

1 Holz-Beton-Verbundkonstruktionen

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug, FH Eberswalde
(www.holzbau-statik.de)

1.1 Allgemeines/Anwendung

Ein Verbund zwischen Beton und Holz ist eine wirkungsvolle Hybrid- Lösung für Brücken und Balken- oder Brettstapeldecken mit hohen Beanspruchungen.

Durch die Nutzung der Verbundkonstruktion Holzbalken oder Brettstapel und Betonplatte kann die Tragfähigkeit und die Steifigkeit wesentlich erhöht werden. Eine Erhöhung der Tragfähigkeit und Steifigkeit um das 2- bis 5fache im Vergleich zum einfachen Balken-Tragwerk ohne Verbund ist möglich.

Gleichzeitig verbessern sich beim Einsatz als Deckenkonstruktion die Schall- und Brandschutzeigenschaften der Decke.

Grundsätzlich können mit den existierenden Verbundsystemen auch Altbaudecken mit den vorgenannten Vorteilen ertüchtigt werden.

Der Wirkungsgrad des Verbundes – und damit die wirksame Biegesteifigkeit des Gesamtquerschnittes – ist abhängig von der Steifigkeit (Nachgiebigkeit und Kraftaufnahme) der verwendeten Verbindungsmittel.

Treten zwischen den beiden Verbundquerschnitten Verschiebungen auf (Bild 1) ist die wirksame Verbundsteifigkeit in der Schubfuge geringer als bei Verwendung einer starren Verbindung. An Lösungen mit Starrem Verbund unter Nutzung von Klebeverbindungen wird seit einigen Jahren geforscht [8].

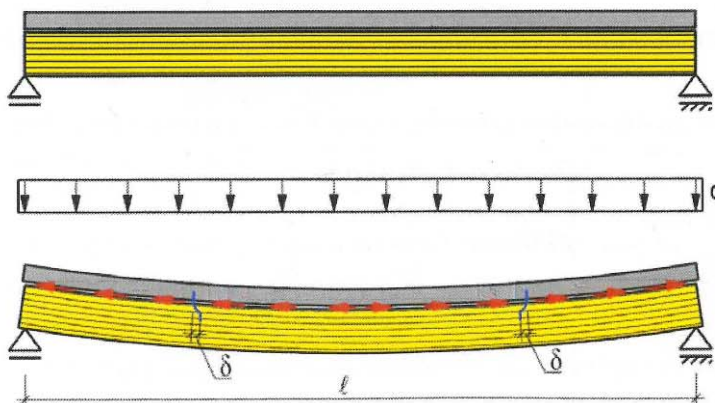


Bild 1 Tragverhalten Verbundquerschnitt

Mit Verschiebungen in der Verbundfuge, ist bei Verwendung von Nägeln, Schrauben, Betonstählen, Bolzen oder speziell entwickelten Verbunddübeln zu rechnen. Eine Aussage über das Maß der Verschieblichkeit gibt der Verschiebungsmodul des gewählten Verbindungsmittels.

Als der Autor 1995 das erste Mal über die Holz- Beton- Verbundbauweise berichtete [3] gab es in Deutschland noch keine bauaufsichtlich geregelten Verbundlösungen. Dank einer intensiven Forschung in den letzten fünfzehn Jahren ist die Holz- Beton- Verbundbauweise heute eine praxistaugliche Alternative bei der Verstärkung und bauphysikalischen Ertüchtigung von Holzbalkendecken im Neu- bzw. Altbau und im Brückenbau.

Zum Stand der Entwicklung geben [1], [2], [6] und [7] Auskunft. Der hier verfasste Beitrag ist eine ergänzte und erweiterte Fassung des Aufsatzes in [1].

1.2 Herstellung/Material/Verbindungstechnik/Fertigung

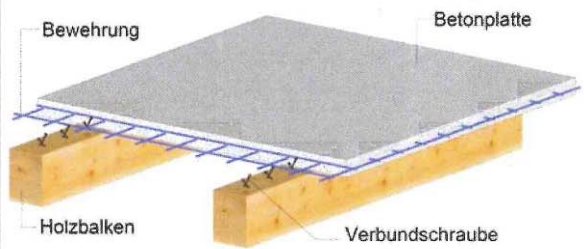
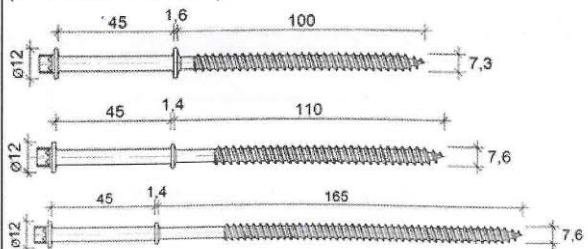
Die Betonplatte wird in den meisten Fällen monolithisch ausgeführt. Auf die Brettstapeldecke oder die Fußbodenbretter der traditionellen Holzbalkendecke wird eine Folie aufgebracht. Nach dem Einbringen der Verbindungstechnik und einer erforderlichen Bewehrung kann der Beton aufgebracht werden. Hauptsächlich wird Beton normaler Güte C25/30 nach DIN 1045-1 verwendet. Die Plattendicke liegt im Allgemeinen zwischen 60 und 140 mm. Das Verlegen einer Bewehrung kann entfallen, wenn die Stahlbetonplatte aus Stahlfaserbeton hergestellt wird. Hierfür ist baurechtlich aber eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

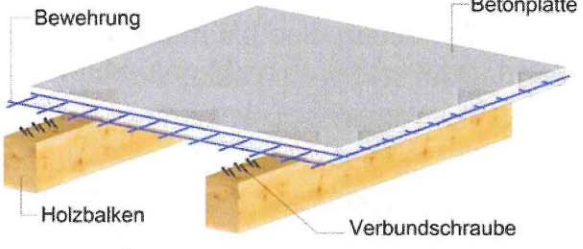
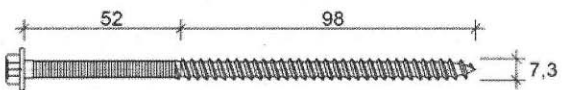
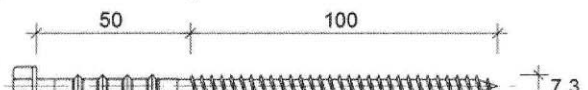
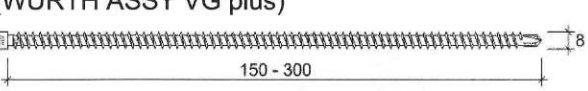
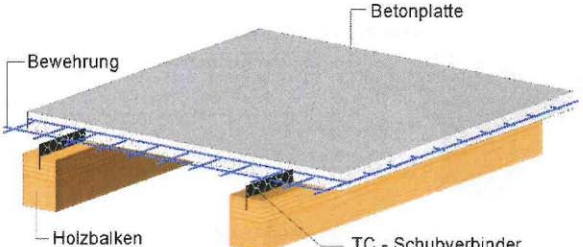
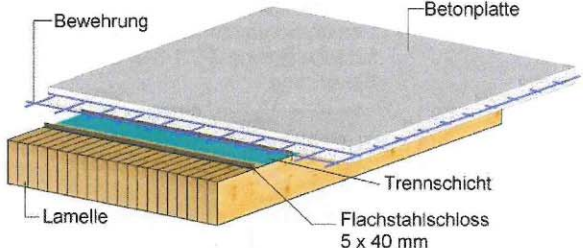
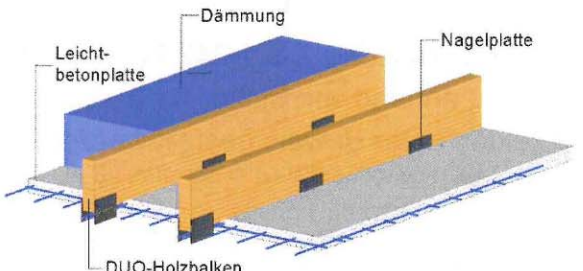
Es können besonders bei Neubauten auch Fertigteil- Betonplatten zur Anwendung gelangen. Neuerdings werden zunehmend auch Holz- Beton- Fertigteilelemente bei Bauvorhaben eingesetzt.

1.3 Holz- Beton- Verbund nach Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

In Deutschland wurden bis jetzt insgesamt 7 Verbindungslösungen bauaufsichtlich zugelassen (s. Tabelle 1)

Tabelle 1 Holz-Beton-Verbundlösungen nach Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (Stand 28.2.2010)

Konstruktive Lösung	Zulassungsnummer
 Bewehrung Betonplatte Holzbalken Verbundschraube Verschraubung kreuzweise 45/135°	Verbundschrauben nach Z-9.1-342 (SFS intec GmbH) 

 Verschraubung in eine Richtung 45°	Verbundschraube nach Z-9.1-445 (Timco Schweiz GmbH)  Verbundschraube nach Z-9.1-603 (TCC-Schrauben)  Verbundschraube nach Z-9.1-648 (WÜRTH ASSY VG plus) 
 Streckmetallstreifen in Nut eingeklebt	HBV-Schubverbinder nach Z-9.1-557 (Bathon & Bahmer GbR)
 Flachstahl in untermaßigem Schlitz	Flachstahlschlösser für Brettstapeldecken nach Z-9.1-473 (Bauer)
 Nagelplatte im Beton	Holz-Beton-Verbundelement nach Z-9.1-474 (Veit Dennert KG)

Eine inzwischen ausgereifte und bewährte Technik sind spezielle Verbundschrauben mit einem Durchmesser mit 7,3 ... 8,0 mm (s. Tabelle 1, Zeile 1).

Der Vorteil dieser Verbindungslösung liegt darin, dass die Schrauben ohne Vorbohren in das Holz eingeschraubt werden. Pro Arbeitskraft lassen sich 200 Verbundschrauben pro Stunde einbringen. Die Verbundschrauben können paarweise im Winkel 45° / 135° gegeneinander versetzt eingeschraubt werden.

Bei einreihiger Anordnung werden die Schrauben im Winkel von 45° so angeordnet, dass die Schubkraft in der Verbindungsfuge zwischen Holz und Beton die Schraube auf Zug beansprucht. Zwischen Betonplatte und Holzbalken darf bei diesem Verbundsystem nach den Bestimmungen der bauaufsichtlichen Zulassung eine bis maximal 30 mm dicke Schalung eingebaut werden bzw. bei Altbaudecken vorhanden sein.

Grundsätzlich können mit derartigen Verbundsystemen Altbaudecken im Spannweitenbereich zwischen 4,0 bis 6,0 m auf eine Verkehrslast von $5,0 \text{ kN/m}^2$ ertüchtigt werden (s. Beispiel in Bild 2). Für Neubauten können bei Balkenabständen bis 3,5 m Deckenspannweiten bis 8 m mit Deckenlasten von 5 kN/m^2 hergestellt werden. Möglich ist auch eine Holz- Beton- Verbundlösung mit Brettsperrholzplatten (s. Bild 3).

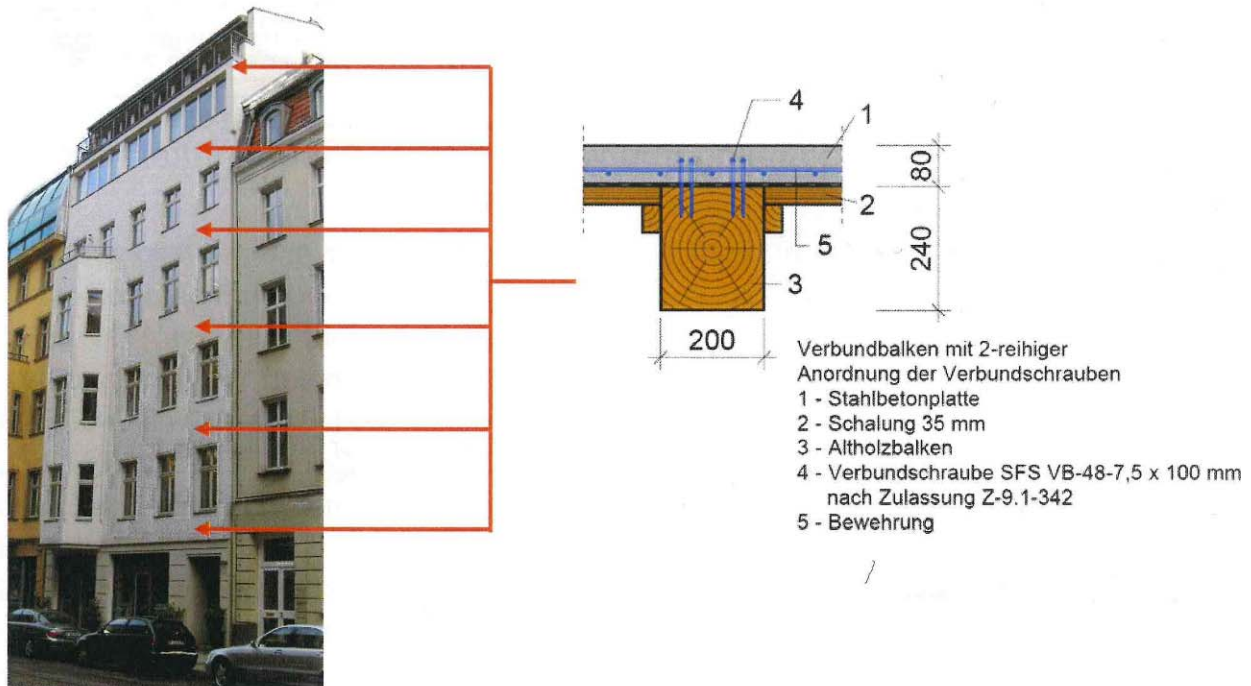


Bild 2 Alle Holzbalkendecken des etwa 100 Jahre alten Wohngebäudes wurden auf eine Verkehrslast von 5 kN/m^2 ertüchtigt (Deckenspannweite: 4,6 m und 5,7 m).

Die Praxistauglichkeit des mit den Schrauben nach Zulassung Z-9.1-342 herstellbaren Verbundsystems konnte zum Beispiel in Deutschland anhand von bisher ca. 200 ausgeführten Objekten und in Europa bei über 700 Objekten unter Beweis gestellt werden.



Bild 3 Brettsperrholz- Beton- Verbundplatte für Geschoßdecken eines Altenheims mit Oberflächenfertiger Lärchenholzunterseite (Dicke der Brettsperrholzplatten 120 ... 170 mm), (Foto: SFS intec GmbH)

TC- Schubverbinder:

Der TC- Schubverbinder aus perforierten Streckmetallstreifen (Materialdicke 2,5 mm) wird in das Holz in eine 3,2 mm breite Nut eingeklebt. Anwendbar ist die Lösung im Alt- und Neubau.

Bei Neubauten können Deckenspannweiten bis 8 m mit einer Verkehrslast von 5 kN/m^2 (s. Bild 4) und mit geringeren Verkehrslasten bis 15 m Spannweite realisiert werden. Die in Zeile 3, Tabelle 1 dargestellte Entwicklung kann auch bei Brettstapeldecken angewendet werden. In Verbindung mit Lignotrend- Elementen sind auch Fertigteildecken möglich.

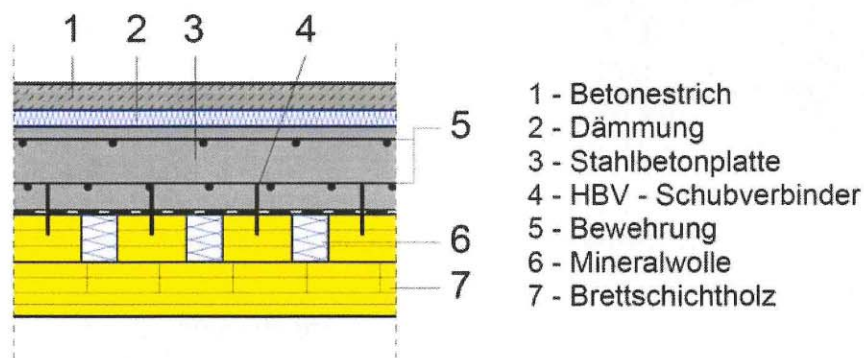


Bild 4a Deckenquerschnitt für ein Kaufhaus aus Lignotrend- Beton- Elementen, Brandschutz F90B, Stützweite 8,20 m, $5,0 \text{ kN/m}^2$ Verkehrslast, $0,3 \text{ kN/m}^2$ Anhängelast, Rohdecke: 140 mm Beton, 78 mm BS-Holz-Rippen und Mineralfaser, 90 mm Brettspertholz (aus [12])

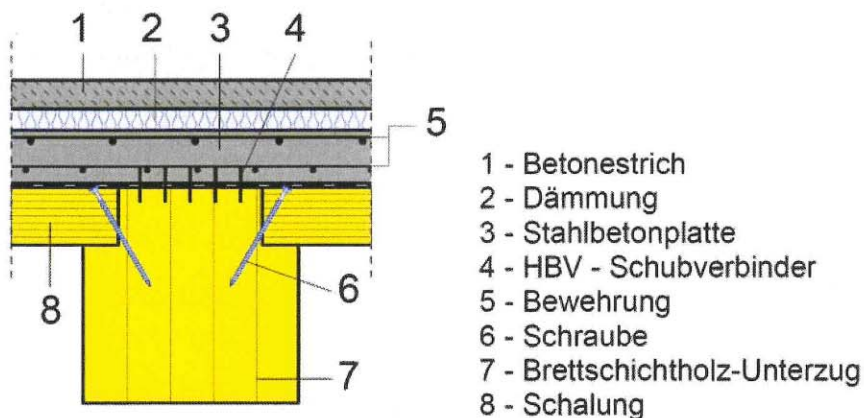


Bild 4b Schnitt von 4 a) - Geschossdecke für ein Kaufhaus aus Lignotrend- Beton- Elementen (mit Verbindung zu einem Unterzug aus blockverklebten Brettschichtholz- aus [12])

Kürzlich wurden erstmals zwei Fußgängerbrücken mit TC- Schubverbindern hergestellt (siehe Beispiel in Bild 5).



Bild 5 Fußgängerbrücke bei Wien, Spannweite 17,5 m (www.hbv-systeme.de)

Flachstahlschlösser: Zur Herstellung eines Verbundes zwischen Beton und Brettstapeldecken wurden so genannte Flachstahlschlösser untersucht und erprobt (Tabelle 1, Zeile 4). Die Stahlgüte des Flachstahles ist S235. Die Flachstahlschlösser werden in quer zur Faserrichtung verlaufende untermaßige Sägeschlitze eingetrieben. Als Betongüte kann C 25/30 bis C 60/75 nach DIN 1045-1 verwendet werden. Mit zunehmender Betongüte erhöht sich der Verschiebungsmodul. Die maximale Stützweite beträgt 10 m. Fertigteilelemente sind ebenfalls möglich.

Dennert- Holz- Beton- Verbundelement: Duobalken werden mittels Nagelplatten mit einer Leichtbetonplatte zu einem Fertigteilelement verbunden. Die Verwendung der Elemente ist auf eine Anwendung bei Dachkonstruktionen im Wohnungsbau mit unten liegender vorwiegend zugbeanspruchter Betonplatte beschränkt. Die Fertigteilelemente sind maximal 3 m breit und maximal 10 m lang. Der Abstand der Duobalken untereinander beträgt 400 bis 1000 mm (Tabelle 1, Zeile 5).

Wissenswertes für die Planung

- **Berechnung:**

DIN 1052:2008 und DIN EN 1995-1-1:2008 enthalten Bemessungsgrundlagen für Holz-Beton- Verbundkonstruktionen. Dafür stehen zwei Verfahren zur Verfügung. Das Möhler- Verfahren (nach DIN 1052:2008, Abschnitt 8.6.2 und DIN EN 1995-1-1:2008, Abschnitt Anhang B) und die Schubanalogie nach Kreuzinger (DIN 1052:2008, Abschnitt Anhang G und DIN EN 1995-1-1:2008, NAD (Entwurf), NA 5.6.3).

Die für die Bemessung notwendigen Werte, wie Verschiebungs- und E- modul, oder charakteristischer Wert der Schubtragfähigkeit des Verbindungsmittels sind der jeweils gültigen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen.

Holz- Beton- Verbund mit Verbundschrauben: Die Bemessung erfolgt mit einer speziellen Bemessungssoftware der Hersteller. Bei der Bemessungssoftware von SFS- intec kann die Bemessung nach DIN 1052:2008, SIA 265:2003 und EN 1995-1-1:2004 und in sechs Sprachen durchgeführt werden. Die Staffelung der Verbundschrauben entsprechend des Schubflusses in der Fuge ist mit dem Programm ohne weiteres möglich (s. Bild 6 und www.holzbau-software.de- HBV 4.0). Weiterhin beinhaltet das Pro-

gramm den Schwingungsnachweis, die Berechnung der erforderlichen Bewehrung und den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.

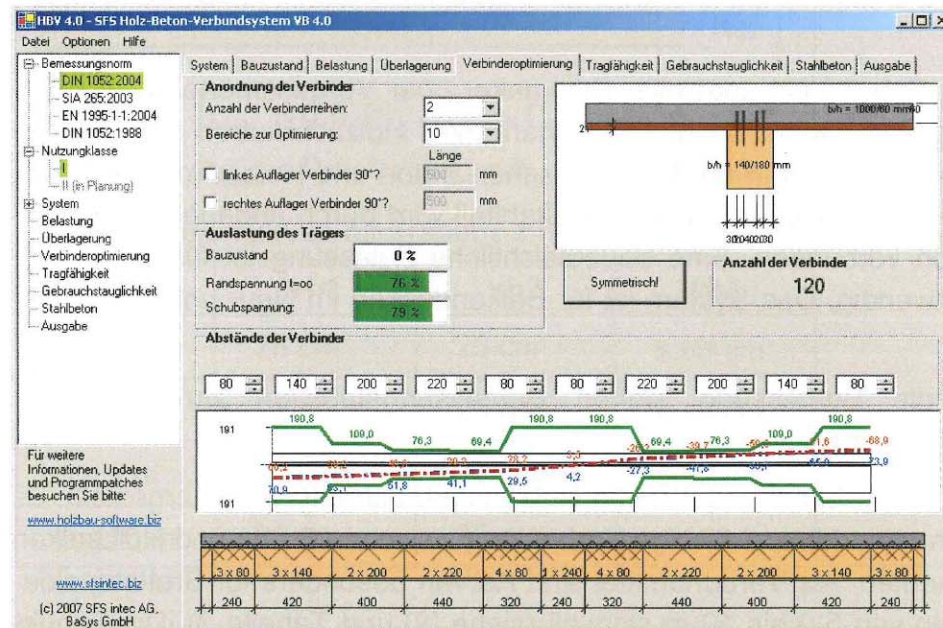


Bild 6 Verbindungsmittelloptimierung entsprechend dem Schubfluss
Mit dem Programm HBV 4.0 von SFS- intec

TC- Schubverbinder: Lignotrend- Beton- Verbundelemente können für Tragwerke mit bis zu drei Feldern und beidseitigen Auskragungen mit einer speziellen Software bemessen werden (s. www.lignotrend.de). Für Neubauten werden verschiedene Deckenkonstruktionen angeboten, so z. B. Balkendecken, Rippendecken, Kastendecken, Variodecken, Plattendecken, Akustikdecken und Hohlkastendecken (zur Konstruktion und Bemessung s. www.hbv-systeme.de).

Flachstahlschlösser: In der Praxis bevorzugt werden Fertigteildecken, die durch die anbietende Firma dimensioniert werden (s. www.holzbetoninfo.de).

- **Brandschutz:**

Geschoßdecken in Holz- Beton- Verbundbauweise erfüllen von oben die Anforderungen F30A, F60A, oder F90A. Von unten kann mit einer brandschutztechnisch wirksamen Verkleidung die Feuerwiderstandsklasse F60BA ohne weiteres erreicht werden. Damit sind derartige Decken besonders in der Gebäudeklassen 4, d. h. im mehrgeschossigen Holzbau bis 13 m Fußbodenhöhe geeignet.

- **Schallschutz:**

Altbaudecken in Holzbauweise erfüllen häufig nicht die Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschallschutz nach DIN 4109 für mehrgeschossige Wohnbauten. Auch im Neubau sind bei Geschoßdecken in Holzbauweise im Allgemeinen besondere konstruktive Vorkehrungen zu treffen, um die Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschallschutz nach DIN 4108 zu erfüllen. Da sich durch die Betondecke die Masse erhöht, wirkt sich das auf eine Verbesserung des Luftschallschutzes aus (s. [4]). Die Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschallschutz werden in jedem Fall erfüllt, wenn ein schwimmender Nassestrich auf der Betonplatte angeordnet wird.

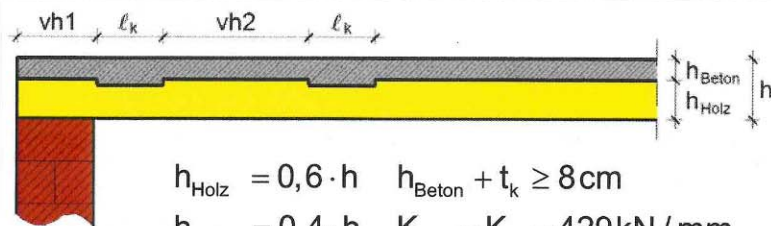
1.4 Holz- Beton- Verbund- Konstruktionen ohne bauaufsichtliche Zulassung

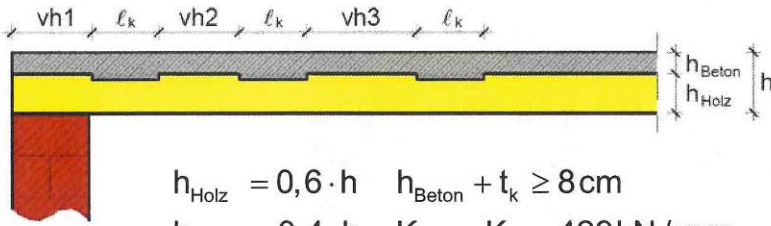
BS- Verbundanker: Es wird ein spezieller Stahlanker über Vergussmörtel in Aussparungen mit dem Holz verbunden. Zusätzlich sichern zwei Holzschrauben das Stahlteil gegen Abheben. Die Schubkraft in der Fuge zwischen Beton und Holz wird über Druck parallel zur Faser in das Holz übertragen. Das Stahlteil wird durch abgebogene Betonstäbe mit dem Beton verbunden. Eine bauaufsichtliche Zulassung ist für diese Verbundlösung nicht notwendig. Das System ist für Balkendecken im Neu- und Altbau anwendbar.

Bemessung: Für die Bemessung stehen Bemessungstabellen zur Verfügung (s. www.bertsche-system.de).

Kerven- Verbund: Der Verbund wird über im Holz eingebrachte Kerven hergestellt. Es handelt sich dabei um eine formschlüssige Verbindung zwischen Beton und Holzbalken oder Brettstapelelementen. Als Verbundmittel sind Kerven besonders für Brettstapeldecken mit Spannweiten von 5,0 bis 10 m sinnvoll (siehe [9] und Tabelle 2). Die Schubkraft in der Verbundfuge wird über Druckkontakt in der Kervenstirn aufgenommen. Das aus der Lastexzentrizität bei der Schubkraftübertragung entstehende örtliche Moment muss nicht durch eine zugbeanspruchte Schraube in Kervenmitte aufgenommen werden.

Tabelle 2 Konstruktionsregeln für Kerven- Verbund bei Brettstapeldecken mit $\ell \leq 10$ m entsprechend den durchgeführten Parameterstudien in [9]

Deckenkonstruktion in Längsrichtung				Anzahl Kerven	Kerventiefe t_k	Kervlänge ℓ_k
 $h_{\text{Holz}} = 0,6 \cdot h$ $h_{\text{Beton}} + t_k \geq 8 \text{ cm}$ $h_{\text{Beton}} = 0,4 \cdot h$ $K_{\text{ser}} = K_u = 429 \text{ kN/mm}$ Anordnung der Kerven für Träger $\ell < 6$ m				2	4 cm	20 cm
ℓ	vh1	vh2	vh3			
$\ell = 5 \text{ m}$	25 cm	$\leq 45 \text{ cm}$	–			
$\ell = 6 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 48 \text{ cm}$			

 $h_{\text{Holz}} = 0,6 \cdot h \quad h_{\text{Beton}} + t_k \geq 8 \text{ cm}$ $h_{\text{Beton}} = 0,4 \cdot h \quad K_{\text{ser}} = K_u = 429 \text{ kN/mm}$ Anordnung der Kerfen für Träger $\ell \geq 6 \text{ m}$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>ℓ</th> <th>vh1</th> <th>vh2</th> <th>vh3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\ell = 7 \text{ m}$</td> <td>25 cm</td> <td>25 cm</td> <td>$\leq 63 \text{ cm}$</td> </tr> <tr> <td>$\ell = 8 \text{ m}$</td> <td>25 cm</td> <td>25 cm</td> <td>$\leq 80 \text{ cm}$</td> </tr> <tr> <td>$\ell = 9 \text{ m}$</td> <td>25 cm</td> <td>25 cm</td> <td>$\leq 99 \text{ cm}$</td> </tr> <tr> <td>$\ell = 10 \text{ m}$</td> <td>25 cm</td> <td>25 cm</td> <td>$\leq 120 \text{ cm}$</td> </tr> </tbody> </table>				ℓ	vh1	vh2	vh3	$\ell = 7 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 63 \text{ cm}$	$\ell = 8 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 80 \text{ cm}$	$\ell = 9 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 99 \text{ cm}$	$\ell = 10 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 120 \text{ cm}$
ℓ	vh1	vh2	vh3																				
$\ell = 7 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 63 \text{ cm}$																				
$\ell = 8 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 80 \text{ cm}$																				
$\ell = 9 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 99 \text{ cm}$																				
$\ell = 10 \text{ m}$	25 cm	25 cm	$\leq 120 \text{ cm}$																				
3	4 cm	20 cm																					

Die Betonplattendicke einschließlich der Kerventiefe sollte mindestens 80mm sein. Zur Aufnahme von örtlichen Betonzugspannungen wird eine Kervbewehrung empfohlen.

Bemessung: Ausreichend genaue Ergebnisse erhält man durch eine Berechnung mittels Stabwerksprogramme. Mit dem Schubanalogieverfahren nach DIN 1052:2008, Anhang G werden ebenfalls gute Ergebnisse erzielt (s. im Einzelnen in [9]).

Kopfdübel- Schubleiste für Straßenbrücken: grundlegende Untersuchungen in [10], bis [12] führten zur Entwicklung von Kopfdübel- Verbindungen zur Herstellung eines Verbundes zwischen blockverklebten Brettschichtholzträgern und einer Stahlbetonfahrbahnplatte. Bild 5 zeigt die Last- Verformungskurve der Schubdübellösung im Vergleich zu alternativen Lösungen. Obwohl die Lösung mit eingeklebten Bewehrungsstäben leistungsfähiger war, wurde die Schubdübellösung für weitere Untersuchungen ausgewählt, da hier geringere Streuungen der Verschiebungsmodule festgestellt wurden.

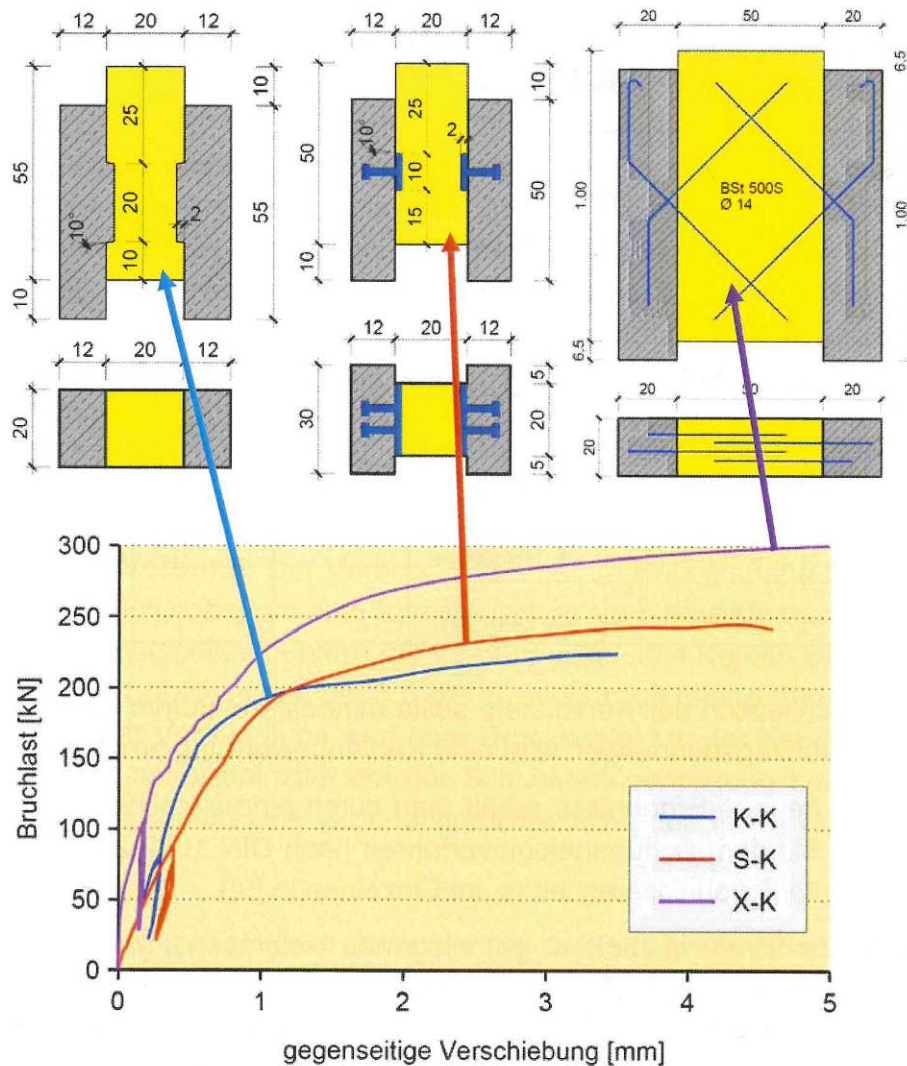


Bild 7 Last-Verschiebungskurven der Kurzzeitversuche (nach Angaben in [13])

Mit einem Verschiebungsmodul für ein Verbundelement von 640.000 N/mm pro m Dübelbreite steht ein sehr leistungsfähiges Verbundmittel für hochtragfähige Brückenkonstruktionen zur Verfügung. Untersuchungen zur Ermüdungsfestigkeit verliefen erfolgreich.

Darauf aufbauend wurden Konstruktionslösungen für Straßenbrücken als Einfeldträger mit Stützweiten zwischen 10 und 30 m entwickelt. Bild 8 und 9 zeigen konstruktive Vorschläge für eine einseitige und für eine zweiseitige Straßenbrücke. Durch Standardisierung der neu entwickelten Lösungen lässt sich die Wirtschaftlichkeit wesentlich verbessern. Das ist insofern wichtig, als ca. die Hälfte aller Straßenbrücken in Deutschland nur Spannweiten zwischen 10 und 30 m überspannen.

Aus der Sicht des baulichen Holzschutzes entsteht mit den in geschützter Lage angeordneten blockverklebten Brettschichtholzquerschnitten (es gilt Nutzungsklasse 2 nach DIN 1052:2008) eine sehr dauerhafte Konstruktion. Gleichzeitig besitzt der Oberbau aus Beton mit Fahrbahn und Schrammbord, Gehweg und Geländer eine dauerhafte und robuste Konstruktion.

Da blockverklebte BSH-Bauteile auch in gekrümmter Form herstellbar sind, lassen sich auch architektonisch ansprechende Überbrückungen herstellen.

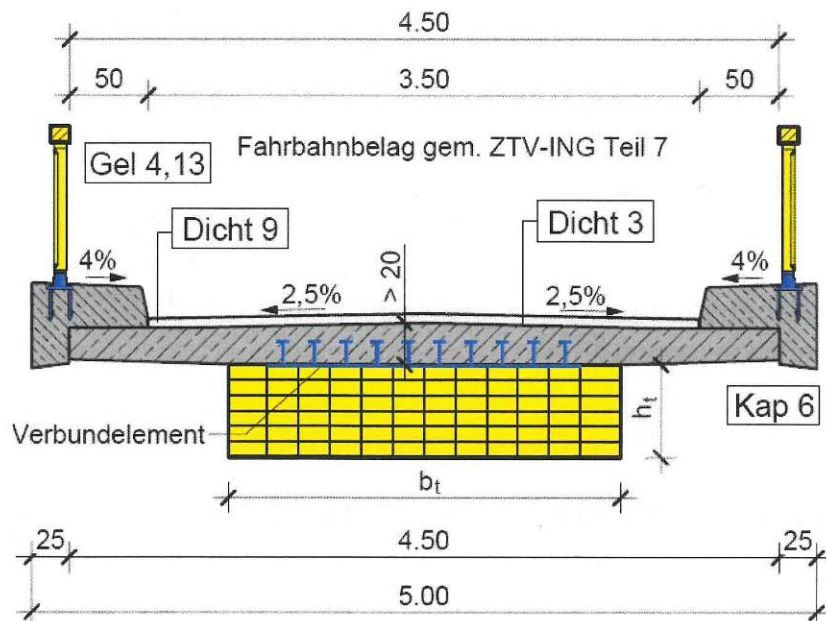


Bild 8 Einstiegender Plattenbalkenschnitt zur Überführung eines einspurigen Wirtschaftsweges nach [11]

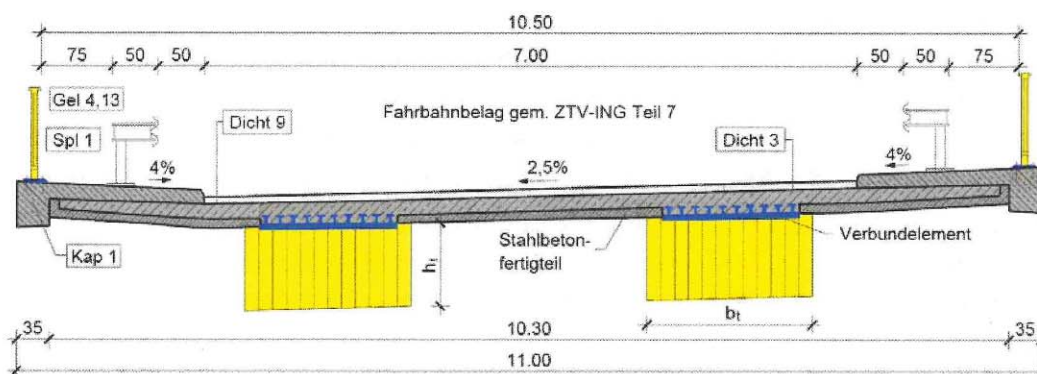


Bild 9 Zweistufiger Plattenbalkenschnitt zur Überführung einer zweispurigen Straße [11]

1.5 Zusammenfassung und Ausblick

Holz- Beton- Verbund- Konstruktionen gelten heute bei Geschoßdecken hoher Tragfähigkeit und Spannweite sowohl im Altbau, als auch für Neubauten als bewährte Konstruktionslösungen. Für die Praxis stehen sieben bauaufsichtlich zugelassene Verbundlösungen zur Verfügung.

Einzelne Praxiserprobungen bei Fußgänger- und Straßenbrücken zeigen, dass auch in diesem Anwendungsbereich wirtschaftliche Holz- Beton- Verbund- Lösungen möglich sind.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Holz- Beton- Hybridbauweise ist mit Blick auf die noch laufenden Forschungen bei weitem noch nicht abgeschlossen.

Weiterführende Literatur

- [1] Rug, W.: Abschnitt: **Holz- Beton- Verbund**, In: Informationsdienst Holz „Holz als konstruktiver Baustoff“, holzbauhandbuch Reihe 4, Teil 1, Folge 1, Bonn/München 2008
- [2] Rug, W.: Abschnitt: **Holz- Beton- Verbund- Bauweise zur Ertüchtigung im Bestand**, In: Informationsdienst Holz „Holz in Mischbauten“, holzbauhandbuch Reihe 1, Teil 1, Folge 5, Bonn/München 2006
- [3] Rug, W. **Verbunddecken aus Holz und Beton**, In: Bautechnik, Berlin 72 (1995)7, S. 454-459
- [4] Lißner, K.; Rug, W.: **Holzbausanierung**, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2000 2. Auflage in Vorbereitung)
- [5] Holschemacher, K., Rug W. u. a.: **Holz-Beton-Verbundbauweise**, In: Holzbauforum 2001, Leipzig am 29.06.2001, Tagungsmaterial, Verlag für Bauwesen, Berlin 2001
- [6] Rug, W.; Lißner, K.: **Holz-Beton-Verbundbauweise in der Praxis**, In: Beton- und Stahlbetonbau (2004) Heft 7, S. 578- 586
- [7] König, u. a. 2004: König, G., u. a.: **Holz- Beton- Verbund, Innovationen im Bauwesen, Beiträge aus Praxis und Wissenschaft**, Bauwerk- Verlag, Berlin 2004
- [8] Brunner, M.; Schnuriger, M.; Roemer, M.: **Holz- Beton- Verbundplatten mit Klebeverbund**; In: Zukunft Holz, Statusbericht, Institut für Holzbau, Hochschule Biberach 2009
- [9] Michelfelder, B. C.: **Trag- und Verformungsverhalten von Kernen bei Brettstapel- Beton- Verbunddecken**, Dissertation, Institut für Konstruktion und Entwurf Stahl, Holz- und verbundbau, Universität Stuttgart 2006
- [10] Simon, A.: **Analyse zum Trag- und Verformungsverhalten von Straßenbrücken in Holz- Beton- Verbund- Bauweise**, Dissertation, Bauhaus- Universität Weimar 2009
- [11] Rautenstrauch, K.; Simon, A.: **Weiterentwicklung der Holz- Verbund- Bauweise unter Einsatz von blockverleimten Brettschichtholzquerschnitten bei Straßenbrücken**, AIF- Schlussbericht, Bauhaus- Universität Weimar 2008
- [12] Ohne Autor: **Mit Holz- Beton- Verbund in neue Regionen**, bauen mit holz (2006) H. 6, S. 12- 15
- [13] Döhrer, A.; Rautenstrauch, K.: **Hybridbrücken mit blockverleimten Brettschichtholz**, In: Bautechnik (2006) H. 6, S. 394- 401
- [14] Rautenstrauch, K.: **Holz- Beton- Verbundbauweise bei Schwerlastbrücken- zum Tragverhalten und dem gebauten Projekt**, In: Ingenieurholzbau Karlsruher Tage 2009, Bruderverlag TU Karlsruhe, 2009