

Elmer Bölskey, Martin Billes

Holz-Beton-Verbunddecke: Baupraktische Bemessung nach Faserbeton-Richtlinie

DDr. Elmer Bölskey,
Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien

DI Martin Billes,
Lieferbeton GmbH, Ein Unternehmen der Cemex

1 Einleitung

Das Schlagwort „Holz-Beton-Verbunddecke“ wurde in den letzten 25 Jahren zu einer allgemein üblichen Bezeichnung im konstruktiven Hochbau für Holzdeckenkonstruktionen mit einer mitwirkenden Betonplatte. Eine weiterentwickelte „High-Tech-Lösungsvariante“ bildet die Verbundverstärkung mit Stahlfaserbeton [1], [2]. (Abb. 1) Am Anfang wurde diese (mitwirkende) Faserbeton-Verbundplatte nach experimentellen Untersuchungsergebnissen aus einer Forschungsarbeit an der TVFA der TU Wien [3] bzw. in Anlehnung an die ÖNORM B 5073 (Stahlfaserbetonrohre und zugehörige Formstücke) [4] statisch-konstruktiv konzipiert, dimensioniert und ausgebildet. Seit März 2002 regelt die Richtlinie „Faserbeton“ der Österreichischen Vereinigung für Beton und Bautechnik eine dem „aktuellen Stand der Technik“ entsprechende sachgerechte Anwendung des Faserbetons [5]. Damit

wurden auch die technisch-konstruktiven und bauwirtschaftlich-technologischen Vorgaben für (Tragwerks-)Planer, Betonhersteller, Bauausführende und Bauüberwachende (Prüfingenieure) von Holz-Faser-Beton-Verbunddeckenkonstruktionen geschaffen.

Bei diesen Konstruktionslösungen übernimmt der Faserbeton als Druckgurt sowohl eine tragende, aussteifende und stabilisierende Funktion (Traglaststeigerung, Erhöhung der Biegebeanspruchbarkeit/Momententragfähigkeit, Verbesserung des Formänderungsverhaltens und der Erdbebensicherheit) als auch bauphysikalische Aufgaben (Verbesserung des akustischen Verhaltens und des Schwingungsverhaltens durch die höhere Biegesteifigkeit, günstigeres Brandverhalten) [6], [7], [8]. Dafür ist im Sinne der Richtlinie „Faserbeton“ ein geprüfter Faserbeton erforderlich, mit klar definierten und eindeutig prüfbar/kon-

trollierbaren, statisch-konstruktiv relevanten Eigenschaften bzw. Materialkennwerten und daraus abgeleiteten „charakteristischen Festigkeits-Rechenwerten“. Mit Hilfe der Faserbeton-Richtlinie ist es einerseits möglich die Holz-Beton-Verbundtragwerke in einem einheitlichen, EUROCODE-konformen Sicherheitskonzept einzubinden, andererseits ist es möglich diese Tragwerke auf ein ähnlich hohes „Vertrauens- bzw. Sicherheitsniveau“ zu heben wie vergleichbare Stahlbeton- und Spannbetontragwerke, indem eine einheitliche, wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtung der Systemverlässlichkeit (Vertrauensbereich bzw. Versagenswahrscheinlichkeit) auf Basis gleicher Grundlagen angestellt wird.

2 Stärkung von Holztragwerken – bisher verwendete Verbunddeckensysteme

Praktische Erfahrungen der konstruktiven Althausanierung haben gezeigt, dass sich schadhafte Holzbalkendecken bzw. Deckenbereiche meistens ohne größere Probleme (auch im Verbund) mit verstärkenden Konstruktionselementen, z. B. mit Betonplatten, instand setzen lassen.

Nur unter der Voraussetzung, dass die vorhandene Holzbalkenkonstruktion schädlingfrei und gut erhalten ist, können die bestehenden Träme zur Lastabtragung herangezogen werden.

In der Praxis werden als Verstärkung bei schadhafte Balken seitlich angeschraubte Stahlprofile auch nach dem Prinzip „Zwickauer Balkenschuhe“ mit unterer und oberer Querlasche kombiniert eingesetzt. Diese sind als Verbundkonstruktion optimal geeignet, das Widerstands- und Trägheitsmoment mit wenig Querschnitt bzw. „Platzbedarf“ zu erhöhen. Sie sind schnell zu montieren bzw. auszuführen, sind hoch-

Abb. 1: Bereichsweise bereits fertig gestellte Decke

Foto: © Lieferbeton GmbH





Abb. 2: Justizanstalt Wr. Neustadt, zusammengesetzte Verbunddeckensysteme: seitliche Stahllaschenverstärkung kombiniert mit verdübeltem Stahlfaserbeton-druckgurt
Fotos: © E. Bölsckey



Abb. 3: Justizanstalt Wr. Neustadt, Einbau der Trennschicht

tragfähig und können im Mauerwerk nicht von Schädlingsorganismen angegriffen werden.

Sie werden meistens als lokale Verstärkungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen im Auflager- oder Anschlussbereich realisiert, könnten aber als durchlaufende Querschnittsverstärkung auf der gesamten Stab- bzw. Balkenlänge ausgeführt werden. Eine solche kombinierte seitliche Verbundverstärkung im Rahmen einer Holz-Stahlfaserbeton-Verbunddeckenverstärkung, realisiert im Projekt „Justizanstalt Wiener Neustadt“, zeigt. (Abb. 2)

3 Holz-Stahlfaserbeton-Verbundkonstruktionen

Holz-Stahlfaserbeton-Verbunddecken bestehen aus Holzdeckenelementen (Tramdecken, Dippelbaumdecken usw.), welche mit einer darüber liegenden dünnen Faserbetonplatte schubfest verbunden bzw. verdübelt sind. Als Verbundelemente werden Dübel oder Schrauben aus Stahl verwendet. Holz neigt bei Feuchtigkeitsaufnahme zum Quellen bzw. beim Trocknen zum Schwinden. Wenn durchfeuchtetes Holz nicht die Möglichkeit zum Austrocknen hat bzw. immer wieder bestimmte Stellen über län-

gere Zeiträume durchnässt werden, so kommt es zur Schädigung bzw. zur partiellen „Vermorschung“ des Holzes.

Beton wird beim Einbau in einer Holz-Beton-Verbunddecke als Frischbeton auf die Holzschalung bzw. die Dippelbäume aufgebracht. Dabei ist dafür zu sorgen, dass eine Durchfeuchtung des Holzes durch den frischen Beton vermieden wird. Weiters soll im Sinne der Langlebigkeit der Konstruktion eine Durchfeuchtung der Hölzer vermieden werden bzw. für die Möglichkeit der Trocknung der Hölzer gesorgt sein.

Deswegen ist es sinnvoll, eine diffusions-offene Trennschicht zwischen der Holzschalung (oder Dippelbäume) und dem Beton zu verwenden. (Abb. 3) Diese soll sicherstellen, dass der festigkeitsrelevante, optimale W/B-Wert des Stahlfaserbetons eingehalten wird und die Feuchtigkeit des „nassen“ Betons nicht in die Holzkonstruktion eindringt.

Richtlinie Faserbeton, Bemessung Stahlfaserbeton

Die dem aktuellen „Stand der Technik“ entsprechende Grundlage für die Verwendung von Stahlfaserbeton beim Holz-Beton-Verbund bildet in Österreich die „Richtlinie

Faserbeton“. Erst durch die Einteilung des Stahlfaserbetons in Festigkeitsklassen und die Festlegung von Festigkeitseigenschaften ist es möglich, das Material aufgrund der vorhandenen Spannungen im Bauteil zu bemessen und ordnungsgemäß einzusetzen. Dabei werden drei verschiedene Festigkeitseigenschaften (dem Anwendungszweck und den Anforderungen entsprechend) zusätzlich zur üblichen Druckfestigkeitsklasse des „Normalbetons“ unterschieden:

- **T- Faserbeton- Klasse:** T1 – T5 bzw. Sonderklasse TS (Tragsicherheitsklasse)
Faserbetonklasse der Nachrisszugfestigkeit $f_{rd,u}$ bzw. mittlere äquivalente Biegezugfestigkeit $f_{eq,mu}$ zum Nachweis der Tragsicherheit (Zustand II).
- **TG-Faserbeton-Klasse:** TG1 – TG5 bzw. Sonderklasse TGS (Gebrauchstauglichkeitsklasse)
Faserbetonklasse der Nachrisszugfestigkeit $f_{rd,s}$ bzw. mittlere äquivalente Biegezugfestigkeit $f_{eq,ms}$ für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Zustand II).
- **BZ-Klasse:** BZ3,0; BZ4,5; BZ6,0 (Biegezugfestigkeitsklasse)
Biegezugfestigkeit $f_{ft,d}, f_1$ (Zustand I) „Erstrissverhalten“.

Diese Festigkeitseigenschaften werden bei einer verformungsgesteuerten Biegebalkenprüfung des Faserbetons aus der Last-Verformungskurve ermittelt (Abb. 4). Das Bild der Last-Verformungskurve zeigt die Prüfung eines für Verbunddecken häufig verwendeten Betons mit der Faserbetongüte C 25/30 B1 FaB T3/BZ 4,5/TG 5 (Nachrissverhalten Tragsicherheitsklasse T3, Mindestwert der mittleren Biegezugfestigkeit 4,5 [N/mm²], Einteilung in der Gebrauchstauglichkeitsklasse TG5).

Prüfverfahren und Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung und die Kontrolle der Faserbetoneigenschaften werden durch den Faserbetonhersteller (Transportbetonhersteller) erbracht. Dabei werden die Frischbeton- und Festbetoneigenschaften gemäß der gültigen Betonnorm (ÖN B4710-1) erfüllt. Um die speziellen Festbetoneigenschaften des Stahlfaserbetons zu überprüfen, sind regelmäßige Biegebalkenprüfungen gemäß Richtlinie Faserbeton notwendig (Konformitätsprüfungen), um sicherzustellen, dass die geforderten Festigkeitseigenschaften auch erbracht werden.

Stahlfaserbetonplatte als ideale Verankerungsmatrix für die Verdübelung und als Druckgut

Die Stahlfaserbetonplatte im nachgiebigen Deckenverbundsystem hat hauptsächlich Druckkräfte aufzunehmen. Lediglich in der Verbundfuge treten geringe Zugspannungen im Beton auf, die der Stahlfaserbeton übernehmen muss. Weiters sind die Quertragfähigkeit der Platte bei Holztramdecken und die auftretenden Schwindspannungen nachzuweisen. Eine ausreichende Einbettung des Verbundmittels in die Faserbetonmatrix ist ebenfalls notwendig, um lokale Spaltrissbildungen unter dem Dübelkopf zu verhindern. Diese statischen Nachweise können durch die Materialkennwerte der Richtlinie Faserbeton geführt werden. Somit kann eine auf den Einsatz abgestimmte Faserbetonsorte verwendet werden. (Abb. 5)

Einbettung des Verbundmittels in die Stahlfaserbetonmatrix

Die Übertragung der Dübelkräfte in den Betondruckgurt ist durch den unbewehrten Beton alleine nicht gewährleistet. Deswegen ist es notwendig, Bewehrung in einem eng-

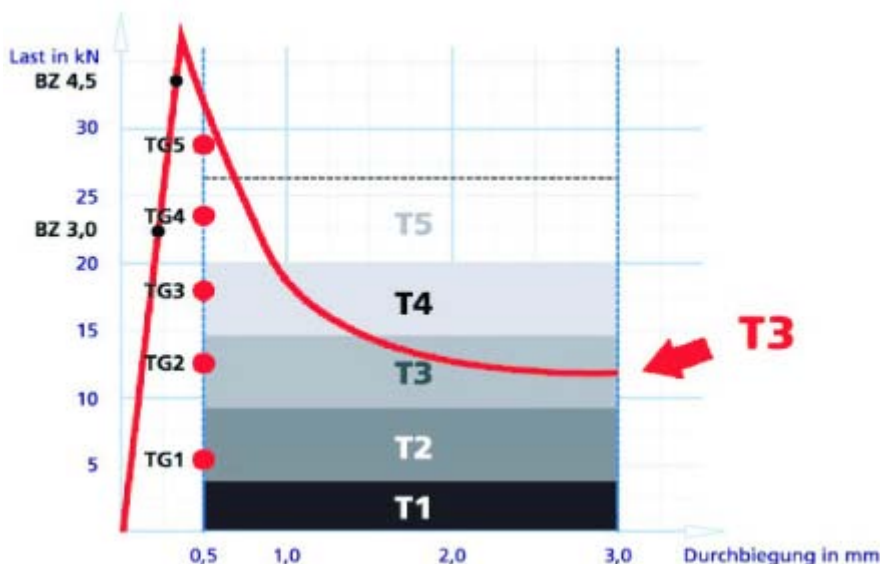


Abb. 5: Betoniervorgang auf einer bestehenden Holzdecke



Abb. 6: Pumpen von Stahlfaserbeton in den Dachbereich eines Wohnhauses

Abb. 4: Schematische Last-Verformungskurve von Stahlfaserbeton mit Einstufung gemäß Richtlinie Faserbeton nach [5] Grafik: © Lieferbeton GmbH



maschigen feinen Netz oder Stahlfasern zu verwenden, um die lokalen Spaltzugkräfte im Beton durch die Verbundmittel aufnehmen zu können. Bei Stahlfaserbeton kann aus diesem Grund als Anhaltswert von einer Mindestfaserbetonklasse von C 25/30 XC2 FaB T2 ausgegangen werden. Durch die Verwendung von werksgemischtem Stahlfaserbeton entfällt das arbeitsintensive Transportieren und Verlegen der Bewehrung in schwer zugängliche Bereiche wie Dachböden. Stahlfaserbeton kann einfach und bequem mittels einer Betonpumpe auf den Dachboden oder in das zu sanierende Geschoss gepumpt werden. Die Verwendung von Stahlfaserpumpbeton (geliefert z.B. durch die straßenseitigen Fensteröffnungen) ermöglicht eine besonders umweltfreundliche, fast „klinisch saubere“ Arbeitsausführung, da weitere Materialtransporte, die Verlege- und Schneidarbeiten für Baustahlgitterbewehrung usw. wegfallen. (Abb. 6)

4 Zusammenfassung der konstruktiven Durchbildungsprinzipien mit Ausführungsbeispiel

Holz-Faserbeton-Verbundkonstruktionen ermöglichen unter optimaler Ausnutzung der jeweiligen Materialvorteile die Erhöhung der (Momenten-)Tragfähigkeit, Verformungssteifigkeit, Brand- und Erdbebensicherheit sowie die Verbesserung des Akustik- und Schwingungsverhaltens von bestehenden bzw. neu zu realisierenden Holzdecken-systemen.

Die folgenden Abbildungen (Abb. 7 bis Abb. 9) zeigen die „Ertüchtigungs“- bzw. Verstärkungsprinzipien am Beispiel einer Altbaudecke infolge Widmungsänderung bzw. Nutzlasterhöhung.

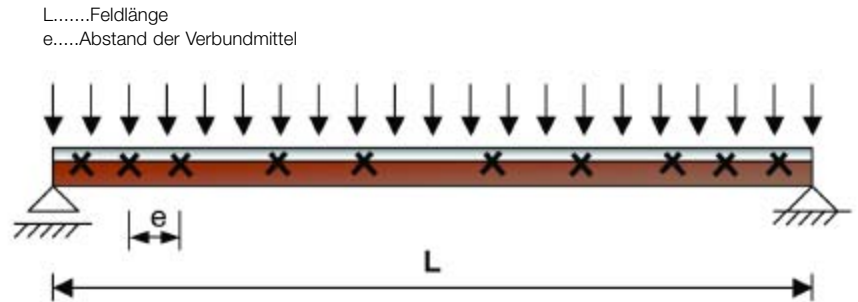


Abb. 7: Einfeldträgersystem als statisches Haupttragsystem des Holz-(Stahlfaser-)Beton-Verbundes (schematische Skizze)

5 Literaturverzeichnis

[1] Bölsckey, E.: Verbundverstärkung mit Stahlfaserbetongurt – Ein Vorschlag zur umweltfreundlichen Rettung der alten Wiener Dippelbaumdecken
Erhaltung und Erneuerung, Zeitschrift für Stadt- und Dorferneuerung Nr. 5/6–88 (1988) 2. Jg. Seite 26–32.

[2] Bölsckey, E.: Neuere praktische Verwendungsmöglichkeiten für Stahlfaserbeton, Zement und Beton, 33. Jg. 1988, Heft 1. Seite 28–30.

[3] Bölsckey, E.; Zajicek P.: Verdübelung der Verbundquerschnitte aus Holz und Normalbeton
Wohnbauforschung-Forschungsarbeit F 1130: Das Forschungsvorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten gefördert.)
Endbericht: Wien, Dezember 1988.

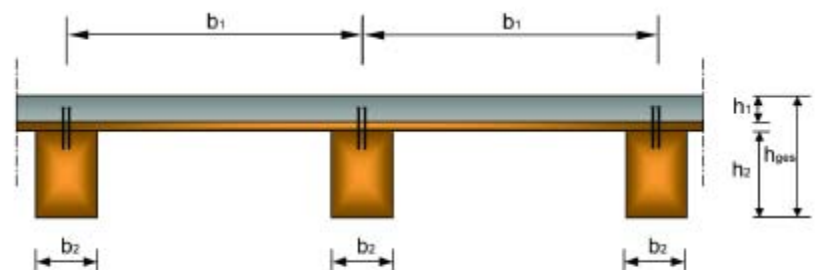
[4] ÖNORM B 5073: Stahlfaserbetonrohre und zugehörige Formstücke; Anforderungen, Prüfung und Gütesicherung (Ausgabedatum: 04.89)

[5] ÖVBB Richtlinie Faserbeton, März 2002.

[6] Verstärkung von bestehenden Holzdecken; Forschungsprojekt F 1021
A. Kolbitsch; A. Pauser; E. Bölsckey; P. Zajicek; 1992.

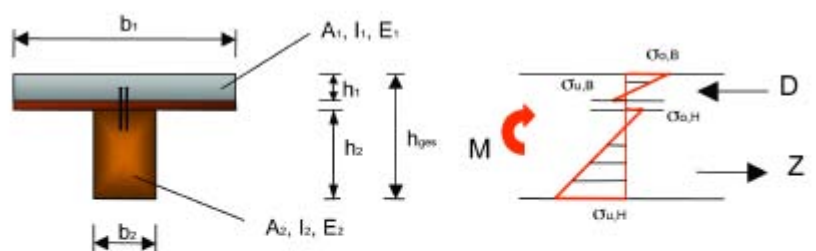
[7] Bölsckey, E.: Traglaststeigerung alter Holzdecken mit Stahlfaserbeton
Veröffentlichung 3 der Veranstaltungsreihe „Erhaltung und Erneuerung von Bauten: Aufgehendes Mauerwerk und Dachraum“
Hrsg.: Österreichische Gesellschaft zur Erhaltung von Bauten, Nov. 1990

[8] WTA Journal; Internationales Journal für Technologie und Praxis der Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege; Heft 3, 2004; Verstärkung von bestehenden Holzdecken mittels Holz-Stahlfaserbeton-Verbund; Martin Billes.



Mitwirkende Plattenbreite Stahlfaserbeton	b_1
Höhe Stahlfaserbetonplatte	h_1
Breite Holztram	b_2
Höhe Holztram	h_2

Abb. 8: Querschnitt Holz-Beton-Verbunddecke



Spannung Beton oben	$\sigma_{0,B}$
Spannung Beton unten	$\sigma_{u,B}$
Spannung Holz oben	$\sigma_{0,H}$
Spannung Holz unten	$\sigma_{u,H}$
Druckkraft in der Betonplatte	D
Zugkraft im Holztram	Z
Gesamtmoment im Verbund	M

Abb. 9: Querschnitt und Spannungsverteilung