

Bodenplatte aus Stahlfaserbeton: Erfahrungen aus der Anwendung von Stahlfaserbeton

Autor(en): **Wyss, Reto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **113 (1995)**

Heft 27/28

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78743>

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.

und Konstrukteure veranlasst, die wesentlichen Parameter eines Konstruktions- und Bemessungsproblems überhaupt zur Kenntnis zu nehmen. So gesehen sind heute noch als «Stand der Technik» geltende Regeln für die Glasdickenbemessung wie [1] wertlos. Es wäre an der Zeit, sie durch Regeln auf bruchmechanischer Grundlage zu ersetzen. Erreicht würde damit, dass das weit fortgeschrittene Gedankengebäude der Bruchmechanik mit der spannungsanalytisch gestützten Erfassung der Bauteilgeometrie in die Konstruktion Eingang fände. Ohne dieses Hilfsmittel ist Konstruieren auf hohem Sicherheitsniveau mit spröden Werkstoffen nicht möglich.

Auch mit verbesserten theoretischen Grundlagen und einer besseren Kontrolle über die Imperfektionen im Lieferzustand, wie beispielsweise mittels Heat-Soak-Test bei jeder ESG-Tafel, werden sich allerdings nicht alle Vorbehalte gegenüber tragendem Glas ausräumen lassen. Die Hypothek des spröden Verhaltens ist zu gross: in der Praxis muss im öffentlichen Raum auch mit ausserordentlichen Einwirkungen (Stein-

würfen, Schüssen, Explosionen) gerechnet werden. Deshalb muss jede Anwendung von Fensterglas oder ESG in, gegenüber normalen Verglasungen, erweiterter Tragfunktion in ein objektspezifisches Sicherheitskonzept eingebettet werden. Mögliche Massnahmen zur Beherrschung der Gefahren des spröden Glasbruchs und der abstürzenden Scherben sind beispielsweise:

- Beschränkung der erweiterten Tragfunktion auf das Sinnvolle;
- Fernhalten von Personen vom splittergefährdeten Bereich;
- Einsatz von Verbundsicherheitsglas.

Folgerungen und Beantwortung der Titelfrage

Mit diesen Vorbereitungen ist eine Antwort auf die Titelfrage aus praktischer Sicht und auf dem Boden heutiger Kenntnisse möglich. Die Frage nach der Eignung von Glas für Tragelemente muss differenziert beurteilt werden. Ein Vorschlag dazu findet sich in der Tabelle 3.

Literatur

- [1]
Schweizerisches Institut für Glas am Bau: «Glasdicke, Dimensionierung für Isolierglas», Glasnorm 03 (1983).
- [2]
Rice P. und Dutton H.: «Le verre structurel», Editions du Moniteur, Paris (1990).
- [3]
Eekhout M.: «Architecture in Space Structures», Ugeverij 010 Publishers, Rotterdam (1989).
- [4]
Mencik J.: «Strength and Fracture of Glass and Ceramics», Elsevier (1992).

Adresse des Verfassers:

Walter Bosshard, Dr. sc. techn. ETH / SIA / ASIC, Bauingenieur, Oberdorfstr. 74, 8600 Dübendorf.

Reto Wyss, Rothenburg

Bodenplatte aus Stahlfaserbeton

Erfahrungen aus der Praxis in der Anwendung von Stahlfaserbeton

Bei der Projektierung der neuen Werkanlage für eine Schrotthandelsfirma wurden für die Bodenplatte mit einer Fläche von 12 000m² verschiedene Monobetonverfahren geprüft. Der Betrieb stellt durch Abrollmulden, Ablad von Stahlschrott mit Kippfahrzeugen, Aufladen und Verschieben von Schrott mittels Pneuladern und Stahlschrott-Lagerkegel grosse Anforderungen an die Bodenplatte. Sie wird somit durch grosse ruhende, rollende und schleifende Lasten beansprucht. Nachfolgend soll erläutert werden, aus welchen Gründen ein Stahlfaserbeton ausgewählt wurde und welche Erfahrungen bei der Ausführung gemacht werden konnten.

Aufbau

Der feinkörnige und sehr wasserempfindliche Untergrund erforderte eine im Mittel zirka 30 cm starke Tragschicht. Zum Einsatz kamen ein Recyclingmaterial und gebrochenes Felsmaterial, die auf ein Vlies eingebracht wurden. Vom Untergrund wurde ein ME-Wert von 20MN/m², von der Tragschicht ein solcher von 30 MN/m² gefordert. Die Oberflächengenauigkeit der Tragschicht betrug ± 3 cm von der Sollage.

Steinnester und Unebenheiten in der Tragschichtoberfläche wurden mit einer minimal 1 cm starken verdichteten Sandschicht ausgeglichen. Diese wurde bis zur vollen Sättigung gewässert. Mit dieser Massnahme wird die Wärmeleitfähigkeit sowohl der Sand- als auch jene der Trag-

schicht wesentlich erhöht. Das Sandplanum wurde mit zwei 0,2 mm dicken Polyäthylenfolien abgedeckt. Beide Schichten bewirken eine Trennung von Tragschicht und Bodenplatte. Durch die Polyäthylenfolie wird einerseits das Eindringen des Unterbaumaterials in den Beton verhindert und andererseits das Versickern von Feinanteilen und Wasser aus dem Beton in den Untergrund vermieden. Dadurch soll eine Verzahnung verhindert und die Reibung zwischen Beton und Untergrund reduziert werden. Mit dem Sandplanum und der doppellagigen Folie lässt sich zwar keine reibungsfreie Gleitschicht erzeugen, doch die Zwängungen können wesentlich beeinflusst werden, was sich auf die Fugenabstände und Rissbildung günstig auswirkt.

Die Bodenplatte selbst wurde in einer Stärke von 25 cm ausgeführt. Für die Bemessung einer Stahlfaserbetonplatte auf elastischer Bettung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Die ausgeführte Platte wurde nach dem Verfahren von Stiglat-Wippel dimensioniert. Die gewählte Abmessung ist nicht in erster Linie durch die statischen Beanspruchungen begründet, sondern wurde massgeblich durch die

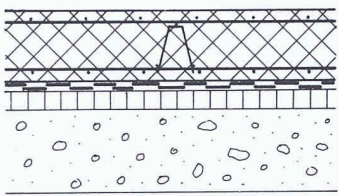
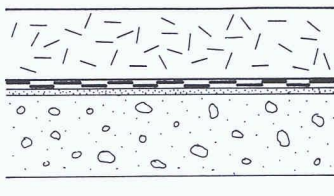
Stahlbetonquerschnitt		Stahlfaserbetonquerschnitt	
			
1	Tragschicht einbauen	1	Tragschicht einbauen
2	Sauberkeitsschicht einbauen	2	Sauberkeitsschicht entfällt
3	Sandplanum entfällt	3	Sandplanum einbauen
4	Folien auslegen	4	Folien auslegen
5	Untere Bewehrung verlegen	5	Untere Bewehrung entfällt
6	Abstandhalter versetzen	6	Abstandhalter entfallen
7	Obere Bewehrung verlegen	7	Obere Bewehrung entfällt
8	Beton mit Kran oder Pumpe einbringen	8	Beton direkt ab Fahrmischer einbringen
9	Beton verdichten und abziehen	9	Beton verdichten und abziehen
10	Nachbehandlung	10	Nachbehandlung

Bild 1. Aufbau und Arbeitsschritte im Vergleich Stahlbeton/Stahlfaserbeton

betriebsbedingten sehr hohen mechanischen Einwirkungen bestimmt.

Der Aufbau ist in Bild 1 schematisch dargestellt und einer Lösung mit einer Stahlbetonplatte gegenübergestellt.

Konstruktive Ausbildung

In Absprache mit dem Bauherr wurde die Bodenplatte in Felder bis zu 600 m² Grösse eingeteilt. Für diese Abmessungen kann zwar keine Rissefreiheit garantiert werden, doch sind solche Feldgrössen, falls der Bauherr die Bildung von Rissen akzeptieren kann, äusserst wirtschaftlich. Sollten Risse mit Garantie vermieden werden, so wären die Feldgrössen auf den Raster von rund 7,5 x 7,5 m zu reduzieren, der Stahlfasergehalt zu erhöhen oder nach dem Betonieren Fugen zu schneiden. Da der Bauherr keine optischen Anforderungen an die Betonplatte stellte, konnte das Risiko der Rissbildung toleriert werden.

Bei einspringenden Ecken und Ausparungen treten erhebliche Zugspannungen auf.

Deshalb wurden dort Bewehrungsstäbe eingelegt (Bild 2), die diese Beanspruchungen aufnehmen können. Die Verbindung der einzelnen Arbeitsetappen wird mittels verzinkten und einseitig bitumenbeschichteten Rundstahldornen hergestellt (Bild 3).

Betonarbeiten

Der ab Werk gelieferte Beton hatte folgende Rezeptur: Zuschlagstoff 0-32 mm, 300 kg CEM I 42.5 und 25 kg Füller. Die Verwendung von Füller anstelle einer Zementdosierung von 325 kg erlaubt die Verbesserung der Verarbeitbarkeit ohne zusätzliches Ansteigen der Hydratationswärme. Da das Betonwerk in unmittelbarer Nähe der Baustelle liegt und die Fahrzeit dadurch sehr genau vorausgesagt werden konnte, wurden beim Verlassen der Baustelle dem Fahrmischer die Stahlfasern und das Fliessmittel in die Trommel gegeben. Auf der Fahrt vom Betonwerk zur Baustelle wurden Stahlfasern, Fliessmittel und Beton gemischt.

Dadurch entfiel die Wartezeit für den Mischvorgang auf der Baustelle. Der verarbeitete Beton wies einen Wasser-Zement-Faktor von ungefähr 0,5 auf. Die Festigkeit dieses Betons nach 28 Tagen betrug im Mittel 59 N/mm².

Die Oberflächen der Bodenplatte wurden mit einem Abzugbalken erstellt, was zu befriedigenden Resultaten der Oberflächengenauigkeit führte. Sowohl die Ebenheit als auch die Gefälle der Plattenoberflächen konnten damit recht gut eingehalten werden. Anschliessend erfolgte die Bearbeitung mit Glättmaschinen. In Bereichen grosser mechanischer Belastungen wurde gleichzeitig mit der Oberflächenbearbeitung ein Hartstoff (Quarzsand) eingearbeitet. Das Einarbeiten erfolgte mit einer trockenen Hartstoff-Zement-Mischung in den abbindenden Beton. Die Schwierigkeit dabei liegt darin, dass die Zeit in der diese Arbeit erfolgreich ausgeführt werden kann, sehr begrenzt ist: Wenn der Beton noch zu frisch ist, wird die Oberfläche zerstört. Wenn der Abbindevorgang bereits zu weit fortgeschritten ist, so ist der Verbund zwischen Beton und Hartstoffschicht schlecht.

Zum Schutz des Betons gegen zu schnelles Austrocknen wurde ein Curing als filmbildendes Nachbehandlungsmittel aufgebracht.

Vergleich Stahlfaserbeton/Stahlbeton

Aufgrund der Einwirkungen und der totalen Plattengrösse musste bei der Wahl des Systems sowohl den technischen Anforderungen, als auch den wirtschaftlichen Überlegungen genügend Beachtung geschenkt werden. Bei der Gegenüberstellung der analysierten Monobeton-Systeme kam schon bald deutlich zum Ausdruck, dass Stahlfaserbeton die Erwartungen am besten zu erfüllen vermochte.

Der Aufbau einer Bodenplatte aus Stahlfaserbeton unterscheidet sich von einer konventionellen Bodenplatte dadurch, dass bei der Herstellung mehrere Arbeitsschritte entfallen (Bild 1). Im folgenden werden zusätzlich die Argumente beschrieben, die zur Anwendung einer Stahlfaserplatte geführt haben:

Die Kosten für die gewählte Variante mit Stahlfaserbeton sind im vorliegenden Fall rund 20% günstiger als diejenigen einer konventionellen Stahlbetonbodenplatte. Die Kosten sind in der Tabelle 1 einander gegenübergestellt.

Der Einbau einer Stahlfaserbetonplatte kann schneller nach der Bereitstellung der Tragschicht erfolgen, da verschiedene Ar-

Variante Stahlbeton		Variante Stahlfaserbeton	
	Fr./m ²		Fr./m ²
Sauberkeitsschicht	12.—	Sandplanum	3.50
Folie doppellagig	3.—	Folie doppellagig	3.—
Bewehrung	18.—	Stahlfasern 30 kg/m ³	16.—
Abstandhalter	3.50	Beton einbringen (inkl. Oberfläche)	50.—
Beton einbringen (inkl. Oberfläche)	55.—	Nachbehandlung	2.—
Nachbehandlung	2.—		
Total Variante Stahlbeton	93.50	Total Variante Stahlfaserbeton	74.50

Tabelle 1. Kostenvergleich Stahlbeton/Stahlfaserbeton

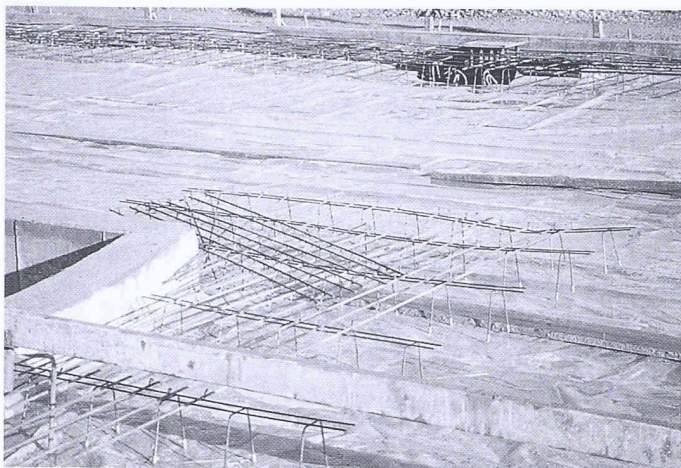


Bild 2.
Bewehrungszulagen bei einspringenden Ecken

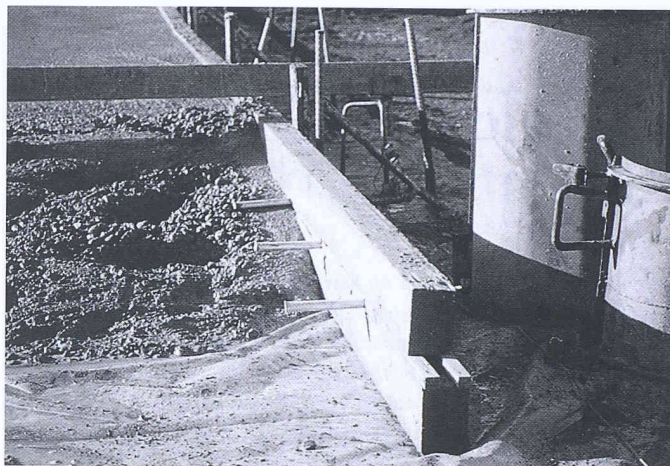


Bild 3.
Etappenabschalung mit verzinkten Stahldornen



Bild 4.
Einbringen des Betons
aus dem Fahrmischer

beitsschritte entfallen, was zu grossen Zeiteinsparungen führt.

Der Aushub wird um die Stärke der Sauberkeitsschicht reduziert.

Erfahrungen

Auf dem Markt sind heute eine Vielzahl von Stahlfasern erhältlich. In der Anwendung muss zwischen Spänen und Fasern unterschieden werden. Stahlspäne übertragen Zugkräfte nur über die Oberflächenhaftung, Stahlfasern verfügen zusätzlich über eine Verankerungsfähigkeit.

Für die Auswahl der Faser waren der Preis, die Untermischbarkeit im Beton, die gleichmässige Verteilung (keine Veriegung) und eine praxisfreundliche Verarbeitung ausschlaggebend. Dabei sollte die Mischzeit, die für die Untermischung der Stahlfaser im Frischbeton erforderlich ist, ungefähr gleich lang wie jene der Zusatzmittel sein und einfach überwacht werden können. Die meisten Anbieter unterscheiden grundsätzlich zwischen Fasern für Konstruktionsbeton und solchen für

Spritzbeton. Zusätzlich werden auch Fasern mit unterschiedlichen Längen und Querschnitten angeboten, die aufgrund der Konstruktion ausgewählt werden können.

Da der Einbau des Stahlfaserbetons sehr einfach direkt aus dem Fahrmischer erfolgen kann, ist eine wirtschaftliche und sehr zeitsparende Verarbeitung möglich. Der Faserbeton hat gegenüber dem Stahlbeton eine dreidimensionale Bewehrungsstruktur, was sich positiv auf die Homogenität des Querschnitts auswirkt. Dadurch haben auch oberflächennahe Querschnittsbereiche, wie beispielsweise Kanten, einen höheren Tragwiderstand. Durch Zugabe von Stahlfasern in den Beton kann das Rissverhalten und die Zähigkeit positiv beeinflusst werden.

Bei den Erläuterungen zum Aufbau eines Stahlfaserquerschnitts wurde bereits bei der Trenn- und Gleitschicht erwähnt, dass durch das völlige Nässen des Sandplans dessen Wärmeleitfähigkeit wesentlich verbessert werden kann. Diese Tatsache konnte durch Temperaturmessungen nachgewiesen werden. Parallel zur Zunahme der Betontemperatur während des Ab-

Literatur

[1]

Lohmeyer, G.: Betonböden im Industriebau, Hallen- und Freiflächen, Schriftenreihe der Bauberatung Zement. Herausgeber Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln.

[2]

Lohmeyer, G.: Weisse Wannen einfach und sicher: Konstruktion und Ausführung von Kellern und Becken aus Beton ohne Abdichtungsschicht. Beton-Verlag, Düsseldorf.

[3]

Merz, A.: Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Stahlfaserbeton. Autographie des Kurses «Beläge für Vorplätze und Tankstellen» der Technischen Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie.

bindeprozesses konnte ebenfalls auch in der Foundation ein signifikanter Anstieg der Temperatur gemessen werden. Es war somit gelungen, die entstehende Hydrationswärme teilweise abzuführen. Dadurch stieg die Betontemperatur nicht gleich hoch an wie im Normalfall. Durch diesen Umstand kann die Verkürzung der Bodenplatte infolge Temperaturrückgang, welche sich zum Schwinden addiert, verringert werden. Eine weitere positive Beeinflussung der Hydrationswärme gelang durch die Reduktion des Zementgehaltes um 25kg/m^3 auf 300kg/m^3 . Damit jedoch die Verarbeitbarkeit nicht beeinflusst wurde, ersetzte man den Zement durch die gleiche Menge Füller.

Die Ausführung sämtlicher Etappen erfolgte im Herbst. Das feuchte Klima hat sich dabei zusätzlich zu den übrigen Massnahmen positiv auf die Qualität des Betons ausgewirkt.

Adresse des Verfassers:

Reto Wyss, dipl. Bauing. HTL, Schumacher + Wyss, Bauingenieure, Stationsstrasse 7, 6023 Rothenburg.