirtschaftlich, verlässlich. 2, 4-2, 8 m³ Grössen.



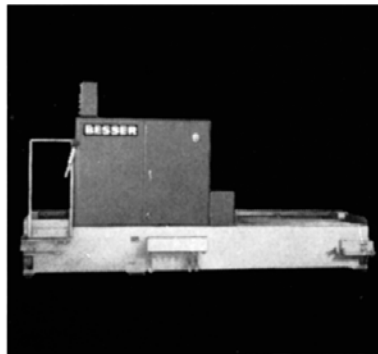
V3-12 Vibrapac. Erzeugt 3 Blöcke gleichzeitig, bis zu 1620 Stück pro Stunde. (Ziegel bis zu 13,000 Stück pro Stunde.)



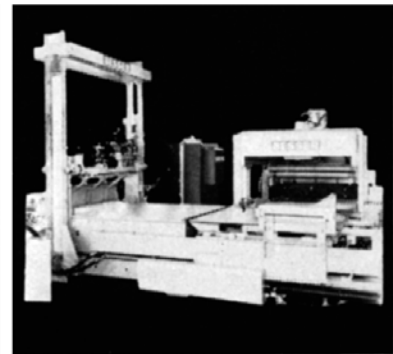
V2-H Vibrapac. Qualität und Wirtschaftlichkeit. Erzeugt 2 Blöcke gleichzeitig. (Ziegel ebenfalls.)



Besser-Matic Lader/Entlader. Arbeitet mit den meisten Blockmaschinen.



Besser Förderwägen. Transportieren Blöcke automatisch in der Fabrik.

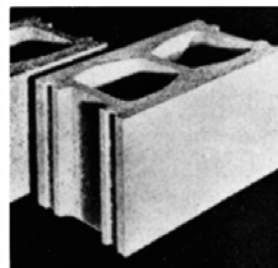


Besser Würfelmachines. Voll- oder halbautomatisch, für jeden Bedarf.

In erfolgreichen Blockfabriken in aller Welt werden Sie Besser Blockherstellungs- und Förderanlagen finden. Führende Blockhersteller in aller Welt verlassen sich auf Besser für fortlaufenden Betrieb ohne kostspieligen Unterbrechungen und Betriebsausfall . . . für grosse Produktion mit geringem Ausschuss . . . für jahrein, jahraus niedrige Besitz- und Betriebskosten.

Wenn Sie dies so wünschen, können Sie mit Besser Ihren ganzen Betrieb auf einmal automatisieren. Oder Sie können es auch etappenweise machen. Wie immer Sie es vorziehen mögen, Besser hilft Ihnen gerne bei der Planung Ihrer Geräteauswahl und bei der Auslage Ihres Betriebes für wirksamen Fluss von Material und Produkten. Fordern Sie bitte Details an. Besser

A.G., Bahnhofplatz 3, 6003 Luzern, Schweiz, oder Besser Overseas Corporation, Alpena, Michigan 49707, U.S.A.



Dauerhafter, wirtschaftlicher, feuersicherer Betonblock ist in modernen Gebäuden aller Art in verbreiteter Verwendung.



BESSER ist wirklich besser

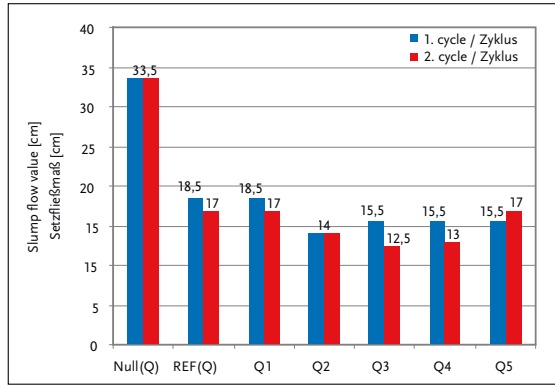


Fig. 3 Slump flow values for cement pastes with quartz powder.
Abb. 3 Setzfließmaße der Bindermittelleime mit Quarzmehl.

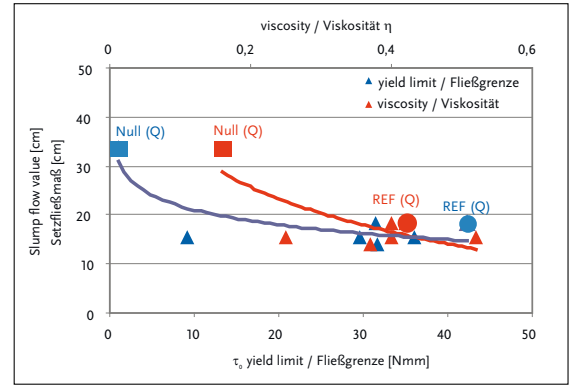


Fig. 4 Correlation between first cycle slump flow and yield limit/viscosity for cement pastes with quartz powder.

Abb. 4 Zusammenhang zwischen dem Setzfließmaß 1. Zyklus und der Fließgrenze/Viskosität für die Bindermittelleime mit Quarzmehl.

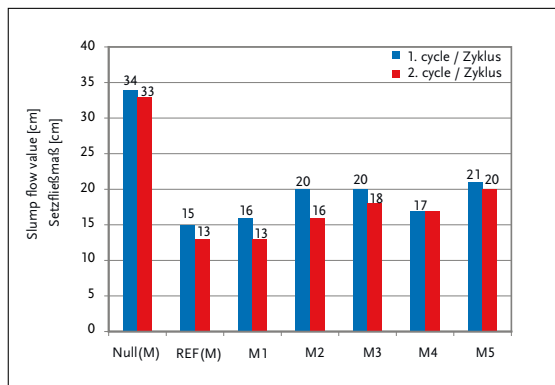


Fig. 5 Slump flow values for cement pastes with metakaolin.
Abb. 5 Setzfließmaße der Bindermittelleime mit Metakaolin.

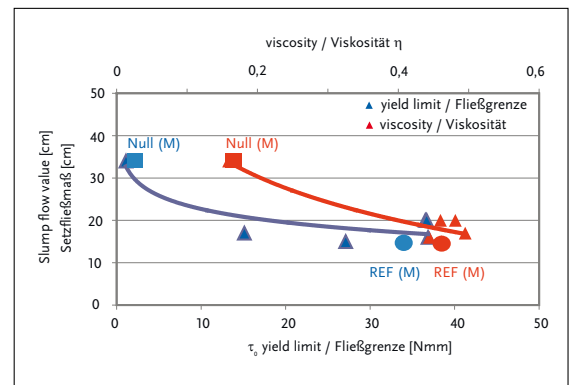


Fig. 6 Correlation between first cycle slump flow and yield limit/viscosity for cement pastes with metakaolin.

Abb. 6 Zusammenhang zwischen dem Setzfließmaß 1. Zyklus und der Fließgrenze/Viskosität für die Bindermittelleime mit Metakaolin.

The pastes were to meet two requirements with regard to consistency, water/cement ratio and plasticizer content, as well as a corresponding green strength: first, the reference mix slump flow value (REF) were to be equal to or greater than 20 cm; second, the tested pastes should have a 5- and 10-minute green strength corresponding to a dimensional stability coefficient $K \geq 0.90$.

The rheological behavior of cement pastes is strongly

Eigenschaften der Bindermittelleime wurden durch verschiedene Untersuchungen näher erfasst. Die Scherfestigkeit und die Viskosität der Leime wurden – wie üblich – in einem Rotationsviskosimeter ermittelt [8][9][10].

Bezüglich der Konsistenz und damit des Wasserzementwertes und des Fließmittelgehaltes sowie einer entsprechenden Grünstandfestigkeit wurden an die Leime zwei Anforderungen gestellt: zum einen sollen die

Table 2: Tested cement pastes with thixotropic agent T1 (powder; basis: tetrasaccharides) / Tabelle 2: Untersuchte Bindermittelleime mit Thixotropiermittel T1 (pulverförmig, Basis Tetrasaccharide)															
Group L1 / Gruppe L1															
Materials / Ausgangsstoffe	Baseline / Null (Q)	REF (Q)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Baseline / Null (M)	REF (M)	M1	M2	M3	M4	M5	
Quartz powder / Quarzmehl				3.0											
Metakaolin				-											
Admixtures / Zusatzmittel	P / FM	0.3				4.3			0.3				4.3		
	AEA / LP				0.1										
	Thixo T1	-				0,25			-				0,25		
	Shear silicates / Schichtsilikate	SK1	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25				
		SK2	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25			
SK3		-	-	-	-	0,25	-	-	-	-		0,25			
SK4		-	-	-	-	-	0,25	-	-	-			0,25		
ST	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-					0,25	
Water content / Wassergehalt				44.1% (1.6 WD/WA)								44.1% (1.6 WD/WA)			

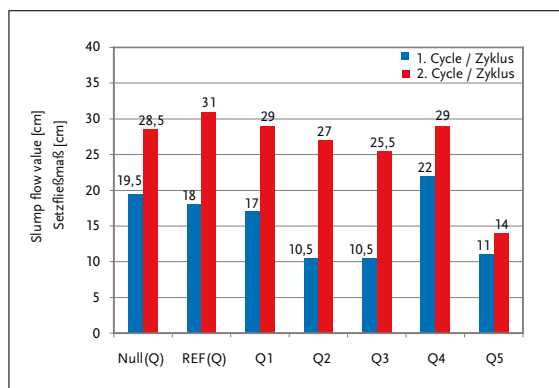


Fig. 7 Slump flow values for cement pastes with quartz powder.
Abb. 7 Setzfließmaße der Bindemittelleime mit Quarzmehl.

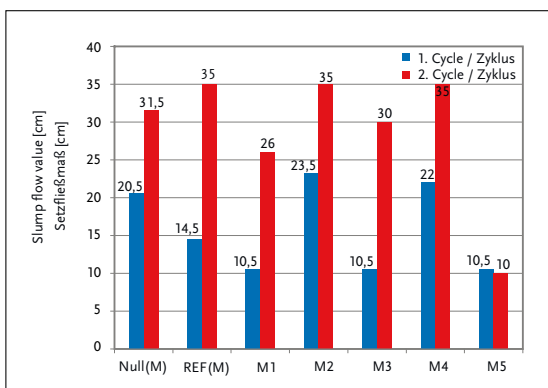


Fig. 8 Slump flow values for cement pastes with metakaolin.
Abb. 8 Setzfließmaße der Bindemittelleime mit Metakaolin.

influenced by changes in the mixing time and at the design and dimensioning stage. Thus, repeatable results can be achieved only if the mixing and testing process remains identical at all times. With regard to the intended uses of these pastes or concretes, the testing sequence shown in Fig. 1 was adhered to for all rheological tests described in this article [8][10].

Slump was determined on the basis of DIN EN 1015-3 [11]. A single layer of paste was poured into a truncated cone (slump funnel) as normally used to test the consistency of cement paste to a height (h) of 60 mm with a base diameter (D) of 100 mm and a top diameter (d) of 70 mm. No external compaction was carried out to enable the intended self-compacting process. The slump funnel was lifted after a waiting period (5 or 10 minutes, as indicated above). The slump was measured afterwards. After the end of the flowing process, the diameter of the paste cake was measured as the slump flow parameter to characterize the flow behavior.

To assess green strength, or dimensional stability, a dimensional stability coefficient K was defined as follows: $K = 11 / (D + d - h)$.

The greater the degree to which the specimen retained its shape after lifting of the slump funnel, the closer the K value got to 1. Due to the extremely sticky consistency that was found when using thixotroping agent T2, the funnel was replaced with a prism with a height (h) of 60 mm and side lengths of 80 mm (L) and 70 mm (l). Accordingly, the dimensional stability coefficient was defined as follows: $K = 9 / (L + l - h)$

Setzfließmaße der Referenzmischungen (REF) ≥ 20 cm sein, zum anderen sollen die untersuchten Bindemittelleime eine „Grünstandfestigkeit“ nach 5 bzw. 10 Minuten entsprechend eines Formkoeffizienten $K \geq 0,90$ aufweisen.

Das rheologische Verhalten von Bindemittelleimen wird durch Veränderungen in der Mischzeit und zum Zeitpunkt der Bemessung stark beeinflusst. Reproduzierbare Ergebnisse können daher nur erzielt werden, wenn der Misch- und Versuchsablauf stets gleich ist. Hinsichtlich der angestrebten Einsatzbereiche dieser Leime bzw. Betone wurde für alle hier beschriebenen rheologischen Untersuchungen der in Abb. 1 dargestellte Versuchsablauf eingehalten. [8][10]

Das Setzfließmaß wurde in Anlehnung an DIN EN 1015-3 [11] bestimmt. Der Leim wurde einlagig in eine Kegelstumpfform (Setztrichter) mit einer Höhe (h) von 60 mm, einem Basisdurchmesser von (D) 100 mm und einem oberen Durchmesser (d) von 70 mm, wie er für die Konsistenzprüfung von Leim verwendet wird, eingebracht. Entsprechend der angestrebten Selbstverdichtung erfolgte auch hier keine externe Verdichtung. Nach entsprechender Wartezeit (5 bzw. 10 min., s.o.) wurde der Setztrichter hochgezogen. Anschließend wurde das Setzmaß gemessen. Nach Ende des Fließvorgangs wurde der Durchmesser des Leimkuchens als Setzfließmaß zur Charakterisierung der Fließfähigkeit bestimmt.

Zur Beurteilung der Grünstandfestigkeit bzw. der Formstabilität wurde ein Formstabilitätskoeffizient K wie folgt definiert: $K = 11 / (D + d - h)$

Table 3: Tested cement pastes with thixotroping agent T2 (liquid; basis: modified polymers) / Tabelle 3: Untersuchte Bindemittelleime mit Thixotropiermittel T2 (flüssig, Basis modifizierte Polymere)														
Group L2 / Gruppe L2														
Materials/ Ausgangsstoffe	Baseline/ Null (Q)	REF (Q)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Baseline/ Null (M)	REF (M)	M1	M2	M3	M4	M5
Quartz powder/ Quarzmehl	3.0							-						
Metakaolin	-							1.0						
P / FM	4.3							4.3						
	0.1							0.1						
Thixo T1	-	-	0,5					-	-	0,5				
Admixtures / Zusatzmittel <small>Shere silicates / Schichtsilikate</small>	SK1	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-
	SK2	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-
	SK3	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25	-	-
	SK4	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25	-
	ST	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	0,25
Water content/ Wassergehalt	17.4% (0.7 WD/WA)							17.4% (0.7 WD/WA)						

The characteristic rheological parameters of the individual pastes were assessed using a Viskomat NT device [12][13]. The measuring profile shown in Fig. 2 was used.

The typical thixotropic behavior of the cement pastes can also be evaluated using the changes in torque measured in the rheometer (Fig. 2). The ratio between structural degradation during the loading phase and structural build-up in the ensuing unloading phase can be analyzed quantitatively using the areas B_i/A_i within the determined curve and serves to calculate the thixotropy factor T_i according to [13].

The characteristic flow curves of the cement pastes were derived from the shear moments measured between the fourth and fifth minute during velocity reduction [13][14][15].

Results and Analysis

Flow behavior: slump flow

Cement pastes in group L1 (with thixotroping agent T1)

Figs. 3 and 4 show the slump flows and rheological values measured for

Je besser die Probe nach dem Ziehen des Setztrichters ihre Form beibehält, umso näher lag der Wert K bei 1.

Aufgrund der äußerst klebrigen Konsistenz bei der Verwendung des Thixotropiermittels T2 wurde die Trichterform gegen eine Prismenform mit einer Höhe (h) von 60 mm und Kantenlängen L von 80 mm und l von 70 mm ausgetauscht. Dementsprechend wird hier der Formstabilitätskoeffizient bestimmt zu: $K = 9 / (L + l - h)$

Die charakteristischen rheologischen Kenngrößen der jeweiligen Bindemittelleime wurden mit einem Viskomat NT untersucht [12][13]. Dabei wurde folgendes Messprofil zu Grunde gelegt (s. Abb. 2).

Darüber hinaus kann das typische thixotrope Verhalten der Bindemittelleime aus den Veränderungen der im Rheometer ermittelbaren Drehmomente beurteilt werden (Abb. 2). Das Verhältnis zwischen dem Strukturabbau während der Belastungsphase und dem Strukturaufbau in der anschließenden Entlastungsphase, quantitativ bewertbar anhand der Teilflächen B_i/A_i innerhalb der ermittelten Messwertkurve, ergibt nach [13] die Thixotropiezahl T_i .

Die charakteristischen Fließkurven der Bindemittelleime wurden aus den zwischen der 4. und 5. Minute während der Geschwindigkeitsreduzierung gemessenen Schermomente ermittelt. [13][14][15]

Ergebnisse und Auswertung

Fließfähigkeit: Setzfließmaß

Bindemittelleime der Gruppe L1 (mit Thixotropiermittel T1)

In den Abb. 3 und Abb. 4 sind die an den mit Thixotropiermittel T1 (pulverförmig, Basis Tetrasaccharide) hergestellten Bindemittelleimen (Gruppe L1 mit Quarzmehl) ermittelten Setzfließmaße und rheologischen Kenngrößen dargestellt.

Wie aus Abb. 3 ersichtlich, reduzierte sich das Setzfließmaß der Nullmischung (Q) durch die Zugabe von Thixotropiermittel in die Mischung REF (Q) sowohl im 1. als auch im 2. Zyklus bei ca. 55 %. Gleichzeitig führte dies zu einer signifikanten Erhöhung der Fließgrenze (von τ_0 1 auf 42 Nmm) und zu einer 2,6-fachen Erhöhung der Viskosität (Abb. 4).

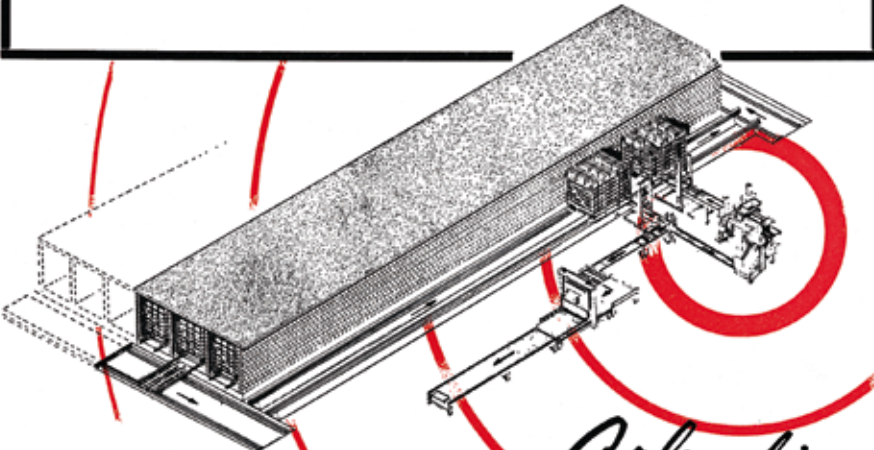
Im 1. Zyklus wurde durch das Hinzufügen von thixotropierenden Zusätzen (in Mischungen Q2 bis Q5) in die REF (Q) eine Verminderung des Setzfließmaßes um 17 % bis 25 % nachgewiesen. Im Gegensatz dazu zeigte die Mischung Q1 gegenüber der REF (Q) keine Änderung im Setzfließmaß.

Im 2. Zyklus wurde gegenüber dem 1. Zyklus erwartungsgemäß in der Tendenz eine Abnahme des Setzfließmaßes beob-

Columbia

MACHINE

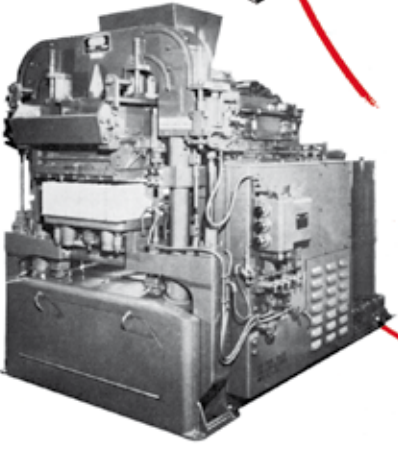
In der ganzen Welt geschätzt . . . Jetzt auch in Europa



Columbia

MODEL 16

DAS HERZ
DER GANZEN ANLAGE




Eine schwere, schnell arbeitende und widerstandsfähige Betonsteinmaschine zur Herstellung maßgenauer Formlinge stets gleichbleibender Qualität.

Mit Hilfe der Columbia-Maschinenanlage erfolgt die Produktion automatisch und zuverlässig in jeder Phase, einschließlich der ineinandergreifenden Paketierung der Betonsteine. Die elektronische und hydromechanische Ausrüstung der Anlage gewährleistet eine mühelose und ständige Produktion.

Schriftliche Anfragen erbittet:

PAUL BOELAERTS

La Bastide des Vignes
06620 Bar-sur-Loup/France
Fernruf: 93 - 67.81.24
Vertreter für Europa



107 Grand Blvd.
VANCOUVER, Washington
USA.

Manufacturers and world-wide distributors of a complete line of plant equipment for production of concrete products.

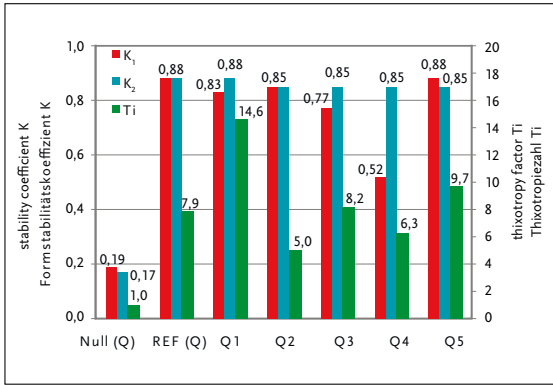


Fig. 9 Comparison of dimensional stability coefficients and thixotropy factors for mixes with quartz powder.

Abb. 9 Gegenüberstellung der Formstabilitätskoeffizienten und Thixotropiezahlen für Mischungen mit Quarzmehl.

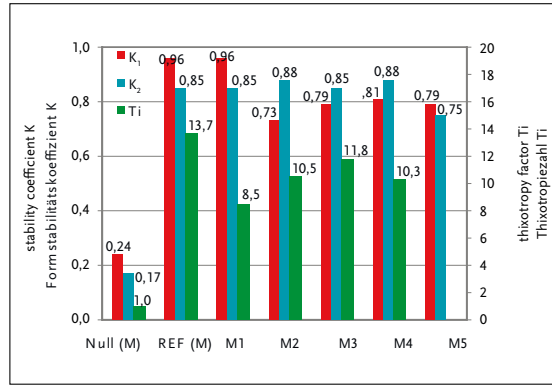


Fig. 10 Comparison of dimensional stability coefficients and thixotropy factors for mixes with metakaolin.

Abb. 10 Gegenüberstellung der Formstabilitätskoeffizienten und Thixotropiezahlen für Mischungen mit Metakaolin.

the cement pastes of group L1 (with quartz powder) produced with thixotroping agent T1 (powder on the basis of tetrasaccharides).

As shown in **Fig. 3**, the slump flow of the baseline mix (Q) was reduced by about 55% both in the first and second cycle by adding thixotroping agent to create the reference mix REF (Q). At the same time, this resulted in a significant increase in the yield limit (from τ_0 1 to 42 Nmm) and in a rise of the viscosity to 2.6 times the previous level (**Fig. 4**).

In the first cycle, the addition of thixotroping admixtures (in mixes Q2 to Q5) to REF (Q) led to a reduction in

achtet. Lediglich bei Mischung Q5 (mit Stärke) wurde im 2. Zyklus ein um rd. 10 % höheres Setzfließmaß festgestellt. Wie im 1. Zyklus wies die Mischung Q1 praktisch keine Änderung des Setzfließmaßes im Vergleich zur REF (Q) auf.

Die Zugabe von thixotropierenden Zusätzen in REF (Q) hatte eine Verringerung der Fließgrenze und der Viskosität um 15 bis 30 % zur Folge, obwohl keine signifikante Erhöhung des Setzfließmaßes nachgewiesen wurde (**Abb. 3**).

Abb. 5 und **Abb. 6** stellen die Ergebnisse der Setzfließversuche und der rheologischen Untersuchungen an Bindemittelleimen mit Metakaolin dar.

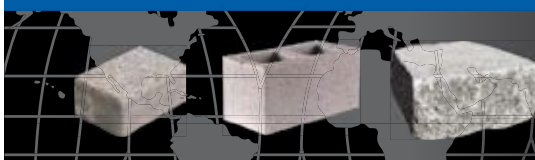
PAVE • RETAIN • BUILD

Over 70 years experience in the concrete products industry.



Columbia
Your total solution

- Mixing & Batching
- Small Pallet & Big Board Production Machines
- Curing to Cubing
- Complete Bag Line Solutions
- Molds



www.columbiemachine.com

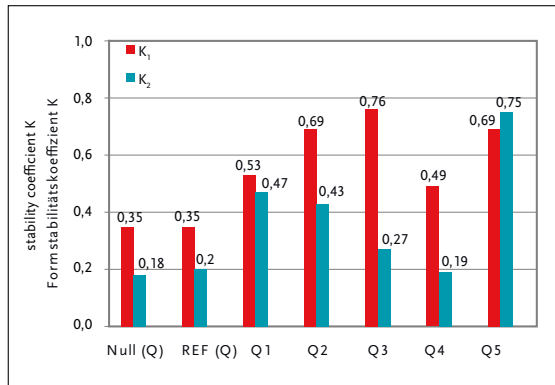


Fig. 11 Dimensional stability coefficients for mixes with quartz powder.

Abb. 11 Formstabilitätskoeffizienten der Mischungen mit Quarzmehl.

the slump by 17 to 25%. By contrast, mix Q1 did not reveal any change in slump compared to REF (Q).

In the second cycle, a trend suggesting a reduction in slump flow compared to the first cycle was observed, which corresponded to the anticipated outcome. Only for mix Q5 (containing starch) was a slump measured in the second cycle that was higher by about 10%. Like in the first cycle, mix Q1 showed virtually no change in slump compared to REF (Q).

The addition of thixotroping admixtures to REF (Q) resulted in a reduction in yield limit and viscosity by 15 to 30 % although no significant slump increase was found (Fig. 3).

Figs. 5 and 6 show the results of the slump tests and the outcomes of the rheological tests carried out for cement pastes with metakaolin.

Regarding their flow behavior, the addition of thixotroping agent to the baseline mix reduced the original slump by 44 % (Fig. 5). At the same time, this resulted in a 24.5 fold yield limit increase and to a rise of the viscosity to 2.9 times the original level, as shown in Fig. 6.

The addition of thixotroping admixtures to the reference mix REF (M) led to an increase in slump from 15.0 cm (REF (M)) to 16.0 cm (M1) and up to 21.0 cm (M5) although the yield limit of these mixes rose by up to 35 %. By contrast, these thixotroping agents had virtually no influence on viscosity. The addition of sheet silicate SK1 (paste M1) to REF (M) had the smallest effect on slump flow (which increased by only about 7 % compared to the reference mix). By contrast, a considerable slump increase by 13 to 55 % was found for mixes M2, M3, M4 and M5 both in the first and the second cycle (see Fig. 5).

Cement pastes in group L2 (with thixotroping agent T2)

Figs. 7 and 8 show the slump flow values measured for the pastes produced with thixotroping agent T2 (liquid on the basis of modified polymers).

In the mixes that contained thixotroping agent T2 and quartz powder (Fig. 7), the addition of thixotroping agent T2 to the baseline mix Q led to a reduction in slump to 92 % of the original value in the first cycle whereas an 8 % increase was observed in the second cycle. The addition of thixotroping admixtures to the reference mix REF (Q) generally resulted in a reduction in slump both in the first and second cycle. A particularly pronounced reduction by approx. 40 % was found when adding sheet silicates SK2 and SK3, as well as modified starch ST.

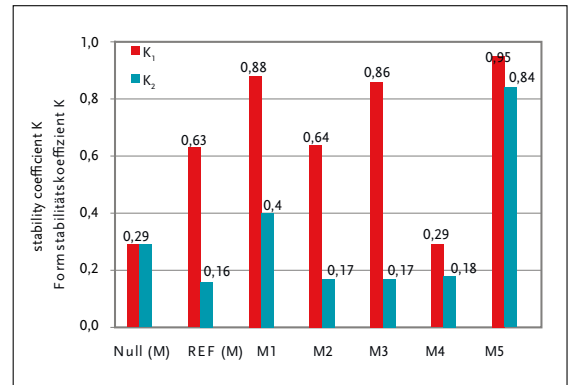


Fig. 12 Dimensional stability coefficients for mixes with metakaolin.

Abb. 12 Formstabilitätskoeffizienten der Mischungen mit Metakaolin.

Im Hinblick auf die Fließfähigkeit minderte das Hinzufügen von Thixotropiermittel zur Nullmischung das Setzfließmaß auf 44 % des ursprünglichen Wertes ab (Abb. 5). Gleichzeitig führte dies zu einer 24,5-fachen Erhöhung der Fließgrenze und zu einer 2,9-fachen Erhöhung der Viskosität, wie in Abb. 6 ersichtlich.

Die Zugabe von thixotropierenden Zusätzen zur Referenzmischung REF (M) führte zu einer Erhöhung des Setzfließmaßes von 15,0 cm (REF (M)) auf 16,0 cm (M1) bis zu 21,0 cm (M5), obwohl sich in diesen Mischungen die Fließgrenze bis zu 35 % erhöhte. Demgegenüber veränderten diese thixotropierenden Zusätze die Viskosität praktisch nicht. Die Zugabe des Schichtsilikats SK1 (Bindemittelleim M1) in REF (M) zeigte die geringste Auswirkung auf das Setzfließmaß (Erhöhung lediglich um rd. 7 % gegenüber der Referenzmischung). Die Mischungen M2, M3, M4 und M5 ergaben dagegen sowohl im 1. als auch im 2. Zyklus eine deutliche Erhöhung des Setzfließmaßes um 13 % bis ca. 55 %, dargestellt in Abb. 5.

Bindemittelleime der Gruppe L2 (mit Thixotropiermittel T2)

In Abb. 7 und Abb. 8 sind die Setzfließmaße der an den mit Thixotropiermittel T2 (flüssig, Basis: modifizierte Polymere) hergestellten Bindemittelleimen dargestellt.

Bei den Mischungen mit Thixotropiermittel T2 und Quarzmehl (Abb. 7) verursachte die Zugabe von Thixotropiermittel T2 zur Nullmischung Q eine Verminderung des Setzfließmaßes auf 92 % des ursprünglichen Wertes im 1. Zyklus, während sich im 2. Zyklus eine Erhöhung um 8 % des Setzfließmaßes zeigte. Die Zugabe von thixotropierenden Zusätzen zur Referenzmischung REF (Q) bewirkte generell eine Reduzierung des Setzfließmaßes sowohl im 1. als auch im 2. Zyklus. Dieser Rückgang war vor allem bei Verwendung der Schichtsilikate SK2 und SK3, sowie der modifizierten Stärke ST mit ca. 40 % sehr ausgeprägt.

Wie aus Abb. 8 ersichtlich, zeigten sich beim Einsatz von Metakaolin mehr oder weniger große Schwankungen im Setzfließmaß. Hinsichtlich der Zugabe von Thixotropiermittel zur Nullmischung (M) zeigte sich eine Absenkung des Setzfließmaßes im 1. Zyklus um 30 % im Gegensatz dazu wurde im 2. Zyklus eine Erhöhung um 11 % des Setzfließmaßes nachgewiesen.

Im 1. Zyklus führten SK1, SK3 und ST zu einem Rückgang um ca. 30 %, während SK2 und SK4 eine Erhöhung um 60 % bzw. 50 % gegenüber der REF (M) bewirkten.

As shown in Fig. 8, the use of metakaolin led to more or less marked fluctuations in slump. When adding thixotropic agent to the baseline reference mix (M), a 30% reduction in slump flow was observed in the first cycle whereas slump flow increased by 11 % in the second cycle.

In the first cycle, SK1, SK3 and ST caused a reduction by about 30 % whereas SK2 and SK4 led to an increase by 60 % and 50 %, respectively, compared to REF (M).

Compared to the first cycle, slump flow increased significantly by 50 % (M2) to 185 % (M3) in the second cycle, with the exception of paste M5. In the case of M5 (containing starch), however, slump flow decreased by approx. 28 % (first cycle) and about 70 % (second cycle) compared to REF (M).

Thixotropic Characteristics: Dimensional Stability and Thixotropy Factor

Cement pastes in group L1 (with thixotropic agent T1)

Using the dimensional stability coefficient K defined above, the dimensional accuracy of a free-standing specimen was determined for the individual cement pastes. Figs. 9 and 10 show the values determined for the paste mixes containing the powder thixotropic agent T1 for the first cycle (K_1) and second cycle (K_2) in comparison with the thixotropy factors measured during the Viskomat tests.

As illustrated in Fig. 9, the addition of thixotropic agent T1 (REF (Q)) to the baseline mix Q resulted in a roughly five-fold increase in the dimensional stability coefficient in both cycles. The addition of thixotropic admixtures to the reference mix REF (Q) did not improve dimensional stability.

As regards the thixotropy factors, the factors T_i determined during the tests in the Viskomat showed the most significant increases when adding thixotropic agent T1 to the baseline mix (Q) and when adding SK1 (based on a mixture of kaolinite, illite and quartz, cement paste Q1) to REF (Q). The addition of thixotropic agent T1 to the baseline mix (Q) led to a 7.9-fold increase in the thixotropy factor. However, the addition of SK1 to REF (Q) resulted in an increase in the thixotropy factor of cement paste Q1 by 85 %.

Fig. 10 shows the dimensional stability coefficients and thixotropy factors of the metakaolin-containing cement pastes. When analyzing the dimensional stability coefficients, it was found that the addition of thixotropic agent T1 to the baseline mix M caused an average increase in dimensional stability to 4.5 times the prior level in both cycles. The addition of thixotropic admixtures to the reference mix did not improve the dimensional stability coefficient.

The thixotropy factors T_i determined in the Viskomat prove the greater effect of the thixotropic agent on the thixotropy of the cement pastes. The addition of thixotropic agent to the baseline mix M led to a 13.7-fold thixotropy increase in REF (M), whereas the addition of sheet silicates to the reference cement paste REF (M) did not lead to an increase in thixotropy. Instead, the thixotropy factor even fell by up to 38 % (M1). Due to the high viscosity of cement paste M5 (containing starch), the Viskomat could not be used for testing, which is why the thixotropy factor was not determined for this mix.

Cement pastes in group L2 (with thixotropic agent T2)

Figs. 11 and 12 show the dimensional stability coefficients determined for the cement pastes of group L2. The Viskomat was not suitable for the successful testing of the pastes containing thixotropic agent T2 due to their high viscosity. For this reason, the rheological parameters and thixo-

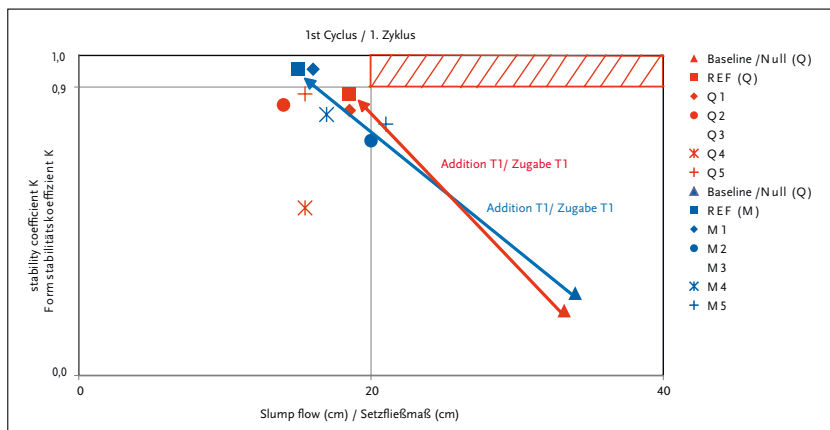


Fig. 13 Correlation between slump flow and dimensional stability coefficient in the first cycle - T1.

Abb. 13 Zusammenhang zwischen dem Setzfließmaß und dem Formstabilitätskoeffizienten im 1. Zyklus - T1.

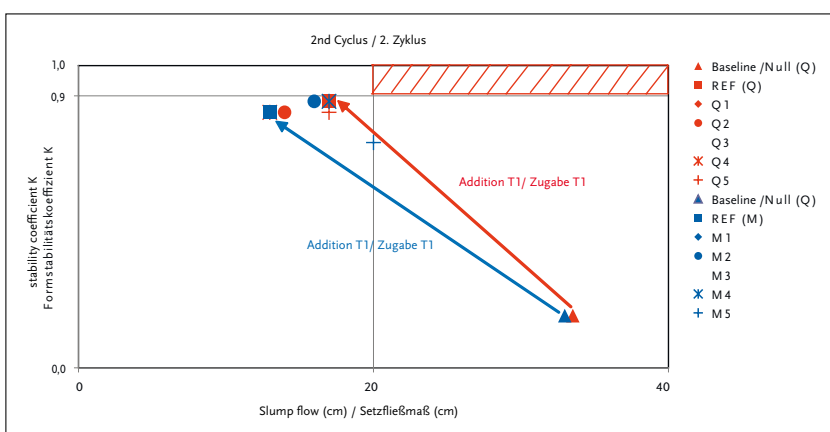


Fig. 14 Correlation between slump flow and dimensional stability coefficient in the second cycle - T1.

Abb. 14 Zusammenhang zwischen dem Setzfließmaß und dem Formstabilitätskoeffizienten im 2. Zyklus - T1.

Im Vergleich zum 1. Zyklus erhöhte sich das Setzfließmaß im 2. Zyklus mit Ausnahme des Bindemittelleims M5 um 50 % (M2) bis 185 % (M3) signifikant. Bei M5 (mit Stärke) wurden hingegen um ca. 28 % (1. Zyklus) bzw. ca. 70 % (2. Zyklus) geringere Setzfließmaße gegenüber der REF (M) beobachtet.

Thixotrope Eigenschaften: Formstabilität und Thixotropiezahl

Bindemittelleime der Gruppe L1 (mit Thixotropiermittel T1)

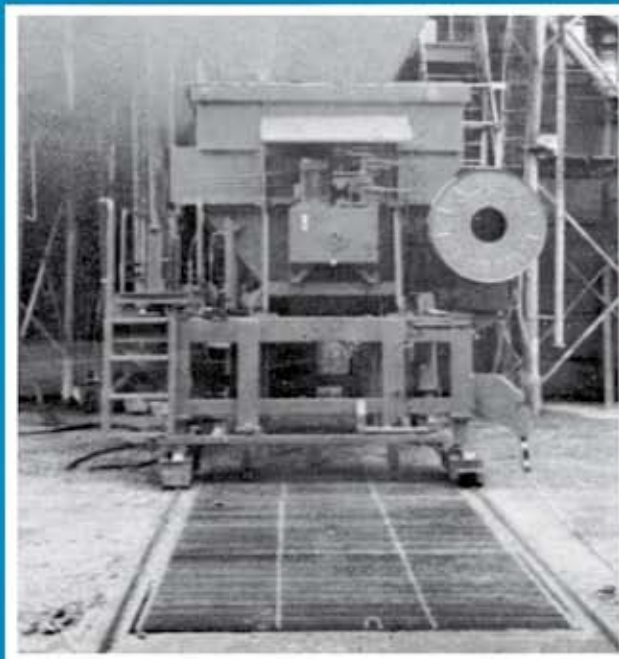
Mit Hilfe des oben definierten Formstabilitätskoeffizienten K wurde die Formgenauigkeit eines freistehenden Körpers aus den unterschiedlichen Bindemittelleimen bestimmt. Die an den Leimmischungen mit dem pulverförmigen Thixotropiermittel T1 ermittelten Werte sind für den 1. Zyklus (K_1) und 2. Zyklus (K_2) im Vergleich mit den durch die Untersuchungen im Viskomat ermittelten Thixotropiezahlen in Abb. 9 und Abb. 10 aufgeführt.

Wie aus Abb. 9 ersichtlich, verursachte die Zugabe von Thixotropiermittel T1 (REF (Q)) zur Nullmischung Q in beiden Zyklen eine Erhöhung des Formstabilitätskoeffizienten um das ca. 5,0-fache. Das Hinzufügen von thixotropierenden Zusätzen zur Mischung REF (Q) führte zu keiner Verbesserung der Formstabilität.



WECKENMANN

Betoniermaschine 1026



Der Grundtyp zeichnet sich aus durch:

- Robuste wartungsarme Konstruktion
- Verschiedene Dosiereinrichtungen
- Individuelle Anpassung der Verdichtungsart
- Kübelinhalt von 1 – 8 m³
- Große Wirtschaftlichkeit durch Personaleinsparung (nur 1 Mann erforderlich)
- Betoneinsparung durch exakte Dosierung

Zusatzrüstungen für die optimale Anpassung an die jeweilige Betriebsstruktur:

- Querfahreinrichtung zum unabhängigen Fertigen und direkten Befüllen durch die Mischanlage
- Absenkbarer Kübel zum direkten Befüllen durch den Fahrmischer
- Zusatzgeräte anbaubar, wie Abziehbohle, Tauchverdichter etc.

Weitere Produkte aus unserem Programm: ● Fertigungsbahnen und Paletten für: Deckenfertigung, kombiniert mit neuentwickeltem Abschalsystem, Wandfertigung mit zusätzlich flexibler Wendeeinrichtung ● Kipptische ● Stützenschalungen ● Sonderschalungen etc. ● Betonwerkseinrichtungen aller Art für Transport, Verdichtung, Fertigung etc., auf die jeweiligen Betriebsverhältnisse abgestimmt.

Weckenmann Maschinen- und Stahlbau GmbH + Co. KG · D-7461 Dormettingen

☎ **Telefon 074 27 / 22 61**

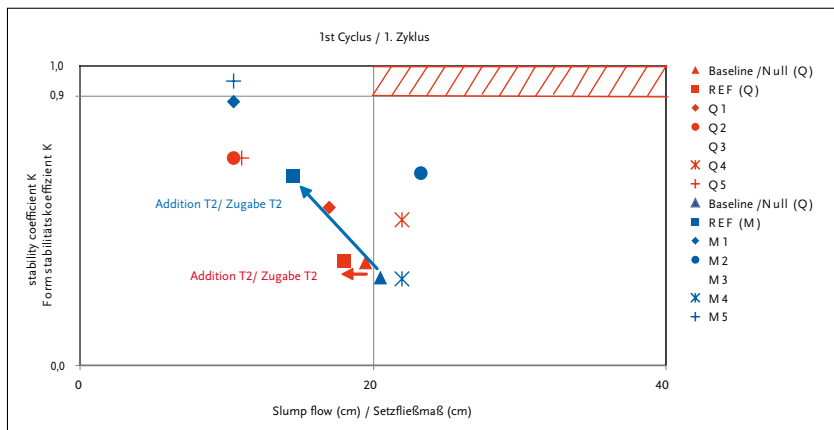


Fig. 15 Correlation between slump flow and dimensional stability coefficient in the first cycle – T2
 Abb. 15 Zusammenhang zwischen dem Setzfließmaß und dem Formstabilitätskoeffizienten im 1. Zyklus - T2

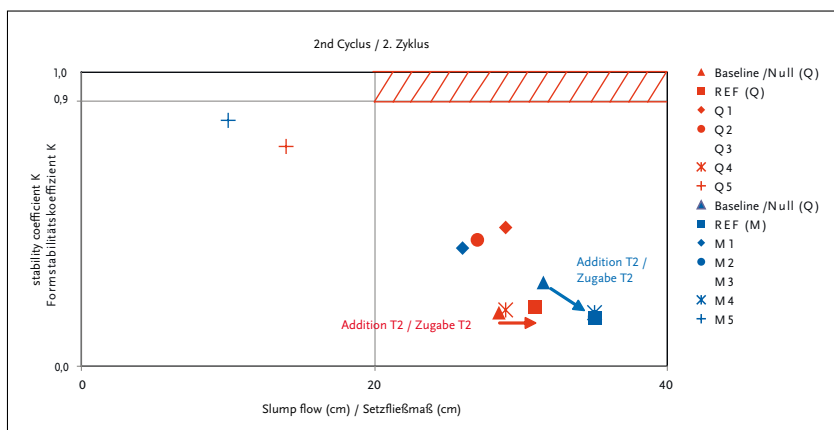


Fig. 16 Correlation between slump flow and dimensional stability coefficient in the second cycle – T2
 Abb. 16 Zusammenhang zwischen dem Setzfließmaß und dem Formstabilitätskoeffizienten im 2. Zyklus - T2

tropic characteristics of these cement pastes could not be evaluated.

As illustrated in Fig. 11, it was found for the cement pastes produced with quartz powder that the addition of thixotroping agent T2 to the baseline mix Q and to mix REF (Q) did not lead to an increase in the dimensional stability coefficient in both cycles. The addition of thixotroping admixtures to REF (Q) or of sheet silicates to cement pastes Q1 to Q4 and of starch to paste Q5 resulted in an increase in dimensional stability by 40 to 117 % in the first cycle and 35 % to 275 % in the second cycle, with the exception of paste Q4 (with SK4) whose dimensional stability coefficient did not increase in the second cycle.

Fig. 12 shows the dimensional stability coefficients determined for the cement pastes containing metakaolin. When adding thixotroping agent T2 to the baseline mix M, a 117% increase in dimensional stability was found in the first cycle for cement paste REF (M). By contrast, dimensional stability decreased by 45 % in the second cycle.

The addition of thixotroping admixtures (to REF M) led to an increase in the dimensional stability coefficient by 36.5 to 50 % in the first cycle, with the exception of paste M2 where the addition of SK2 (on the basis of montmorillonite) did not result in any increase in dimensional stability. In the second cycle, the addition of SK1 and ST to REF (M) lead to an increase in the dimensional

Im Hinblick auf die Thixotropiezahlen zeigten die durch die Untersuchungen im Viskomat ermittelten Thixotropiezahlen T_i bei Zugabe von Thixotropiermittel T1 in die Nullmischung (Q) und bei Hinzufügen von SK1 (Basis: Gemisch aus Kaolinit, Illit und Quarz, Bindemittelleim Q1) in REF (Q) die bedeutendsten Erhöhungen auf die Thixotropie. Die Zugabe von Thixotropiermittel T1 in die Nullmischung (Q) bewirkte eine Erhöhung der Thixotropiezahl um das 7,9 fache; jedoch erhöhte sich durch die Zugabe von SK1 in REF (Q) die Thixotropiezahl des Bindemittelleims Q1 um 85%.

In Abb. 10 sind die Formstabilitätskoeffizienten und Thixotropiezahlen der Bindemittelleime mit Metakaolin dargestellt. Im Hinblick auf die Formstabilitätskoeffizienten führte die Zugabe von Thixotropiermittel T1 zur Nullmischung M zu einer durchschnittlichen Erhöhung der Formstabilität um das 4,5-fache bei beiden Zyklen. Das Hinzufügen von thixotropierenden Zusätzen in die Referenzmischung hatte keine Verbesserung des Formstabilitätskoeffizienten zur Folge.

Die im Viskomat ermittelten Thixotropiezahlen T_i verdeutlichen die höhere Wirksamkeit des Thixotropiermittels auf die Thixotropie der Bindemittelleime. Der Zusatz von Thixotropiermittel in die Nullmischung M führte zu einer 13,7-fachen Erhöhung der Thixotropie in REF (M), wohingegen die Zugabe von Schichtsilikaten in den Referenzbindemittelleim REF (M) keine Erhöhung der Thixotropie verursachte. Stattdessen sank die Thixotropiezahl sogar um bis zu 38 % (M1). Auf Grund der hohen Viskosität des Bindemittelleims M5 (mit Stärke) konnte dieser nicht im Viskomat untersucht werden, daher wurde die Thixotropiezahl nicht bestimmt.

Bindemittelleime der Gruppe L2 (mit Thixotropiermittel T2)

In Abb. 11 und Abb. 12 sind die ermittelten Formstabilitätskoeffizienten der Bindemittelleime der Gruppe L2 dargestellt. Aufgrund der hohen Viskosität der Mischungen mit dem Thixotropiermittel T2 konnten sie nicht mit dem Viskomat erfolgreich untersucht werden. Aus diesem Grund war die Beurteilung der rheologischen Kenngrößen und der thixotropen Eigenschaften dieser Bindemittelleime nicht möglich.

Wie aus Abb. 11 ersichtlich, führte bei den mit Quarzmehl hergestellten Bindemittelleimen die Zugabe von Thixotropiermittel T2 zur Nullmischung Q bzw. zur Mischung REF (Q) in beiden Zyklen zu keiner Erhöhung der Formstabilitätskoeffizienten. Die Zugabe von thixotropierenden Zusätzen zu REF (Q) bzw. Schichtsilikaten zu den Bindemittelleimen Q1 bis Q4 und Stärke zu Bindemittelleim Q5 haben eine Erhöhung der Formstabilität von 40 % bis 117 % im 1. Zyklus und von 35 % bis 275 % im 2. Zyklus zur Folge, mit Ausnahme von Bindemittelleim Q4 (mit SK4), dessen Formstabilitätskoeffizient sich im 2. Zyklus nicht erhöhte.

Die Ergebnisse der Formstabilitätskoeffizienten der Bindemittelleime mit Metakaolin sind in Abb. 12 dargestellt. Bei der Zugabe von Thixotropiermittel T2 zur Nullmischung M zeigte sich für den Bindemittelleim REF (M) eine Erhöhung um ca. 117 % der Formstabilität in 1. Zyklus, wohingegen es im 2. Zyklus zu einer Absenkung von 45 % der Formstabilität kam.

Die Zugabe von thixotropierenden Zusätzen (in REF M) hatte eine Erhöhung des Formstabilitätskoeffizienten des 1. Zyklus zwischen 36,5 % und 50 % zur Folge, mit

We've set our Visions Higher

stability coefficient by 150 % (Q1) to 425 % (Q5). The addition of sheet silicates SK2, SK3 and SK4 did not have any influence on the dimensional stability coefficient.

Summary of Test Results and Conclusion

Cement pastes in group L1

Figs. 13 and 14 compare the slump flow values of the cement pastes in group L1 (powder) with the corresponding dimensional stability coefficients determined in the first and second test cycle.

It was found that the pastes of this series showed a very similar behavior in the first and second cycle. For none of these cement pastes could the intended target parameters for slump flow (≥ 20 cm) and dimensional stability ($K \geq 0.90$) be achieved consistently. It is to be noticed that adding the thixotropic agent T1 especially dimensional stability could be significantly improved with quartz powder REF (Q) and with Metakaolin REF (M). The dimensional stability coefficient of these cement pastes with T1 are ranging between 0.85 and 0.96 and are thus getting close to the desired quality.

Cement pastes in group L2

Figs. 15 and 16 compare the slump flow values of the cement pastes in group L2 (liquids) with the corresponding dimensional stability coefficients determined in the first and second test cycle. For these pastes, too, the intended target values (slump flow ≥ 20 cm and dimensional stability coefficient $K \geq 0.90$) were not achieved in the first and second cycle.

Summary

Several cement pastes with various admixtures were evaluated for the purpose of developing self-compacting concretes for slip-form paving that also provide a high green strength. Pastes in group L1 contained a thixotropic agent in powder form (T1, on the basis of tetrasaccharides) whereas group L2 pastes were produced with a liquid agent (T2, on the basis of modified organic polymers). In order to satisfy the two counteracting requirements

Ausnahme von Bindemittelleim M2, bei welchem die Zugabe von SK2 (Basis: Montmorillonit) keine Erhöhung der Formstabilität verursachte. Im 2. Zyklus führte der Einsatz von SK1 und ST in REF (M) zu einer Erhöhung von 150 % (Q1) bis 425 % (Q5) des Formkoeffizienten. Die Zugabe der Schichtsilikate SK2, SK3 und SK4 hatte keine Auswirkung auf die Formkoeffizienten.

Gesamtbetrachtung der Untersuchungsergebnisse

Bindemittelleime der Gruppe L1

In **Abb. 13** und **Abb. 14** sind die Setzfließmaße der Bindemittelleime der Leimgruppe L1 (pulverförmig) den zugehörigen Formstabilitätskoeffizienten für den 1. und 2. Prüfzyklus gegenübergestellt.

Dabei zeigte sich, dass die Bindemittelleime dieser Serie im 1. und im 2. Zyklus ein sehr ähnliches Verhalten aufwiesen. Die angestrebten Zielgrößen für das Setzfließmaß (≥ 20 cm) und für die Formstabilität ($K \geq 0,90$) konnten bei keinem dieser Bindemittelleime vollständig erreicht werden. Allerdings wurde durch die Zugabe des Thixotropiermittels T1 insbesondere die Formstabilität der beiden Bindemittelleime mit Quarzmehl REF (Q) bzw. mit Metakaolin REF (M) in beiden Zyklen signifikant verbessert. Mit Formstabilitätskoeffizienten dieser mit dem Thixotropiermittel T1 versetzten Bindemittelleime im Bereich von 0,85 bis 0,96 lagen diese schon in der angestrebten Größenordnung

Bindemittelleime der Gruppe L2

In **Abb. 15** und **Abb. 16** sind die Setzfließmaße der Bindemittelleime der Leimgruppe L2 (flüssig) den zugehörigen Formstabilitätskoeffizienten für den 1. und 2. Prüfzyklus gegenübergestellt. Die angestrebten Zielgrößen (Setzfließmaß ≥ 20 cm und Formstabilitätskoeffizient $K \geq 0,90$) wurden auch bei diesen Bindemittelleimen weder im 1. noch im 2. Zyklus erreicht.

SAA Engineering

Automation Technology for Concrete Precasting Plants

Master Computer System LEIT2000

Storage Management System STORE2000

Machine- and Robot Control for Pallet Carousel Systems

We take Responsibility for

- IT-Consulting & Engineering
- Project Management & Implementation
- International Service & Support

Intelligent Software Solutions for Machine- and Logistic Control

Gudrunstrasse 184/4
A-1100 Vienna
T +43-1-6414247-0*
F +43-1-6414247-21
E office@saa.at

www.saa.at

The British concrete industry salutes BFT International on its 75th anniversary. Many congratulations. This provides a good opportunity to reflect on the achievements of the concrete sector. One of the reasons that we are living longer lives is the high quality of shelter, sanitation and clean water that concrete construction has provided in the last 100 years. Concrete is the fundamental material building our towns and cities and links them all together. It is the main medium for schools and hospitals, homes and offices. Generally it performs well with long-life. So what about the future? Looking beyond the current poor market conditions in Europe the concrete sector has an excellent future but it is a future that we have to earn. We have a great opportunity to make concrete the green and sustainable best choice for construction. We have to improve our sustainability profile, lowering its carbon footprint and increasing our usage of recycled materials and increasing re-usability of precast elements. We must get better at putting our key messages across. We must focus on adding value to the concrete. We should encourage more international collaboration. Through its excellent articles and editorials BFT plays an important role internationally in improving best practice, in encouraging innovation and in the dissemination of important research findings and technical guidance. We hope the next 75 years bring great success



Martin Clarke, Chief Executive British Precast (center)

Die britische Betonbranche gratuliert der BFT International zu ihrem 75. Jubiläum. Unsere herzlichsten Glückwünsche! Dies gibt Gelegenheit, über die bedeutenden Leistungen der Betonindustrie nachzudenken. Zu den Gründen warum wir heute länger leben gehören sicherlich die hochwertigen Untertkünfte, die Abwassersysteme und Kläranlagen, die durch den Betonbau in den vergangenen 100 Jahren ermöglicht wurde. Beton ist der elementare Werkstoff für den Bau unserer Städte und Gemeinden und verbindet diese. Es ist der Hauptwerkstoff für Schulen und Krankenhäuser, Wohn- und Bürogebäude. Generell steht er im Einklang mit Langlebigkeit. Und wie sieht es mit der Zukunft aus? Schaut man über die gegenwärtig schwache Marktlage in Europa hinaus, so bietet sich der Betonindustrie eine ausgezeichnete Zukunft - aber eine Zukunft, die wir uns verdienen müssen. Es bietet sich die große Chance, Beton unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit zur ersten Wahl im Bausektor zu machen. Wir müssen unser Nachhaltigkeitsprofil verbessern, den Kohlendioxidausstoß verringern und Recyclingmaterialien vermehrt einsetzen sowie die Wiederverwertbarkeit von Betonfertigteilen steigern. Wir müssen unsere Kernaussagen besser vermitteln. Wir müssen unseren Schwerpunkt auf den Mehrwert von Beton richten. Wir sollten die internationale Zusammenarbeit stärken. Die ausgezeichneten Beiträge und Leitartikel der BFT spielen zur Weiterverbesserung unserer Erfolgsmethode („Best Practice“), bei der Förderung von Innovationen und der Verbreitung von bedeutenden Forschungsergebnissen und technischen Richtlinien international eine wichtige Rolle. Wir hoffen auf weitere sehr erfolgreiche 75 Jahre.

Martin Clarke, Geschäftsführer British Precast

to the greatest possible extent, a slump flow of ≥ 20 cm and a dimensional stability coefficient of $K \geq 0.90$ were defined beforehand.

The test results allowed for the following conclusions:

- 1) The cement pastes in group L1 showed similar slump flows and dimensional stability coefficients in the first and second cycle, which suggests that the internal structure could be re-established at least partially during both cycles.
- 2) The addition of thixotroping agent T1 to the baseline cement pastes of group L1 led to a significant increase in the dimensional stability coefficients, which rose to four to five times the original level (i.e. approx. 0.90) in these pastes (REF Q and REF M) as a result of adding agent T1. At the same time, however, this effect was associated with a 50 % decrease in the flow of the paste. Despite this effect, the above mixes clearly got closer to the intended combination of parameters (slump flow and dimensional stability).
- 3) The addition of other thixotroping admixtures to the reference pastes (REF Q and REF M) that already contained thixotroping agent T1 did not result in any further significant improvement.
- 4) The cement pastes in group L1, REF (Q), Q1 (with SK1, basis: mixture of kaolinite, illite and quartz), M3 (with SK3, basis: activated bentonite) and M5 (with

Zusammenfassung

Für die Entwicklung selbstverdichtender Straßenbetone mit gleichzeitiger hoher Grünstandfestigkeit wurden verschiedene Bindemittelleime mit verschiedenen Zusätzen untersucht. Die Bindemittelleime der Gruppe L1 enthielten ein pulverförmiges Thixotropiermittel (T1, Basis: Tetrasaccharide), während die Bindemittelleime der Gruppe L2 mit einem flüssigen Thixotropiermittel (T2, Basis: modifizierte organische Polymere) hergestellt wurden. Um den beiden einander entgegenlaufenden Anforderungen halbwegs gerecht werden zu können, wurden vorab hinsichtlich der Fließfähigkeit ein Setzfließmaß von ≥ 20 cm und ein Formstabilitätskoeffizient von $K \geq 0,90$ definiert. Anhand der Versuchsergebnisse ergab sich:

- 1) Die Bindemittelleime der Leimgruppe L1 wiesen im 1. sowie im 2. Zyklus ähnliche Setzfließmaße und Formstabilitätskoeffizienten auf, was darauf hindeutet, dass das innere Gefüge in beiden Zyklen zumindest teilweise wieder aufgebaut werden konnte.
- 2) Die Zugabe von Thixotropiermittel T1 zu den Nullbindemittelleimen der Gruppe L1 bewirkte eine signifikante Erhöhung des Formstabilitätskoeffizienten, der in diesen Bindemittelleimen (REF Q und REF M) durch das Thixotropiermittel T1 um das rd. 4- bis 5-fache auf ca. 0,90 angehoben werden konnte. Gleichzeitig ging dies allerdings mit einer Verringerung der Fließfähigkeit um 50% des Bindemittelleims einher.

ST, basis: starch), proved to be the best compromise solution with regard to a highly flowable consistency and dimensional stability of all tested pastes. These pastes can thus be used as a basis for further studies with the aim to develop thixotropic concretes.

- 5) In contrast to the use of T1, the addition of thixotro-
ping agent T2 alone did not result in any significant in-
crease in dimensional stability. When other thixotro-
ping admixtures (sheet silicates and starch) were added
to these pastes, however, the dimensional stability co-
efficient, in particular, could be increased further, al-
beit at the expense of the flow properties. ■

Dennoch konnte man sich mit diesen Kombinationen
den angestrebten kombinierten Eigenschaften (Setz-
fließmaß und Formstabilität) tendenziell bereits ein-
deutig nähern.

- 3) Die Zugabe weiterer thixotropierender Zusätze zu die-
sen mit Thixotropiermittel T1 bereits versetzten Refe-
renzbindemittelleimen (REF Q und REF M) führte
zur keiner weiteren signifikanten Verbesserung.
- 4) Die Bindemittelleime der Leimgruppe L1 REF (Q), Q1
(mit SK1, Basis: Gemisch aus Kaolinit, Illit und
Quarz), M3 (mit SK3, Basis: aktivierter Bentonit) und
M5 (mit ST, Basis: Stärke) wiesen den besten Komprom-
iss zwischen hoher Fließfähigkeit und Formstabili-
tät der untersuchten Leime auf. Daher können diese
Leime durchaus als Basis für weitere Studien im Hin-
blick auf die Entwicklung thixotrop eingestellter Be-
tone herangezogen werden.
- 5) Die alleinige Zugabe des Thixotropiermittels T2 führte
im Gegensatz zum T1 zu keiner signifikanten Verbes-
serung in der Formstabilität. Wurden diesen Leimen
jedoch weitere thixotropierende Zusätze (Schichtsi-
kate und Stärke) zugegeben, so konnte insbesondere
der Formstabilitätskoeffizient weiter gesteigert werden
– allerdings auf Kosten der Fließfähigkeit. ■

Rolf Breitenbücher, Diego Sarmiento

References / Literaturverzeichnis

- [1] Wang, Kejin, „Self Consolidating Concrete - Applications for
Slip Form Paving: Phase I“. Iowa, USA: Iowa State University,
2005.
- [2] Heidelberg Cement AG, Heidelberg: „Betontechnische
Daten“. Leimen, Germany, 2008.
- [3] Bach, Sascha, „Smektite (Bentonit, Montmorillonit) und
Hermite (Palygorskit, Sepiolith)“. Germany, 1999.
- [4] DIN 18555, „Prüfung von Mörtel mit mineralischen
Bindemitteln“. Berlin, Germany: Deutsches Institut für
Normung e.V., 1982
- [5] DIN EN 196-3, „Prüfverfahren für Zement - Teil 3: Bestim-
mung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit“. Berlin,
Germany: Deutsches Institut für Normung e.V., 2005.
- [6] DIN EN 206, „Beton-Teil 1: Festlegung, Eigenschaften,
Herstellung und Konformität“. Berlin, Germany:
Deutsches Institut für Normung e.V., 2004.
- [7] Griesser, A.; Jacobs, F.; Hunkeler, F., „Rheologische Opti-
mierungen von Beton. ibausil“, Weimar, Germany, 19. –
23. Sept. 2000.
- [8] Griesser, A., „Cement-superplasticizer interactions at
ambient temperatures. Dissertation“, Zürich, 2002.
- [9] Banfill, P.F.G., „Use of the ViscoCorder to Study the Rheology
of Fresh Mortar. Magazine of Concrete Research – Heft 153“,
1992.
- [10] Technische Universität München, „Skriptum zur Vertiefer-
ausbildung: Bestimmung der rheologischen Eigenschaften
im Labor“, München, Deutschland, 2004.
- [11] DIN EN 1015-3, „Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk-Teil
3: Bestimmung der Konsistenz von Frischmörtel“. Berlin,
Germany: Deutsches Institut für Normung, 2007.
- [12] Kordts, Stefan, „Herstellung und Steuerung der Verarbeit-
barkeitseigenschaften selbstverdichtender Betone“. Berlin,
Germany: Technische Universität Berlin, 2005.
- [13] Schreiber, Jörg, „Einsatz des Viskomat NT bei der Entwick-
lung eines zementbasierten Injektionsmaterials“. Aachen,
Germany: Institut für Baumaschinen und Baubetrieb -
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,
2009.
- [14] Schleibinger Geräte Teubert u. Greim GmbH, Buchbach:
„Viskomat NT: Handbuch - Schleibinger Testing Systems“,
Germany, 2007.
- [15] Blask, O.: „Zur Rheologie von polymermodifizierten Binde-
mittelleimen und Mörtelsystemen. Dissertation“,
Universität-Gesamthochschule Siegen, 2002.