

GSV-Publikation

Schalungstechnische Empfehlungen beim Einsatz von

**F5- und F6-Betonen
sowie
Selbstverdichtendem Beton (SVB)**

(März 2007)

Güteschutzverband Betonschalungen e.V.

GSV-Publikation

Schalungstechnische Empfehlungen beim Einsatz von F5- und F6-Betonen sowie Selbstverdichtendem Beton (SVB) (Fassung: März 2007)

1. Veranlassung

Der Frischbetondruck bildet eine Basisgröße für die Konstruktion von Schalungen. Normativ geregelt ist dieser auf lotrechte Schalungen ($\pm 5^\circ$ von der Lotrichtung) für Rüttelbetone der Konsistenzklassen F1 bis F4 mit einem Ausbreitmaß von $a \leq 600$ mm in der Norm DIN 18218:1980 [1]. Der gegenwärtig verstärkte Einsatz von weicheren, fließfähigen Betonen der Konsistenzklassen F5 und F6 sowie des Selbstverdichtenden Betons SVB (Ausbreitmaße $a > 600$ mm) führt zu der berechtigten Frage nach dem hier anzusetzenden Frischbetondruck. Zur Übersicht wurde in Tabelle 1 die normative Entwicklung der Konsistenzklassen zusammengefasst.

Der Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen für die neuen Betone wird demnächst in der Neufassung der DIN 18218 (voraussichtlich zum Herbst 2007) normativ geregelt (s. auch [2], unter Mitwirkung des GSV).

Bis zur weiteren Erforschung und normativen Regelung des Frischbetondrucks bei Betonen F5, F6 und SVB sind der Praxis für die Konstruktion von sicheren und ökonomischen Schalungskonstruktionen entsprechende Empfehlungen an die Hand zu geben. Mit der vorliegenden Publikation werden die aus der Sicht des Güteschutzverbandes Betonschalungen e.V. momentan verfügbaren Erkenntnisse wiedergegeben. Neben den gültigen Normenwerken ([3], [4]) sind die Regelungen in [5] und [6] sowie die Hinweise unter Ziffer 3 zu berücksichtigen.

Konsistenzklasse DIN 1045 (1978)	Ausbreitmaß [mm]	Konsistenzklasse DIN 1045 (1988)	Ausbreitmaß [mm]	Konsistenzklasse DIN EN 206-1/ 1045-2	Ausbreitmaß [mm]
K 1 Steifer Beton	-	KS (Steif)	-	F 1 (Steif)	≤ 340
K 2 Plastischer Beton	≤ 400	KP (Plastisch)	350-410	F 2 (Plastisch)	350-410
K 3 Weicher Beton	410-500	KR (Weich)	420-480	F 3 (Weich)	420-480
Fließbeton	Richtlinie	KF (Fließfähig)	490-600	F 4 (Sehr weich)	490-550
				F 5 (Fließfähig)	560-620
				F 6 ^a (Sehr fließfähig)	≥ 630 (bis 700)

^a Außerhalb der Norm: SVB = Selbstverdichtender Beton, $a > 700$ mm (DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“)

Tab. 1: Einordnung der Betone nach der Konsistenzklasse (Ausbreitmaß)

2. Frischbetondruck und Tragfähigkeit der Schalung

2.1 Betone F5, F6 und SVB

Die DIN 18218 „Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen“ erfasst Betone bis zu einem Ausbreitmaß von 600 mm (= F 1 bis F 4). Für die Höhe des Frischbetondrucks bei den Betonen F 5, F 6 und SVB wird ein Wert anzusetzen sein, der zwischen dem Wert für F 4-Betone und dem hydrostatisch verteilten Frischbetondruck liegt.

In der DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“ [5] ist für den SVB im Teil 3 unter 5.1 festgelegt:

Zit.: „Die Schalung ist für den vollen Flüssigkeitsdruck zu bemessen, falls keine anderen Nachweise vorliegen.“

Im DBV-Merkblatt Selbstverdichtender Beton [6] wird im Abschnitt 7.2 „Schalungsdruck“ unter anderem ausgeführt:

Zit.: „Der Schalungsdruck beim Einbau von Selbstverdichtenden Betonen hängt von einer Vielzahl von Faktoren wie Betoniergeschwindigkeit, Einbauart, Schalungshöhe, Wasserzementwert, Art und Menge von Zusatzmitteln und –stoffen, Temperatur etc. ab.“

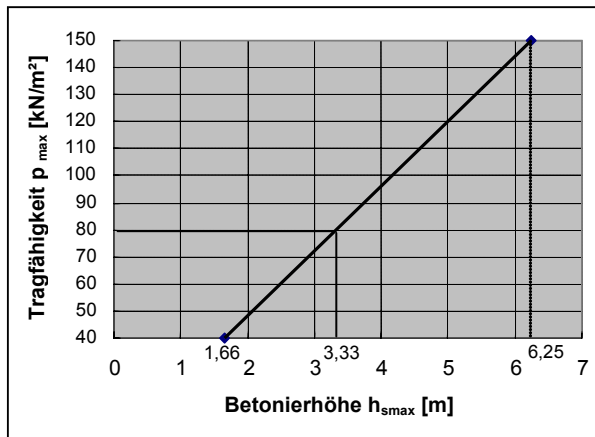
Bei der Befüllung der Schalung von oben ist der Frischbetondruck durch die Steiggeschwindigkeit und damit die Einbauleistung steuerbar. Extrem hohe Steiggeschwindigkeiten führen zu sehr hohen Frischbetondrücken. Damit sind die Tragfähigkeit der Schalung und die Einbauleistung (Steiggeschwindigkeit) aufeinander zwischen dem Betontechnologen, dem Schalungsplaner und der Baustelle abzustimmen.

Fazit:

1. Die Nachweise über die zu erwartenden Frischbetondrücke können aus vorgenannten Gründen nicht vom Schalungslieferanten erbracht werden.
2. Für die Planung und Konstruktion von Schalungen bei Einsatz von SVB empfiehlt es sich aus baupraktischer Sicht, mindestens den vollen hydrostatischen Frischbetondruck anzusetzen, auch wenn er beim Einbau nicht immer erreicht wird. Wird der Selbstverdichtende Beton hingegen über Betonierstützen von unten eingebaut, ist davon auszugehen, dass immer der volle hydrostatische Frischbetondruck zuzüglich eines eventuellen Aufschlags für den Pumpendruck erreicht wird.

2.2 Tragfähigkeit der Schalung

Bei Standardschalungen sind die Tragfähigkeiten im System festgelegt. Mithilfe des in Abbildung 1 dargestellten Diagramms kann auf Basis der Tragfähigkeit der Schalung unter Annahme der hydrostatischen Frischbetondruckverhältnisse die maximale Betonierhöhe $h_{s \max}$ ermittelt werden.



Annahme:
 Eigengewicht des Frischbetons
 $\gamma_b = 23,5\text{-}24,0 \text{ kN/m}^3$

Abb. 1: Diagramm zur Ermittlung der Betonierhöhe $h_{s \max}$

Auch bei objektbezogen geplanten und bemessenen Schalungen ist, falls keine anderen Erkenntnisse vorliegen, der hydrostatische Frischbetondruck anzusetzen.

3. Besonderheiten und wichtige Hinweise

3.1 Maßnahmen der Vorbereitung und Überwachung, Ausführungskonzept

Der Einsatz von F5- und F6-Betonen sowie SVB erfordert eine gründliche schalungstechnische Vorbereitung. Hierzu gehört eine Koordination aller Projektbeteiligten im Vorfeld der Planung und Bauausführung. In der nachfolgenden Tabelle 2 wurden einige Grundsätze aus Sicht der Schalungstechnik erfasst.

Komplex	Teilprozesse
Schalungssystem	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl des Systems - Bestimmung der geometrischen Merkmale: Raster / Elementgröße, Elementstöße - Tragfähigkeit - Abstützung - Handhabung: Vorfertigung, Transport, Lagerung, Pflege und Wartung
Schalungshaut	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl der Schalungshaut; Einsatzzahl - Bestimmung der Befestigungsmittel - Fugenausbildung - Handhabung: Kantenbehandlung, Vorbehandlung, Reinigung - Bei Frischbetondruck $\geq 100 \text{ kN/m}^2$ besonderer Nachweis
Ankersystem	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl des Ankersystems - Bestimmung des Rasters - Verschlussausbildung der Ankerstellen - Ankerdehnung
Schal- und Betonierabschnitte	<ul style="list-style-type: none"> - Festlegung des Rasters - Anordnung und Ausbildung der Fugen - Bestimmung der Betoneinfüllpunkte
Schalungsplanung	<ul style="list-style-type: none"> - Umfang und Inhalt - Schalungsmusterplan
Betontrennmittel	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl des Betontrennmittels - Auftragsart und -menge
Sonstige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Reinigung - Wetterschutz - Ausschalen - Zwischenlagerung
Qualitätsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> - Schalungsabnahme - Bemusterung

Tab. 2: Gliederung für ein Ausführungskonzept SVB, Teilbereich Schalung

Bei Sichtbeton sind die Ausführungen in [7] und [8] zu berücksichtigen.

3.2 Verträglichkeit der Werkstoffe

Die F5- und F-6-Betone sowie der SVB haben gegenüber den Normalbetonen einen erhöhten Anteil an Betonzusatzmitteln und Betonzusatzstoffen. Das System Frischbeton-Trennmittel-Schalhaut ist deshalb bezüglich der Verträglichkeit für die individuellen Randbedingungen der Baustelle vom Anwender zu prüfen. Gegebenenfalls sind Probeflächen auszuführen, um das System zu beproben.

Die auf dem Markt befindlichen Schalungssysteme und Schalhautmaterialien sind grundsätzlich für F5- und F6-Betone sowie den SVB geeignet. Die Elementfugen und Ankerdurchführungen sind bei qualitätsgerechtem Material und sachgemäßer Ausführung ausreichend dicht. Anforderungen bezüglich des Sichtbetons sind gesondert zu bewerten und zu beachten.

Beim SVB wird die Schalhautoberflächenstruktur wesentlich detaillierter auf der Betonoberfläche abgebildet. So werden beispielsweise Hammerschläge an Nagelstellen auf der Schalung deutlich auf der Betonoberfläche abgezeichnet. Die Schalung ist somit mit erhöhter Sorgfalt einzusetzen.

3.3 Auftrieb aus dem Frischbetondruck

Der Auftrieb ist insbesondere für geneigte Schalungen (Konter- und Deckelschalungen) sowie die Einbauteile (Ausparungen) von Bedeutung. Je nach Lastfall werden vertikale und horizontale Einwirkungskomponenten überlagert. Zu berücksichtigen ist ferner die Reibungskraft zwischen Schalhaut und Frischbeton. Diese auftretenden Kräfte müssen genau ermittelt und abgeleitet werden. Bei Ausparungskästen oder eingebauten Deckelschalungen sind die Befestigungselemente an der Hauptschalung nachzuweisen, damit sie beim Betonieren durch den wirkenden Auftrieb nicht verformt oder getrennt werden. Des Weiteren ist die Auftriebsicherheit der gesamten Schalung zu überprüfen. Reicht das Eigengewicht des betreffenden wirksamen Schalungsbereiches zur Auftriebsicherung nicht aus, sind Zusatzmaßnahmen notwendig. Hierzu zählt unter anderem das Verankern auf der Aufstandfläche oder das Ballastieren der Schalung. Hierbei sollte mit einem Sicherheitsbeiwert von 1,5 gerechnet werden. Bei einer Verankerung auf der Aufstandfläche sollte die rechnerische Ankerkraft als Vorspannung in den Anker eingetragen werden, um dem Anheben der Schalung aus Ankerdehnung entgegenzuwirken. Das Tragverhalten der Schalung in diesem Bereich ist dabei mit zu beachten. Besonders beim Einsatz von SVB ist zu beachten, dass im Falle, wenn die Schalung durch den Auftrieb geringfügig angehoben wird, der Frischbeton unter der Schalung ausfließt. Dieser Vorgang kann kaum aufgehalten werden und ist durch die oben genannten Maßnahmen zu verhindern.

3.4 Ausparungen, Abschalungen, Einbauteile

Bei Rüttelbetonen werden Ausparungen, Abschalungen und Einbauteile vielfach handwerklich hergestellt und eingebaut. Beim Einsatz von SVB ist die Belas-

tung durch den Frischbetondruck (Seitendruck und Auftrieb) zu beachten. Das heißt, die Aussparungen, Abschaltungen und Einbauteile müssen die gleichen Kräfte aufnehmen können, wie die Hauptschalung auch und sie müssen für diese Kräfte befestigt sein (s. Abbildung 2). Dieser Sachverhalt macht entsprechende Nachweise und Vorgaben bei der Schalungsplanung erforderlich.

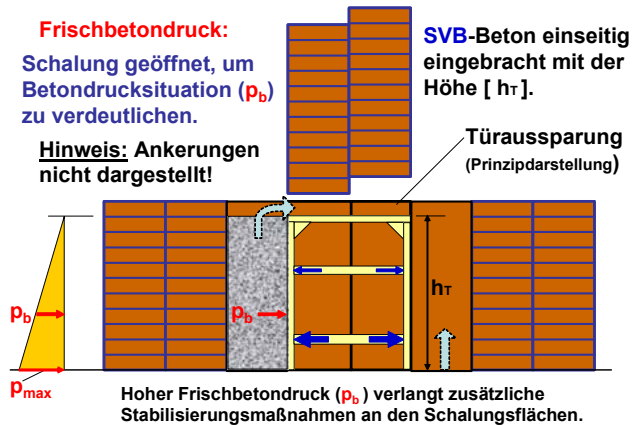


Abb. 2: Frischbetondruck auf die Aussparung

Bei Abschaltungen wie zum Beispiel an Arbeitsfugen und analogen Bereichen ist der Einsatz von Streckmetall als Fugenschalung auch beim SVB möglich. Jedoch sollte die notwendige Maschenweite und Tragfähigkeit des Streckmetalls erprobt werden. Bei horizontalen Schalungsbereichen ist zu beachten, dass beim Einfließen des SVB die Luft in der Schalung entweichen soll und durch den Frischbeton ersetzt wird.

3.5 Fugen

Eine zusätzliche Abdichtung der Elementfugen ist bei Einsatz eines soliden SVB allgemein nicht erforderlich. Bei Sichtbeton sind die Anforderungen genau zu prüfen. Der SVB kann, je nach Beschaffenheit, einen Fugenspalt von 2 – 5mm überbrücken. Die Gefahr von Ausblutungen an Ankerstellen, Schalungsecken und Elementfugen ist für den Fall eines stabilen SVB geringer als bei Rüttelbetonen. Nachteilige Phänomene können sich durch Ankerdehnungen und Verformungen der Schalelemente ergeben. Im Zuge des Betoniervorgangs können die Fugenspalt größer werden, und es kann zum Auslaufen des SVB kommen. Dem ist durch entsprechende Maßnahmen wie zusätzliches Anspannen der Anker, Fugendichtung, sachgemäßer Einbau von Dreikant- oder Trapezleisten entgegenzuwirken.

3.6 Aufstandsflächen der Schalung

Schalungen werden vorwiegend auf roh abgezogene Betonflächen gestellt. Dies ist bei Rüttelbetonen ausreichend. Beim SVB kann es durch Oberflächenebenenheiten zu unterschiedlichen Fugenspalt an der Aufstandsfläche und in deren Folge zum Unterfließen der Schalung kommen. Dieses kann beispielsweise bei Rahmenschalungen mit einer Elementbreite von 12 cm zu erheblichen Auftriebkräften führen, welche die Schalung anheben und verrücken.

Schalungen sind beim Einsatz von SVB entsprechend der Ebenheitstoleranz der Aufstellfläche unbedingt abzudichten. Bei glatten Aufstandsflächen kann ein Dichtungsband ausreichend sein, bei größeren Unebenheiten wird unter Umständen Bauschaum oder andere Maßnahmen (Abdichtungskörper) erforderlich werden (s. Abbildung 3). Ein besonderes Augenmerk ist hierbei der Montage der Schließschalung zu widmen.



Abb. 3: Abdichtung der Aufstandsfläche einer Wandschalung

Weiterhin sind Höhendifferenzen in der Aufstandsfläche der Schalelemente, wie Abbildung 4 zeigt, zu berücksichtigen. Bei einer Schalung mit unterschiedlichen Aufstandsflächen kann es zu Differenz des Frischbetondruckes kommen, wenn der SVB zwischen Betonkante und Schalung einfließen kann. Die dargestellte Schalungsweise ist bei Rüttelbetonen üblich und unproblematisch. Beim SVB ist die Fuge am Bodenplattensprung abzudichten oder die Schalung zusätzlich anzuspinnen, damit die Druckdifferenz aufgenommen werden kann.

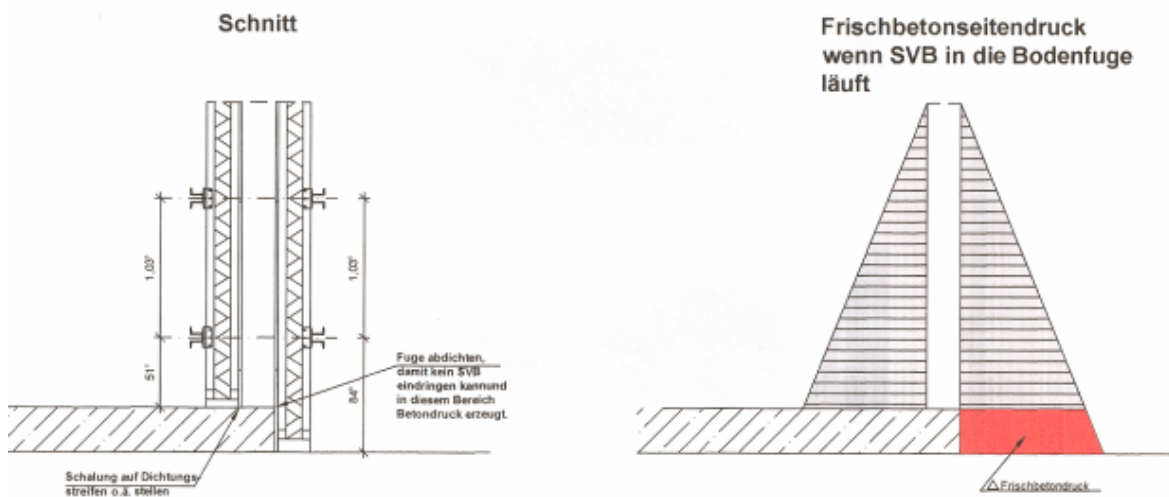


Abb. 4: Auswirkungen unterschiedlicher Aufstandsflächen auf den Frischbetondruck

3.7 Geneigte Betonoberflächen

Der SVB hat die Eigenschaft, bis zum Niveaueausgleich zu fließen. Dadurch können Betonkörper auch bei geringer Neigung nur mit einer Deckelschalung hergestellt werden, die analog zu den zuvor dargestellten Aussparungen zu be-

handeln sind. Bei horizontal bis leicht geneigten Deckerschaltungen sind Entlüftungsmöglichkeiten vorzusehen (kleine Öffnungen, Einlage von Drainagevlies), damit der Beton vollflächig die Deckschalung unterfließen kann.

3.8 Betoneinfüllpunkt – Kräfte aus den Befüllzuständen der Schalung

Rüttelbetone werden in der Regel an verschiedenen Punkten lagenweise in Schichten von ca. 50 cm in die Schalung eingebracht und verdichtet. Die Schalung ist für den vollen Befüllzustand berechnet. Zwischenbefüllzustände werden kaum in den Lastannahmen berücksichtigt.

Der SVB wird an einem Punkt (selten an mehreren Punkten gleichzeitig) in die Schalung befüllt und durchfließt von dieser Stelle aus die gesamte Schalung bis zum Erreichen der vorgesehenen Betonierhöhe. Der Beton soll über eine längere Strecke fließen, um zu entlüften. Durch dieses Einfließen können Befüllzustände an der Schalung auftreten (Türaussparungen, Eckbereiche, gekrümmte Wandbereiche u.a.), die zum Verformen oder Verschieben der Schalung führen können. Deshalb ist der Befüllpunkt für den SVB zwischen dem Betontechnologen, dem Schalungsplaner und der Baustelle abzustimmen und festzulegen. Darauf aufbauend sind die auf die Schalung wirkenden Kräfte (Längskräfte) aller Befüllzustände zu erfassen und die notwendigen zusätzlichen Abstützungsmaßnahmen vorzusehen.

Literatur

- [1] DIN 18218:1980 Frischbetondruck auf lotrechten Schalungen
- [2] Graubner, A. et al: Sachstandsbericht „Frischbetondruck fließfähiger Betone“, 2006
- [3] DIN 1045-2:2001
- [4] DIN EN 206-1:2001
- [5] DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton
- [6] DBV-Merkblatt Selbstverdichtender Beton (12/2004)
- [7] GSV-Publikation: Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung, Kalkulation und zum Einsatz von Schalungssystemen bei der Ausführung von „Betonflächen mit Anforderungen an das Aussehen“ (Fassung 06.2005)
- [8] DBV-Merkblatt Sichtbeton (08/2004)

Editors:

Güteschutzverband Betonschalungen e.V.
PO Box 10 41 60
40852 Ratingen
Germany

Prof. Dr.-Ing. C. Motzko, TU Darmstadt, Germany

Web site: www.gsv-betonschalungen.de

Publisher:

Eigenverlag

©

2007 Güteschutzverband Betonschalungen e.V.