



### Dicke Fundamentplatten in Kombinationsbewehrung

Dicke Fundamentplatten in Kombinationsbewehrung aus Bewehrungsstahl und Stahldrahtfasern sind eine effiziente Alternative zur konventionellen Bauweise! Mit der bauaufsichtlich eingeführten DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton lässt sich die Faserwirkung vollständig anrechnen und führt zu einer Optimierung des Bewehrungsgehalts und des Bauverfahrens.

Für den Bau und die Montage von Lithografie-Optiken der neuesten Generation bei der Carl Zeiss AG in Oberkochen waren bis zu 220 cm dicke und 90 m lange erschütterungsunempfindliche Bodenplatten ohne Arbeitsfugen mit erhöhter Rissbreitenbegrenzung herzustellen. Neben der Ausführbarkeit dieser anspruchsvollen Fundamentplatten spielten die Faktoren Wirtschaftlichkeit und Ausführungszeit eine dominierende Rolle. Der Fachbeitrag zum Bau dieser Fundamentplatten steht auf Seite A 33 bis A 38.

Bekaert GmbH  
Siemensstr. 24  
61267 Neu-Anspach  
06081 44561137

statix gmbh  
Theodor-Heuss-Str.1  
89340 Leipzig  
08221 367509-0

statix<sup>3</sup>  
gmbh

@ BEKAERT

better together

## Dicke Fundamentplatten in Kombinationsbewehrung

P. Guirguis, S. Schmidt

**Zusammenfassung** Dicke Fundamentplatten in Kombinationsbewehrung aus Bewehrungsstahl und Stahldrahtfasern sind eine effiziente Alternative zur konventionellen Bauweise, dabei tragen die Stahlfasern maßgeblich zur Rissbreitenbegrenzung sowie zusätzlich zur Biege- und Schubtragfähigkeit bei. Mit der bauaufsichtlich eingeführten DAFStb-Richtlinie Stahlfaserbeton lässt sich die Stahlfaserwirkung vollständig anrechnen und führt bei entsprechender Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons zu einer deutlichen Reduktion des Bewehrungsgehalts und einer Optimierung des Bauverfahrens. Am Beispiel des Baus der Bodenplatten für die Erweiterung der Hallen der Carl Zeiss AG in Oberkochen werden die Vorteile dieser Bauweise, die Bemessungsgrundlagen und die Ausführung detailliert erläutert.

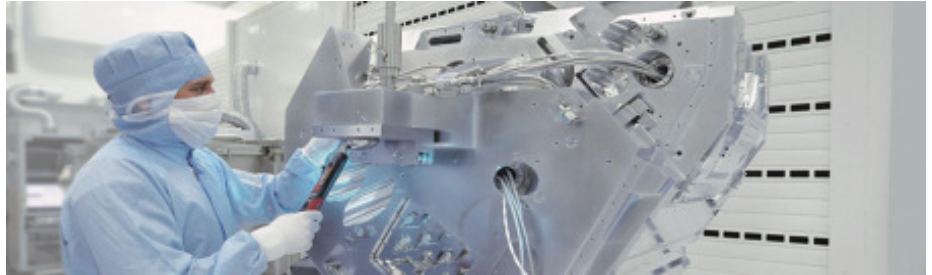


Bild 1: Starlith EUV-Optik

### 1 Einleitung

Die Carl Zeiss AG hat in den Jahren 2011 bis 2012 in Ihren Standort in Oberkochen investiert und dort mehrere neue Gebäude und Produktionsanlagen errichtet. Die Erweiterungen der SMT-Hallen (Semiconductor Manufacturing Technology) sind ein wichtiger Baustein für die zukünftige Entwicklung des Unternehmens. Hier werden die weltweit ersten, mit extrem ultraviolettem (EUV) Licht betriebenen Lithografie-Optiken hergestellt. Diese Geräte arbeiten in einem Bereich von 13,5 Nanometern – quasi das 75.000stel eines Millimeters (Bild 1). Um solche Maschinen bauen zu können, bedarf es insbesondere erschütterungsunempfindlicher Bodenplatten, einer Vielzahl von Reinräumen mit Krananlagen und einer entsprechenden Lüftungstechnik. Im Fokus dieser Veröffentlichung stehen die massiven Bodenplatten, welche für die Planung und Ausführung eine Herausforderung darstellten.

### 2 Projekt

#### 2.1 Baubeschreibung

Die Erweiterungsabschnitte der SMT Hallen haben einen analogen Gebäudeaufbau, bestehend aus einer großen Halle für die Installati-

on der Reinräume und einer aufgesetzten Technikebene für die Führung der Lüftungskanäle und sonstige technische Einbauten. Seitlich wurde jeweils eine mehrgeschossige Bürospace angefügt.

Die zugehörige Tragstruktur besteht aus einer 150 cm bzw. 220 cm dicken Bodenplatte mit aufgeschraubten bzw. in Köchern eingespannten 70 x 70 cm Stahlbeton-Fertigteilstützen. Darauf wurde eine reine Stahlkonstruktion aus Fachwerkträgern, Pfetten und Gitterrosten montiert. Bild 2 zeigt eine Visualisierung des Tragwerks.

Die Außenwände der Hallen bestehen aus Stahlbeton-Fertigteilsöckeln und einer aufgesetzten Stahl-Kassetten-Konstruktion mit Deckblech. In der Achse zum Bestand wurde eine 20 cm dicke Brandwand aus Fertigteilen angeordnet. Die seitlich angefügten Bürospace bestehen aus vorgespannten Elementdecken, wandartigen Trägern, Unterzügen, Brüstungen und auf die Bodenplatte geschraubte Stützen – alles Stahlbeton-Fertigteile.

#### 2.2 Anforderungen an die Fundamentplatten

Eine wesentliche Anforderung der Gebäude ist die Schwingungsunempfindlichkeit. Entsprechende Untersuchungen und Kriterien wurden durch das Baudynamikbüro Dr. Heiland, Bochum durchgeführt und festgelegt. Aus dem Schwingungskriterium VC-F (1,6  $\mu\text{m/s}$ ; dies bezieht sich auf so genannte  $\frac{1}{2}$  h Erwartungswerte der Terzspektralwerte im Frequenzbereich 8), der Scherwellengeschwindigkeit von

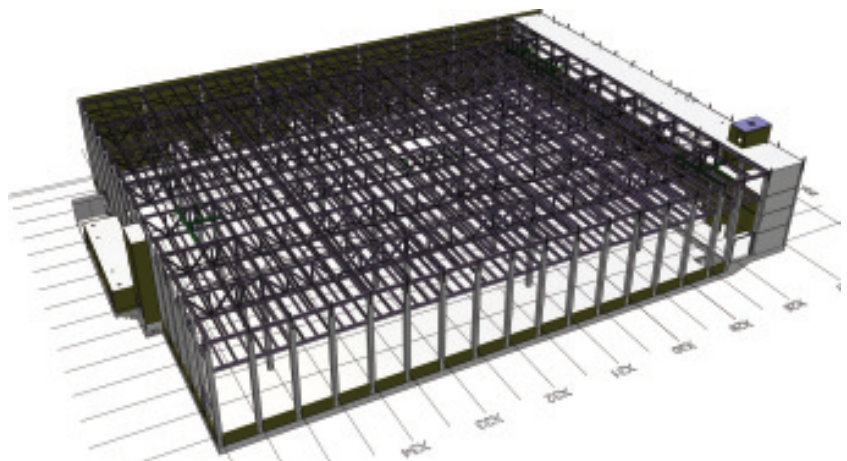


Bild 2: 3D Rendering Tragwerk

Dipl.-Ing. Stefan Schmidt, P.E.

statix gmbh

Theodor-Heuss-Str. 1, 89340 Leipheim

s.schmidt@statix3.de

Dipl.-Ing. Philipp Guirguis

Technischer Leiter Bauprodukte Bekaert GmbH

Siemensstraße 24, 61267 Neu Anspach

philipp.guirguis@bekaert.com

200 m/s und der räumlichen Situation resultierten 150 cm und 220 cm dicke Fundamentplatten aus „einem Guss“. Besonderes Augenmerk galt dabei den Zwangskräften, die durch Hydratationswärme sowie Schwind- und Kriechprozesse entstehen. Vom Bauherrn wurde eine Rissbreitenbeschränkung an der Plattenoberseite von 0,2 mm gefordert. Die eigentliche statische Bemessung der Bodenplatte erfolgte für eine 120 cm bzw. 190 cm dicke elastisch gebettete monolithische Platte, welche die gesamte Lastabtragung übernimmt und auf eine Rissbreite von 0,3 mm rechnerisch begrenzt wurde. Der Aufbeton in einer Stärke von 30 cm hat keine statische Funktion, wird aber auf die erforderliche Rissbreite von 0,2 mm begrenzt und im Schubverbund mit der Bodenplatte hergestellt. Die zusammen 150 cm bzw. 220 cm dicken Platten erfüllen die gestellten Forderungen der Schwingungsunempfindlichkeit und Rissbreitenbegrenzung.

### 3 Rückblick

Stahlfaserbeton wird seit vielen Jahren in der Baupraxis eingesetzt. Vor allem für Industriefußböden und Bodenplatten stellt dieser eine wirtschaftliche Alternative im Vergleich zu anderen Bauweisen dar. Durch die Zugabe von Stahlfasern können die Festbetoneigenschaften deutlich verbessert werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nach dem Entstehen von Rissen in der Betonzugzone die Stahlfasern den Riss überbrücken und somit Zugkräfte von einem Rissufer zum anderen übertragen.

Im Jahr 2000 setzte die Firma ZEISS bereits großflächig den Bau von Halbleitertechnik-Fabrikanlagen in Oberkochen um. Aufgrund der Schwingungsunempfindlichkeitsanforderungen hatten die Bodenplatten eine Stärke von 150 cm. Ursprünglich war eine reine Stahlbetonkonstruktion geplant. Aus wirtschaftlichen und bauverfahrenstechnischen Gründen heraus kam bereits damals der Einsatz von Stahlfaserbeton für die Bodenplatten in Betracht.

Der Verwendung als konstruktiver Werkstoff stand im Jahr 2000 jedoch die Tatsache entgegen, dass für Stahlfaserbeton keine normative Grundlage existierte. Einige in der Vergangenheit vom Deutschen Beton und Bautechnik-Verein e.V. herausgegebene Merkblätter enthalten zwar Angaben zur Berechnung und Konstruktion von Bauteilen aus Stahlfaserbeton, sind aber nicht bauaufsichtlich eingeführt worden. Folglich wurde die Wirkung der Stahldrahtfasern nicht für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) herangezogen, sondern lediglich für die Betrachtung der Gebrauchstauglichkeit (Rissbreitenbegrenzung). Am Fachinstitut Massivbau des iBMB der TU Braunschweig wurden diese Überlegungen gutachterlich begleitet. Es wurde ein Konzept erarbeitet, bei der die Platte in vier horizontale Lagen unterteilt wurde. In den beiden mittleren Lagen wurde reiner Dramix®-Stahlfaserbeton, in der untersten und obersten Lage Kombinationsbewehrung eingesetzt.

Obwohl die Wirkung der Stahldrahtfasern nur im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit angerechnet wurde, erwies sich die Ausführung in Kombinationsbewehrung als wirtschaftlicheres und effektiveres Konzept. Beim Bau der SMT Hallen im Jahr 2000 wurde diese Bauweise erfolgreich angewendet und floss somit konsequenterweise in die Planung und Ausführung für die Erweiterungen in 2011 wieder ein.

## 4 Bemessung und Konstruktion der Bodenplatten

### 4.1 Vorbemerkung

Das Ingenieurbüro statix gmbH wurde 2011 mit der Tragwerksplanung Leistungsphase 1 bis 7 beauftragt. Seitens der Bauherrschaft stand die Forderung im Raum, die Fundamentplatten genauso wie die aus dem Jahr 2000, wenn nicht noch besser, zu planen und dabei die Bauweise (Kombinationsbewehrung) aus dem Jahr 2000 in Betracht zu ziehen. Eine schärfere Anforderung infolge baodynamischer Aspekte betraf die Art der Ausführung. Entgegen dem Prinzip des ersten Bauabschnitts, horizontale Lagen ohne vollständigen Schubverbund zu betonieren, waren die Fundamentplatten für den Erweiterungsbau in einem Guss-monolithisch herzustellen. Bei einer Plattenstärke von 150 cm und einer Bauteillänge von mehr als 90 m erforderte die fugenlose Bauweise im Vorfeld besondere Überlegungen. Die Planung der Bodenplatten erfolgte in Zusammenarbeit des Ingenieurbüros mit der Bekaert GmbH.

### 4.2 DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton

Als Bemessungsgrundlage für die Bodenplatten der Erweiterung der Hallen diente die DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, Ausgabe März 2010 in Verbindung mit der DIN 1045-1. Mit diesen Regelwerken werden die Grundlagen für die Berechnung und Konstruktion von Bauteilen aus Stahlfaserbeton mit und ohne Betonstahlbewehrung bereitgestellt. Die DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton besitzt vollen Normencharakter und bezieht sich mit der Ausgabe März 2010 unmittelbar auf die DIN 1045-1, Teile 1 bis 3 und DIN EN 206-1. Sie enthält die für die Anwendung von Stahlfaserbeton notwendigen Änderungen und Ergänzungen zu diesen Normen, übernimmt deren inhaltliche Gliederung und besteht daher aus folgenden Teilen:

- Teil 1 : Bemessung und Konstruktion
- Teil 2 : Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- Teil 3 : Hinweise für die Ausführung.

Im März 2011 erfolgte die Aufnahme in die Musterliste der technischen Baubestimmungen und sukzessive die Übernahme in die Liste der Technischen Baubestimmungen der einzelnen Bundesländer. Inzwischen wurde die DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton ebenso als Ergänzung zur DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 überarbeitet.

Der Geltungsbereich der Richtlinie umfasst die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus Stahlfaserbeton sowie Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung bis einschließlich einer Druckfestigkeitsklasse C50/60 unter Verwendung von Stahlfasern mit form-schlüssiger, mechanischer Verankerung. Bei Verwendung von Kombinationsbewehrung (stahlfaserverstärktem Stahlbeton) gibt es kaum Einschränkungen in den Anwendungsmöglichkeiten.

Insbesondere bei kombiniertem Einsatz von Stahlfasern und Betonstahlbewehrung lassen sich erhebliche Vorteile bei der Begrenzung der Rissbreiten sowie bei der Erhöhung der Biege- und Querkrafttragfähigkeit erreichen. Bezieht man die Gesamtheit der von den Fasern über den Riss hinweg übertragenen Kräfte auf die Querschnittsfläche der Betonzugzone, ergibt sich eine fiktive, im Rissquerschnitt wirksame Zugspannung. Wird diese Zugspannung unter definierten,

den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit bzw. der Tragfähigkeit zugeordneten Bedingungen ermittelt, ergibt sich die Nachrisszugfestigkeit, die bei der rechnerischen Nachweisführung von Bauteilen aus Stahlfaserbeton in Ansatz gebracht wird.

### 4.3 Schnittkraftermittlung und Biegebemessung

Für die Biege- und Schubbemessung wurden die Bodenplatten als elastisch gebettete Platten mittels linearem FEM Programm modelliert und ausgewertet. Dabei ist anzumerken, dass die Lasteinleitung aus den Stützen auf die projizierte Fläche im Schwerpunkt der Platte angesetzt wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass für den Großteil der Platte unter Biegung die gewählte Grundbewehrung aus der Rissbreitenbegrenzung, bis auf wenige lokale Stellen, ausreichend war. Für die Biegebemessung auf der Materialwiderstandseite wird die Spannungs-Dehnungsbeziehung nach DAfStb-Richtlinie, Bild R.4 genutzt. Der Querschnittsbemessung im GZT von stahlfaserverstärkten Stahlbetonquerschnitten bei einer Momenten-Normalkraft-Interaktion liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Ebenbleiben der Querschnitte, also Ansatz einer linearen Dehnungsverteilung mit Randdehnungsbegrenzung  $\epsilon_c^f > -3,5\%$  (Druckzone) und  $\epsilon_{ct}^f < 25\%$  (Zugzone)
- Ansatz der Stahlfaserwirkung als rechnerische Zugfestigkeit in der gesamten Zugzone bis zum Querschnittsrand

### 4.4 Schubbemessung

Beim Querkraft- und Durchstanznachweis wird der Wirkung der Stahlfasern ein additiver Anteil auf der Widerstandsseite zugeordnet. Stahlfasern wirken dabei wie eine Schubbewehrung über den gesamten Querschnitt der Platte. Durch den Stahlfaserzusatz -in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Stahlfaserbetons- wird die Querkrafttragfähigkeit so erhöht, dass auf den Einbau von herkömmlicher Schubbewehrung (z.B. Dübelleisten) verzichtet werden kann.

Für Platten ohne Durchstanzbewehrung führt die DAfStb Richtlinie im Kapitell 10.5.4 der Ausgabe März 2010 einen eigenen Stahlfasertraganteil an, so dass sich der Gesamt-widerstand aus dem Betontraganteil plus Stahlfaseranteil zu  $v_{Rd,c}^f = v_{Rd,ct} + v_{Rd,cf}$  ergibt.

In  $v_{Rd,cf} = \frac{\alpha_c^f \cdot f_{ctR,u}^f \cdot h}{\gamma_{ct}^f}$  geht mit  $f_{ctR,u}^f$  der Rechenwert der zen-

trischen Nachrisszugfestigkeit ein und mit  $h$  linear die Bauteilhöhe. Insofern ist insbesondere bei dicken Bauteilen der Schubtraganteil des Stahlfaserbetons sehr bedeutend.

Bei den SMT Hallen waren die Durchstanznachweise relevant und bei konventioneller Bauweise wären Schubzulagen nötig gewesen. Durch den Ansatz der Stahlfasern konnte darauf verzichtet werden.

### 4.5 Rissbreitenbegrenzung

Besonderes Augenmerk galt der Rissbreitenbegrenzung der dicken Fundamentplatten. Es ist im Vorfeld nur bedingt möglich, den maßgebenden Zeitpunkt der Rissbildung abzuschätzen. Dreh- und Angelpunkt sind daher die Erfahrung der beteiligten Ingenieure aber auch wirtschaftliche Gesichtspunkte, um sich für einen bestimmten Lastfall und ein bestimmtes Betonalter bei der Festlegung der Mindestbewehrung zu entscheiden.

Aufgrund der Tatsache, dass keine Fugen erlaubt waren (weder horizontal noch vertikal), das Bauteil unter Einfluss von Außenbedingungen stand und eine geschlossene Gebäudehülle erst Monate später erfolgte, war eine Rissvermeidung durch rein konstruktive Maßnahmen nicht gegeben. Den Bedingungen zu Folge lässt sich ableiten, dass dem Einfluss abfließender Hydratationswärme und Schwinden durch eine rechnerische Rissbreitenbegrenzung begegnet werden musste.

Es wurde festgelegt, den frühen und späten Zwang bei der Berechnung der Rissbreitenbegrenzung zu berücksichtigen. Dabei wurde, um den Bewehrungsgrad zu optimieren, die tatsächliche im Bauteil wirkende Zwangsspannung zur Auslegung der Mindestbewehrung ermittelt. Auflagerbedingungen (Reibungsspannung zwischen Untergrund und Platte), Längsabmessung der Platte, Belastungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten, positive Einflüsse aus Relaxation etc. wurden definiert, um die tatsächliche Spannungsverteilung im Bauteil zu ermitteln. Somit wurde eine Optimierung des erforderlichen Bewehrungsgrads erzielt. Das Ergebnis aus Stabstahl  $\varnothing 12/10$  kreuzweise oben und unten + Stahlfaserbeton C25/30 L 1,5/1,5 mit  $30 \text{ kg/m}^3$  Dramix®-Stahldrahtfasern RC-80/60-BN (neue Bezeichnung 3D 80/60BG) bildet die Grundbewehrung der Platte.

Die Vorgehensweise zum rechnerischen Nachweis der Rissbreite bei kombinierter Bewehrung entspricht den bekannten Verfahren für Stahlbeton. Die Nachrisszugfestigkeit wird zusätzlich über das Verhältnis  $\alpha^f$  von Nachriss- zu Erstrisszugfestigkeit berücksichtigt. Grundgedanke des Verfahrens ist die mit steigender Nachrisszugfestigkeit abnehmende Kraft, die beim Reißen des Querschnitts freigesetzt wird. Entsprechend weniger Kraft muss von der Bewehrung im Riss aufgenommen und zurück in den Beton eingeleitet werden.

Dadurch werden sowohl die Dehnung des Betonstahls als auch die erforderliche Übertragungslänge unmittelbar verringert. Es sinken die Rissabstände und damit die Rissbreiten.

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}^f - \epsilon_{cm})$$

$$s_{r,max} = (1 - \alpha_f) \cdot \frac{d_s}{3,6 \cdot \text{eff}\rho} \leq (1 - \alpha_f) \cdot \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}}$$

$$\epsilon_{sm}^f - \epsilon_{cm} = \frac{(1 - \alpha_f) \cdot (\sigma_s - 0,4 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\text{eff}\rho})}{E_s} \geq 0,6 \cdot (1 - \alpha_f) \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Unter Verwendung von Stahlfasern wird die für eine bestimmte Rissbreite erforderliche Betonstahlbewehrung deutlich reduziert. Wesentliche Vorteile ergeben sich neben der Kostenersparnis u.a. hinsichtlich Qualität, Dauerhaftigkeit, Einbaubedingungen, Bauablauf und anwendbarer Einbauverfahren. Rechnerisch unberücksichtigt bleiben der bei gleicher Rissbreite höhere Eindringwiderstand gegenüber Flüssigkeiten und die über den gesamten Querschnitt vorhandene Rissvernetzung.



Bild 3: Bewehrte Bodenplatte

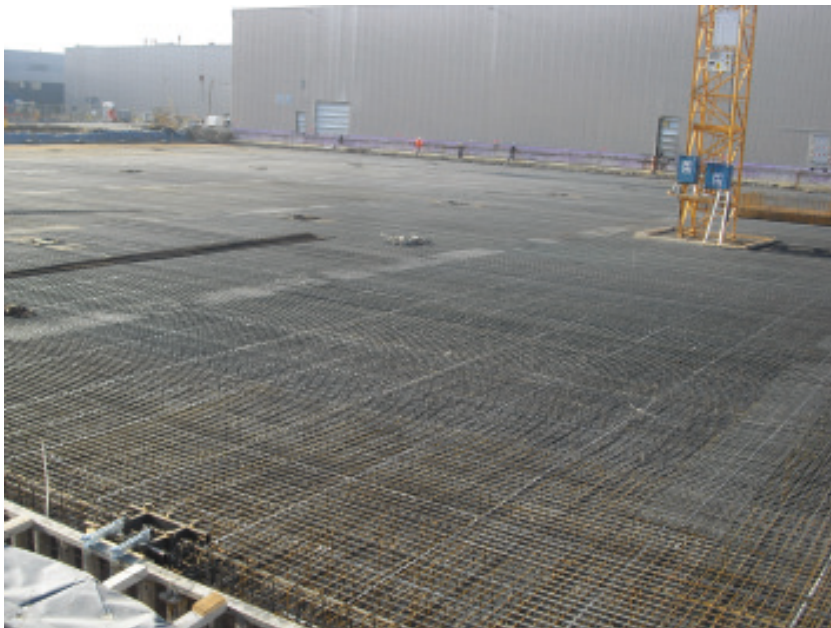


Bild 4: Bewehrte Bodenplatte

#### 4.6 Bewehrungsplanung

Ein wesentlicher Gedanke war, den Anteil an Betonstahlbewehrung so zu reduzieren, dass sich ein Einsatz von BAMTEC Rollmatten ermöglicht um den wichtigen Faktor „Zeitersparnis“ zu gewährleisten. Gleichmaßen war die Leistungsklasse des Stahlfaserbetons unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit und der Verarbeitbarkeit festzulegen. Zum Einsatz kamen Dramix®-Stahldrahtfasern mit einer Länge von 60 mm und einem Durchmesser von 0,75 mm ( $l/d = 80$ ). Zur Sicherstellung der Verarbeitbarkeit und einer homogenen Verteilung im Frischbeton sind die Stahlfasern zu Bündeln verklebt.

Als Eingangswert der Bemessung wurde ein Stahlfaserbeton mit der Leistungsklasse C25/30, L1,5/1,5 angesetzt. Auf dieser Basis wurde dann die zusätzlich erforderliche Menge an Betonstahl ermittelt. Erwartungsgemäß war der Nachweis

zur Rissbreitenbegrenzung bemessungsrelevant, woraus die Grundbewehrung der Platte mit  $11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$  resultierte. Eine Vergleichsrechnung unter gleichen Eingangsbedingungen ergab für eine reine Stahlbetonlösung  $33 \text{ cm}^2/\text{m}$  kreuzweise oben und unten, quasi zweilagig  $\varnothing 14/10$  kreuzweise, oben und unten. Es wurde somit eine Bewehrungsreduktion der Grundbewehrung von circa 60 % gegenüber einer konventionellen Ausführung im reinen Stahlbeton erzielt.

Zur Ausführung kamen BAMTEC-Matten oben und unten  $\varnothing 12/10$  plus  $30 \text{ kg}/\text{m}^3$  Dramix®-Stahldrahtfasern RC-80/60-BN. Die **Bilder 3 und 4** verdeutlichen die Bewehrungsführung dieser umgesetzten Lösung.

#### 5 Bauausführung und Qualitätssicherung

Der Bauablauf und die zugehörige Logistik für den Betoniervorgang verlangte eine sehr gute Organisation. Für die Herstellung der Bodenplatte wurde 80 Stunden lang durchgehend, betoniert. Dabei wurden stündlich ca.  $120 \text{ m}^3$  Beton und entsprechend 30 Tonnen Zement, 200 Tonnen Zuschlagsstoffe und jeweils  $3600 \text{ kg}$  Dramix®-Stahldrahtfasern verarbeitet. Die Herstellung des Stahlfaserbetons erfolgte in einer  $3,0 \text{ m}^3$  örtlich installierten Doppelwellenmischanlage. Die Bodenplatte wurde in drei 40 cm dicken Schichten „Nass-in-Nass“ schachbrettartig hergestellt, wobei ein Zeitfenster von nur wenigen Stunden zum vorherigen Abschnitt zur Verfügung stand, um eine vollständig monolithische Bodenplatte ohne zusätzlichen Schubverbund zu erlangen. Entsprechend war der Bedarf an Betonpumpen und Fahrmischern, um eine pausenlose Betonage der Fundamentplatte sicherzustellen. Es wurden drei Betonpumpen mit Ausladungen von 52 m bzw. 58 m und 6 Fahrmischer verwendet. **Bild 5** zeigt die Betonage, **Bild 6** die Rohbaufertigstellung.

Ein wichtiger Gesichtspunkt ist die Qualitätssicherung durch Kontrolle der Herstellung und Überwachung des Stahlfaserbetons.

Hierzu geben die Teile 2 und 3 der DAfStb Richtlinie Stahlfaserbeton die wesentlichen Hinweise. Stahlfaserbeton ist grundsätzlich ein Beton nach Eigenschaften. Die Eigenschaften sind durch den Betonhersteller sicherzustellen, indem für die zu verwendende Betonsorte eine Erstprüfung durchgeführt wird. Um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, wurden neben der Erstprüfung des Stahlfaserbetons zur Ermittlung der Nachrisseigenschaften Vorversuche auf der Baustelle durchgeführt, um Pumpbarkeit und Verarbeitbarkeit zu kontrollieren. Im Vorfeld wurde der Einsatz von zu Bündeln verklebten Dramix®-Stahldrahtfasern festgelegt, um die Bedingung einer problemlosen Betonage bei Verwendung von Hochleistungsfasern (hohes Längen/Durchmesser Verhältnis) bestmöglich zu unterstützen. Der Einsatz verklebter Hochleistungsstahlfasern stellte sich als zielführend heraus.

Zwecks Überprüfung der maßgebenden Frischbetoneigenschaften auf der Baustelle wurden gemäß der Anforderung im Anhang A.3 des Teil 3 der DAfStb –Richtlinie Stahlfaserbeton, Ausgabe März 2010 Fasergehaltsbestimmungen mittels eines Faserauszahlgeräts vorgenommen. Eine definierte Menge Frischbeton wird in das Gerät eingefüllt; die Stahlfasern werden über einen Magneten von der Frischbetonmenge separiert (**Bild 7**). Nach der Säuberung werden die Stahlfasern gewogen und auf den Fasergehalt pro m<sup>3</sup> hochgerechnet. Dieses Verfahren dient der Überprüfung von Fasergehalt und Faserverteilung der im Beton eingemischten Fasern. Das Annahmekriterium nach Tabelle A.4, Teil 3 dieser Richtlinie wurde für die vorgenommenen Prüfungen erfüllt.

## 6 Schlussfolgerungen

Die Ausführung der Bodenplatte in Kombinationbewehrung aus BAMTEC-Rollmatten und Dramix®-Stahldrahtfasern hatte eine Vielzahl von wirtschaftlichen und baupraktischen Vorteilen. Es wurden ca. 60% der erforderlichen normalen Bewehrungsstahlmenge und die dafür erforderliche Verlegearbeiten eingespart. Auch die Schwierigkeiten, die eine mehrlagige Bewehrung mit sich gebracht hätte, wie das Vorhalten von Rüttelgassen und kräftigere Abstandshalter, konnten dadurch ausgeschlossen werden. Schub- bzw. Durchstanzbewehrung wurde durch das Anrechnen der Stahlfaserwirkung nicht erforderlich. Die Verwendung von Stahlfaserbeton ermöglichte den Einsatz von BAMTEC-Rollmatten und generierte somit erhebliche Zeitersparnis – ein wesentlicher Faktor bei diesem Bauvorhaben. Der Mehraufwand für den Betoniervorgang durch die Zugabe von Stahlfasern fällt sehr gering aus. Letzten Endes wurden die Anforderungen an die Bodenplatte im vollen Umfang erfüllt, alle Termine wurden eingehalten und zusätzlich ergaben sich Kostenersparnisse durch diese Bauweise.

Aus den gewonnenen Erfahrungen bezüglich dieser Bauweise beim Bau der Erweiterungshallen für die Carl Zeiss AG, haben wir uns für eine analoge Ausführung bei einzelnen Hallen für die neue Paulaner Brauerei in München-Langwied entschieden. Eine Schwingungsunempfindlichkeit ist nicht gefordert; jedoch sind auf Grund der hohen Punktlasten aus den Biertanks und Malzsilos 75 cm bzw. 100 cm dicke Bodenplatten in der vorgestellten Bauweise geplant. In einer Veröffentlichung im Bauingenieur, November 2012 stellte Bekaert weiterentwickelte Stahldrahtfasern vor, deren Einsatzgebiete speziell auf derartige Bodenplatten zielt, um zukünftig Lösungen für anspruchsvolle Fundamentplatten zu ermöglichen.

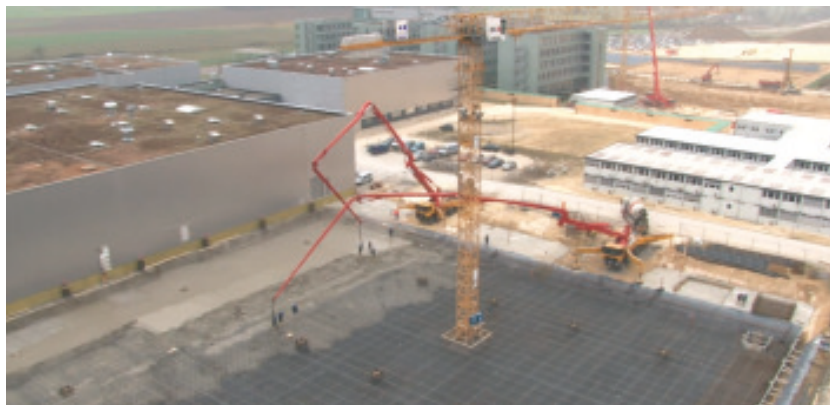


Bild 5: Betonage



Bild 6: Halle im Rohbau



Bild 7: Stahlfaserausählung mittels Faserauszahlgerät

### Schlusswort

Die Planung und Ausführung der Erweiterung der ZEISS Hallen erfolgte in einem rasanten Tempo. Vom Planungsbeginn am 12.07.2011 bis zur Betonage der ersten Bodenplatte am 17.10.2011 vergingen 97 Tage. Hier ist anzumerken, dass man auf die Erfahrungen und Bauweise der Bestandshallen aus dem Jahr 2000 weitestgehend zurückgreifen konnte. Nichtsdestotrotz verlangte diese kurze Planungszeit eine sehr gute Koordination, Abstimmung und Zusammenarbeit aller Beteiligten. An dieser Stelle gilt deshalb ein großer Dank an den Bauherren für sein Vertrauen und allen Planungsbeteiligten für Ihr hohes Engagement.

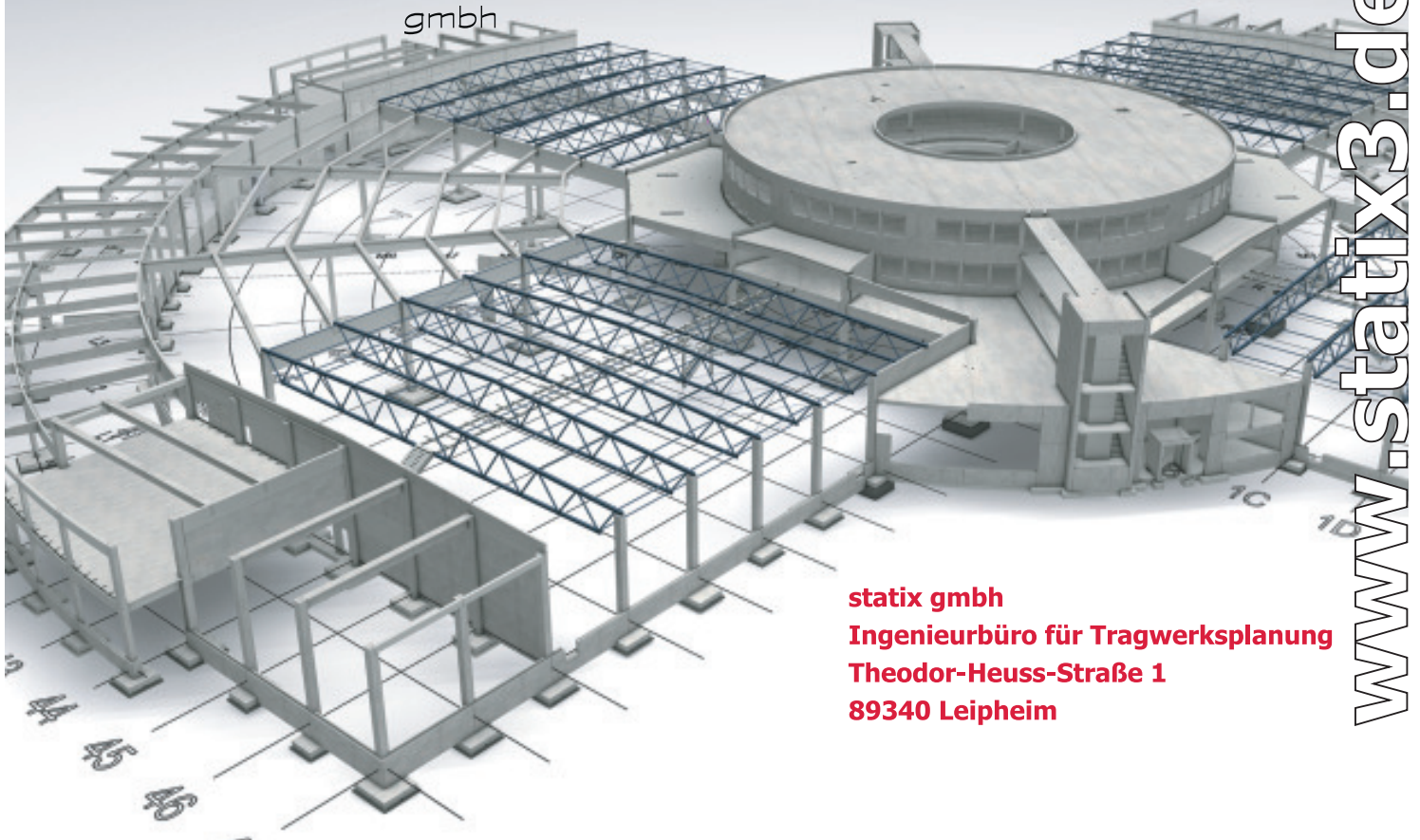
### Projekt: Carl Zeiss SMT GmbH, Oberkochen, Germany

<b>Ort</b>	Oberkochen, Deutschland
<b>Bauzeit</b>	Jul. 2011 – Dez. 2011
<b>Bauherr</b>	Carl Zeiss AG, Oberkochen
<b>Architekt</b>	Nething Generalplaner, Neu-Ulm
<b>Tragwerksplanung</b>	statix GmbH, Leipzig
<b>Baudynamik</b>	Baudynamik Heiland & Mistler GmbH Bochum
<b>Baufirma</b>	Karl Köhler GmbH, Stuttgart
<b>Stahlbau</b>	Stahlbau Süssen GmbH, Süssen
<b>Stahlfaserlieferant</b>	Bekaert GmbH
<b>Fertigteilwerk</b>	Franz Traub GmbH & Co. KG, Aalen
<b>Baukosten</b>	15 Mill. €

### Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton, Ausgabe März 2010
- [2] Baudynamische Untersuchung vom 01.08.2011, IB Dr. Heiland, Bergstrasse 174, 44807 Bochum, Seite 1–11
- [3] Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton, Version Oktober 2001
- [4] EN 14889–1, Fasern für den Beton – Teil 1, Stahlfasern – Begriffe, Festlegungen und Konformität
- [5] iBMB der TU Braunschweig, Trag- und Verformungsverhalten dynamisch beanspruchter Fahrbahnen aus Beton- und Stahlfaserbeton, Heft 131, 1997
- [6] Model Code 2010, First complete draft, Volume 1, bulletin 55
- [7] Winterberg, R.: Untersuchung zum Reißverhalten von Stahlfaserbeton und stahlfaserverstärktem Stahlbeton, Dissertation, Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Ruhr-Universität Bochum, 1998
- [8] Teutsch, M.: Gutachterliche Stellungnahme – Nr. 00 327 (Fa/Teu/Eb). Einsatz von Stahlfaserbeton bei einer dicken betonstahlbewehrten Bodenplatte

statix<sup>3</sup>  
gmbh



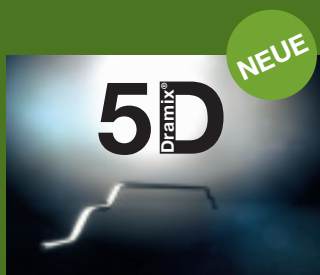
**statix gmbh**  
**Ingenieurbüro für Tragwerksplanung**  
**Theodor-Heuss-Straße 1**  
**89340 Leipzig**



## Neue Perspektiven mit Dramix®-Stahlfaserbeton

Mit der neuen Produktgeneration von Dramix®-Stahldrahtfasern setzt Bekaert einen neuen Standard für Stahlfaserbeton. Erhöhte Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit sowie vielseitigere Gestaltungsmöglichkeiten werden durch optimal aufeinander abgestimmte Materialeigenschaften garantiert!

In unserer Dramix®-Produktpalette finden Sie die geeignete Stahldrahtfaser für jeden Anwendungsbereich, von Industrieböden, Anwendungen im Wohnungsbau über den Tunnelbau bis hin zu pfahlgestützten Böden, Fundamentplatten im Hochbau und rissbreitenbeschränkten Bauteilen.



**Lassen Sie sich inspirieren!**  
Entdecken Sie die Vielseitigkeit und die Leistungsfähigkeit von Dramix®