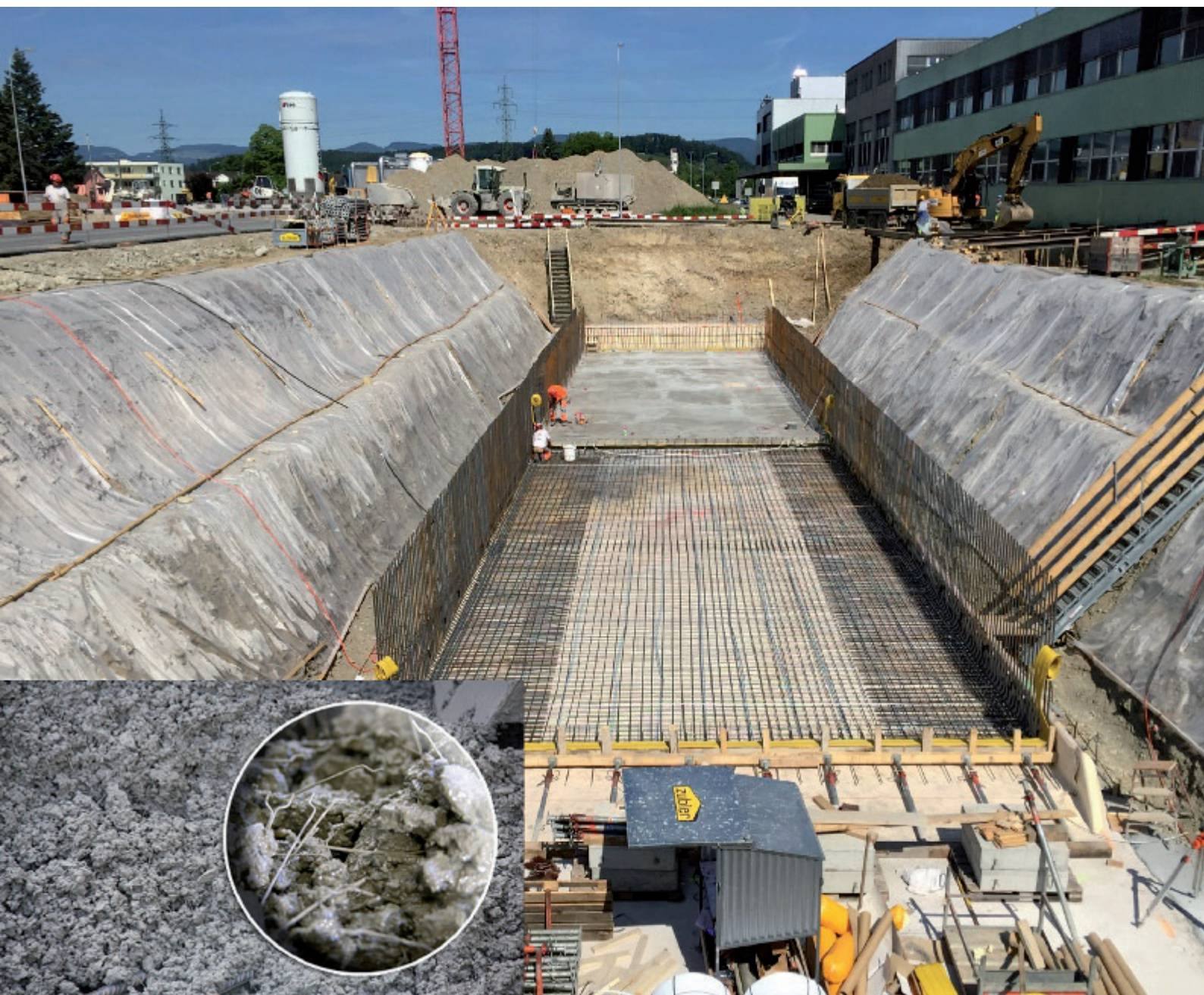


# Sonderdruck Bauingenieur Heft 9/2016

## Stahlfaserbeton für Produktionserweiterung mit Tiefkühlhochregallager in Silobauweise



### Stahlfaserbeton für Produktionserweiterung mit Tiefkühlhochregallager in Silobauweise

Hochregallager in Silobauweise bieten mit ihrer kompakten Bauweise und hohen Raumnutzung effiziente Lagerungsmöglichkeiten. Die Anforderungen an die Fundamentplatte des Hochregallagers gehen deutlich über die Anforderungen an typische Industriefußböden hinaus. Neben der Belastung durch Regalsysteme müssen Lasten aus der Gebäudehülle, sowie äußere Einwirkung ebenfalls bei der Bemessung berücksichtigt werden. Mit der bauaufsichtlichen Einführung der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton steht dem Anwender ein Regelwerk zur Verfügung, welches erlaubt auch bauaufsichtlich relevante Bauteile wie tragende Fundamentplatten unter Einbeziehung der Wirkung von Stahlfaserbeton zu planen und zu bemessen. Im Falle des Ausbaus der JOWA Regionalbäckerei Gränichen (Schweiz) wurde die Fundamentplatte des Tiefkühlhochregallagers in Kombinationsbewehrung (Stahlfaserbeton und konventionelle Bewehrung) ausgeführt.

Bekaert GmbH  
Siemensstraße 24  
61267 Neu-Anspach  
06081 44561 133





## Stahlfaserbeton für Produktionserweiterung mit Tiefkühlhochregallager in Silobauweise

A. Haus

**Zusammenfassung** Die Logistikbranche durchläuft derzeit einen regelrechten Bauboom. Ständig entstehen zahlreiche neue Industriehallen, in denen Waren möglichst platzsparend und leicht zugänglich eingelagert werden. Das Herzstück dieser Logistikhallen bildet oftmals das Regalsystem, wobei die Bandbreite an Ausführungsvarianten von einfachen freistehenden Regalen bis hin zu vollautomatischen Hochregallagern in Silobauweise reicht. Von der Bauart in Silobauweise spricht man, wenn ein Regal zusätzlich die tragende Unterkonstruktion für Dach und Fassade darstellt. Im Gegensatz zu den freistehenden Regalen müssen bei der Silobauweise für die Bemessung der Fundamentplatte ebenfalls die Gebäudelasten, sowie Wind-, Schnee-, und Erdbebenlasten berücksichtigt werden. Die Fundamentplatte trägt somit das gesamte Tragwerk und hat gleichermaßen den Anforderungen eines hoch beanspruchten Industriefußbodens zu genügen. Der Einsatz von Stahlfaserbeton in der Fundamentplatte führt hierbei zu einer deutlichen Reduktion des Bewehrungsgehalts und einer Optimierung des Bauverfahrens. Mit der bauaufsichtlich eingeführten DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton liegt ein Regelwerk vor, welches die Grundlagen zur Bemessung und Ausführung von stahlfaserbewehrten Bauteilen beinhaltet.

### Vorbemerkung

Klassische Industrieböden werden heutzutage meist in reinem Stahlfaserbeton ausgeführt. Diese dem Stand der Technik entsprechende Systemlösung vereint den schnellen und wirtschaftlichen Einbau der Bodenplatte mit der anschließenden flexiblen Nutzung zum Beispiel durch Regalaufstellung. Bemessungsempfehlungen wie das DBV-Merkblatt Industrieböden aus Stahlfaserbeton sind weltweit verfügbar und anerkannt und unterstreichen den großen Stellenwert des Stahlfaserbetons für Industriefußböden. Aufgrund ihres niedrigen Gefährdungspotenzials werden typische Industriefußböden als in statischer Hinsicht untergeordnete Bauteile angesehen und daher nur in Ausnahmefällen gemäß den einschlägigen Stahlbetonnormen bemessen.

Neben den klassischen Industrieböden, mit typischer Belastung durch freistehende Regale, Flächennutzlasten und Gabelstaplerverkehr, werden immer häufiger so genannte Hochregallager in Silobauweise errichtet. Diese hochbeanspruchten Industrieböden müssen neben dem Lastabtrag der Regalaufstellung zusätzlich eine tragende und ausstei-

fende Funktion für die Gebäudestruktur übernehmen und fallen in den Bereich der bauaufsichtlich relevanten Bauteile. Die Bemessung hierzu kann gemäß der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton erfolgen, wobei die positive Wirkung des Stahlfaserbetons bei der Nachweisführung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit rechnerisch berücksichtigt wird.

### Allgemeines zur Silobauweise

Mit Lagerhöhen von bis zu 50 Metern, zumeist voll automatisiert, weisen Hochregallager in Silobauweise oftmals bis zu mehreren hunderttausend Palettenstellplätze auf. Die Waren werden innerhalb des Lagers von Regalbediengeräten befördert und entsprechend eingelagert. Aufgrund der kompakten Bauart stellt das Hochregallager in Silobauweise ein System mit hoher Raumnutzung dar und folglich ist die Optimierung der Logistiksoftware an die individuelle Anforderung für die Leistung des Lagers von hoher Bedeutung. Eingelagert wird häufig nach dem Prinzip der dynamischen Lagerhaltung (das System sucht sich einen freien Platz um die Ware einzulagern). Verbreitet ist ebenfalls die ABC-Strategie zur Erhöhung der Umschlagleistung. Hier werden die am häufigsten benötigten Waren im A-Bereich (nahe Ein-/Auslagerplatz) gelagert. Analog wird der B-Bereich in mittlerer Entfernung für weniger oft benötigte Waren und der C-Bereich im hinteren Lagerteil für selten benötigte Waren verwendet. Eine hohe Umschlaghäufigkeit ist somit sichergestellt. Ebenso ist es möglich, eingelagerte Ware gewichtsmäßig nahezu gleich zu verteilen, um eine optimale Ausnutzung der Regale zu gewährleisten.

Die Silobauweise bringt somit zahlreiche Vorteile mit sich, unter anderem:

- Flächeneinsparung durch kompakte Bauweise,
- hohe Raumnutzung,
- Flachgründung durch Lastverteilung auf vielen Regalstützen,
- schnellere Nutzung der Anlage durch kürzere Montagezeiten,
- geringere Betriebskosten (z.B. Klimatisierung, Beleuchtung).

### Anforderung an die Fundamentplatten und Bemessungsgrundlagen

Um einen reibungslosen Betriebsablauf gewährleisten zu können werden für Industrieböden hohe Anforderungen an die Nutzbarkeit gestellt. Besonders im Bereich der Hochregallager ist jedoch oftmals die Gebrauchstauglichkeit bemessungsrelevant.

- Anforderung hinsichtlich Rotationsbeschränkung der Platte (Forderung einer quasi-steifen Platte) nach der FEM 9.851,
- fugenlose Ausführung der Fundamentplatten,
- Mindestbewehrung infolge Rissbreitenbeschränkung.

Der Anspruch an die Plattensteifigkeit führt oftmals zu einer Erhöhung der Plattenstärke im Vergleich zur erforderlichen Plattenstärke aus den Tragsicherheitsnachweisen.

Andreas Haus, MSc.

Technischer Leiter Bauprodukte, Bekaert GmbH  
Siemensstraße 24, 61267 Neu Anspach  
andreas.haus@bekaert.com

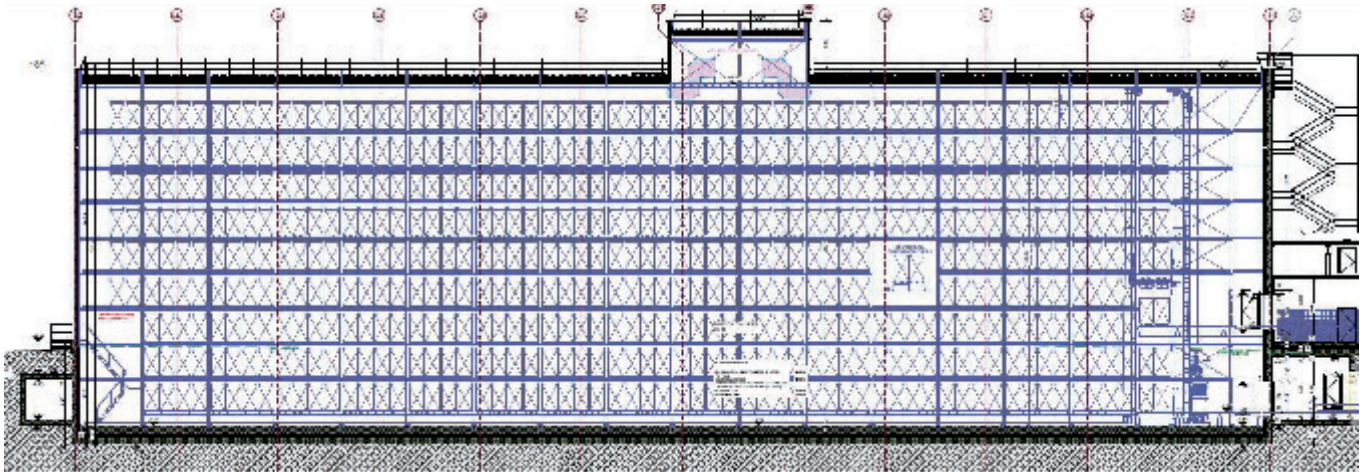


Bild 1. Ansicht des Hochregallagers

Hieraus folgt gewöhnlich eine Erhöhung der erforderlichen Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite. Dem entgegen steht die Forderung möglichst wenig obere Bewehrung vorzusehen, um eine flexible Verankerung der Regale bei gleichsam wenigen Kernbohrungen zu garantieren. Insbesondere hier macht sich der Einsatz von Stahlfaserbeton auch aus baupraktischer Hinsicht bemerkbar. Unter Verwendung von Stahlfasern kann die erforderliche Betonstahlbewehrung deutlich reduziert werden. Als Bemessungsgrundlage von Bauteilen aus Stahlfaserbeton mit und ohne Betonstahl dient die DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, Ausgabe November 2012.

#### DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton

Bemessungen für bauaufsichtlich untergeordnete Bauteile wie klassische Industrieböden ohne tragende oder aussteifende Funktion werden in Deutschland in der Regel gemäß dem Merkblatt Industrieböden aus Stahlfaserbeton des Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (DBV-Merkblatt) erstellt. Im Falle der Hochregallager in Silobauweise werden die Anwendungsgrenzen des DBV-Merkblattes jedoch überschritten und die Ausführung in Stahlfaserbeton war lange Zeit nicht ohne weiteres möglich. Mit der bauaufsichtlichen Einführung der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton wurden die Anwendungsgebiete des Stahlfaserbetons um Konstruktionen des Hoch- und Ingenieurbaus aus Stahlfaserbeton sowie Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung deutlich erweitert. Als Ergänzung und Änderung zu DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 15670 in Verbindung mit DIN 1045-3 besitzt die DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton vollen Normencharakter und regelt in drei Teilen die Bemessung und Konstruktion, die Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, sowie die Hinweise für die Ausführung.

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit regelt die DAfStb-Richtlinie den Ansatz des Stahlfaserbetons für die Tragfähigkeit unter Biegung mit oder ohne Normalkraft, die Querkrafttragfähigkeit mit und ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung, sowie den Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung. Für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit findet der Stahlfaserbeton Berücksichtigung bei der Berechnung der Rissbreite, sowie bei der Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung.

#### Ausbau der JOWA Regionalbäckerei Gränichen/AG (Schweiz)

Die JOWA AG mit Hauptsitz in Volketswil (Schweiz) ist mit rund 5.200 Mitarbeitern und einer Produktionsmenge von 166.000 Tonnen/Jahr die größte Bäckerei der Schweiz. Mit dem Ergänzungsbau am Standort Gränichen weitet die JOWA AG ihre Produktions- und Lagerkapazitäten für tiefgekühltes Brot deutlich aus. Das 57 Millionen Schweizer Franken umfassende Investitionsprojekt umfasst Gebäude, Produktions-, Verpackungs-, und Logistikstraßen, sowie ein Tiefkühl-Auslieferlager und sichert somit der führenden Schweizer Bäckerei weiterhin die Wettbewerbsfähigkeit (Bild 1).

Der Spatenstich für das auf 20 Monate geplante Bauprojekt erfolgte bereits im Mai 2015 und befindet sich derzeit in der finalen Phase. Die endgültige Produktionsaufnahme ist für 2017 vorgesehen.



Bild 2. Hochregallager bei bereits geschlossener Gebäudehülle





Bild 3. Entspannte Bewehrungsführung



Bild 4. Betoneinbau mittels Betonpumpe

Das Tiefkühl-Auslieferlager mit einer Höhe von bis zu 20 Metern wurde hierbei als Hochregallager in Silobauweise geplant, sodass neben den Regallasten sämtliche Lasten der Gebäudestruktur bei der Bemessung der Bodenplatte berücksichtigt werden mussten (Bild 2). Aufgrund der positiven Erfahrungen in Deutschland mit vergleichbaren Projekten wurde die Ausführung der Bodenplatte in Kombinationsbewehrung in Betracht gezogen. Die Bemessung erfolgte nach Absprache mit dem zuständigen Tragwerksplaner gemäß der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton.

Die Ausführung der 50 Zentimeter starken Bodenplatte erfolgte in der Betongüte C 50/37 XC2, XF1. Die benötigte Bewehrung wurde im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit 50 kg/m<sup>3</sup> Dramix® 5D 65/60BG und einer vollflächigen oberen Bewehrung Q524 gewählt (Bild 5). Im Bereich der Lasteinleitung der Regalaussteifung wurde eine lokale untere Zulage erforderlich.

Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurde eine Rissbreite von  $w_k = 0,30\text{ mm}$  zugrunde gelegt. Diese konnte mit der zuvor aus dem Grenzzustand der Tragfähigkeit ermittelten Kombinationsbewehrung eingehalten werden. Um eine möglichst große Flexibilität bei der Aufstellung zu gewährleisten, wurde die 70 Meter lange Bodenplatte komplett fugenfrei ausgeführt.

Die Herstellung des Stahlfaserbetons erfolgte mittels automatischer Dosieranlage, bei der die Fasern im Betonwerk dem Mischvorgang hinzugegeben wurden. Neben der genauen Dosierung konnte hierdurch zusätzlich eine gleichmäßige Verteilung der Fasern in der Betonmatrix sichergestellt werden. Zur Sicherstellung der Qualität des Stahlfaserbetons wurde zudem vor Baubeginn eine Versuchsreihe mit Biegebalken durchgeführt. Der anschließende Einbau des Betons erfolgte problemlos mittels Betonpumpen (Bild 4, Bild 5).

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Typische Industriefußböden aus Stahlfaserbeton gelten bereits seit vielen Jahren als Stand der Technik. Mit der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton werden die Vorzüge des Stahlfaserbetons nun auch verstärkt in Fundamentplatten für Industriebauten genutzt. Mit der bauaufsichtlichen Einführung der Richtlinie ist die Absicherung auf dem Gebiet der Normierung gegeben. Der Einsatz von leistungsfähigem



Bild 5. Zugabe der Dramix® 5D 65/60BG Fasern mittels Dosieranlage  
Titelbild: W+P Weber und Partner AG (B. Santos)  
Übrige Bilder: Bekaert (Schweiz) AG

gem Stahlfaserbeton in Fundamentplatten für Hochregallager in Silobauweise ermöglicht neben wirtschaftlichen Vorteilen eine Vielzahl von baupraktischen Vorzügen wie Zeitersparnis, Vereinfachung der Bewehrungsarbeiten, Ausführbarkeit größerer fugenfreier Flächen und geringere Aufwendungen bei der Verankerung der Regalstützen. Die positiven Ergebnisse bisher ausgeführter Projekte und die stetig ansteigenden Anfragen für Alternativlösungen mit Stahlfaserbeton zeigen den zunehmenden Stellenwert dieser Bauweise. Derzeit befinden sich viele weitere Projekte in Deutschland und dem europäischen Umland in Bearbeitung.

### Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, Ausgabe November 2012.
- [2] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.: Merkblatt Industrieböden aus Stahlfaserbeton, Ausgabe Juli 2013.
- [3] Guirguis, P.: Veröffentlichung Hochregallager. In: Bauingenieur 89 (2014), Heft 6, S. A 31-A 34.