

# **Vergleich unterschiedlicher Systeme – Ansätze an drei ausgeführten Projekten. Eine integrale Planungsaufgabe.**

Dennis Morkötter  
Planungsgesellschaft Dittrich mbH  
München, Deutschland





# Vergleich unterschiedlicher Systeme – Ansätze an drei ausgeführten Projekten. Eine integrale Planungsaufgabe.

## 1. Einführung

Welche Holz-Beton-Verbund (HBV) Decke ist die Richtige? Eine Decke muss heute nicht nur die Eigen- und Verkehrslasten sicher abtragen. Die Beschaffenheit des Bauteils wird von weiteren Faktoren wie der Geometrie, der Statik, des Schallschutzes mit Akustik, des Brandschutzes und der Haustechnik beeinflusst. Zusätzlich müssen ökologische und ökonomische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. In einem integralen Lösungsansatz müssen daher sämtliche Einflussfaktoren in die Systemfindung einfließen. Diese Methodik wird im vorliegenden Beitrag anhand von drei aktuellen Planungsbeispielen erläutert.

## 2. BSH-Balken mit Betonfertigteile, Verbund mit Schrauben

### 2.1. Projektvorstellung: Neubau Grünes Zentrum in Kaufbeuren

Das Grüne Zentrum in Kaufbeuren besteht aus zwei Gebäuden und einem Verbindungsbau in Holzbauweise. In den Gebäuden ist das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie die Landwirtschafts- und Technikerschule untergebracht.



Abbildung 1: Neubau Grünes Zentrum in Kaufbeuren

Das Gebäude ist in die Gebäudeklasse 3 eingeordnet und hat dementsprechend eine Feuerwiderstandsdauer von F30-B. Es wurde zudem im Passivhausstandard gebaut und weist einen hohen Installationsgrad auf.

Bei der Baukonstruktion handelt es sich um eine Holz-Hybrid-Skelettbauweise. Die holzbautypischen Raster von 62,5cm, 1,25m und 2,50m wurden dabei im Grundriss berücksichtigt. Die Decke ist als HBV-Balkendecke mit einem Betonfertigteile ausgeführt worden. Die Balkenlage hat ein Achsmaß von 62,5cm.

#### *Deckenaufbau*

Bei der hier gewählten HBV-Decke handelt es sich um eine Rippendecke, bei der Balken mit einem Querschnitt von 16/32 im Abstand von 62,5cm zum Einsatz kamen. Das Betonfertigteile hat eine Stärke von 12cm. Durch eine nachträgliche Verschraubung wurde der Verbund mittels Vollgewindeschrauben hergestellt. Dazu wurden FT-Verbinder von Würth in die Fertigteile einbetoniert.

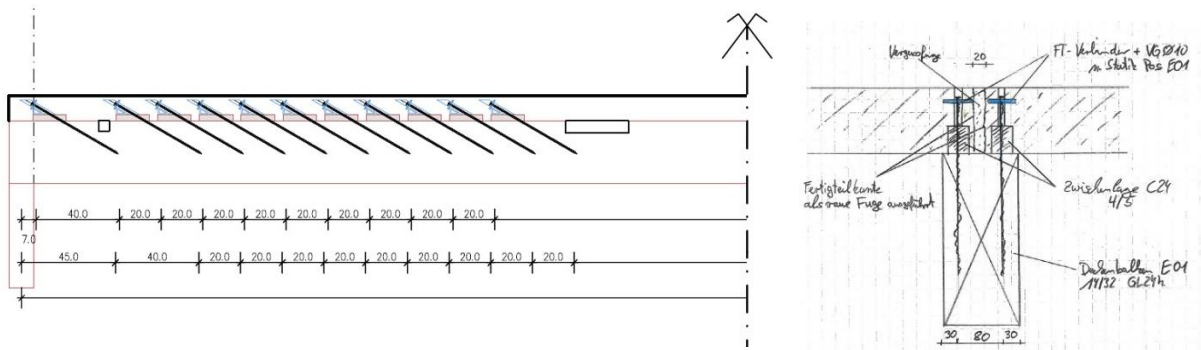


Abbildung 2: Konstruktionsplan Decke und Schubdetail Deckenstoß

Aufgrund der Breite der Betonfertigteile von 2,50m lag der Stoß der Elemente direkt auf einem Balken. Die Kanten des Fertigteils wurden mit einer rauen Fuge hergestellt und nachträglich vergossen.



Abbildung 3: Montage Betonfertigteil auf Balkenlage

## 2.2. Einflusskriterien zur Systemfindung

### Geometrie

Anhand des Entwurfs der Architekten konnte das ideale Holzbauraster von 62,5cm, 1,25m und 2,50m (Balken, Stütze Flur, Stütze Fassade) umgesetzt werden. Somit fiel die Wahl der Deckenart auf eine Rippendecke.

Die Spannweite variiert zwischen 5,80m bis 7,90m. Zur Optimierung des Systems wurde auf die unterschiedlichen Spannweiten mit einer veränderten Anzahl an Verbundschrauben reagiert. Die statische Gesamtdeckenhöhe beträgt 44cm. Über die Stahlbetonscheibe gelingt die Aussteifung des Gebäudes. Die Scheibenwirkung wurde über eingelegte Zugbewehrung in den Fugen und über die nachträglich vergossenen Schubfugen erzeugt.

### Schallschutz

Die schalltechnischen Anforderungen an die Decke forderten zunächst eine 14cm dicke Betonplatte. Gemäß Zulassung und gutachterlicher Stellungnahme der FT-Verbinders durfte jedoch eine maximal 12cm dicke Betonschicht ausgeführt werden. Unter der Berücksichtigung der Gesamtsteifigkeit war es dem Bauphysiker jedoch möglich, den Schallschutz auch mit einer 12cm dicken Platte zu erreichen.

Die Raumakustik wird durch die Abhangendecke zwischen den Deckenbalken gewährleistet, da die Balkenzwischenbereiche über ausreichend Fläche für die Schallabsorption verfügen.

### Brandschutz

Die Anforderung an die Decke ist feuerhemmend. Über eine Abbrandbemessung wurde die Standsicherheit der Holzbalken von 30 Minuten im Brandfall nachgewiesen. Den Raumabschluss und somit die Rauchdichtigkeit hat die Stahlbetondecke gemäß DIN 4102 ohne weiteres erreicht. Normalerweise müssen gemäß Bayerischer Bauordnung nicht zugängliche Hohlräume brandschutztechnisch überwacht werden. Eine offene Schattenfuge zwischen Abhangdecke und Balken ermöglichte, auf die Hohlraumüberwachung zu verzichten.

### Haustechnik

Durch den Passivhausstandard ist ein hoher Installationsgrad für die Haustechnik erforderlich. Alle Räume müssen dementsprechend be- und entlüftet werden. Durch den hohen Energiestandard ist zudem eine Kühlung in den Sommermonaten erforderlich. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf eine Heiz-/ Kühldecke, die mit ihren Trägerplatten aus Blech gleichzeitig die Raumakustik gewährleisten kann. Diese Installationen waren maßgeblich bei der Deckenwahl. Die Verteilung der Lüftung und Elektrik erfolgt über den Flur. Wir konnten uns die kurze Spannweite der Flurachsen zu Nutze machen und auf die Holzbalken verzichten, wodurch Raumhöhe für die Leitungsführung geschaffen wurde.



Abbildung 4: Flur ohne Deckenbalken mit Raum zur Installation | Deckenansicht mit Heiz-/ Kühlelementen zwischen der Balkenlage

Durch die Stützenstruktur war es möglich, von der Hauptverteilung aus dem Flur ohne statische Zwänge in die Zwischenräume der Balken zu verfahren. Hier wurden Regelaussparungen oberhalb des Unterzuges vorgesehen.

In den Räumen wurden alle Lüftungs- und Heizleitungen hinter den Heiz- / Kühldecken verzogen. Zusätzlich zu der Verteilung im Flur gibt es eine weitere Verteilung für Elektroinstallationen innerhalb der Räume. Hierzu wurden Regelaussparungen an der Oberseite der Deckenbalken vorgesehen. Da der Druck an der Oberseite der Decke über die Betonplatte übertragen wird und der Zug an der Unterseite des Holzbalkens wirkt, konnten diese Aussparungen im Spannungsnulldruck der Decke nachgewiesen werden.



### 3. Liegendes Brettschichtholz mit Beton als Vollfertigteil, Verbund mit Kernen

#### 3.1. Projektvorstellung: Neubau Grundschule mit KiTa Pater-Rupert-Mayer in Pullach

Die Pater-Rupert-Mayer-Schule mit angegliederter Kindertagesstätte setzt sich aus vier gleichgroßen Pavillons, die über einen erdgeschossigen Mensa-Bau miteinander verbunden sind, zusammen. Die Gebäude bestehen jeweils aus zwei Geschossen und sind der Gebäudeklasse 3 zugeordnet. Die Konstruktion musste dementsprechend feuerhemmend sein. Durch die Anordnung der Klassenräume und Flurbereiche um die Lichthöfe wurde das Lernhauskonzept berücksichtigt.

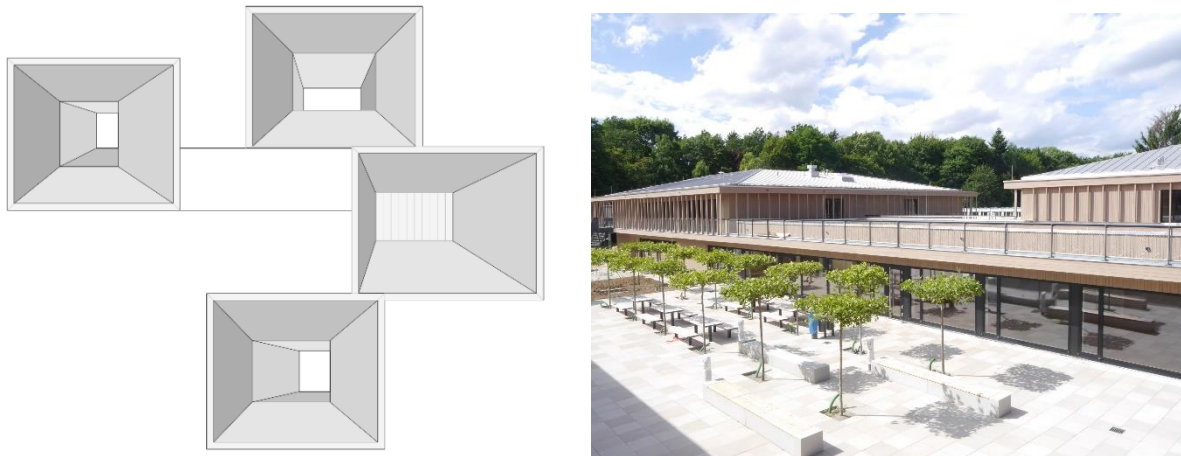


Abbildung 5: Dachaufsicht und Seitenansicht Neubau Grundschule mit KiTa Pater-Rupert-Mayer in Pullach

Das Gebäude wurde hauptsächlich aus Holzrahmenbauwänden erstellt. Vereinzelt kamen Brettspertholzwände zum Einsatz. Die Dachkonstruktion besteht aus Sparren, die mit einer einseitigen Krümmung gleichzeitig das Vordach ausbilden und den umlaufenden Fluchtbalkon tragen. Die Deckenkonstruktion wurde als Holz-Beton-Verbunddecke mit liegendem Brettschichtholz ausgeführt. Die Deckenelemente kamen als Vollfertigteil zur Baustelle und wurden nur in den Zwischenbereichen mit Mörtel vergossen.

#### Deckenaufbau

Die Vollholz-Beton-Verbunddecke setzt sich aus liegendem Brettschichtholz mit einer Stärke von 22cm und einer Aufbetonschicht von 10cm zusammen. Der Verbund der beiden Baustoffe wurde mittels eingefräster Kerben erzeugt. Die Zugkomponente aus dem inneren Fachwerksystem wird über Schrauben aufgenommen.

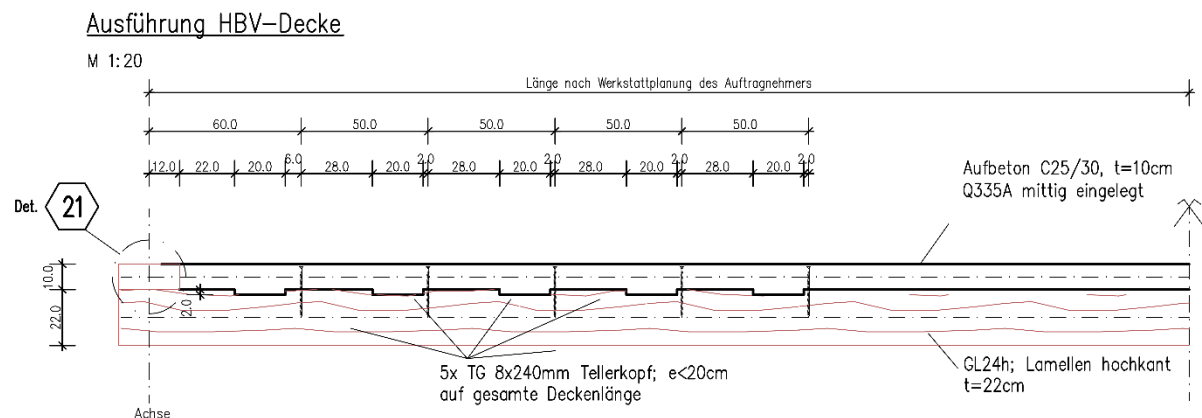


Abbildung 6: Konstruktionsplan HBV-Decke

Durch die Anlieferung als Vollfertigteil wurde der Eintrag von Feuchtigkeit in das Gebäude vermieden. Die Fugen und die Zugstöße zur Scheibenausbildung wurden dabei nachträglich mit Mörtel vergossen.



Abbildung 7: Montage der HBV-Decke als Vollfertigteil

### 3.2. Einflusskriterien zur Systemfindung

#### Geometrie

Durch die Größe der Klassenräume und einer Spannweite der Decke von 8,10m fiel die Wahl sehr schnell auf eine HBV-Decke. Dabei konnte eine Deckenhöhe von 32cm (22cm Holz, 10cm Beton) erreicht werden. Diese Schlankheit wäre weder mit einer reinen Vollholzdecke noch mit einer Betondecke erreicht worden.

Die Betonschicht der HBV-Decke wurde außerdem als aussteifende Scheibe ausgebildet. Durch die komplette Vorfertigung im Werk musste die Zugbewehrung bereits vorher eingelegt werden. Um das Übergreifen der Bewehrung zwischen den Elementen zu gewährleisten, sind in den Randbereichen Aussparungen vorgesehen, in die ein Stahlbügel eingelegt wird.

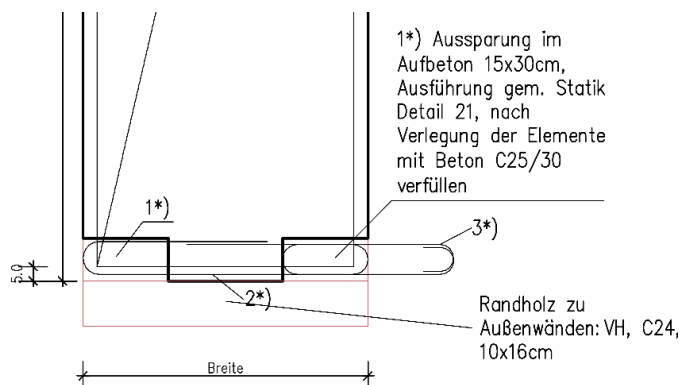


Abbildung 8: Detail Ausbildung Zugstöße zur Scheibenausbildung

#### Ökologie

Der Bauherr beauftragte für dieses Projekt einen Baubiologen, der die Materialökologie der einzelnen Baustoffe überprüfen und bewerten sollte. Gerade bei Grundschulen in Holzbauweise kommt immer wieder zur Sprache, dass auch Holz durch seinen hohen Leimanteil gesundheitsschädliche Stoffe, wie zum Beispiel Formaldehyd, beinhaltet. Außerdem kann Holz Stoffe an die Innenraumluft abgeben, die zu den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) gehören. Aus diesen Gründen wurde auf eine Verleimung des Brett-schichtholzes der HBV-Decke mit Melamin-Harz verzichtet und stattdessen ein PUR-Kleber eingesetzt. Auf die statische Berechnung hatte diese Änderung keine Auswirkungen.

#### Ökonomie

Durch die örtliche Nähe der ausführenden Firma zur Baustelle war die Anlieferung der Vollfertigteile wirtschaftlich. Wäre dies nicht der Fall gewesen, hätte man alternativ ein temporäres Vorfertigungszelt auf dem Baustellengelände aufbauen oder vor Ort mit Ortbeton betonieren können.

## 4. Brettstapeldecke mit Ortbeton, Verbund mit Kerben

### 4.1. Projektvorstellung: Neubau Grundschule in Odelzhausen

In Odelzhausen wurde eine 4-geschossige Grundschule in Holz-Hybrid-Bauweise gebaut. Die architektonische Besonderheit des Gebäudes besteht in dem über alle Geschosse geöffneten Atrium im Kern des Gebäudes. Dafür sind brandschutztechnisch umlaufende Rettungsbalkone erforderlich, die wie die innenliegenden Gänge von den Dachbindern abgehängt sind. Durch das offene Atrium können in den einzelnen Geschossen Lerninseln gebaut werden, die der Umsetzung des Lernhauskonzeptes dienen. Das Gebäude ist durch seine Offenheit und Größe in die Gebäudeklasse 5 einzustufen. Das bedeutet, dass die Konstruktion zunächst feuerbeständig und in wesentlichen Bauteilen nichtbrennbar sein muss. Mit der Brandschutzexpertise unseres Büros war es möglich, eine Abweichung in F90-B umzusetzen.



Abbildung 9: Neubau Grundschule in Odelzhausen mit offenem Atrium

#### Deckenaufbau

Die HBV-Decke besteht aus einer Brettstapeldecke mit integrierter Akustik und einen Aufbeton aus Leichtbeton. Bei der gewählten Brettstapeldecke handelt es sich um das Produkt Quedo Plus von Kaufmann Bausysteme mit einer Stärke von 26cm. Der Leichtbeton mit einer Betongüte L25/28 verfügt über eine Rohdichte von  $1800 \text{ kg/m}^3$  und hat eine Stärke von 15cm. Die Leichtbetonschicht wurde nachträglich auf die Brettstapелеlemente aufgebracht.

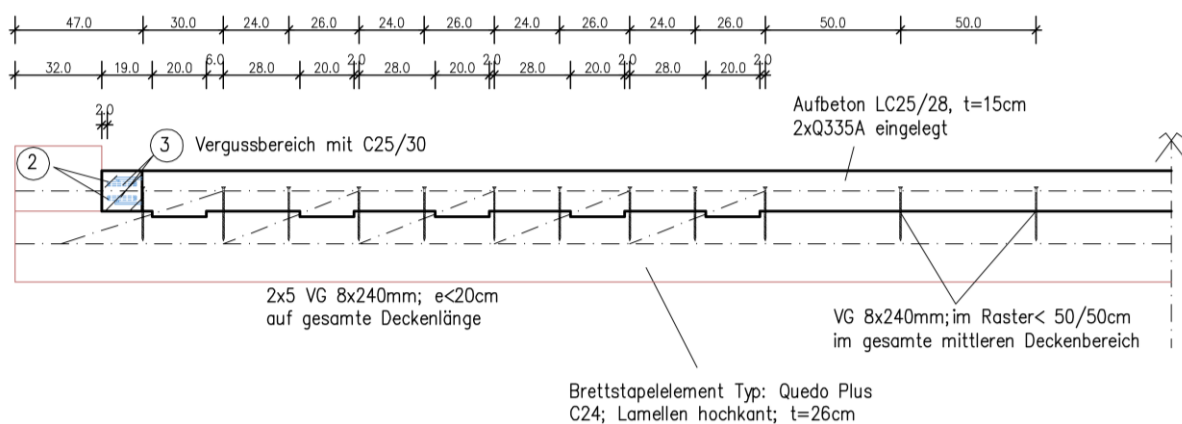


Abbildung 10: Konstruktionsplan HBV-Decke



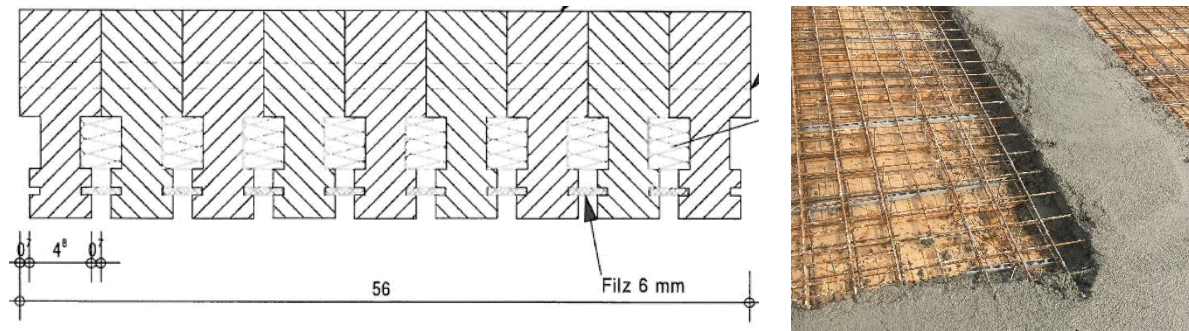


Abbildung 11: Querschnitt Brettstapelelement mit integrierter Akustik und Betonierung vor Ort mit Normalbeton unterhalb der Wände

Der Verbund der beiden Baustoffe wurde mittels eingefräster Kerven erzeugt, während die Zugkomponente aus dem inneren Fachwerksystem über Schrauben aufgenommen wird.

## 4.2. Einflusskriterien zur Systemfindung

### Geometrie

Der Entwurf der Architekten gab eine Klassenraumtiefe von fast 9,00m vor, somit lag die Spannweite der Decke bei 8,90m. Brettstapeldecken, die aus Vollhölzern hergestellt werden, haben rohstoffbedingt eine Maximalstärke. Durch die Produktauswahl war die Holzstärke auf 26cm beschränkt. Eine weitere Einschränkung ist die Akustik, da die eingefrästen Bereiche den statischen Querschnitt mindern und in der Bemessung berücksichtigt werden müssen. Im Endeffekt stand zur Bemessung dann ein ca. 22cm starker Ersatzquerschnitt zur Verfügung. Der Aufbeton diente dabei gleichzeitig als aussteifende Scheibe.

### Statik

Dem statischen System liegt ein Stabwerkssystem zugrunde. Die Kerven werden dabei als Druckstreben ausgebildet und die Zugkomponente mittels Schrauben simuliert.

Besonderes Augenmerk musste bei dieser Deckenvariante zum einen auf den Akustikquerschnitt und zum anderen auf den Leichtbeton gelegt werden. Für die Eingabe des Akustikquerschnitts wurde ein Ersatzquerschnitt generiert, der die gleichen Steifigkeits-eigen-schaften wie der verbaute Querschnitt besitzt.

Leichtbeton hat andere Eigenschaften als Normalbeton. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Befestigung von Dübeln, die in der Regel keine Zulassung für Leichtbeton haben. Um diesem Umstand entgegen zu wirken, wurden die Bereiche unter den Wänden mit Normalbeton und nur die Feldmitten – bei denen auch Last eingespart werden sollte – mit Leichtbeton vergossen. Das Prinzip ähnelt dahingehend einer Cobiax-Decke im Stahlbetonbau. Somit konnten alle Winkelbefestigungen zulassungskonform mit Dübel ausgeführt werden.

### Schallschutz

Bei der Planung von Schulen steht die Raumakustik im Fokus. Zudem lag in Odelzhausen die Anforderung der Inklusion vor. Diese Anforderung wird durch die umgesetzte Brettstapeldecke mit integrierter Akustik erfüllt. Das eingesetzte Bauteil Quedo-Plus hat dabei einen bewerteten Schallabsorptionsgrad von  $\alpha_w=0,75$  (M). Durch die gesamte Fläche der Decke wurde damit eine niedrige Nachhallzeit erreicht und alle Anforderungen an die Raumakustik erfüllt.

### Brandschutz

Mit der Anforderung F 90-B an alle tragenden Bauteile wurde die HBV-Decke auf Abbrand nachgewiesen. Besonderes Augenmerk erforderte dabei die Berücksichtigung der Akustikfräsungen. Die Zwischenräume wirkten sich negativ auf den Abbrand aus, weshalb ein Großteil der statischen Höhe bereits nach 20 min abgebrannt war. Im Endeffekt blieben für die Bemessung nur noch 12,4cm Restquerschnitt übrig, um den Nachweis der Feuerwiderstandsdauer zu erfüllen.

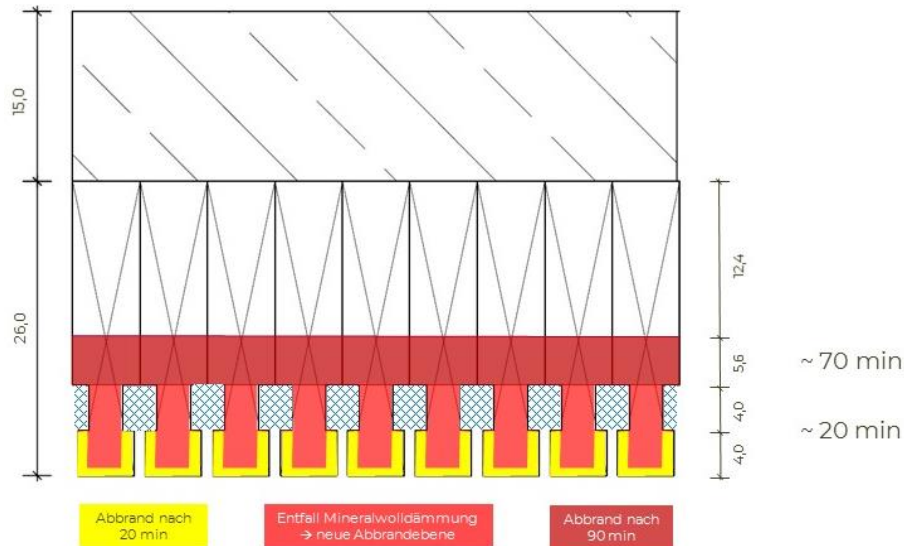


Abbildung 12: Darstellung Abbrand der Brettstapeldecke mit Akustik

### Ökologie

Eine Brettstapeldecke besteht aus 6cm breiten, nebeneinander gereihten Vollhölzern, die über Holzdübel miteinander verbunden sind. Demzufolge kommen weder Leim noch Stahl zum Einsatz und es entsteht ein Bauteil, das sich nur aus natürlichen und nachwachsenden Rohstoffen zusammensetzt und leicht zu recyceln ist.

## 5. Der Systemfindungsprozess einer integralen Planung: Auswahl und Bewertung der Einflussfaktoren anhand der Gebäudeanforderungen

Wie an drei Beispielen dargestellt, bedeutet eine integrale Planungsweise neben den Anforderungen der Tragwerkplanung auch zahlreiche weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Die richtige HBV-Decke gibt es per se somit nicht, sondern sie ist stets das Ergebnis eines ausführlichen, von vielen Faktoren und Akteuren geprägten Systemfindungsprozesses. Maßgeblich für die Auswahl und Gewichtung der Einflussfaktoren sind dabei die jeweiligen Gebäudeanforderungen, welche mitunter stark variieren und dementsprechend unterschiedliche Lösungen erfordern. Dies zeigt auch die nachstehende Tabelle, in der die bewerteten Einflussfaktoren der oben erörterten Planungsbeispiele in einer Übersicht zusammengeführt sind.

	BSH-Balken mit Betonfertigteile, Verbund mit Schrauben	BSH mit Beton als Vollfertigteile, Verbund mit Kernen	Brettstapeldecke mit Ort beton, Verbund mit Kernen
Spannweite	✗ Spannweite bis 7,5m	✓ Spannweite bis 10m	✓ Spannweite bis 9m
Steifigkeit	○	✓	✓
Anzahl VBM	○	○	○
Vorfertigung / Bauzeit	✓ Betonfertigteile	✓ Vollfertigteile	✗ Ortbeton
Kosten	○ Erhöhte Kosten für das Betonfertigteile	✓ Komponenten günstig	○ Erhöhte Kosten durch integrierte Akustik sowie Leichtbeton
Schallschutz	○ Wenig Masse	✓ Vollflächig gleicher Aufbau	✓ Vollflächig gleicher Aufbau
Akustik	✗ Zusätzlich	✗ Zusätzlich	✓ Integriert
Leitungsführung	✓ Platz in Decke vorhanden	✗ Gesondert	✗ Gesondert
Flexibilität	✓	✓	○ Durch Akustikprofilierung aufwendiger
Brandschutz	○ Beton = 12cm F90 Beton ≤ 10cm F60	✓ F90	✓ F90
Materialverbrauch	✓ Weniger m³ Material	○ Effektiver Einsatz für erreichte Schlankheit	✗ Größte Aufbauhöhe
Montage	✓ Elementmontage	✓ Elementmontage	○ Montage einzelner Bauteile und Ort beton
Nachhaltigkeit	✗ Wenig nachwachsende Rohstoffe	✓ Viel CO₂ Speicher, mit Leim	✓ Viel CO₂ Speicher, ohne Leim
Rückbau / Recycling	✓ In einzelnen Komponenten	✗ Abbruch Beton und Leim vorhanden	○ Abbruch Beton, aber kein Leim
Transport	○ Betonfertigteile aus Werk	✗ Hohe Lasten der Elemente	✓ Kurze Transportwege durch Ort beton

✓ = positiv    ○ = neutral / durchschnittlich    ✗ = negativ

Auch wenn sich für bestimmte Gebäudeanforderungen und -nutzungen inzwischen gewisse Standards abzeichnen, gibt es „die richtige“ oder eine universell einsetzbare HBV-Decke nicht. Die jeweils beste HBV-Decken-Lösung erfordert immer noch eine konsequente Annäherung anhand bestimmter Parameter und unter Einbeziehung aller Planungsbeteiligten. Je breiter jedoch die Expertise eines Planungsbüros ist, umso kreativer aber auch zeitsparender kann ein integraler Planungsprozess letztlich umgesetzt werden.

Seit 1980 werden in unserem Büro die unterschiedlichsten HBV Deckensysteme entwickelt und erprobt. Dabei zeigt sich, dass der jeweilige Stand der Wissenschaft, der Normung, der zur Verfügung stehenden Materialien von Holzprodukten und Verbindungsmitteln das jeweilige Spektrum an Lösungsmöglichkeiten signifikant präg(t)en. Da die Entwicklung technischer Neuerungen kontinuierlich weiter voranschreitet, muss der Anspruch eines professionellen Planungsteams - neben der Optimierung von Deckensystemen - stets auch die Weiterentwicklung bereits bestehender Lösungsansätze sein. Nur so kann für den Bauherrn die richtige und wirtschaftliche Konstruktion geplant werden.