

Holz-Beton-Verbund in der Sanierung

Jens Frohnmüller, Kassel



Zusammenfassung

Die Holz-Beton-Verbundbauweise stellt eine effektive Sanierungsmöglichkeit von Holztragwerken dar. Dieser Beitrag befasst sich sowohl mit der historischen Entwicklung, als auch mit der statisch-mechanischen Wirkungsweise von Verbundtragwerken. Auf die baupraktische Ausführung von Holz-Beton-Verbund wird eingegangen und ein Leitfaden für die Planung einer Sanierung mit Holz-Beton-Verbund vorgestellt. In einem letzten Schritt werden drei Beispielobjekte präsentiert.

1 Grundlagen

Um einen Überblick über die Entstehung von Tragwerken in Holz-Beton-Verbund (HBV) Bauweise zu erhalten, wird im Folgenden ein Überblick über die historische Entwicklung von allgemeinen Holz-Holz-Verbundtragwerken gegeben. Da sich die Wirkungsweise eines Verbundtragwerks in Holz-Holz Bauweise im Grunde nicht von der eines Holz-Beton-Verbundtragwerks unterscheidet, werden Holz-Holz-Verbundtragwerke analog zur historischen Entwicklung zuerst dargestellt. Durch das Verständnis eines Verbundtragwerks wird die Holz-Beton-Verbundbauweise als nächster, logischer Schritt zur Verstärkung von Holz deutlich.

1.1 Historische Entwicklung von Holz-Holz-Verbund

Verbundtragwerke haben eine alte Tradition. Da die Dimensionen von Holz durch seinen natürlichen Wuchs in Länge, Höhe und Breite begrenzt sind, wurden von Zimmerleuten schon früh Techniken entwickelt, wie man dennoch große Spannweiten überbrücken oder hohe Lasten aufnehmen kann. Verbundtragwerke waren vor allem bei den Holztragwerke der Glockentürme oder große Versammlungsräume und repräsentative Hallen erforderlich.

So kam man früh auf die Idee die Balken nicht nur aufzudoppeln, sondern Sie durch eine Verdübelung miteinander zu verbinden und so den Tragwiderstand zu erhöhen. In der linken Abbildung ist eine Verzahnung zu sehen, durch welche sich beide Balken verkeilt haben. Im rechten Bild wurde eine Verdübelung ausgeführt, mit welcher ein Bogentragwerk überspannt und dieses so nach oben abgehängt wurde.

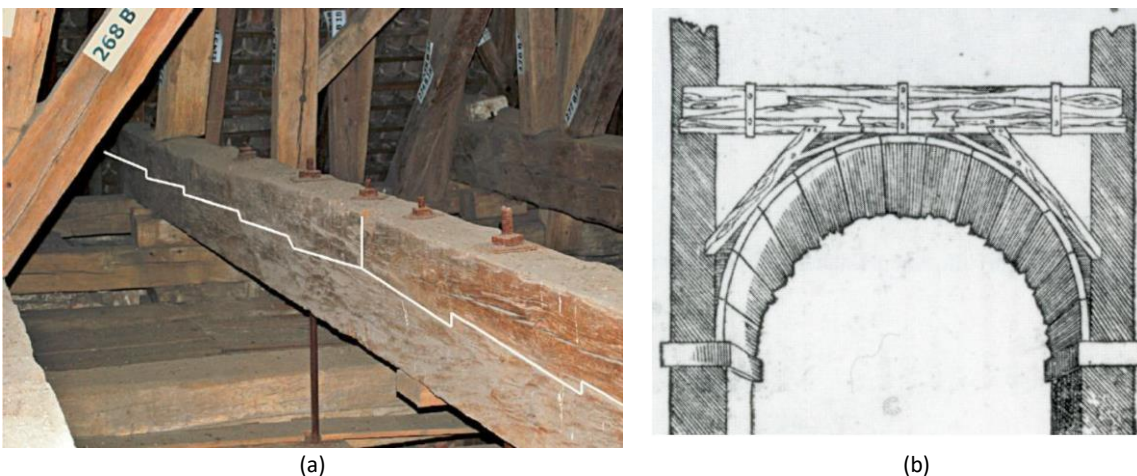


Bild 1: (a) Verzahnter Balken als Überzug aus [1], Verdübelter Balken im 16. Jh. aus [2]

Durch die Verdübelung erzielte man eine höhere Tragfähigkeit als wenn man die Balken lose übereinander stapeln würde.

Durch die Entwicklung der Klebtechnologie im 20. Jahrhundert wurden dem Ingenieurholzbau gänzlich neue Möglichkeiten eröffnet. Es war nun möglich sehr hohe Träger herzustellen wodurch die Begrenzung der Spannweiten durch den natürlichen Wuchs des Holzes an Bedeutung verlor. Darüber hinaus konnten Querschnitte beinahe beliebig miteinander verbunden werden. Es wurden I-Querschnitte, T-Querschnitte und Kastenträger entwickelt, vgl. Bild 2: Ein weiterer Vorteil der zusammengesetzten Querschnitte ist, dass im Vergleich zu Vollholzquerschnitten viel Material eingespart werden konnte, da das Material genau dort eingesetzt wurde, wo es statisch erforderlich ist. Durch den schlanken, hohen Steg wird statische Höhe gewonnen und die angeschlossenen Flansche bilden nehmen die Druck- und die Zugkräfte auf.

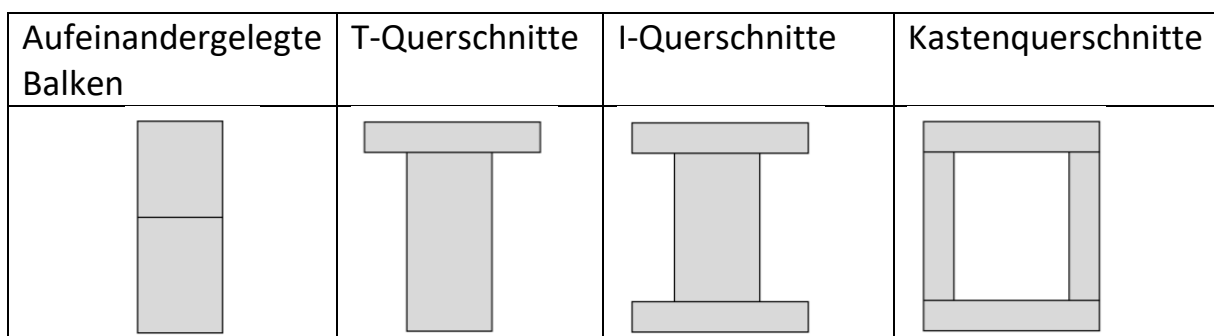


Bild 2: Geometrien von zusammengesetzten Verbundquerschnitten aus Holz

Heute gibt es grundsätzlich zwei Arten einzelne Teilquerschnitte zu Verbundtragwerken zusammenzusetzen. Zum einen können die einzelnen Querschnitte durch mechanische Verbindungsmittel miteinander verbunden werden. Hierbei handelt es sich um einen **nachgiebigen Verbund**. Die Biegesteifigkeit dieser gemeinsam wirkenden Querschnitte wird maßgeblich durch die Steifigkeit (in Zulassungen repräsentiert durch den sogenannten K_{ser} -Wert) der verwendeten Verbindungsmittel bestimmt. In der Sanierung werden Tragwerke in der Regel durch mechanische Verbindungsmittel (VM) wie HBV-Schrauben, Nocken oder Bolzen hergestellt und können somit den nachgiebigen Verbundtragwerken zugeordnet werden.

Neben der Möglichkeit des nachgiebigen Verbunds können durch Verwendung geeigneter Klebstoffe, die einzelnen Querschnittsteile miteinander verklebt werden. Diese Verbindung wird aufgrund der geringen Nachgiebigkeit der dünnen Klebeschicht als **starrer Verbund** bezeichnet. Ein Brettschichtholzträger ist also auch ein Verbundtragwerk, bei welchem der Querschnitt sich aus starr

verbundenen Brettlamellen zusammensetzt. Am Beispiel eines T-Querschnitts sind in Bild 3: beide Verbundarten dargestellt.

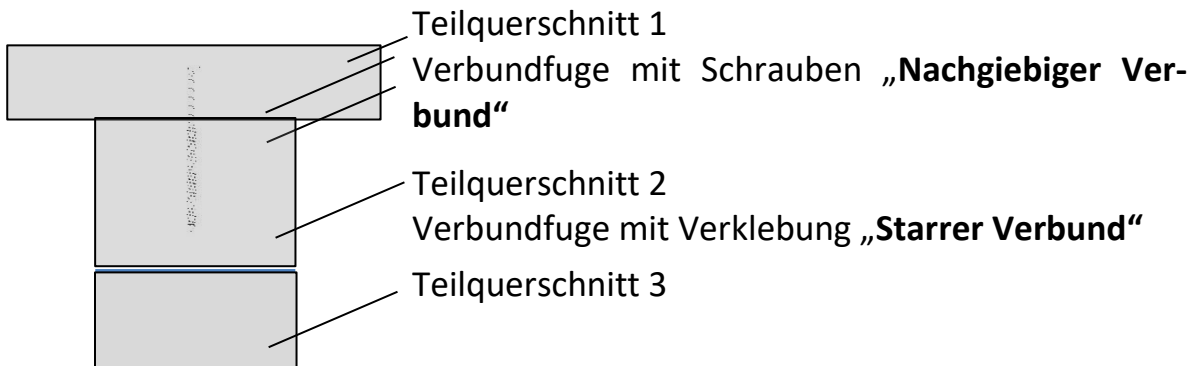


Bild 3: Bestandteile eines Verbundquerschnitts mit Schrauben und Verklebung

1.2 Wirkungsweise eines Verbundtragwerks

Das Tragverhalten und der Einfluss der Verbundfugensteifigkeit lässt sich anschaulich anhand von Bild 4: erläutern. Es ist der typische Fall eines Deckenbalkens dargestellt, welcher an den Trägerende aufgelagert ist. Die Abbildungen a) bis c) unterscheiden sich lediglich durch eine unterschiedliche Ausführung der Verbundfuge. Die Belastung und die Querschnittsabmessungen ändern sich nicht.

Bild 4:(a) zeigt zwei lose übereinander gelegte Balken. Durch die Belastung der Balken werden zwei Verschiebungen hervorgerufen. Einerseits die Durchbiegung f in Feldmitte, sowie eine Relativverschiebung beider Balken am Trägerende Δd . Die beiden Querschnitte sind nicht miteinander gekoppelt und die Kontaktflächen können sich gegeneinander verschieben. In der Normalspannungsverteilung, welche direkt daneben dargestellt ist, ist zu sehen, dass jeder Querschnitt sowohl einen Druckbereich, als auch einen Zugbereich besitzt.

In Bild 4:(b) hingegen sind die Balken durch eine beliebige Art der Verkeilung / Verdübelung miteinander gekoppelt. Es ist zu erkennen, dass weniger Relativverschiebung der beiden Querschnitte möglich ist, da sie sich nicht mehr unabhängig voneinander verformen können. Die Querschnitte sind miteinander gekoppelt. Das hat zur Folge, dass die Verbindungsmittel in der Fuge nun auf Abscheren beansprucht werden.

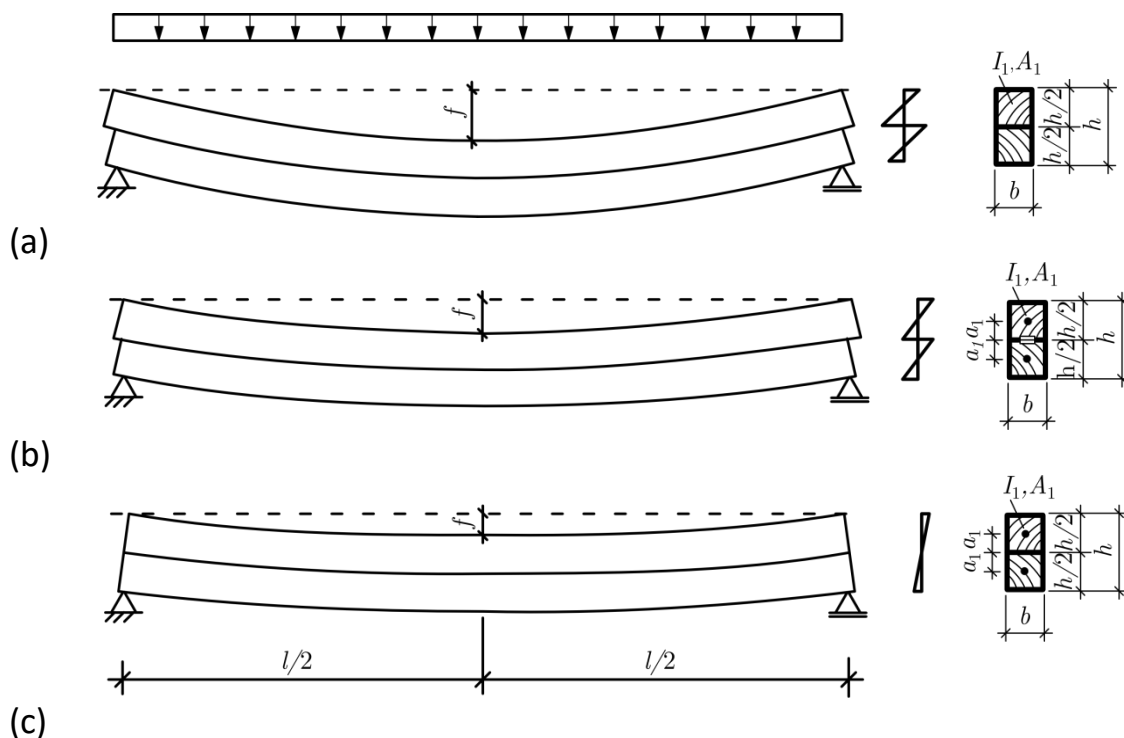


Bild 4: Zusammenwirken von Querschnitten, (a) zwei Einzelquerschnitte ohne Verbund, (b) nachgiebiger Verbund, (c) starrer Verbund [3]

Durch die Kopplung der beiden Querschnitte hat sich sowohl die Biegesteifigkeit als auch die Tragfähigkeit im Vergleich zu den lose übereinander liegenden Balken, deutlich erhöht. Das Widerstandsmoment ist größer geworden, die Durchbiegung in Feldmitte hat sich reduziert und die Normalspannungen in den Querschnitten sind geringer geworden, da der innere Hebelarm durch den Verbund vergrößert hat.

Es lässt sich also feststellen, dass durch die Verbindungsmittel das Verbundsystem einerseits **tragfähiger**, also auch **steifer** wird. Je höher der Widerstand eines Verbindungsmittel auf Abscheren ist und je besser die Relativverschiebung verhindert wird, desto effektiver wird das Verbundsystem.

Der untere Querschnitt ist überwiegend auf Zug, der obere auf Druck beansprucht. Durch die Vergrößerung der statischen Höhe bzw. des inneren Hebelarms werden die Randspannungen kleiner. Durch eine nachträgliche Verstärkung kann ein Balken also sogar entlastet werden, da die Maximalbeanspruchung am unteren Querschnittsrand durch den Verbund abnimmt.

In Bild 4:(c) ist der Grenzfall des starren Verbunds dargestellt, so wie er z.B. durch eine Verklebung erreicht werden kann. Beim starren Verbund wird die kleinste Durchbiegung in Feldmitte erzeugt und die größte Tragfähigkeit erreicht. Baustellenverklebungen benötigen in Deutschland jedoch einer speziellen Zulassung des Handwerkers (ugs. „Leimgenehmigung“). Zudem muss bei

einer Verklebung ein durchgängiger Kontakt der beiden zu verklebenden Bauteile gewährleistet werden, was aufgrund der Verformungen der Bestandsbalken ohne eine Verpressung meist nicht zu gewährleisten ist.

1.3 Entstehung von Holz-Beton-Verbund

Egal ob in Frankfurt, Berlin, München oder Hamburg: In allen Städten und Ballungszentren ist bezahlbarer Wohnraum knapp. Da die Wachstumsmöglichkeiten in die Breite oft begrenzt sind, wird die Gewinnung von Wohnraum durch urbane Verdichtungsmaßnahmen immer wichtiger. Ungenutzte Bestandsgebäude und ehemalige Industrieflächen werden revitalisiert und untere großem Aufwand wieder nutzbar gemacht.

Eine vergleichsweise einfache Möglichkeit der innerstädtischen Verdichtung ist Trockenspeicher und ungenutzte Dachgeschosse, welche zu Tausenden in jeder Stadt vorhanden sind, auszubauen.



Bild 5: Urbane Wohnraumgewinnung durch Sanierung eines Trockenspeichers [4]

Jedoch sind die Anforderungen an die Wohnqualität in den letzten Jahrzehnten stetig gestiegen. Konsequenz ist, dass oftmals nicht die Tragfähigkeit einer Decke die Bemessung bestimmt, sondern die Anforderungen an die Wohnqualität und die Bauphysik. Diese Anforderungen können in den meisten Fällen von reinen balkenförmigen Holz-Holz-Verbundsysteme nicht erfüllt werden. Hier sind

im Besonderen Aspekte wie Deckenschwingungen, Schallschutz und Brandschutz zu nennen.

Zur Verbesserung der bauphysikalischen Eigenschaften ist es daher meistens unumgänglich mehr Masse in das System einzubauen und das Tragwerk schwerer zu machen. In der Vergangenheit wurden oft schwere Zwischenbalkenschüttungen eingebracht, während mittlerweile eine starke mineralische Deckschichten (z.B. Zementestrich) gegossen werden. Letztere sind i.d.R. in jedem Fall erforderlich um einen Fußboden verlegen zu können. Durch die zusätzliche Last wird der Holzbalken jedoch zusätzlich beansprucht, was hinsichtlich dem Nachweis der Tragfähigkeit zum Problem werden kann.

Durch die Erfordernis der zusätzlichen Masse war der nächste logischer Schritt in der Entwicklung der Verbundtragwerke, den ohnehin vorhandenen Estrich statisch mittragen zu lassen. Die Betonplatte wird durch Verbindungsmittel mit den Holzbalken gekoppelt und nun hauptsächlich auf Druck beansprucht. Der Beton eine sehr hohe Druckfestigkeit besitzt und zudem ein verhältnismäßig günstiges Baumaterial ist, eignet er sich besonders gut für den Einsatz in einem Verbundtragwerk. Der Holzträger ist kombiniert auf Biegung und Zug beansprucht. So wurde das Holz-Holz-Verbundsystem optimiert und zu einem Holz-Beton-Verbund System gemacht.

Durch den aufgetragenen Beton entsteht zudem eine Quertragwirkung und eine Scheibenwirkung, was Vorteile hinsichtlich einer Aussteifungsberechnung bringt. Ein weiterer Vorteil von HBV ist, dass nachfolgende Gewerke auf einen ebenen Rohfußboden arbeiten können, wo vorher oft große Verformungen vorhanden waren (z.B. durch Setzungen des Baugrunds, Schäden an Balkenköpfen oder Kriechverformungen). Je nach Anforderung kann durch die Sanierung mit HBV sogar ein belagereifer Rohfußboden erzeugt werden wie es im Falle der Sanierung des Konstanzer Finanzamts ausgeführt wurde [5].

Erste Ansätze den Verbund zwischen Holz und Beton herzustellen sind in Bild 6:zusammengestellt.

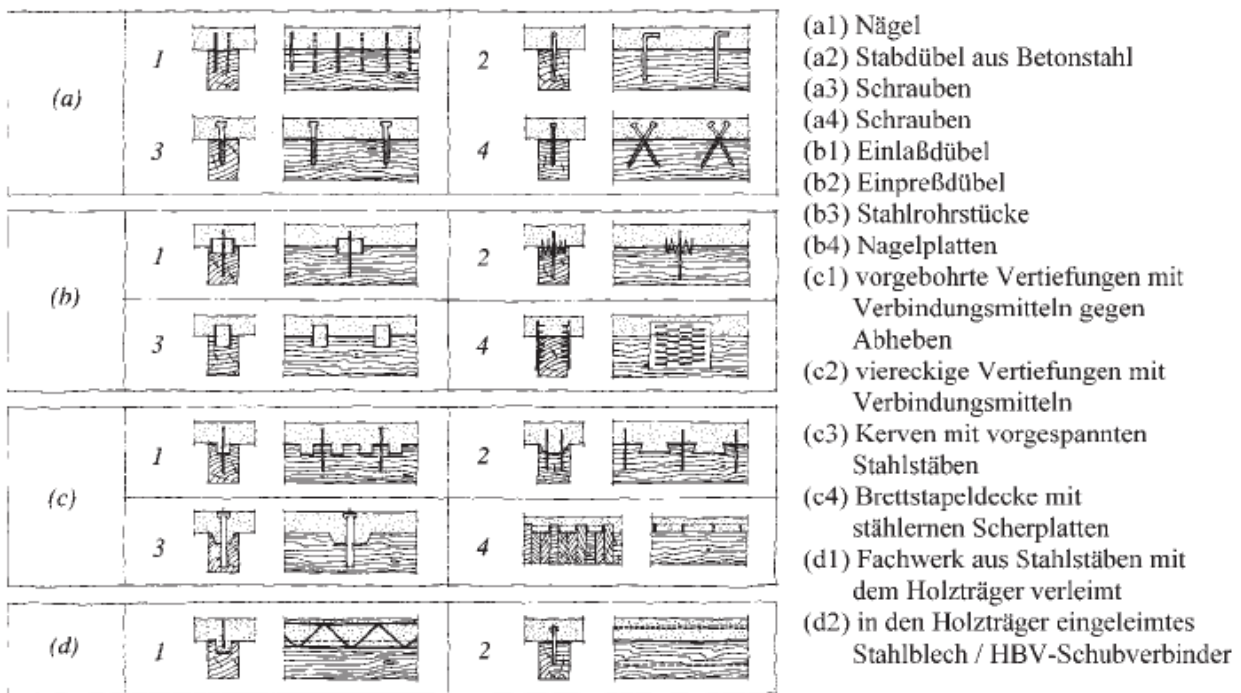


Bild 6: Verschiedene Verbindungsmittel für den Holz-Beton-Verbund [6]

Für die Sanierung haben sich vor allem die Schrauben und Stahlrohrstücke bewährt. Diese Verbindungsmittel wurden von Fachfirmen und Universitäten weiterentwickelt und ETA Zulassungen erworben. Dem Autor sind drei ETA Zulassungen für den Holz-Beton-Verbund bekannt, welche in aufgeführt sind (Stand Juni 2019).

	Zulassungs- inhaber	Angebot zur Pla- nung	Angebot zur Her- stellung	Software
SFix 1	Elascon GmbH [7]	✓	✓	FEM
SFix 2	Elascon GmbH [7]	✓	✓	FEM
Hybrid- nocke	Elascon GmbH [7]	✓	✓	FEM
ASSY VG	Adolf Würth GmbH & Co. KG [8]	X	X	Analyt.

Prinzip HBV-System Standarddecke
 "HBV-S" (mit prinzipiellem Boden-Aufbau
 und Decken-Verkleidung)

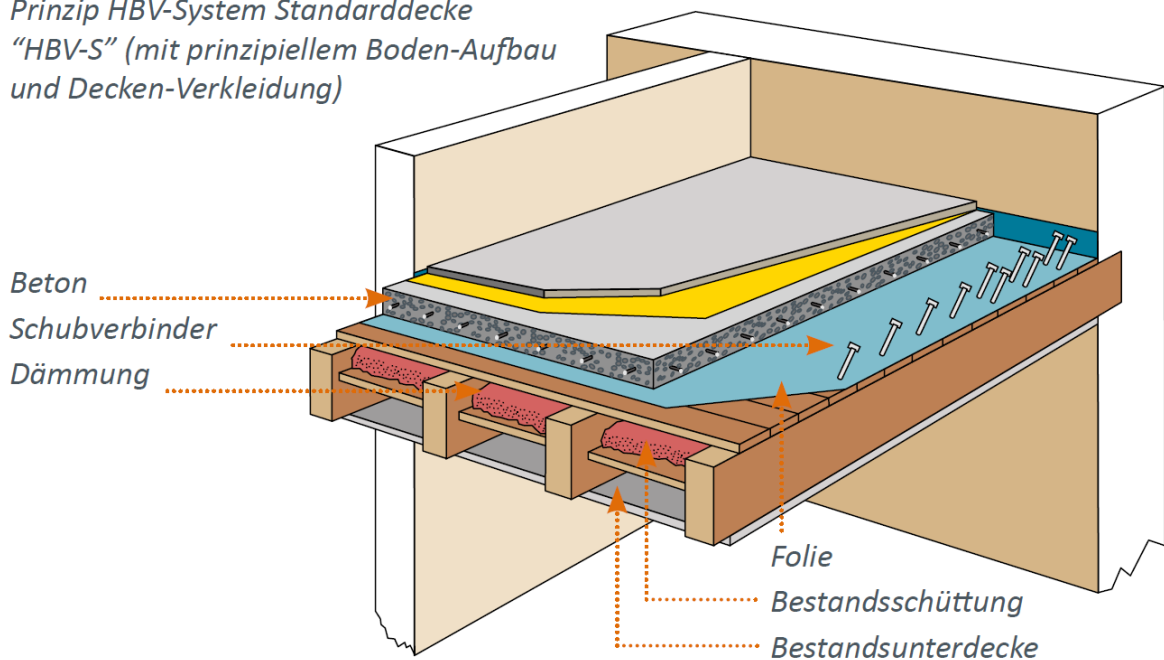


Bild 7: Prinzipskizze einer HBV-Decke [4]

Für gleiche Randbedingungen wie die zulässige Einbindelänge im Holz l_{ef} und die Rohdichte von 380 N/mm^2 werden die Schrauben im Folgenden gegenübergestellt und können so verglichen werden.

	l_{ef} [mm]	T_k [N]	K_{ser} [N/mm]
SFix 1	100	11.000	10.300
ASSY VG	100	6.042	10.000
SFix 2	170	17.100	13.200
Hybridnocke	-	35.000	19.300

1.4 Sanierung mit HBV-Schrauben

Die Sanierung erfolgt, indem Schrauben unter 45 Grad zum Auflager hin geneigt in die Holzbalken eingeschraubt werden. Die Schrauben können einreihig, zwei- oder mehrreihig eingebracht werden, wobei sich die Menge der Schrauben am Querkraftverlauf des statischen Systems orientiert, vgl. Bild 8:.. Dadurch wird eine optimale Ausnutzung und ein effizienter Einsatz der Verbindungsmittel erreicht.

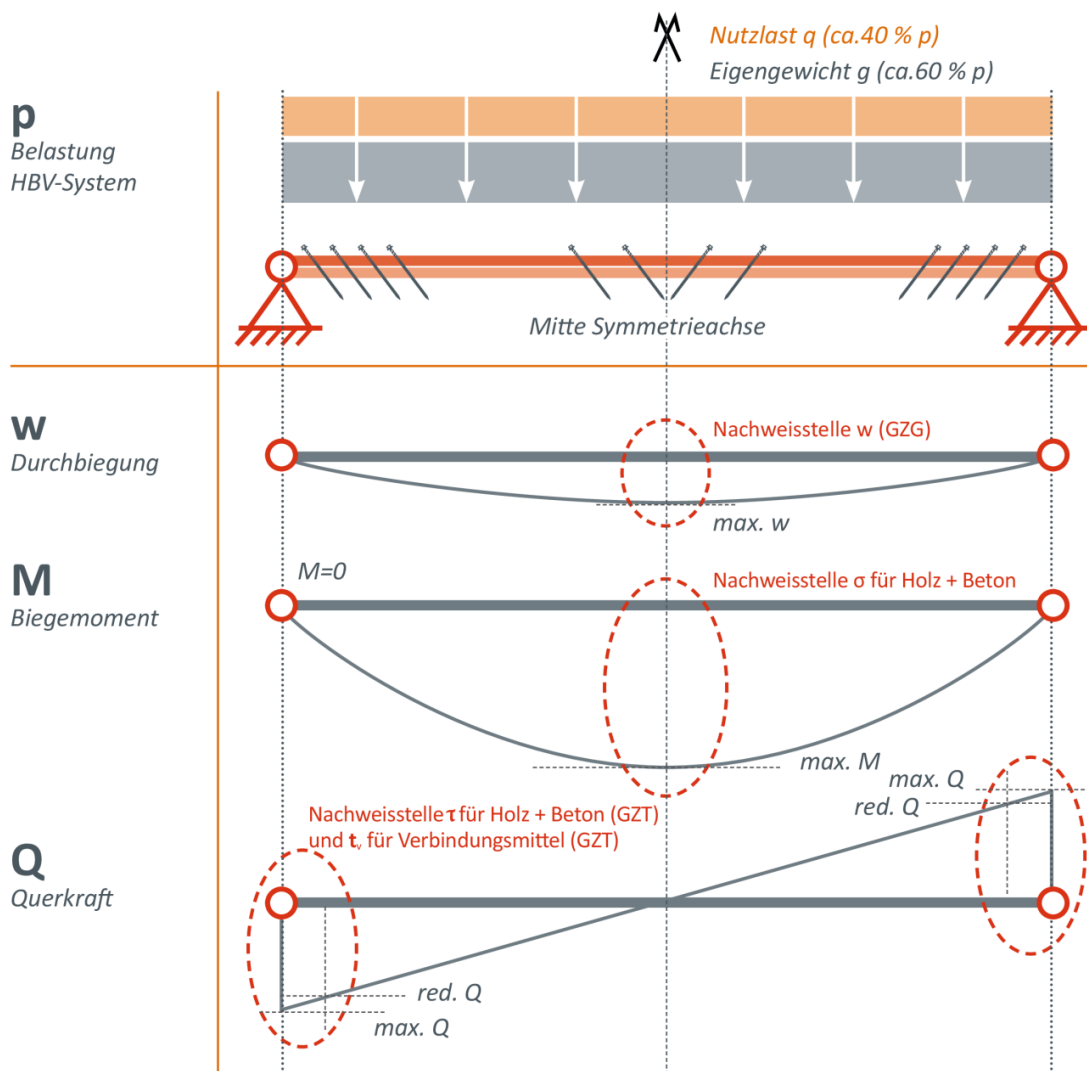


Bild 8: Statisches System, Belastung und Schnittgrößen eines HBV Einfeldträgers mit zugehörigen Nachweisstellen für die Bemessung [4]

Da die Schnittgrößen sich mit der angenommenen Schraubenzahl ändert, wird im Idealfall die Berechnung durch mehrmalige Iteration optimiert. So kann der effizienteste und ideale Schraubenbedarf ermittelt werden.

Für eine einfache Berechnungen empfiehlt sich das sog. γ -Verfahren nach EC 5-Anhang B [9], welches jedoch nur unter bestimmten Randbedingungen gilt. Einzellasten wie Sie in einem Dach in Form von Pfosten oder Streben vorkommen können mit dem γ -Verfahren nicht berechnet werden. Bei Spannweiten von fünf bis sieben Metern, werden in der Regel etwa 15 bis 20 Verbindern pro Quadratmeter benötigt. Das Langzeitverhalten von HBV Konstruktionen ist aufgrund zeitabhängiger Parameter wie Kriechen, Schwinden und Relaxation ein wichtiger Teil der Bemessung. Das Langzeitverhalten lässt sich durch verschiedene Modifikationen berücksichtigen, siehe [10], [11].

Aufgrund konstruktiver Erfordernisse wie der Rissbreitenbegrenzung beim Anfangsschwinden des Betons, wird üblicherweise eine Grundbewehrung mit dem Durchmesser 8mm, alle 20cm in beide Richtungen verlegt. Da die Betonplatte, wie schon in Abschnitt 1.2 dargestellt, hauptsächlich auf Druck beansprucht ist, wäre eine Bewehrung aus statischen Erfordernissen grundsätzlich nicht notwendig.

Der mittlere Bewehrungsbedarf der konstruktiven Grundbewehrung mit Stabstahl beträgt bei der typischen HBV Decke etwa 4 kg/m^2 . Die Decke kann in der Regel nach etwa drei Tagen begangen werden und bauzeitliche Unterstützungen nach 14 Tagen Aushärtezeit entfernt werden. Zu diesem Zeitpunkt hat der Beton etwa 80% seiner Sollfestigkeit erreicht.

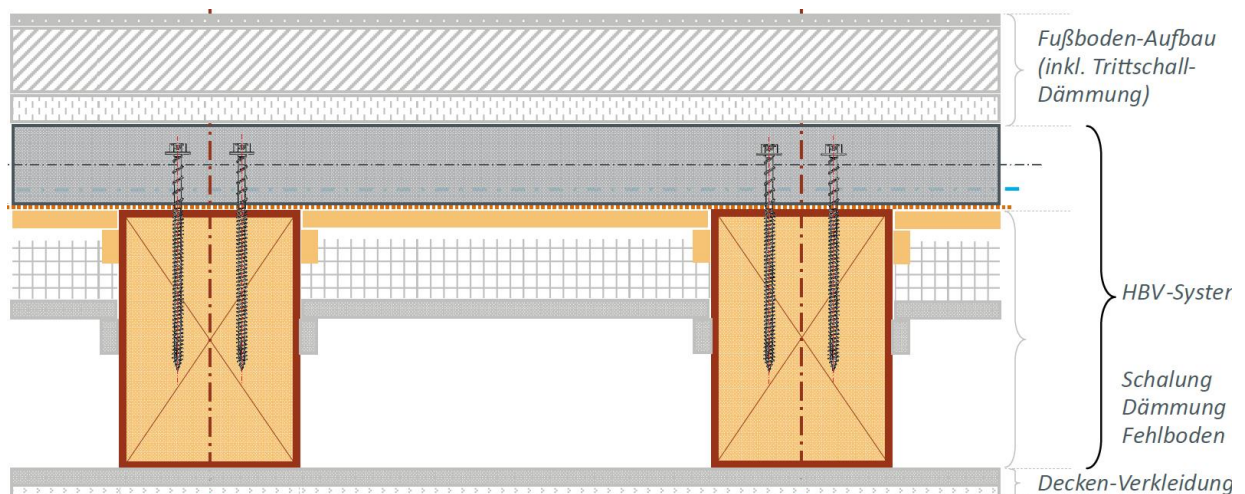


Bild 9: Querschnitt und Deckenaufbau einer typischen Holz-Beton-Verbunddecke [4]

1.5 Holz-Beton-Verbund Deckenquerschnitte im Ingenieurholzbau

Zur Ausführung gibt es verschiedene Möglichkeiten von Deckenquerschnitten. Welcher Deckenquerschnitt am geeignetsten für das jeweilige Projekt ist kann von folgenden Randbedingungen abhängen:

- Rahmenbedingungen der Ausführung (Aufwand, Zeit, Kosten, ...)
- Höhe des geplanten Rohfußbodens und respektive der gewünschten Raumhöhe
- Bestehende Verformung der Bestandsdecke
- Vorhandensein einer Schüttung zwischen den Balken
- Querschnittsabmessungen der Bestandsbalken

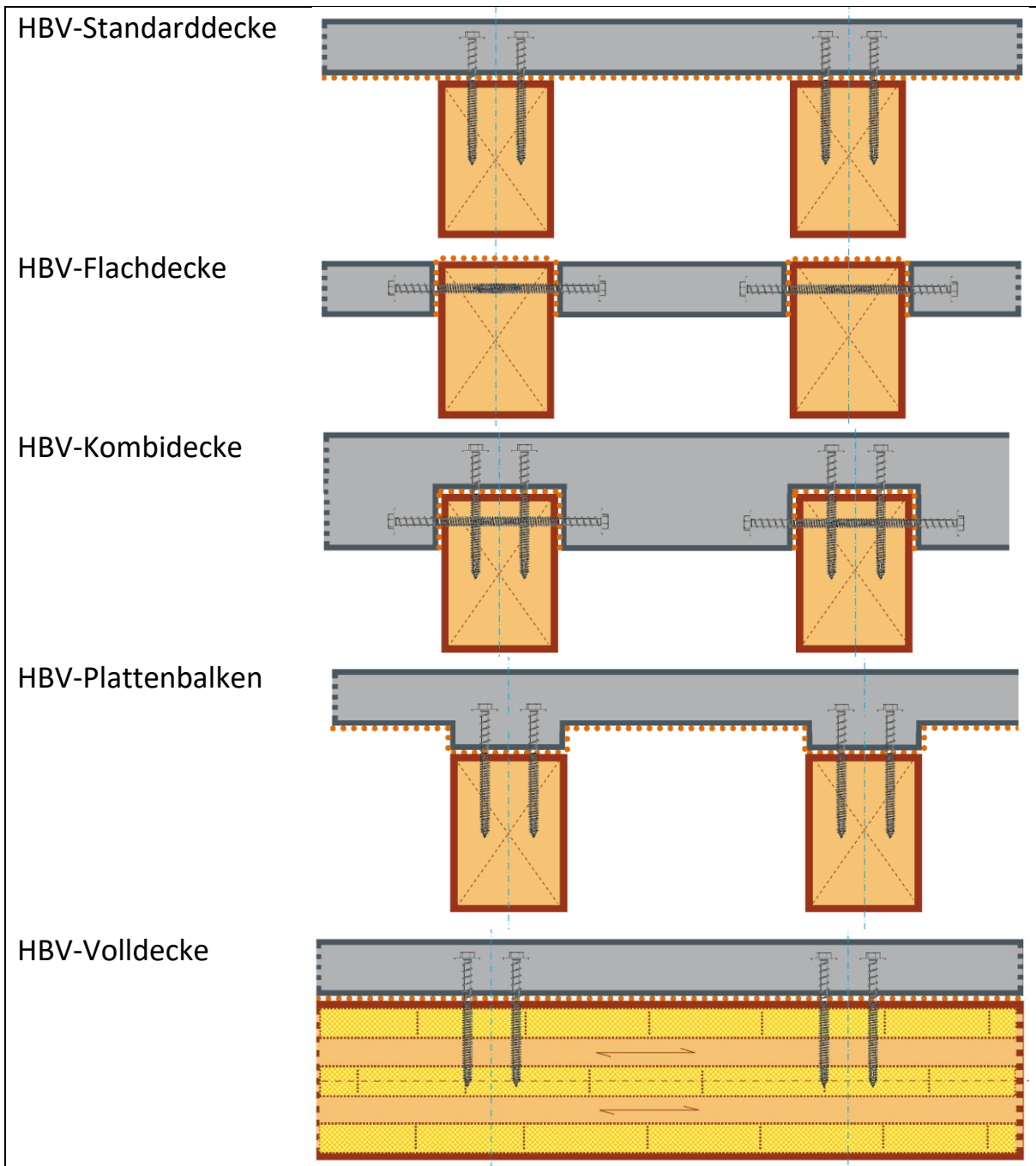


Bild 10: Querschnittsformen vom HBV-Decken beispielhaft dargestellt mit Schrauben als Verbindungsmittel [4]

Beispiel 1:

Im Dachboden einer Mietskaserne soll neuer Wohnraum geschaffen werden. Aus Kostengründen sollen die Mieter im darunterliegenden Geschoss für die Bauzeit in den Wohnungen verbleiben und nicht vorübergehend ausquartiert werden. Die Balken sind im Durchschnitt auf 8m Länge frei gespannt und liegen auf Mauerwerkswänden auf. Zwischen den Balken befindet sich eine Lehm-Stroh-Schüttung. Auf die Balken wurden einfache 2cm-starke Dielenbretter

aufgenagelt und der Dachboden wurde hauptsächlich als Lagerspeicher für ausrangierte Möbel genutzt. Die Balken liegen im Abstand von 60cm, haben Querschnitte von 16x22 cm und weisen keine nennenswerten Verformungen auf.

In diesem Falle wird die HBV Standarddecke das Mittel der Wahl sein. Sie zeichnet sich durch die geringste Bauzeit aus und erfordert keine vorangehenden Schalungsarbeiten. In diesem Falle werden die Balkenlagen an den Auflagern angezeichnet und eine Folie zweilagig ausgerollt um ein Wegfließen des Frischbetons während der Betonierung zu vermeiden. Da der Dielenboden durchgängig liegt und die Zwischenbalkenschüttung nicht herausgenommen werden muss, werden die Schrauben einfach durch den Dielenboden in die Holzbalken eingedreht. Der selbstverdichtende Frischbeton wird mit einer Estrichpumpe mit Schlauch durch ein Dachflächenfenster eingebracht und mit einer Stange glatt gezogen. Im darunterliegenden Geschoss sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Es kann während der gesamten Bauzeit bewohnt werden.

Beispiel 2:

Eine unter Denkmalschutz stehenden Villa wird von einem Immobilienbüro erworben und soll als Büro und Ausstellungsfläche genutzt werden. Die Baustruktur Stuckdecken müssen zwingend erhalten bleiben weshalb die Sanierung in jedem Fall „von oben“ erfolgen muss.

Die Balken weisen jedoch sehr große Verformungen auf infolge früherer Schäden durch Feuchte und Umbauten. Es muss jedoch aufgrund der geplanten Nutzung ein ebener Fußboden erzeugt werden. Wenn jedoch die komplette Fläche mit Beton ausgefüllt werden würde, wäre die Last infolge des Betoneigengewichts zu groß für die Bestandsbalken.

Aus diesem Grund würden hier zwei verschiedene Deckensysteme zum Einsatz kommen: der HBV-Plattenbalken und die HBV-Flachdecke. In Bereichen großer Verformungen würde lediglich direkt über dem Balken ein Betonsteg erzeugt werden. Aus der Erfordernis, dass die Schüttung mineralisch gebunden sein muss, können die Bereiche zwischen den Balken mit Schaumbetonen ($\rho = 110 \text{ kg/m}^3$) ausgefüllt werden.

In Bereichen, in welchen die Balken sehr hoch liegen, würde die Flachdecke zum Einsatz kommen, durch welche Raumhöhe gespart werden kann.

Diese Art der Sanierung erfordert mehr Zeit, da die Plattenbalken geschalt werden müssen und die Verlegung der Bewehrung ebenfalls mehr Zeit benötigt. Sie ist im Falle großer Verformungen notwendig und wenn einzelne Balken nicht ausgetauscht oder ersetzt werden können.

2 Holz-Beton-Verbund in der Sanierung

Kein Bauvorhaben gleicht dem Anderen. Ob eine HBV Decke für das eigene Bauvorhaben notwendig ist, muss jeder Bauherr oder Planer entscheiden. Im Abschnitt 2.1 wird daher ein Überblick über die Gründe gegeben, welche für und gegen eine Sanierung mit Holz-Beton-Verbund sprechen. Es wird auf den Planungs- und Bauprozess eingegangen und die Randbedingungen vorgestellt, welche bei einer Sanierung zu beachten sind. Alle hier vorgestellten Empfehlungen sind als Leitfaden, nicht als vollständige Aufzählung zu verstehen, da jedes Bauvorhaben individuell ist.

2.1 Grundlagenermittlung und die Frage „Wann ist eine HBV-Decke sinnvoll?“

Die Notwendigkeit einer Sanierung mit Holz-Beton-Verbund kann sich unterschiedlichen Gründen ergeben. Dies können entweder *harten* Kriterien wie ein nicht erfüllter statischer Nachweis der Holzbalkendecke oder besondere Anforderungen des Brandschutzkonzeptes, oder eher *weiche* Kriterien sein. Mit *weichen* Kriterien sind vor allem Anforderungen an die allgemeine Wohnqualität gemeint, welche durch Deckenschwingungen oder einen unzureichenden Schallschutz beeinträchtigt werden kann.

Tragfähigkeit

Eine HBV Decke ist eine vergleichsweise einfache Möglichkeit die Trag- und Verformungseigenschaften bestehender Tragwerke zu erhöhen. Dies ist vor allem bei höheren Lasten infolge Umnutzung des Gebäudes oder hohen Scheibensteifigkeiten, z.B. in Erdbebengebieten, wichtig.

Brandschutz

Im Brandschutzkonzept leistet eine HBV Decke einen wichtigen Beitrag. Durch eine 8cm-starke Betonplatte kann eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten (REI 60) erzeugt werden [12].

Die Betonplatte wirkt raumabschließend und der Rauch kann sich nicht zwischen den Etagen ausbreiten, wodurch auch verhindert wird, dass das Feuer zwischen einzelnen Geschossen überschlägt. Aufgrund des behinderten Brandüberschlags verkohlen die Holzbalken lediglich anstatt zu brennen. Durch die geringere Rohdichte der Verkohlungen wird das Innere des Holzbalkens von Temperatur und Feuer geschützt. Der Kern des Balkens behält seine Tragfähigkeit.

Wohnqualität durch Schallschutz:

Für Gebäude, welche durch unterschiedliche Parteien genutzt werden ist ein ausreichender Schallschutz von großer Bedeutung. Nach [13] wird mit einer HBV Decke ein rechnerische Werte von 60 dB erreicht und so die Wohnqualität deutlich erhöht.

Schwingungen

Aufgrund der erhöhten Biegesteifigkeit werden die Schwingungseigenschaften verbessert. Die Eigenfrequenz eines HBV-Tragwerk ist im Vergleich zum Holztragwerk linear mit der Biegesteifigkeit gestiegen. Dadurch wird Sie nicht mehr durch die Schrittfrequenz von Personen angeregt.

Gründe gegen eine HBV Decke:

Die HBV Decke besitzt gerade in der Sanierung viele Vorteile. Dennoch sollen auch die Aspekte erwähnt werden, welche bei einer HBV Decke in der Sanierung oft als Nachteile genannt werden. Zum Beispiel ist der Herstellungsaufwand der einzudrehenden Schrauben selbstverständlich höher als bei einer Sanierung durch Trockenbau. Wenn die Tragfähigkeit, der Brandschutz und die bauphysikalischen Gründe alle als ausreichend betrachtet werden können, kann die Sanierung ohne HBV ausgeführt werden. Des Weiteren ist eine in-situ Betonierung mittels einer Estrich Pumpe notwendig, wodurch Baufeuchte in das System eingebracht wird. Für weitere Gewerke und den geplanten Fußbodenaufbau müssen Trocknungszeiten geplant und abgesprochen werden.

2.2 Planungs-Checkliste

Im Folgenden wird eine Checkliste vorgestellt, welche den Planungsprozess erleichtern soll. Die Checkliste setzt sich zusammen aus Punkten welche zur Erstellung einer Statik notwendig sind, als auch aus Punkte, welche zur Abschätzung der Kosten wichtig sind. Zur professionellen und seriösen Planung einer Holz-Beton-Verbunddecke sind folgende Informationen zwingend notwendig:

Balkenplan des Bestandsbalken

- Lage der Bestandsbalken
- Querschnittsgeometrien der Balken
- Spannweiten
- Lage der lastabtragende Bauteile (Unterzüge, Wände)
- Querschnittsgeometrien der lastabtragenden Bauteile
- Höhenlage der Balken falls große Verformungen vorhanden sind
- Oberkante des geplanten RFB

Randbedingungen des geplanten Geschosses

- Geplanter Bodenaufbau
- Geplante Nutzung (Zur Ermittlung der veränderlichen Lasten)
- Höhenversprünge im Geschoss
- Vorhandensein von Einzellasten (z.B. aus Dachpfosten, Streben, ...)
- Bereits vorhandene Wände
- Durchbrüche
- Ausbau der Bestandsschüttung möglich?
- Vorhandene Schäden an den Holzbalken oder Auflagerpunkte (Ggfs. Holzschutzgutachten)

Baustelleneinrichtung

- Kran, Aufzug o.ä.
- Wasseranschluss
- Strom
- Zugänglichkeit zur Baustelle (Parkmöglichkeit, Estrichpumpe,
- Platz für Betonpumpe
- Baustellenfreiheit (zugängliche Baustelle besenreine Rohdecke ohne herumliegende Teile)
- Abfallmulde
- Reinigung des Betonschlauchs und der Pumpe vor Ort möglich?

Schüttung

- Eine vorhandene Schüttung wird i.d.R. ausgebaut, kann jedoch je nach Randbedingungen auch verbleiben.
- Eine neu eingebaute Schüttung muss als hydraulisch gebundene Schüttung ausgeführt werden. Dies hat der “Bundesverband Estrich und Belag” (BEB) in seinem Hinweis zur Planung und Ausführung von Fußbodenkonstruktionen (Sammelmappe Register Nr. 4.6) so vorgegeben. Hintergrund dieser Regelung ist, dass Schüttungen auch bei dynamischer Belastung ihre Lage nicht verändern.

Weitere wichtige Informationen zur Ausführung

- Der Fußbodenaufbau muss bis zur Oberkante der Holzbalken rückgebaut werden, damit der Verbund zwischen Holz und Beton durch das gewählte Verbindungsmittel stattfinden kann. Ein Dielenboden kann nach Absprache als verlorene Schalung verbleiben.

- Falls eine verlorene Schalung aus OSB Platten o.ä. vorhanden ist, müssen die Balkenlagen an die Mauern angezeichnet werden, da diese nicht mehr sichtbar sind.
- Der Schlauch der Estrichpumpe muss mit Seilen und Spannbändern gesichert werden um Schäden an Fenstern oder der Fassade zu vermeiden.
- Vor der Betonierung sind Messpunkte zu definieren mit welchen die Höhe nivelliert werden kann. Hierzu haben sich Setzschrauben bewährt, welche in den Balken eingeschraubt werden und sobald die entgültige Höhe während der Betonierung erreicht ist, mit einem Akkuschauber ausgebaut werden.

3 Projekte aus der Praxis

Im Folgenden werden drei ausgewählte HBV-Projekte aus der Baupraxis vorgestellt und kurz erläutert.

3.1 Dachgeschosssanierung am Kurfürstendamm in Berlin

Bei der Dachgeschosssanierung eines Wohn- und Geschäftshauses in Berlin wurde der historische Dachstuhl erhalten und während der Bauzeit durch eine Überdachung geschützt. Ziel war es, den bisher ungenutzten Dachstuhl durch eine statische Ertüchtigung der Deckenbalken als Wohn- und Geschäftsfläche nutzbar zu machen. Aufgrund z.T. großer Spannweiten kamen sogenannte Abhängungen zum Einsatz. Statt die Decke von unten durch Bauspieße während der Betonierung zu unterstützen, wurden die Deckenbalken nach oben abgehängt. Das Gewicht wird über spezielle Fachwerkträger aus Aluminium in die tragenden Wände geleitet.



Bild 11: HBV Projekt am Kurfürstendamm - 1



Bild 12: HBV Projekt am Kurfürstendamm - 2



Bild 13: HBV Projekt am Kurfürstendamm - 3



Bild 14: HBV Projekt am Kurfürstendamm - 4



Bild 15: HBV Projekt am Kurfürstendamm - 5

3.2 Deckensanierung der ehemaligen Posthalterei „Thurn und Taxis“

Das im Jahr 1725 von einem unbekanntem Architekten erbaute Barockgebäude „Ehemalige Posthalterei Thurn und Taxis“ befindet sich an der Südseite des Marktplatzes der Stadt Wittlich, Rheinland-Pfalz. Es fungierte bis 1854 als Posthalterei der Thurn und Taxis'schen Postroute, die von Trier über Wittlich nach Koblenz führte. An dieser Station wurden die Pferde gewechselt, die Passagiere stiegen ein und aus oder verbrachten hier die Nacht für eine Weiterfahrt am nächsten Tag. Nach Stilllegung der Postroute diente das Gebäude als Verwaltungssitz, Gasthaus, Hotel, Kollonialwarenladen, Geschäfts- und Bürogebäude und zu guter Letzt auch als Wohnhaus bis zum Jahr 2004. Heute steht das Gebäude unter Denkmalschutz.



© Berdi Architekten

Bild 16: HBV Projekt Thurn und Taxis – 1

Die historischen Innen- und Außentüren aus dem 18. Jahrhundert wurden von ihrer weißen Lackschicht befreit und das darunter liegende Eichenholz freigelegt um die Kunstfertigkeit barocker Schnitzkunst hervorzuheben



© Berdi Architekten

Bild 17: HBV Projekt Thurn und Taxis – 2

Durch die fast 300jährige Nutzung waren an dem Gebäude mannigfaltige Schäden zu verzeichnen. Die Außenmauern des Erdgeschosses waren in den 1970er Jahren eingerissen worden, um den Bau einer Einkaufspassage zu ermöglichen. Diese wurde im Zuge der Renovierung jedoch wieder zurück gebaut. Die bestehenden Balken hatten sich bis zu 26 Zentimeter durchgebogen und waren überdies starkem Schädlingsbefall ausgesetzt.



© Berdi Architekten

Bild 18: HBV Projekt Thurn und Taxis – 3

Um so viel Originalsubstanz wie möglich erhalten zu können, wurde in enger Abstimmung mit dem Denkmalschutz ein Sanierungskonzept ausgearbeitet. Dies bestand im ersten Schritt daraus die Fehlstellen in der Decke mit Stroh-Lehmwickeln zu ergänzen um die großen Verformungen zu verfüllen. In einem zweiten Schritt wurden dann eine HBV-Plattenbalkendecke hergestellt, indem HBV Schrauben in die Balken eingedreht und durch Nivellierung eine ebene Oberfläche erzeugt wurde. An einzelnen Stellen wurden die Balken durch Stahlträger verstärkt und in die HBV-Decke eingebunden.



© Berdi Architekten

Bild 19: HBV Projekt Thurn und Taxis - 5



© Berdi Architekten

Bild 20: HBV Projekt Thurn und Taxis - 4



© Berdi Architekten

Bild 21: HBV Projekt Thurn und Taxis - 5



© Berdi Architekten

Bild 22: HBV Projekt Thurn und Taxis – 5



© Berdi Architekten

Bild 23: HBV Projekt Thurn und Taxis - 5



© Berdi Architekten

Bild 24: HBV Projekt Thurn und Taxis - 6

Die beiden Obergeschosse stehen von nun an der Stadtverwaltung und dem Kulturamt Wittlich zur Verfügung. In der komplett wieder hergestellten „Bel-Etage“ befinden sich mehrere Zimmer, die als Empfangsräume der Stadt und als Trauzimmer des Standesamtes dienen und somit für die Öffentlichkeit zugänglich und nutzbar gemacht werden. Die Räumlichkeiten im zweiten Obergeschoss werden nun als Ausstellungsräume für wechselnde Ausstellungen genutzt.

3.3 Villa Hupfeld – Leipzig

Die Villa Hupfeld wurde 1920 nach Plänen des Architekten Emil Franz Hänsel für den Industriellen und Gründer der AG-Klavierwerke Ludwig Hupfeld errichtet und gehört zu den bedeutendsten Gründerzeitbauten in Deutschland [14]. Das Bauwerk wurde hinsichtlich Brand- und Schallschutz auf einen der heutigen Zeit angemessenen Standard angepasst. Durch die Sanierung mit Holz-Beton-Verbund konnten die alten Holzbalkendecken ertüchtigt und die historischen Stuckdecken erhalten werden.

Da die Villa heute als Mischbauweise mit drei exklusiven Luxuswohnungen, sowie zwei Büroeinheiten von 280 bis 480 m² Fläche genutzt wird, waren die Anforderungen an den Schallschutz und das Schwingungsverhalten der Decken sehr hoch. Die Balken mit z.T. 10 Metern Spannweite wurden in einem ersten Anlauf mit einem herkömmlichen Estrich ausgestattet. Da die Anforderungen an die Schwingungen jedoch bei weitem nicht erfüllt werden konnten, wurde der Estrich zurückgebaut. Die darauf folgende Sanierung mit HBV brachte den notwendigen Erfolg.

Bei der Umsetzung des Projekts kamen aufgrund großer Verformungen sowohl eine Flachdecke, als auch eine Plattenbalkendecke zum Einsatz. In geschädigten Bereichen wurden auch Stahlträger mit aufgeschossenen Kopfbolzen in die Konstruktion eingebunden.

Nachträgliche Schwingungsmessungen ergaben eine Steifigkeitszunahme des Tragwerks um den Faktor zehn und eine daraus resultierende, rechnerische Tragfähigkeitszunahme um den Faktor drei. So konnten moderner Schall- und brandschutz mit historischem Glanz in Einklang gebracht werden und die sanierte Villa vereint historische Baukunst mit moderner Technik.



Bild 25: HBV Projekt in Leipzig – Villa Hupfeld

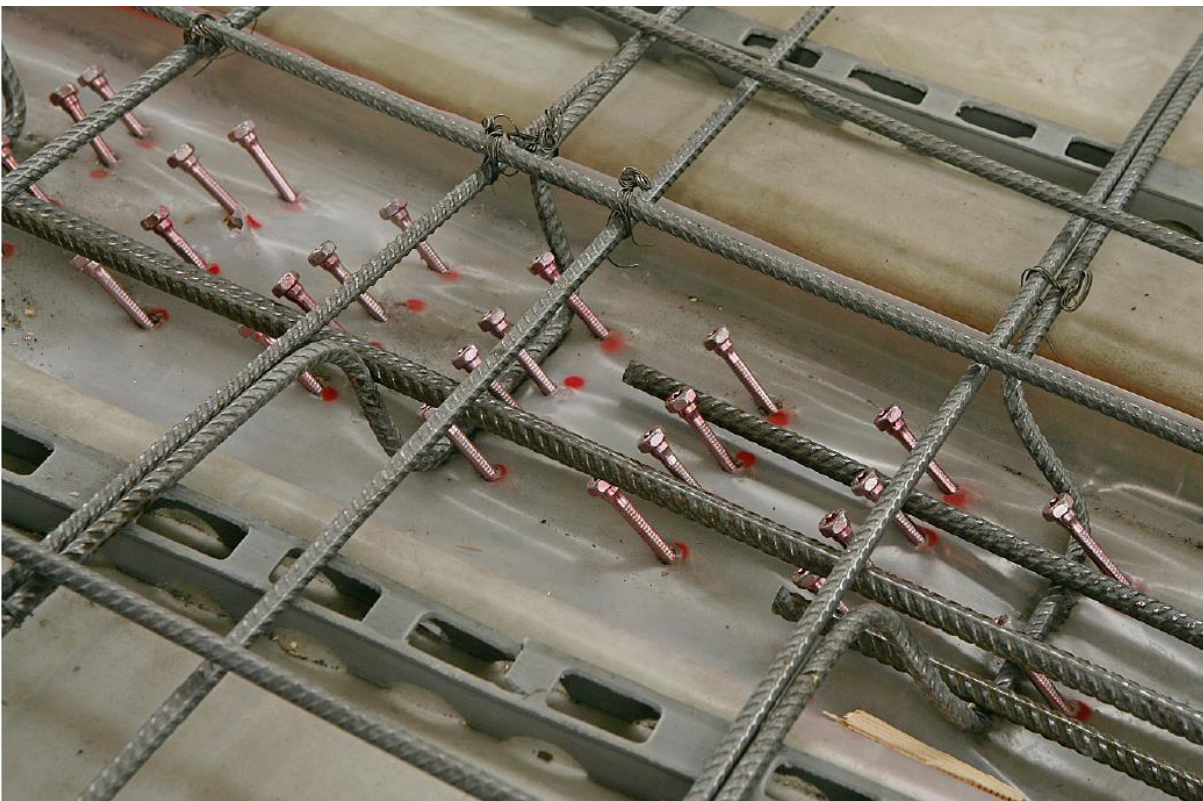


Bild 26: HBV Projekt in Leipzig – Villa Hupfeld



Bild 27: HBV Projekt in Leipzig – Villa Hupfeld

Fachschriftum

- [1] Seim, W.; Hummel, J.; Claus, T.: Holzbau Vertiefung - Verbindung und Verbund - Skriptum. 2017.
- [2] Feldman, D.: Wood—chemistry, ultrastructure, reactions, by D. Fengel and G. Wegener, Walter de Gruyter, Berlin and New York, 1984, 613 pp. Price: 245 DM. *J. Polym. Sci. B Polym. Lett. Ed.* 23 (11):601–602, 1985.
- [3] Neuhaus, Helmuth: Ingenieurholzbau. Springer Fachmedien Wiesbaden. Wiesbaden, 2017.
- [4] Rupprecht, H.; Kelletshofer, W.: Holz-Beton-Verbund - Das System 2019.
- [5] I. Kiefer: Elastischer Verbund mit belagreifer Oberfläche - Sanierung des Finanzamts Konstanz - leobraun-architekten. 2014.
- [6] Ceccoti, A.: Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. Düsseldorf, 1995.
- [7] ETA-18/0264 Elascor SFix System, Elascor GmbH, Holz-Beton-Verbund mit stiftförmigen Verbindungsmitteln - Europäische Technische Bewertung, 10.09.2018.
- [8] ETA-13/0029 Würth ASSY plus VG-Schrauben, Adolf Würth GmbH & Co. KG, Selbstbohrende Schrauben für Holz-Beton-Verbund Konstruktionen - Europäische Technische Bewertung, 10.09.2018.
- [9] DIN EN 1995-1-1:2010-12, Eurocode_5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten_ - Teil_1-1: Allgemeines_ - Allgemeine Regeln und Regeln für

den Hochbau; Deutsche Fassung EN_1995-1-1:2004_+ AC:2006_+ A1:2008, 2010-12.

- [10] Kuhlmann, Ulrike; Schänzlin, Jörg; Michelfelder, Birgit: Berechnung von Holz-Beton-Verbunddecken. *Beton-und Stahlbetonbau*. 99 (4):262–271, 2004.
- [11] Dias, Alfredo; Schänzlin, Jörg; Dietsch, Philipp: Design of timber-concrete composite structures. COST Action FP1402/WG 4. 2018.
- [12] Bautabellen für Ingenieure
- [13] EUROCODE 5: DIN EN 1995-1-1
- [14] Ryll, Christine: Fester Verbund für optimalen Schallschutz. *Bauen mit Holz*. 12 :30–33, 12/2016.