

Erfahrungen mit SVB in der Schweiz

Frank Jacobs, TFB, Lindenstrasse 10, CH-5103 Wildegg

Rückblick

Die Entwicklung von SCC in Japan wurde von allem Anfang an verfolgt. Mit den ersten Anwendungen von selbstverdichtendem Beton (SVB) 1996 in Europa (Frankreich, Schweden) wurde der Startschuss für SVB in der Schweiz gegeben. Ende 1996 wurde mit den ersten grösseren Untersuchungen im Labor begonnen, die ersten Feldversuche wurden 1998 durchgeführt. Der breiteren Fachöffentlichkeit wurde der SVB, der in der Schweiz als SCC (self compacting concrete) bezeichnet wird, an der Jahreswende 1998/99 durch Fachveranstaltungen der Betonzusatzmittelproduzenten MBT und Sika vorgestellt. Kurze Zeit später wurden in der Schweiz erste Artikel über SCC publiziert [1]. Ab diesem Zeitpunkt fanden viele Informationsveranstaltungen, vor allem der Betonzusatzmittelhersteller, statt und an vielen Stellen wurde der Einsatz von SCC mit mal mehr, mal weniger Erfolg ausprobiert. Es herrschte damals eine gewisse Euphorie, die ab etwa dem Jahr 2000 einer teilweisen Ernüchterung Platz machte. Mit der Ernüchterung schälten sich auch die am meisten erfolversprechenden Einsatzgebiete heraus. An einer Veranstaltung der TFB im November 1999 [2] wurden von Schlumpf Abschätzungen zum Marktpotential von SCC vorgestellt (Tabelle 1). Das zukünftige Marktpotential für SCC wurde auf etwa 10 % des gesamten Betonmarktes geschätzt. Als Haupteinsatzgebiete wurden Instandsetzungsarbeiten im Hoch- und Tiefbau bezeichnet.

Tabelle 1: Abschätzung des Marktpotentials von SCC in der Schweiz gemäss Schlumpf [in 1]

| Betonanwendung | Marktanteil [%] | Marktpotential SCC [%] |
|--|-----------------|------------------------|
| Neubau | 73 | 1 – 4 |
| Vorfabrikation / Steinzeugproduktion | 8 | 10 – 40 |
| Instandsetzung im Hochbau | 10 | 25 – 50 |
| Instandsetzung im Tiefbau | 5 | 30 - 60 |
| Handel | 4 | - |
| jährliches Betonvolumen [10^6 m^3] | 12 | 0.7 – 1.7 |

SCC und Normung

Für Betonbauten ist in der Schweiz die Norm SIA 162 [3] massgebend. In dieser Norm werden auf 14 Seiten Hinweise zu geeigneten Betonzusammensetzungen und Richtwerte für wichtige Betoneigenschaften gegeben. Als ein wesentliches Element beim Betonbau enthält die Norm den Absatz 5 13 22:

„Die Verwendung von Beton mit besonderen Eigenschaften [wie Dichtigkeit, Frostbeständigkeit, Frost-Tausalzbeständigkeit, chemische Beständigkeit und Abriebfestigkeit] setzt systematische, schlüssige Vorversuche voraus, die zeigen, dass die gestellten Anforderungen an den Beton im Tragwerk erreicht werden.“

Gemäss diesem Absatz und auch den weiteren Ausführungen sind somit weniger genaue Vorgaben zu der Betonzusammensetzung von Bedeutung als die mit einer geeigneten Zusammensetzung erzielten Eigenschaften. Sollen mit SCC wichtige Bauteile erstellt oder instandgesetzt werden, sind entsprechende Vorversuche durchzuführen. Dies erklärt, warum von vielen Akteuren Versuche mit SCC durchgeführt wurden. Natürlich waren nicht alle Versuche erfolgreich.

Was bedeutet nun der Passus „systematische, schlüssige Vorversuche“? Damit ist gemeint, dass der Projektierende alle für den Beton relevanten Eigenschaften und natürlich die damit verbundenen Bauteilabmessungen, den Baufortschritt, die Nachbehandlung etc. festlegt. Nach dieser Festlegung wird in der Regel mit Versuchen im Betonwerk die grundsätzliche Machbarkeit des Betons geprüft. Handelt es sich um lange Transportstrecken, schwierige Einbauverhältnisse oder andere Erschwernisse beim Betoneinbau, sind weitere Vorversuche durchzuführen. Bei diesen Vorversuchen sind dann alle relevanten Punkte zu prüfen, d.h. es werden auch Bauteile im Massstab von ca. 1: 1 hergestellt. Natürlich wird nicht bei jedem Betonvorhaben bei „Null“ begonnen, sondern auf bewährte Betonrezepturen zurückgegriffen und diese dann bei Bedarf modifiziert.

Diese bewährte Methodik soll auch bei der Einführung der europäischen Betonnorm EN 206-1 im Jahr 2003 beibehalten werden. Im Entwurf des nationalen Vorwortes zur EN 206-1 vom Mai 2000 wurde konsequenterweise vorgeschlagen, dass bei Expositionsklassen keine minimalen oder maximalen Anforderungen an die Betonzusammensetzungen gestellt werden. Vielmehr soll der Nachweis der für die Expositionsklassen notwendigen Betoneigenschaft mit entsprechenden Prüfungen geführt werden können.

Was ist SCC und bestehen besondere Prüfungen?

Unter SCC wird im Allgemeinen ein Beton mit einem w/z-Wert < 0.5 verstanden, bei dem durch die Verwendung eines Fliessmittels und nicht durch eine Wasserzugabe die entsprechende Konsistenz erzielt wird. Die Anmachwassergehalte liegen im Bereich von etwa 180 l/m^3 , die Bindemittelgehalte bei etwa $> 400 \text{ kg/m}^3$ und der maximale Durchmesser der Zuschläge bei 16 bis 32 mm. Liegen die Bindemittelgehalte bei eher 400 kg/m^3 werden eher Stabilisatoren verwendet, bei Bindemittelgehalten von etwa 500 kg/m^3 wird eher auf Stabilisatoren verzichtet.

Für SCC bestehen nur bei der Frischbetonkontrolle spezielle Prüfmethode. Diese sind jedoch nicht normiert und zur Zeit bestehen auch keine diesbezüglichen Bestrebungen. Bewährt hat sich der Ausbreitversuch, jedoch ohne Betonverdichtung und ohne 15maliges Tischheben oder der gleiche Versuch, jedoch mit dem Slump Konus. Beim ersten Versuch werden Ausbreitmasse von 550 – 650 mm, bei letzterem Versuch Ausbreitmasse von 600 - 700 cm angestrebt. Soll SCC bei Bauteilen mit engen Bewehrungslagen eingesetzt werden, wird die schwedische L-Box verwendet. Daneben werden auch weitere Frischbetonprüfverfahren aus dem Ausland benutzt und neue entwickelt. Bei der Rezepturentwicklung von SCC erwiesen sich rheologische Untersuchungen an Mörteln als vorteilhaft [8].

Einsatz von SCC in der Schweiz

Von verschiedenen Stellen wurden umfangreiche Versuche mit SCC durchgeführt [1, 5, 6], um die durch die besondere Betonzusammensetzung bedingten Betoneigenschaften zu bestimmen. Hierzu gehörten Versuche u.a. zur Bestimmung der Dauerhaftigkeitskenngrößen wie Durchlässigkeit, Frostbeständigkeit, Frost-Tausalzbeständigkeit sowie das Schwinden und Kriechen.

SCC wird u.a. wegen folgender Eigenschaften benutzt:

- Selbstverdichtung, d.h. kein Bedarf für Rüttler und somit
 - keine diesbezüglichen Lärmemissionen (in der neuesten Baulärm-Richtlinie ist SCC deshalb auch als lärmindernde Massnahme erwähnt [7])
 - die Möglichkeit bei schwierigen Bauteilverhältnissen die Schalung vollständig zu füllen und die Bewehrung vollständig einzubetten [4].
- Dichtigkeit [10]

Betrachtet man die Einsatzgebiete von SCC, so bestätigt sich die in Tabelle 1 dargestellte Prognose. Beim Neubau wird SCC z.B. bei schwierigen Verhältnissen, bei denen die Eigenschaft Selbstverdichtung wichtig ist, verwendet [1, 2, 4]. Der Einsatz von SCC in Fertigteilwerken wurde an verschiedenen Stellen untersucht (u.a. [8]). Instandsetzungsarbeiten mit SCC stehen volumenmässig im Vordergrund. In [2] wird z.B. über Versuche berichtet, bei denen die Konsolköpfe des Sidegga-Viadukts mit SCC instandgesetzt werden sollten. Obwohl die technischen Eigenschaften des SCC sich als sehr gut erwiesen, wurde SCC nicht für die Ausführung gewählt, da bei den Vorversuchen die Betonoberflächen ästhetisch nicht befriedigten. Es traten im Bereich der Konterschaltung 1 –2 mm tiefe Lunkern auf. In [9] wird über Verstärkungsmassnahmen an einer Brücke mit SCC berichtet.

Eine der bisher grössten Anwendungen von SCC wurde bei der Instandsetzung der Schöneichtunnels in Zürich durchgeführt [10]. Der Schöneichtunnel verbindet die Innenstadt von Zürich mit dem Autobahnring im Norden (Abbildung 1). Der Tunnel hat eine Länge von ca. 750 m. Unterhalb einer Seite des Tunnels befindet sich ein Strassenbahntunnel (

Abbildung 2). Ca. 100'000 Fahrzeuge passieren täglich den Schöneichtunnel. Durch den 20-jährigen Betrieb des Tunnels wurden starke Schäden hervorgerufen. Durch Tausalze eingetragene Chloride führten zu Bewehrungskorrosionen. Die Chloridgehalte erreichten bis über 4 M-% vom Zement. Zwischen März und Oktober 2001 wurden deshalb die Tunnels instandgesetzt. Im Auftrag des Bauherren arbeitete die Ingenieurgesellschaft Dobler, Schällibaum & Partner mit Ernst Basler & Partner das Instandsetzungsprojekt aus. Die TFB unterstützte dabei die Ingenieurgesellschaft in betontechnologischen Fragen und war für die Beurteilung der Betonqualität bei den Vorversuchen und der Ausführung verantwortlich. Die Arbeitsgemeinschaft bestand aus der Firma Spaltenstein Hoch + Tiefbau AG mit den Partnern Baur + Cie AG, KIBAG, Zschokke Locher AG and Granella AG.



Abbildung 1: Lage Schöneichtunnel (Schöneich) [10]

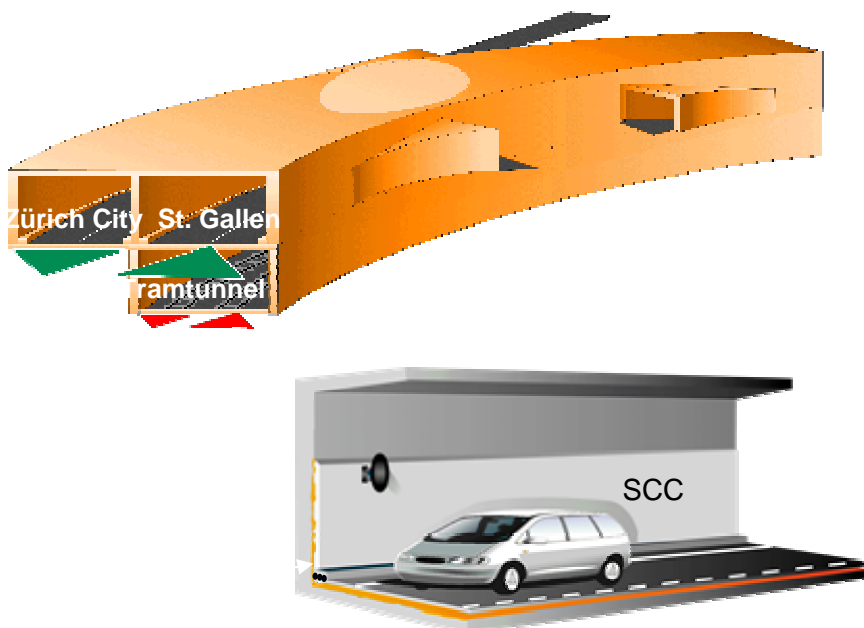


Abbildung 2: Schematische Schnitte durch den Schöneichtunnel [10]

Die Arbeitsgemeinschaft entschied sich von Anfang an, die Instandsetzung mit SCC durchzuführen, da der neue Beton nur in einer Schichtstärke von 6 bis 10 cm vorzubetonieren war. Eine Schichtstärke von 10 cm war – ab Fahrbahnplatte – bis in eine Höhe von ca. 1.5 m notwendig, da hier die Chloride tiefer eingedrungen waren und somit mehr Beton abzutragen war. Insgesamt galt es mit ca. 700 m³ SCC ca. 9000 m² zu reprofilieren. Nähere Informationen zum Projekt sind in [10] enthalten.

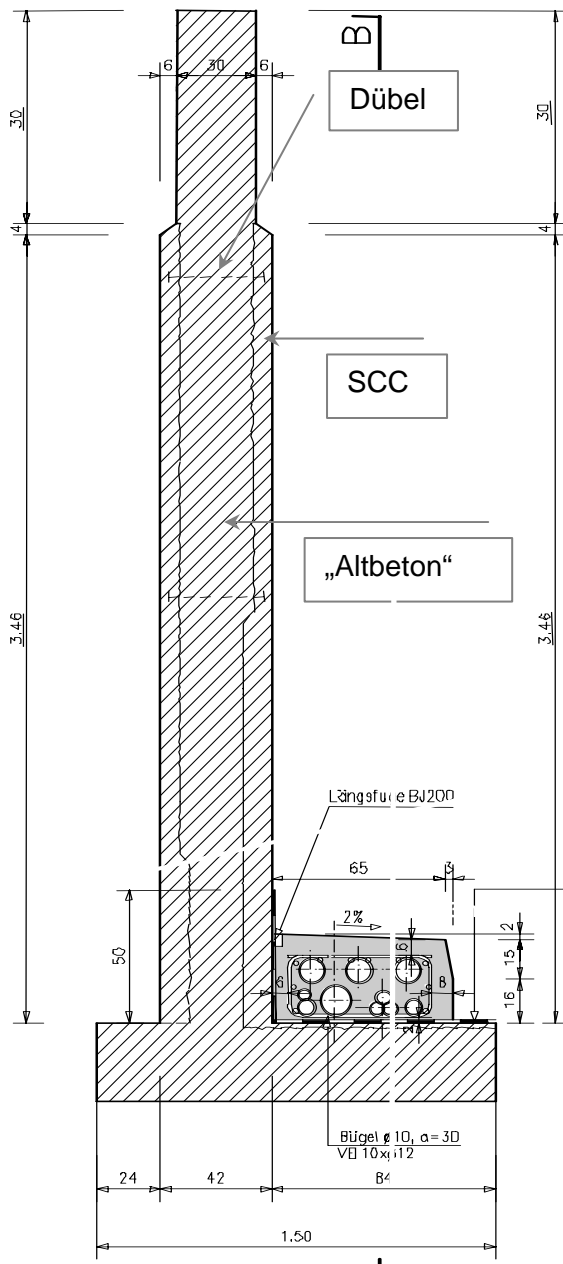


Abbildung 3: Skizze der Versuchswand [11]

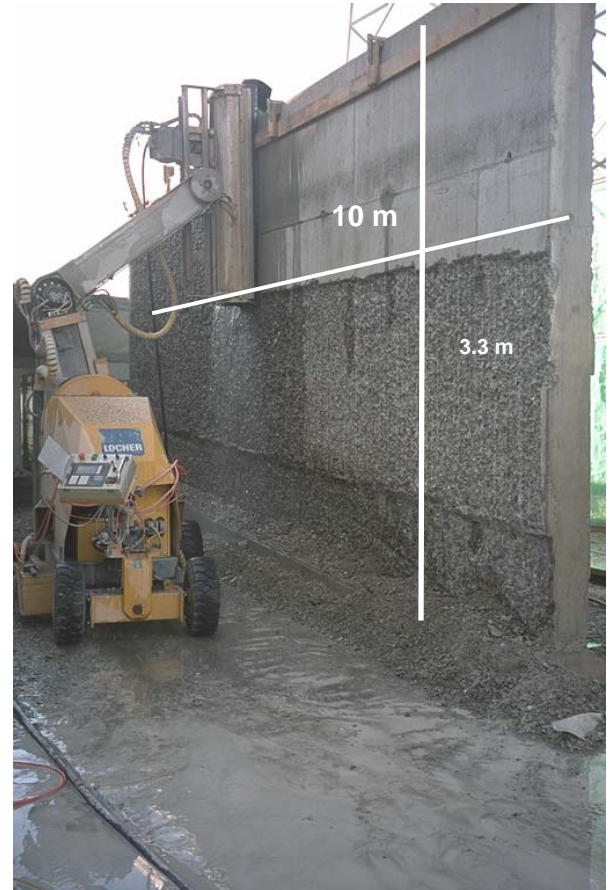


Abbildung 4: Höchstdruckwasserabtrag an der Versuchswand (rechts oben), Aufrichten der Schalung zum Vorbetonieren (rechts unten)

Vor Beginn der Ausführung kam hier das Konzept der Norm SIA 162 zur Anwendung. Ein Wandelement wurde in einer Autobahnmeisterei nachgebildet (Abbildung 3). Am Element wurde die Betonrandzone - wie später im Tunnel vorgesehen - mit Hochdruckwasserstrahlen (Abbildung 4) abgetragen und das Element für die Versuche eingehaust und beheizt (Abbildung 4, 5), um die Umgebungsbedingungen ähnlich zu denen im Tunnel zu gestalten. An diesem Element wurden zwischen November 2000 und Februar 2001 verschiedene Betonrezepturen ausprobiert.

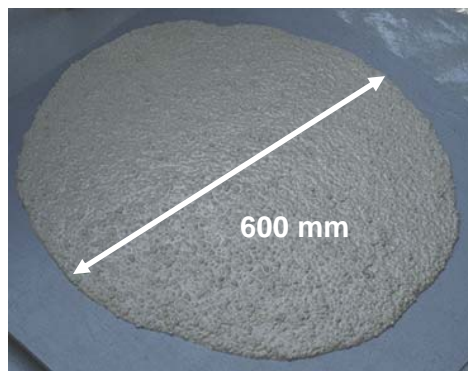


Abbildung 5: SCC-Konsistenz beim modifizierten Ausbreitmassversuch, d.h. ohne Verdichtung und Tischheben (oben) und ausgeschaltete Betonoberfläche mit davor liegendem Heizschlauch (rechts)



Bei den Vorversuchen wurden von verschiedenen Betonrezepturen die Frisch- und die Festbetoneigenschaften sowie die ästhetische Qualität der Betonoberfläche geprüft. Da die Instandsetzung ab dem März bis in den Herbst 2001 hinein geplant war, galt es die Konsistenz des SCC bei verschiedenen Frischbetontemperaturen und in Abhängigkeit von der Verarbeitungsdauer zu prognostizieren. Hierzu wurden rheologische Untersuchungen an Mörteln mit zwei in Frage kommenden Zementen (jeweils CEM II/A-LL 32.5 R) durchgeführt (Abbildung 6). Bei einer Betontemperatur von 5 °C ist kein unterschiedliches Ansteifverhalten der beiden Betone zu erwarten. Der bei Versuch D eingesetzte Beton wird jedoch bei Betontemperaturen von 15 und 25 °C deutlich stärker ansteifen als der Beton der Wand E.

Sowohl die Betonmischung in den Versuchen A, B (Tabelle 2) und weitere, hier nicht aufgeführte, erfüllten die gestellten Anforderungen weitestgehend. Jedoch waren an der Betonoberfläche viele Lunkern zu sehen und Haarrisse traten kurz nach dem Betonieren auf. Die in Versuch E benutzte Betonmischung wies ausreichende Frisch- und Festbetoneigenschaften (Tabelle 2), den grössten Widerstand gegen Entmischungen und die beste Betonoberfläche auf. Diese Rezeptur kam auch bei der Ausführung zur Anwendung. Bei der Ausführung wurden an mehr als 200 Prüfkörpern Qualitätskontrollen durchgeführt. Bei diesen Versuchen wurde die hohe Qualität bestätigt, jedoch konnte nicht bestätigt werden, dass SCC bessere Eigenschaften aufweist als es aufgrund der Zusammensetzung (z.B. w/z-Wert) zu erwarten wäre.

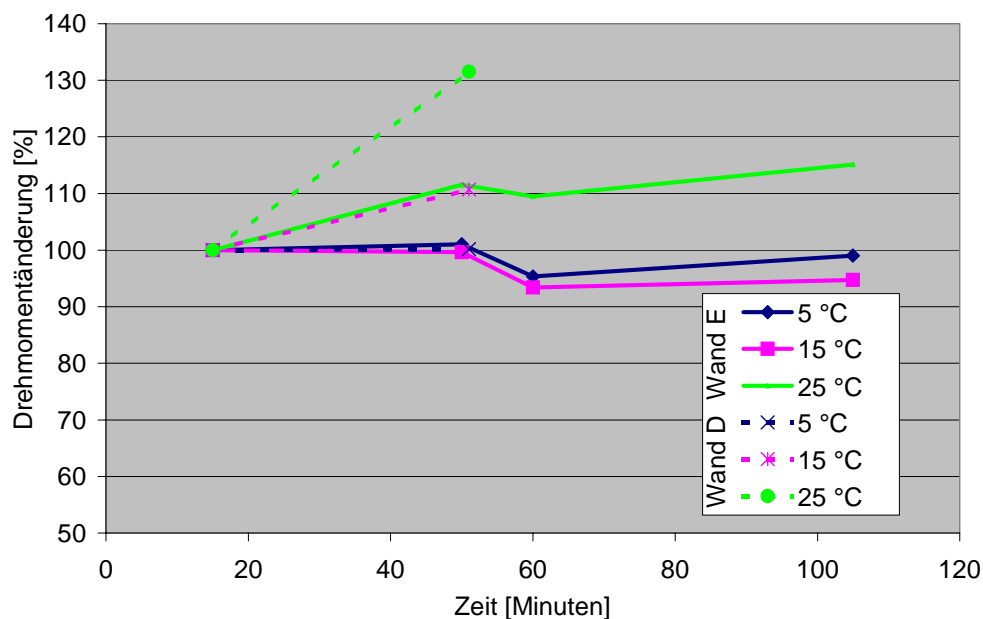


Abbildung 6: Drehmomentänderung als Mass für das Ansteifverhalten von Mörteln mit Zusammensetzungen, die den Betonen der Versuch D und Versuch E entsprechen

Tabelle 2: Betonzusammensetzungen bei den Vorversuchen und der Ausführung, ausgewählte Frisch- und Festbetonkenngrössen und Anforderungen; MW: Mittelwert; EW = Einzelwert

| Versuch | | A | B | E | Anforderungen |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------|---------|-------------------|
| Zementart | | CEM II/A-LL 32.5 R | | | |
| Zement Z | [kg/m ³] | 450 | 450 | 361 | |
| Flugasche FA | [kg/m ³] | | | 112 | |
| Zuschlag, gerundet | [mm] | 0 – 8 | 0 – 8 | 0 - 16 | |
| Fliessmittel | [% v. Z+FA] | 1.6 | 1.5 | 1.6 | |
| Luftporenbildner | [% v. Z+FA] | 0.10 | 0.25 | 0.3 | |
| Schwindreduktionsmittel | [% v. Z+FA] | | | 1.0 | |
| | | | | | |
| Frischbeton | | | | | |
| Rohdichte | [kg/m ³] | 2340 | 2280 | 2300 | |
| Ausbreitmass (ohne Tischheben) | [mm] | 600 | 700 | 630 | 540 – 650 |
| Luftporengehalt | [Vol.-%] | 2.6 | 5.0 | 4.2 | 3.0 – 7.0 |
| W / (Z+FA) | [-] | 0.47 | 0.45 | 0.39 | ≤ 0.43 + 0.02 |
| | | | | | |
| Festbeton 28 Tage | | | | | |
| Druckfestigkeit | [MPa] | 61 | 62 | 62.1 | |
| Elastizitätsmodul | [GPa] | 31.6 | 33.9 | 36.2 | |
| Chloriddiffusionskoeffizient | [10 ⁻¹² m ² /s] | 16 | 15 | 2.3 | |
| Kapillares Saugen | [g / m ² h] | 4.9 | 4.2 | 3.4 | ≤ 7 (MW) ≤ 8 (EW) |
| Frost-Tausalzswiderstand | [-] | mittel | hoch | hoch | hoch |
| Gaspermeabilität (Median) | [10 ⁻¹⁶ m ²] | 0.07 | 0.07 | 0.06 | |
| Betonoberfläche | | Risse, Lunkern | | Lunkern | |

Als ein wichtiger Aspekt der Qualitätssicherung beim SCC erwies sich die Konstanz in den Frischbetoneigenschaften. Der SCC musste ein so hohes Mass an Stabilität aufweisen, dass die üblicherweise aufgetretenen Schwankungen z.B. durch den Wassergehalt des Sandes nicht zu einer zu steifen Konsistenz oder Entmischungen führten. In Abbildung 7 sind die Ergebnisse der Frischbetonkontrolle während der Ausführung der Phase 1 von der Instandsetzung (März bis Mai 2001) dargestellt. Die Anlieferung des SCC vom Betonwerk bis zur Baustelle dauerte zumeist zwischen 40 und 50 Minuten, die Betontemperaturen variierten zwischen etwa 10 und 20 °C und der Luftporengehalt in der Regel zwischen ca. 2.5 und 5 Vol.-%. Das Ausbreitmass lag bei ca. 55 bis 65 cm und der $w/(Z+FA)$ schwankte zumeist zwischen ca. 0.36 und 0.41. Die nach 28-Tagen bestimmten Druckfestigkeiten variierten zwischen etwa 40 und 50 N/mm².

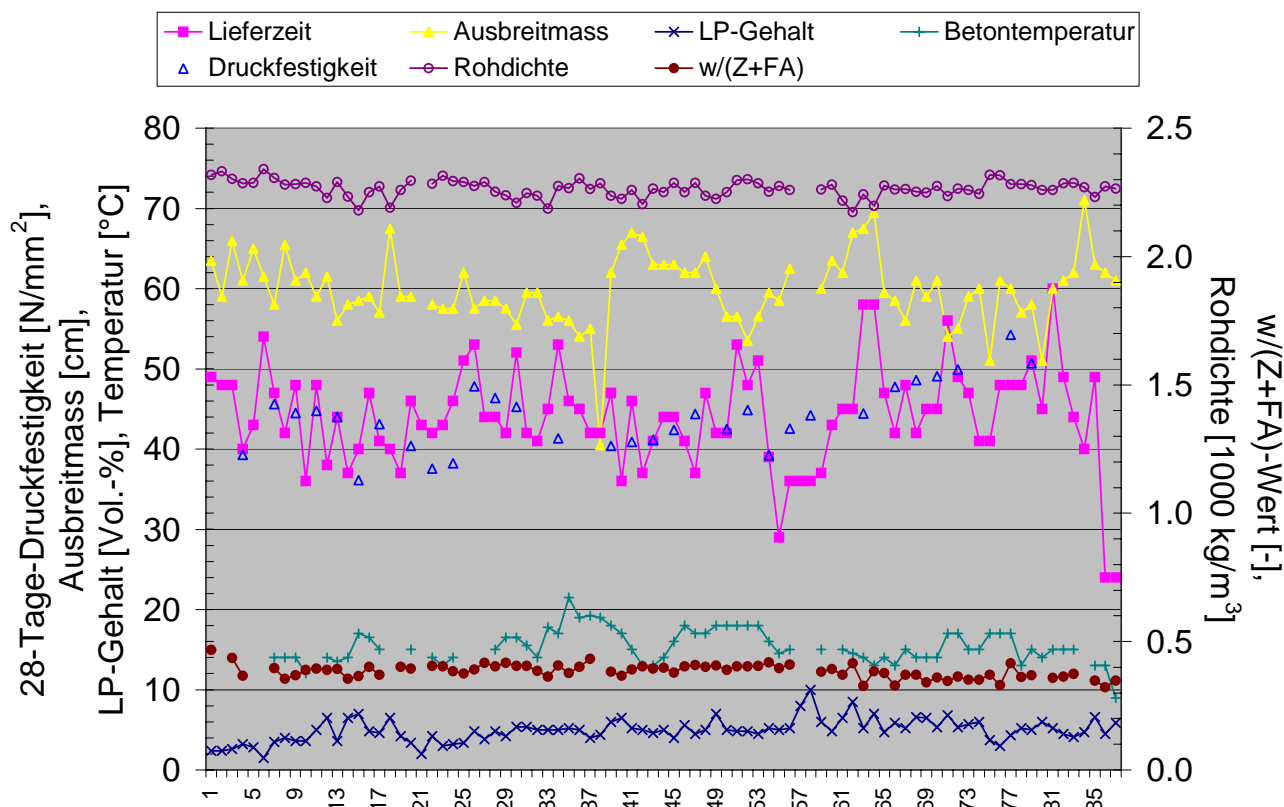


Abbildung 7: Frischbetoneigenschaften des SCC in Phase 1 der Ausführung

Üblicherweise findet die Qualitätskontrolle von Bauwerken an separat hergestellten Probekörpern und an aus dem Bauteil gezogenen Bohrkernen statt. Bei diesem Projekt wurde versuchsweise die Gaspermeabilität des Randbetons zur Qualitätskontrolle bestimmt. Hierzu wurde eine Saugglocke auf den Beton aufgesetzt, evakuiert und der Druckabfall in der Glocke bestimmt. Bereits bei den Vorversuchen zeigte sich das Potential der Messmethode. Der Medianwert der Gaspermeabilitäten lag in der Klasse 1 (Tabelle 3) bei den Messungen nach 28 Tagen nach der Herstellung. 2- 4 Wochen später wurden manche Stellen erneut gemessen. Die dann ermittelten Werte lagen im unteren Bereich der Klasse 2. Die Methode erwies sich als sehr empfindlich auf Haarrisse; auch wenn diese an der Messstelle zum Zeitpunkt der Messung noch nicht sichtbar waren, ergaben sich hohe Gaspermeabilitäten. Tage oder Wochen später waren die Haarrisse sichtbar. Zwischen der Gaspermeabilität und dem kapillaren Saugen bestand nur ein loser Zusammenhang; dies, da sich bei der Gaspermeabilität einzelne, oberflächennahe Risse stark bemerkbar machen. Die Ergebnisse der Messungen im Tunnel stehen noch aus.

| Klasse | Gaspermeabilität [10^{-16} m^2] | erreichbar mit einem Beton mit einem w/z-Wert [-] |
|--------|--|--|
| 5 | ≥ 10 | |
| 4 | 1 – 10 | 0.80 |
| 3 | 0.5 - 1 | 0.60 |
| 2 | 0.1 – 0.5 | 0.50 |
| 1 | ≤ 0.1 | 0.40 |

*Tabelle 3: Vorge-schlagene Gasperme-
abilitätsklassen [13]*

An der Betonoberfläche sowohl der Versuchswand als auch der Tunnelwände sind Poren und Lunkern sichtbar. Die Grösse und Lage der Lunkern zeigte keinen Zusammenhang zum Luftporengehalt des Frischbetons, der Lage der Einfüllstutzen oder der Einfüllgeschwindigkeit. Möglicherweise haben (kleinste) Rauigkeiten der Schalung und das Schalmittel einen Einfluss hierauf.

Der Frostausalz widerstand, der an separat hergestellten Prüfkörpern bestimmt wurde, war mittel bis hoch. Es wird abgeklärt, ob dies z.B. auf einer weniger homogenen Verteilung und/oder Verminderung der Wirksamkeit der Luftporen beruhen könnte.

Neben den geschilderten technischen Aspekten beim Einsatz von SCC, sind auch die ökologischen Eigenschaften erstmals näher betrachtet worden [14]. In der Schweiz werden beim Einsatz von Baustoffen deren Umweltauswirkungen vermehrt hinterfragt. Um erste Erkenntnisse zu den ökologischen Eigenschaften von SCC zu erhalten, wurden die Auswirkungen der Herstellung der Betonausgangsstoffe und des SCC auf die Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Ozonabbaupotential, Versäuerungspotential, Eutrophierungspotential, Oxidantienbildungspotential und auf den Bedarf an erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie studiert. Näheres zu den Wirkungskategorien sind in [15] enthalten. Zum Vergleich wurde ein üblicher Normalbeton mit betrachtet. Es ist klar, dass aufgrund der Beschränktheit der Untersuchung die Aussagen nicht einfach verallgemeinert werden dürfen. Die Betonzusammensetzungen sind in Tabelle 4 enthalten. Die Wirkungskategorien und der Energiebedarf der betrachteten Betone sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 4: Zusammensetzung und Eigenschaften von verschiedenen SCC und einem Normalbeton (NB)

| | | NB | SCC 1 | SCC 2 | SCC 3 |
|------------------------------|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Zusammensetzung | | | | | |
| Zement CEM II/A-L | [kg/m^3] | | 450 | 430 | |
| Zement CEM I | [kg/m^3] | 300 | | | 350 |
| Hochofenschlacke HS | [kg/m^3] | | | | 110 |
| Silikastaub MS | [kg/m^3] | 0 | | 20 | |
| Fliessmittel | [kg/m^3] | 0 | 7.2 | 7.2 | 14.7 |
| w/(CEM+MS+HS) | [-] | 0.62 | 0.47 | 0.41 | 0.37 |
| 28-Tage-Eigenschaften | | | | | |
| Druckfestigkeit | [N/mm^2] | 40.1 | 61 | 59.3 | 56.9 |
| Chloridmigrationkoeffizient | [$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$] | 19.7 | 16.3 | 8.9 | 7.5 |
| Kapillares Saugen | [$\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$] | 6.6 | 4.9 | 4.7 | 6 |
| Gaspermeabilität | [10^{-16} m^2] | 0.49 | 0.44 | | |

Tabelle 5: Umwelteigenschaften (Wirkungskategorien) und Energiebedarf verschiedener SCC und einem Normalbeton (NB)

| | | NB | SCC 1 | SCC 2 | SCC 3 |
|---|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Treibhauseffekt | [kg/m ³] | 268 | 350 | 335 | 317 |
| Ozonabbaupotential | [kg/m ³] | 6.3 · 10 ⁻⁰⁵ | 7.9 · 10 ⁻⁰⁵ | 7.6 · 10 ⁻⁰⁵ | 7.4 · 10 ⁻⁰⁵ |
| Versäuerungspotential | [kg/m ³] | 0.58 | 0.84 | 0.81 | 0.84 |
| Eutrophierungspotential | [kg/m ³] | 0.068 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| Oxidantienbildungspotential | [kg/m ³] | 0.061 | 0.085 | 0.082 | 0.080 |
| Bedarf an erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie | [MJ/m ³] | 377 | 513 | 491 | 456 |
| | [MJ/m ³] | 1041 | 1589 | 1526 | 1524 |

Da SCC teilweise bessere Eigenschaften als „Normalbeton“ aufweist, wurden sowohl die technischen (Abbildung 8) als auch die ökologischen (Abbildung 9) Eigenschaften zum besseren Vergleich jeweils auf die des Normalbetons bezogen.

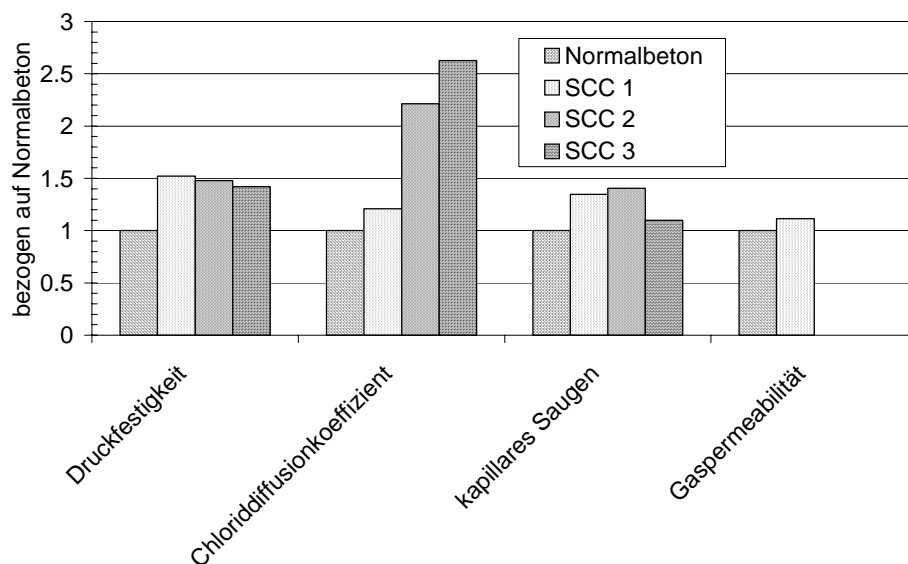


Abbildung 8: SCC Eigenschaften bezogen auf die von Normalbeton; ein höherer Wert bedeutet, eine bessere Eigenschaft (höhere Festigkeit, geringere Permeabilität...)

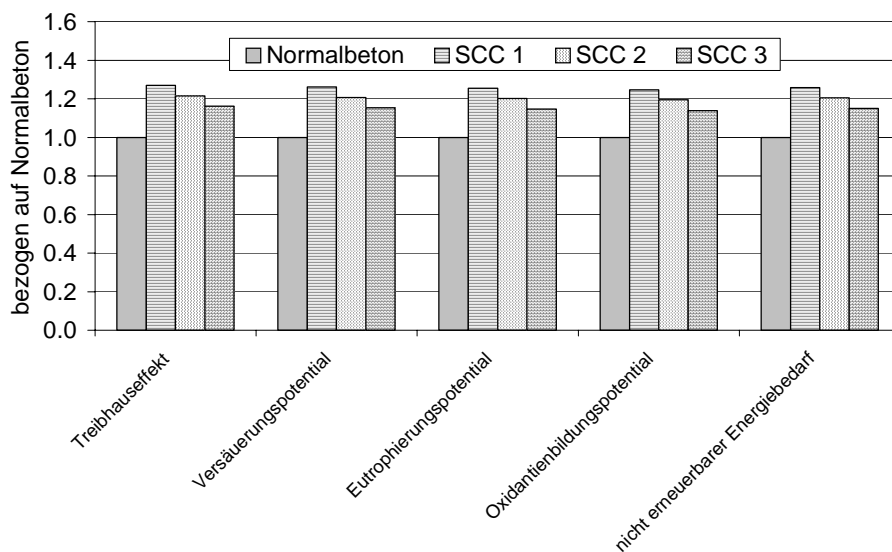


Abbildung 9: SCC Wirkungskategorien und Energiebedarf bezogen auf den Normalbeton

Die bezogenen Werte der Umweltauswirkungen (Abbildung 9) variieren zwischen 1.1 und 1.3. Werden diese mit den bezogenen Werten in Abbildung 8 verglichen, zeigt sich z.B. bei der Druckfestigkeit, dass die betrachteten SCC ein besseres ökologisches Profil als der betrachtete Normalbeton aufweisen, da die Druckfestigkeiten beim SCC etwa das 1.5fach des Normalbetons betragen. Werden die Umweltauswirkungen von SCC 3 im Vergleich zum Normalbeton angeschaut, ergibt sich für den SCC beim Chloridmigrationskoeffizienten eine bessere und beim kapillaren Saugen ein schlechteres Umweltprofil. Je nach Betrachtungsweise (Betoneigenschaft, Betonzusammensetzung) kann SCC – unter Ausnutzung seines Leistungsvermögens - folglich ein besseres oder schlechteres Umweltverhalten als Normalbeton haben.

Abschliessende Bemerkungen

Nach einer ersten Euphorie verbreitet sich heute eher eine gewisse Ernüchterung. Dies, da einerseits SCC nicht ohne weiteres in konstanter Qualität hergestellt werden kann und andererseits mit SCC erstellte Bauteile nicht in allen Belangen überragende Eigenschaften aufweisen.

SCC wird in der Schweiz überwiegend bei Instandsetzungsarbeiten verwendet.

Zukünftig gilt es noch mehr Erfahrungen mit SCC zu sammeln und das ökologische Profil von SCC genauer zu erfassen und zu bewerten.

Literatur

- [1] Jacobs, F., Hunkeler, F., Schlumpf, J. (1999): Self Compacting Concrete.- SI+A, 26. März 1999, 4 - 8
- [2] Jacobs, F., Hermann, K. (2000): Self-Compacting Concrete.- Cementbulletin, 1, 7 p
- [3] SIA (1993): Betonbau.- SIA Zürich, 86 p.
- [4] Pfeifer, P. & Schmoker, K. (2001): Schliessen von Montage- und Förderschacht.- tec21, Nr. 35, 12-15
- [5] Wetzig, V. (1999): SCC for tunnel-lining.- in: Proceedings 1st Int. RILEM Symp. Self-Compacting Concrete, RILEM Proceedings PRO 7, 669-680
- [6] MBT (1998): Moderne Betontechnologie und innovativer Betonbau.- Imagination, 1, MBT Schweiz, 73 p
- [7] BUWAL (2000): Baulärm-Richtlinie .- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 22 p.
- [8] Jacobs, F. & Hunkeler, F. (1999): Design of self-compacting concrete for durable concrete structures.- in: Proceedings 1st Int. RILEM Symp. Self-Compacting Concrete, Rilem Proceedings PRO 7, 397-407
- [9] Tschamper, H., Bölsterli, U. & Aeschlimann, A. (2001): Rampenbrücke Göschenen – Verstärkungsmassnahmen mit selbstverdichtendem Beton.- tec21, Nr. 31/32, 13-14
- [10] Jacobs, F. & Hunkeler, F. (2001): SCC for the rehabilitation of the Schöneichtunnel.- accepted for publication at 2nd Symp. Self-Compacting Concrete, Tokyo
- [11] www.schöneich.ch
- [12] Ernst Basler & Partner, Ingenieurbüro Zurich
- [13] Jacobs, F. (1998): Dauerhaftigkeitseigenschaften von Beton.- beton, 5, 276 - 282
- [14] Jacobs, F. & Hunkeler, F. (2001): Ecological performance of SCC.- accepted for publication at 2nd Symp. Self-Compacting Concrete, Tokyo
- [15] SIA (1998): Umweltaspekte von Beton.- Dokumentation SIA D 0146; sia Zürich, 57 p.