Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 68 (2000)
Heft: 1

Artikel: Self-compacting concrete
Autor: Jacobs, Frank / Hermann, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153856

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

2

Self-compacting concrete

Self-compacting concrete (SCC) ist eine Weiterentwicklung im Bereich der Betontechnologie. SCC birgt interessante Chancen aber auch gewisse Risiken, insbesondere das Risiko der Überschätzung.

Eigenschaften von SCC [1]

Selbstverdichtende Betone (SCC) bzw. Vorläufer von SCC sind schon länger bekannt. Bereits vor mehr als 70 Jahren wurden in den USA sehr fliessfähige Betone, so genannte Gussbetone, eingebaut, die selbstverdichtend und selbstnivellierend waren. Ihre hohe Fliessfähigkeit ging allerdings auf Kosten der Dauerhaftigkeit, denn sie wurde mit hohen Wassergehalten, d.h. hohen W/Z-Werten erkauft.

Qualitativ höher stehend sind die nicht selbstverdichtenden Fliessbetone, die in den 70er-Jahren mit Hochleistungsbetonverflüssigern (HBV) hergestellt wurden. Doch auch diese konnten sich nicht durchsetzen. Betone, die heute als SCC klassiert werden, wurden ab 1988 in Japan und Kanada verwendet, allerdings unter der Bezeichnung «Self-compacting High Performance Concrete» bzw. «High Performance Concrete». 1990 wurden damit erste Grossprojekte in Japan ausgeführt. Und in Europa schliesslich wird SCC seit 1996 (Frankreich, Schweden) eingesetzt. Die ersten Anwendungen in der Schweiz datieren aus dem Jahr 1998 [2].

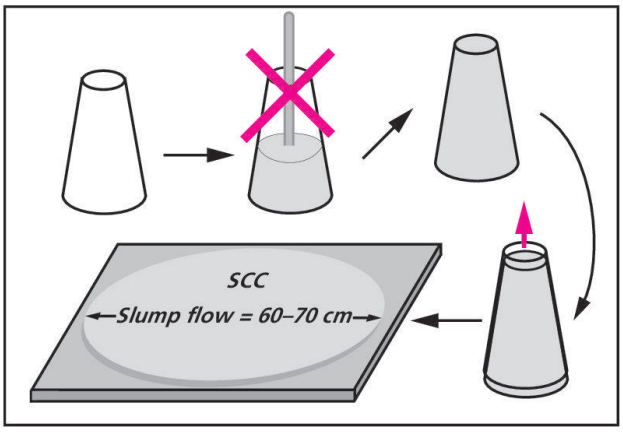

Abb. 1 Die Slump flow-Bestimmung – ein nützliches Verfahren zur Kontrolle der SCC-Konsistenz auf der Baustelle (siehe Text). Grafik: TFB

Zu diesem Artikel

Der vorliegende Artikel basiert in weiten Teilen auf Referaten, die anlässlich der TFB-Fachveranstaltung Nr. 994350 «Self-compacting concrete: Chancen und Gefahren» am 23. November 1999 in Wildegg gehalten wurden. Die Referenten waren:
[1] Frank Jacobs, TFB, Wildegg.
[2] Peter Lunk, MBT (Schweiz) AG, Zürich
[3] Jürg Schlumpf, Sika AG, Zürich
[4] Felix Hofer, Seekag, Luzern
[5] Silvio Schwarz, GU Tiefbau AG, Zürich
[6] Philipp Truffer, BIAG, Visp
Ergänzungen aus der Literatur sind im separaten Literaturverzeichnis auf Seite 6 zusammengestellt.

Was für SCC spricht

Als Argumente für die Verwendung von SCC werden verschiedene Vorteile ins Feld geführt. Die nachfolgende Aufzählung ist unvollständig; einige Punkte werden zudem weiter hinten relativiert [1,2]:

- gleichmässigere Betonqualität über den gesamten Betonquerschnitt (weniger «schlechte Stellen»)
- höhere Betonqualität, die zu geringeren Bauteilabmessungen führen kann
- problemloser Einbau in komplizierte Schalungsformen sowie bei dichten Bewehrungen
- hohe Einbauleistungen
- verringerte Lärmbelastung
- verkürzte Bauzeit.

Diesen Vorteilen sind auch Nachteile und Risiken gegenüber zu stellen. Dazu gehören [4]:

- höhere Dosierungen (Zemente und Zusatzstoffe sowie Zusatzmittel)
- tendenziell grösseres Schwinden
- allgemeine Risiken einer «neuen» Technologie.

Normen über SCC gibt es noch keine. In Japan wurden Empfehlungen herausgegeben [11]. In der Schweiz erfüllen SCC in der Regel die Anforderungen der Norm SIA 162 [1].

Mischungsentwürfe

Bei der Herstellung von SCC wird von verschiedenen Konzepten ausgegangen, die auch zu unterschiedlichen

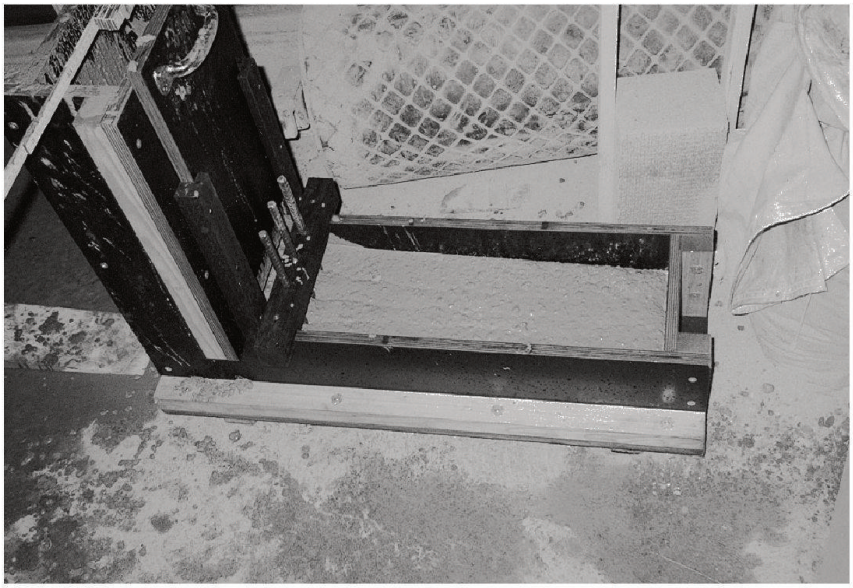

Abb. 2 Konsistenzbestimmung mit der schwedischen L-Box; der Abstand zwischen den Bewehrungsstäben beträgt hier 34 mm. Bei einem SCC füllt sich der liegende Teil innerhalb weniger Sekunden; die Oberfläche ist annähernd horizontal.

Foto: TFB

Einsatzbereichen führen [1]:

- hohe Fliessfähigkeit bei Betonen mit wenig oder ohne Betonzusatzmitteln, aber hohem Wassergehalt (W/Z-Wert > 0,70)
- hohe Fliessfähigkeit bei Betonen mit W/Z-Werten < 0,40, vor allem dank HBV bzw. Kombinationen von HBV und anderen Produkten (Stabilisatoren).

Wir konzentrieren uns hier auf SCC mit niedrigen W/Z-Werten.
Das Ziel besteht darin, die gute Fliessfähigkeit bei minimalen Zementleimvolumen zu erzielen. Damit sollen die Wärmeentwicklung und das Schwinden sowie die Kosten minimiert werden. Für qualitativ hochstehende SCC kann – in Abweichung von «üblichen» Betonrezepturen – vorgegeben werden:

- höherer Bindemittelgehalt (um 400 kg/m^3)
- höherer Mehlkorngehalt (pro m^3 rund 500 kg Zement, Betonzusatzstoffe und Sand < 0,125 mm)
- Grösstkorn (≤ 16 mm; ≤ 32 mm aber auch möglich)
- «sandreiches» Zuschlagmaterial (≥ 50 % mit Korngrösse 0/4 mm)
- Wassergehalt ≤ 180 kg/m^3.

Bei der Wahl der Bindemittel und der Betonzusatzmittel sind die gewünschten Frisch- und Festbetoneigenschaften ausschlaggebend. Die eingesetzten HBV sind meist Neuentwicklungen auf Polycarboxylatbasis. Sie müssen eine starke Wasserreduktion ermöglichen, den Zusammenhalt des Frischbetons sichern sowie dessen Fliessfähigkeit steuern [3].

Frischbetoneigenschaften
Die Konsistenz von SCC spielt eine wichtige Rolle. Sie darf nur wenig schwanken, was eine konstante Produktion voraussetzt. So muss die Eigenfeuchte der Zuschläge berücksichtigt werden, und Fahrmischer dürfen beim Beladen kein Restwasser enthalten.

SCC sind sehr fliessfähig. Sie haben Ausbreitmasse über 55 cm – und dies ohne Heben des Tisches. Bewährt hat sich auch der «Slump flow», wobei der SCC in den Slump-Konus in der «normalen» oder in der umgekehrten Stellung gefüllt wird. Der Slump flow, der mit der üblichen Anordnung zum Messen des Slumps bestimmt wird *(Abbildung 1),* sollte im Bereich von 60–70 cm liegen. Die Zeit bis zum Erreichen eines Slump flows von 50 cm sollte zudem 2–8 s betragen.

Diese Konsistenzmessverfahren eignen sich für Kontrollen auf der Baustelle. Zur Entwicklung von SCC wurden spezielle Messgeräte entwickelt, beispielsweise die so genannten L-Box *(Abbildung 2)* [1]. Nicht alle Betone mit SCC-typischen Ausbreitmassen oder Slump flows erfüllen in der L-Box die Anforderungen an einen SCC. Sie werden besser als Verfüllbetone bezeichnet.

Mischungsbestandteil		SCC 1	SCC 2	SCC 3	SCC 4
Zement (CEM)					
CEM II/A-L 32,5	[kg/m³]	450	–	450	
CEM I 42,5	[kg/m³]		340		330
Flugasche (SFA)	[kg/m³]	–	105	–	105
Wasser	[kg/m³]	170	185	183	173
Zuschlagstoffe					
0/8 trocken	[kg/m³]	1280	1315	1210	1150
8/16 trocken	[kg/m³]	415	405	405	375
HBV	[kg/m³]/[%]	8,6/1,9	4,5/1,0	7,7/1,7	3,2/0,75
LP	[kg/m³]	–	–	0,9	2,6
Rohdichte	[kg/m³]	2320	2360	2260	2140
W/(CEM + SFA)	–	0,38	0,41	0,40	0,40
Luftgehalt	[%]	3,2	2,1	5,2	6,8

Tab. 1 Zusammensetzung der Betonmischungen, deren E-Moduln und Schwindverhalten in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt sind.

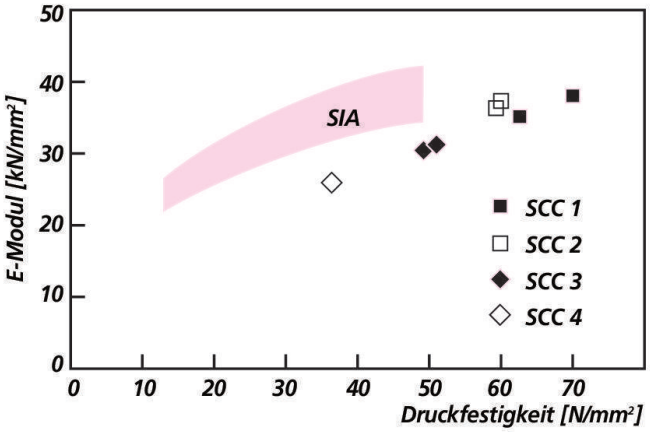

Abb. 3 Beziehung zwischen Druckfestigkeit und E-Modul von SCC (Zusammensetzung der Betonmischungen: Tabelle 1) und von «normalen» Betonen gemäss Norm SIA 162 (rot gefärbter Bereich) [1].

Grafik: TFB

An die Schalungen werden keine speziellen Anforderungen gestellt; sie müssen nicht dichter als Schalungen für «normale» Betone sein. Widersprüchliche Informationen betreffen den Schalungsdruck. Empfohlen wird, auf den hydrostatischen Druck zu dimensionieren. Zudem muss die Schalung gegebenenfalls gegen Auftrieb gesichert werden.
SCC haben einen hohen Widerstand gegen Entmischungen. Übliche Fliessstrecken für SCC sind 2–10 m. Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass das Einbringen sowohl von unten als auch von oben (Fallhöhen bis rund 2 m) erfolgen kann [4]. Wichtig ist, dass die verdrängte Luft entweichen kann. Da SCC nicht bluten, muss unmittelbar nach dem Einbringen mit der Nachbehandlung begonnen werden.

Festbetoneigenschaften
Die Oberflächen von mit SCC hergestellten Bauteilen sind mit üblichen Betonoberflächen vergleichbar. An Schalungsöffnungen sind sie – trotz Selbstverdichtung – rauer als im geschalten Bereich, wenn nicht geglättet oder abgezogen wird.
In *Abbildung 3* ist die Beziehung zwischen E-Modul und Druckfestigkeit, in *Abbildung 4* das Schwindverhalten von vier verschiedenen SCC dargestellt, deren Zusammensetzung in *Tabelle 1* aufgeführt ist. Auffallend ist, dass SCC einen geringeren E-Modul aufweisen und anfänglich schneller schwinden als «Normalbetone», dass sich die Schwindmasse im Verlauf der Zeit aber annähern.
SCC sind homogener als übliche Betone. Bohrkerne, die aus 2 m hohen Wänden entnommen wurden, zeigen keine Abhängigkeit der Druckfestigkeit vom Entnahmeort. Die Dauerhaftigkeitseigenschaften von SCC (W/Z 0,40) entsprachen denjenigen qualitativ hochwertiger Betone [1].

Betonverbrauch Anwendung[1)]	Anteil	Marktpotenzial SCC
Neubau	73 %	1–4 %
Vorfabrikation/Steinzeugproduktion	8 %	10–40 %
Instandsetzung im Hochbau	10 %	25–50 %
Instandsetzung im Tiefbau	5 %	30–60 %
Handel usw.	4 %	–
Marktpotenzial SCC (Gesamt-Betonverbrauch in der Schweiz: ca. 12 Mio. m³)		**0,65–1,65 Mio. m³ (5–15 %)**

[1)] basierend auf Umfragen bei regionalen Betonwerken

Tab. 2 Abschätzung des Marktpotenzials von SCC in der Schweiz (nach [3]).

Einsatzgebiete von SCC

Die Einsatzgebiete von SCC sind bereits jetzt recht vielfältig. Zu ihnen gehören:

- Brücken
- Industriebauten
- Hochhäuser
- Tunnel
- Vorfabrikation
- Instandsetzungen im Hochbau
- Instandsetzungen im Tiefbau.

Eine Abschätzung des Marktpotenzials von SCC in der Schweiz ergab etwa 0,65–1,65 Mio. m^3 bzw. 5–15 % des jährlichen Betonverbrauchs (siehe *Tabelle 2)*. Bevorzugte Anwendungsgebiete sind dabei die Vorfabrikation und Instandsetzungen [3]. Eine Auswahl interessanter, meist grösserer Objekte, die mit SCC realisiert wurden, ist in *Tabelle 4 (Seite 7)* zusammengestellt.

Erfahrungen in einem Transportbetonwerk [4]

Wenn die Rezepturentwicklung abgeschlossen ist, bereitet die Herstellung von SCC keine Probleme. Wichtig ist allerdings eine genaue Anlagensteuerung. Leistungsaufnahmemessungen im Betonmischer sind bei einem Slump flow von bis zu 70 cm nämlich relativ ungenau oder gar nicht möglich (zu geringer Widerstand). Die Komponenten müssen deshalb genau eingewogen und ihr Wassergehalt muss sorgfältig berücksichtigt werden.

In *Tabelle 3* sind die Zusammensetzung sowie einige Eigenschaften einer SCC-Standardmischung aufgeführt.
Für den Transport haben sich Fahrmischer bewährt. Auf der Baustelle muss unbedingt aufgemischt werden, da SCC sich durch die Vibrationen während der Fahrt entmischen können.

Mischungsbestandteil	SCC
CEM I 42,5	325 kg/m^3
Flugasche (SFA)	100 kg/m^3
Zuschlagstoffe	
0/4 mm	53 %
4/8 mm	15 %
8/16 mm	32 %
HBV	1,2 %
Frischbetoneigenschaften	
Slump flow	71 cm
W/(CEM I + SFA)	0,40
Rohdichte	2370 kg/m^3
Luftgehalt	1 %
Festbetoneigenschaften	
Druckfestigkeit	
nach 3 Tagen	38 N/mm^2
nach 7 Tagen	49 N/mm^2
nach 28 Tagen	61 N/mm^2

Tab. 3 Zusammensetzung und Eigenschaften des «Standard-SCC» eines Transportbetonwerks [4].

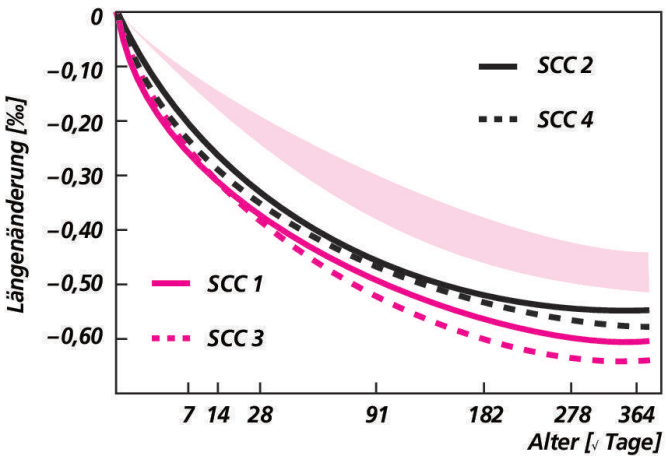

Abb. 4 Schwindverhalten von SCC und «Normalbeton» (Zusammensetzung der Betonmischungen: Tabelle 1). Der rot gefärbte Bereich entspricht dem Schwindbereich von Betonen mit W/Z-Werten um 0,5 [1].

Grafik: TFB

Entscheidend für die Sichtbetonqualität (Lunkerbildung) ist die Geschwindigkeit des Einbringens, die nicht grösser als bei konventionellem Beton sein sollte. Andernfalls sammelt sich zwischen der Betonoberfläche und der Schalung Luft an. Neben dem Einbringen beeinflussen auch die Schalungsart und die Schalmittel die Qualität der Betonoberfläche. Luftblasen könnten zwar durch Vibrieren entfernt werden, dadurch würden aber Entmischungen hervorgerufen.
Erfahrungen konnte der Transportbetonhersteller vor allem mit kleineren SCC-Mengen bei Umbauten und Sanierungen machen. Da hier oft sehr prekäre Raumverhältnisse herrschen, kommen die hohe Fliessfähigkeit und die Selbstverdichtung gut zum Tragen.

Eine etwas spezielle Anwendung von SCC [5]

Der Doppelspur-Bahntunnel Zürich–Thalwil unterquert die bestehenden Gebäude im Bereich des Portals am Meinrad-Lienert-Platz in Zürich in geringem Abstand. Zur Sicherung der Gebäude wurde ein Rohrschirm erstellt, der aus zehn Strän-

gen mit einem Innendurchmesser von 1,25 m besteht. Im Mittel sind die Rohre 145 m lang; das Gefälle beträgt 1,5–2,5 %. Die Rohre sind mit einer Spiralbewehrung versehen. Ursprünglich war geplant, die Rohre mit einem Beton B 35/25 in Etappenlängen von 10–15 m konventionell zu erstellen. Dabei mussten unter anderem die folgenden Vorgaben erfüllt werden:

- keine Entmischung des horizontal über die massive Bewehrung gepumpten Betons
- sehr hoher Verfüllungsgrad.

Schliesslich wurde ein SCC unter Druck eingebaut, der die oben stehenden Anforderungen erfüllt und zudem Etappenlängen von 50 m ermöglichte. Sein Sandgehalt betrug rund 50 % und der Mehlkorngehalt (ø < 0,125 mm) rund 500 kg/m³. Weitere Angaben zur Zusammensetzung:

Zuschlag:	0/16 mm
CEM II/A-L:	380 kg/m³
Flugasche	50 kg/m³
HBV	1,7 % der Zementmasse

Derart zusammengesetzter SCC erfüllte alle Anforderungen, auch wenn er vor dem Einbringen über eine grössere Strecke gepumpt werden musste.

Dank der wesentlich grösseren Etappenlänge sowie des geringeren Arbeitsaufwands konnten beim Betonieren der insgesamt 1350 m Rohrlänge mehr als 2500 Arbeitsstunden eingespart werden; die Betonierzeit verkürzte sich von 207 auf 93 Arbeitstage.

Grenzen von SCC [6]

Für die Instandsetzung der Konsolköpfe des rund 300 m langen Sidegga-Viadukts im Wallis wurde folgendes Vorgehen gewählt: hydrodynamisches Abtragen des bestehenden Konsolkopfs und erneutes Betonieren mit SCC.
Mit der Ermittlung von geeigneten SCC-Rezepturen wurde ein Labor beauftragt. Der SCC sollte wasserdicht, aber nicht frosttausalzbeständig sein. Zudem sollte er ein niedriges Schwindmass und eine geringe Wärmeentwicklung aufweisen.

Ausgegangen wurde von einem SCC, der möglichst wenig Bindemittel (Zement und Flugasche) enthält. Vom Betonwerk wurden Sand, Kies und Zement geliefert. Mit rheologischen Untersuchungen an Mörteln wurden im Labor geeignete Zusammensetzungen für den Beton gefunden. Daraus wurden Betonrezepturen entwickelt und sowohl im Labor als auch im Betonwerk geprüft.
Mit der am besten beurteilten Rezeptur wurde auf der Baustelle ein 4 m langer Versuchskörper in einer geschlossenen Schalung betoniert. Es

LITERATUR

Neben den Angaben der Referenten der TFB-Fachveranstaltung wurden die folgenden Publikationen verwendet:

[7] **Jacobs, F., Hunkeler, F.,** und **Schlumpf, J.,** «Self-compacting concrete», Schweizer Ingenieur und Architekt 1999 [12], 238–242 (1999).

[8] «Self-Compacting Concrete», Proceedings of the First International Rilem Symposium (Stockholm 1999), edited by **Skarendahl, Å.,** and **Petersson, Ö.,** Rilem Publications S.A.R.L., Cachan (1999).

[9 **Nishizaki, T., Kamada, F., Chikamatsu, R.,** and **Kawashima, H.,** «Application of high-strength self-compacting concrete to prestressed concrete outer tank for LNG storage», Seiten 629–638 in [8].

[10] **Jacobs, F.,** and **Hunkeler, F.,** «Design of self-compacting concrete for durable concrete structures», Seiten 397–407 in [8].

Nützliche Informationen über SCC sind auch zu finden in:

[11] **Ozawa, K.,** and **Ouchi, M.,** «Proceedings of the international workshop on self-compacting concrete» (Kochi 1999), CD-ROM.

[12] **Billberg, P.,** «Self-compacting concrete for civil engineering structures – the Swedish experience», herausgegeben vom Cement och Betong Institutet, Stockholm (1999).

Objekt	Bauteil	«Rezeptur»	Betoneigenschaften	Vorteile	Lit.
Akashi Bridge, Japan (längste Schrägseilbrücke)	Brücken-Abspann-kopf 0,39 Mio m^3 SCC	Zement und Kalksteinfüller Grösstzuschlag 40 mm		• Bauzeit von 2,5 auf 2 Jahre verkürzt	[2]
Brückenbau in Schweden	Regelbauweise des schwedischen Amts für Strassenbau	Zement und Kalksteinfüller	W/Z < 0,40 frosttausalzbeständiger Beton mit hohem Chlorideindring-widerstand	• verbesserte Dauerhaftigkeit durch gleichmässige Betonqualität • schlankere Betonkonstruktion dank höherer Festigkeit	[2]
Vorgespannter Flüssiggasbehälter in Japan	Durchmesser: 84,2 m Höhe: 38,4 m Dicke: 0,8 m 12 000 m^3 SCC 10 Lifte von 4,4 m Höhe	Zement: 515 kg/m^3 Kalksteinfüller: 70 kg/m^3 Zuschlagstoffe: 0/20 mm HBV: 9 kg/m^3	W/Z 0,33 4,5 Vol.-% Luftporen	• Liftzahl von 14 auf 10 verringert • Facharbeiterzahl von 150 auf 50 verringert • Bauzeit von 22 auf 18 Monate verkürzt	[2, 9]
Millennium Tower, Wien (50-geschossiges Bürogebäude)	Grundfläche: ca. 1000 m^2 Höhe: 185 m	SCC-Kranbeton zum Verfüllen von 6 m hohen tragenden Stahlstützen	Beton B 40/30 (oben) und B 60/50 (unten)	• Herstellung geometrisch anspruchsvoller Bauteile • Dauerhaftigkeit erhöht (Hohlräume vermieden) • Personalkosten eingespart • Betonieren ohne Lärmentwicklung	[2]
Kulturzentrum Meudon	SCC-Sichtbeton bei Stahlbetonbau aus Transportbeton und vorfabrizierten Elementen	Weisszement und Nanosilika		• anspruchsvolle Oberflächen (wenig Lunkern) • Dauerhaftigkeit erhöht (keine Hohlräume) • Personalkosten eingespart • Betonieren ohne Lärmentwicklung	[2]
Binz-Center 2000, Zürich	Zwischenwände (8,00 x 4,50 m) nachträglich unter bestehender Stahlbetondecke eingebaut	Zement: 300–350 kg/m^3 Flugasche: 150–100 kg/m^3	Frischbeton pumpbar über 30 m Beton B 35/25	• kostengünstiger als Wände aus Kalksandstein	
Tunnel Schwimmbad, Reinach	Instandsetzung von Wänden und Stützen	CEM I 32,5: 325 kg/m^3 Flugasche: 100 kg/m^3	W/B 0,48 4,6 Vol.-% Luftporen B 40/30, frosttausalzbeständig	• Erhöhung der Dauerhaftigkeit durch gleichmässige Betonqualität • Betonoberfläche mit wenig Fehlstellen • Verkürzung der Bauzeit	[2]
Uno City Center, Wien	Verstärkung von Unterzügen	CEM I 32,5: 300 kg/m^3 Hochofenschlacke: 200 kg/m^3 Zuschlagstoffe: 0/16 mm	W/Z 0,50; W/B 0,40	• geometrisch anspruchsvolle Bauteile mit hohem Bewehrungsgehalt • Dauerhaftigkeit erhöht (keine Hohlräume) • Betonieren ohne Lärmentwicklung	[2]
Rempenbrücke im Vorderthal (SZ)	Instandsetzung der Stahlbeton-Strassenbrücke aus dem Jahr 1923	Pumpbeton CEM II/A-L 32,5: 450 kg/m^3 Zuschlagstoffe: 0/16 mm HBV: 1,4 % (bezogen auf Zementmasse) LP: 0,4–0,6 % (bezogen auf Zementmasse)	Frischbeton: • W/Z 0,38–0,40 • Rohdichte: 2280–2320 kg/m^3 • Luftporen: 4–6 % Festbeton: • 28-Tage-Druckfestigkeit: 45–50 N/mm^2 • Frostbest.: BE I F: mittel		[3]

Tab. 4 Eine Auswahl von teilweise sehr grossen Bauten aus SCC.

resultierte ein Beton, dessen Oberfläche im Bereich der Konterschalung viele 1–2 mm tiefe Löcher mit mehreren cm Durchmesser aufwies, dessen Seitenflächen aber eine gute Qualität hatten. Seine Dichtigkeit und die Druckfestigkeit waren hoch. Nach einem weiteren Vorversuch mit ähnlichem Ergebnis wurde eine erste Etappe von 26 m Länge betoniert, die ein Längsgefälle von 7 bis 8 % aufwies. Die Konterschalung wurde mit mehr Löchern versehen und mit einer Wasser abführenden Schalungsbahn ausgekleidet. Gepumpt wurde von unten. Nachdem der SCC in der Schalung rund 15 m weit geflossen war, trat an der Schalung eine Leckage auf, was zum Austritt von SCC führte.

Die Probleme mit den Löchern liessen sich auch bei zwei weiteren Betonieretappen nicht beheben. In Schweden haben sich bei der Herstellung von Brücken mit Quergefällen von 1 bis 2 % «steife» SCC bewährt, die ohne Konterschalung eingebaut wurden.

Frank Jacobs und *Kurt Hermann, TFB*