HBV-Decken mit hohem Vorfertigungsgrad am gebauten Beispiel, Projekt BOBK7 in Berlin

Henning Ernst
SWG/Engineering
Rülzheim, Deutschland

HBV-Decken mit hohem Vorfertigungsgrad am gebauten Beispiel, Projekt BOBK7 in Berlin

Immer mehr vielgeschossige (Verwaltungs-) Gebäude werden als Holz- bzw. Holzhybridbau geplant. Die Detaillierung und die daraus resultierende Baugeschwindigkeit sind dabei einer der entscheidenden Faktoren für Kosten und Erfolg des Projektes.

1. Individuell und doch Standard

Auch wenn jedes Gebäude sehr individuell erscheint, lassen sich aus den Grundrissen und Anforderungen (z.B. Gebäudetechnik und deren Auswirkungen auf das Tragwerk) an die Gebäude dieser Kategorie sehr viele Parallelen bzw. Gemeinsamkeiten ableiten, so dass eine Standardisierung und damit Optimierung möglich ist.

Am hier vorgestellten Projekt «BOBK7, Berlin» sollen mögliche Ansätze zur Standardisierung exemplarisch aufgezeigt werden. Die weiteren daraus resultierenden Aufgabenstellungen und zugehörige mögliche Lösungsansätze werden beispielhaft erläutert.

Neben der Betrachtung der Deckenelemente soll in diesem Artikel der Fokus auf eine schnelle Montage gelegt werden. Elemente, die bauseits mittels einfachen, lagesuchende Steckverbindungen fixiert werden, sollen dies ermöglichen. Diese Verbindungen sind zudem wieder vollständig rückbaubar. Die hier vorgestellte Art der Deckenelemente und das Prinzip der Verbindungen lassen sich für viele Projekte mit geringen Anpassungen adaptieren und standardisieren.

2. Projektvorstellung – Beschreibung der Grundrisse und der Anforderungen aus der Gebäudetechnik

Das hier vorgestellte Gebäude gliedert sich in zwei Baukörper – Vorder- und Hinterhaus. Im Vorderhaus ist ein zentrales Treppenhaus mit Fahrstuhlschacht integriert. Der Gebäudekern ist aus Stahlbeton und übernimmt den maßgeblichen Anteil der Gebäudeaussteifung. Das Hinterhaus schließt auf der Rückseite des Vorderhauses an den Gebäudekern an.

Abbildung 1: Animation Projekt «BOBK7» (Quelle: HPP Architekten, www.hpp.com)

Das Vorderhaus besteht neben dem Treppenhauskern aus zwei nahezu symmetrischen Deckenfeldern, die durch einen Mittel- bzw. Erschließungsgang («Catwalk») getrennt sind. Dieser Mittelgangbereich wird seitlich durch Stützen im Raster von 5,4m flankiert. Diese Stützen tragen die Unterzüge, auf denen die Decken aufgelagert sind. Das Vorderhaus ist seitlich jeweils grenzständig (Bebauung einer Baulücke), weshalb die gebäudeabschließenden Wände in Stahlbeton ausgeführt werden mussten.

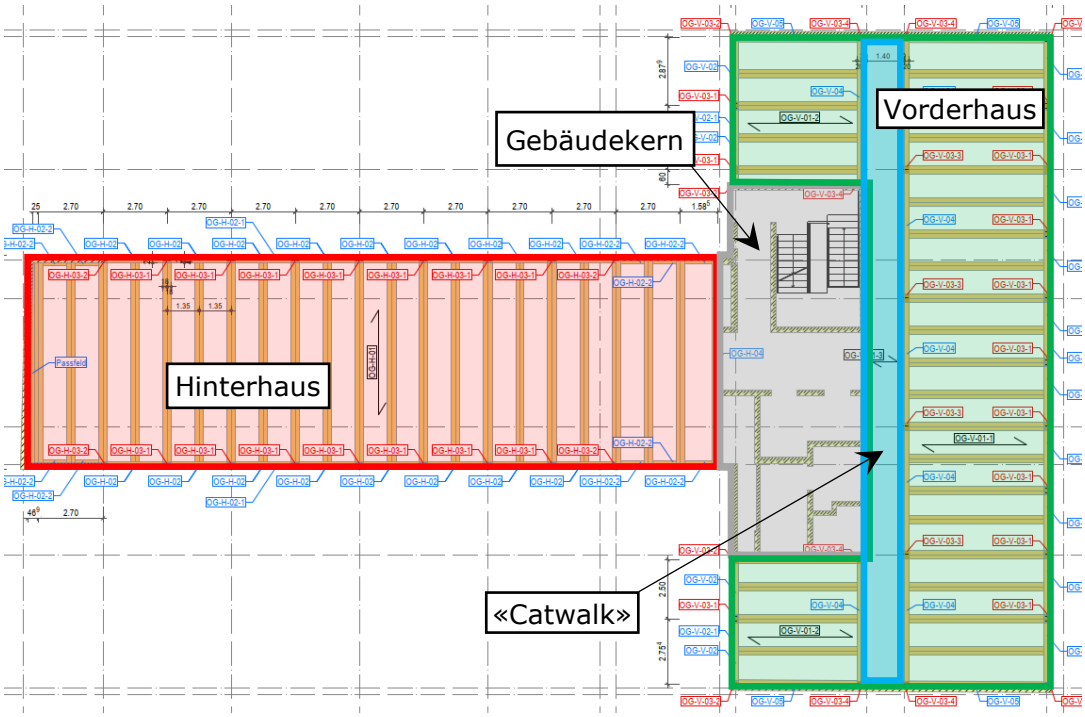

Abbildung 2: Einteilung der Grundrisse

Das Hinterhaus schließt auf der Rückseite senkrecht an das Vorderhaus an. Die Decken spannen hier mit einer Spannweite von 8,6 m über die gesamte Breite dieses Gebäudeabschnitts. Die rückseitige Wand musste aufgrund der Brandschutzanforderungen ebenfalls in Stahlbeton ausgeführt werden (Forderung nach nicht brennbaren Baustoffen).

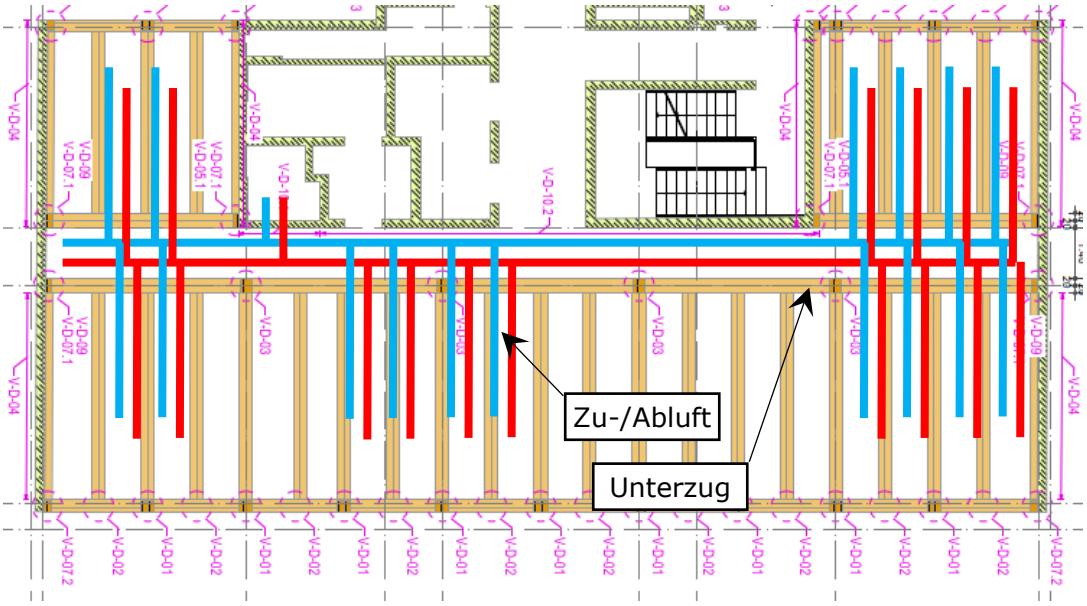

Abbildung 3: Ausfädelung der Gebäudetechnik vom Mittel-/Erschließungsgang in die Gefache

In den Außenachsen stehen umlaufend, im Raster von 2,7 m die lastabtragenden Stützen (sofern nicht Grundstücksgrenze).

Die Hauptstränge der Gebäudetechnik münden aus dem Stahlbetonkern in den Mittelgangbereich und werden im Bereich des Vorderhauses unter der Decke des Mittelganges verzogen. Von hier zweigen die Leitungen in die Deckenfelder, zwischen die Deckenbalken ab und kreuzen dabei die Unterzugebene.

Im Bereich des Hinterhauses müssen die Hauptleitungen unterhalb der Deckenbalken angeordnet werden. Um die Arbeitsplätze zu erreichen, zweigen die Leitungen vertikal nach oben in die Ebene der Deckenbalken ab und können so wieder im weiteren Verlauf quer zwischen den Deckenbalken verzogen werden.

3. Vorgaben für die Tragwerksplanung

Neben dem Stützenraster für Außen- und Mittelachse ergeben sich aus den Grundrissen sowie aus den Vorgaben der Gebäudetechnik folgende Anforderungen:

- Die Unterzüge in den Außenachsen sollten möglichst in der Deckenebene liegen.
- Die Unterkante der Unterzüge in den Mittelachsen sollten nicht tiefer als der notwendigen Koffer für Gebäudetechnik liegen.
- Die Leitungen für Lüftung, Heizen/Kühlen, Elektro und Sprinklertechnik müssen die Unterzugebene der Mittelachse kreuzen, um diese zwischen den Deckenbalken verziehen zu können.
- Die Decken müssen den geforderten Schallschutzanforderungen genügen.
- Alle tragenden Bauteile müssen einen ausreichenden Brandwiderstand von 90 Minuten (R90) aufweisen.
- Die vertikale und horizontale Lastabtragung muss sichergestellt sein.
- Die horizontalen Einwirkungen aus der Aussteifung müssen in den Stahlbeton eingeleitet werden.

Im Vergleich mit weiteren, ähnlichen Projekten, können die genannten Vorgaben unabhängig vom Projekt, zu den in den folgenden Abschnitten wiederkehrenden Aufgaben zusammengefasst werden. Die Ausarbeitung der zugehörigen Lösungsansätze erfolgte unter der Berücksichtigung folgender, ergänzender Anforderungen:

- Mineralische Baustoffe soweit möglich reduzieren und durch alternative, nachhaltigere Materialien ersetzen.
- Materialien und Bauteile möglichst effizient und ressourcensparend wählen und einsetzen.
- Einfache und schnelle Fügeprozesse auf der Baustelle.
- Zerstörungsfrei Rückbaubarkeit (C2C).

3.1. Detailentwicklung zur Problematik der Lastdurchleitung bei Stützen-Riegel-Knoten von Skelettstrukturen

Durchlaufende Riegel mehrgeschossiger Strukturen führen im Bereich der Geschosskopplung bei der Lastdurchleitung von Stütze zu Stütze zu Querpressungs- und Verformungsproblemen. Diese können vermieden werden, indem die Lasten über Hilfskonstruktionen (z.B. Stahlrohre) durch die Riegel durchgeleitet werden. Hieraus resultieren wiederum Querschnittsschwächung mit zum Teil aufwendigen Bearbeitungen. Für das Durchleiten der Last werden zudem Zusatzelemente (Stahlteile) im Riegel erforderlich (Kosten, Montageaufwand, usw.).

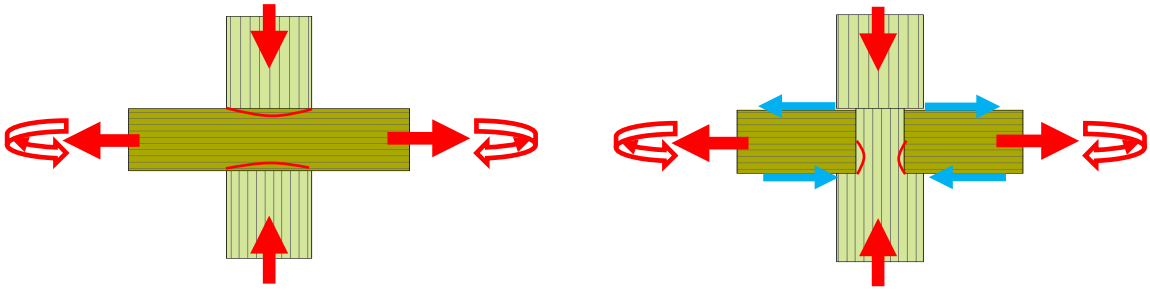

Abbildung 4: Varianten Anschlussdetails Riegel-Stütze
links: Riegel durchlaufend mit unterbrochenen Stützen
rechts: Riegel gestoßen und Stütze durchlaufend

Die Betrachtung unterschiedlicher Ausführungsvarianten solcher Knoten hat gezeigt, dass durchlaufende Riegel keine nennenswerten Vorteile gegenüber Riegeln als Einfeldträger mit sich bringen (meist wird der Schubspannungsnachweis maßgebend für Bemessung). Werden die Riegel als Einfeldträger ausgeführt, reduziert sich die Schubbeanspruchung und die Stützlasten können über Pressung parallel zur Faser übertragen werden. Dabei können die Stützen mit reduziertem Querschnitt unter Ansatz der vollen Druckfestigkeit in Faserrichtung durch die Decken- bzw. Riegelebene geführt werden. Aus der Reduktion des Stützenquerschnitts im Lastdurchleitungsbereich resultieren bei der Stütze «freie» Flächen, auf denen die Unterzüge gelagert werden können.

Für die Kopplung potenzieller Gurtkräfte (sofern der Riegel Teil des Aussteifungssystems ist) werden zusätzliche durchlaufende oder gekoppelte Riegel benötigt.

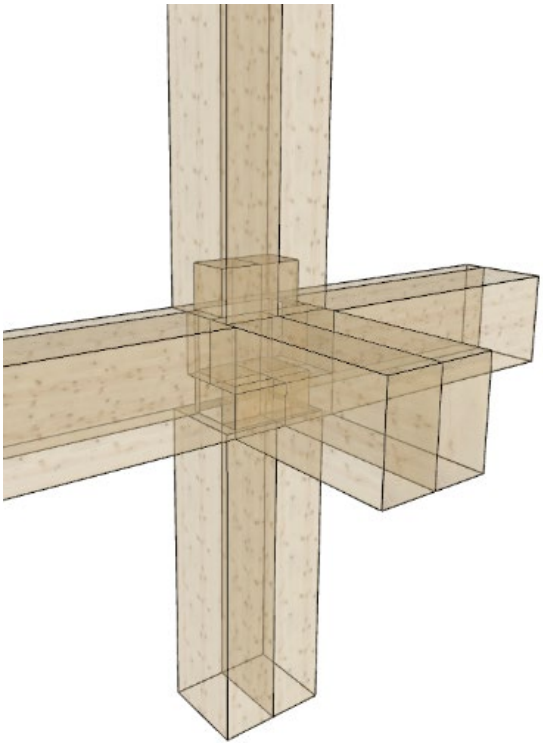

Abbildung 5: Knoten Stützen-Riegel, Außenachse

3.2. Leitungsführung Gebäude-/Haustechnik – Kreuzen der Unterzugebene

In den meisten Fällen werden die Leitungen für Lüftung, Heizen und Kühlen, Elektrik und Sprinklerung (sofern gefordert) an der Unterseite der Decken montiert. Bei Flachdecken führt dies dazu, dass die Decken in den meisten Fällen vollflächig abgehängt werden.

Bei Balkendecken lassen sich die Zuleitungen zu den Verbrauchern bzw. zu den Aus-/Einlässen in den Gefachen zwischen den Deckenbalken platzieren. Auch Deckenpaneele mit entsprechenden Funktionen bzgl. Lüftung, Heizen oder Kühlen oder auch nur zur akustischen Verbesserung lassen sich zwischen den Deckenbalken optisch ansprechend anbringen und in das Gesamtbild integrieren.

Das Ausleiten der Versorgungsleitungen aus dem Bereich des Erschließungs- und Mittelganges in die Deckenfelder erfolgt in der Ebene der Deckenbalken. Hierzu müssen die Hauptunterzüge gekreuzt werden. Durchbrüche in der erforderlichen Anzahl und Größe sind bei den sich aus den geforderten Randbedingungen ergebenden Dimensionen der Unterzüge nicht realisierbar. Verschiebt man die Unterzüge nach unten, führt dies zu einer deutlichen Reduktion der Durchgangshöhe, was seitens der Entwurfsverfasser zwingend zu vermeiden war.

Eine Art Fachwerkträger liefert eine ausreichende Tragfähigkeit und Steifigkeit, so dass das rechnerische Schwing- und Verformungsverhalten des Decken-Unterzug-System allen Anforderungen genügt. Die Gefache können dabei geschlossen oder für die Durchleitung von Leitungen geöffnet werden.

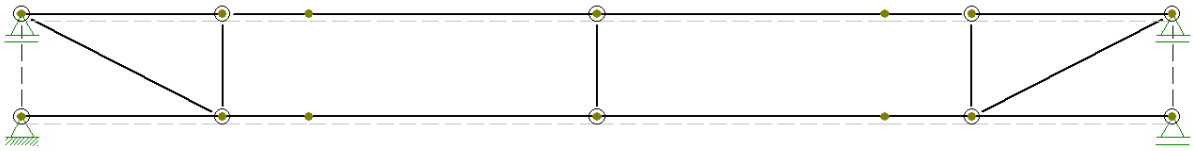

Abbildung 6: Statisches System «Fachwerkträger» der Mittelachse

Während der Montage kann für das Einlegen der Deckenelemente der Obergurt entnommen, da dieser ausschließlich über Kontakt angeschlossen ist. Nach Montage der Deckenelemente wird der Obergurt wieder eingelegt und verspannt. Dies erfolgt bereits durch das Eigengewicht der Deckenelemente. Aus deren Masse resultieren ausreichende Druckkräfte im Obergurt, so dass dieser über die Kontaktflächen in seiner Lage verspannt und gesichert ist.

Abbildung 7: «Fachwerkträger» in der Vorfertigung mit möglichen freien (rote) Flächen für Gebäudetechnik (Quelle: SIEVEKE GmbH)

3.3. Detailierung von Wand- und Deckensystemen unter Berücksichtigung von Vorfertigungsgrad, Statik, Bauphysik und Logistik

Wandelemente
Holzrahmenbauelemente beinhalten eine Dämmung und bieten in der Regel ausreichend Platz, um Stützen für die Lasten in den Außenachsen aufzunehmen. Auch für die Aufnahme eventuell notwendiger Installationen gibt es ausreichende Möglichkeiten.

Im Idealfall sind die Hauptstützen der Außenwände bereits in den Wandelemente integriert. Baufortschritt, Feuchtigkeit auf der Baustelle, Ausrichten bei der Montage usw. sind Faktoren, die dadurch positiv beeinflusst werden. Im hier gezeigten Projekt war zum Zeitpunkt der Auftragserteilung der Planungsprozess bereits zu weit fortgeschritten, um dies im Zuge der weiteren Tragwerksplanung entsprechend zu realisieren.

Deckenelemente
Um die schallschutztechnischen Anforderungen zu erfüllen, müssen Decken in «konventioneller» Holzbauweise (Rippendecken, Massivholzdecken und Kastendecken) immer mit Schüttungen (meist gebunden) ausgeführt werden. Aus diesem Grund fiel die Wahl hier auf eine Holz-Beton-Verbunddecke (HBV). Eine Schüttung ist «tote Masse», welche meist oberseitig auf die Rohdecke aufgebracht wird. Im Gegensatz hierzu wird bei einer HBV-Decke die aus bauphysikalischen Gründen zwingend erforderliche Masse zum Lastabtrag mitgenutzt. Die allgemeinen Vorteile von HBV-Decken gegenüber «konventionellen» Holzdecken wurden bereits in diversen Veröffentlichungen zum Thema Holz-Beton-Verbund erläutert und werden hier daher nicht weiter thematisiert.

HBV-Decken gibt es in verschieden Varianten. Sie unterschieden sich maßgeblich in folgenden Ausführungsvarianten:

- Holz: Balkendecken, Kasten, PI-Elemente, Brettstapel oder Brettsperrholz
- Beton: Fertigteilplatten, Ortbeton oder werksseitig betoniert
- Schubverbinder: Kerven, Schrauben oder sonstige Verbinder
- Schubverbund: werksseitig oder auf der Baustelle

Die größte Varianz bietet bei der Betrachtung der am Markt verfügbaren HBV-System die Ausführung mit Schrauben in Kombination mit dem FT-Verbinder (FT = Fertigteil).

4. FT-Verbinder in Kombination mit Schrauben WÜRTH ASSY plus VG ∅10mm

Der FT-Verbinder kann in Verbindung mit Vollgewindeschrauben Würth ASSY plus VG∅10mm in allen Kombinationen als Schubverbinder für HBV-Decken eingesetzt werden. Ortbeton als auch Beton-Fertigteilplatten können mit Massivholzdecken, Pi-Elementen, Kastenelementen oder Rippendecken kombiniert werden. Zudem kann eine Balkenlage auch mit Filigranplatten kombiniert werden (siehe Abb. 8, rechts). Dabei kann der Verbund jeweils werksseitig oder auf der Baustelle hergestellt werden. Auch die Kombination mit einer Betonkerntemperierung (siehe Abb. 9, links) sowie die Vormontage von Haustechnik-Elementen ist realisierbar (siehe Abb. 9, rechts).

Lastabtragende Randunterzüge können inkl. Durchbrüchen (für die TGA) und weiterer Bearbeitungen bereits werkseitig am Deckenelement vormontiert werden. Zusätzliche Anschlussarbeiten oder eine weitere Bearbeitung sind bauseits nicht mehr erforderlich.

Maßgeblicher Vorteil dieses Schubverbinders gegenüber allen anderen auf dem Markt verfügbaren Systemen ist, dass die Betonplatte unabhängig von der Holzkonstruktion vorgefertigt werden kann. Aufwändige Schalkörper und der Schutz des Holzes vor Feuchtigkeit und Verschmutzung sind nicht erforderlich, da die Betonplatte erst nach ihrer Fertigung «trocken» auf der Holzkonstruktion montiert wird.

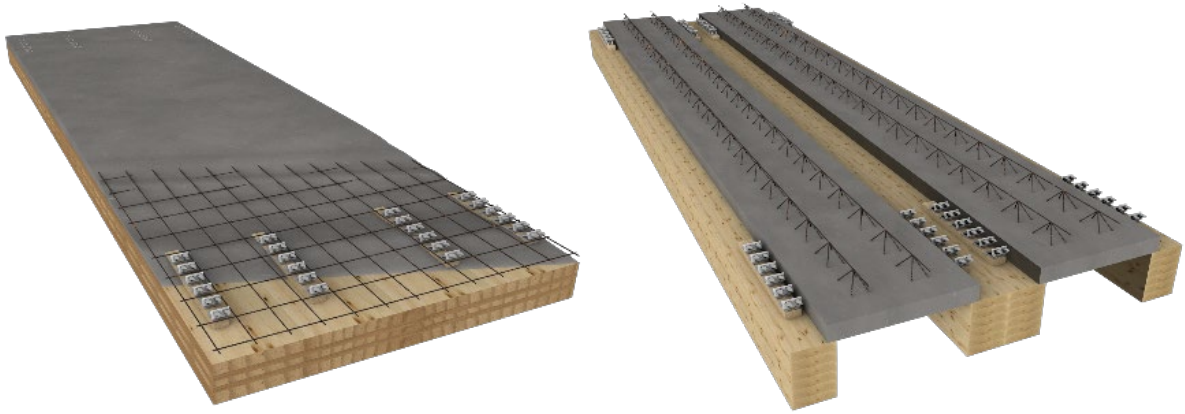

Abbildung 8: Beispiele für den Einsatz von FT-Verbinder
links: Nassbeton oder Fertigteil auf Massivholzdecke
rechts: Filigranplatte auf Deckenbalken in Kombination mit Ortbeton

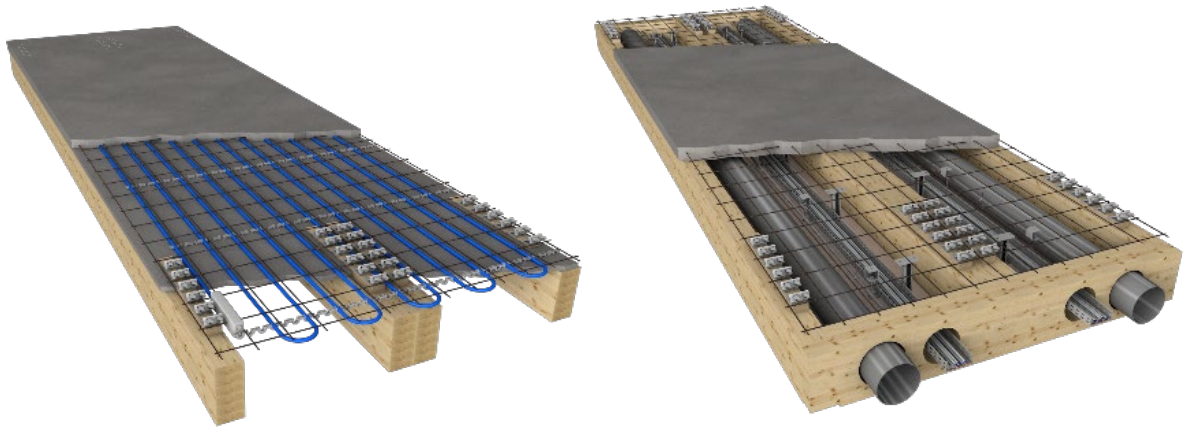

Abbildung 9: Beispiele für den Einsatz von FT-Verbindern
links: Fertigteilplatte mit BKT auf Deckenbalken
rechts: Fertigteilplatte auf Deckenbalken mit vormontierten Haustechnikkomponenten und Randunterzügen aus Holz

In dem hier vorgestellten Projekt wurden diese Möglichkeiten ausgenutzt. Betonplatte und Rahmen der Deckenelemente wurden unabhängig voneinander vorgefertigt. Im Anschluss erfolgte werksseitig die Montage der Betonplatte auf dem Holzrahmen, d.h. der Verbund wurde «trocken» hergestellt. Die komplett vorgefertigten Deckenelemente wurden dann gelagert, verladen und just-in-time zur Baustelle transportiert.

Abbildung 10: links: Fertigung Beton-Fertigteilplatten (Einbau FT-Verbinder und Bewehrung im Schalbett)
rechts: Fertigung der Decken-Holzrahmen
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)

Abbildung 11: Zusammenführen von Beton-Fertigteilplatte und Decken-Holzrahmen
links: vorgefertigter Holzrahmen
rechts: vorgefertigte Betonplatte mit einbetonierten FT-Verbindern
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)

Abbildung 12: Fügen der Beton-Fertigteilplatte auf den Decken-Holzrahmen
links: Einbringen der Schrauben
rechts: Dokumentation der Schraubvorgänge zur Qualitätssicherung
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)

Abbildung 13: Transport der fertigen Deckenelemente zur Baustelle
links: Verladen der Deckenelemente
rechts: «just-in-time»-Lieferung der Deckenelemente auf die Baustelle
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)

Das so vorgefertigte Deckenelement enthält alle erforderlichen Elemente für dessen Montage sowie alle Anschlüsse bzw. alle lastabtragenden Komponenten. Bauseits mussten weder zusätzliche Verbindungsmittel eingebracht noch mussten Anschlüsse irgendeiner Art hergestellt werden. Mit dem Einlegen der Deckenelemente vor Ort wurden über Kontakt alle Verbindungen hergestellt.

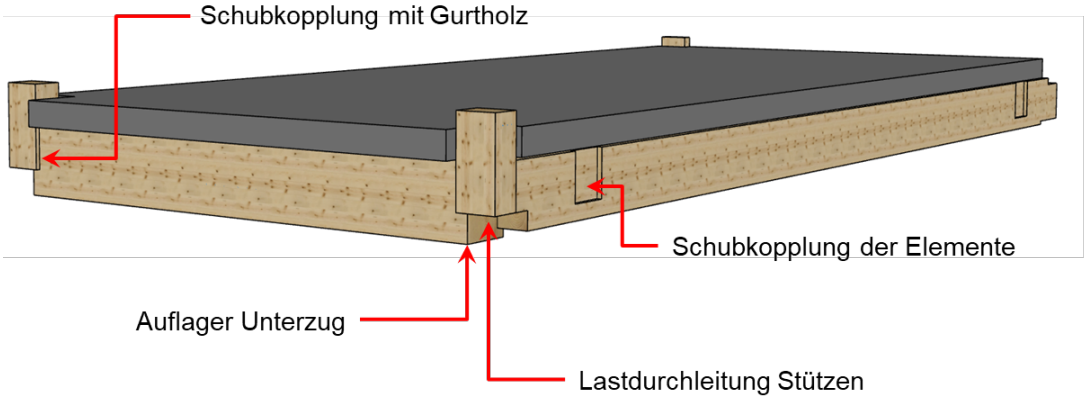

Abbildung 14: Vorgefertigtes Deckenelement inkl. alle Verschraubungen und Bearbeitungen

Die für die Scheibenausbildung erforderliche Schubkopplung bzw. die Ausleitung der Schubkräfte erfolgt ebenfalls über vormontierte FT-Verbinder. Über diese Verschraubung werden die Schubkräfte aus der Betonplatte in den Holzrahmen des Deckenelements eingeleitet. Mittels Kontaktanschlüssen werden diese Kräfte entweder in die Nachbarelemente oder in Gurthölzer bzw. in das Haupttragwerk eingeleitet. Zusätzliche aufwändige Maßnahmen, wie ein Verguss der Elementstöße zur Schubkopplung der Elemente oder auch das Koppeln der Elemente mit zusätzlichen Stahlteilen (Spannschlösser, Zugplatten, o.ä.) bzw. mit frei liegenden Bewehrungseisen können vollständig entfallen.

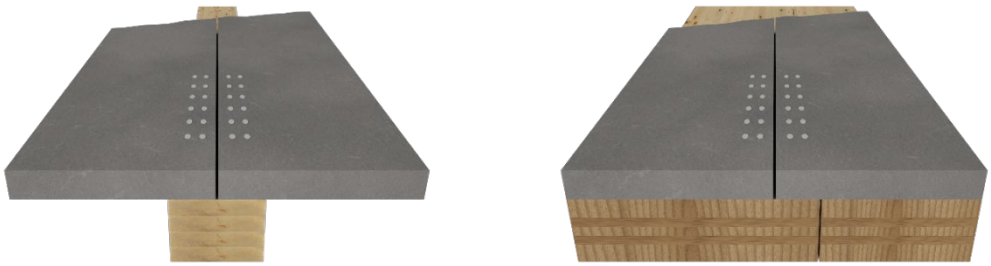

Abbildung 15: Beispiel für Fugenausbildung zur Schubkopplung der Elemente
links: Kopplung auf Deckenbalken
rechts: Kopplung bei Massivholz-Elementen

5. Zusammenfassung

Durch den Einsatz des FT-Verbinders in Kombination mit Vollgewindeschrauben Würth ASSY plus VG∅10mm können Deckenelemente mit großen Spannweiten vollständig vorgefertigt werden. Betonplatten und Holzunterkonstruktionen (hier Holzrahmen) können dabei getrennt produziert und im Anschluss werkseitig, «trocken» verschraubt werden. Die so entstehenden Deckenelemente können zudem bereits werkseitig mit zusätzlichen Komponenten wie BKT und/oder TGA-Elementen ausgerüstet werden. Somit kann auch ein Teil die Installationsarbeit für die Gebäudetechnik bereits mit Anlieferung und Montage der Deckenelemente auf der Baustelle umgesetzt sein. Weitere tragende Komponenten wie Randunterzüge und lastdurchleitende Vertikalelemente können im Deckenelement bereits integriert sein. Dabei sind alle Elemente (außer die Betonplatte) aus Holz. Durch eine entsprechende Detaillierung sind bei der Montage zudem wenige bis keine weiteren verbindenden Elemente nötig (keine Schrauben oder sonstige Verbindungsmittel). Die Montage besteht somit nur aus dem Einlegen der Deckenelemente auf der Baustelle – weitere Anschlussarbeiten sind nicht mehr erforderlich.

Durch den nachträglichen, trockenen Verbund können alle Verbindungen zwischen Beton und Holz zu einem späteren Zeitpunkt wieder gelöst werden. Somit ist ein zerstörungsfreier Rückbau jederzeit wieder möglich.