

# **"Stahlfaserbeton"**

## **Sonderausgabe der Fachzeitschrift „Beton- und Stahlbetonbau“**

erscheint: März/April 2021

Anzeigen/Berichte: 26. Februar 2021

### **Beitragsübersicht**

1) Peter Heek, Katharina Look, Vincent Oettel, Peter Mark

#### **Zur Bemessung von stahlfaserverstärkten Beton- und Stahlbetonbauteilen**

Die Bemessung von Stahlfaserbeton mit und ohne zusätzliche Betonstahlbewehrung ist in Deutschland durch die bauaufsichtlich eingeführte Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des DAfStb verbindlich geregelt. Gemäß der Richtlinie wird die rissüberbrückende Wirkung der Stahlfasern auf experimenteller Basis mittels Vier-Punkt-Biegezugversuchen ermittelt, als Nachrisszugfestigkeit idealisiert und in Form von Leistungsklassen quantifiziert und klassifiziert. Zur Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit dienen Spannungs-Dehnungs-Beziehungen des Stahlfaserbetons für die gezogenen Querschnittsbereiche, welche die bekannten, für Stahlbeton bestehenden Widerstandsgleichungen um die Stahlfaserwirkung in additiver Weise erweitern. Der Beitrag erläutert die Ermittlung der Rechen- und Bemessungswerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit und stellt die zugehörigen Spannungs-Dehnungs-Beziehungen dar. Hierauf aufbauend wird die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit beschrieben und auf entsprechende Bemessungshilfsmittel verwiesen. Insgesamt wird eine kompakte Übersicht über das Funktionsprinzip und die Bemessung von Stahlfaserbeton gegeben.

2) Katharina Look, Josef Landler, Peter Mark, Oliver Fischer

#### **Zugfestigkeiten von Stahlfaserbeton**

Wie sind Zugfestigkeiten mit Fasermengen und Faserarten verknüpft? Dieser Fragestellung widmet sich der Beitrag anhand von Datenbanken. Ziel ist es, Hilfen für die Tragwerksplanung aber auch für die Kalkulation zu liefern, um Faserzugaben – also ein Mehr an Material und Kosten – Einsparungen an Stabbewehrung und Erleichterungen bei der Bewehrungsmontage gegenüberstellen zu können. Im Unterausschuss „Stahlfaserbeton“ des DAfStb wird eine umfassende Datenbank zu Biegebalkenprüfungen erstellt, die durch die derzeitig enthaltenen 1100 Versuchsserien den für die heutige Baupraxis relevanten Bereich üblicher Stahlfaserbetone abdeckt. Die Erkenntnisse dieser Datenbank sind Bestandteil mehrerer Beiträge dieses Sonderhefts. Der vorliegende Beitrag stellt die Datenbank in ihren Grundzügen vor, behandelt ihre Auswertung hinsichtlich praxistypischer Stahlfaserbetonrezepturen, der Streuungen im Zugtragverhalten sowie den häufig diskutierten Zusammenhang zwischen Fasergehalt und Materialkennwerten. Hierfür werden die Versuchsdaten anhand der kennzeichnenden Parameter Betondruckfestigkeit, Fasergehalt, -zugfestigkeit und -schlankheit in einzelnen Kategorien zusammengefasst. Für jede dieser Kategorien werden der obere (95 %-Quantil) und untere Grenzwert (5 %-Quantil) sowie die im Mittel erreichten Biegezugfestigkeiten bestimmt. Die aus den Werten ermittelten Bandbreiten können Planer (Leistungsklasse) sowie Kalkulatoren (Fasergehalt) zukünftig als Orientierungswerte nutzen.

3) Fabian Weber, Jeanette Orben, Andreas Haus, Steffen Anders

#### **Einflüsse der Betonzusammensetzung auf die Tragfähigkeit von Stahlfaserbeton**

Aufbauend auf einer umfangreichen Stahlfaserbeton-Datenbank, die von einer Arbeitsgruppe des Stahlfaserbetonausschusses des DAfStb zusammengestellt wurde, werden u.a. die Einflüsse der Kornform, der Faserschlankheit und des Vorhandenseins reaktiver Zusatzstoffe auf die Tragfähigkeit von Stahlfaserbeton dargestellt. Aufgrund der sehr großen Datengrundlage können die Einflüsse in Abhängigkeit von der Druckfestigkeitsklasse und vom Fasergehalt angegeben und bewertet werden.

4) Markus Schulz, Vincent Oettel, Jan-Paul Lanwer

#### **Empirischer Ansatz zur Bestimmung der Nachrissbiegezugfestigkeit von Stahlfaserbeton**

Bei der Bemessung von Stahlfaserbeton legt der Planer auf Grundlage der DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ die Leistungsklasse des Stahlfaserbetons (Nachrissbiegezugfestigkeit L1 und L2) als grundlegende Eigenschaft fest. In der Praxis stellt es sich oft als schwierig heraus, den Zusammenhang zwischen Leistungsklasse und erforderlicher Stahlfaserdosierung in Abhängigkeit von der Stahlfaserart und der Betongüte herzustellen. Um sowohl für die Hersteller als auch für Planende und Überwachende eine Abschätzung der voraussichtlich notwendigen Stahlfasergehalte zu ermöglichen, existieren verschiedene empirische Ansätze zur näherungsweisen Bestimmung der Nachrissbiegezugfestigkeit von Stahlfaserbeton. Deren Herleitung erfolgte jedoch auf Basis unterschiedlicher Versuche und fast ausschließlich auf Grundlage von wenigen bzw. „eigenen“ Versuchsergebnissen der jeweiligen Forschungsstellen, weshalb nur eine beschränkte Gültigkeit des jeweils vorgeschlagenen Näherungsansatzes vorliegt. Mit Hilfe der Biegebalken-Datenbank „Stahlfaserbeton“ wurden diese Ansätze systematisch analysiert und auf Basis dessen ein verbesserter Ansatz zur Bestimmung der Nachrissbiegezugfestigkeit von Stahlfaserbeton entwickelt, worüber im Beitrag berichtet wird.

5) Josef Landler, Oliver Fischer

#### **Datenbank zum Durchstanzen stahlfaserverstärkter Flachdecken ohne Durchstanzbewehrung. Bewertung von Bemessungsansätzen nach DAfStb-Richtlinie und fib Model Code 2010**

Die Durchstanzbemessung stahlfaserverstärkter Flachdecken erfolgt derzeit in Deutschland anhand der seit 2012 bauaufsichtlich eingeführten Richtlinie „Stahlfaserbeton“ des DAfStb. Die Zugabe von Makrostahlfasern in den Beton erlaubt auch nach dem Eintreten der Rissbildung eine effektive Zugkraftübertragung über den Riss hinweg und begrenzt die fortschreitende Rissöffnung, was sich für die Durchstanztragfähigkeit von Flachdecken als besonders günstig erweist. Zahlreiche Untersuchungen seit Mitte der 1970er Jahre bestätigten dies umfassend und ermöglichen mehrfach die Ableitung empirischer und teils mechanisch basierte Ansätze zur rechnerischen Erfassung der Fasertragwirkung beim Nachweis einer ausreichenden Durchstanztragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung. Zur Bewertung und Weiterentwicklung normativer Regelwerke wird eine kritisch überprüfte Datenbank zu Durchstanzversuchen an stahlfaserverstärkten Flachdecken ohne Durchstanzbewehrung geschaffen. Dieser Beitrag stellt die Datenbank vor und diskutiert deren Auswertung hinsichtlich der Vorschlagsgenauigkeit und des Sicherheitsniveaus der Bemessungsansätze nach DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ sowie nach Model Code 2010. Unter Beachtung der zugrunde gelegten baupraktischen Anforderungen in Bezug auf die Plattendicke, den Längsbewehrungsgrad sowie die Betondruck- und die Nachrisszugfestigkeit konnten derzeit etwa 115 Versuche in die Durchstanz-Datenbank „Stahlfaserbeton“ aufgenommen werden.

6) Fabian Weber, Steffen Anders

#### **Bestimmung der Nachbiegezugfestigkeit von Stahlfaserbeton – Ein Vergleich zwischen 3-Punkt- und 4-Punkt-Biegezugversuchen**

Die Nachrissbiegezugfestigkeiten von Stahlfaserbeton werden in Deutschland in einem 4-Punkt-Biegezugversuch nach der Stahlfaserbetonrichtlinie bestimmt. Die europäische Normung hingegen basiert aktuell nach DIN EN 14651 auf einem 3-Punkt-Biegezugversuch an gekerbten Balken. Im Beitrag wird diskutiert, welche systematischen Einflüsse der Prüfaufbau auf die Ergebnisse der Nachrissbiegezugfestigkeiten besitzt. Außerdem werden vergleichend nach beiden Regelwerken durchgeführte Versuchsserien verglichen und Ansätze für eine Umrechnung der ermittelten Nachrissbiegezugfestigkeiten skizziert.

## Berichte

7) Andreas Haus, Bekaert

### **Einsatz von Stahlfaserbeton in rissbreitenbeschränkten Fundamentplatten**

Im Zuge der Innenstadtverdichtung und der damit einhergehenden Parkplatzproblematik werden neue Geschossbauten immer häufiger auch mit Tiefgaragen in mehreren Ebenen ausgeführt. Derartige Fundamentplatten werden aufgrund hoher Lasten, aber vor allem auch aufgrund der erforderlichen Rissbreitenbeschränkung, oftmals hoch bewehrt. Neben der umfangreichen Baustellenlogistik, die ein solch hoher Bewehrungsgrad mit sich bringt, zeigt sich häufig, dass vor allem die Bereiche mit einer hohen Bewehrungskonzentration fehleranfällig sind. Durch den Einsatz von Stahlfaserbeton gemäß der DAFStb-Richtlinie Stahlfaserbeton lässt sich die Wirkung der Stahlfasern sowohl im GZT mit besonderem Blick auf das Durchstanzen als auch der Rissbreitenbeschränkung im GZG anwenden. Anhand von ausgeführten Geschosswohnungsbauten wird der positive Ansatz des Stahlfaserbetons in der Bemessung und der Bauausführung aufgezeigt.

8) Markus Schulz, SCE – Schulz Concrete Engineering

### **Verwendung von stahlfaserverstärktem Stahlbeton bei automatisierten Hochregallagern**

Bei automatisierten Hochregallagern werden sehr strenge Anforderungen an die Verformung der Bodenplatte gestellt, die zu weitgehend fugenlosen Konstruktionen führen. Stahlfasern können hier auf Grundlage der DAFStb-Richtlinie Stahlfaserbeton 2012 für den Nachweis der notwendigen Rissbreitenbegrenzung angerechnet werden. Weiter ergeben sich bei einer Silobauweise sehr hohe Lasten an den Regalstützen. Die Anrechnung von Stahlfasern beim Durchstanznachweis kann helfen, die Plattendicke zu reduzieren, soweit dies die Verformungsanforderungen zulassen, oder auf aufwendige Durchstanzbewehrung zu verzichten. Anhand einiger Beispiele aus der Praxis wird gezeigt, dass eine Kombination von Stahlfasern und herkömmlicher Betonstahlbewehrung wirtschaftlich sein kann. Weiter wird exemplarisch gezeigt, auf welche Details, z.B. die Verankerung der Stützen, geachtet werden muss.

9) Wilhelm Nell, Marc Steinfeld, Krampe Harex

### **Cityringen Abzweig Sydhavnen – Anwendungsbeispiel für Tübbings mit Stahlfaserbeton**

Das Gesamtprojekt Cityringen bedeutet für die Stadt Kopenhagen einen immensen Fortschritt des öffentlichen Verkehrs. Die Abzweigung nach Sydhavnen ist dabei ein wichtiger Bestandteil des U-Bahn Konzepts. Mit dieser Erweiterung wird der südliche Bezirk mit dem bestehenden U-Bahn System von Kopenhagen verbunden und wird dadurch auch ein Schlüsselement für die weitere städtebauliche Entwicklung. Der Tunnel für den Abzweig Sydhavnen besteht aus zwei ca. 4.500m langen Röhren, Durchmesser innen 4,90 m, mit einem Querschlag. Zusätzlich sind fünf Bahnhöfe und zwei Schächte entstanden. Aufgefahren wurde die Strecke mit zwei EPB TBM. Für die Herstellung der Tübbings im System 5+1 mit 30 cm Dicke wurde bereits in der Planung die Verwendung von Stahlfasern (Anteil der

Stahlfaser-Tübbings ca. 85%) als Bewehrung vorgesehen. Die Bemessung für den Stahlfaserbeton erfolgte nach DBV Merkblatt.

#### 10) Norbert Nehls, CEMEX

##### **Stahlfaserbeton und seine Anwendung bei wasserundurchlässigen Konstruktionen aus Beton**

Wasserundurchlässige Konstruktionen aus Beton erfordern eine enge Abstimmung von Planung und Ausführung. Ein wesentlicher Aspekt bei der zielsicheren Erreichung der Wasserundurchlässigkeit ist, neben der Berücksichtigung der Nutzungsanforderungen, der Einhaltung der Anforderungen an den Beton und an die Konstruktion, die Begrenzung oder die Vermeidung von Trennrissen. Insbesondere die letztgenannte Zielstellung und der damit verbundene Entwurfsgrundsatz setzen die Festlegung und konsequente Umsetzung von konstruktiven, betontechnologischen und ausführungsseitigen Maßnahmen voraus. Die WU – Richtlinie des DAfStb verweist auf die Möglichkeit der Rissbreitenbegrenzung durch die Kombination von Stabstahl- und Stahlfaserbewehrung. Der Beitrag stellt den Einsatz von Stahlfaserbeton für die Umsetzung des Entwurfsgrundsatzes Vermeidung von Trennrissen mittels des Systems Orange Wanne an einem im Jahr 2019 realisierten Bauvorhaben dar. Es werden die Anforderungen an den Beton und betontechnologische Hinweise für den Einsatz von Stahlfaserbeton ausgeführt. Ausführungstechnische Prozesse werden in ihrem Zusammenwirken geschildert.

#### 11) Sven Kuhfeldt, Dyckerhoff

##### **Dyckerhoff liefert Beton für Darmstädter Hersteller von Hochleistungsbatterien**

Die Dyckerhoff Beton GmbH & Co. KG mit Sitz in Wiesbaden versteht sich als qualitätsorientierter Hersteller von Beton und Sonderbaustoffen. Die Veränderlichkeit der Ausgangsstoffe verlangt, zusammen mit den zunehmend höheren Anforderungen an den Baustoff selbst, eine ständige Weiterentwicklung der bestehenden Rezepturen. Das BV „Akasol“ in Darmstadt spiegelt den Bedarf für anspruchsvolle Betone wider, die neben ihren normativen Eigenschaften auch noch ausführungsrelevante Anforderungen zu erfüllen haben. Durch den Einsatz von Dyckerhoff FERRODUR und VELODUR konnten nicht nur die Prozesse der Bauausführung wirtschaftlicher und ökonomischer dargestellt werden, sondern auch die Belastungen für Umwelt und Anwohner wirksam reduziert werden.

#### 12) Erik Geyer, Thomas Arndt, Uwe Mehling, SCHWENK

##### **Neubau eines Logistikzentrums mit Stahlfaserbeton in Flieden**

Betonböden in Produktionshallen, Hochregallagern oder Logistikzentren unterliegen neben statischen Punktlasten dynamischen Beanspruchungen durch z. B. Transportfahrzeuge. Immer öfter wird bei solchen Objekten Stahlfaserbeton verwendet, welcher bereits heute einen Marktanteil von ca. 60 % im Industriebodenbau einnimmt. Ziel des Beitrags ist es, ein aktuelles Bauprojekt vorzustellen, bei welchem Stahlfaserbeton erfolgreich zu Anwendung kam. Zu Beginn des Berichts wird das Bauvorhaben vorgestellt. Anschließend gehen die Autoren auf die umfangreichen Voruntersuchungen ein, die das Ziel verfolgten, Siebline und Stahlfasern optimal aufeinander abzustimmen, um die geforderten Leistungsklassen zielsicher zu erreichen. Darüber hinaus wird über die Qualitätskontrolle bzw. den Prüfaufwand am Transportbetonwerk und auf der Baustelle berichtet.