



*Dipl. Ing. Hermann Blumer
SJB.Kempter.Fritze AG,
Herisau, CH*

Zweischalige Hybridkonstruktionen - eine neue Chance für das Holz

Zweischalige Hybridkonstruktionen - eine neue Chance für das Holz

1. Einleitung

Hybride sind Nachkommen von Eltern zweier verschiedener Arten oder von Eltern mit erblich verschiedenen Merkmalen, sie spielen für die genetische Vielfalt eine wichtige Rolle.

Der japanische Automobilhersteller Toyota vertreibt seit 5 Jahren ein Hybridauto und hat damit zunehmend Erfolg. Es ist ein Fahrzeug, das von einem Benzin- und einem Elektromotor gemeinsam oder alternativ angetrieben wird. Im Stadtverkehr mit dem häufigen Stopp und Go ist der emissionsfreie Elektromotor im Einsatz, über Land kann der Benzinmotor in einem konstanten günstigen Drehzahlbereich seine Kraft auf die Räder und den Elektromotor abgeben. Beim Bremsen gewinnt der Elektromotor in der zweiten Funktion als Generator Energie zurück. Diese wird in die mitgeführten Batterien eingespeist. Damit lässt sich fossile Energie sparen, der Verbrauch liegt unter drei Litern pro hundert Kilometer. Das wird erreicht trotz dem Zusatzgewicht des zweiten Motors und den zusätzlichen Batterien.

Unter einer hybriden Konstruktion verstehe ich ein Bauteil, das aus zweierlei Baustoffen besteht mit der Absicht, damit erweiterte Funktionalitäten zu schaffen. Auf dem Bausektor sind hybride Konstruktionen seit jeher etwas Alltägliches. Das Fenster ist eine Kombination aus einem opaken Rahmen z.B. in Holz und dem transparenten Werkstoff Glas. Holz kann sich im Konkurrenzkampf der Werkstoffe als solitärer Alleskönner nur noch begrenzt durchsetzen. Auch andere Baustoffe stecken in demselben Dilemma. Die wachsenden Anforderungen aus ökologischen Zwängen und die der zunehmenden Wünsche hin zu massgeschneiderten

Systemlösungen (custom made) rufen geradezu nach Allianzen der Baustoffe. Der "hybride" Denkansatz kann uns helfen, dem Holz wider mehr Marktanteil zu verschaffen.

Im Referat werden Konstruktionen für die Zwischendecke, Wände und Dächer aufgezeigt.

2. Bionik als Denkanstoss für Schalenkonstruktionen

Das Vogelei zählt zu einer der intelligentesten Verpackung im Tierreich. Die Kalkschale ist druckstabil und trotzdem leicht. Sie ist für Gase und Flüssigkeiten durchlässig genug um optimale Klimatechnik zu gewährleisten. Der Inhalt bleibt lange frisch.



Abbildung 1: Die Eierschale ist Beulstabil dank der doppelten Krümmung

Mit einer zweischaligen Aussenwand kann das Kopfriedgras seine für uns nicht nachvollziehbare schlanke Röhrenkonstruktion "bauen". Die äussere Schale ist zug- und druckfest einerseits mit der Aufgabe einer materialsparenden Tragkonstruktion und andererseits mit der Bestimmung eine schützende Hülle zu bilden. Die innere Schale enthält "Vorspannkabel" und Versorgungsleitungen. Die Verbindung der beiden Schalen geschieht über ein stark poröses Füllmaterial. Diese Doppelschaligkeit ermöglicht dem Gras bei starken Windstößen flexibel nachzugeben. Zudem kann es jederzeit den Blütenstand mit Nahrung versorgen.

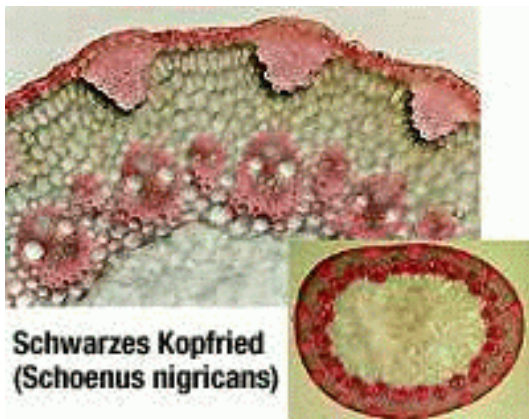


Abbildung 2: Die doppelwandige Röhre des schwarzen Kopfriedgrases ist die wohl schlankste Konstruktion in der Natur.

3. Die Beschaffenheit von Holz in der Schalen

Holz ist ein Faserverbundstoff, der in der Natur Höchstleistungen erbringen muss. Dabei denken wir nicht nur an die Mammutbäume an der Westküste von Nordamerika mit mehr als 100 m Höhe sondern auch an die schlanken Konstruktionen einer Weisstanne in der Schweiz.

Die auf der nächsten Seite Tabelle zeigt, wie Holz in den Bereichen Low-Tech bis High-Tech eingesetzt werden kann. Holz ist nicht einfach Holz, es ist ein Baustoff, der heute vor allem in der Form des Holzwerkstoffes verwendet wird. Konstruktionen in Massivholz waren früher neben Steinbauten dominant. Mit dem Aufkommen der neuen Baustoffe Stahl, Beton und Glas hat sich aber die Baulandschaft grundlegend geändert. Holz muss heute gegen diese Baustoffe ankämpfen. Vorurteile erschweren den Wettbewerb für das Holz.

Die heutigen Möglichkeiten der Holzvergütung haben grosse Fortschritte bei den Holzwerkstoffen gebracht. Es ist zwar noch nicht gelungen, die Festigkeit des Holzes wie beim Stahl hochzuzüchten, aber wir haben heute plattenförmige Werkstoffe wie sie beim Betonbau, Stahlbau oder Glasbau üblich sind.

Die Kombination der Schalen zu Hybriden ist ein Ansatz, der schon seit langem bekannt ist. Eine Holzverbindung in einem Fachwerk mit einem Bolzen ist bereits eine derartige Konstruktion. Aber auch ein Fenster mit einem Holzrahmen kann als Hybrid bezeichnet werden. Holz-betonverbundkonstruktionen gehen auch in diese Richtung. Ein Hybrid kann aber auch ein System sein, dass zweierlei Holzwerkstoffe in den Schalen aufweist.


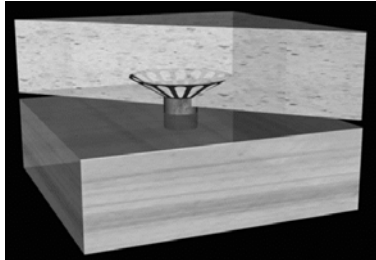
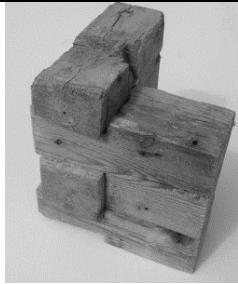
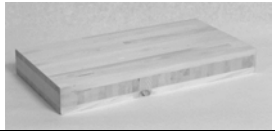

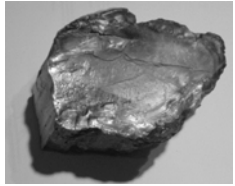
Anwendung	Beton, Stahl und Glas	Hybride	Massivholz, Holzwerkstoffe, metamorphes Holz
Low-Tech			
Middle-Tech			
High-Tech			

Abbildung 3: Einsatz der Baustoffe einzeln und als Hybrid

4. Zwei Schalen zu einem Hybrid zusammenbringen

Den Vorbehalten, denen wir im Holzbau immer wieder begegnen, sind die grossen Konstruktionsstärken bzw. geringeren Schlankheiten gegenüber den Metallkonstruktionen. Ordnen wir aber das Holz peripher im Druck- und Zugbereich eines Balkens oder einer Platte an, dann erhalten wir ähnlich schlanke Konstruktionen wie die Beton- und Stahlbauer. Die Beulstabilität der dünnen äusseren Haut sichern wir mit der Verbindungsstruktur zwischen den beiden Scheiben.

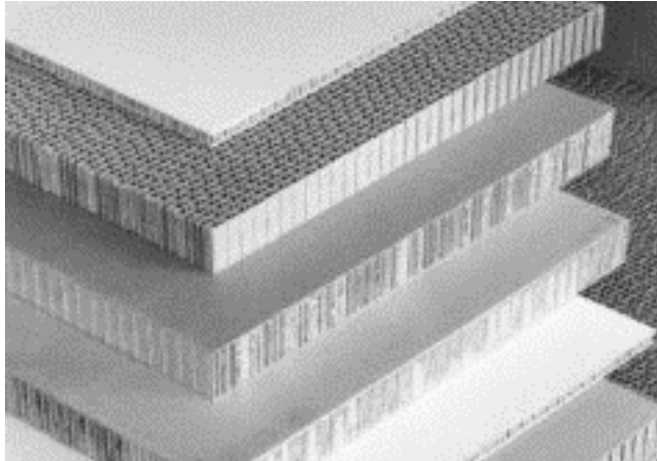


Abbildung 4: Kartonwabe als Verbinder zwischen den Schalen

Eine statisch steife Struktur lässt sich nach dem Leiternprinzip konstruieren. Die dünnen Schalen bilden die Holme, die Sprossen wirken statisch als eingespannte Virendeelstäbe. Eine derartige Übertragungskonstruktion mit Sprossen ermöglicht zwei unterschiedliche Schalen (Hybrid) mit minimalen Wärmebrücken mit einander zu verbinden. Der Stoff zwischen den Schalen kann in einer Aussenhülle ein leichter Wärmedämmstoff - z.B. eine Kartonwabe, eine eingblasene Zellulosefaser oder eine Mineralwolle - sein. Bei Zwischendecken ist eine schwere Schüttung für die Schallisolation von Vorteil.

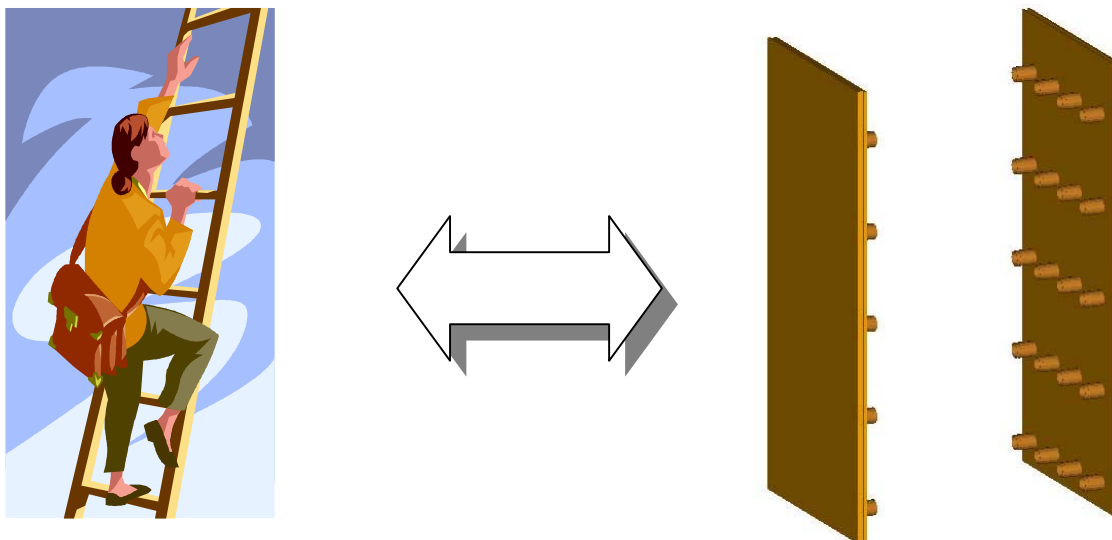


Abbildung 5: Schalen mit steifen Sprossen bilden das tragende System

5. Die Timber-Wand (Patent angemeldet)

5.1 Die zweischalige Wand erfüllt erhöhte Ansprüche

Gebäudehüllen von morgen werden nicht nur Regen abhalten und vor Kälte und Hitze schützen, sondern sie können auch aktiv unser Befinden und unseren Alltag beeinflussen. Zweischalige Wandscheiben gestatten uns, innen wie aussen die passenden Holzwerkstoffplatten anzubringen. Mit baubiologisch optimalen Stoffen gewährleisten wir eine gute Innenluft und als Folge davon die Wohnbehaglichkeit der Bewohner. Mit nichtbrennbaren, mineralisch gebundenen Holzwerkstoffen können Wände in Elementbauweise gefertigt werden, welche dem Feuer grossen Widerstand leisten. Statisch sind ein- und zweischalige Scheibenkonstruktionen den bisherigen Holzständerkonstruktionen mit weichen Beplankungen überlegen. Die Geometrie der inneren Scheibe ist selten identisch mit derjenigen der äusseren Haut. Die Vorteile einer zweischaligen Konstruktion kommen bei der Detailplanung zur Geltung. Die Zwischendecke können wir auf die innere Scheibe aufsetzen. Ein Ständer im Zwischenraum ist nur noch da nötig, wo die Lasten besonders gross oder konzentriert sind. Kältebrücken werden minimiert. In der zweischaligen Konstruktion kann eine Eckverbindung oder der Deckenübergang einfach und ohne Kältebrücke konstruiert werden. Die Leitungsführungen werden wie bei einer Leiterplatte vormontiert und in der Regel auf der inneren Scheibe angeordnet. Die Tragkonstruktion wirkt trotz der Leichtigkeit als monolithisch.

Das Wandsystem kann dank dem Hohlraum zusätzlich Funktionen erfüllen. Als Beispiel sind die Wärmespeicherung, die Wärme- und Kälteisolation, die Leitungsführung, die Schallisolation und der Lüftung erwähnt.

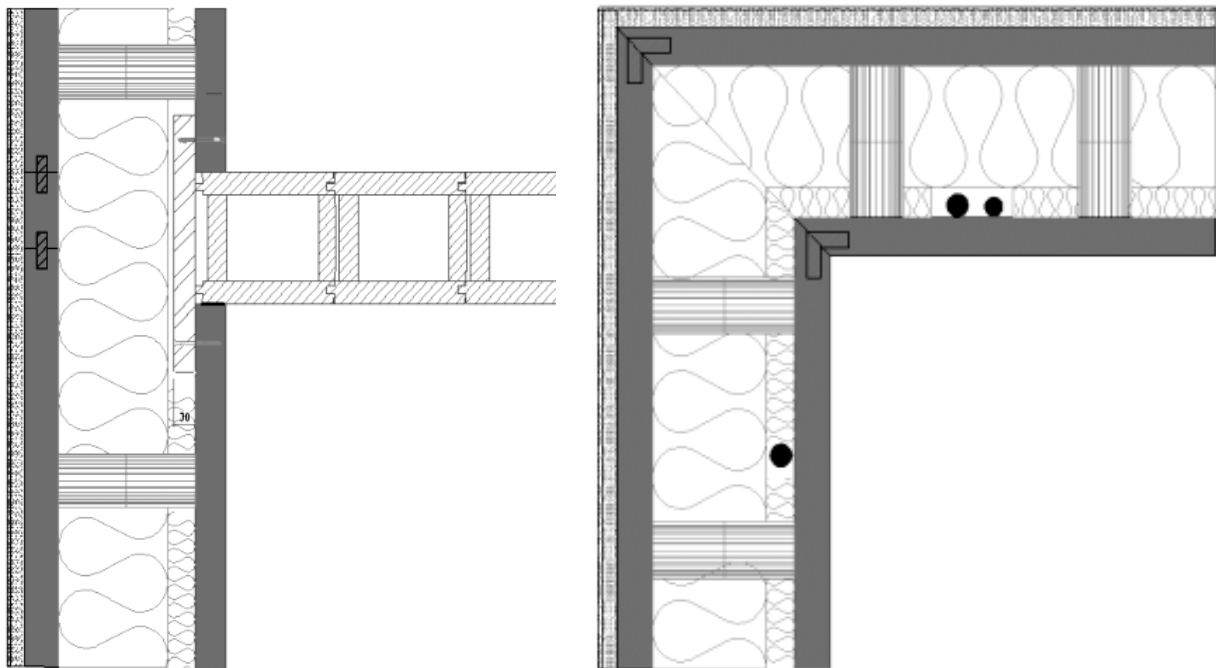


Abbildung 6: Detailplanung mit einer zweischaligen Wand

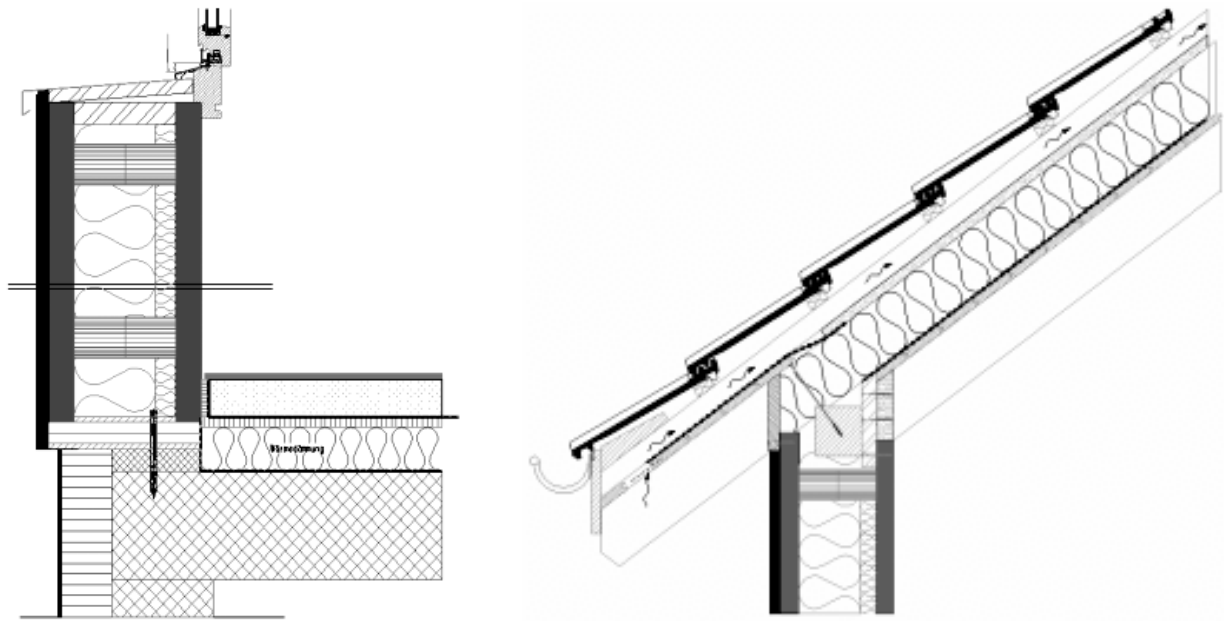


Abbildung 7: Die Detailplanung der zweischaligen Aussenwand ist einfach und bringt überzeugende Lösungen.

5.2 Massgeschneiderte Werkstoff für die beiden Schalen

Die Variation der Holzwerkstoffe an der Innen- wie Aussenhaut ist die grosse Chance für den zukünftigen Einsatz von massgeschneiderten Holzwerkstoffen

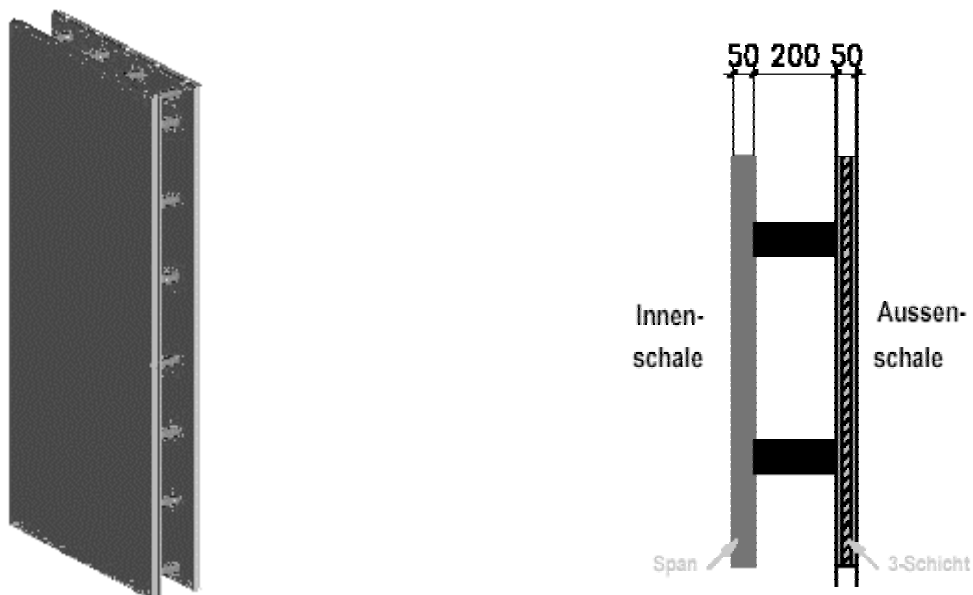


Abbildung 8: Die Werkstoffe richten sich nach den Kundenbedürfnissen.

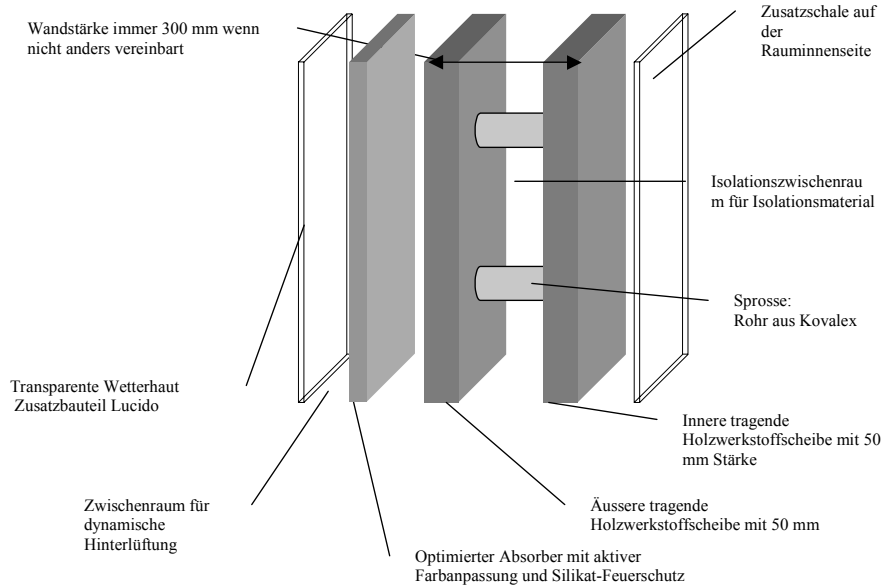
5.3 Die statische Bemessung

Die Statischen Nachweise können an Ersatzstützen mit adäquaten Widerstands- und Trägheitsmoment geführt werden. Detaillierte Statische Berechnungen sind mit dem Ersatzsystem zweischaliger Trägerrost möglich bzw. mit finiten Elementen.



5.5 Mit Zusatzschichten zur High-Tech Wand

Neue Wandaufbauten und Berechnungsverfahren erlauben es dem Planer, Systeme zu entwerfen, die im Winter keine Wärmeverluste mehr zu beklagen haben und im Sommer trotzdem nicht überhitzen.



6. Eine Hybride Deckenkonstruktion

6.1 Der Holzbetonverbund

Seit bald 10 Jahren werden wieder Holzbetondecken im Verbund gebaut. Mit einer Verzahnung oder Verdübelung wird der Beton auf das in der Zugzone angeordnete Holz schubfest verbunden. Damit erhalten wir eine passable Tragleistung als Balkentragwerk. Im Sinne einer Platte hingegen trägt dieses System nur beschränkt. Das Aufeinanderliegen von Beton und Holz ohne Zwischenraum in der neutralen Zone führt nicht zu materialsparenden und damit auch leichten Konstruktionen.

Ungünstig ist der direkte Kontakt der beiden Baustoffe. Beton wird nass verarbeitet, es dauert Wochen, bis die Decke ausgetrocknet ist.



Abbildung 11: Holzbetonverbunddecke mit direktem Kontakt des Betons mit dem Holz

6.2 Ein neuer Ansatz bringt das System Hilti.

Eine gangbare Lösung zur Effizienzsteigerung fanden wir in Zusammenarbeit mit der Firma Hilti. Sie brachten uns einen neuartigen "Dübel", der es gestattet, die beiden Baustoffe Beton und Holz über einen Abstand statisch zu vereinen und zudem als zweidimensionale Platte wirken zu lassen.

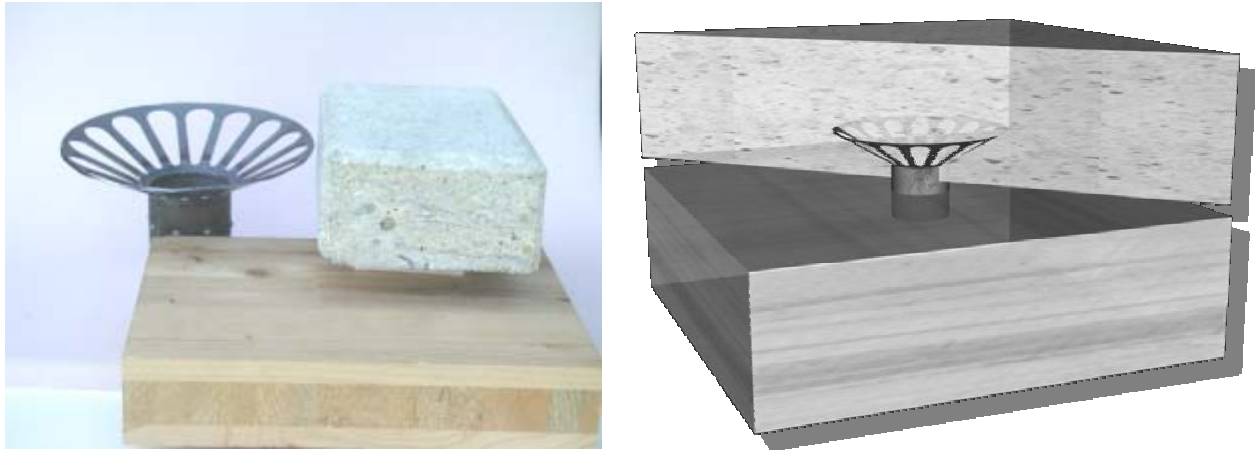


Abbildung 12: Dübel nach Hilti und Denkansatz für zweidimensionale Hybridkonstruktion

Ein in der Stärke variabler Hohlraum zwischen den beiden Baustoffen Beton und Holz beeinflusst das Widerstands- und das Trägheitsmoment. Der Zwischenraum kann zudem für Leitungen, Schalltilger und Wärmedämmstoffe genutzt werden.

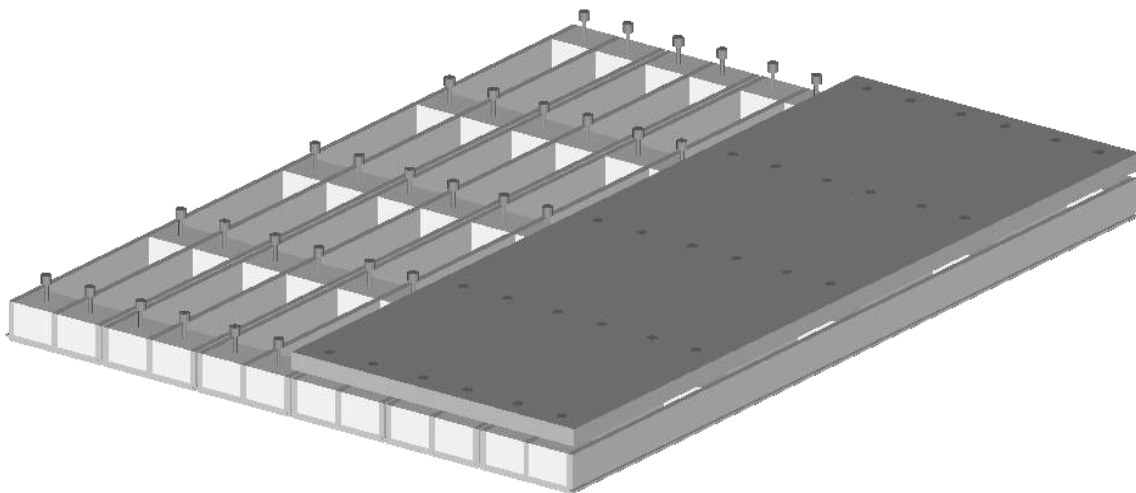


Abbildung 13: Hybrid mit unterer aufgelöster Holzschale und oberer kompakter Betonscheibe

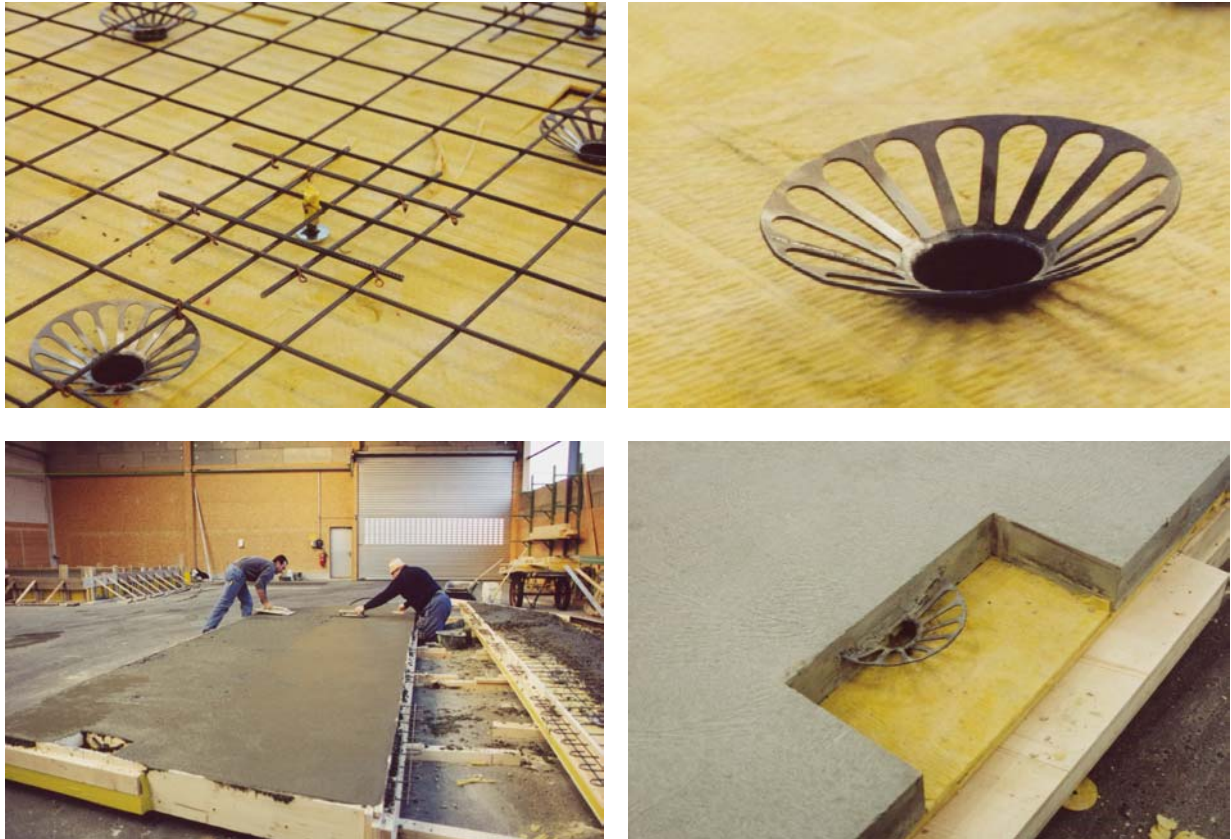


Abbildung 14: Vorfertigung einer Hybridkonstruktion in der Werkstatt

6.3 Hybrides System mit modular ergänzbarer Schalldämmung

Im Umbau und mehrgeschossigen Baue muss aus statischen Überlegungen eine Decke "leicht" sein. Gewicht kann gespart werden, wenn Holz als Baustoff eingesetzt wird und der Vorteil der Plattenwirkung als statisches System genutzt werden kann.

Die Decken müssen zusätzlich einen hohen Brandwiderstand gewährleisten und erhöhte Anforderungen bei der Schalldämmung (Luft- und Trittschall) erfüllen. Für die Planer lohnt es sich, Faustformeln zur Ermittlung der Deckenstärke bereitzustellen.

7. Hybride Freiformen für Dachkonstruktionen

Flachdächer, Satteldächer oder Schalendächer aller Art lassen sich mit einem zweischaligen Aufbau beulstabil und leicht bauen. Spannweiten mit mehreren hundert Metern sind vorstellbar. Holz und Holzwerkstoffe sind als leichtgewichtiger, multifunktionaler Baustoff für derartige Konstruktionen prädestiniert.



Abbildung 16: Schalen sind ökonomische Konstruktionen der Natur - Holz ist der Baustoff für die Schalendächer der Menschen – mit hybriden Schalen erhalten wir die Multifunktionalität