

Modulares Bauen – Technologien und Konstruktionen im industriellen Holzbau

Jutta Albus
Jun. Prof. Dr. Ing. Architektin
Technische Universität Dortmund
Juniorprofessur Ressourceneffizientes Bauen
Dortmund, Deutschland



1. Bauweisen und Typologien

1.1. Herkunft von Konstruktionen

Vorfertigung und serielle Bauweisen wurden von jeher mit Begriffen wie Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit in Verbindung gebracht. Krisensituationen, wie beispielsweise nachkriegsbedingte Wohnungsnot, unterstützen den Einsatz dieser Bauweisen, um schnell und zügig Abhilfe zu schaffen. Zugunsten eines effizienten Planungsablaufs wurden gestalterische und ästhetische Aspekte häufig vernachlässigt und tragen zum eher widrigen Ruf von vorgefertigten Gebäuden bei.

Architekten und Planer haben sich dennoch kontinuierlich der, teilweise fast kontroversen Aufgabe gestellt, neben wirtschaftlichen Aspekten eine hohe architektonische Qualität und Vielfalt von vorgefertigten Bauten zu erreichen. Dadurch konnte bis heute durch innovative und gestalterisch anspruchsvolle Ansätze ein architektonischer Mehrwert geschaffen und baulich umgesetzt werden. Je nach lokaler Verortung beeinflussen insbesondere traditionelle Techniken sowohl Konstruktion als auch Formfindung und geben klar Aufschluss über die Herkunft der architektonischen Gestalt. Prägnante Vorbilder, wie etwa Alvar Aalto's Finnenhäuser aus der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg (Abbildung 1) oder Shigeru Bano's Entwurfsansätze für Notunterkünfte an unterschiedlichen Standorten dieser Welt als Beispiele von heute, (Abbildung 2) zeugen von der Vielschichtigkeit der früher oftmals eher als zweckmäßig bezeichneten Bauten. Neben der Auseinandersetzung mit lokalen Gegebenheiten und dem Ort stehen weiterhin die funktionalen Anforderungen eines Gebäudes in direktem Zusammenhang mit der architektonischen Gestaltfindung und seiner technischen Umsetzung. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, wie sich Bautypologie und strukturelle Logik einer Konstruktion auf die Effizienz von Gebäudeerstellung und Montageprozessen auswirken kann. Demnach kann die Entwicklung der architektonischen Form nicht ausschließlich nach gestalterisch ästhetischen Kriterien erfolgen. Um einen ganzheitlichen Entwurfs- und Planungsansatz zu gewährleisten, ist die Auseinandersetzung mit materialtechnischen Aspekten, sowie Bau- und Fertigungsprozessen von großer Bedeutung und beeinflusst grundsätzlich eine konsequente Entwicklung von Gebäuden.

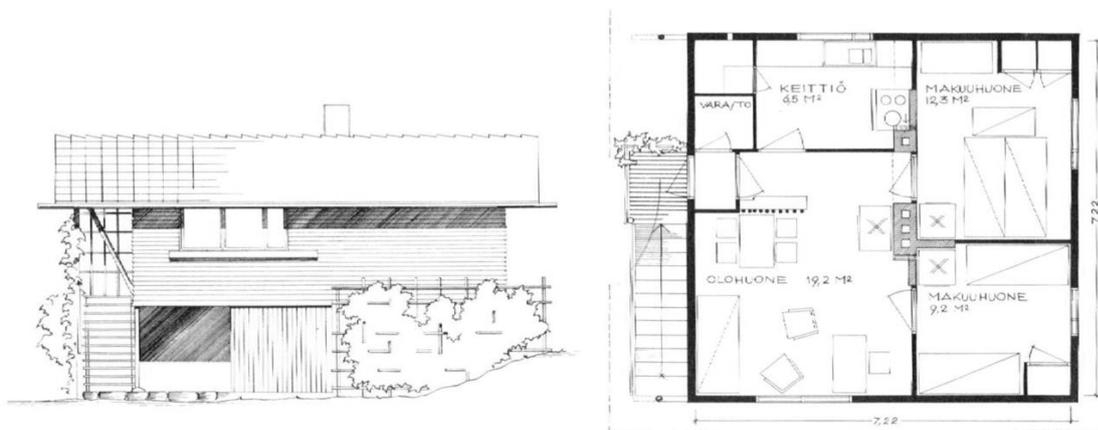


Abbildung 1: Finnenhaus, Alvar Aalto 1941.
Quelle: Adolph Stiller: Finnland im 20. Jahrhundert. Wien 2000

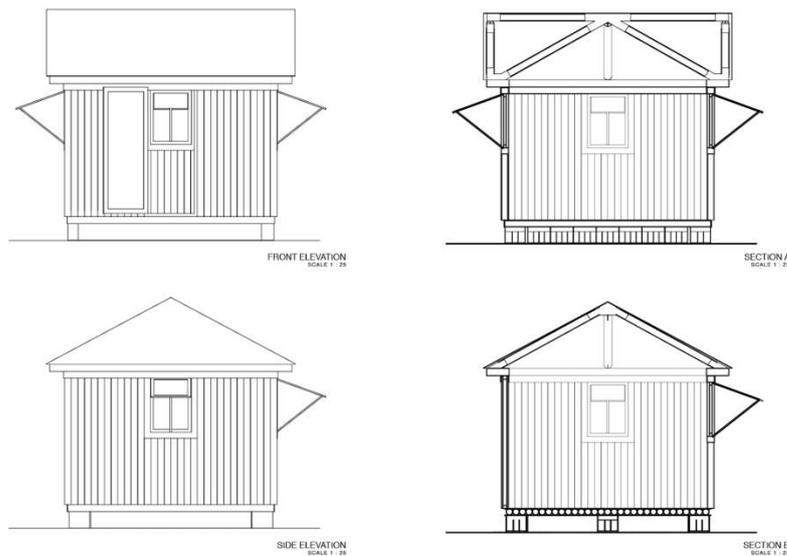


Abbildung 2: Paper Log House, Notunterkünfte in Kobe (JP) 1995 und Bhuj (Indien) 2001, Shigeru Ban
Quelle: Shigeru Ban Architects

Die Beschaffenheit der Teile sowie die Größe einer Serie haben bis heute Einfluss auf Produktions- und Fertigungsprozesse und sind von hoher Relevanz für die Wirtschaftlichkeit eines Projektes. Wie insbesondere ökonomische Abläufe dazu beitragen, den Planungsprozess zu verbessern und gleichzeitig zum beispielhaften Bauen beitragen können, erfordert eine intensive Auseinandersetzung mit Materialität und Fertigungsablauf und ergänzt damit einen ganzheitlichen und intelligenten Entwicklungsprozess.

1.2. Kategorisierung von Systembauweisen

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Anforderungen, seien diese ökonomische, ökologische, technische, topologische, klimatische oder rein nutzerspezifische Faktoren, sind Architektur und Gebäude entsprechend eines optimierten Gebrauchs ausgelegt. Während die Planung eines Gebäudes zu Beginn einer Entwicklung anhand von lokalen, gestalterischen und gebrauchsspezifischen Parametern beeinflusst wird, müssen weiterhin eine wirtschaftliche Amortisation, die technische Leistungsfähigkeit sowie eine ganzheitliche Betrachtung von Lebenszyklus und Nachhaltigkeitsfaktoren gewährleistet sein, die entscheidend für den Gebrauch und die Effizienz einer Konstruktion sind. Im Vergleich zu leichten Ständer- oder Skelettbauweisen, die sowohl in den nordischen Ländern Europas, in Großbritannien und den USA, aber auch in erdbebengefährdeten Regionen wie in China oder Japan vermehrt zum Einsatz kommen, sind Konstruktionen in Massivbauweise häufiger ein Resultat aus Kosteneffizienz, klimatischen Anforderungen oder lokalen Bautypologien. Die folgende Grafik stellt den Anteil von Holzbauweisen je Land dar (Abbildung 3).

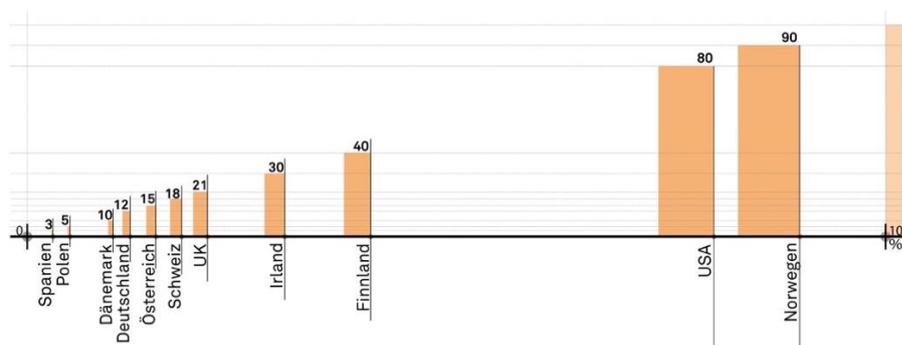


Abbildung 3: Übersicht Holzbauweisen nach Herkunftsland
Quelle: Albus 2017, nach: Holzzentralblatt (2013); Schneider, Oswald, TU Wien

Die Quellenangaben sind unterschiedlicher Herkunft und Jahr und können daher abweichen. Grundsätzlich sind Entwicklungen als annähernd zu betrachten.

Fertigung, Herstellung und Montage eines Gebäudes können auf mehrere Arten unterschieden werden. Eine Einteilung erfolgt je nach Planungsansatz in Bezug auf die Bauweise, also materialbezogen, und unterscheidet dabei leichte, mittlere oder schwere Fertigungsverfahren (Abbildung 4). Diese Zuordnung, die in direktem Bezug zum jeweiligen Material einer Konstruktion, wie z.B. Holz, Stahl, Beton und Mauerstein, steht, beschreibt grundsätzlich den für tragende Bauteile verwendeten Werkstoff. Holzbauweisen, bezugnehmend auf Ständer- oder Skelettbauweisen, gelten im Großen und Ganzen als leichte Konstruktionen. Insbesondere in den letzten zehn Jahren erfreut sich der Holzmassivbau immer größerer Beliebtheit. Das Einsatzspektrum von Holz für Gebäudeklasse 5 erlaubt mittlerweile Bauten mit bis zu 20 Geschossen. Aufgrund von massiven Querschnitten qualifizieren sich Bauteile auch für erhöhte Anforderungen im Schall- und Brandschutz und bieten dadurch auch für den Bereich des mehrgeschossigen Bauens effiziente Lösungsansätze. Die tragenden, großformatigen Scheiben bestehen aus kreuzweise verleimten Brettern, deren Tragverhalten dem von Fertigteilen aus Stahlbeton ähnelt. Im Vergleich zu Ständer- oder Tafelbauweisen, die durch den Abstand der Tragständer als leichte Bauweisen gelten, werden Bauteile mit massivem Querschnitt als mittelschwere Bauweisen bezeichnet.

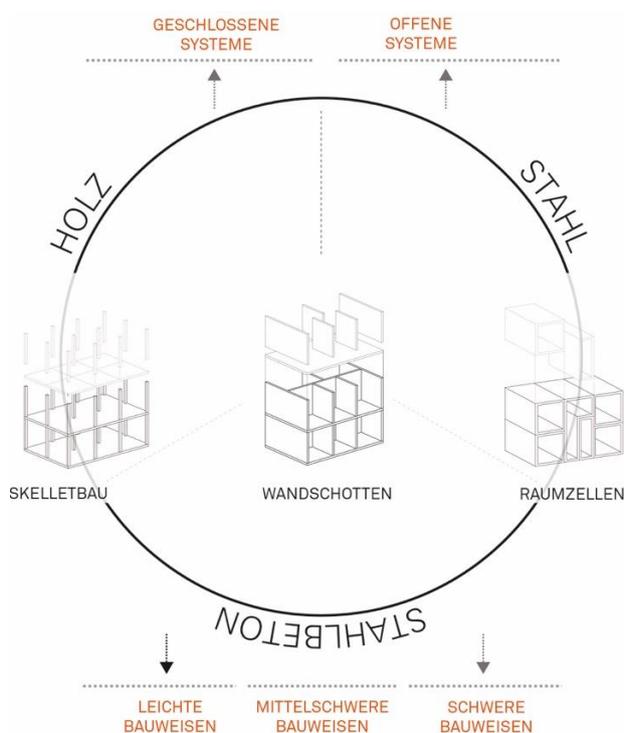


Abbildung 5: Klassifizierung von Bauweisen und Konstruktionstypologien

Quelle: Jutta Albus 2015

Je nach Planungsansatz und Gebäudetypologie können Vorteile durch eine Bauweise erreicht werden. Im Wohnungsbau sind maximale Spannweiten von zehn bis zwölf Metern zu erwarten. Schottenbau oder tragende Wandscheiben eignen sich insbesondere, um großflächige Fassaden- oder Fensterflächen zu gewährleisten, und schaffen ausreichend Fläche für Installationen. Um eine effiziente Montage oder Installation zu gewährleisten, muss der Vorfertigungsgrad von zweidimensionalen Bauteilen entsprechend berücksichtigt und vorgeplant werden.

Raumzellen und dreidimensionale Einheiten, wie etwa Apartmentmodule oder Sanitärzellen, eignen sich vorzugsweise um Abläufe auf der Baustelle zu erleichtern. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrads der vorinstallierten Einheiten, können äußerst einfache und zügige Montageprozesse, insbesondere bei mehrgeschossigen Gebäuden, realisiert werden. Zusätzlich wird eine hohe Qualität in der Ausführung durch das witterungsgeschützte Umfeld der Produktionsstätten möglich. Welche Bauweise für die Umsetzung einer Planung sinnvoll ist, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Die Berücksichtigung der baulichen Ausführung ist demnach schon im Entwurfsstadium relevant und Grundlage eines ganzheitlichen

Planungsansatzes, dessen hohe vorplanerische Leistung dazu beiträgt, Fehler zu Baubeginn zu reduzieren und Schwachstellen durch eine Vielzahl unterschiedlicher aufeinanderfolgender Gewerke zu vermeiden.

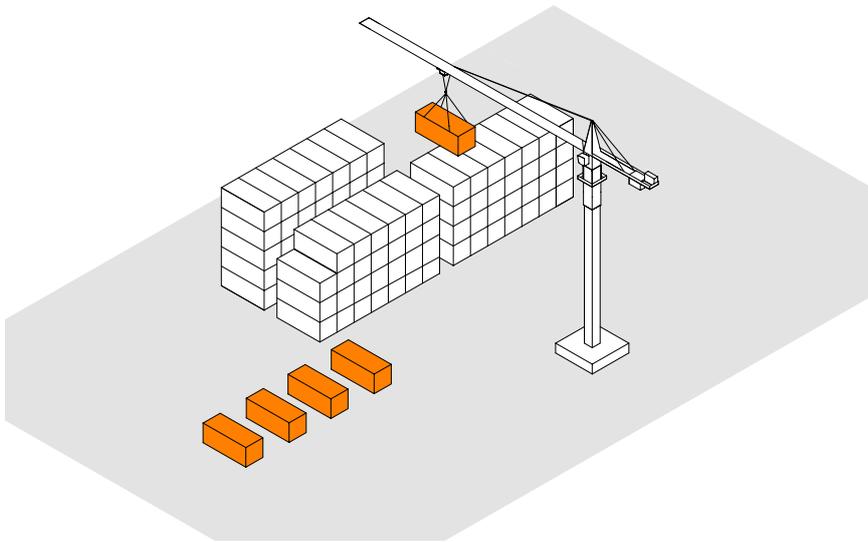


Abbildung 5: Elementierung, Transport und Montage eines vorgefertigten Holzbausystems für mehrgeschossige Gebäude. Quelle: Jutta Albus 2017

Eine Differenzierung auf Basis von Konstruktionstypologien definiert ein Gebäude sowie dessen Bauteilfertigung und Montage anhand von baukonstruktiven oder gar bauteilbezogenen Eigenschaften. Eine derartige (bauteilbezogene) Klassifizierung beschreibt die Konstruktionstypologie anhand der tragenden Elemente eines Gebäudes. Man unterscheidet für den Wohnungsbau grundsätzlich zwischen Skelettbau, tragenden Wandscheiben und Raumzellenbauweise (Abbildung 4). Im Bereich Massivbau gelten Stahlbeton oder Mauerwerk als tragende Materialien, die ausschlaggebend für eine Typologisierung sind. Im Bereich der leichten und mittelschweren Bauweisen, insbesondere im Holz- und Holzverbundbau werden folgende Systemkategorien relevant: Skelettbau (System aus Stütze und Träger), Schottenbauweise (System aus tragenden Wandscheiben als Rahmen-, Tafel- oder Massivbauteil) oder dreidimensionale Raumzellen. Im Holzmassivbau werden die zweidimensionalen Komponenten aus Brettstapel-, Brettsperr-, Furnierschichtholz oder Blockbau hergestellt und als horizontale oder vertikale Bauteile zur Montage vorbereitet. Weiterhin kommen kastenförmige Wand- und Deckenbauteile, die sich durch große Aufbauhöhen und zusammengesetzte Querschnitte auszeichnen, vorwiegend im Bereich großer Spannweiten zum Einsatz. In diesen Fällen tragen die Hohlkörper der Querschnitte zur Materialersparnis und Gewichtsreduzierung bei und sind weiterhin geeignet, die horizontalen oder vertikalen Elemente für erhöhte Brand- oder Schallschutzanforderungen zu ertüchtigen. Für einen hohen gestalterischen Anspruch ist die Berücksichtigung von Abmessungen und Einsatzmöglichkeiten der streng geradlinigen Elemente schon im frühen Planungsstadium notwendig. Fertigungs- und bauteilbedingte Kriterien beeinflussen einen flexiblen architektonischen Einsatz und den Funktionsgrad der Komponenten.

Eine Einteilung der Konstruktionstypologien erfolgt auf Grundlage der Bauteilaufbauten und ermöglicht je nach Einsatzbereich die Umsetzung unterschiedlicher struktureller Konzepte. Insbesondere im Wohnungsbau waren Schottenbauweisen aus tragenden Wandscheiben eine gängige Herangehensweise. Um eine höhere Flexibilität bereits durch die konstruktive Gliederung zu ermöglichen, kann die Kombination aus Bauteilen, z.B. massiven und skelettartigen Komponente, zur Erweiterung der Grundrissvarianz beitragen. Entsprechend müssen Füge- und Montagemöglichkeiten angepasst und hinsichtlich einer schlüssigen Kraftweiterleitung entwickelt werden.

Um einen Einsatz auch bei erhöhten Anforderungen, insbesondere im Brandschutz oder gebäudetechnischen Bereichen, zu gewährleisten, sind Bauteilertüchtigungen möglich, die durch Zusatzschichten oder als Materialverbund zur Optimierung der Leistungsfähigkeit beitragen. Beispiele wie der Life-Cycle Tower One in Dornbirn oder das Illwerke Zentrum

von Hermann Kaufmann Architekten zeigen, wie durch eine konsequente Planungssystematik gleichermaßen gestalterisch architektonische Aspekte berücksichtigt, als auch die hohen Anforderungen an Brandschutz oder die Integration von gebäudetechnischen Systemen gewährleistet werden können. Die Entwicklung von intelligenten Bauteilaufbauten, deren Füge-, Herstellungs- und Montageprinzipien weiterhin eine hohe Qualität der Fertigung und vor Ort ermöglichen, sollten grundsätzlich in diese Überlegungen miteinfließen.

Um gerade durch die Verwendung von vorgefertigten Komponenten einen, mit einer konventionellen Planung vergleichbaren, architektonischen Mehrwert zu erreichen, müssen Baukonstruktion und technische Besonderheiten, der größtenteils seriell zum Einsatz kommenden Teile, wohl überlegt werden. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der einzelnen Anwendungen bieten Planungskonzepte durchaus großes gestalterisches Potential.

2. Raumzellen aus Holz

Als gängige Materialien im Holzbau werden in Deutschland vorwiegend Nadelholzkonstruktionen aus Fichte und Kiefer eingesetzt, da diese Hölzer zu den schnell nachwachsenden Rohstoffen zählen. Außerdem sind Lärche und Weißtanne verbreitet, werden aber deutlich weniger eingesetzt. Aus der Kategorie der Laubhölzer kommen Buche und Eiche in Betracht, die zusammen mit Fichte und Kiefer etwa drei Viertel des Waldbodens prägen.

Insbesondere in den vergangenen zehn Jahren kamen im Holzbau für höhere Beanspruchungen immer häufiger Laubholzkonstruktionen zum Einsatz. Die hohe Steifigkeit führt zu deutlich besseren tragkonstruktiven Eigenschaften und schlankeren Bauteilquerschnitten. Im Gegensatz zu Nadelholzkonstruktionen sind Bauteilquerschnitte aus Laubholz extrem schlank, so dass ein Vergleich zu Tragkomponenten aus Stahl naheliegt. Horizontale Träger oder vertikale Stützen sind trotz extrem reduzierter Abmessungen hoch effizient und tragen zur verbesserten Leistungsfähigkeit einer Gebäudestruktur bei. Erhöhte Kosten von Laubhölzern, die außerdem aufgrund der Härte und Steifigkeit des Materials Mehrkosten bei der Bearbeitung verursachen, amortisieren sich wiederum durch einen extrem wirtschaftlichen Einsatz der Bauteile. Es ist jedoch notwendig, diese noch relativ neuen Einsatzmethoden und damit einhergehende technologische Barrieren bei Herstellung, Bearbeitung und Montage zu berücksichtigen und im Planungsfortschritt einzukalkulieren.

2.1. Holzbausysteme im Wohnungsbau

Um eine Einteilung der im Wohnungsbau verwendeten Konstruktionen darzustellen, werden im folgenden Bauweisen und Gebäudetypologien erläutert. Neben der Verwendung von tragenden Wandscheiben, die in Kombination mit lastabtragenden Deckenelementen vorwiegend das statische System der Gebäude bilden, erlauben Skelettkonstruktionen eine höhere Flexibilität und Zonierungsvielfalt. Die Systeme bestehen aus vertikalen Stützen mit massiven Querschnitt sowie horizontalen Deckenbauteilen, die je nach Anforderung und Konstruktion massiv oder mit Hohlräumen ausgebildet werden. Vertikale Wandscheiben, die zur Aussteifung eingesetzt werden, sind je nach Anforderungen der Gebäudeklasse und der zugrundeliegenden Richtlinien entsprechend aufgebaut bzw. beplankt.

Insbesondere die Entwicklungen im kostengünstigen Wohnbau haben eine Anpassung von herkömmlichen Bauweisen der vergangenen Jahre angestoßen und Planer und Hersteller zur Optimierung der bisherigen Verfahren veranlasst. Um eine Beschleunigung eines Großteils der Ablaufszenarien am Bau zu erreichen, wurde die Verwendung von modularen, dreidimensionalen Raumeinheiten, die sich durch einen hohen Vorfertigungsgrad auszeichnen, vorangetrieben. Im Gegensatz zu Skelettsystemen und zweidimensionalen Wand- und Deckenbauteilen bestimmen vor allem Wirtschaftlichkeit und schnelle Abläufe diese Bauart. Innovative Technologien haben zu Verbesserungen geführt, die je nach Konstruktion mittlerweile auch mehrgeschossige Gebäude über die Hochhausgrenze hinaus ermöglichen. Konträr zur hohen Effizienz dieser Bauweise ist der relativ geringe Gestaltungsspielraum, da die Raumeinheiten an ein strenges Grundraster gebunden sind.

2.2. Modulare Raumzellen aus Holz

Der starke Anstieg für den Einsatz von dreidimensionalen Raumeinheiten im Wohnungsbau ist sicherlich auf den hohen Wohnraummangel zurückzuführen, der in den letzten Jahren vor allem in Ballungsgebieten stattgefunden hat. National wie international hat der Zuzug in das urbane Umfeld zur Folge, nachhaltige Maßnahmen der Nachverdichtung zu entwickeln und diese im Sinne einer energetisch effizienten, technologisch und ökonomisch adäquaten baulichen Umsetzung zu gewährleisten.

Aufgrund ihrer hohen Wirtschaftlichkeit – der Einsatz von vorgefertigten, fast vollständig installierten Wohneinheiten bietet zeitliche und kostenrelevante Vorteile für Produktionsmethoden und Abläufe am Bau – hat die Verwendung von fast vollständig im Werk komplettierten Raummodulen deutlich an Bedeutung gewonnen. Durch die hohe Nachfrage konnten Materialsysteme und Konstruktionsmethoden weiterentwickelt werden und entsprechend eines optimierten Einsatzes verbessert werden. Nichtsdestotrotz ist die Kostenstruktur ein relevanter Faktor, der unter Berücksichtigung von Material und Konstruktion eine ganzheitliche Betrachtung einer Planung erforderlich macht. Dadurch können die nachhaltigen Eigenschaften eines Holzbaus im Vergleich zu anderen Bauweisen adäquat gegenübergestellt und geprüft werden.

Im Vergleich zu massiven Bauweisen geht man bei Holzbausystemen von einer Kostensteigerung von bis zu 15% aus .

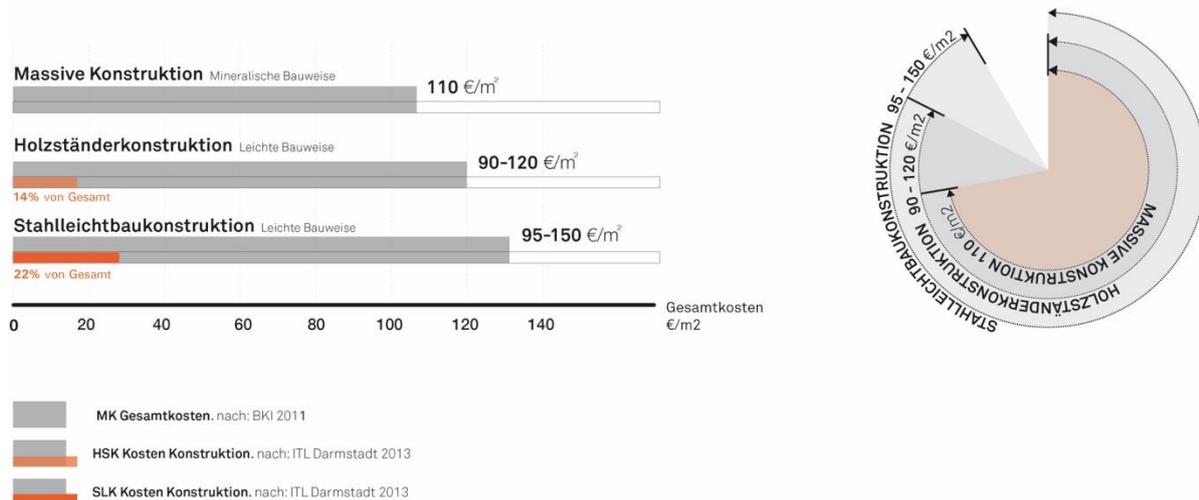


Abbildung 5: Vergleich Kostenstruktur von Außenwandkonstruktionen in Massiver Bauweise, Holzständerbauweise und Stahlleichtbau. Quelle: Jutta Albus 2015 nach BKI & ITL Darmstadt

Je nach Planungsansatz unterscheiden sich die konstruktiven Aufbauten der dreidimensionalen Raumeinheiten. Um die stringenten bautechnischen Anforderungen hinsichtlich Brand-, Schall- und Wärmeschutz zu gewährleisten, ist eine entsprechende Umsetzung eines Gebäudes erforderlich. Ob es sich hierbei um Module handelt, deren Wand- und Deckenelemente in Holzmassivbauweise oder als Holzständerkonstruktion ausgeführt werden, muss sowohl unter technischen, funktionalen, gestalterischen, als auch ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet werden. Hier kann die frühe Zusammenarbeit mit einem Industriepartner helfen, um planungsrelevante Parameter entsprechend einer günstigen Realisierung im Vorfeld zu prüfen und zu etwaige Schwachstellen zu klären. Systeme aus Materialkombinationen, bei denen der Holzbau durch Deckenelemente in Massivbauweise oder eine zusätzliche Betonlage die Brandschutzanforderungen einer höheren Gebäudeklasse gewährleistet, sind daher keine Seltenheit mehr. Während in Großbritannien Wohngebäude von acht und mehr Geschossen komplett in Holz ausgeführt werden können, sind aufgrund gebäudetechnischer Richtlinien für Deutschland, Österreich und die Schweiz alternative Maßnahmen nötig. Je nach Gebäudeklasse sind Treppenkerne und Erdgeschoßbereiche massiv auszubilden, um Flucht- und Rettungswege für den Brandfall zu schützen.

So auch für den Bau der THW-Bundesschule in Neuhausen, Nähe Stuttgart. Hier wurden 30 Apartmentmodule vorgefertigt und komplettiert zur Montage auf die Baustelle geliefert. Ursprünglich als dreigeschossiges Gebäude in Stahlbetonkonstruktion geplant, das durch das Bundesbauamt Baden-Württemberg in Auftrag gegeben und in den Jahren 2014/15 fertiggestellt wurde, führte der Einsatz von modularen Wohneinheiten für die beiden Obergeschosse zu zeitlichen und damit kostentechnisch so bedeutsamen Einsparungen, dass eine bauliche Umsetzung der Apartments als dreidimensionale Einheiten in Brettsperrholzkonstruktion erfolgte. Im Laufe von ca. 6 Wochen wurden die jeweils 14m² großen Module inklusive Sanitäreinheit, Stauraum, und Arbeitsplatz in der Produktionsstätte komplettiert und innerhalb von 6 Tagen auf der Baustelle montiert. Die niedrige Geschoßhöhe und die konstruktive Dopplung von Boden- und Wandbauteilen machte zusätzliche Brandschutzmaßnahmen unnötig. Für die Einhaltung schallschutztechnischer Richtlinien war eine zusätzliche Schüttung im Deckenbereich von 5 cm notwendig, die zu einem Gewicht der Module von ca. 5 Tonnen pro Einheit führte. (Abbildung 6)

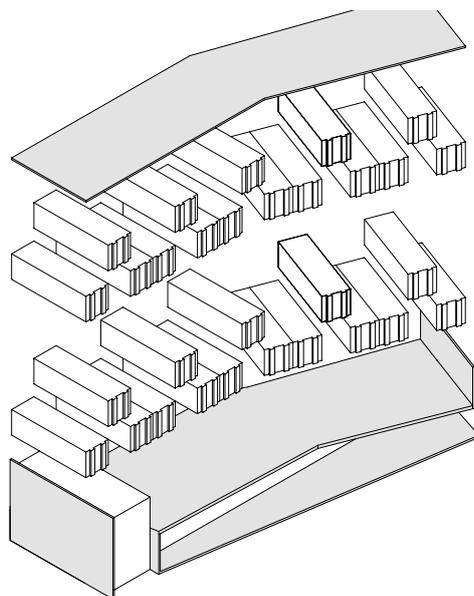


Abbildung 6: Konstruktionstypologie THW-Bundesschule, Neuhausen (D).
Quelle: Jutta Albus 2017 nach Hochbauamt Reutlingen

Alternativ zu BSP-Wand- und Deckenelementen können auch Holztafelelemente eingesetzt werden. Besonders im mehrgeschossigen Wohnungsbau müssen aufgrund der Brandschutzvorschriften Richtlinien eingehalten werden, die bei dieser Bauweise eine Kapselung der Bauteile erforderlich machen. Kaden Lager Architekten, die schon im Jahr 2008 mit einem Wohnhaus an der Esmarchstrasse in Berlin mit dieser Bauweise Erfahrung gesammelt haben, optimieren ihre Herangehensweise und nutzen die Vorteile einer Hybridkonstruktion aus Holz- und Stahlbeton für Ihr neuestes Wohnungsbauprojekt J1 in Heilbronn. Das 34m hohe Haus, dessen primärer Baustoff Holz sein wird, hat 10 Geschosse und markiert den Eingang des neuen Stadtteils, der im Zuge der Bundesgartenschau geplant wird.

Neue Materialkombinationen und technische Fortschritte haben zu höchst innovativen Lösungen im Wohnungsbau mit Holz geführt. Der Baustoff birgt vor allem im Bereich des nachhaltigen Bauens große Potentiale, und der immer größer werdende Zuspruch unter Architekten und Planern sorgt für eine Anpassung baulicher Regelwerke um einen häufigeren Einsatz zu begünstigen und Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern.

2.3. Bauteilverhalten bei Hybridkonstruktionen

Ökonomische und energetische Faktoren sind im Hochbau heutzutage nicht mehr wegzudenken. Im Geschoßwohnungsbau wurden Konzepte entwickelt, die diese Eigenschaften berücksichtigen und zum eigentlichen Treiber in der Entwicklung machen. Durch die intelligente Kombination von Materialien werden insbesondere für den neuen Holzbau neue Konzepte durch innovative Konstruktionstechnologien möglich.

Mittels Materialkombinationen, wie z.B. die Verbindung von Holzmassivbauweisen und Stahlbetonelementen werden die zuvor rein wirtschaftlichen Aspekte von industriellen Bauweisen durch ökologische Qualitäten verbessert und gewährleisten so einen zukunftsfähigen Einsatz.

Ausgehend von Hermann Kaufmanns frühem Beispiel des Life-Cycle Towers in Dornbirn hat sich die Holz-Betonverbundbauweise in einigen Bereichen etabliert, und internationale Beispiele zeigen den progressiven Umgang mit Verbundbauteilen im Geschosßbau. Prototypische Studien, wie z.B. die vom US-amerikanischen Architekturbüro SOM aus Chicago, in der ein Einsatz von Hybridbauteilen im mehrgeschossigen Wohnungsbau vergleichend zu einem 40-geschossigen Bestandsbau aus Stahlbeton betrachtet wird, sind genauso aktuell wie bereits realisierte Projekte, z.B. das 14-geschossige Studentenwohnheim Brock Commons in Vancouver, Canada. Beide Projekte, das Case-Study Projekt des 40 Stockwerke hohen Timber-High Rise aus Chicago genauso wie das primär aus Brettsperrholz bestehende Wohnheim in Vancouver stellen anschaulich dar, wie die Kombination aus vorgefertigten Komponenten und neue Materialkombinationen zu hervorragenden Ökobilanzen, und gleichzeitig zur gesteigerten Akzeptanz bei Baubeteiligten und Nutzern führen.

3. Zukunftsfähigkeit von Konstruktionen

Um bei der Konzeption und Umsetzung von Gebäuden in der heutigen Zeit nicht nur den hohen Anforderungen auf energetischer, technologischer und ökonomischer Ebene nachzukommen, sondern gleichzeitig gestalterische und architektonische Qualität sowie soziokulturelle Akzeptanz zu erreichen, ist für Planer und Bauschaffende die sehr umsichtige und besonders vielseitige Entwicklung einer Bauaufgabe essentiell. Inwieweit im Vorfeld über Maßnahmen aus dem Bereich Vorfertigung oder industrialisierte Bauprozesse nachgedacht wird bzw. diese in die Planung integriert werden, ist individuell verschieden und je nach entwurfstechnischer Aussage mehr oder weniger leicht umsetzbar. Generell kann man jedoch sagen, dass eine Herangehensweise, die durch systematisierte Bauweisen und der Berücksichtigung von bauindustriellen Produkten zur Steigerung von wirtschaftlicher Effizienz und qualitativen Arbeitsausführung führt, unterstützt wird. Auch wenn Form und Umfang, in der eben solche Verfahren eingesetzt werden, anpassbar ist, so ist eine frühe Berücksichtigung für die architektonische Entwicklung von Bedeutung und hat demnach einen großen Einfluss auf die architektonische Gestalt. Durch die Kenntnis von Materialanwendungen, Bauweisen und spezifischen Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Systeme können sowohl die Architektur als auch der gesamte Bauprozess für die Zukunft optimiert und verbessert werden.