Fliessbeton: Herstellung, Eigenschaften, Anwendungsbereiche

Autor(en): **Wilk, Willy**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 35

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85517

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

Fliessbeton

Herstellung, Eigenschaften, Anwendungsbereiche

Von Willy Wilk, Wildegg

Frischbeton, wie er zur Erreichung eines qualitativ hochwertigen Festbetons hergestellt wird, ist eine recht *steife, zähflüssige (hochviskose) Masse*, und das Verschieben der einzelnen Masseteile gegeneinander (zur Verdichtung) erfordert einen *beträchtlichen Aufwand an Energie*.

Es findet sich darum schon früh (zu Beginn dieses Jahrhunderts) in der Entwicklungsgeschichte der eigentlichen Betontechnologie das Bemühen, die *Viskosität des Frischbetons derart stark herabzusetzen*, dass seine Verarbeitung dadurch entscheidend erleichtert wird. Dies führte in den *USA* zum «Gussbeton», der dem starken Mechanisierungsbedürfnis der Amerikaner entsprach und gleich auch an einem Bauwerk riesenhaften Ausmasses zur Verwendung gelangte: Die *Schleusen des Panama-Kanals* (Eröffnung 1914) wurden mit Gussbeton hergestellt. In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, dass einige Historiker die «Erfindung» des Gussbetons dem ungemein vielseitigen *Alva Edison* (Bauunternehmer und Zementfabrikant sowie als Pionier der Elektrotechnik, u. a. Erfinder der Glühbirne, bekannt) zuschreiben [1].

Dieser Gussbeton «schwappte» dann über auch nach Europa und fand zu Beginn der zwanziger Jahre für den *Bau der Schwergewichtsmauer «Schräh»* (gebaut 1922–24 für die *Wäggitaler Kraftwerke)* in der Schweiz an einer bedeutenden Bauaufgabe Anwendung. Die schlechten Erfahrungen an diesem Bauwerk mit «Gussbeton» verhalfen diesem (Frisch-)Betontypus in der Schweiz zu Recht zu einem *äusserst schlechten Ruf* und verhinderten weitere Anwendungen; denn die talseitige Staumauerfläche musste bereits sieben Jahre nach Inbetriebnahme durch einen Vorsatz aus Granitquadern saniert werden. Bemerkenswert dabei ist die Tatsache, dass dies nicht etwa wegen mangelnder Sicherheit notwendig wurde, vielmehr wegen *ungenügender Witterungsbeständigkeit!* Der Gussbeton erwies sich als *nicht frost-tauresistent*, erfüllte also die Forderung nach Dauerhaftigkeit unter unseren klimatischen Bedingungen nicht [2].

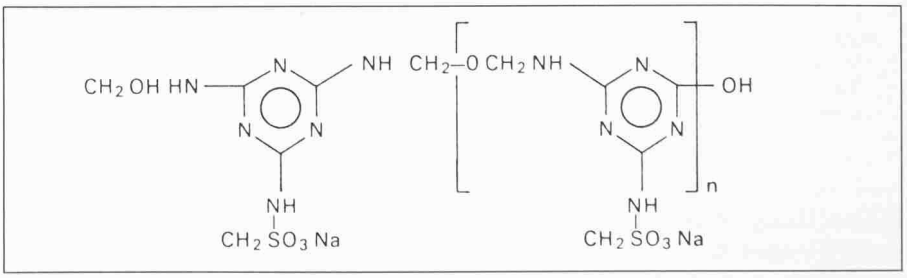
Es sei daran erinnert, dass dem Gussbeton seine fliessfähige (Frischbeton-) Konsistenz durch einen *äusserst hohen Anmachwasser-Gehalt* (hoher W/Z-Faktor) verliehen wird, $0{,}65 < W/Z \leq 0{,}95$ je nach Zementgehalt. Um in der Entwicklung eines sehr weichen, fliessfähigen Frischbetons weiterzukommen, bedurfte es also neuer technologischer Impulse. Solche lieferte die bauchemische Forschung durch Entwicklung sog. *Betonzusatzmittel*. Diese «Zusatzmittel» übernehmen im Frischbeton die Funktion von *Wirkstoffen* und sind Hilfsmittel in der Hand dessen, der die Frisch- oder/und Festbetoneigenschaften gezielt verändern will.

Nachdem bereits seit Beginn der dreissiger Jahre für den Frischbeton «plastifizierende» Zusatzmittel verwendet werden, vergingen doch noch rund 40 Jahre bis der Durchbruch zum wirklich fliessfähigen Frischbeton, ohne nachteilige Folgen, wie sie beim Gussbeton in Kauf genommen werden mussten, erfolgte.

Die Wirkstoffe

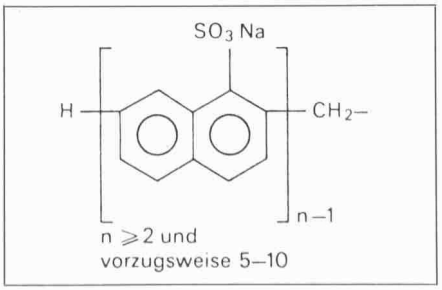
Die dafür notwendigen «Wirkstoffe» werden nun nicht mehr als «plastifizierende» oder «verflüssigende» Zusatzmittel bezeichnet, sondern stehen unter dem Begriff *Superverflüssiger* (superplasticising admixtures) auf dem Markt zur Verfügung. Ein Superverflüssiger ist ein chemisches Präparat oder ein Gemisch verschiedener Präparate, das «gewöhnlichem» Frischbeton beigemischt eine *ausserordentlich hohe Verarbeitbarkeit* (workability) bewirkt und ein *Verarbeiten mit spürbar herabgesetzter Anmachwassermenge* erlaubt.

Chemisch handelt es sich bei diesen Superverflüssigern um folgende Typen: *«Melaminharze» (sulfonierte Melamin-Formaldehyd-Kondensate)* der Formel:



oder:

Sulfonierte Naphtalin-Formaldehyd-Kondensate



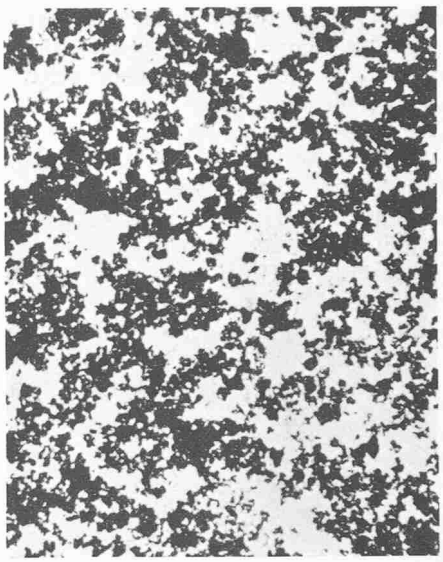


Bild 1. Agglomerate eines Portlandzementes «normal» in der ersten Hydratationsphase, ohne Zusatzmittel (Photo [3])

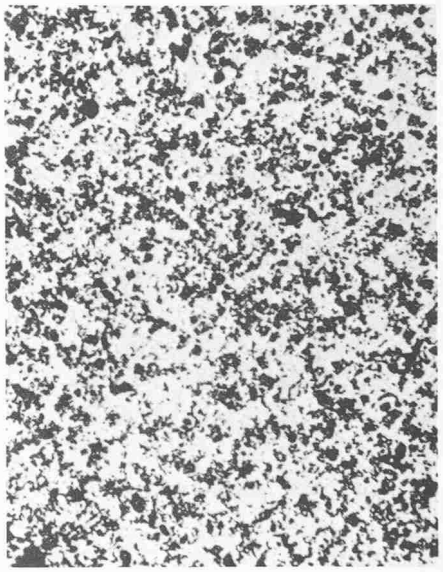


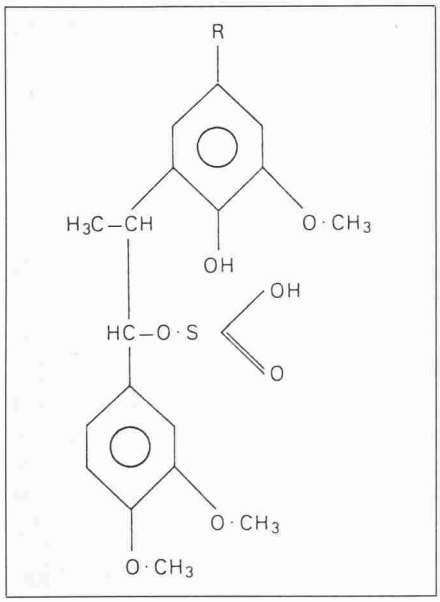
Bild 2. Portlandzement-Suspension mit demselben W/Z-Faktor wie in Bild 1 bei gleicher Vergrösserung, aber nach Zugabe von Superverflüssiger. Man beachte die feinere und gleichmässigere Dispersion der Teilchen (Photo [3])

Die *Wirkung* dieser Zusatzmittel beruht nicht so sehr darauf, die Oberflächenspannung des Anmachwassers zu reduzieren (und damit eine höhere Benetzbarkeit zu ermöglichen), vielmehr wirken sie auf die Dispersion Zementteilchen - Wasser: Die in der Wasserphase stattfindende (nicht molekulare) Verteilung der Zementteilchen wird feiner und gleichmässiger (vgl. Bild 1 und 2).

Man nimmt an, dass die ausgeprägte Dispergierwirkung der Superverflüssiger darauf beruht, dass sie sich den Ze-

mentteilchen anlagern, diese negativ aufladen (Superverflüssiger sind anionisch) und diese sich deswegen gegenseitig abstossen.

Zur Abgrenzung der verschiedenen Wirkstoffe sei lediglich der Vollständigkeit halber erwähnt, dass die «plastifizierenden», «verflüssigenden» Zusatzmittel, im Gegensatz zum «Superverflüssiger», auf die *Oberflächenspannung* des Anmachwassers einwirken und diese entscheidend herabsetzen. Die *Zusatzmittel* dieser Art sind entweder *modifizierte Ligninsulfonate* der Formel:



oder:

Polyhydroxycarbonsäuren der Formel:

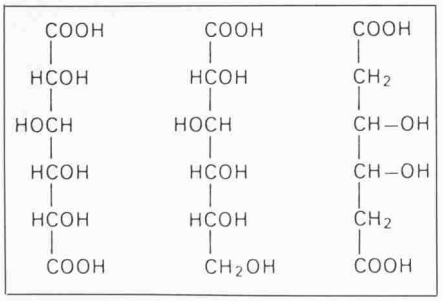
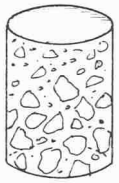
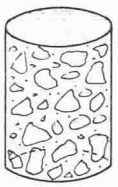


Tabelle 1. Kennzeichnende Unterschiede zwischen Guss- und Fliessbeton

	Gussbeton	*Fliessbeton*
Feststellungen am Frischbeton während Verteilung in der Schalung	- Kein Zusammenhalt - Ausgeprägte Tendenz zur Entmischung - Es lassen sich «gewaschene», vom Zementleim freigelegte Körner feststellen	- Zusammenhalt gut bei Einhaltung einiger Grundsätze wie sie im Folgenden angegeben werden - Keine Entmischungstendenz - Einwandfreie Umhüllung der Körner durch Zementleim (auch an der Schüttfront) (Vgl. Abbildung 6, 7, 8)
Feststellungen am erhärteten Beton (Festbeton)	- Ungleichmässige Verteilung der Zuschlagstoffe (Anreicherung der gröberen Körner an der Unterseite des Betonteils durch «Sedimentierung» im Frischbeton) 	- Gleichmässige Verteilung der Zuschlagstoffe über die Dicke des Bauteils (keine «Sedimentierung» im Frischbeton) 

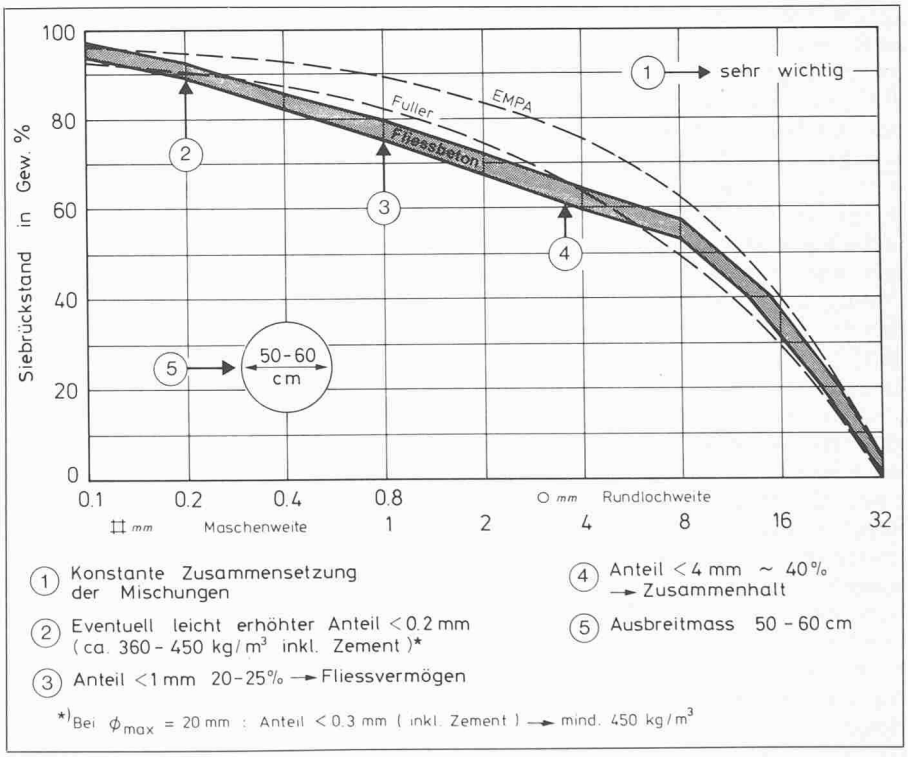


Bild 3. Kriterien für die Zusammensetzung des Zuschlagmaterials für Fliessbeton

Herstellung, Zusammensetzung von Fliessbeton

Die *Definition von Fliessbeton* lautet wie folgt

> Ein fachgerecht zusammengesetzter Frischbeton, dessen steife oder plastische Konsistenz durch ein geeignetes Zusatzmittel (ohne Erhöhung des W/Z-Faktors!) in eine fliessfähige Konsistenz gebracht wird.

Damit ergibt sich die *Abgrenzung gegenüber Gussbeton:*

> Fliessbeton ≠ Gussbeton

Die entscheidenden, charakteristischen Unterschiede enthält Tabelle 1.

«Fliessbeton» entsteht aus einem zweckmässig aufgebauten «normalen» Frischbeton. Bei den folgenden Betrachtungen wird davon ausgegangen, der Fliessbeton werde stets aus einem fertigen Ausgangsbeton durch nachträgliches Zumischen des Fliessmittels hergestellt.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Zusammensetzung der Zuschlagstoffe für den Ausgangsbeton in einigen Punkten den üblichen Kornabstufungen gegenüber zu modifizieren (Bild 3). Angaben über Zementgehalt, Konsistenz, W/Z-Faktor und Fliessmitteldosierung enthält Tabelle 2.

Frischbetoneigenschaften

Die Verarbeitbarkeit des Betons mit Fliessmittel (Superverflüssiger) ist nicht nur von der Beschaffenheit des Ausgangsbetons abhängig, sondern auch von Art, Menge und ausreichendem Einmischen des Fliessmittels sowie der Frischbetontemperatur und der Zeit nach dem Zumischen des Fliessmittels.

Tabelle 2. Konsistenz, Zementgehalt, W/Z-Faktor und Fliessmitteldosierung

	Für konstruktiven Ingenieur- und Fertigelement-Bau		Für Strassenbeton (Beläge) *) Fliessbeton			
				für Gefälle i		Frühhochfester Fliessbeton
	Ausgangsbeton	Fliessbeton	Ausgangsbeton	i ≦ 3%	i < 4.5%	
Ausbreitmass (cm)	35–42 (vgl. Abb. 4)	55–60 (vgl. Abb. 5)	30–34 25–33	50–55	45–50 (= Beton mit Fliessmittel	45–55
Zementgehalt (kg/m³)	300–350		300–350 360–400 ←			Hochwertiger Portlandzement (HPC)
W/Z-Faktor (inkl. Fliessmittel)	0.45–0.55		0.38–0.45 (vorwiegend 0.40)			
Fliessmittelmenge Gew.-% (bezogen auf Zement)	0.80–1.50		0.80–1.5			2–4

*)Fliessbeton für Strassenbeläge muss grundsätzlich frost-tausalzbeständig sein. Deshalb ist er als Luftporenbeton aufzubauen. Es ist ihm deshalb neben dem Superverflüssiger auch ein wirksames Luftporen-Zusatzmittel (air-entrainer) beizumischen.

Das Beigeben des Fliessmittels geschieht zweckmässigerweise direkt auf der Baustelle, unmittelbar vor dem Einbau. Für ausreichendes Einmischen des Fliessmittels (zum Ausgangsbeton) ist in der Regel eine Mischzeit von mindestens fünf Minuten erforderlich.
Bild 9 gibt die Veränderung der Verarbeitbarkeit von Fliessbeton in Abhängigkeit der Zeit nach dem Mischen. Sie macht deutlich, dass die verflüssigende Wirkung verschiedener Fliessmittel unterschiedlich sein kann und mit der Zeit unterschiedlich stark abgebaut wird. Die Wirkdauer wird darüber hinaus in ähnlicher Weise vom verwendeten Zementtyp beeinflusst.

Fliessbeton und frühhochfester Beton mit Fliessmittel müssen zügig verarbeitet werden. In der Regel sollten sie etwa 30 Minuten bis spätestens 45 Minuten nach Beimischen des Fliessmittels eingebaut sein.

Ergibt sich trotz aller Vorsichtsmassnahmen eine Verzögerung des Einbauvorganges, lasse man den bereits fluidifizierten Beton *ungestört* im Mischer bis die Einbaustelle zur Aufnahme bereit ist. Es ist möglich, eingebüsste hohe Verarbeitbarkeit durch erneute Zugabe von Superverflüssiger (mit reduzierter Dosierung) zu kompensieren. Immerhin sollte von dieser Möglichkeit nur ausnahmsweise Gebrauch gemacht werden, weil sie zur Entmischung führen kann.

Einbringen/Verdichten

- Fliessbeton wird mit Hilfe geneigter Rohre und Rinnen eingebracht. Fliessbeton lässt sich auch pumpen, sofern die Sieblinie des Ausgangsbetons der für Pumpbetone entspricht und gleichzeitig die Bedingungen in Bild 3 für Fliessbeton berücksichtigt werden, verwenden.
- Die Verteilung erfolgt durch selbständiges Fliessen. Nachhilfe mit Rechen.
- Verdichtung: Bei Fliessbeton stellt man einen «Selbstverdichtungseffekt» fest, d. h., dass er nicht vibriert werden soll. Einzige Ausnahme: Kurze Einsätze bei senkrechten Sichtbetonwänden («Entlüftungshilfe» für den verflüssigten Frischbeton). Bei dicht bewehrten Bauteilen kann durch «Stochern» der Verdichtung nachgeholfen werden.

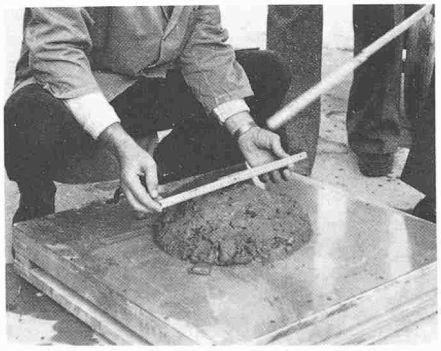


Bild 4. Messung des Ausbreitmasses am Ausgangsbeton (Ausbreitmass = 34 cm)

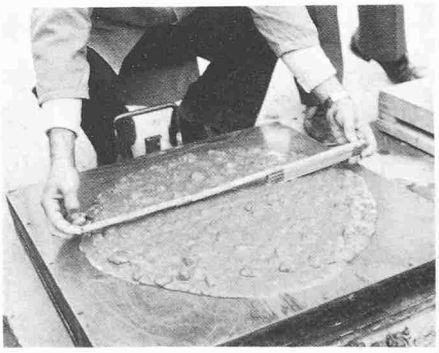


Bild 5. Ausbreitmass des Fliessbetons (1,4% Superverflüssiger) = 55 cm







Bild 6–8. Eine ungeeignete Zusammensetzung (Sieblinie) des Ausgangsbetons lässt sich nicht kompensieren durch eine höhere Dosierung des Zusatzmittels!

Tabelle 3. Zusammensetzung und Festigkeit von Ausgangs- und Fliessbeton (nach [13])

Superverflüssiger	Zementgehalt kg/m³	W/Z	Mehlkorngehalt kg/m³	Ausbreitmass in cm		Frischbetonrohdichte in kg/m³		Druckfestigkeit in kp/cm² 7 Tage		28 Tage		Spaltzugfestigkeit in kp/cm² 28 Tage	
				Ausgangsbeton	Fliessbeton	Ausgangsbeton	Fliessbeton	Ausgangsbeton	Fliessbeton	Ausgangsbeton	Fliessbeton	Ausgangsbeton	Fliessbeton
A	270	0,60	370	39	53	2,40	2,40	280	287	391	412	33	32
A	290	0,60	440	38	48	2,40	2,36	333	292	430	400	32	32
A	300	0,57	400	41	60	2,38	2,39	259	308	376	417	31	31
B	270	0,60	370	39	53	2,40	2,39	280	309	391	415	33	31
D	270	0,60	370	39	47	2,40	2,40	280	295	391	430	–	–
D	300	0,57	400	41	60	2,38	2,40	259	310	376	400	31	31
E	270	0,60	370	39	47	2,40	2,40	280	291	391	402	33	30

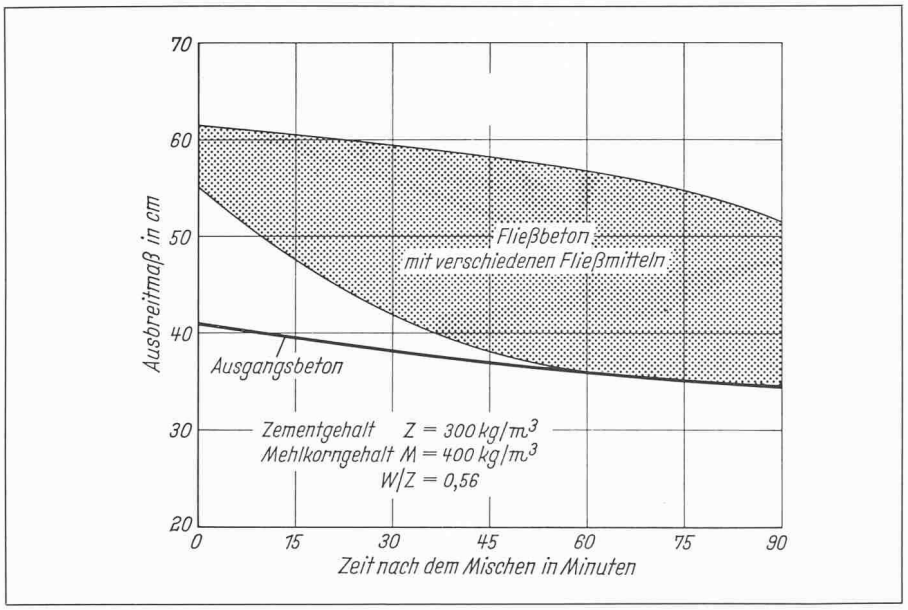


Bild 9. Ausbreitmass von Fliessbeton mit verschiedenen Fliessmitteln in Abhängigkeit von der Zeit nach dem Zumischen des Superverflüssigers (nach [4])

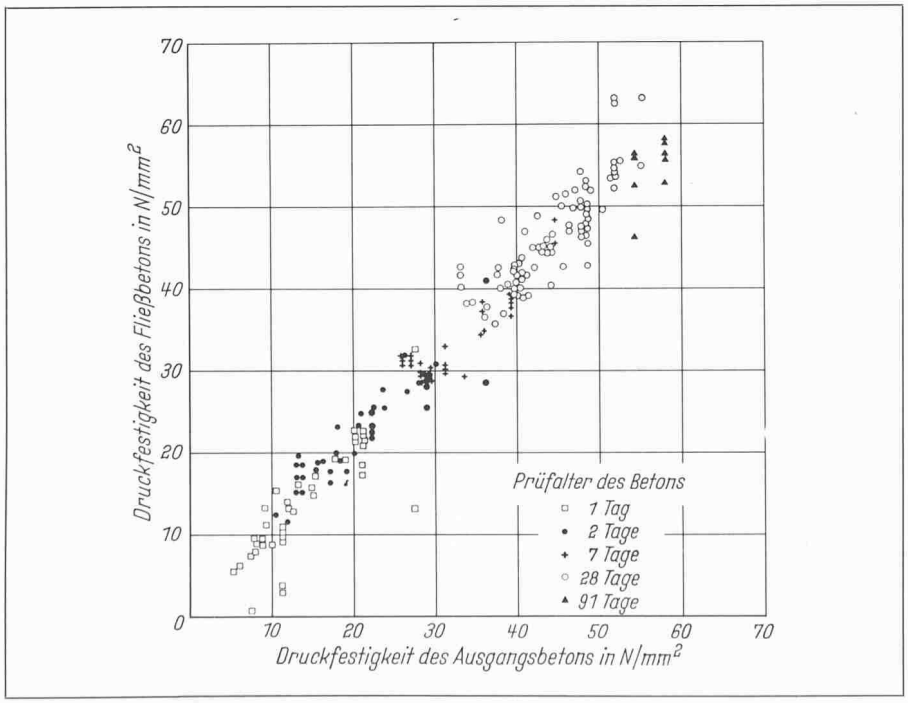


Bild 10. Druckfestigkeit von Fliessbeton und dazugehörigem Ausgangsbeton im Betonalter von 1, 2, 7, 28 und 91 Tagen (nach [4])

Die Schalung muss auf den Maximalwert, nämlich den «hydrostatischen» Druck ausgelegt werden! Bewehrung, Einlagen und Schalungskörper für Aussparungen müssen besonders gut befestigt werden.

Eigenschaften des Festbetons

Druckfestigkeit

Hier ist vor allem von Interesse, ob die Druckfestigkeit des Ausgangsbetons durch das Zumischen des Fliessmittels verändert wird. Aus Bild 10 ist zu erkennen, dass die Druckfestigkeit des Fliessbetons (bei annähernd gleicher Konsistenz des Ausgangsbetons, mit Ausbreitmassen zwischen 38–41 cm) mindestens ebenso gross ist wie die des dazugehörigen Ausgangsbetons und dass dieser Zusammenhang von der Betonzusammensetzung und vom Betonalter praktisch unabhängig ist.

Einzelheiten dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 3 dargestellt.

Geringere Druckfestigkeiten ergeben sich [4] lediglich bei Fliessbeton mit verzögernd wirkendem Fliessmittel im Alter von einem und zwei Tagen sowie in jenen Fällen, wo Luftporenbildner mitverwendet werden und im Festbeton ein deutlich höherer Luftgehalt gemessen wird als im dazugehörigen Ausgangsbeton. Für frühhochfesten Fliessbeton gibt Tabelle 4 die gemessenen Druckfestigkeiten in 1, 2, 7 und 28 Tagen (nach [4]).

Für eine Verkehrsfreigabe sollte der Belagsbeton eine Druckfestigkeit von rund 70% der 28-Tage-Festigkeit aufweisen, je nach Tragfähigkeit der darunterliegenden Fundationsschicht. Diese Druckfestigkeit erreichen viele frühhochfeste Fliessbetone bereits im Alter von 24 Stunden; im Alter von 48 Stun-

den sind sie in der Regel weit überschritten.
Fliessmittel können natürlich auch dazu verwendet werden, bei gleicher Konsistenz des Frischbetons eine spürbare Reduktion des W/Z-Faktors und damit höhere Festigkeitswerte zu erzielen. Damit erreichbare Resultate zeigt an einem Beispiel Bild 11 (nach [12]).

Spaltzugfestigkeit

Einige Ergebnisse durchgeführter Versuche [4] sind in Tabelle 5 ausgewiesen.
Der Tabelle entnimmt man, dass die Spaltzugfestigkeit des untersuchten Fliessbetons und der zugehörigen Ausgangsbeton im Betonalter von 2 bis 91 Tagen nicht systematisch voneinander verschieden sind.

Wasserdichtigkeit und chemischer Widerstand

Die Ergebnisse orientierender Untersuchungen in der BRD [4] über die Wasserdichtigkeit enthält Tabelle 6.
Aus diesen Testergebnissen ist zu schliessen, dass sich die Wassereindringtiefe (unter Berücksichtigung der Streuung des Prüfverfahrens) beim Fliessbeton nicht systematisch von der des zugehörigen Ausgangsbetons unterscheidet. Anderseits ergaben vergleichende Untersuchen an der EMPA [10] signifikant höhere Wasserdichtigkeit für Fliessbeton (Tabelle 7).
Bei vorsichtiger Qualifizieurng der bis heute bekannten Untersuchungen darf geschlossen werden, dass Fliessbetone mindestens denselben, eher aber einen höheren Grad an Wasserdichtigkeit aufweisen, verglichen mit Betons gleicher Zusammensetzung, aber ohne Zusatz von Superverflüssiger. Dies als Folge dessen, was den Fliessbeton besonders auszeichnet, nämlich: Neben seiner Selbstverdichtungseigenschaft, seine *hohe Gefügegleichmässigkeit*, eine der sonst strengsten und auch am schwierigsten zu erfüllenden Anforderungen an Beton. Möglichst geringe Gefügeungleichheit ist aber die ideale Voraussetzung für einen hohen Wasserdichtigkeitsgrad.
Nach bisherigen Erfahrungen [5] beeinflussen Fliessmittel auch die chemische Widerstandsfähigkeit des Betons nicht, so dass Fliessbeton denselben Resistenzgrad gegen chemisch aggressive Stoffe aufweist wie sein Ausgangsbeton.

Frost-Tau und Frost-Tausalz-Resistenz

Nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand der Betontechnologie gilt vorerst: Frost-Taubeständigkeit von Beton lässt keineswegs zwingend auch Frost-Tausalzbeständigkeit erwarten!
Die zweite Forderung ist bedeutend schärfer, gilt doch umgekehrt: *Jeder auf*

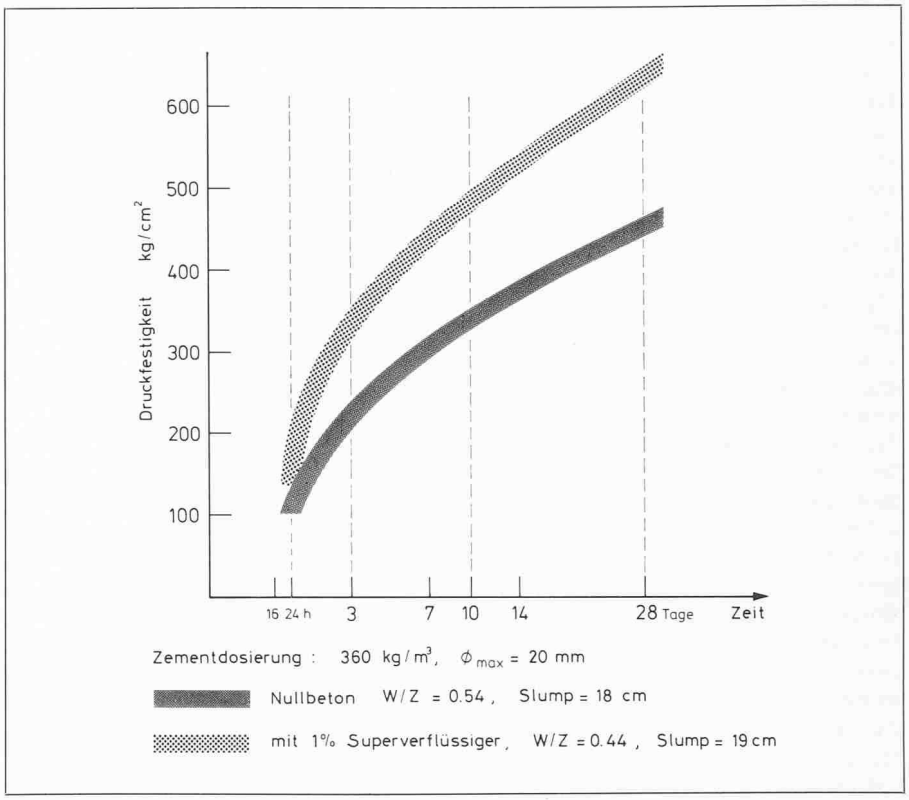


Bild 11. Erhöhung der Druckfestigkeit durch Zugabe von Fliessmitteln (gleiche Konsistenz des Frischbetons)

Tabelle 4. Druckfestigkeiten in Abhängigkeit vom Betonalter

Betonalter Tage	Druckfestigkeit in N/mm² [1])	
	Ausgangsbeton	frühhochfester Beton mit Fliessmittel
1	21 bis 30	15 bis 32
2	27 bis 43	25 bis 41
7	44 bis 56	43 bis 54
28	52 bis 75	47 bis 75

[1]) Wegen der Umstellung auf SI-Einheiten im Verhältnis 10:1 umgerechnet.

Tabelle 5. Spaltzugsfestigkeit in Abhängigkeit vom Betonalter

Betonalter Tage	Spaltzugfestigkeit in N/mm² [1])	
	Ausgangsbeton	Fliessbeton
2	1,7 bis 2,5	1,8 bis 2,7
7	2,8 bis 2,9	2,4 bis 3,1
28	3,2 bis 3,4	3,2 bis 3,6
91	3,6 bis 3,8	3,5 bis 3,8

[1]) Wegen der Umstellung auf SI-Einheiten im Verhältnis 10:1 umgerechnet.

Tabelle 6. Wasserdichtigkeit und Eindringtiefe von Fliessbeton

Betonart	Wassereindringtiefe in cm	
	Mittelwert	Grösstwert
Fliessbeton dazugehöriger Ausgangsbeton	0,5 bis 1,7 0,2 bis 0,8	0,9 bis 2,4 2,0 bis 2,2
frühhochfester Beton mit Fliessmittel dazugehöriger Ausgangsbeton	0,9 0,5	1,5 1,2

Tabelle 7. Wasserdichtigkeit für Fliessbeton

Betontyp	Total in Probe eingedrungene Wassermenge (cm³) nach 10 Tagen (Prüfung nach SIA 162, Richtlinie 6)		
	Probe 1	Probe 2	Probe 3
BH PC 300 W/Z = 0.50 ohne Zusatzmittel	320	400	400
BH PC 300 W/Z = 0.46 mit 1% Superverflüssiger	160	160	160

Frost-Tausalz-Einwirkung resistente Beton ist gleichzeitig sicher auch frost-taubeständig!

Weiterhin ist bekannt, dass ein nach den üblichen modernen Grundsätzen aufgebauter, gut verdichteter Beton einen Gesamthohlraumgehalt (Messung nach 5tägiger Wasserlagerung unter atmosphärischem Druck) von 10–14 Vol.-% aufweist. Ein Beton, dessen Gefüge wesentlich dichter gepackt wäre (mit einem Gesamthohlraumvolumen von etwa <7%), wäre ebenfalls beständig gegenüber Frost-Tausalz-Einwirkung.

Da solche Betone ausserordentlich teuer in der Herstellung sind (vorderhand zumindest), steht die andere, wirtschaftlichere Methode zur Verfügung, nach der künstlich Luftporen in das Zementsteingefüge eingebaut werden, durch Beimischen von sog. «Luftporenbildnern» (air-entrainer) in den Frischbeton. Die Verträglichkeit der Zusatzmittel (Fliessmittel und Luftporenbildner) ist vorgängig zu verifizieren. (Unter zahlreicher anderer Literatur dazu, vgl. [5, 6, 7].)

Unter der Voraussetzung, dem Ausgangsbeton seien auch Luftporenbildner beigegeben worden, etwa gemäss [8], wird der Fliessbeton frost-tausalzbeständig. Bild 12 zeigt deutlich die Wirksamkeit solcher im Betongefüge eingelagerter künstlicher Luftporen [4].

Schwinden und Kriechen von Fliessbeton

Schwinden

Tests [11] ergaben für Fliessbetone (mit einem Fliessmittel auf der Basis «sulfonierter Naphtalin-Formaldehyd-Kondensate») und bei gleichem W/Z-Wert wie beim Referenzbeton (ohne Fliessmittel) einen Verlauf der Schwindverformungen, der für Fliessbetons um rund 10% höher lag. Dasselbe gilt für das Endschwindmass.

Falls mit Hilfe des Fliessmittels eine Reduktion der Anmachwassermenge erzielt wird (wenn die starke Verflüssigung des Frischbetons gar nicht gewünscht wird, vielmehr Erreichung höherer Festigkeiten angestrebt wird), erfahren solche Betone keine Erhöhung des Schwindmasses [9, 10].

Kriechen

Vergleichende Kriechversuche an Betonen mit und ohne Zusatz von Superverflüssiger sind bis dato nur in spärlicher Zahl veröffentlicht worden. Aus den bis heute zugänglichen Quellen (u. a. [9, 12]) lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Wie für jeden anderen Betontyp gilt auch für Fliessbeton: Je früher die Belastung aufgebracht wird, desto grösser sind die zu erwartenden Kriechverformungen.
- Bei gleichem W/Z-Faktor im Ausgangsbeton sind keine signifikanten Unterschiede im Kriechverhalten zwischen Fliessbeton und Beton ohne Zusatzmittel (Superverflüssiger) zu erwarten.
- Wenn Superverflüssiger zur Reduktion des W/Z-Faktors (bei gleicher gewünschter Konsistenz) zur Anwendung kommen, wird die zu erwartende Kriechverformung deutlich geringer (vgl. Bild 13 und 14).

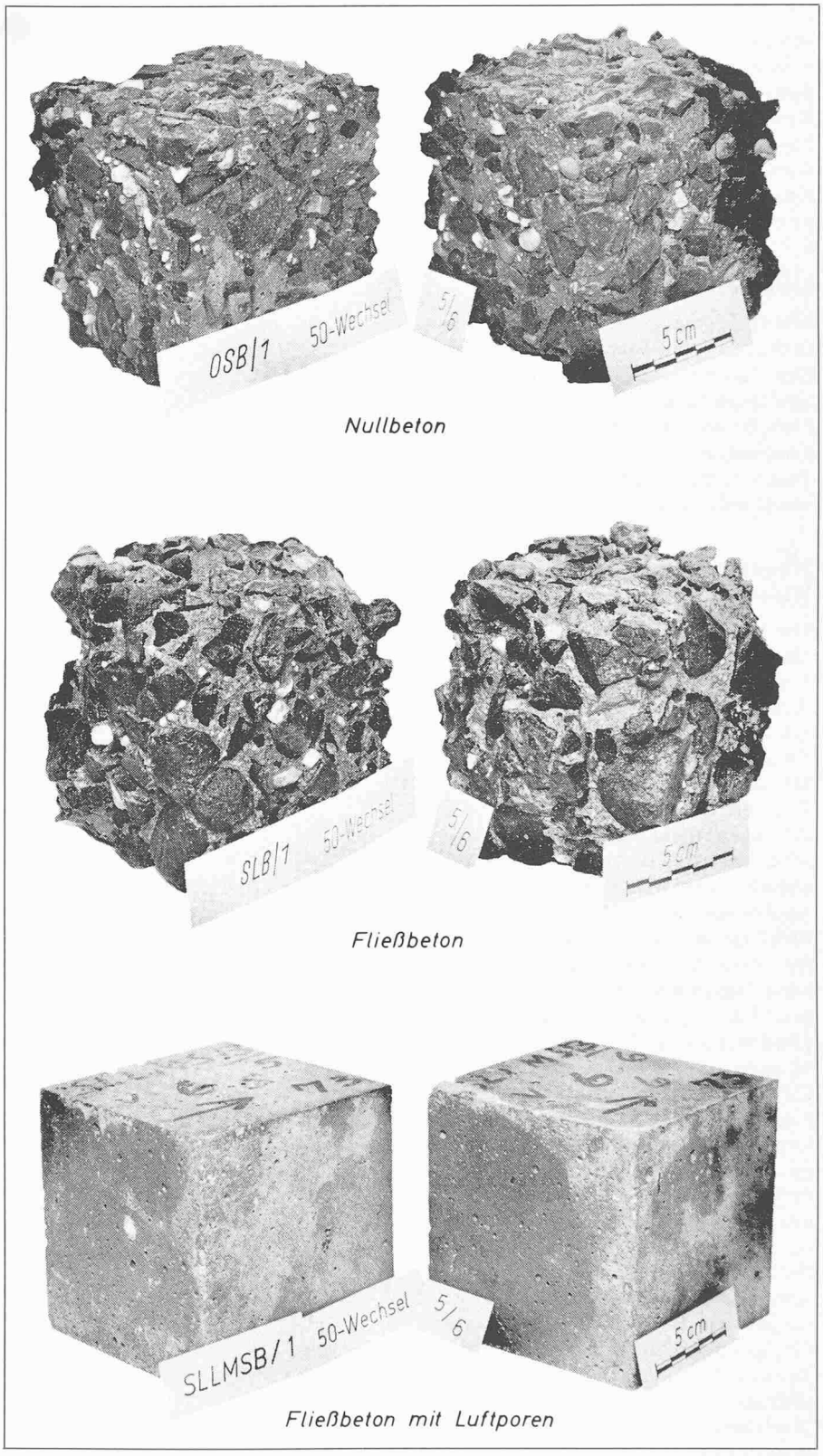


Bild 12. (von unten nach oben): Frost-Tausalz-Widerstand von Fliessbeton mit Luftporen, von Fliessbeton ohne Luftporen und vom dazugehörigen Nullbeton (ohne Luftporen und Fliessmittel) nach 50 Frost-Tausalzwechseln

Die Charakteristik der dort geprüften Betone:

- einheitlicher Zementtyp,
- gleiche Dosierung (PC 360kg/m³),
- gleiche Konsistenz→ verschiedene W/Z-Faktoren

nämlich für: Nullbeton W/Z = 0,54, Slump = 18 cm,
Fliessbeton W/Z = 0,44, Slump = 19 cm.

Anwendungsbereiche

Fliessbeton ist *kein neuer Betontyp*, entsteht er doch aus den üblichen Komponenten, nämlich:

- Portlandzement «normal» (im Falle von frühhochfestem Fliessbeton: «Hochwertiger PC»),
- inerten Zuschlagstoffe
  und
  - Wasser.

Fliessbeton ermöglicht vielmehr eine *besondere Verfahrenstechnik* in Herstellung und Verarbeitung. Daraus können sich besondere Vorteile im Anwendungsbereich ergeben.

Grundsätzlich ist er technisch überall dort anwendbar, wo anderer, «normaler» Beton auch verwendet wird; mit zwei Ausnahmen:

- bei schrägen Flächen, wenn deren Neigung etwa 3% überschreitet und
- wenn hohe Grünstandfestigkeit gefordert wird, also z. B. in der Betonwarenfabrikation, wo ohne Schalung gearbeitet wird (z. B. Betonpflastersteine) oder aber die Schalung unmittelbar nach Einbringen und Verdichten des Betons entfernt wird.

Für alle übrigen Bedürfnisse ist seine Anwendung allein durch *wirtschaftliche* Überlegungen begrenzt.

Man *beachte* aber: Superverflüssiger sollen nicht dazu verwendet werden, Bindemittel zu sparen! Dies ist gewiss nicht der Sinn dieser Entwicklungslinie der Betontechnologie und müsste zu einer empfindlichen Verschlechterung des Langzeitverhaltens (Dauerhaftigkeit/Beständigkeit) des Betons führen.

Technisch ideale Verwendungsgebiete sind:

- Im Hoch- und Tiefbau, bei engen Bauteilabmessungen, dichter Bewehrung, wo die Betonverdichtung durch Innenrüttelung Schwierigkeiten bereitet.
- Im Strassenbau: Komplizierte Flächen, die einen Fertigereinsatz nicht zulassen (also bei sog. Handarbeit), und Beläge, für deren Herstellung nur eine kurzzeitige Verkehrssperrung zugelassen ist, wie etwa:
  - im städtischen Strassenbau (Sanierung deformierter bituminöser Beläge im Bereich von Kreuzungen, Lichtsignalanlagen und Bushaltestellen),
  - Reparaturen an bestehenden Betonbelägen, insbesondere auf Autobahnen.

In diesen Fällen wird man zweckmässigerweise mit frühhochfestem Fliessbeton arbeiten, damit eine Verkehrsfreigabe innert 24–36 Stunden ermöglicht werden kann.

- Bau von Hallen- und Industrieböden.
- In der Betonfertigteilindustrie. Hier kann auch die geräuscharme Produktionsweise ein besonderer Vorzug sein. In *Finnland* wurden z. B. vorgespannte Eisenbahnschwellen mit Fliessbeton hergestellt.

Dieser kleine Katalog, der keineswegs vollständig ist, gibt Hinweise auf die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten von Fliessbeton und mag ein Zeichen für die Leistungsfähigkeit moderner Betontechnologie sowie die Anpassungsfähigkeit des Baustoffs Beton an Bedürfnisse unserer Zeit sein.

Adresse des Verfassers: W. Wilk, dipl. Ing. ETH, Betonstrassen AG, 5103 *Wildegg*

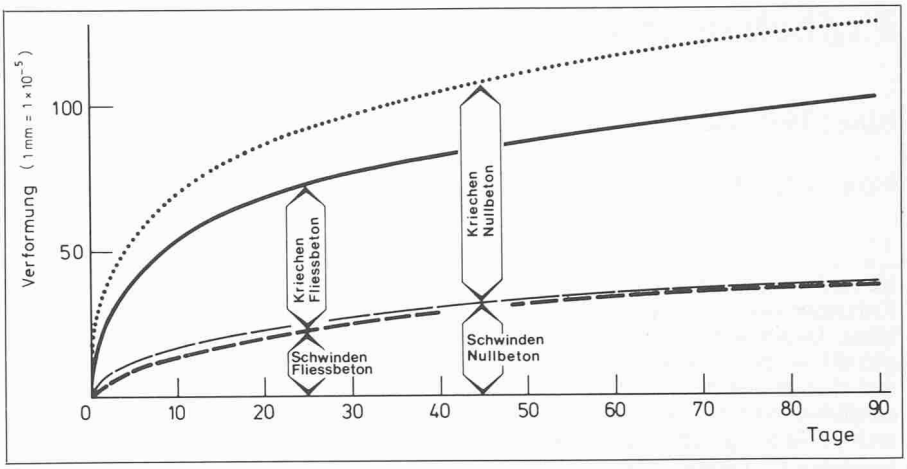


Bild 13. Vergleichende Messungen der Schwind- und Kriechverformungen an Null- bzw. Fliessbeton (gleiche Konsistenz, verschiedene W/Z-Faktoren, gleicher Zementgehalt). Belastungsbeginn nach zehn Tagen. p = 10 N/mm² (nach [12])

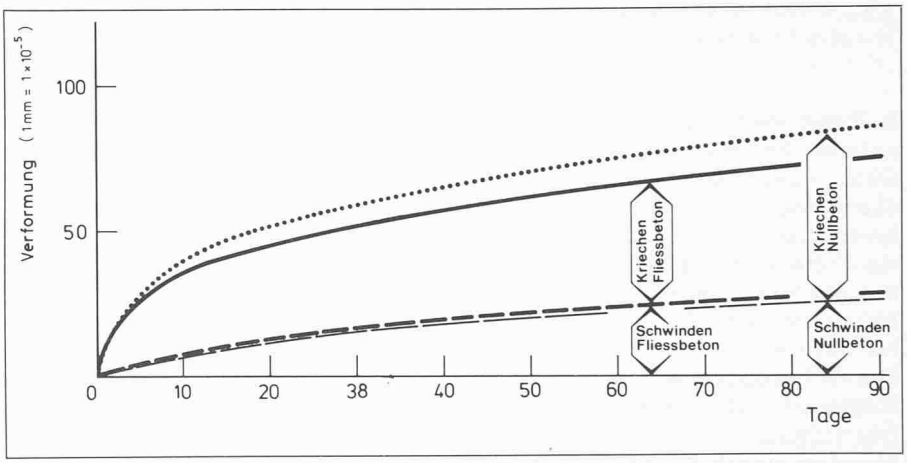


Bild 14. Vergleichende Messungen der Schwind- und Kriechverformungen an Null- bzw. Fliessbeton (gleiche Konsistenz, verschiedene W/Z-Faktoren, gleicher Zementgehalt). Belastungsbeginn nach drei Tagen. p = 10 N/mm² (nach [12])

Literaturhinweise

[1] *Börries H. Sinn:* «Und machten Staub zu Stein», Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1973

[2] *Comité National Suisse des Grands Barrages:* «Comportement des Grands Barrages Suisses», Bern 1964

[3] SIKA informiert: Heft 3/1977, Zürich

[4] *Bonzel J.:* «Frühhochfester Beton mit Fliessmittel für Verkehrsflächen». Mitteilungsblatt Nr. 113/1977 der Betonstrassen AG, Wildegg (Nachdruck aus Heft 13/1977 der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen, Köln)

[5] *Wilk W.:* «Zur Einwirkung von Tausalzlösungen auf Tragwerke in Beton», Schweiz. Bauzeitung, Heft 21/1974

[6] *Wilk W., Dobrolubov G., Romer B.:* «Entwicklung in der Gütekontrolle von Beton während des Einbaues». Mitteilungsblatt Nr. 92/93 der Betonstrassen AG, Wildegg, 1972

[7] *Dobrolubov G., Romer B.:* «Schnellmethode zur Bestimmung der Frost- oder Frost-Tausalzbeständigkeit von Beton nach dem D-R-Verfahren». Mitteilungsblatt Nr. 88/89 der Betonstrassen AG, Wildegg, 1971

[8] *Dobrolubov G., Romer B.:* «Richtlinien zur Bestimmung und Prüfung der Frost-Tausalzbeständigkeit von Zementbeton», Strasse + Verkehr, Heft 10 und 11/1977, Zürich

[9] *Hewlett P., Rixon R.:* «Superplasticed concrete». Concrete, September 1976

[10] EMPA-Bericht: Nr. 129 238/2, 1977

[11] EMPA-Bericht: Nr. 34 199/3, 1976

[12] Unveröffentlichter Bericht des Materialprüfungsinstituts der Universität Venedig an die SIKA, 1977

[13] *Bonzel und Siebel:* «Fliessbeton und seine Anwendungsmöglichkeiten». Betontechnische Berichte 1974, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf