5. Jahrgang / Mai 2014 / **Nr. 3**

bauaktuell

Baurecht – Baubetriebswirtschaft – Baumanagement

Herausgegeben von
Detlef Heck / Georg Karasek / Arnold Tautschnig

Interview mit Christoph M. Achammer
Bauherren begreifen auch heute den Vorteil der integralen Planung noch nicht wirklich

Bernhard Köck
Bietergemeinschaften und Kartellrecht

Florian Gschösser/Holger Wallbaum
Ökologische und ökonomische Bewertung von Schweizer Nationalstraßen

Jürgen Koppelhuber/David Zügner/Detlef Heck
Kalkulation von mehrgeschoßigen Holzwohnbauten

Georg Fröch
Systematische Optimierung von Immobilienprojektentwicklungen

Wolfgang Hussian
Aus der aktuellen Rechtsprechung

Das letzte Wort hat Rainer Kurbos

www.lindeverlag.at

Linde

Bewertungskriterien und deren Auswirkung in der Kalkulation von mehrgeschoßigen Holzwohnbauten

Jörg Koppelhuber / David Zügner / Detlef Heck

In den vergangenen 20 Jahren hat mit neuen technischen Erkenntnissen und Entwicklungen der moderne Holzbau einen positiven Trend in der Bauwirtschaft vollzogen. Was vor einigen Jahren mit dem Baustoff Holz undenkbar war, kann heute mit neuen Baumaterialien aus dem Werkstoff Holz realisiert werden. So wurden mit Hilfe neuester Materialtechnologie Systeme geschaffen, welche es erlauben, die statische Eingeschränktheit eines linienförmigen Baustoffs aufzuheben und in flächiger Anwendung zu kompensieren. Dies ermöglicht das mehrgeschoßige Bauen mit Holz, welches aber derzeit durch gesetzliche Rahmenbedingungen, nicht aber durch die Eigenschaften des Materials selbst, erheblichen Einschränkungen unterliegt.

Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber
ist Universitätsassistent am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der Technischen Universität Graz.

DDipl.-Ing. David Zügner
ist Mitarbeiter einer technischen Abteilung eines österreichischen Baukonzerns.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck
lehrt am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der Technischen Universität Graz.

1. Einleitung

Erfahrungsgemäß sind die Argumente für die Verwendung von Holz im mehrgeschoßigen Wohnbau hauptsächlich im ökologischen Spannungsfeld eines modernen Baustoffs zu suchen, nicht jedoch in der monetären Bewertung und Vergleichbarkeit zu traditionellen Baustoffen. Entgegen vielen, teils nicht wissenschaftlich fundierten Betrachtungen, bietet Holz im mehrgeschoßigen Wohnbau durchaus die Möglichkeit eines kostengünstigen vergleichbaren Baumaterials. Dies gilt es zu belegen und zu verifizieren.

Im vorliegenden Beitrag wird die Untersuchung zu einer Projektstudie vorgestellt, die eine neutrale und vergleichbare Kostenbetrachtung von mehrgeschoßigen Wohnbauten mit unterschiedlichen Baustoffen beinhaltet. Die Fragestellung der Auswirkung bei der Anwendung des Baustoffs Holz im mehrgeschoßigen Wohnbau wird aus Sicht der Herstellkosten im Folgenden beleuchtet.

2. Ausgangssituation des mehrgeschoßigen Holzwohnbaus

Zur Beurteilung der Ausgangssituation im mehrgeschoßigen Holzwohnbau in seiner Gesamtheit und seiner bauwirtschaftlichen Auswirkung im Detail bedarf es vorab einiger Ausführungen.

2.1. Der Markt im mehrgeschoßigen Holzwohnbau

In Mitteleuropa hat der Bau von mehrgeschoßigen Holzhäusern eine lange Tradition. Bereits vor Jahrhunderten wurden Gebäude aus dem Baustoff Holz mit fünf und mehr Geschoßen errichtet und dominierten den Wohnbau. Strikte Brandschutzverordnungen und der Weg in die Industrialisierung anderer Baustoffe sorgten beinahe für eine vollständige Verdrängung dieses Baustoffs im Wohnbau. Durch die Entwicklung neuer Holzprodukte in den vergangenen 20 Jahren, wie beispielsweise Brettsperrholz, konnte der mehrgeschoßige Holzbau wieder Fuß fassen. Der Marktanteil dieser Bauweise am gesamten österreichischen Baugeschehen ist allerdings gering. Abbildung 1 auf Seite 96 stellt in der linken Seite der Grafik den Anteil des Holzbaus in Österreich im gesamten Wohnbau und in der rechten Hälfte spezifisch für Mehrfamilienhäuser dar.

Die Daten zeigen, dass im Jahr 2008 vier von zehn genehmigten Bauvorhaben im österreichischen Wohnbau[1] in Holzbauweise ausgeführt wurden, im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus liegt der Anteil auf einem sehr geringen Niveau. Der derzeit wahrgenommene Trend deutet allerdings auf eine deutliche Zunahme des Holzbauanteils in Österreich im mehrgeschoßigen Wohnbau hin.

Durch latent vorhandene Unklarheiten in der Interpretation gesetzlicher Vorschriften und vielfach strikter Vorgaben in Bezug auf den Brandschutz wird der Holzbau großteils als „Sonderlösung“ angesehen, wodurch gerade für Planer und Bauherren eine hohe Unsicherheit bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich des Baumaterials besteht.

Trotz dieser Vorbehalte konnten in den vergangenen Jahren in Europa zahlreiche herausragende Projekte entstehen. Beispielhaft sind die bereits gebauten achtgeschoßigen Wohngebäude Murray Grove und Bridport House in London, der neungeschoßige Wohnbau Via Cenni in Mailand, der geplante 13-geschoßige Wohnturm Treet in Norwegen oder das zurzeit höchste Holzwohnhaus der Welt Forté Living in Melbourne mit 10 Geschoßen zu nennen. Obwohl all diese Objekte mit technischem Know-how und Holzprodukten aus Österreich umgesetzt wurden, liegt Österreich an der Umsetzung im Heimatland im Hintertreffen, jedoch zeigt die Tendenz aufgrund des Engagements einzelner Architekten, Holzbauunternehmen, Bauherren und Produzenten von Brettsperrholz in eine positive Richtung.

2.2. Technische Ausgangssituation

Mit der Entwicklung des flächenförmig wirkenden Holzbauprodukts **Brettsperrholz** (kurz: BSP) wurden gegen Ende des 20. Jahrhunderts die Möglichkeiten des mehrgeschoßigen Bauens grundlegend verändert. Brettsperrholz (englisch: *cross laminated timber*; kurz: CLT) ist ein Holzprodukt, welches aus mindestens drei rechtwinklig zueinander verklebten Brettlagen aus Massivholz besteht. Durch die kreuzweise Anordnung und Verklebung entsteht ein Material mit Scheiben-

1 Definition Wohnbau in der Studie: Einfamilienhausbau, Mehrfamilienhausbau, Zu- und Umbau.

und Plattenwirkung, das als flächiges Wand-, Decken- oder Dachbauteil eingesetzt werden kann. Damit können im Holzbau flächige oder monolithisch gedachte Architekturkonzepte, ähnlich dem mineralischen Massivbau, verwirklicht werden, da Brettsperrholz-Elemente neben der lastabtragenden auch die aussteifende Funktion im Tragwerk übernehmen. Ein weiterer positiver Aspekt liegt in der Sichtqualität für die Raumgestaltung mit einer fertigen Oberfläche.[2]

Der weltweite Markt für Brettsperrholz ist aufgrund der vorgenannten Eigenschaften dieses Produkts und der besonderen Eignung für mehrgeschoßige Bauten in stetigem Wachstum begriffen.

So wurden im Jahr 2012 zwei Drittel der weltweit produzierten Menge an Brettsperrholz in Österreich hergestellt. Dies entspricht einem Volumen von 432.000 m³ pro Jahr.[3]

Die Grenzen für das Bauen mit Holz werden stark durch die divergierenden baurechtlichen Vorschriften beeinflusst. In Österreich dürfen nach den aktuell gültigen Bauvorschriften gemäß Gebäudeklasse 4 der OIB-Richtlinien[4] viergeschoßige Gebäude in Holz errichtet werden. Ab Gebäudeklasse 5 – mehr als vier Geschoße – wird für sämtliche Bauteile ein 90-minütiger Feuerwiderstand gefordert. Diese Vorschrift beinhaltet ebenso eine nicht brennbare Oberfläche (der Euroklasse A2). Zur Einhaltung der geforderten Schutzziele kann ein Brandschutzkonzept die Kompensationen dieser Anforderungen übernehmen, das durch bauliche Maßnahmen, wie das Verkleiden mit mineralischen Materialien, oder durch anlagentechnische Maßnahmen, wie automatische Löschanlagen, erreicht werden kann. Entgegen der aktuellen Forschungslage zum Thema „Brand und Holzbau“ und den gewonnenen Erkenntnissen der letzten Jahre stellt sich die Frage der Anpassung der gültigen Vorschriften nach OIB, um dem Baustoff Genüge zu tun. Derartige Maßnahmen wirken sich auf die Herstellungskosten im mehrgeschoßigen Holzwohnbau erheblich aus.[5]

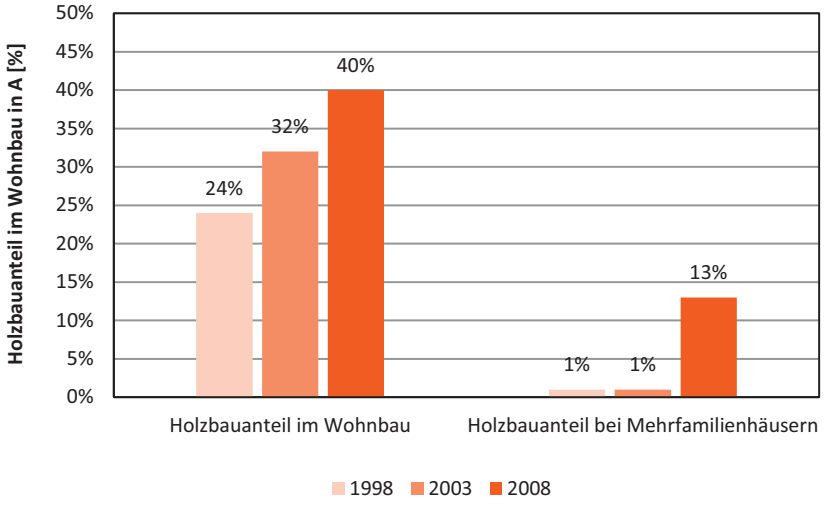


Abbildung 1: Holzbauanteil im Wohnbau in Österreich[5]

2 Vgl *Informationsdienst Holz*, Bauen mit Brettsperrholz (2012) 4.
3 Vgl *Schickhofer*, Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz (Präsentation Kolloquium ETH Zürich 2011) 12.
4 Technische Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB).
5 *Teischinger/Stingl/Zukal*, Holzbauanteil in Österreich (2011) 12.

2.3. Forderung nach qualitativen Kostenvergleichen im Holzbau

Ein qualitativer Vergleich von Bauweisen setzt gleiche oder vergleichbare Funktionen und Eigenschaften der Bauteile voraus. Haben sich die mineralischen Bauweisen, wie Stahlbeton und Mauerwerk, durch langjährige Anwendung im mehrgeschoßigen Wohnbau bereits etabliert, steht die Holz-Massivbauweise noch zahlreichen Vorbehalten gegenüber. Ein häufig anzutreffendes Argument betreffend die höheren Kosten der Holzbauweise im Bereich von 20 bis 25 % beeinflusst bei vielen Bauherren die Investitionsentscheidungen. Wissenschaftliche Betrachtungen oder fundierte Untersuchungen derartiger Feststellungen wurden bis dato nicht durchgeführt. Die hier vorgestellte Studie[6] soll einen Beitrag zur Aufbereitung dieser Faktenlage leisten.

2.4. Notwendigkeit der Schaffung von Kalkulationsgrundlagen im Holzbau

Mit der Entwicklung neuartiger Baustoffe aus Holz, die in Zusammenarbeit von Universitäten und innovativen Unternehmen getragen wurde, hat sich die Holzbauweise in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt. Hingegen sind die bauwirtschaftlichen Grundlagen, wie Kalkulationsansätze, für den Bereich des Holzbaus in der Literatur kaum zu finden. Hier verwenden die Unternehmen zumeist interne firmen- und produktspezifische Ansätze und greifen auf Erfahrungswerte zurück. Aufgrund der sehr jungen Bauweise fehlen außerdem standardisierte Leistungsbeschreibungen, sodass bei vielen Bauprojekten im Holzbau frei definierte Positionsbeschreibungen verwendet werden, die in ihrer Qualität sehr stark variieren. Dies erschwert eine rasche Bearbeitung für die Holzbaubetriebe und Ausschreibende und birgt große Risiken in der Preisbildung und Vergleichbarkeit der Angebote.

3. Grundlagen zur Kalkulation im Holzbau

3.1. Begriffliche Abgrenzungen

In Österreich ist der Ablauf einer Baukalkulation in der ÖNORM B 2061 „Preisermittlung für Bauleistungen“ geregelt. Im Vergleich zu anderen Ländern in Europa, in denen keine vergleichbare Norm und somit Kalkulationsvorschrift existiert, legt diese Verfahrensnorm ein einheitliches Schema für die Ermittlung von Kosten zugrunde. Diese Basis wird während der Zuschlagsphase sowohl bei öffentlichen als auch bei privaten Bauleistungen als wichtiges Kriterium im Vergleich der Angebote verwendet.

Die notwendigen Kalkulationsschritte zur Ermittlung der zu erwartenden Kosten für Lohn, Material und Gerät werden mittels der dafür vorgesehenen Kalkulationsformblätter und zugehöriger Hilfsblätter erfasst. Die verwendeten Schemata zur Ermittlung des Mittellohnpreises der Baustellenmannschaft, der Material- und Gerätekosten,

6 *Zügner*, Die Holz-Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau (Masterarbeit, Technische Universität Graz, 2013) 1.

welche letztendlich die Basis für die Ermittlung von Kosten einzelner Leistungspositionen bilden, sind auch für die Kalkulation von Holzbauleistungen die Grundlage und vergleichbar mit jenen konventioneller Baustoffe.

3.2. Grundlegendes zur Kalkulation von Holzbauleistungen

Der industrielle Holzbau mit sehr hohem Vorfertigungsgrad einzelner Bauelemente kann im Vergleich zum gewerblichen Holzbau, der aus der Tradition des Zimmererhandwerks entstanden ist, eher als Montagebau bezeichnet werden. Die Unterscheidung besteht lediglich darin, ob die vorgefertigten Holzbauteile vor dem Einbau auf der Baustelle vom Werkstoffhersteller direkt auf die Baustelle ohne Transport zum Zimmerer, der letztendlich die Montage vor Ort vornimmt, in dessen Produktionsstätte gebracht werden oder ob dieser selbst einzelne Halbfertigteile zu einem vorgefertigten Bauteil in seinem Werk fügt.

Daher ist die Kostenermittlung von Holzbauleistungen mit jenen von Fertigteilen anderer Baustoffe vergleichbar. Die Kalkulation dieser Leistungen hat zudem einen starken Charakter subunternehmerischer Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an Materialkosten, welche durch den Einsatz unterschiedlicher Lieferanten stark variieren können, durch den Unternehmer selbst jedoch kaum beeinflussbar sind.

Die zugehörigen Montagekosten, welche speziell im Holzbau durch den Einsatz einer überschaubaren Größe der Montagekolonne geprägt sind, sind verhältnismäßig gleichbleibend und werden nur durch den Vorfertigungsgrad, die Komplexität der Bauelemente und die Qualität der geleisteten Vorarbeiten, speziell im Übergangsbereich der Betonbauteile zum Holzbau, geprägt. Diese Montagearbeiten werden im industriellen Holzbau, ähnlich wie die Bewehrungs- und Betonarbeiten im mineralischen Massivbau, seit geraumer Zeit oftmalig ebenso von Subunternehmern erbracht; lediglich die Ausbauleistung oder der Umbau im Bestand werden des Öfteren mit firmeneigener Mannschaft durchgeführt. Somit ist auch im Holzbau in den letzten Jahrzehnten eine ähnliche Entwicklung wie jene im klassischen Betonbau mit einem hohen Fremdleistungsanteil zu erkennen. Durch die großen Volumina der Bauteile und Baukörper, speziell im mehrgeschoßigen Holzwohnbau und im Industriebau, stellt sich immer öfter die Frage an die ausführenden Unternehmen und an die Ausschreibenden, ob das Holzbauunternehmen die Generalunternehmerleistung gänzlich übernehmen soll und sich eines klassischen Baumeisters als Subunternehmer für die meist wesentlich geringere Leistung des Betonbaus bedient. Dies setzt aber voraus, dass die Bauleitung des Holzbaus auch jenen Anforderungen der Gesamtbauleistung gewachsen ist und Know-how in Fremdgewerken vorweisen kann. Andererseits spiegelt diese Tatsache wider, dass die Betonbauleistung terminlich in der Regel vor dem Holzbau umzusetzen ist und somit die Kernkompetenz des Holzbauunternehmens nicht trifft, teils sogar durch die Konkurrenzsituation am Markt oftmalig stark untergräbt.

Tendenziell wird sich der Holzbau diesen Fragen in den nächsten Jahren verstärkt widmen und die Unternehmen werden ihre Kompetenzen in materialfremden Bereichen stark erweitern müssen.

3.3. Kostenstruktur in der Holzbau-Kalkulation

Die Struktur der einzelnen zu kalkulierenden Kosten ist mit jenen der konventionellen Baustoffe vergleichbar und weist nur geringe Unterschiede auf. Es sind die einzelnen Leistungspositionen mit ihrem Anteil an Lohn, Material und erforderlichem Gerät so zu kalkulieren, wie es die Formvorschriften der ÖNORM B 2061 vorsehen.

Jedoch kommt es aufgrund des Holzbaus als Montagebau zu wesentlich geringeren Kosten im Bereich der Baustelleneinrichtung, da sich die Kosten für das Hebegerät in den einzelnen Positionen wiederfinden und damit direkt einer Leistung zuordenbar sind: Im klassischen Massivbau werden die Kosten des Hochbaukrans meistens auf die einzelnen Positionen umgelegt. Die kürzere Bauzeit des Holzbaus bewirkt durch geringere Einsatzzeiten auch eine Reduktion der Kosten von Mannschafts-, Material- bzw Magazincontainern.

Durch wesentlich kleinere Baustellenmannschaften ist im Holzbau der Einsatz von (Hilfs-) Polieren auf der Baustelle gänzlich unbekannt, da die erforderlichen Koordinationsarbeiten meist durch die Vorarbeiter, welche dem produktiven Personal zuzuordnen sind, übernommen werden.

Die Kostenstruktur für Holzbaumontagen kann daher als eher „schlank“ bezeichnet werden.

3.4. Anwendbarkeit der Kalkulationsformblätter im Holzbau

Die ÖNORM B 2061 mit ihren Kalkulationsformblättern und zugehörigen Hilfsblättern gibt das Berechnungsschema für die Kosten vor.

Das Formblatt K3 für die Ermittlung des Mittellohnpreises mit den dazu ergänzenden Hilfsblättern H1, H2A, H2B und H3 beinhaltet im Vergleich zur konventionellen Baustellenmannschaft andere Gesichtspunkte. So ist, wie bereits erwähnt, meist die Umlage des unproduktiven Personals aufgrund des Nichtauftretens nicht erforderlich. Auch die Mannschaftsstärke fällt wesentlich geringer aus, Lehrlinge werden meist nicht auf der Baustelle eingesetzt. Auch ist der dem Mittellohn zugrunde gelegte Kollektivvertrag ein anderer als jener der Bauindustrie, wobei im Holzbau entweder der Kollektivvertrag des Zimmermeistergewerbes[7] oder jener der (stationären verarbeitenden) Holzindustrie[8] verwendet wird.

Die Arbeitszeitmodelle im Holzbau richten sich ebenso eher an die klassische 39-Stunden-Woche mit Überstunden, Arbeitszeitmodelle wie

7 *Bundesinnung Holzbau*, Kollektivvertrag für das Zimmermeistergewerbe, online abrufbar unter http://portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699 (28. 2. 2014).

8 *Fachverband der Holzindustrie Österreichs*, Kollektivvertrag für die holzverarbeitende Industrie, online abrufbar unter http://www.holzindustrie.at/KV/Arbtext2013.pdf (28. 2. 2014).

lange/kurze Woche oder Dekaden und dergleichen sind hier nicht üblich und auch im Kollektivvertrag des Zimmermeistergewerbes nicht erwähnt. Daher ist die Berechnung der Aufzahlung für Mehrarbeit im Holzbau wesentlich einfacher einschätzbar und handhabbar als bei konventionellen Baustellen.

Ähnliches gilt auch für die Aufzahlungen für Erschwernisse. Im Holzbau treten im Wesentlichen die aus dem Kollektivvertrag der Bauindustrie bekannten Erschwerniszulagen für Arbeiten im Gebirge (Höhenzulage), Arbeiten im angeseilten Zustand, Hitzearbeiten und hohe Arbeiten auf, in Ausnahmefällen Zulagen für Aufsicht und Schmutz- und Abbrucharbeiten. Unbekannt sind Erschwernisse wie Trockenbohrungen, Arbeiten mit Atemschutzgerät, Arbeiten mit Stacheldraht, Säurearbeiten, Künettenarbeiten, Schachtarbeiten, Druckluftarbeiten, Wasserarbeiten, Erschütterungsarbeiten und Maurerarbeiten. Zusätzlich kennt der Kollektivvertrag der Zimmerer die Werkzeugzulage, welche im Kollektivvertrag der Bauindustrie nicht geregelt ist.

Die Berechnung der täglichen Arbeitszeit im Hilfsblatt H2B und die Ermittlung aller Dienstreisevergütungen wie Taggeld (vormals Trennung), Übernachtungsgeld, Fahrtkostenvergütung und Heimfahrten erfolgt äquivalent jener der klassischen Bauindustrie. Ebenso folgt die Ermittlung der anderen lohngebundenen Kosten wie Kommunalabgabe, Haftpflichtversicherung etc und auch der direkten und der umgelegten Lohnnebenkosten dem bekannten Schema der Bauindustrie.

Die Berechnung der Materialkosten im K4-Blatt sowie die Ermittlung von Leistungskosten im K5-Blatt tritt in der Holzbau-Kalkulation nicht auf, vor allem wenn Montageleistungen mit zugehörigen vorgefertigten Bauelementen vorkommen und diese wie ein Materialzukauf intern oder wie jene eines externen Lieferanten zu betrachten sind. Sehr wohl stellen das K4- und das K5-Blatt eine grundlegende Hilfestellung für die Produktion von Holzelementen im Werk dar.

Das klassische K6E-Blatt zur Gerätekostenermittlung nach der Österreichischen Baugeräteliste (kurz: ÖBGL) oder der ÖNORM B 2061 existiert in ganz wenigen Fällen im Holzbau. So sind lediglich Einsätze einer speziellen Baumaschine, eines Hebegeräts oder eines Montagehilfsgeräts denkbar.

Das Formblatt K6 bzw K6 A zur Ermittlung der Baustellengemeinkosten fällt in den meisten Kalkulationen im Holzbau relativ knapp aus, da bekanntlich die Baustelleneinrichtung eine eher untergeordnete Rolle spielt.

Die Kalkulation der tatsächlichen Leistungspositionen im K7-Blatt folgt analog jener der konventionellen Baustoffe. Einzig ist zu beachten, dass die Fremdleistung aufgrund des meist hohen Materialzukaufs sowie wegen der oftmaligen Vergabe der Montage an externe spezialisierte Montageteams und des Einsatzes von extern angemieteten Hebegeräten und Arbeitsbühnen einen sehr hohen Anteil ausmacht.

Der einzusetzende Gesamtzuschlag, welcher die Geschäftsgemeinkosten, die Bauzinsen, das Wagnis und den Gewinn beinhaltet, fällt ebenso in den meisten Fällen geringer aus. Dies ist einerseits auf die angespannte Lage am Baumarkt und die meist hohen Nachlässe im Falle der Auftragsverhandlung zurückzuführen, andererseits fallen aufgrund der kleineren Struktur in den Holzbaubetrieben hohe Prozentsätze für Zentralregien gänzlich weg.

Weiters ist der im Bauwesen übliche Generalunternehmerzuschlag im Falle der reinen Holzbauleistung nicht anzusetzen, da diese häufig als Subunternehmerleistung ausgeführt wird. Dies ändert sich jedoch mit der Entwicklung des Holzbaus weg vom klassischen Subunternehmer hin zum Generalunternehmer, da hier bereits erste Tendenzen zum schlüsselfertigen Bauen mit dem Baustoff Holz erkennbar werden.

4. Baubetriebliche Bewertungskriterien in der Kalkulation von mehrgeschoßigen Holzwohnbauten

Zu Beginn eines Planungsprozesses steht neben der bautechnischen Qualität für einen Investor vor allem die Höhe der zu erwartenden Kosten für ein Objekt im Mittelpunkt. Die Holz-Massivbauweise tritt dabei in Konkurrenz zu den mineralischen Bauweisen aus Stahlbeton und Mauerwerk. Ein objektiver Vergleich von unterschiedlichen Bauweisen anhand bereits gebauter Objekte ist problematisch, da sich die örtlichen Gegebenheiten des Bauortes, die Architektur, die Bauweise, die Nutzung, die spezifischen Eigenschaften der Bauteile und die Gebäudekosten oft stark unterscheiden. Die Betrachtung divergierender Bauweisen an demselben Bauobjekt lässt nur einen qualitativen Vergleich für aussagekräftige Investitionsentscheidungen zu.

Anhand einer Projektstudie in der Stadt Graz[9] werden im Folgenden Kriterien in der Kalkulation von mehrgeschoßigen Holzwohnbauten näher betrachtet. Bei der Ausführung der Tragstruktur werden die Holz-Massivbauweise in Form eines Brettsperrholzbaus und die mineralische Massivbauweise mit einer Kombination aus Stahlbeton und Ziegel unterschieden. Um die Auswirkung der Anzahl der Geschoße im Verhältnis zu den Baukosten zu veranschaulichen, wurde die Projektstudie an einem dreigeschoßigen (kurz: G3) und einem achtgeschoßigen Wohnturm (kurz: G8) jeweils als Holz-Massivbau und mineralischer Massivbau ausgeführt.

4.1. Grundlegende Betrachtung einzelner Kostenkomponenten

Die Herstellkosten sind für Bauherren in den meisten Fällen der maßgebende Faktor in der Investitionsentscheidung. Entgegen der derzeit in Österreich vorherrschenden Einstellung von Bauträgern nach einer möglichst kostengünstigen Herstellung einzelner Wohnbauten mit einer raschen, gewinnbringenden Veräußerungsmöglichkeit, sollte dem Gedanken der Betrachtung der gesamten Lebenszykluskosten eines Bauwerks Rechnung getragen werden. Da dieser Ansatz einer gesamtheitlichen

9 *Hohensinn/Strobl/Zinganel*, Timber in Town – Masterplan Konzepte (Report Graz, 2012) 1.

Betrachtung derzeit wenig Berücksichtigung findet und sich Bauwerke und Baustoffe über Quadratmeterpreise für Bau- und Errichtungskosten definieren, liegt das Hauptaugenmerk dieser Betrachtung in der Baukalkulation einzelner Bauteile.

4.2. Kriterium Vorfertigung und Montage des Rohbaus

4.2.1. Allgemeines

Der konstruktive Holzbau wird in baubetrieblicher Betrachtung dem Montagebau mit in stationären Produktionsstätten vorgefertigten und auf der Baustelle gefügten Bauteilen zugeordnet.

Durch die Werksfertigung kann eine rationell vorgeplante Produktion einzelner Bauelemente erfolgen, wodurch auf der Baustelle die Montagekosten, welche hauptsächlich durch die Lohnanteile und die Kosten für die Hebezeuge gekennzeichnet sind, maßgebend werden. Der Trend vieler Holzbaubetriebe geht in die Richtung der Vergabe der Montageleistung an spezialisierte Montageunternehmen.[10]

Durch gleichbleibende Produktionsbedingungen können die Kosten einzelner Komponenten exakt der Kostenstelle zugeordnet werden. Dies beinhaltet die bei der Fertigung und Montage entstehenden Lohnkosten ebenso wie die Fertigungsgemeinkosten. In der Zuschlagskalkulation werden diese Kosten auf die Kostenträger Lohn, Material und Fertigung umgelegt.

Die Brettsperrholzbauweise unterscheidet sich von dieser Vorfertigungs- und Montagebauweise. Der Grund liegt im Rohprodukt Brettsperrholz, das durch einen Großproduzenten meist als abgebundenes Halbfertigteil produziert und direkt auf die Baustelle geliefert wird, wobei die Weiterverarbeitung und Montage in der Regel durch einen zweiten Holzbaubetrieb erfolgt. Ein Transport der Brettsperrholz-Elemente vom Hersteller zum verarbeitenden Holzbaubetrieb zur Vervollständigung des Wandaufbaus wird nur selten durchgeführt, woraus der geringe Vorfertigungsgrad resultiert. Der Anteil der Herstellungskosten aus der Vorfertigung verschiebt sich für das ausführende Holzbauunternehmen bei der Brettsperrholzbauweise wieder auf die Montage- und Fertigungskosten der Baustelle. Daher müssen folgende Kosten in der Kalkulation der Brettsperrholzbauweise beachtet werden:

- **Lohnkosten:** Diese werden unterteilt in Lohnkosten im Rahmen der Vorfabrikation im Werk und jene der Montage auf der Baustelle. Bei der Brettsperrholzbauweise entstehen für den montierenden Holzbaubetrieb überwiegend Lohnkosten auf der Baustelle. Die Bruttomittellohnberechnung erfolgt nach den Kollektivverträgen der holzverarbeitenden Industrie[11] oder des Zimmermeistergewerbes.[12]
- **Materialkosten:** Bei den Materialkosten eines Tragelements aus Brettsperrholz muss in der Kalkulation zwischen dem Rohprodukt mit Vor- und Nachbearbeitungen und den zusätzlichen Materialien (wie Verbindungsmittel) unterschieden werden. Für das ausführende Holzbauunternehmen ist das Rohelement als Materialzukauf der wesentliche Kostenfaktor, wodurch eine große Abhängigkeit zur Zulieferindustrie entsteht.
- **Transportkosten:** Im Vergleich zur mineralischen Industrie hat die Holzindustrie aufgrund dezentraler Lagen der Produzenten größere Transportwege, welche aber durch das geringe Gewicht von Brettsperrholz-Elementen nicht als Nachteil zu werten sind.
- **Gerätekosten auf der Baustelle:** Leistungsgeräte bei Montagearbeiten von Holzbauteilen sind Krane und mobile Hebezeuge (Autokrane) sowie Hebebühnen und Steighilfen für Monteure (vgl Punkt 4.4.).

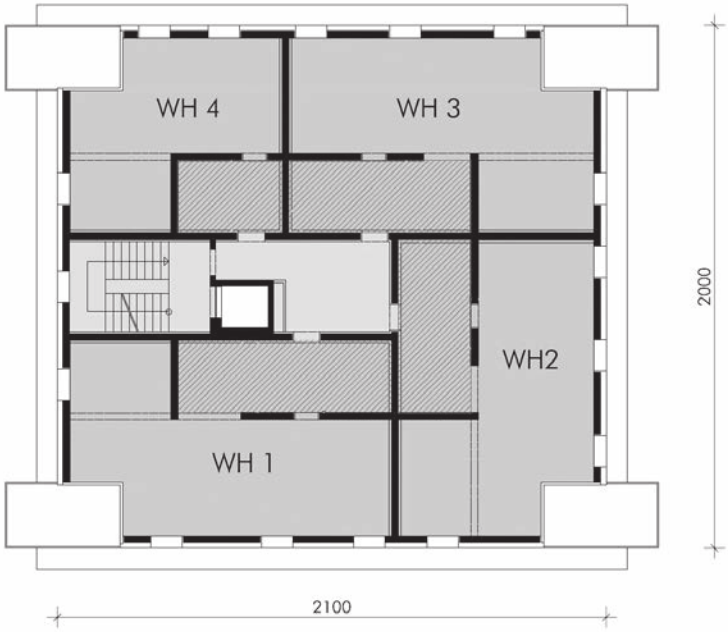


Abbildung 2: Basisgrundriss Regelgeschoß – Projektstudie Holzwohnbau in Graz[13]

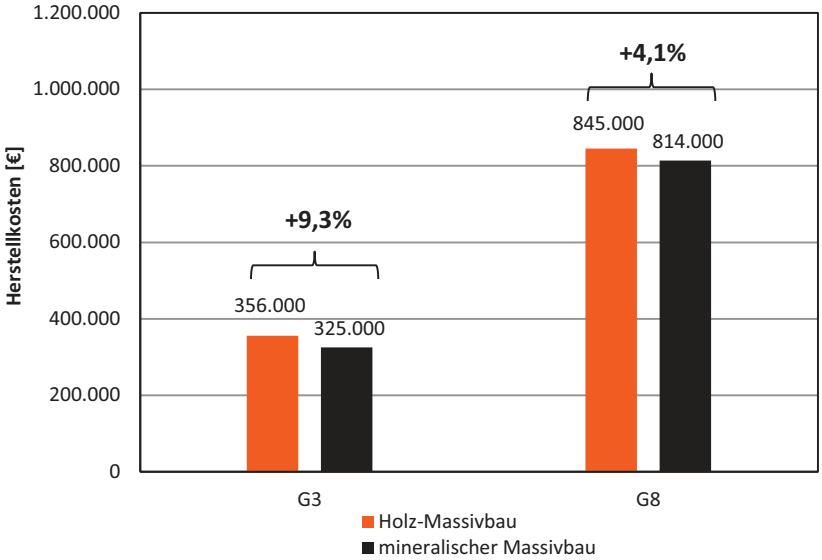


Abbildung 3: Vergleich der Herstellungskosten – Rohbau: Holz-Massivbauweise und mineralischen Bauweise für die Projekte G3 und G8 der Projektstudie

10 *Dress/Paul*, Kalkulation von Baupreisen (2000) 265.
11 Siehe Fußnote 8.
12 Siehe Fußnote 7.
13 Vgl *Hohensinn/Strobl/Zinganel*, Timber in Town, 92.

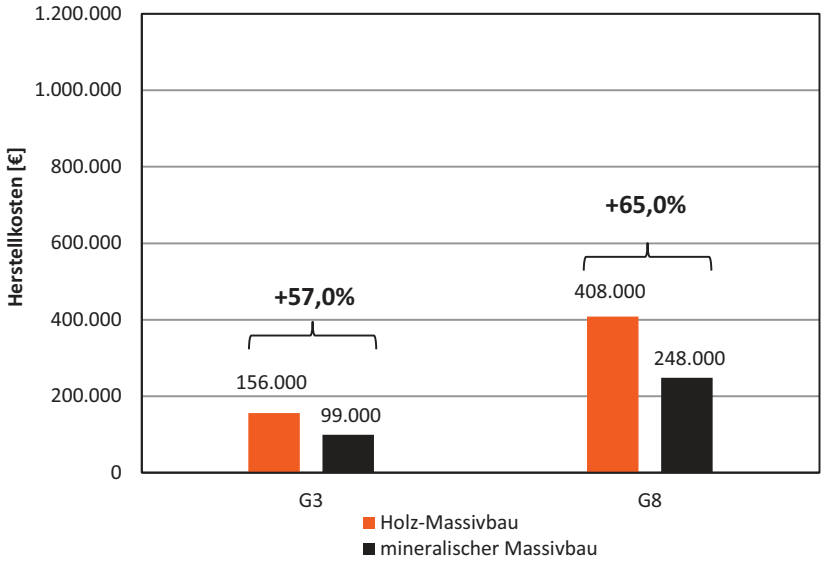


Abbildung 4: Vergleich der Herstellungskosten – Ausbau: Holz-Massivbauweise und mineralischen Bauweise für die Projekte G3 und G8 der Projektstudie

4.2.2. Projektstudie

Infolge der Untersuchung der Herstellungskosten für den betrachteten Rohbau der Projektstudie stellt sich heraus, dass die Holz-Massivbauweise im Vergleich zur mineralischen Bauweise erhöhte Kosten von rund 5 bis 10 % aufweist (siehe Abbildung 3 auf Seite 99). Dies ist hauptsächlich auf den derzeit sehr hohen Rohstoffpreis von Holz zurückzuführen.

4.3. Kriterium Ausbau

4.3.1. Allgemeines

Bauteile aus Holz unterscheiden sich aufgrund unterschiedlicher bauphysikalischer Eigenschaften erheblich von mineralischen Massivbauteilen, was ein differentes bauphysikalisches Verhalten bedingt. Um den baurechtlich geregelten Mindestanforderungen zu entsprechen, müssen die Bauweisen an die verschiedenen Ausbautätigkeiten und -stufen angepasst werden. So kann bei der Holzbauweise durch die hervorzuhebenden wärmetechnischen Eigenschaften des Baustoffs die Dimension der Wärmedämmung an den Außenbauteilen im Vergleich zur mineralischen Bauweise reduziert werden. Aufgrund der bereits erwähnten hohen Brandschutzvorschriften müssen Holzteile hingegen mit einer Innenbekleidung versehen werden. Vor allem bei mehrgeschoßigen Holzbauten der Gebäudeklasse 5 mit der Anforderung REI 90 A2[14] führt dies zu einem erhöhten Arbeitsaufwand im Bereich des Ausbaus. Durch die erforderlichen bis zu drei Schichten feuerbeständigen Gipskartonbauplatten (kurz: GKB) bzw auch Gipskartonfeuerschutzplatten (kurz: GKF) kann der natürliche Charakter der Holzoberfläche nicht beibehalten werden. Ein Vergleich internationaler Projekte zeigt, dass die brandschutztechnischen Vorschriften in Österreich derzeit noch eher konservativ einzustufen sind und nicht dem aktuellen Stand der Forschung entsprechen, wobei für 2014 eine Anpassung geplant ist.[15]

Trotz dieser aufwendigen Verkleidungsarbeiten kann im Holzbau durch die „trockene Bauweise“ ohne Aushärtungszeiten gegenüber dem Betonbau erhebliche Bauzeit eingespart werden.

4.3.2. Projektstudie

In der vergleichenden Betrachtung werden die Putz-, Trockenbau- und Wärmedämmverbundsystem-Arbeiten als Teil des Ausbaus untersucht. Auf eine Berücksichtigung der Estricharbeiten, der Schwarzdeckerarbeiten, des Einbaus von Fenstern und Türen zur Herstellung einer dichten Bauwerkshülle wird verzichtet, da sich diese Arbeiten aufgrund der geringen Unterschiede unmerklich auf die Baukosten auswirken. Daher wird der untersuchte Grad des Ausbaus als Edelrohbau[16] bezeichnet.

Die Daten in Abbildung 4 zeigen die Herstellungskosten des Ausbaus. Es wird deutlich, dass dieser der wesentliche Kostentreiber im Holz-Massivbau ist. Die ermittelten erhöhten Kosten von bis zu 65 % sind auf die strikten Brandschutzvorschriften und die damit verbundenen aufwendigen und lohnintensiven Trockenbauarbeiten zurückzuführen.

Eine Möglichkeit der Reduktion der Ausbaukosten im Holz-Massivbau könnte durch die Erhöhung des Vorfertigungsgrades der Rohelemente erzielt werden, wobei damit Tätigkeiten des Ausbaus von der Baustelle in das Werk des Holzbaubetriebs verlegt werden müssten.

4.4. Kriterium Baustelleneinrichtung

4.4.1. Allgemeines

Neben den Rohbau- und Ausbaukosten wird in der Kalkulation der Herstellungskosten die erforderliche Baustelleneinrichtung berücksichtigt. Bauwerke aus Holz weisen dabei durch ihr geringes Gewicht und die trockene Bauweise zahlreiche Vorteile auf, die sich in den Vorhaltezeiten der Baustelleneinrichtung und im Einsatz kostengünstiger Hebezeuge in den Kosten für die Baustelleneinrichtung widerspiegeln.

Die maßgebenden zu kalkulierenden Leistungsgeräte bei Montagearbeiten von Holzelementen sind Hebezeuge und Krane sowie Hebebühnen und Steighilfen für Monteure. Beim Versetzen von Brettsperrholz-Elementen werden in der Regel Autokrane eingesetzt, stationäre Hebegeräte wie Turmdrehkräne finden nur in Ausnahmefällen Anwendung, allenfalls wenn diese für in Ortbeton herzustellende Bereiche ohnehin vorhanden sind. In der Baukalkulation werden die Kosten des Hebegeräts entweder den einzelnen Positionen als Leistungsgerät zugeordnet oder in den Baustellengemeinkosten erfasst.

Durch den kurzen Einsatz der Montagemannschaft auf der Baustelle halten sich diese Kosten gering. Hilfswerkzeuge und Kleinmaterialien wer-

14 Geforderter Feuerwiderstand von 90 Minuten und Baustoffe der Euroklasse A2 (nicht brennend).

15 Vgl zB *Teibinger/Busch*, Machbarkeitsstudie eines Holzbaus in der Gebäudeklasse 5 (2007) 1.

16 Hier: komplette Rohbauarbeiten inklusive Putz-, Trockenbau- und Wärmedämmverbundsystem-Arbeiten.

den in den Fahrzeugen des Montageteams mitgeführt, womit auf Material- oder Werkzeugcontainer großteils verzichtet werden kann.

4.4.2. Projektstudie

Im betrachteten Projekt ist ersichtlich, dass durch die reduzierte Montagezeit im Holzbau und die damit verbundenen geringeren Vorhaltezeiten der Baustelleneinrichtung Einsparungen in der Größenordnung von 40 % der Herstellkosten erzielt werden können (siehe Abbildung 5).

5. Bau- und immobilienwirtschaftliche Bewertungskriterien in der Kalkulation von mehrgeschoßigen Holzwohnbauten

Neben dem essentiellen Kriterium der Baukosten ermöglichen weitere Unterscheidungskriterien einen objektiven Vergleich von Bauweisen.

5.1. Kriterium Nutzfläche

5.1.1. Allgemeines

Bauphysikalische Bauteilberechnungen einzelner Bauteile zeigen, dass tragende und nicht tragende Wände in der Holz-Massivbauweise bei geringerer Wandstärke äquivalente bauphysikalische Werte aufweisen wie jene der mineralischen Bauweisen. Reduzierte Wandstärken ermöglichen einen Zuwachs an Wohn- und Nutzfläche eines Gebäudes bei gleichbleibender Baufluchtlinie. Vor allem bei mehrgeschoßigen Wohnbauten aus Holz kann dadurch der erzielbare Miet- oder Verkaufserlös gesteigert werden.

Für den Vergleich von Bauweisen können die Bruttogeschoßfläche[17] (kurz: BGF) und die Wohn-Nutzfläche[18] (kurz: W-NF) die Basis bilden, deren Verhältnis den Ausnutzungsgrad[19] (kurz: ANG) einer Bauweise wiederspiegelt.

Ein höherer Ausnutzungsgrad kann

- einerseits durch eine größere Wohn-Nutzfläche pro Bruttogeschoßfläche mit größerem Platzangebot für die Bewohner oder
- andererseits bei gleichbleibender Wohn-Nutzfläche durch eine kleinere Bruttogeschoßfläche, somit mit geringerer Bebauungsdichte[20]

erzielt werden.

5.1.2. Projektstudie

Die Ergebnisse aus den Vergleichen der Nutzflächen an den Projekten G8 und G3 werden in Abbildung 6 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die höheren Kosten für die Errichtung des Holz-Massivbaus durch die höheren Verkaufs- oder Mieteinnahmen aufgrund der zusätzlich verwertbaren Nutzflächen bei marktüblichen Miet- bzw Verkaufserlösen[21] kompensiert und sogar übertroffen werden können.

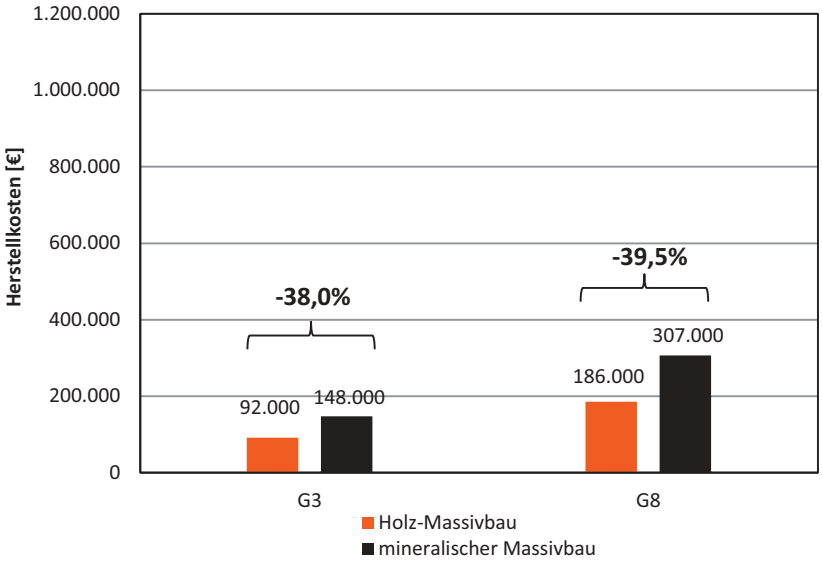


Abbildung 5: Vergleich der Herstellkosten – Baustelleneinrichtung: Holz-Massivbauweise und mineralische Bauweise für die Projekte G3 und G8 der Projektstudie

Projekt		BGF [m²]	W-NF [m²]	ANG	Differenz Wohn-Nutzf. [m²]	Differenz – Baukosten [€]	Einnahmen Verkauf [€]	Einnahmen Miete in 30 Jahren [€]
G 8	H	3.084	2.315	0,75	+ 67	+ 99.176	**+ 173.600**	**+ 277.400**
	M		2.248	0,73				
G 3	H	1.100	814	0,74	+ 23	+ 37.407	**+ 59.600**	**+ 95.200**
	M		791	0,72				

G8… 8-geschoßiger Wohnbau — H… Holz-Massivbau
G3… 3-geschoßiger Wohnbau — M… mineralischer Massivbau

Abbildung 6: Vergleich der durch den Zuwachs an Wohn-Nutzflächen zusätzlich erzielbaren Erlöse – Projektstudie

5.2. Kriterium verbaute Kubatur und Transportlogistik

5.2.1. Allgemeines

Neben den geringeren Wandquerschnitten wirkt sich vor allem das niedrigere Eigengewicht von Holz positiv in der Massenbilanz gegenüber den mineralischen Bauweisen aus, was allerdings auch eine geringere speicherwirksame Masse mit sich bringt. Weiters lassen sich neben verbesserten Schall- und Wärmeschutzeigenschaften die Anforderungen an die Tragfähigkeit des gesamten Gebäudes verringern. Dies wirkt sich im Aufwand für die Erstellung des Rohbaus ebenso aus wie in der Dimensionierung der Fundamente und im Umfang des Erdaushubs. Neben der Senkung der Baukosten hat dies zusätzlich den positiven Effekt, dass in Summe wesentlich geringere Massen transportiert werden müssen. Transportkosten stellen zwar einen geringen Anteil an den gesamten Bauwerkskosten dar, jedoch gewinnt die Reduktion der Anzahl an LKW-Bewegungen künftig vor allem in Ballungszentren und Landschaftsschutzgebieten aufgrund

17 Fläche je Geschoß, die von den Außenwänden umschlossen wird, einschließlich der Außenwände.
18 Anrechenbare Netto-Grundfläche von Räumlichkeiten in Wohnungen inklusive Nebenräumen ohne Stiegenhaus und Keller.
19 Verhältniszahl, die sich aus der Teilung der Bruttogeschoßfläche und der Wohn-Nettofläche ergibt.
20 Verhältniszahl, die sich aus der Teilung der Bruttogeschoßfläche der Geschoße durch die zugehörige Bauplatzfläche ergibt.
21 Wohnung Miete (51 bis 80 m²): € 11,50/m², und Wohnung Verkauf (51 – 80 m²): € 2.591,–/m², laut *immopreise.at*, Preisspiegel für Immobilien in Österreich, online abrufbar unter http://www.immopreise.at/PDF/2013/10/Immobilienpreise%20Steiermark%202013-10.pdf (28. 2. 2014).

des Schadstoffausstoßes und der Staubbelastung zunehmend an Bedeutung.

5.2.2. Projektstudie

Aus der Massenermittlung wurde die Anzahl der erforderlichen Baustofftransporte für den drei- und achtgeschoßigen Wohnbau berechnet. Es zeigt sich, dass die mineralische Bauweise gegenüber der Holz-Massivbauweise beim Projekt G8 die **siebenfache** und beim Projekt G3 die **zehnfache Anzahl** an Baustofftransporten für den Rohbau benötigt. Für diese Betrachtung wurden die Baustofftransporte für Beton, Ziegel und Brettsperrholz berücksichtigt, nicht jedoch all die zusätzlich erforderlichen Transporte für Schalung, Bewehrung und Hilfsmaterialien, was eine weitere signifikante Erhöhung der Transportanzahl im mineralischen Massivbau nach sich ziehen würde. Im Fall des Einsatzes der Holz-Massivbauweise kann somit neben einer Reduktion des Schadstoffausstoßes das öffentliche Verkehrssystem entlastet werden. Des Weiteren wird die Lärmbelästigung der Anrainer durch die geringere Anzahl an Transportbewegungen und die im Vergleich zu anderen Bauweisen als leise einzustufende und erschütterungsfreie trockene Montage der Holzelemente verringert.

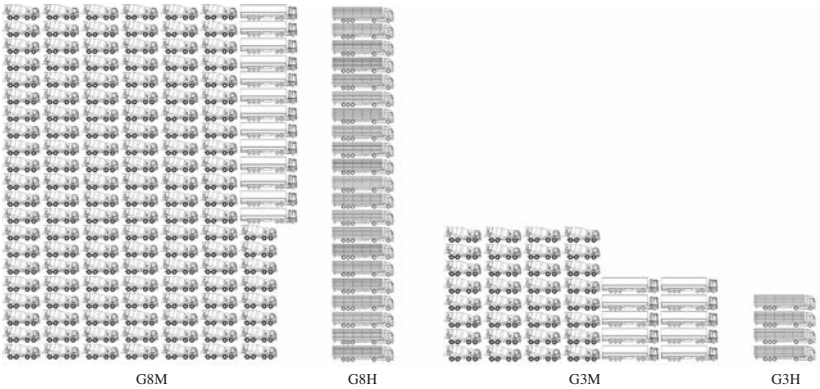


Abbildung 7: Vergleich der Transportanzahl für die Ausbaustufe 1 – Rohbau: Projektstudie

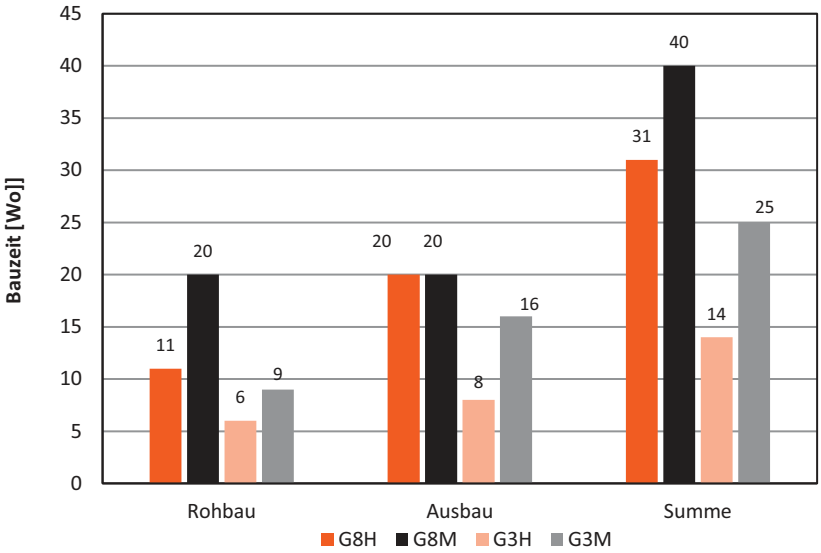


Abbildung 8: Vergleich der Bauzeiten der einzelnen Ausbaustufen – Projektstudie

5.3. Kriterium Baustellenlogistik

Ein weiteres Kriterium für den Vergleich von Bauweisen liegt in der Betrachtung von erforderlichen Baumaschinen und Baustelleneinrichtungsgegenständen. Direkt damit verbunden ist der neben dem Bauwerk zusätzlich erforderliche Platzbedarf für die Baustelleneinrichtungsfläche. Der Standort einer Baustelle mit den zugehörigen Randbedingungen stellt bei vielen Projekten das maßgebende Entscheidungskriterium für die Wahl der Bauweise dar.

Der unter Punkt 5.2. erläuterte Transport zeigt, dass die zu transportierende Masse und die damit verbundene Transportanzahl im Holz-Massivbau wesentlich geringer als im mineralischen Massivbau sind, was sich auch auf die Baustellenlogistik auswirkt. Die Lieferung der Brettsperrholz-Elemente erfolgt entsprechend dem Bauvorschritt *just in time* zur Baustelle, wodurch eine Entladung der Elemente vom LKW direkt zum Einbauort meist ohne Zwischenlagerung die Regel darstellt. In der mineralischen Massivbauweise sind bei üblichen Baustellenfertigungen die Baustoffe auf Lagerflächen zwischenzulagern. Diese Anforderung an ausreichend zur Verfügung stehende Flächen stellt im ländlichen Raum meist keine Einschränkung dar, dagegen ist diese Forderung im innerstädtischen Bereich oftmals ausschlaggebend.[22]

5.4. Kriterium Bauzeit – Edelrohbau

5.4.1. Allgemeines

Die Herstellungsdauer eines Bauwerks hängt unter anderem vom Vorfertigungsgrad der einzelnen Elemente ab. Der industriell gefertigte Holzbau kann durch vorproduzierte Elemente in kurzer Zeit eine geschlossene Hülle schaffen und einen raschen Beginn der Ausbauarbeiten ermöglichen. Eine Verkürzung der Bauzeit wirkt sich einerseits positiv auf die Höhe der Baukosten und anderseits auf die Zeiträume der Zwischenfinanzierung aus, speziell wenn bei mehrgeschoßigen Wohnbauten bei geeigneter Bauablaufplanung das Mietobjekt früher vermietet werden kann.

5.4.2. Projektstudie

Aus den Bauzeitplänen des untersuchten Projekts können die in Abbildung 8 dargestellten Bauzeiten entnommen werden. Die darin berücksichtigten Daten beinhalten die Herstellung des Rohbaus inklusive Putz-, Trockenbau- und Wärmedämmverbundsystem-Arbeiten. Keine Berücksichtigung finden die Schwarzdeckerarbeiten, der Einbau von Fenstern und Türen sowie die Installations-, Sanitär- und Estricharbeiten.

Die schnelle Montage der Holz-Massivbauweise kann vor allem während des Rohbaus Bauzeit gegenüber der mineralischen Massivbauweise einsparen. Hingegen ist im Ausbau beim achtgeschoßigen Wohnbau kein Zeitgewinn für die Holz-Massivbauweise erkennbar. Der Hauptgrund dafür liegt in den anzuwendenden Brandschutzvorschriften, welche eine lohnintensive Verkleidung

22 Vgl *Tichelmann* ua, Schwerpunkt Wirtschaftlichkeit – Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus (2008) 11.

der Holzelemente erfordern. Im Gegensatz dazu wirken sich beim dreigeschoßigen Wohnbau, trotz der kurzen Gesamtbauzeit, die auftretenden Austrocknungszeiten der mineralischen Baustoffe wesentlich auf die Ausbauzeit aus.

Eine weitere positive Eigenschaft der Brettsperrholzbauweise ist die jahreszeitliche Unabhängigkeit in der Errichtung. Die „trockene“ Bauweise ermöglicht eine Montage ebenso in den Wintermonaten bei auftretendem Frost. Gegenüber den konventionellen Massivbauweisen sind keine kosten- und zeitintensiven Maßnahmen bei Kälte aufgrund der vorhandenen Baustoffeigenschaften für den Rohbau erforderlich. Die erforderlichen Austrocknungszeiten, die durch den Feuchtigkeitseintrag ins Bauwerk entstehen, können bei terminkritischen Projekten oftmalig zu bauphysikalischen Problemen und längeren Bauzeiten führen. Die im Baugewerbe nur mehr zum Teil übliche arbeitsfreie Zeit der Wintermonate wird stark reduziert. Ein zu beachtendes Kriterium in Bezug auf die Bauzeit von Brettsperrholzbauten kann länger anhaltender (Dauer-)Regen darstellen, vor allem dann, wenn fertige Oberflächen in Form von Brettsperrholz-Sichtbauteilen zum Einsatz gelangen. Dies kann durch geeignete Schutzmaßnahmen kompensiert werden kann. Kurze, teils auch starke Regenereignisse stellen keinen wesentlichen Einfluss in der Montage dar.

5.5. Weitere bauwirtschaftliche Bewertungskriterien

Neben den vier hier erwähnten Kriterien können noch weitere Aspekte für den Vergleich von Bauweisen herangezogen werden. Vor allem Themen wie Nachhaltigkeit, Life-Cycle-Kosten oder die CO_2-Neutralität von Gebäuden gewinnen aktuell stark an Bedeutung und werden in zukünftigen Investitionsentscheidungen eine wesentliche Rolle spielen.

6. Auswirkungen unterschiedlicher Bewertungen

6.1. Auswirkung der baubetrieblichen Bewertungskriterien

Das Ergebnis des Vergleichs der betrachteten Bauweisen zeigt, dass die Herstellungskosten der mineralische Massivbauweise im drei- und achtgeschoßigen Wohnbau zwischen 7 und 10 % geringer sind als jene der Holz-Massivbauweise.

Um einen objektiven Vergleich der betrachteten Gebäudevarianten und Bauweisen zu ermöglichen, muss eine einheitliche Basis für den Vergleich definiert werden. Für einen Investor und/oder Bauherrn sind bei mehrgeschoßigen Wohnbauten die erzielbaren Verkaufs- oder Mieterlöse das wesentlichste Kriterium seiner Investition, die bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden müssen. Diese Erlöse stehen im direkten Verhältnis zu den verkauf- bzw vermietbaren Flächen eines Gebäudes. Für die nachfolgenden Betrachtungen wurde diesem Grundgedanken folgend der Vergleich der Wohn-Nutzfläche als Hauptbezugsfaktor gewählt.

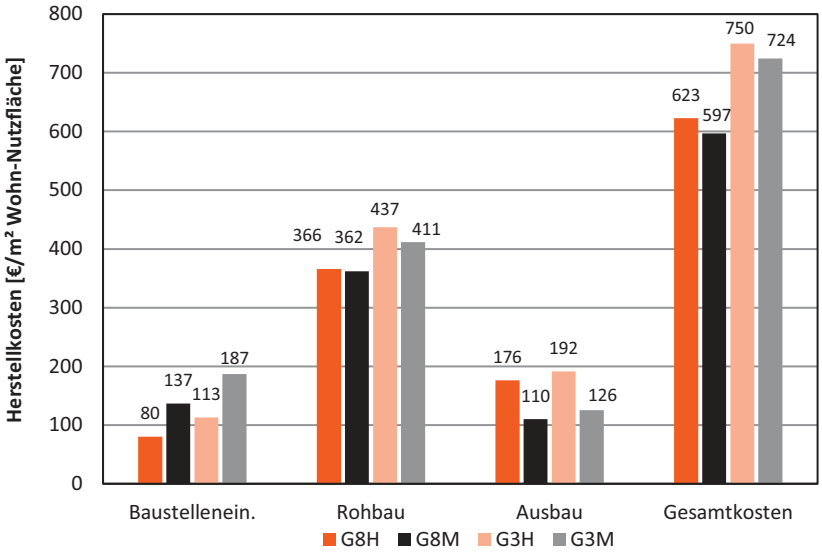


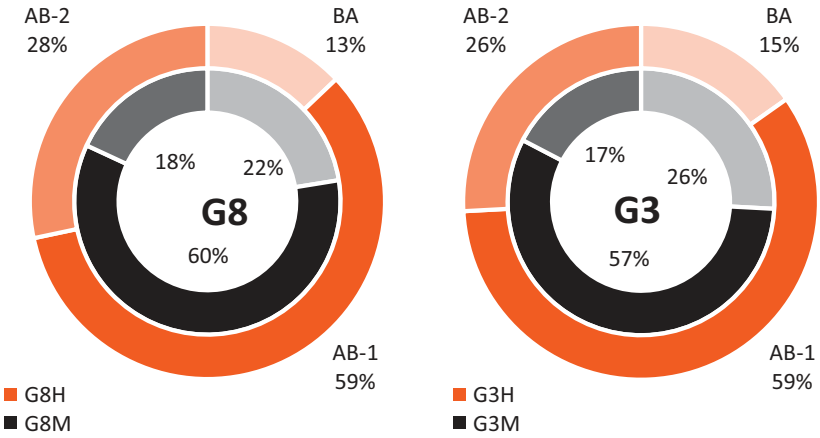
Abbildung 9: Vergleich der Herstellungskosten Edelrohbau bezogen auf die Wohn-Nutzflächen, aufgeteilt in die einzelnen Ausbaustufen – Projektstudie

In den Kalkulationen der Projektstudie (vgl Punkte 4.2. bis 4.4.) wurden die Herstellungskosten des Edelrohbaus, gegliedert in die Baustelleneinrichtung, die Ausbaustufe Rohbau und die Ausbaustufe Ausbau jeweils separat ermittelt. Diese ermittelten Baukosten werden in Abbildung 9 im Verhältnis zu den zugehörigen Wohn-Nutzflächen anschaulich dargestellt.

Der Vergleich der Gesamtherstellungskosten Edelrohbau bezogen auf Quadratmeter Wohn-Nutzfläche zeigt, dass der achtgeschoßige Wohnbau sowohl im Holz-Massivbau als auch in der mineralischen Massivbauweise um rund 20 % geringere Kosten verursacht als die dreigeschoßige Ausführung. Zurückzuführen ist dies auf die einmalig auftretenden Kosten der Baustelleneinrichtung sowie die Herstellungskosten der Fundamente, welche beim Projekt G8 auf eine wesentlich größere Wohn-Nutzfläche umgelegt werden können.

Es zeigt sich, dass die Kosten des Rohbaus, sowohl bezogen auf die Quadratmeter herzustellender Wand- und Deckenbauteile als auch bezogen auf die Quadratmeter Wohn-Nutzfläche, in der Holz-Massivbauweise ebenso wie in der mineralischen Massivbauweise in etwa gleich hoch sind. Hingegen weist der Holzbau aber den wesentlichen Vorteil der kürzeren Bauzeit und den damit verbundenen geringeren Baustelleneinrichtungskosten auf. Ein großer Unterschied in der Kostenbetrachtung kommt im Bereich des Ausbaus zustande. Durch die erwähnten strikten Brandschutzvorschriften bei mehrgeschoßigen Gebäuden aus dem Baustoff Holz ist im Ausbau der als hoch einzustufende Lohnanteil im Trockenbau der wesentliche Kostenfaktor, wobei sich dies auch in den Materialkosten durch den Mehrverbrauch an Brandschutzverkleidungen niederschlägt.

Abbildung 10 auf Seite 104 zeigt die prozentuelle Aufteilung der betrachteten Ausbaustufen in Relation zu den Gesamtkosten des Projekts – links dargestellt das achtgeschoßige Bauwerk, rechts das dreigeschoßige. Es ist erkennbar, dass bei beiden



BE... Baustelleneinrichtung

AB-1... Ausbaustufe 1 – Rohbau
AB-2... Ausbaustufe 2 – Ausbau

Abbildung 10: Prozentueller Anteil der Kosten der einzelnen Ausbaustufen am Gesamtbauwerk – Projektstudie

Bauweisen die Kosten für die Baustelleneinrichtung bei steigender Größe des Projekts – in diesem Fall die Geschoßanzahl – sinken. Des Weiteren sind die massiv höheren Kosten des Ausbaus in der Holz-Massivbauweise deutlich erkennbar.

6.2. Auswirkung bauwirtschaftlicher Bewertungskriterien

Bei der Betrachtung der bauwirtschaftlichen Bewertungskriterien können folgende Erkenntnisse zusammengefasst werden:

- **Wohn-Nutzfläche:** Durch die geringeren Wandstärken der Holz-Massivbauweise können Zuwächse in der Wohn- und Nutzfläche generiert werden. Die Projektstudie zeigt, dass die Wohn-Nutzfläche durch die Verwendung der Holz-Massivbauweise um rund 3 % ansteigt. Für den achtgeschoßigen Wohnbau ergibt sich dadurch ein Flächenzuwachs im Vergleich zur mineralischen Bauweise von 67 m², wodurch aufgrund der zusätzlichen Miet- bzw Verkaufserlöse die erhöhten Herstellungskosten kompensiert werden können.
- **Verbaute Kubatur an Baustoffen:** Der Einsatz von Brettsperrholz in der tragenden Struktur reduziert das Gewicht der gesamten Konstruktion des Bauwerks zwischen 80 und 90 %. Die Folgen sind die geringeren Dimensionen der Rohbaukonstruktion und der erforderlichen Fundierung, wobei sich die geringere speicherwirksame Masse nachteilig auswirkt. Daraus hervorgehend kommt es zur Reduktion der Anzahl der LKW-Bewegungen im Baustofftransport und zu einer wesentlich geringeren Emissionsbelastung.
- **Verkürzung der Bauzeit:** Im Holzbau kann durch die trockene Bauweise und die raschen Montagemöglichkeiten vor allem in der Ausbaustufe Rohbau eine Verkürzung der Bauzeit zwischen 40 bis 50 % erzielt werden. Dieser Vorteil wirkt sich auf die Höhe der Baukosten insgesamt, aber vor allem auf die reduzierte Zeit der Zwischenfinanzierung aus. Wird die Summe der reduzierten Herstellzeiten in den betrachteten Ausbaustufen herangezogen, ergibt sich eine Reduktion zwischen 25 und 45 % der Bauzeit.

Es kann festgehalten werden, dass die Holz-Massivbauweise im Vergleich zur mineralischen Bauweise in der Herstellung des Edelrohbaus eines Bauwerks geringfügig höhere Kosten verursacht. Die zusätzlichen Herstellungskosten können unter Berücksichtigung grundlegender Planungsrichtlinien im Holzbau, optimierter Grundrissgestaltung und konsequenter Projektabwicklung zum Vorteil des Holzbaus umgewandelt werden. Vor allem durch die Einführung künftiger, ökologischer Mindeststandards für die Herstellung von mehrgeschoßigen Wohnbauten kann und wird der Holzbau die positiven Eigenschaften des Baustoffs ausspielen. Der teils vom Markt bereits gestellte Wunsch nach einem verstärkten ressourcenoptimierten Bauen kann durch bestehende Lösungen im Holzbau befriedigt werden.

Schlussfolgerung

Vor allem im Bereich der Ausbaugewerke sind noch ein erheblicher Aufholbedarf und umfangreiche Forschungen der Holz-Massivbauweise nötig. Einerseits müssen die gesetzlichen Vorschriften sowie die Rahmenbedingungen zum Thema „Brandschutz“ an die aktuellen Entwicklungen des Holzbaus und an die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse angepasst werden. Andererseits können durch ganzheitliche baubetriebliche Ansätze von Holzbauunternehmen finanzielle Vorteile erwirtschaftet werden. Dies bringt durch effiziente Vorfertigung und einen hohen Vorfertigungsgrad von Wandelementen, beispielsweise mit Brettsperrholzelementen als Grundelement und Anbringung sämtlicher zusätzlicher Aufbauten im Werk, erhebliche Vorteile, welche sich in kurzer Bauzeit, hoher Qualität und somit finanzieller Leistungsfähigkeit eines Baustoffs darstellen.

Um die dafür notwendige Genehmigungs- und Planungssicherheit und folglich eine Reduktion der Herstellungskosten eines Bauwerks zu ermöglichen, ist in diesem Feld die Erarbeitung von weitreichenden Standards notwendig. Durch die Entwicklung umfassender Bausysteme als Komplettlösungen kann für den stetig steigenden Bedarf an Wohnungen der Holzbau eine maßgebliche Rolle einnehmen. Neben den klein strukturierten, gewerblich organisierten Holzbaubetrieben, werden sich in Zukunft hauptsächlich Generalunternehmer und Baukonzerne mit dem Thema „ganzheitlicher schlüsselfertiger Systemholzbau“ intensiv auseinandersetzen müssen. Durch die Zusammenarbeit von Architekten, Bauingenieuren und Unternehmern kann der Holzbau in Zukunft eine nicht wegzudenkende Größe bei der Wahl von Baustoffen im mehrgeschoßigen Wohnbau einnehmen.