



Jetzt ist erstmals der Nachweis erbracht worden, dass freitragende Bauteile auch ohne schlaffe Bewehrung ausführbar sind. So geschehen in Gaimersheim, wo eine punktgestützte Flachdecke mit 0,75 statt mit 21 kg/m<sup>2</sup> Stahl tragfähig bewehrt wurde. Der Ersatz für den Stahl sind Stahlfasern, die bisher nur bei flächig aufliegenden Bauteilen oder als konstruktive Rissesicherungen eingesetzt werden konnten. Wie die Ingenieure das gemacht haben, beschreiben sie im folgenden Beitrag.

EIN ERFOLGREICHES TEAM: Dipl.-Ing. Johann Grad, Dr.-Ing. Peter Henke, der Vorsitzende der Prüfingenieure Bayern (als Gast), Prof. Dr.-Ing. Horst Falkner, Dipl.-Ing. Jürgen Mandl, Dipl.-Ing. Uwe Kaßner (v.l.) haben erstmals weltweit den praktischen Nachweis erbracht, dass freitragende Bauteile auch ohne aufwendige schlaffe Bewehrung ausführbar sind.

# Zäh und flexibel

EIN QUANTENSPRUNG IM STAHLBETONBAU: DIE WELTWEIT ERSTE STAHLBETONDECKE AUS STAHLFASERBETON MIT VORSPANNUNG OHNE VERBUND

Seit der Entdeckung des Stahlbetons um die vorige Jahrhundertwende hat sich seine Herstellungsmethode kaum geändert. Noch immer ist das Ablängen und Biegen, vor allem aber das Verlegen der Bewehrung, vorwiegend lohnaufwendige Handarbeit. In diesem Bereich hat die Bautechnik mit dem Fortschritt der allgemeinen Technik nicht Schritt gehalten. Vermutlich weltweit erstmals in der Geschichte des Stahlbetons ist jetzt der Nachweis in Theorie und Praxis erbracht worden, dass ein freitragendes Bauteil ohne aufwendige schlaffe Bewehrung ausführbar ist. Der Ersatz

sind Stahlfasern, die bereits im Betonwerk maschinell dem Beton beige-mischt werden. Bisher waren Stahlfasern nur bei flächig aufliegenden Bauteilen wie Bodenplatten oder als konstruktive Rissesicherungen einsetzbar. Verwendet wurden bei der neuen Bauweise 150.000 Stahlfasern des Typs Readywell je Kubikmeter Beton mit einem Durchmesser von einem Millimeter und einer Länge von 50 Millimetern. Vor Ort beschränkt sich die Bewehrungsverlegung nur auf wenige Spannstäbe in den Feld- und Gurtstreifen (Abb. 1).

Der Bewehrungsaufwand verringert sich drastisch

Bei dem ausgeführten Objekt betrug der Bewehrungsaufwand gegenüber der bisherigen Ausführung im Stahlbeton weniger als fünf Prozent. Die konventionelle Bauweise hätte 21 Kilogramm Stahl je Quadratmeter Deckenfläche erfordert, die neue zukunftsweisende Konstruktion mit gleicher Tragfähigkeit benötigte lediglich 0,75 kg/m<sup>2</sup> Spannstahl (also 3,6 % der normalerweise üblichen Menge). Es handelt sich um eine punktgestützte Flachdecke mit folgenden technischen Daten:

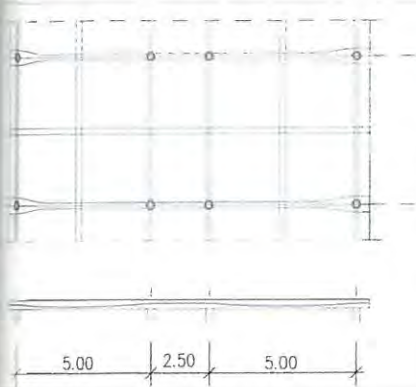


Abb.1: Deckenausschnitt mit Spanngliedanordnung (blau), ohne Maßstab, Schnitt überhöht.

- Spannweiten 5 x 5 m, Dicke 25 cm,
- Faserbetonklasse F 1,2/1,0, Spannstahl St 1570/1770,
- nachträgliche Vorspannung ohne Verbund mit Monolitzen, 140 mm<sup>2</sup> (Fa. Suspa),
- gleichmäßige Vorspannung in Feld- und Gurtstreifen,
- Decke im Zustand I unter Gebrauchslasten,
- die statischen Nachweise wurden gemäß DIN 1045-1, dem nunmehr vereinten Regelwerk Stahl- und Spannbeton und dem DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton 2001 geführt.

Die Biegezugfestigkeit wird wesentlich verbessert

Die Wirkungsweise des Stahlfaserbetons besteht darin, dass die normalerweise geringe Biegezugfestigkeit des Betons, die bei herkömmlichen Konstruktionen den Einbau von Betonstahl erforderlich macht, durch die Zugabe von Stahlfasern wesentlich verbessert wird.

Zudem ist der so verstärkte „neue“ Beton gegenüber dem spröden unbewehrten Material wesentlich zäher, das heißt, flexibler unter Belastung. Speziell diese Eigenschaft ermöglichte es, die Biegezugfestigkeit des Materials Beton nunmehr auch rechnerisch zu berücksichtigen und freitragende Decken aus Stahlfaserbeton zu konstruieren, wobei dieser Umstand allein für die Bemessung nicht ausreicht.

Es wurde zusätzlich eine Druckspannung aufgebracht und die Biegespannung durch den Einsatz von Spanngliedern verringert, die parabelförmig entgegen dem Momentenverlauf eingebaut wurden. Die Neuentwicklung der Stahlbetondecke mit Stahlfaserbewehrung in Kombination mit der Litzenvorspannung war nur in enger Zusammenarbeit zwischen Fachleuten aus Forschung und Praxis möglich. Hier sind zu nennen: die Ingenieure Dipl.-Ing. (FH) Johann Grad aus Ingolstadt und Dipl.-Ing. (TU) Uwe Kaßner aus Leipzig (Mitarbeiter im Ingenieurbüro Grad), die Firma Readymix AG mit Dipl.-Ing. Jürgen Mandl, der Bauherr, Dipl.-Ing. Schiebel von der Baufirma Schiebel (Gaimersheim), und als wissenschaftlicher Begleiter und Prüfstatiker Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst Falkner von der TU Braunschweig. (Von ihm stammt übrigens auch die Charakterisierung dieser bautechnischen Innovation. Sie sei, so sagte er, ein „Quantensprung im Stahlbetonbau“.)

Für das Projekt wurde die Zustimmung im Einzelfall durch den Deutschen Ausschuss für Stahlbeton, in den Vertreter von Bau-

Johann Grad



Dipl.-Ing. (FH), Beratender Ingenieur, Inhaber der GRAD Ingenieurplanungen GmbH (Ingolstadt); öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Mauerwerksbau, Holzbau und konstr. Denkmalschutz; Studium des Bauingenieurwesens und der Architektur an der Staatsbauschule München.  
[ib.grad@t-online.de](mailto:ib.grad@t-online.de)

Uwe Kaßner



Dipl.-Ing. (TU), Schweißfachingenieur.



Jan Bolzenhardt, Fürth

Abb. 2: Bürogebäude der Fa. Schiebel in Gaimersheim mit dem Wasserbehälter für die Probelastung.



Readymix/diagen Mandl

Abb. 3: Messeinrichtungen in den Feld- und Gurtstreifen

behörden, Hochschulen, Prüfstatikern und Industrie integriert sind, erteilt.

Die Leistungsfähigkeit der Decken wurde nachgewiesen

Die Leistungsfähigkeit der Decken wurde im Rahmen einer Präsentation vor Ort am 10. November 2003 nachgewiesen.

Dipl.-Ing. Jürgen Mandl ließ in Abstimmung mit dem Bauherrn auf der Dachgeschossdecke Wasserbehälter aufstellen (Abb. 2), die zunächst in einem Deckenfeld in fünf Schritten bis auf die rechnerische Bruchlast von



Jan Bolzenhardt, Fürth

15 kN/m<sup>2</sup> gefüllt wurden; der Versuch wurde in einer zweiten Phase nochmals um ein Deckenfeld erweitert. Gemessen wurde die Durchbiegung der Decke (Abb. 3 und Abb. 4), die einen Maximalwert von ca. 1,5 mm erreichte.

Entsprechende Vergleichsberechnungen für eine konventionell bewehrte (nicht vorgespannte) Decke zeigten, dass die Durchbiegung infolge des frühzeitig erreichten Zustandes II wesentlich größere Werte annimmt (ca. 5 mm).

Die allgemeine Einführung ist in diesem Jahr zu erwarten

Der Entwicklungsstand ist ausführungsfähig. Die weltweit erstmalige Ausführung wurde in allen Belangen mit dem Unterausschuss „Stahlfaserbeton“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton abgestimmt. Dieser Ausschuss entwickelt derzeit eine Richtlinie zur Anwendung und zur Bemessung von Stahlfaserbeton, in die dieser Anwendungsfall mit aufgenommen wird.

Mit der bauaufsichtlichen Einführung dieser Richtlinie, mit der Ende 2004 zu rechnen ist, wird die Verwendung von Stahlfaserbeton bei vorgespannten Bauteilen, wie zum Beispiel Decken, flächendeckend am Markt eingeführt sein.

Den Einsatzschwerpunkt der neuen innovativen Bauweise sehen die Autoren vor allem im Hochbau, bei den Decken im Wohnungsbau und bei Bürobauten. Die unterzuglose Flachdecke, die für die Ausbauten und späteren Umnutzungen eine große Variabilität gewährleistet, setzt sich immer mehr durch.

Hierfür ist der stahlfaserbewehrte Stahlbeton geradezu prädestiniert. Derzeit sind weitere Objekte im Ingenieurbüro Grad in Planung, bei denen diese neue wirtschaftliche Konstruktionsart realisiert wird.

Abb. 4: Ein wichtiger Partner im Team: Stahlfaserbetonexperte Jürgen Mandl erfasst den marginalen Verformungswert der Decke beim Belastungsversuch.