

# HOLZ-BETON-VERBUNDDECKEN

**Konstruktionsvarianten und Bemessung**

**Autor: Henning Ernst, SWG Engineering**



### Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion

Die Realisierung von weit gespannten, leichten Konstruktionen, ist mit den im Holzbau zur Verfügung stehende Materialien und Dimensionen problemlos möglich. Neben der Tragfähigkeit der Konstruktionen haben Eigenschaften, die das Wohn- bzw. Nutzungsempfinden beeinflussen eine sehr hohe Bedeutung. Die Anforderungen an diese Eigenschaften müssen bereits in einem frühen Stadium der Planung festgelegt werden und haben einen maßgeblichen Einfluss auf die zu wählende Konstruktion.

Speziell dem Holzbau gegenüber existiert ein besonders kritisches Empfinden in Bezug auf die oben genannten Eigenschaften. Deshalb muss den Nutzern für Deckenkonstruktionen eine Auswahl an effektiven und kostengünstigen Lösungen zur Verfügung gestellt werden, die die Anforderungen an den Brandschutz und den Schallschutz erfüllen und die ein gutmütiges Schwingverhalten aufweisen.

### Anforderungen an den Schallschutz

Eine wichtige bauphysikalische Größe für Deckenkonstruktionen ist der Schallschutz. Dieser wird bei Decken maßgeblich durch deren Aufbau, d. h. durch Schichtfolge beeinflusst. In der Regel besteht der Aufbau aus einem Belag, einem schwimmenden Estrich und einer Trittschalldämmung. Die einzelnen Schichten bilden dabei mit der Konstruktion ein Masse-Feder-Masse-System. Die Trittschalldämmung wirkt dabei zwischen Estrich und Konstruktion wie eine Feder. Zusätzliche massige Schichten verbessern kontinuierlich und signifikant die schalltechnischen Eigenschaften von Holzdecken. Dennoch sind Holzbalken- und Massivholzde-

cken mit entsprechender Beschwerung deutlich leichter als Stahlbetondecken. In Kombination mit Trittschalldämmungen, die eine niedrige dynamischer Steifigkeit aufweisen, führt die Beschwerung der Decken zu besseren Eigenschaften bei Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz. Bei tiefen Frequenzen zeigen diese Faktoren keine Auswirkungen. Eine Verklebung der Masse mit der Holzdecke führt zwar zu einer höheren Steifigkeit, damit aber auch zu einer schlechteren Schalldämmung im Vergleich zu geschraubten Systemen.

Im Gegensatz zu Schüttungen und Beschwerungen ist die Betonplatte einer Holz-Beton-Verbunddecke (HBV-Decke) nicht nur eine zusätzliche Schicht zur Erhöhung der Masse. Der Verbund der Betonplatte mit der Unterkonstruktion mittels Schrauben ist ausreichend steif um die Gesamtsteifigkeit der Konstruktion deutlich zu erhöhen, gleichzeitig ist diese Verbindung ausreichend duktil, um die Schwingungen etwas zu federn.

### Anforderungen an den Brandschutz

Mit der Novellierung der länderspezifischen Bauvorschriften können Gebäude bis acht Geschosse vollständig aus Holz gebaut werden. Dadurch entstehen erhöhte Anforderungen an den Feuerwiderstand der einzelnen Bauteile. Sofern die HBV-Decken nicht durch entsprechende Feuerschutzverkleidungen geschützt werden, kann der Nachweis der Bauteile für die geforderte Feuerwiderstandsdauer alternativ entsprechend der Anforderungen nach EN 1992-1-2 und EN 1995-1-2 erbracht werden. Feuerwiderstandsdauern von R190 und mehr können rechnerisch nachgewiesen werden.

### Verbundwirkung mittels Schrauben

Zur schubsteifen Kopplung der Betonplatte mit der Holzunterkonstruktion sind auf dem Markt unterschiedliche Systeme verfügbar, die zum Teil über eine europäisch technische Zulassung verfügen. Bei den unterschiedlichen Systemen kann folgende Differenzierung getroffen werden:

- Kopplung mittels Verbindungsmittel: Die Übertragung der Schubkräfte erfolgt über axial oder lateral beanspruchte Verbindungsmittel (z. B. Schrauben, eingeklebte Lochbleche etc.).
- Kopplung mittels Passform (Fräsungen im Holz, die beim Betonieren mit Beton ausgegossen werden): Die Übertragung der Schubkräfte erfolgt über Kontakt.

Die Wahl der Schubverbinder zur Kopplung der Betonplatte mit der Holzunterkonstruktion ist von mehreren Faktoren abhängig. Die Holzbauschrauben zeichnen sich dabei besonders durch ihre leichte und einfache Verarbeitung aus. Für deren Verarbeitung bzw. Anwendung werden keine besonderen Anforderungen an Personal und Materialien gestellt.

Bei den für HBV-Konstruktionen zugelassenen Schrauben handelt es sich entweder um Spezialschrauben, die ausschließlich für diesen Anwendungsfall zugelassen sind, oder um Standard-Vollgewindeschrauben (beispielhaft die Würth ASSY® plus VG), die universell einsetzbar sind.

### Wirkungsweise

Schrauben als Schubverbinder können in Verbundkonstruktionen planmäßig lateral oder axial beansprucht werden. Die Ausrichtung der Schraube in Bezug auf die Scherfuge ist dabei maßgeblich für die Beanspruchungsvariante:

### Anordnung der Schrauben unter 90° zur Scherfuge

Senkrecht zur Scherfuge angeordnete Schrauben werden auf Abscheren beansprucht. Solche Verbindungen haben eine vergleichsweise geringe Tragfähigkeit und Steifigkeit. Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit sollte diese Art der Schraubenanordnung nur in Ausnahmesituationen zum Einsatz kommen (z. B. bei geringem oder nur konstruktivem Verbund).

### Anordnung der Schrauben unter einem Winkel 30° bis 45° zur Scherfuge in Richtung der Scherkraft

Aufgrund der sehr hohen Tragfähigkeit und Steifigkeit axial beanspruchter Schrauben, sollten diese schräg, in einem möglichst flachen Winkel zur Scherkraft, angeordnet werden. Bei dieser Anordnung wird die Kraft in zwei resultierende Lastkomponenten aufgeteilt. Ein Anteil wirkt in Richtung der Schraubenachse und beansprucht die Schraube auf Zug. Die dazu korrespondierende Kraft wirkt senkrecht zur Scherfuge. Diese Kraftkomponente wird über Kontakt zwischen Beton und Holz übertragen und presst dabei die Betonplatte auf die Unterkonstruktion. Bei einer paar- und kreuzweisen Anordnung der Schrauben, wird die Scherkraft in zwei Lastkomponenten aufgeteilt, die durch die beiden Schrauben der Schraubenkreuze aufgenommen werden. Dabei wird je eine der Schrauben auf Zug, die andere auf Druck beansprucht. Eine positiv wirkende Anpresskraft kann sich bei dieser Anordnung nicht ausbilden.

Bei der Montage der Schrauben werden diese so in die Holzkonstruktion eingeschraubt, dass deren Schraubenkopf in ausreichender Länge in den Beton ragt. Der Beton ummantelt bei der fertigen Verbundkonstruktion die Schraube. Die Last aus der Schraube wird über Kontakt unterhalb des Schraubenkopfes bzw. über die Gewindeflanken oder Profilierungen in den Beton eingeleitet.

In Abhängigkeit von der gewählten Schraube, deren Länge bzw. der gewählten Verbindungsvariante, erfolgt die Bemessung der Verbundschraube über die Ausziehtragfähigkeit der Schraube oder über deren Abreißtragfähigkeit (Stahlversagen).

Montage einer Fertigteilplatte mit FT-Verbindern auch bei winterlichen Verhältnissen



## Montage

Für die Montage bzw. Herstellung der Verbunddecken ergeben sich zwei Möglichkeiten:

1. Die Schrauben werden in die vorhandene oder vormontierte Holzkonstruktion (Balken oder Massivholzelemente) geschraubt. Bei der Verschraubung auf Balken muss zur Aufnahme des Betons eine Schalung oder dergleichen vorhanden sein. Zwischen Holz bzw. Schalung und der Betonschicht muss eine Folie zum Schutz des Holzes vor der Feuchtigkeit aus dem nassen Beton angeordnet werden. Anschließend wird der Beton eingebracht. Um dauerhafte Verformungen durch die Montagekosten (Nassbeton) zu vermeiden, muss die Konstruktion für die Dauer der Betonaushärtung (in der Regel 28 Tage) abgestützt werden.

2. Für Neubauten können die Decken elementweise vorgefertigt werden. Hierzu werden die Schrauben in einem ersten Schritt in die Holzbalken/-platten eingeschraubt. Die Balken werden anschließend umgekehrt in das Schalbett getaucht, sodass die Schrauben gerade vollständig im Beton versinken. Die Balken müssen bis zum Aushärten des Betons in dieser Position verbleiben. Anschließend können die Elemente in einem Stück auf die Baustelle transportiert und montiert werden. Diese Variante setzt ein exaktes Arbeiten bei der Vormontage der Holzkonstruktion und bei der Herstellung der Deckenelemente voraus. Schon kleine Maßabweichungen können zu Montageschwierigkeiten auf der Baustelle führen.

## FT-Verbinder – ein erweitertes Schraubensystem

Mit dem seit 2012 verfügbaren FT-Verbinder von Würth und SWG Schraubenwerk Gaisbach steht ein Schubverbinder für HBV-Konstruktionen zur Verfügung, durch den sich eine hohe Tragfähigkeit mit einem hohen Vorfertigungsgrad kombinieren lässt, wobei auf die vorhandene Infrastruktur der Stahlbeton-Fertigteil-Industrie zurückgegriffen werden kann.



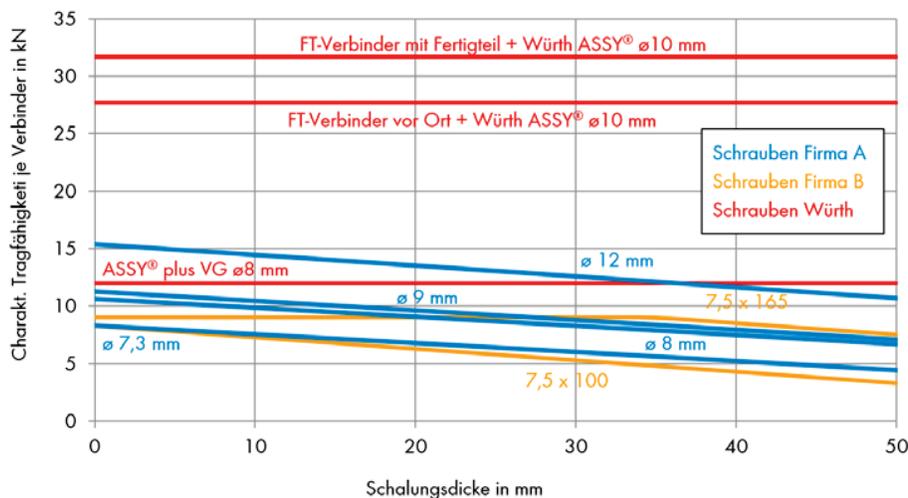
Fertigteil-Verbinder eignen sich zur Herstellung von HBV-Decken im Nass- und Trockenverfahren

## Wirkungsweise der FT-Verbinder

Eine kopfseitig angeordnete Stahlplatte/Unterscheibe, ein flacher Einschraubwinkel und eine hohe Tragfähigkeit der zum Einsatz kommenden Würth Vollgewindeschraube (ASSY® plus VG), führen bei diesem Schubverbinder zu einer sehr hohen Schubkraftübertragung bei entsprechend hoher Steifigkeit. Dabei gibt der Beton seine Last über Pressung an die Stahlplatte ab. Diese überträgt die Kraft in den Schraubenkopf der Würth ASSY® plus Vollgewindeschraube, die wiederum im darunterliegenden Holz verankert ist. Die aus der Lastumlenkung resultierende Kraft wirkt rechtwinklig zur Bauteilfluge und erzeugt einen Anpressdruck, der den Reibwiderstand zwischen Beton und Holz erhöht.



Abb. 1: Tragfähigkeiten verschiedener HBV-Schubverbinder (Schraubensysteme)



## Montage mit FT-Verbindern und vorgefertigten Betonplatten

Während bei den „herkömmlichen“ Systemen immer der nasse Beton auf die Holzkonstruktion aufgebracht werden muss, bietet dieses System die Möglichkeit, die Betonplatte getrennt vom Holzbau vorzufertigen. Die vorgefertigten Betonplatten werden, wie man es vom Massivbau kennt, auf die Baustelle transportiert, dort auf der Holzkonstruktion verlegt und mit dieser nachträglich vor Ort verschraubt. Der nachträgliche Verbund zwischen Beton und Holzkonstruktion stellt sich unmittelbar mit dem Setzen der Schrauben ein, wobei das Verschrauben der Betonelemente mit der Unterkonstruktion auch zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann. Aufwändiges Abstützen der Deckenkonstruktion bis zum Abbinden des Betons kann je nach Anforderungen vollständig entfallen. Mit der Montage der weiteren Konstruktion kann unmittelbar fortgefahren werden. Aushärtungs- und Trocknungszeiten entfallen. Durch die Vorfertigung der Elemente kommt es zu keinem Feuchtigkeitseintrag und zu keiner Verschmutzung der Holzbauteile durch Wasserausscheidungen des Betons. Eine Trennlage zum Schutz des Holzes ist nicht erforderlich. Transport- und Montagekosten sowie die Bauzeiten lassen sich durch den hohen Vorfertigungsgrad drastisch reduzieren. Bei entsprechender Qualität kann die Unterseite der Betonplatten sichtbar bleiben. Mit HBV-Decken, bei denen die Betonplatten vorgefertigt wurden, lassen sich mit kurzer Montagezeit, optisch ansprechende und weitgespannte Holzbalkendecken in Sichtqualität realisieren.

Alternativ kann der FT-Verbinder auch „konventionell“ für den Verguss mit Nassbeton vor Ort zum Einsatz kommen. Bei beiden Verfahren kann durch die Kombination der entsprechenden Bauteilquerschnitte, Materialgüten und durch die hohe Tragfähigkeit der FT-Verbinder bereits mit wenigen Schubverbindern eine hohe Verbundtragfähigkeit erreicht werden.

Die Vorteile bei der Montage bzw. Montagegeschwindigkeit ergeben sich aus dem folgenden Flussdiagramm, das den Montageablauf der beiden Varianten veranschaulicht. Links dargestellt ist der Montageablauf konventioneller, „nass“ montierter HBV-Decken. Rechts finden sich vorgefertigte „trocken“ montierter HBV-Decken.



Verlegen/Montieren einer Fertigteilplatte mit FT-Verbindern auf Brettstapelelementen



Verlegen/Montieren einer Fertigteilplatte mit FT-Verbindern auf Balkenlage (hier inkl. integrierter Massenaktivierung für Heiz- und Kühltechnik)



### Bemessung

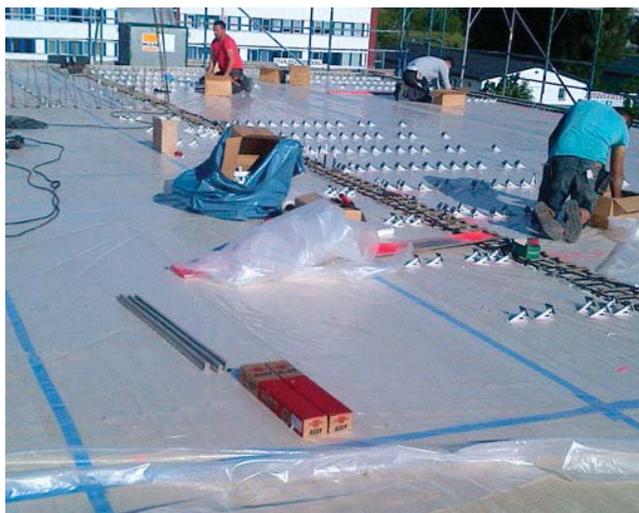
Für die Berechnung der Schnittkräfte stehen verschiedene praxistaugliche Rechenmodelle zur Auswahl. Neben dem in der EN1995-1-1 vorgeschlagenen Rechenverfahren für „nachgiebig verbundene Biegestäbe“ kann eine Bemessung ebenso mit einem Stabwerkmodell, nach der Schubanalogie, dem Verfahren der finiten Differenzen etc. erfolgen.

Bei der Bemessung von HBV-Decken gilt es zudem unterschiedliche, wichtige Einflussfaktoren zu berücksichtigen:

### Unterschiedliches Kriech- und Schwindverhalten der Materialien

Hierzu erfolgt die Untersuchung der Spannungs- und Verformungsverhältnisse zu Beginn der Nutzung ( $t=0$ ) und zu einem Zeitpunkt der die gesamte geplante Lebensdauer der Tragwerkes erfasst ( $t=\infty$ ). Das unterschiedliche Kriechverhalten wird dabei durch eine entsprechend materialdifferenzierte Reduktion der Steifigkeitsparameter berücksichtigt.

Der Betonschwind wird durch den Ansatz einer zusätzlichen äußeren Last simuliert. Dies kann beim Einsatz der FT-Verbinder mit vorgefertigten Betonplatten entfallen da das Schwinden des Betons zum Zeitpunkt der Montage größtenteils abgeschlossen ist.



### Reduktion des Betonquerschnittes – Beton im Zustand II

Auf die Betonplatte wirken in Abhängigkeit der Geometrie, der Einwirkungen, der Querschnittsabmessungen und des statischen Systems sowohl Biegemomente als auch Normalkräfte (beim Einfeldträger nur Druckkräfte) ein. Sofern die Zugspannungen aus dem Biegemoment durch die Normalkräfte nicht überdrückt werden und dabei das kritische Moment überschritten wird (Überschreitung der Zugfestigkeit des Betons), kommt es zur Rissbildung im Beton, d.h. Übergang vom Zustand I zu Zustand II des Betonquerschnittes. Dies führt zu einer Reduktion der Betonquerschnittsfläche und u.U. zu einer Verringerung der Steifigkeit. Diese Veränderung der wirksamen Querschnitte kann zu einer Veränderung der Steifigkeitsverhältnisse zwischen Beton und Holz führen, wodurch es zu einer Verschiebung der Schnittkräfte kommen kann.

### Aussteifung

Soll die Aussteifung über den Beton der Verbunddecke erfolgen, so müssen am Rand der Betonscheibe entsprechende Schubverbinder angeordnet werden, die die aus der Scheibenwirkung resultierenden Kräfte in die eigentliche Tragkonstruktion ableiten. Zudem müssen diese Randbauteile für die Aufnahme und Durchleitung der Gurtlasten dimensioniert sein. Stöße müssen unter Umständen entsprechend druck- und zugsteif ausgeführt sein und die Lastenleitung in die vertikal, aussteifenden Bauteile muss sichergestellt sein.

### Gebrauchstauglichkeit

Bei der Gebrauchstauglichkeit gilt neben dem Einhalten der Verformungsgrenzwerte ein besonderes Augenmerk dem Prüfen der Schwinganfälligkeit der Decken. Eine wirtschaftliche Deckenkonstruktion im Holzbau, mit Spannweiten über 5 bis 6 Meter, bei der das geforderte Grenzkriterium für die Eigenfrequenz von 8 Hz eingehalten wird, ist nicht möglich. Eine sinnvolle Kombination von Holz mit Beton führt zu hoch tragfähigen, leichten Deckenkonstruktionen, die die für Wohnungstrenndecken erforderlichen erhöhten Anforderungen an das Schwingverhalten der Decken erfüllen [Hamm, P.: Schwingungen bei Holzdecken – Konstruktionsregeln für die Praxis. In: 2. Internationales Forum Holzbau Beaune 2012. 8./9. März 2012. Beaune, Frankreich. Hrsg.: Forum-Holzbau, CH-Biel].

### Brandschutz

Der Nachweis der ungeschützten Bauteile und deren Verbunde kann nach EN1992-1-2 und EN1995-1-2 erfolgen. Dabei muss beim Holz die Abbrandgeschwindigkeit berücksichtigt werden, über die der für die Heißbemessung verbleibende Querschnitt bestimmt werden kann. Der Temperaturanstieg im Beton und im Holz führt zudem zu einer Reduktion der Steifigkeiten und mindert die Tragfähigkeiten der Bewehrung und der Verbindungsmittel ab.

Der Nachweis von Feuerwiderstandszeiten von 90 Minuten und mehr ist mit Hilfe dieser Verfahren möglich, sofern die Bauteilabmessungen an diese Anforderungen entsprechend angepasst werden.

oben: Unteransicht einer HBV-Decke mit FT-Verbindern; fertig montierten Fertigteilplatten

unten: Vormontage der FT-Verbinder und der Schrauben für das nachträgliche Betonieren der Deckenscheibe

## Vergleich von HBV-Decken mit Stahlbetondecken

Für die Dimensionierung der Deckenstärke wird sowohl bei leichten Deckenkonstruktionen aus Holz als auch für Stahlbetondecken das Kriterium der Gebrauchstauglichkeit maßgebend. Für Decken aus Stahlbeton mit schlaffer Bewehrung gilt nach EN1992-1 zur Begrenzung der Verformungen folgende Forderung bei erhöhten Anforderungen (zur Vermeidung von Schäden an angrenzenden Bauteilen, z. B. leichten Trennwänden):  $(\ell/d)_{\max} \leq K^2 \cdot 150/\ell$  mit  $K = 1,0$  für Einfelddecken

Auch in EN1995-1-1 werden entsprechende Begrenzungen der Verformungen festgelegt, die ein angenehmes Empfinden für den Nutzer sicherstellen sollen (z. B. Schwingungen), aber auch gewährleisten sollen, dass auch hier angrenzende Bauteile durch Verformungen nicht beschädigt werden. Vergleichsrechnungen unter Berücksichtigung der hier genannten Kriterien führen zu den in Abbildung 2 dargestellten Deckenstärken. Für die Einwirkungen wurde neben den resultierenden Eigenlasten jeweils ein Eigengewicht des Deckenaufbaus von  $1,50 \text{ kN/m}^2$  sowie eine Unterdecke mit einer Gewichtslast von  $0,15 \text{ kN/m}^2$  angenommen. Die veränderlichen Lasten wurden mit  $2,30 \text{ kN/m}^2$  angesetzt (Wohnungsdecken zzgl. leichter Trennwände).

Für Verbunddecken sind grundsätzlich mehrere Varianten möglich, da die Gesamtsteifigkeit einer Decke und damit die Verteilung der Schnittgrößen, durch die Zahl der eingesetzten Schubverbinder beeinflusst werden kann. Für die Berechnungen der HBV-Decken wurden jeweils vollflächige Brettstapeldecken angenommen.

Dies führt im Mittel zu einer Ausnutzung von nur 62 % der Holzquerschnitte. Die Anordnung und Anzahl der Schubverbinder wurde optimiert, sodass diese immer annähernd zu 100 % ausgenutzt sind. Für die Varianten mit den unmittelbar einbetonierten Schrauben ASSY® plus VG Ø 8 mm ergeben sich hier in Abhängigkeit von Spannweite und dem Verhältnis der Bauteilsteifigkeiten ein Bedarf von ca. 10,5 bis 16,6 Schrauben je Quadratmeter (im Mittel 13,6 Schrauben/m²). Für Decken mit Fertigteilplatten und nachträglichem Verbund mit FT-Verbindern und Schrauben ASSY® plus VG Ø 10 mm ergeben sich Schraubenstückzahlen von 2,4 bis 9,3 je Quadratmeter. Daraus folgt im Mittel ein Bedarf von ca. 5,1 Schrauben/m². Auch hierbei sind oben genannte Randparameter maßgebliche Einflussgrößen für die erforderliche Anzahl der Schubverbinder.

Soll die horizontale Aussteifung über die Betonplatte erfolgen, so werden für die Lasteinleitung der aus der Scheibenwirkung resultierenden Kräfte, umlaufend der Platten, weitere Schubverbinder erforderlich. HBV-Decken, deren Verbund durch Verwendung von FT-Verbindern hergestellt wird, benötigen tendenziell minimal höhere Bauteildicken als HBV-Decken deren Verbund mit ASSY® plus VG Ø 8 mm hergestellt wird (vgl. Abbildung 2).

Dies ist damit zu begründen, dass nur knapp 35 bis 40 % an Schubverbindern zum Einsatz kommen und dass die Steifigkeit der Kombination FT-Verbinder mit ASSY® plus VG Ø 10 mm geringer ist, als die der ASSY® plus VG Ø 8 mm. Diese geringere Steifigkeit lässt sich u. a. mit der freien Schraubenlänge innerhalb des FT-Verbinders erklären.

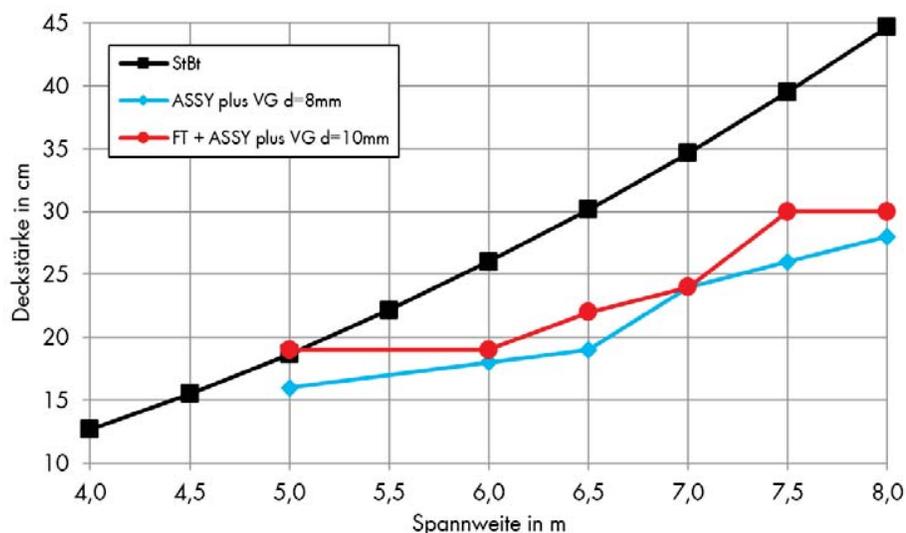


Abb. 2: Erforderliche Deckenstärken in Abhängigkeit von Spannweite Ausführungsvariante

In Tabelle 1 und 2 ist eine Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse für verschiedenen Deckenspanweiten, wobei jeweils alternative Lösungen (Bauteildicken und Anzahl Schubverbinder) möglich sind.

L	g	Stk.	Stk./m <sup>2</sup>	t <sub>Tim</sub>	t <sub>Con</sub>	t <sub>ges</sub>	I <sub>Tim</sub>	I <sub>Con</sub>	$\frac{(EI)_{Tim}}{[(EI)_{Tim} + (EI)_{Con}]}$	Tim	F <sub>VM,Ed</sub>	w (t=0)	w (t=∞)
m	kN/m <sup>2</sup>	-	-	cm	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	-	-	kN	cm	cm
5,0	3,65	82	16,4	10	6	16	8333	1800	0,63	60 %	4,26	1,29	1,89
6,0	3,85	92	15,3	12	6	18	14400	1800	0,75	66 %	5,54	1,78	2,63
6,5	4,00	108	16,6	12	7	19	14400	2858	0,65	72 %	5,69	2,05	3,13
7,0	4,45	76	10,9	16	8	24	34133	4267	0,75	56 %	7,65	1,52	2,32
7,5	4,95	88	11,7	16	10	26	34133	8333	0,60	59 %	7,84	1,65	2,63
8,0	5,05	84	10,5	18	10	28	48600	8333	0,68	58 %	8,85	1,69	2,70

Tabelle 1: Deckenstärken für HBV-Decken mit Schubverbindern ASSY® plus VG Ø 8 mm; Bemessungsergebnisse für verschieden Deckenspanweiten; Betonplatte auf Brettstapel

L	g	Stk.	Stk./m <sup>2</sup>	t <sub>Tim</sub>	t <sub>Con</sub>	t <sub>ges</sub>	I <sub>Tim</sub>	I <sub>Con</sub>	$\frac{(EI)_{Tim}}{[(EI)_{Tim} + (EI)_{Con}]}$	Tim	F <sub>VM,Ed</sub>	w (t=0)	w (t=∞)
m	kN/m <sup>2</sup>	-	-	cm	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	-	-	kN	cm	cm
5,0	4,00	12	2,4	12	7	19	14400	2858	0,65	60 %	9,21	1,54	2,19
6,0	4,00	56	9,3	12	7	19	14400	2858	0,65	70 %	10,1	1,98	2,86
6,5	4,35	40	6,2	14	8	22	22867	4267	0,66	65 %	11,9	2,08	3,01
7,0	4,45	40	5,7	16	8	24	34133	4267	0,75	63 %	14,0	2,05	2,93
7,0	4,95	36	5,1	16	10	26	34133	8333	0,60	62 %	12,3	2,02	3,03
7,5	5,15	18	2,4	20	10	30	66667	8333	0,75	54 %	16,9	1,95	2,80
8,0	5,15	38	4,8	20	10	30	66667	8333	0,75	59 %	16,3	2,02	2,96

Tabelle 2: Deckenstärken für HBV-Decken mit FT-Verbindern und ASSY® plus VG Ø 10 mm; Bemessungsergebnisse für verschieden Deckenspanweiten; Betonplatte auf Brettstapel

Der optimale Einsatz der FT-Verbinder wird erreicht, wenn statt der vollflächigen Brettstapelelemente Deckenbalken zum Einsatz kommen. Dabei kann die Überspannung in Querrichtung ausschließlich über die Stahlbetonplatte erfolgen. Der Verbund wird nur in die Hauptspannrichtung in Ansatz gebracht. Durch die Querschnittshöhe der Deckenbalken wird die Steifigkeit konzentriert in das System eingebracht. Der Materialbedarf „Holz“ kann dadurch auf unter 40 % reduziert werden. Auch die erforderliche Anzahl an Schubverbinder lässt sich bei gleichen Ergebnissen noch einmal deutlich reduzieren.

L	g	Stk.	Stk./m <sup>2</sup>	(b/h) <sub>Tim</sub>	e	t <sub>Con</sub>	t <sub>ges</sub>	I <sub>Tim</sub>	I <sub>Con</sub>	$\frac{(EI)_{Tim}}{[(EI)_{Tim} + (EI)_{Con}]}$	Tim	F <sub>VM,Ed</sub>	w (t=0)	w (t=∞)
m	kN/m <sup>2</sup>	-	-	cm/cm	m	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	-	-	kN	cm	cm
8,0	5,15	22	2,2	24/32	1,25	10	42	65536	10417	0,73	92 %	24,1	2,02	2,70

Tabelle 3: Deckenstärken für HBV-Decken mit FT-Verbindern und ASSY® plus VG Ø 10 mm; Bemessungsergebnisse für verschieden Deckenspanweiten; Betonplatte auf Deckenbalken mit Abstand e

### Zusammenfassung

Mit geneigt angeordneten ASSY® plus Vollgewindeschrauben sind wirtschaftliche Holz-Beton-Verbunddecken mit großen Spannweiten problemlos realisierbar. Dabei können auch hohe Anforderungen an den Brandschutz und das Schwingverhalten der Decke eingehalten werden. Der FT-Verbinder in Verbindung mit ASSY® plus Vollgewindeschrauben überzeugt durch seine hohe Tragfähigkeit im Vergleich zu anderen geschraubten Verbindern. Durch die Kombination von FT-Verbindern und vor-gefertigten Betonelementen wird die Bauzeit deutlich verkürzt, lange Trocknungszeiten wie beim Betonieren auf der Baustelle entfallen.

## Weiterführende Informationen:

### Produkt und Zulassung

Der FT-Verbinder ermöglicht es, Betonfertigteile in der Konstruktion von Holz-Beton-Verbunddecken einzusetzen. Hierdurch wird der Feuchteintrag in den Holzbau unterbunden und die Montagezeiten reduzieren sich deutlich. Er ist abgestimmt auf eine Betonstärke von 70 mm. Durch eine untergelegte Latte beim Betoniervorgang kann die Betonstärke in Anlehnung an eine gutachterliche Stellungnahme von Prof. Dr. Bläß vom 20. April 2013 auf 120 mm erhöht werden. Sobald auf der Baustelle betoniert wird, bietet Würth die Möglichkeit den Verbund Holz/Beton auch mit schräg eingeschraubten Würth ASSY® Vollgewindeschrauben herzustellen. Hier werden in der Regel 8-mm-Schrauben verbaut. Der FT-Verbinder kann hier ebenfalls eingesetzt werden. Die Anzahl der Befestigungspunkte reduziert sich hierbei durch den optimierten Kräfteintrag. Den FT-Verbinder finden Sie Würth Online-Shop ([www.wuerth.de](http://www.wuerth.de)) unter der Artikelnummer 0165 300 10. Die Zulassungen und Gutachten sind ebenfalls auf [www.wuerth.de/assy](http://www.wuerth.de/assy) hinterlegt.

### Bemessung

Auf [www.wuerth.de/assy](http://www.wuerth.de/assy) finden Sie auch das Bemessungsprogramm zum Thema Holz/Beton-Verbund. Hier wird eine fest installierbare wie auch eine Online-Variante bereitgestellt.



Würth Bemessungssoftware

**WÜRTH** Würth Bemessungssoftware

Projektdaten System Auflager Konstruktion Holzkonstruktion Betonplatte Einwirkung Schwingungsnachweis Ergebnis

Deckenkonstruktion

- Balkendecke
- BS/BSP-Holzelement
- Doppelbaumdecke
- Elementdecke

HBV-System

- VG Schrauben 90°
- VG Schrauben 45°
- FTVerbinderFertigteil
- FTVerbinderFertigteil

Montagevorgaben

Aufgehende Bauteile

Benötigter Platz für Elektroschrauben: 0,0 cm

Maße in [cm, m] | Bemessungsvorschrift: ECS (D)  
© 2015 Würth v.15.04