

# tagungsband

27. März 2014



**HOLZBAU TRIFFT BAUWIRTSCHAFT**  
Kosten und Kalkulation im Holzbau

## IMPRESSUM

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck  
Dipl.-Ing Jörg Koppelhuber  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft  
Projektentwicklung und Projektmanagement  
Technische Universität Graz  
Lessingstraße 25/II  
8010 Graz

Telefon +43 (0) 316 / 873 6251  
Telefax +43 (0) 316 / 873 6752  
E-Mail sekretariat.bbw@tugraz.at  
Web www.bbw.tugraz.at

Titelbild:

© schluder architektur - achtplus Phase II für WSE

1. Auflage März 2014

Redaktion: Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasser verantwortlich. Vervielfältigungen, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Zustimmung der Autoren.

# I. Forum Holzbau trifft Bauwirtschaft

**Kosten und Kalkulation im Holzbau**  
**27. März 2014**

**Herausgeber**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck

Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	
Vorwort.....	
I. Heck	
Kalkulation im Holzbau.....	1
II. Koppelhuber / Zügner / Heck	
Bewertungskriterien und deren Auswirkung in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten.....	25
III. Hintersteininger / Koppelhuber / Zügner	
Mehrgeschossiger Holzwohnbau – immobilienwirtschaftlicher Vergleich zur mineralischen Bauweise.....	53
IV. Hölzl / Koppelhuber	
Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken.....	83



## Vorwort

Holzbau und Bauwirtschaft. In der Beobachtung der Branche konnte man diesen Zusammenhang bislang kaum verspüren. Zwar spricht man von der Holzwirtschaft, jedoch befindet sich aus baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Betrachtung diese Branche noch in den Kinderschuhen. Und das, obwohl die Holzwirtschaft gerade für Österreich einen bedeutenden Wirtschaftszweig darstellt.

Der Baubetrieb in der Holzwirtschaft betrifft dabei in erster Linie die Produktionsverfahren, die angewandten Technologien in den Werken und auf der Baustelle. Deren logistische Zusammenhänge, aber vor allem die effiziente, qualitätsgesicherte Montage auf der Baustelle. Die häufig zitierten Vorteile der Vorfertigung und Fertigbauweise müssen aber, - um die Leistungsfähigkeit der Holzwirtschaft zu argumentieren - , mit baubetrieblichen Erkenntnissen untermauert werden. So helfen allgemeine Plattitüden wenig, denn es zählen hier belastbare Untersuchungen zu Aufwands- und Leistungswerten, zum Platzbedarf der erforderlichen Geräte, zur Anzahl der Transporte und zu der Anzahl, aber auch der Qualität des eingesetzten Personals.

In bauwirtschaftlicher Sicht sind die Schwierigkeiten ein wenig komplexer. So bezeichnet die Bauwirtschaft all jene Vorgänge, die sich mit der Ausschreibung, der Kalkulation und der Abrechnung von Bauprojekten beschäftigt. Sehen sich die Holzbauer durch die gängigen Standardleistungsbeschreibungen derzeit benachteiligt, stellt auch die Vielfalt der unterschiedlichen Produkte ein Problem dar. Dies ist sicherlich auch eine Schwierigkeit der herstellernerneutralen Planung und Ausschreibung der Holzbauleistung.

In der Kalkulation finden die ermittelten Aufwandswerte Eingang, die den jeweiligen Bedingungen auf der Baustelle und des Vertrages angepasst werden müssen. Im Baustellencontrolling, also der Nachkalkulation werden diese Ansätze verifiziert und für neue Angebote adaptiert.

Wir denken, dass wir mit der Befassung des Baubetriebs und der Bauwirtschaft im Holzbau ein Zeichen für die Holzwirtschaft geben können. Der hohe wirtschaftliche Druck und die Konkurrenz der Baustoffe stützen diese Ansätze.

Im vorliegenden Tagungsband möchten wir Ihnen eine kurze Zusammenfassung von drei Abschlussarbeiten unseres Institutes darlegen. Sie beschreiben genau diese interdisziplinäre Schnittstelle und Betrachtung zwischen der Holzbautechnologie und dem „wirtschaftlichen Holzbau“. Sie befassen sich mit einem kalkulatorischen Vergleich von 3-, resp. 8-geschossigen Wohnbauten, einem immobilienwirtschaftlicher Vergleich zur mineralischen Bauweise sowie mit der wirtschaftlichen Betrachtung von Holz-Verbund-Decken.

Desweiteren möchten wir Ihnen die grundlegenden Hinweise für die Kalkulation im Holzbau vermitteln und Sie sensibilisieren, dass auch heute in dem Werkstoff „Holz“ nicht nur Tradition, sondern auch Fortschritt steckt.

Wir hoffen, Ihnen ein attraktives Programm erstellt zu haben und freuen uns auf Ihren kritischen Input.

Auf Ihre Anregungen, den fachlichen Diskurs und die Unterstützung von studentischen Arbeiten freuen wir uns sehr.

Graz, im März 2014

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck



# I. Kalkulation im Holzbau

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz  
detlef.heck@tugraz.at

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	2
2.	Die Gesetzes- und Normenlage .....	5
2.1.	Das ABGB.....	6
2.2.	Das Bundesvergabegesetz (BVerG) .....	6
2.3.	Die ÖNORM B 2061.....	7
2.4.	ÖNORM A 2050 .....	11
2.5.	ÖNORM B 2110 .....	12
2.6.	Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB) .....	13
3.	Bietet die Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061 DIE Lösung? .....	14
3.2.	Der ungestörte Bauablauf .....	15
3.3.	Störung der Leistungserbringung .....	16
3.4.	Mengenänderungen .....	17
3.4.1.	Geschäftsgemeinkosten.....	17
3.4.2.	Baustellen-Gemeinkosten .....	17
3.4.3.	Vorhaltegeräte und Leistungsgeräte .....	17
3.5.	Leistungsänderungen.....	18
3.5.1.	Geschäftsgemeinkosten.....	18
3.5.2.	Baustellen-Gemeinkosten .....	19
3.5.3.	Vorhaltegerät-Leistungsgerät .....	19
3.6.	Zusammenspiel der Szenarien .....	20
4.	Zusammenfassung.....	22
	Literaturverzeichnis .....	23

## 1. Einleitung

Obwohl das Bauen im europäischen Raum und speziell in den drei deutschsprachigen Ländern sehr ähnlich zu sein scheint, haben sich nach dem 2. Weltkrieg in Deutschland, der Schweiz und auch in Österreich einige „Besonderheiten“ in der Bauwirtschaft entwickelt. Gerade die Methode der Kalkulation in Österreich, geleitet durch die Verfahrensnorm ÖNORM B 2061, soll Inhalt des vorliegenden Beitrages sein.

Die Kalkulation im Holzbau zeichnet sich durch einen hohen Grad an Vorfertigung an, so dass das Thema der Gemeinkosten anders gelagert ist. Einerseits findet man in den Betrieben in der Vorfertigung Gemeinkosten, hingegen sind ebenso die klassischen Gemeinkosten auf der Baustelle Inhalt der Kalkulation. Auf diese Besonderheit sollte in Bezug auf gestörte Bauabläufe ein gesondertes Augenmerk gelegt werden, fallen doch häufig zusätzliche Aufwendungen in der Lagerung, der Disposition, oder auch in der Finanzierung, sprich der Kapitalbindung an.

Speziell die derzeit herrschende Diskussion über das den verschärften Preiskampf, niedrige Unternehmergewinne, spektakuläre Insolvenzen beweist, dass es Grund genug ist, sich mit den bauwirtschaftlichen Denkmuster auch im Holzbau zu beschäftigen.

Bevor nun das Besondere an unserer „Kalkulationsnorm“ ÖNORM B 2061 vorgestellt wird, seien einige Anmerkungen zur den Ursachen erwähnt, warum es vielfach überhaupt zu einer Diskussion über die Kalkulation und die häufig damit in Verbindung stehenden Mehrkostenforderungen kommt.

Die heutigen Bauvertragsnormen (ÖNORM B 2110, VOB/B und SIA 118) sind geprägt von der Erfahrung, dass es im Bauen immer wieder zu Änderungen kommt. Aus diesem Grund sind die Vertragsmuster darauf ausgelegt, flexibel auf Änderungen des vertraglichen Leistungs-Solls zu reagieren. Und dennoch scheint das Bauen auch die gängigen Vertragsnormen an die Grenzen der Elastizität zu führen. So postuliert Eschenbruch, dass die „Haltbarkeitsdauer von Bauverträgen begrenzt erscheint“.<sup>1</sup> Die Gründe für diese unumgängliche Anpassung des Bauvertrages liegen in dem „Bau-immanenten System“, dass nicht nur häufig baubegleitend geplant wird, sondern dass aufgrund langer Vertragslaufzeiten nicht alle in der Zukunft liegenden Eventualitäten berücksichtigt werden können. Vertragsanpassungen sind in praxi unvermeidbar, jedoch sollten die angewandten Bauverträge ebenfalls Regeln beinhalten, die Vergütungsmechanismen für solche Änderungen betreffen. Und in diesem Punkt greifen die üblichen Verträge zu kurz, da scheinbar klare Formulierungen einen erheblichen Interpretationsspielraum in der bauwirtschaftlichen und rechtlichen Auslegung beinhalten. Das daraus

---

<sup>1</sup> Eschenbruch (2013).

resultierende Konfliktpotenzial wird durch ein angespanntes Preisniveau, provoziert aus den einschlägigen Vergaberichtlinien mit einem favorisierten Billigstbieterprinzip, weiter angeheizt. Anknüpfend an eine empirische Untersuchung zu Konfliktursachen von Haghsheno / Kaben<sup>2</sup> ist eine Unterscheidung in Streitursachen und Streitobjekte sinnvoll, um in diesem Kontext die Bedeutung der Diskussion über die „Gemeinkosten“ zu verstehen.

Unter einer Konfliktursache ist ein Ereignis oder Versäumnis zu verstehen, das in einem kausalen Zusammenhang zum Entstehen eines Konflikts steht. So können beispielsweise folgende Streitursachen angeführt werden:

- Zusätzliche Leistungen
- Leistungsänderungen
- Unklarheiten im Vertrag
- Fehlerhaftes LV
- Fehlende Planunterlagen
- Mangelhafte Bauleistung
- Fehlende Vorleistung
- Fristenüberschreitung

Auffallend ist, dass für die Behandlung dieser Streitursachen in den einschlägigen Bauvertragsnormen durchaus Regelungen zu finden sind. Erstaunlicherweise liegen die Streitursachen in jenen Bereichen, für die sich Ingenieure und Architekten verantwortlich zeichnen. Der Gegenstand eines Konflikts, also die von den Vertragspartnern vordergründig behandelte und zu verhandelnde Streitfrage, ist in den meisten Fällen monetär gelagert.<sup>3</sup> Hier kann aufgrund der unten aufgeführten Streitobjekte die Frage gestellt werden, ob die aktuell angewandten Bauvertragsschablonen den realen Verhältnissen noch gerecht werden können.

---

<sup>2</sup> Haghsheno, Kaben (2005).

<sup>3</sup> Vgl. Haghsheno, Kaben (2005).

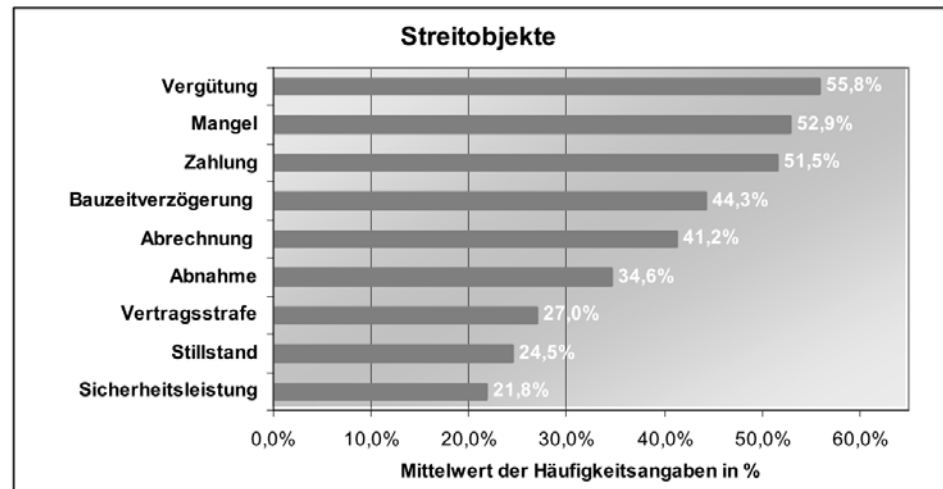


Bild I-1 Streitobjekte nach Haghsheno / Kaben<sup>4</sup>

Alleine die in Bild I-1 aufgeführten einzelnen Streitobjekte basieren auf rechtlich unterschiedlichen Anspruchsgrundlagen. Gerade in solchen Fällen obliegt es dem Baubetriebler, mit der „richtigen“ Anspruchsgrundlage den „richtigen“ Vergütungsanspruch zu ermitteln. So sind die Bauwirtschaftler häufig mit dem Problem konfrontiert, dass Juristen die Frage für sich dem Grunde nach bereits geklärt haben, diese allerdings aus baubetrieblicher Sicht eine große Anzahl an Unklarheiten aufwirft.

Dennoch; - strittig werden Vergütungsfragen erst dann, wenn zwar flexible Mechanismen vertraglich vorgesehen sind, jedoch deren monetäre Abwicklung im Unklaren bleibt. Letztendlich werden – unabhängig von einem zugrunde gelegten Einheits- oder Pauschalvertrag – nur dann Vergütungsprobleme auftauchen, wenn es zu einer Abweichung vom Bau-Ist zum Bau-Soll kommt. Gerade die Gemeinkosten sind aufgrund ihres Charakters als Umlage sehr stark von Vertragsanpassungen betroffen. Entsprechend haben Mengen- oder Leistungsänderungen oder bauzeitliche Abweichungen uU erheblichen Einfluss auf den vergütungsfähigen Anteil der Gemeinkosten.

<sup>4</sup> Vgl. Haghsheno, Kaben (2005).

## 2. Die Gesetzes- und Normenlage

Im Gegensatz zu Deutschland existiert in Österreich eine Verfahrensnorm zur „Preisermittlung für Bauleistungen“. Auch nach dem Krieg wurde in Österreich bei staatlichen Bauvorhaben mit einer Art des ursprünglichen „staatlichen Preisrecht“ der Baupreis ermittelt, jedoch begannen erste Arbeiten an der ÖNORM B 2061 bereits im Jahre 1947.

Die bis heute verfolgte Grundidee der ÖNORM war eine Trennung der Baustellengemeinkosten, der einmalige Kosten (Baustelleneinrichtung und Baustellenräumung) und zeitgebundene Kosten der Baustelle. Ein sehr fortschrittlicher Gedanke, der einen fairen Ansatz enthält und tatsächlich den realen Anforderungen an ein flexibles Baugeschehen erfüllt.

Eine Weiterentwicklung dieser flexiblen Idee der Vergütung kommt im Tunnelbau nach der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) in Form der Werkvertragsnorm ÖNORM B 2203 zum Tragen.

Gerade bei der Ausführung von Bauleistungen mit einem hohen Maschinisierungsgrad wie im Tunnelbau oder mit hohen Vorfertigungsgraden wie im Holzbau, können die zeitabhängigen Kosten einen wesentlichen Anteil der Baukosten verursachen. Umso wichtiger ist es, bei einer konstruktiven Leistungsbeschreibung eigene Positionen für die zeitabhängigen Kosten im Leistungsverzeichnis vorzusehen. Es entsteht dadurch ein Vertrag, bei welchem die anfallenden Kosten verursachungsgerecht kalkuliert werden können. Dies ermöglicht einerseits eine bessere Vergleichbarkeit der Angebote, und andererseits eine gerechtere und leistungsbezogene Vergütung bei Behinderungen, Mengen- und Leistungsänderungen.

Für das Verständnis der österreichischen Einordnung wird nachstehend kurz erläutert, welche Gesetze und Richtlinien in Bezug auf den Bauwerkvertrag und die Kalkulation vorhanden sind:<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Die nachstehenden Ausführungen orientieren sich an einer Diplomarbeit von Prühlinger (2009) am Institut für Baubetrieb. Darin sind weitergehende und ausführliche Hinweise zu den hier nur angeschnittenen Teilaspekten zu finden.

### Wichtige Gesetze und Richtlinien für Bauverträge

- Allgemein bürgerliches Gesetzbuch (ABGB)
- Bundesvergabegesetz (BVerG)
- Werkvertragsnormen, wie zB:
  - ÖNORM B 2110 Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen
  - ÖNORM B 2205 Erdarbeiten
  - ÖNORM B 2206 Mauer- und Versetzarbeiten
  - ÖNORM B 22xx ...
- Verfahrensnormen, wie zB:
  - ÖNORM B 2050 Vergabe von Aufträgen über Leistungen - Ausschreibung, Angebot und Zuschlag
  - ÖNORM B 2051 Vergabe von Aufträgen über Leistungen im Bereich der Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung - Ausschreibung, Angebot und Zuschlag
  - ÖNORM B 2061 Preisermittlung für Bauleistungen
  - ÖNORM B 2111 Umrechnung veränderlicher Preise von Bauleistungen
- Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB)

Bild I-2 Wichtige österreichische Gesetze und Richtlinien für Bauleistungen

In Bezug auf die Bestimmung von Gemeinkosten wird aus vorgenannten Gesetzen und Normen zitiert, welche in Österreich von Relevanz sind.

## 2.1. Das ABGB

Das ABGB enthält keine Regeln über den Aufbau (Positionen) eines Werkvertrages. Es sind darin ausschließlich die Rahmenbedingungen eines Vertrages festgehalten, die die Voraussetzungen für einen gültigen Vertrag und den möglichen Vertragsinhalten darstellen.

## 2.2. Das Bundesvergabegesetz (BVerG)

*„Grundsätze der Ausschreibung*

*BVerG § 79. [...]*

*(3) Die Ausschreibungsunterlagen sind so auszuarbeiten, dass die Vergleichbarkeit der Angebote sichergestellt ist und die Preise ohne Übernahme nicht kalkulierbarer Risiken und – sofern nicht eine funktionale Leistungsbeschreibung gemäß § 95 Abs. 3 erfolgt – ohne umfangreiche Vorarbeiten von den Bietern ermittelt werden können.“*

Durch eigene Positionen für zeitabhängige Kosten wird eine bessere Vergleichbarkeit der Angebote erzielt. So können diese Kosten direkt einer Vorhalteposition zugerechnet werden und müssen nicht über Umlagen zu Leistungspositionen kalkuliert werden. Handelt es sich um eine über einen längeren Zeitraum erstreckende Bauleistung, so sind nach den Vorgaben des § 79 des BVerG hierfür im LV eigene Positionen für zeitabhängige Kosten vorzusehen.

„Erstellung eines Leistungsverzeichnisses

§ 97. [...]

(3) Im Übrigen sind bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses nachstehende Festlegungen zu beachten:

1. die Gesamtleistung ist so aufzugliedern, dass unter den einzelnen Ordnungszahlen (Positionen) nur Leistungen gleicher Art und Preisbildung aufscheinen, die auf Grund von Projektunterlagen oder anderen Angaben so genau wie möglich mengenmäßig zu bestimmen sind. Leistungen, die einmalige Kosten verursachen, sind, soweit dies branchenüblicher Preisermittlung entspricht, von solchen, die zeit- oder mengenabhängige Kosten bewirken, in getrennten Positionen zu erfassen;“

§ 97 (3) Z 1 bestimmt, dass Leistungen, die zeit- oder leistungsabhängige Kosten verursachen, nicht gemeinsam mit jenen, die einmalige Kosten verursachen, in einer Position zu erfassen sind, außer wenn eine solche Preisermittlung branchenüblich ist. Welche Kosten tatsächlich einer Position zugerechnet werden, bestimmt zu einem späteren Zeitpunkt des Projektes – unter Einhaltung der vorgegebenen Regeln – jedoch der Kalkulant.

Leistungen für die Baustelleneinrichtung, wie zB das Aufstellen der Container und das Herstellen der Anschlüsse für Wasser und Strom sowie das Aufbauen von Sicherheitseinrichtungen (zB Gerüste und Absturzsicherungen) verursachen einmalige Kosten und werden branchenüblich auch getrennt von den (zeitabhängigen) Vorhaltepositionen ausgeschrieben. Hierfür sprechen auch die vorhandenen Positionen dieser Leistungen in der Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB).

Für das Antransportieren eines Baggers als Leistungsgerät wird jedoch üblicherweise keine eigene Position im Leistungsverzeichnis vorgesehen. Diese einmaligen Kosten werden auf die Leistungspositionen umgelegt.

Welche detaillierten Angaben letztendlich bei der Erstellung eines Leistungsverzeichnisses als „branchenüblich“ definiert werden, bleibt vom Gesetzgeber unbeantwortet und bedarf wohl im Einzelfall einer genaueren Festlegung. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass jene Positionen als „branchenüblich“ angesehen werden können, wenn diese in der LB-HB eigens angeführt sind.

### 2.3. Die ÖNORM B 2061

Die Verfahrensnorm ÖNORM B 2061 enthält Richtlinien für die „Ermittlung der Preise von Bauleistungen“ sowie eine Systematisierung der Kalkulation mittels standardisierten Kalkulationsblättern, den sog. K-Blättern. Diese im Anhang der Norm befindlichen Kalkulationsformblätter dienen dem öffentlichen Auftraggeber zur Angebotsprüfung.

Jedoch geht auch diese Norm von einer nahezu unerfüllbaren Prämisse aus, denn es heißt bereits in den Vorbemerkungen: „Voraussetzung einer richtigen Preisbildung – Festlegung der Preisgrundlagen und Ermittlung der voraussichtlichen Kosten(Kalkulation) – ist eine genaue Angabe der auszuführenden Leistungen.“ Dies entspricht wahrlich einer Binsenwahrheit, jedoch zeigen die aktuellen bauvertraglichen Probleme, dass es an der Einhaltung dieses Grundsatzes zur Planung und Ausführung häufig mangelt.

Entsprechend den Ausschreibungshinweisen des BVergG werden auch in der ÖNORM B 2110 bestimmte Forderungen an die Qualität der Ausschreibung gelegt, denn Leistungen sind so zu beschreiben, dass die Preise ohne umfangreiche Vorarbeiten und ohne Übernahme kalkulierbarer Risiken ermittelt werden können. Gleichzeitig soll aber die Ausschreibung die Basis darstellen, die Prüfung der Preise zu erleichtern. Die Nachprüfbarkeit der Preise spielt in Österreich eine zentrale Rolle in der Vergabephase. Allerdings würde eine Beschäftigung dieses Themas den Umfang dieses Beitrages sprengen.

Weiters wird darauf hingewiesen, dass die von der Norm ins Leben gerufene Systematik mit den Kalkulationsblättern zu einer weiten Verbreitung in der gesamten Beschaffung der öffentlichen Hand geführt hat, da die Prüfung der „Preisangemessenheit“ wesentlich erleichtert wird. So erfreut sich die ÖNORM B 2061 auch in andere Branchen und Dienstleistungen großer Beliebtheit.

### **Die Gemeinkosten in der ÖNORM B 2061**

In Bezug auf die Gemeinkosten unterscheidet die Norm folgende Kosten:

#### *3.2 Baustellen-Gemeinkosten*

*Kosten der Leistungserbringung, die den einzelnen Leistungspositionen nicht unmittelbar zugeordnet werden können. Die Kosten können auf der Baustelle oder auch im Unternehmen anfallen.*

#### *3.9 Geschäftsgemeinkosten*

*Fixe und variable Kosten für den allgemeinen Betrieb der Unternehmung, soweit sie nicht einzelnen Bauvorhaben zugeordnet werden können.*

Im Punkt 5 „ Aufbau der Kostenermittlung“ werden in Bezug auf die Ausschreibung und die Kalkulation der Gemeinkosten nachstehende Regeln aufgestellt:

#### *5.2 Baustellen-Gemeinkosten*

##### *5.2.1 Allgemeines*

*Die Baustellen-Gemeinkosten bestehen aus fixen und variablen Kosten. Sie sind grundsätzlich in eigenen Positionen zu erfassen, wobei sie gegebenenfalls nach einzelnen zeitlichen und/oder*



*technischen Abschnitten des Bauablaufes, deren Kriterien eindeutig festzulegen sind, und nach allfälligen Stillliegezeiten zu gliedern sind. Die Baustellen-Gemeinkosten sind Zuschlagsträger im Sinne von 6.1.*

*Die Baustellen-Gemeinkosten setzen sich wie die Einzelkosten, sinngemäß wie 5.1, aus Personalkosten, Materialkosten und Gerätekosten zusammen.*

*Sie gliedern sich in*

- (1) einmalige Kosten der Baustelle siehe 5.2.2*
- (2) zeitgebundene Kosten der Baustelle siehe 5.2.3*
- (3) Gerätekosten der Baustelle siehe 5.2.4*
- (4) sonstige Kosten der Baustelle siehe 5.2.5.*

#### *5.2.2 Einmalige Kosten der Baustelle (Baustelleneinrichtung und Baustellenräumung)*

*Diese Kosten umfassen im Wesentlichen die Lohnkosten für Ladearbeiten und für das Auf-, Um- und Abbauen der Baustelleneinrichtung sowie die zugehörigen Stoff-, Transport- und Gerätekosten.*

*Dazu gehören auch die Kosten der Erschließung und Inbetriebsetzung der Baustelle sowie die Kosten der Errichtung und des Abbaues von Unterkünften, Küchen, Kantinen u. dgl., für die auch eigene Positionen vorgesehen sein können.*

#### *5.2.3 Zeitgebundene Kosten der Baustelle*

*Zeitgebundene Kosten fallen bei der Leistungserbringung in annähernd gleich bleibender Höhe je Zeiteinheit an und laufen auch bei Bauunterbrechungen weiter, bei längerer Dauer der Unterbrechung allenfalls in verringerter Höhe. Diese Kosten sind in der Regel in eigenen Positionen je Zeiteinheit zu erfassen.*

*Hiezu gehören insbesondere:*

- (1) Gehaltskosten samt den Gehaltsnebenkosten (Summe der Gehaltskosten) aller für die Durchführung des Bauauftrages eingesetzten Angestellten (z. B. technische, zeitgebundene Gehaltskosten für Vermessung und Arbeitsvorbereitung);*
- (2) zeitgebundene Lohnkosten samt den Lohnnebenkosten (z. B. für unproduktives Baustellenpersonal, Bewachung, Reinigung, eventuell Bedienung von Vorhaltegeräten);*
- (3) Reisekosten des für die Durchführung des Bauauftrages eingesetzten Personals;*

(4) sonstige Kosten der Baustelle, z. B. Mieten, Beheizung, Beleuchtung, Telefon;

(5) Kosten des Betriebes besonderer Anlagen, z. B. von Aufenthaltsräumen, Unterkünften, Küchen, Kantinen, Stromerzeugungs- und Wasserversorgungsanlagen;

(6) eventuelle Betriebskosten von Baustellenfahrzeugen und Vorhaltegeräten.

#### 5.2.4 Gerätekosten der Baustelle

Dazu gehören die Kosten für Abschreibung und Verzinsung sowie Instandhaltung (Reparatur) der Geräte, wenn diese Kosten nicht gemäß 5.1 in den Leistungspositionen erfasst sind.

5.2.5 Sonstige Kosten der Baustelle Diese Kosten umfassen die Kosten der auftragsbezogenen Planung, die Kosten der Aufnahme des Probebetriebes (ohne Betriebsstoffe) und der Einschulung sowie die Kosten der Dokumentation u. dgl. Diese Kosten sind in der Regel in eigenen Positionen zu erfassen. Dazu gehören auch alle Kosten, die über die Kosten des üblichen Leistungsumfanges hinausgehen, jedoch auf Grund von Vertragsbedingungen für die Leistungserbringung erforderlich sind.

#### 5.3 Geschäftsgemeinkosten

Hiezu gehören insbesondere:

(1) Gehälter samt den zugehörigen Gehaltsnebenkosten;

(2) Löhne samt den zugehörigen Lohnnebenkosten;

[...]

Die Geschäftsgemeinkosten sind in der Regel jährlich auf Grund der entstandenen oder geplanten Kosten zu ermitteln und in einem Prozentsatz des Umsatzes oder einer anderen Bezugsgröße festzustellen. Von diesem Prozentsatz ist bei weiteren Preisermittlungen auszugehen.

#### 5.4 Sonstige Gemeinkosten

Hiezu gehören fallweise auftretende Kosten, z. B. Kosten für Gestionen (wie Abgeltungen für Geschäftsführung bei Arbeitsgemeinschaften), besondere Versicherungen, Vorfinanzierungen sowie Kosten für die Haftpflichtversicherung, sofern die Bemessungsgrundlage der Umsatz ist.

Punkt 5.2.1 der ÖNORM B 2061 legt sehr bestimmt fest, dass Baustellengemeinkosten in eigenen Positionen zu erfassen sind. Bei der weiteren Gliederung werden allerdings nur unverbindliche Richtlinien angegeben, was durch die sprachliche Verwendung des Konjunktivs

verdeutlicht wird. Man spricht hierbei zB nur mehr von „gegebenenfalls“ und „in der Regel“. Es besteht also die Möglichkeit, Baustellengemeinkosten in mehreren Positionen (Einrichten, Vorhalten, Räumen), oder gegebenenfalls in nur einer Position als Pauschale zu erfassen. In der LB-HB sind aus diesem Grund auch beide Varianten zu finden.

Die ÖNORM B 2061 sieht in Punkt 5.2.4 keine eigenen Positionen für Vorhaltegeräte vor, was auch der LB-HB entspricht. Demnach existiert nur eine Art von Vorhaltepositionen. Die allgemeinen zeitgebundenen Kosten der Baustelle (Punkt 5.2.3) werden mit den Gerätekosten der Baustelle (Punkt 5.2.3) zusammengefasst.

Dennoch besteht ein wesentlicher Unterschied beispielsweise zu der in Deutschland vorherrschenden Ausschreibungspraxis in der strikten Zuordnung der Kosten der Bauleitung zu den zeitgebundenen Kosten, die in eigenen Positionen je Zeiteinheit zu erfassen sind. Einzige Ausnahme von der Verpflichtung zur Ausschreibung der zeitgebundenen Kosten in eigenen Positionen besteht für kleinere Baustellen. Dies entspricht auch der Kalkulationspraxis vieler kleiner und mittlerer Bauunternehmen.

Die auf dem Wege der Umlage zu verteilenden Kosten beschränken sich daher auf die Allgemeinen Geschäftskosten, Bauzinsen, Wagnis und Gewinn. Das Streitpotenzial im Zusammenhang mit Nachträgen und gestörten Bauabläufen ist dadurch deutlich geringer.

## 2.4. ÖNORM A 2050

Die ÖNORM A 2050 entspricht bei der Handhabung von zeitabhängigen Kosten dem BVergG. Die betreffenden Punkte werden daher der Vollständigkeit halber aufgelistet, aber nicht weiter diskutiert.

### *ÖNORM A 2050 „5.1.2. Ausschreibungsunterlagen*

*5.1.2.1 Die Ausschreibungsunterlagen sind so auszuarbeiten, dass die Vergleichbarkeit der Angebote sichergestellt ist und die Preise ohne umfangreiche Vorarbeiten und ohne Übernahme nicht kalkulierbarer Risiken von den Bietern ermittelt werden können. ...“*

### *„5.2.4.2 Erstellen des Leistungsverzeichnisses*

*Sind für die Beschreibung oder Aufgliederung bestimmter Leistungen geeignete Richtlinien, wie ÖNORMEN oder standardisierte Leistungsbeschreibungen, vorhanden, sind diese bei Erstellung des Leistungsverzeichnisses in erster Linie anzuwenden.*

*Im Übrigen sind bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses nachstehende Festlegungen zu beachten:*

*(1) Die Gesamtleistung ist so aufzugliedern, dass unter den einzelnen Ordnungszahlen (Positionen) nur Leistungen gleicher Art und*

*Preisbildung aufscheinen, die aufgrund von Projektunterlagen oder anderen Angaben gewissenhaft und so genau wie möglich mengenmäßig zu bestimmen sind. Leistungen, die einmalige Kosten verursachen, sind, soweit dies branchenüblicher Preisermittlung entspricht, von solchen, die zeit- oder mengenabhängige Kosten bewirken, in getrennten Positionen zu erfassen.“*

## 2.5. ÖNORM B 2110

Die ÖNORM B 2110:2013 beinhaltet die Vertragsbestimmungen während der Ausführung von Bauleistungen, dennoch wird im Punkt 4.2 aufgelistet, welche Angaben und Positionen für Bauleistungen in einem Vertrag (bei Erfordernis!) vorzusehen sind.

*ÖNORM B 2110 4.2 Hinweise für die Ausschreibung und die Erstellung von Angeboten*

### *4.2.3 Eigene Positionen*

*In den Leistungsverzeichnissen sind erforderlichenfalls eigene Positionen für folgende Leistungen vorzusehen [...]*

#### *6) Baustellen-Gemeinkosten:*

*a) einmalige Kosten der Baustelle für den An- und Abtransport und das Auf-, Um- und Abbauen der Geräte (gemäß ÖNORM B 2061);*

*b) zeitgebundene Kosten der Baustelle, wobei diese gegebenenfalls nach einzelnen zeitlichen oder technischen Abschnitten des Bauablaufes, deren Kriterien eindeutig festzulegen sind, und nach allfälligen Stillienzeiten zu gliedern sind (gemäß ÖNORM B 2061);*

*c) Gerätekosten der Baustelle (Vorhaltegeräte gemäß ÖNORM B 2061);*

Auch nach der ÖNORM B 2110 gibt es keine Verpflichtung, eigene Positionen für einmalige und zeitabhängige Kosten vorzusehen, einzig mit Ausnahme, dass sie „erforderlich“ sind. Für Oberndorfer ist eine eigene Position für zeitabhängige Baustellengemeinkosten dann „erforderlich“, wenn der benötigte Zeitaufwand für eine (zu Einheits- und/oder Pauschalpreisen) zu erbringende Bauleistung nicht im Vorhinein abschätzbar ist. So kann nämlich diese Position auch bei Überschreitung der angenommenen Bauzeit zur Abrechnung herangezogen werden, indem einfach die Abrechnungsmonate erhöht werden.<sup>6</sup>

Werden trotz Empfehlung der ÖNORM B 2110 keine eigenen Positionen für diese Art der Kosten vorgesehen „und entsteht dem AN dadurch ein Schaden, kann dies zu Schadenersatzansprüchen des AG wegen culpa in

<sup>6</sup> Karasek (2010), Rdn. 171

contrahendo (Verschulden bei Vertragsschluss) führen.“<sup>7</sup> Karasek führt ebenso an, dass bei Nichteinhalten eine Sittenwidrigkeit (ABGB § 879) vorliegen kann, „etwa weil im Vertrag unkalkulierbare Risiken, die auf mangelhafte Beschreibung der Leistung zurückzuführen sind, auf den AN überwältzt werden.“<sup>8</sup>

Die Werkvertragsnormen technischen Inhaltes (ÖNORM B 22xx), welche mit der Vereinbarung der ÖNORM B 2110 auch gelten, enthalten keine zusätzlichen Bestimmungen zur Ausschreibung zeitabhängiger Kosten.

## 2.6. Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB)

Wie bereits beschrieben, sind nach dem BVergG und der ÖNORM A 2050 Positionen einer standardisierten Leistungsbeschreibung für die Erstellung eines LV zu verwenden. Sieht also beispielsweise die LB-HB eine eigene Position für eine Leistung vor, so ist diese Position auch im LV anzuwenden. Eine Abweichung hiervon ist nur in begründeten Fällen erlaubt.

Für zeitabhängige und einmalige BGK, für welche im LV keine eigenen Leistungspositionen vorgesehen sind, sieht die LB-HB Sammelpositionen vor: einerseits als Pauschale in einer Position – die Verrechnung erfolgt dann in Prozent je nach Baufortschritt – und andererseits in mehreren Positionen, wie beispielsweise „Einrichten der Baustelle, Räumen der Baustelle, Vorhalten der Baustelle“.

Ebenso sollten eigene Positionen für die zeitabhängigen Kosten vorgesehen werden, wenn Leistungen nur von kurzer Dauer sind, aber dennoch spezielle Kosten verursachen. Hier wird beispielsweise an Leistungen wie eine Wasserhaltung gedacht, da die Periode der Leistungserbringung selten deckungsgleich mit der gesamten anzusetzenden Bauzeit ist.

Weiters sind noch zeitabhängige LB-HB-Positionen für das Vorhalten von Containern, Sicherungskästen, Beleuchtung usw. vorhanden. Diese werden aber üblicherweise nur dann extra ausgeschrieben, wenn der Auftraggeber diese Leistung für sich benötigt (zB Bereitstellung eines Besprechungscontainers).

Vorhaltegeräte, wie zB Krane, Dumper, Stapler etc hat der Auftragnehmer selbst zu disponieren. Es ist ihm überlassen, wie viele Krane er benötigt. Vorhaltegeräte werden aus diesem Grund nur in Einzelfällen in eigenen Positionen ausgeschrieben und sind in der Regel der Sammelposition für zeitabhängige Kosten zuzurechnen.

<sup>7</sup> Karasek (2010), Rdn. 39

<sup>8</sup> Karasek (2010), Rdn. 39

### 3. Bietet die Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061 DIE Lösung?

Und dennoch muss nach der Vorstellung der österreichischen Gesetzes- und Normenlage an ein Zitat Wanninger<sup>9</sup> angeschlossen werden:

*„... Das Streitpotential im Zusammenhang mit Nachträgen und gestörten Bauabläufen ist dadurch deutlich geringer. Die von deutschen öffentlichen Auftraggebern vorgetragenen Bedenken gegen eine derartige Ausschreibungspraxis führen im Gespräch mit österreichischen Fachleuten zu verständnislosem Schulterzucken.“*

Gerade vor diesen Äußerungen über den „österreichischen Weg“ im Umgang mit den Gemeinkosten muss die euphorische Stimmung etwas gedämpft werden.

Sicherlich gibt der Auftraggeber resp. die ihm zugehörigen Planer und Ausschreibungsersteller über die Ausschreibung und die LV-Struktur die Regeln und Detailtiefe der Kalkulation vor. Durch gezieltes „Weglassen“ von geeigneten Positionen zur Kalkulation von Gemeinkosten zwingt man die Bieter zur Bildung von Umlagen. An dieser Stelle darf allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass die standardisierten Leistungsbeschreibungen dem Ausschreibenden, aber auch dem Bieter, ein Korsett vorgegeben, wie er welche Kosten „verursachungsgerecht“ zuzuordnen, also zu kalkulieren, hat. Je detaillierter ein Leistungsverzeichnis, desto exakter können beispielsweise auch im Bereich der Gemeinkosten einzelne Bestandteile gefasst werden. Nur wird dieser Weg durch die gängige Praxis häufig konterkariert.

Die VOB/B eröffnet mit ihrer 10%-Klausel in Bezug auf die Mengen bereits einen „kalkulatorischen Spielraum“, der sich in der ÖNORM B 2110 sogar auf 20 % erhöht, also ein Spektrum von insgesamt 40 % (!) zulässiger Mengenabweichung. Für den Ingenieur und speziell den Kalkulator ist es selbstredend, dass diese Bandbreite auch die „Leitplanke“ darstellt, in der beispielsweise umgelegte Gemeinkosten „variabel“ kalkuliert werden können. Mit der Mengenklausel werden durch die einschlägigen Bauvertragsnormen Risiken auf beide Vertragspartner übertragen, die ausschließlich von den Ausführungsmengen abhängen.

#### **Bauwirtschaftliche Gedanken zum Thema der Gemeinkosten**

Im Folgenden sollen aus bauwirtschaftlicher Sicht die Probleme in Bezug auf die Gemeinkosten angerissen werden, die trotz eindeutiger normativer Regelungen immer wieder auftreten. Diese entstehen nur bei einer Störung des vertraglichen vereinbarten Gleichgewichts, welche sich aus den Themen Mengen, Zeit, zu erbringende Leistung usw. ergeben. Die unten

<sup>9</sup> Wanninger (2006).

stehende Tabelle veranschaulicht mögliche Baustellenszenarien und ihre Auswirkungen auf die Gemeinkosten.

Zusammenfassung der Baustellenszenarien	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ungestörter Bauablauf               <ul style="list-style-type: none"> <li>● vertragskonform</li> <li>● Leistungserbringung ohne Störung</li> </ul> </li> <li>■ Behinderungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>● Verzögerung oder Unterbrechung</li> <li>● Leistungsfrist gefährdet</li> <li>● Sphäre des AG, AN oder neutral</li> <li>● Mehrkosten auf Preisbasis Vertrag</li> <li>● Schadenersatz bei Verschulden</li> </ul> </li> <li>■ Mengenänderungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>● ohne Anordnung (Weisung)</li> <li>● Fehler der ursprünglichen Mengenermittlung &gt; 20%</li> <li>● Ausgleich von Über- und Unterdeckung von umgelegten Kosten</li> <li>● neuer EP auf Preisbasis Vertrag</li> </ul> </li> <li>■ Leistungsänderungen (allgemein)               <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Anordnung durch AG</li> <li>□ Änderung notwendig und zumutbar: AN muss ausführen; mit neuen EP auf Preisbasis Vertrag</li> <li>□ Änderung nicht notwendig: AN kann ausführen mit neuen EP ohne Berücksichtigung der Preisbasis und Preisgrundlagen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>...</li> <li>□ Änderung der Art der Leistung               <ul style="list-style-type: none"> <li>● Änderung des Leistungsinhaltes</li> <li>● eine Leistung wird durch eine andere ersetzt</li> </ul> </li> <li>□ Änderung des Umfangs der Leistungserbringung               <ul style="list-style-type: none"> <li>● Von einer vereinbarten Leistung wird mehr oder weniger ausgeführt</li> <li>● ev. nur Änderung des Vordersatzes</li> <li>● geringe Änderung d. Vordersatzes</li> </ul> </li> <li>□ Änderung der Umstände der Leistungserbringung               <ul style="list-style-type: none"> <li>● Endprodukt bleibt gleich</li> <li>● Weg ändert sich (schlechtere Aufwands- und Leistungswerte)</li> </ul> </li> <li>□ Zusätzliche Leistungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>● zusätzlicher Leistungsinhalt</li> <li>● ursprünglich nicht vorgesehen (neue Positionen)</li> </ul> </li> <li>□ Zusätzliche Leistungen bei Frost und Schneefall               <ul style="list-style-type: none"> <li>● AG ordnet Weiterarbeit an</li> </ul> </li> <li>□ Minderung oder Entfall von Leistungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>● deutliche Minderung oder gänzlicher Entfall von Leistungen</li> <li>● aufgrund Unterdeckung von Fixkosten</li> </ul> </li> </ul>

Bild I-3 Baustellenszenarien und ihre Auswirkungen auf Gemeinkosten

### 3.2. Der ungestörte Bauablauf

Bei einem ungestörten Bauablauf kann der Auftragnehmer unbeeinflusst von einem der oben angeführten Szenarien seine Bauleistung mit den vertraglich vereinbarten Vordersätzen ausführen. Die zuvor angeführten ÖNORMEN definieren zwar dieses Szenario des „ungestörten Bauablaufes“ nicht eigens, aber tatsächlich ist dies der einzige Fall, in dem es keine Unter- oder Überdeckungen von zeitabhängigen Kosten geben kann. Die kalkulierten Umlagen haben daher in diesem Fall keine Auswirkungen auf den Gesamtpreis der Bauleistung.



### 3.3. Störung der Leistungserbringung

Von einer Störung der Leistungserbringung spricht die ÖNORM B 2110 (Pkt. 3.7.2) dann, wenn Leistungsabweichungen auftreten, deren Ursache nicht aus der Sphäre des Auftragnehmers (AN) stammt und die keine Leistungsänderung ist. Beispiele hierfür sind vom Leistungsumfang abweichende Baugrundverhältnisse sowie Vorleistungen oder Ereignisse, wie Behinderungen, die der Sphäre des Auftraggebers (AG) zugeordnet werden. Ohne auf die einzelnen Aspekte der Leistungsstörung einzugehen, sollen hier mögliche Auswirkungen auf die Gemeinkosten nur kurz angerissen werden.

Im Falle, dass die Leistungsstörung nicht nur Kosten für die unmittelbar betroffene Bauleistung verursacht, muss auch die aus der Störung entstehende Kette an Mehrkosten<sup>10</sup> betrachtet werden. Zu derartigen Mehrkosten zählen beispielsweise auch die Geschäftsgemeinkosten (GGK) und Baustellengemeinkosten (BGK), da diese zumeist nicht direkt von einer Behinderung betroffen sind. Besteht aber keine unmittelbare Verbindung zwischen der Behinderung und einer Leistung, so können auch keine Forderungen hieraus gestellt werden.

Kommt es zu einer Leistungsstörung, so bleibt zwar der Leistungsumfang unverändert, die Bauleistung wird aber eventuell langsamer durchgeführt – die Bauzeit verlängert sich, wodurch der Umsatz der beobachteten Periode sinkt und damit auch der Deckungsbeitrag der GGK.

Bei Behinderungen können sich Mehrkosten durch den erhöhten Aufwand des Poliers und der Bauleitung für Leistungen ergeben, die aufgewendet werden, um die Behinderung zu beheben. Diese Kosten werden den zeitabhängigen BGK zugerechnet und üblicherweise monatlich verrechnet. Dieser Mehraufwand, den Polier und Bauleiter zu tragen haben, wird in der Regel nicht extra verrechnet, da der Nachweis dieser Kosten auf Basis des Vertrages schwierig ist und der AG die Meinung vertritt, dass diese Tätigkeiten ohnehin zu deren Aufgaben gehören. Verlängert sich hingegen die Bauzeit und damit der Verrechnungszeitraum der zeitgebundenen BGK aufgrund der Behinderung, so werden auch diese Aufwendungen entgolten.

Die zeitabhängigen BGK werden üblicherweise nur einer Vorhalteposition zugerechnet und „verschmiert“ über die Bauzeit verrechnet. Dadurch können sich gerade bei Behinderungen mit Verlängerung der Vorhaltezeit Über- und Unterdeckungen der zeitabhängigen BGK ergeben. Ergibt sich nämlich eine Verlängerung der Leistungsfrist zu einem Zeitpunkt, an dem nur geringe Vorhaltekosten anfallen, so hat der AN einen Vorteil, da er die „verschmierten“ Vorhaltekosten dem AG verrechnen kann. Fällt hingegen die Unterbrechung in die Hauptbauzeit, so hat der AN einen Nachteil und erhält keinen Ausgleich hierfür.

<sup>10</sup> Vgl. Kropik, Krammer (1999), S. 65



### 3.4. Mengenänderungen

Unter Mengenänderung wird eine bloße Änderung des Vordersatzes einer einzelnen Position von der vertraglich vereinbarten Menge zur tatsächlich ausgeführten Menge verstanden, wenn diese ohne Anordnungen des AG zustande kommt. Diese ergeben sich zB aus:<sup>11</sup>

- Fehlern der ursprünglichen Mengenermittlung oder
- neuen Erkenntnissen im Zuge der Detailplanung.

Auch bei bloßen Mengenänderungen bringen gerade die umgelagerten zeitabhängigen Kosten Probleme mit sich, die anfallenden tatsächlichen Kosten verursachungsgerecht zu verrechnen.

#### 3.4.1. Geschäftsgemeinkosten

Die GGK werden gewöhnlich zum Gesamtzuschlag (Wagnis, Gewinn, Bauzins) hinzugerechnet und damit auf alle Positionen (direkte Kosten) umgelegt. Daraus ergibt sich, dass die zeitabhängigen GGK leistungsabhängigen Positionen zugerechnet werden.

#### 3.4.2. Baustellen-Gemeinkosten

Werden zeitabhängige BGK in eigenen Positionen ausgeschrieben und kalkuliert, so ergeben sich durch fehlende Umlagen auf die Leistungspositionen bei Mengenänderungen dieser Positionen keine Über- oder Unterdeckungen. Diese Konstellation muss daher in diesem Zusammenhang nicht näher betrachtet werden.

Werden hingegen die BGK auf die Leistungspositionen umgelegt (zB für kleine und kurzfristige Bauvorhaben), so verhält sich die Problematik wie bei den soeben behandelten GGK.

#### 3.4.3. Vorhaltegeräte und Leistungsgeräte

Werden Baugeräte den BGK-Positionen direkt zugerechnet (Vorhaltegeräte), so ergeben sich, wie oben bereits dargestellt, keine Probleme aus etwaigen Mengenänderungen der Vorhaltemonate.

Leistungsgeräte werden hingegen Positionen hinzugerechnet, deren Mengenänderung die Verrechnung der zeitabhängigen Kosten des Gerätes beeinflussen.

Werden zeitabhängige Kosten, wie die von Geräten, auf Leistungs- anstatt auf Vorhaltepositionen umgelegt, so geht der AN ein gewisses Risiko ein, weil er die Abhängigkeit dieser Kosten von der Zeit auf Leistungsmengen

<sup>11</sup> Vgl. Karasek (2010), Rdn. 419

geändert hat. Ergeben sich bei der Abrechnung dieser Positionen Mehrmengen, so hat sich das Risiko gelohnt, da die zeitabhängigen Kosten überdeckt sind.

Aus der Erfahrung des Verfassers werden neue EP aufgrund von Mengenänderungen nur sehr selten verlangt, da einerseits der kalkulatorische Nachweis oft schwierig darzustellen ist, und andererseits, weil sich diesbezügliche Forderungen über die gesamte Bauleistung zumeist ausgleichen. Würde also zB ein Vertragspartner einen neuen EP einer Position beantragen, so würde der Zweite eine Anpassung bei einer anderen Position beantragen usw.

### 3.5. Leistungsänderungen

Eine Leistungsänderung setzt eine Anordnung (Weisung) des Auftraggebers voraus, die auch die wesentliche Abgrenzung der Leistungsänderungen zu Behinderungen und Mengenänderungen darstellt.<sup>12</sup>

Analog zu einer Behinderung können auch Leistungsänderungen einen erheblichen Einfluss auf zeitabhängige Kosten nehmen. Eventuell müssen größere und teurere Geräte verwendet werden, um die geänderte Leistung überhaupt erbringen zu können. Oder es können mögliche Taktungen und Abfolgen, welche in der Angebotsphase erarbeitet wurden, nicht mehr eingehalten werden, wodurch sich verlängerte Bauzeiten und erhöhte BGK ergeben.

Prinzipiell gibt es für die Erstellung von MKF aufgrund von Leistungsänderungen folgenden Grundsatz:

Die Höhe der Mehrkosten in Folge von Leistungsänderungen sollte so ermittelt werden, als wäre die Änderung bereits vor Ende der Angebotsfrist oder vor Vereinbarung der Vertragspreise bekannt gewesen. Die Preisänderung bezieht sich also nicht nur auf die leistungsabhängigen, sondern ebenso auf die zeitabhängigen Kosten (BGK). Leistungsänderungen haben daher nicht nur Auswirkungen auf die betroffenen Positionen, sondern gegebenenfalls auch auf den gesamten Bauablauf, wobei aber jegliche MKF kalkulatativ begründet sein müssen.

#### 3.5.1. Geschäftsgemeinkosten

Geschäftsgemeinkosten (Geschäftsführung, Zentrale, Bauhof, ...) werden dem Gesamtzuschlag zugerechnet und auf alle Kosten aufgeschlagen. Da man davon ausgehen kann, dass dieser Aufschlag auch in derselben Höhe ausgefallen wäre, wenn die Leistungsänderung schon vor der Angebots-

<sup>12</sup> Vgl. Karasek (2010), Rdn. 426

abgabe bekannt gewesen wäre, ist der Zuschlag für die GGK in voller Höhe zu bezahlen.

Entfallen hingegen Leistungen aufgrund einer Anordnung des AG, so hat der AN das Recht, für die Unterdeckung der GGK einer Periode einen Ausgleich zu verlangen. Hierbei gelten die gleichen Regeln zu Bestimmung der unterdeckten GGK wie bei Behinderungen.

### 3.5.2. Baustellen-Gemeinkosten

Bei der Berücksichtigung der zeitabhängigen Baustellen-Gemeinkosten (Polier, Bauleitung, Miete, usw) für Mehrkostenforderungen von Leistungsänderungen sollte ebenso gemäß obigem Grundsatz vorgegangen werden. Hier stellt sich also wiederum die Frage, ob Mehrkosten angefallen wären, wenn die Leistungsänderung bereits vor der Angebotslegung bekannt gewesen wäre. Kommt es zu einer Änderung der Leistung direkt nach der Vergabe, so sind dem AN vermutlich noch keine Kosten durch die Arbeitsvorbereitung und dergleichen angefallen. Wird die Leistung hingegen zu einem späteren Zeitpunkt geändert, so hat die Bauleitung eventuell für diese Leistungen bereits Angebote eingeholt und Nachunternehmer beauftragt. Diese Kosten der Arbeitsvorbereitung werden in der Praxis oft „vergessen“ und dem AG nicht verrechnet, da die Bauleitung ja ohnehin für die Betreuung der Baustelle vorgesehen ist und sich ein Nachweis der Höhe dieser Mehrkosten meist als schwierig darstellt.

Die Schwierigkeit in der Beanspruchung der BGK liegt folglich im Nachweis der Höhe der entstandenen Mehrkosten, insbesondere bei der Bauleitung und den Polieren, deren Leistungen im Bauvertrag oder der Kalkulation nicht eigens definiert werden. In einer üblichen Kalkulation wird lediglich die Anzahl der Poliere festgelegt und diese je Monat in die Vorhalteposition umgelegt. Es ist daher auch kaum möglich, bei Leistungsänderungen die zusätzlichen von den ursprünglichen Aufgaben zu trennen.

Kommt es aufgrund von Leistungsänderungen zu verlängerten Leistungsfristen, so werden die zeitabhängigen BGK dementsprechend länger vergütet. Die Mehrkosten für die Bauleitung und die Poliere werden also in diesem Fall zumindest für die längere Bindung an die Baustelle entgolten. Mögliche Überstunden aufgrund der Änderungen sind aber auch hier nur schwer nachweisbar.

### 3.5.3. Vorhaltegerät-Leistungsgerät

Verursachen Leistungsänderungen auch zusätzliche Gerätekosten, so sind diese in den geänderten oder neuen Preisen zu berücksichtigen. Gibt es bereits eine Position im Vertrag, die eine derartige Leistung beschreibt, muss der neue Preis kalkulatativ auf dessen Preisgrundlage aufbauen. Enthält die vorhandene Position also ein Leistungsgerät, ist dann auch in der neuen ähnlichen Leistung das Gerät einzurechnen? Auf den ersten

Blick scheint es naheliegend, das Gerät auch in der neuen Position zu berücksichtigen, doch dann würde es eventuell „überzahlt“ sein, da die Leistungsmenge, auf welche das Leistungsgerät ursprünglich umgelegt wurde, ohnehin ausgeführt wird.

Diese Überlegung ist auch beim Vorhaltegerät zu berücksichtigen. Ist kein Gerät in der ursprünglichen Leistungsposition vorhanden, aber zur Ausführung nötig (zB Kran für Schalen), so ist auch in der neuen Position das Gerät nicht zu berücksichtigen. Es sei denn, das Gerät ist bereits ausgelastet oder erreicht die benötigten neuen Leistungswerte nicht. Dann ist ein anderes oder zusätzliches Vorhaltegerät zu verwenden. Es entstehen dadurch aber sprungfixe Kosten, die der AG entsprechend seiner Anordnung zu entgelten hat. Diese Mehrkosten können in einer neuen Position oder mit einem geänderten Preis der BGK berücksichtigt werden.

Ist also eine ähnliche Position im Leistungsverzeichnis bereits vorhanden, so ist der EP der neuen Leistung auf Grundlage dieser Position zu erstellen. Im neuen EP ist daher ebenfalls das benötigte Gerät zu berücksichtigen, auch wenn es durch die bestehenden Leistungspositionen bereits vollständig entgolten wäre (zB umgelegte zeitabhängige Krankkosten). Dieser Standpunkt wird dadurch bestärkt, dass Einheitspreise für höherwertige Leistungen grundsätzlich höher anzubieten sind als geringerwertige Leistungen.

Diese Regel kann auch direkt für den nächsten Fall herangezogen werden. Wurde zB ein Bagger in einer Leistungsposition nicht berücksichtigt, weil er als Vorhaltegerät verrechnet wurde oder seine Kosten schlechthin vergessen wurden, so sind die Baggerkosten auch für die neue ähnliche Position nicht zu berücksichtigen. Handelt es sich hingegen um eine neue Leistung, bei welcher keine ähnliche Position im Vertrag vorhanden ist, so ist das benötigte Gerät als Leistungsgerät zu berücksichtigen. Dies ist aber nicht der Fall, wenn zeitgleich ein entsprechendes Gerät in den BGK vorgehalten wird.

### 3.6. Zusammenspiel der Szenarien

Forderungen aufgrund einer Leistungsänderung oder einer Behinderung haben sich immer auf zumindest eine Anspruchsgrundlage zu beziehen, auf welche sie sich stützen. Als Anspruchsgrundlage kann je nach Vertragstyp der Vertrag selbst, die vereinbarten Normen oder ein Gesetz verstanden werden. Ein Vertragspartner, der eine solche Forderung aufstellt, muss daher zuvor prüfen, welche Anspruchsgrundlage ihm zur Verfügung steht, und ob die sich aus den Anspruchsgrundlagen ergebenden Anspruchsvoraussetzungen vorliegen.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Vgl. Karasek (2008), S. 2

Da rechtlich differente Anspruchsgrundlagen nicht nur unterschiedliche Anspruchsvoraussetzungen haben, sondern zum Teil auch unterschiedliche Rechtsfolgen, insbesondere bei der Vergütung aufweisen, ist es umso wichtiger, dass die Forderungen „richtig“ aufgestellt werden. Der Abschnitt „7.4 Anpassung der Leistungsfrist und/oder des Entgelts“ der ÖNORM B 2110 enthält grundsätzliche Regeln, welche Voraussetzungen vorliegen müssen und wie die Ermittlung der neuen Preise zu erfolgen hat.

Sehr häufig treten in der Praxis Behinderungen, Leistungsänderungen und Mehrmengen gemeinsam bzw unmittelbar nacheinander auf. Für die Wahl der Anspruchsgrundlage sind dabei wiederum die Anspruchsvoraussetzungen entscheidend.

Ebenso ist bei möglichen anderen Konstellationen vorzugehen. Nachstehend werden exemplarisch noch einige Überlegungen hierzu angeführt.

Eine vom AG angeordnete Leistungsänderung stellt für sich keine Behinderung des AN dar. Die Rechtsfolgen sind daher in Abschnitt 7 der Norm geregelt. Es stellt sich jedoch die Frage, auf welche Anspruchsgrundlage Mehrkosten einer gestörten Leistungserbringung zu beziehen sind, welche nur indirekt von dieser Leistungsänderung betroffen sind.

Ergeben sich durch eine Anordnung des AG zusätzliche Abrechnungsmengen einer Position, so handelt es sich hierbei nicht um eine Mengenänderung nach Punkt 7.4.4 („Mengenänderungen ohne Leistungsabweichung“), sondern um eine Leistungsänderung nach Punkt 7.4.1. Der AN hat daher das Recht, auch bei Änderungen der Vordersätze unter 20 % eine Anpassung der Einheitspreise zu beantragen, welche aber kalkulatv begründet sein müssen.

Ist zu erwarten, dass sich der Gesamtpreis aufgrund einer Mengenerhöhung (zB Bodenaustausch) beträchtlich erhöht, so hat der AN diese Überschreitung anzuzeigen<sup>14</sup> und den AG um eine Entscheidung für das weitere Vorgehen zu bitten. Entscheidet sich der AG für Weiterarbeit, so handelt es sich nun um eine Leistungsänderung. Die Anspruchsgrundlage hat sich hiermit geändert.

Es wurde festgestellt, dass Behinderungen, Mengen- und Leistungsänderungen beträchtliche Auswirkungen auf die Entgeltung zeitabhängiger Kosten haben können, wenn diese nicht nach ihrer Abhängigkeit Vorhaltepositionen zugeordnet werden. Die durch solche Umlagen entstehenden Über- und Unterdeckungen der zeitabhängigen Kosten können zu Lasten beider Vertragspartner gehen.

---

<sup>14</sup> Vgl. Mohr (2012)

## 4. Zusammenfassung

Die Existenz der Verfahrensnorm ÖNORM B 2061 vereinfacht in Österreich gegenüber vielen anderen Ländern ein wenig die Diskussion über die Grundlagen der Kalkulation. So sieht die Norm nicht nur eigene Kalkulationsformblätter vor, die gerade beim öffentlichen Auftraggeber im Rahmen der Angebotsprüfung nach den Vorgaben des BVergG geprüft werden müssen.

In der ÖNORM B 2061 wird von den ausschreibenden Stellen verlangt, gesonderte Positionen für das Einrichten, Räumen und Vorhalten der Baustelle auszuschreiben. Weiters ist es durchaus üblich, dass darin auch „verursachungsgerecht“ die Gehälter der Bauleitung und der Poliere enthalten sind. Das Problem der außerordentlich hohen Zuschläge wird damit ein wenig reduziert, so dass man in den klassischen Baumeister-Angeboten lediglich Zuschlagssätze von ca. 8 bis 12 % findet.

Der in Österreich praktizierte Weg erscheint zu nächst ungewöhnlich, jedoch muss diese Herangehensweise vor dem Hintergrund einer restriktiven Preisprüfung der öffentlichen Hand verstanden werden. Teilweise werden im Rahmen einer vertieften Angebotsprüfung Angebotskalkulationen bis auf die Ebene der Aufwands- und Leistungswerte geprüft. Die Frage nach dem „angemessenen“ Preis kann trotz dieser intensiven Prüfung jedoch auch nicht präzise beantwortet werden.

## Literaturverzeichnis

**Duve, H.:** Preisfortschreibung und angemessener Preis, Zugleich ein Blick auf Tendenzen in Deutschland, in: bauaktuell, Nr. 4 2012

**Eschenbruch, K.:** Nachträgliche Vertragsänderungen - "Fixing the Contract after the contract is fixed". In: Beiträge zum 6. Grazer Baubetriebs- und Baurechtsseminar in Bad Blumau 2013. Hrsg.: Heck, D., Lechner H. . Verlag der TU Graz 2013.

**Haghsheno, S.; Kaben; T.:** Konfliktursachen und Streitgegenstände bei der Abwicklung von Bauprojekten eine empirische Untersuchung. S. 267. In: Jahrbuch Baurecht 2005. Aktuelles, Grundsätzliches, Zukünftiges. Hrsg. Klaus D. Kapellmann und Klaus Vygen. Köln 2005.

**Karasek, G.:** Rechtliche Grundlagen bei Mehrkostenforderungen aus der ÖNORM und dem ABGB bei Einheitspreis- und Pauschalverträgen, in: Tagungsband 2008: 1. Grazer Baubetriebs- & Baurechtsseminar, S. 2

**Karasek, G.:** Kommentar zur ÖNORM B 2110, Rdn. 39

**Kropik, A.; Krammer, P.:** Mehrkostenforderungen beim Bauvertrag, Österr. Wirtschaftsverlag, 1. Auflage 1999.

**Mohr, F.:** Kodex des österreichischen Rechts - ABGB, § 1170a (2)

**Oberndorfer, W.:** Claim Management und alternative Streitbeilegung im Bau- und Anlagenvertrag, Manz. 2010.

**Prühlinger, T.:** Auswirkungen von Bauablaufstörungen auf zeitabhängige Kosten. Diplomarbeit TU Graz. 2009.

**Wanninger, R.:** Die ordnungsgemäße Kalkulation: ein unbestimmter baubetrieblicher Begriff. In: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb (Hrsg.): Bauablaufstörungen und Entschädigungsberechnung : Beiträge zum Braunschweiger Baubetriebsseminar vom 17. Februar 2006. Schriftenreihe des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Heft 41. Braunschweig : Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, 2006, S. 23 – 53

**Wolkerstorfer, H.; Lang, C.:** Praktische Baukalkulation. Linde. 2009.

**ÖNORM B 2061:1999:** Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm – Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM B 2110-1:2013** Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen, Werkvertragsnorm – Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM B 2203-1:2001** Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Österreichisches Normungsinstitut





## II. Bewertungskriterien und deren Auswirkung in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten

Dieser Artikel wird in der Fachzeitschrift bauaktuell, Ausgabe 03/2014 veröffentlicht und ist wörtlich daraus zitiert.

**Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber**  
 Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz  
 joerg.koppelhuber@tugraz.at

**DDipl.-Ing. David Zügner**  
 Absolvent der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen und  
 Konstruktiver Ingenieurbau – Bauingenieurwissenschaften der  
 TU Graz  
 da.zuegner@gmail.com

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck**  
 Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz  
 detlef.heck@tugraz.at

### Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	27
2.	Ausgangssituation des mehrgeschossigen Holzwohnbaus.....	28
2.1.	Der Markt im mehrgeschossigen Holzwohnbau .....	28
2.2.	Technische Ausgangssituation .....	29
2.3.	Forderung nach qualitativen Kostenvergleichen im Holzbau .....	30
2.4.	Notwendigkeit der Schaffung von Kalkulationsgrundlagen im Holzbau .....	31
3.	Grundlagen zur Kalkulation im Holzbau .....	32
3.1.	Begriffliche Abgrenzungen .....	32
3.2.	Grundlegendes zur Kalkulation von Holzbau-Leistungen.....	32
3.3.	Kostenstruktur in der Holzbau-Kalkulation .....	33
3.4.	Anwendbarkeit der Kalkulationsformblätter im Holzbau .....	34

4.	Baubetriebliche Bewertungskriterien in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten.....	36
4.1.	Untersuchung wesentlicher Kostenkomponenten in der Projektstudie.....	37
4.2.	Kriterium Vorfertigung und Montage des Rohbaus.....	37
4.3.	Kriterium Ausbau.....	39
4.4.	Kriterium Baustelleneinrichtung.....	41
5.	Bau- und immobilienwirtschaftliche Bewertungskriterien in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten .....	43
5.1.	Kriterium Nutzfläche .....	43
5.2.	Kriterium verbaute Kubatur und Transportlogistik .....	44
5.3.	Kriterium Baustellenlogistik .....	45
5.4.	Kriterium Bauzeit – Edelrohbau.....	46
5.5.	Weitere bauwirtschaftliche Bewertungskriterien .....	47
6.	Auswirkungen unterschiedlicher Bewertungen.....	48
6.2.	Auswirkung bauwirtschaftlicher Bewertungskriterien.....	50
6.3.	Schlussfolgerung für den mehrgeschossigen Holzwohnbau .....	51
	Literaturverzeichnis.....	52

## 1. Einleitung

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 Baustoffes 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.

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 Baustoffes im Wohnbau. Durch die Entwicklung neuer Holzprodukte in den vergangenen 20 Jahren, wie beispielsweise Brettsperholz, konnte der mehrgeschossige Holzbau wieder Fuß fassen. Der Marktanteil dieser Bauweise am gesamten österreichischen Baugeschehen ist allerdings gering. Bild I-1 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.

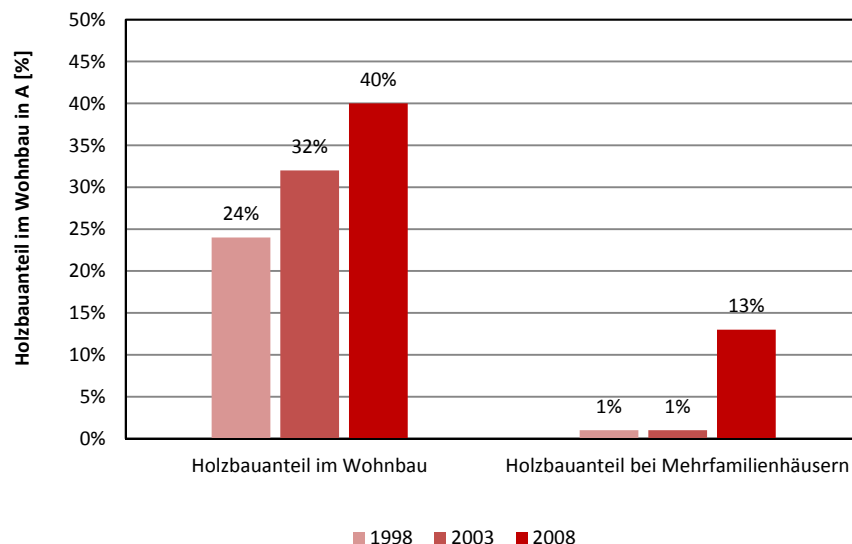


Bild I-1 Holzbauanteil im Wohnbau in Österreich<sup>1</sup>

Die Daten zeigen, dass im Jahr 2008 vier von zehn genehmigten Bauvorhaben im österreichischen Wohnbau<sup>2</sup> in Holzbauweise ausgeführt

<sup>1</sup> TEISCHINGER, A. et al.: Zuschnitt Attachment: Holzbauanteil in Österreich - Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben. S. 12

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 Bauherrn eine hohe Unsicherheit bei der Entscheidungsfindung des Baumaterials besteht.

Trotz dieser Vorbehalte konnten in den vergangenen Jahren in Europa zahlreiche herausragende Projekte entstehen. Beispielhaft sind die bereits gebauten 8-geschossigen Wohngebäude „Murray Grove“ und „Bridport House“ in London, der 9-geschossige Wohnbau „Via Cenni“ in Mailand, der geplante 13-geschossige Wohnturm „Tree“ in Norwegen, oder das zur Zeit 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, Bauherrn und Produzenten von Brettsperrholz in eine positive Richtung.

## 2.2. Technische Ausgangssituation

Mit der Entwicklung des flächenförmig wirkenden Holzbauproduktes **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- 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.<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> Def. Wohnbau in der Studie: Einfamilienhausbau, Mehrfamilienhausbau, Zu- und Umbau

<sup>3</sup> Vgl. INFORMATIONSDIENST HOLZ: Bauen mit Brettsperrholz - Tragende Massivholzelemente für Wand, Decke und Dach. S. 4

So wurden im Jahr 2012 zwei Drittel der weltweit produzierten Menge an Brettsperrholz in Österreich hergestellt. Dies entspricht einem Volumen von 432.000 m<sup>3</sup>/Jahr.<sup>4</sup>

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<sup>5</sup> 4-geschossige 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 Holz-Wohnbau erheblich aus.

### 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 der höheren Kosten der Holzbauweise im Bereich von 20 bis 25 % beeinflusst bei vielen Bauherrn die Investitionsentscheidungen. Wissenschaftliche Betrachtungen oder fundierte Untersuchungen derartiger Feststellungen wurden bis dato nicht durchgeführt. Die hier vorgestellte Studie<sup>6</sup> soll einen Beitrag zur Aufbereitung dieser Faktenlage leisten.

<sup>4</sup> Vgl. SCHICKHOFER, G.: Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz - Ausgewählte Forschungsaktivitäten und Einsatzbereiche. Präsentation Kolloquium. S. 12

<sup>5</sup> OIB-Richtlinie: Technische Richtlinien des Österreichischen Institutes für Bautechnik

<sup>6</sup> ZÜGNER, D.: Die Holz-Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau - Ein kalkulatorischer Vergleich zur mineralischen Massivbauweise. S. 1ff

## 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, so dass 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 B2061 „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, 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 ist, sind verhältnismäßig gleichbleibend und werden nur durch den Vorfertigungsgrad, die Komplexität der Bauelemente und der 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 oftmals 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 oftmals stark untergräbt.

Tendenziell wird sich der Holzbau diesen Fragen in den nächsten Jahren verstärkt widmen und Unternehmen 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 geben das Berechnungsschema für die Kosten vor.

Das Formblatt K3 für die Ermittlung des Mittellohnpreises und 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<sup>7</sup> oder jener der (stationären verarbeitenden) Holzindustrie<sup>8</sup> verwendet wird.

Die Arbeitszeitmodelle im Holzbau richten sich ebenso eher an die klassische 39 Stunden Woche mit Überstunden, Arbeitszeitmodelle wie lange / kurze Woche oder Dekaden udgl. 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 KV 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 KV 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 lohngelunden Kosten wie Kommunalabgabe, Haftpflichtversicherung, etc. und der direkten und der umgelegten Lohnnebenkosten dem bekannten Schema der Bauindustrie.

<sup>7</sup> BUNDESINNUNG HOLZBAU: Kollektivvertrag Zimmermeistergewerbe. [http://portal.wko.at/wk/dok\\_detail\\_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699](http://portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699). Datum des Zugriffs: 28.02.2014

<sup>8</sup> FACHVERBAND HOLZINDUSTRIE: Kollektivvertrag Holzverarbeitende Industrie. <http://www.holzindustrie.at/KV/Arbtext2013.pdf>. Datum des Zugriffs: 28.02.2014

Die Berechnung der Materialkosten im K4 Blatt sowie die Ermittlung von Leistungskosten im K5 Blatt tritt in der Holzbaukalkulation 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 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 Montagehilfsgerätes 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 Hebegegeräten 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 Zentralregionen 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<sup>9</sup> werden im Folgenden Kriterien in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten näher betrachtet. Bei der Ausführung der Tragstruktur wird 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 3-geschossigen (kurz: G3) und einem 8-geschossigen Wohnturm (kurz: G8) jeweils als Holz-Massivbau und mineralischer Massivbau ausgeführt.

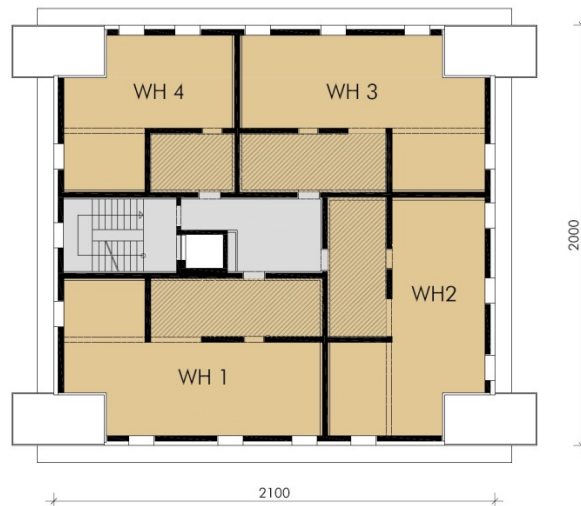


Bild I-2 Basisgrundriss Regelgeschoss – Projektstudie Holzwohnbau in Graz<sup>10</sup>

<sup>9</sup> HOHENSINN, J.; STROBL, M.; ZINGANEL, P.: Timber in Town - Masterplan Konzepte. Report. S. 1ff

<sup>10</sup> Vgl. HOHENSINN, J.; STROBL, M.; ZINGANEL, P.: Timber in Town - Masterplan Konzepte. Report. S. 92

#### 4.1. Untersuchung wesentlicher Kostenkomponenten in der Projektstudie

Die Herstellkosten sind für Bauherrn 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 Betrachtung derzeit wenig Berücksichtigung findet und sich Bauwerke und Baustoffe über m<sup>2</sup>-Preise für Bau- und Errichtungskosten definieren, liegt das Hauptaugenmerk dieser Betrachtung in der Baukalkulation einzelner Bauteile.

#### 4.2. Kriterium Vorfertigung und Montage des Rohbaus

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.<sup>11</sup>

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 BSP-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 BSP-Bauweise wieder auf die Montage- und Fertigungskosten der Baustelle. Daher müssen folgende Kosten in der Kalkulation der Brettsperrholzbauweise beachtet werden:

<sup>11</sup> DRESS, G.; PAUL, W.: Kalkulation von Baupreisen. S. 265

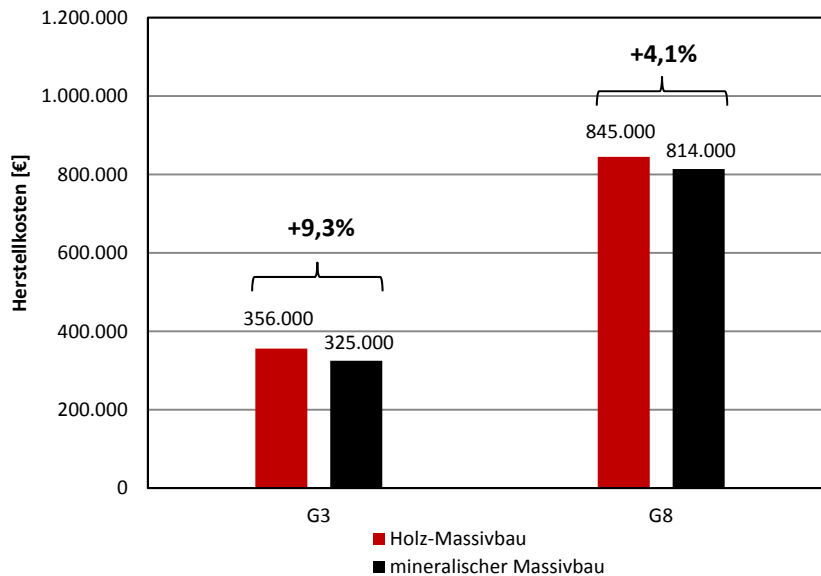
- **Lohnkosten**  
Diese werden unterteilt in Lohnkosten im Rahmen der Vorfabrikation im Werk und jene der Montage auf der Baustelle. Bei der BSP-Bauweise entstehen für den montierenden Holzbaubetrieb überwiegend Lohnkosten auf der Baustelle. Die Bruttomittellohnberechnung erfolgt nach den Kollektivverträgen der „*Holzverarbeitenden Industrie*<sup>12</sup>“ oder dem „*Zimmermeistergewerbe*<sup>13</sup>“.
- **Materialkosten:**  
Bei den Materialkosten eines Tragelements aus Brettsper Holz 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 BSP-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. Abschnitt 4.4)

### 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 – 10% aufweist (siehe Bild I-3). Dies ist hauptsächlich auf den derzeit sehr hohen Rohstoffpreis von Holz zurückzuführen.

<sup>12</sup> FACHVERBAND HOLZINDUSTRIE: Kollektivvertrag Holzverarbeitende Industrie. <http://www.holzindustrie.at/KV/Arbtext2013.pdf>. Datum des Zugriffs: 28.02.2014

<sup>13</sup> BUNDESINNUNG HOLZBAU: Kollektivvertrag Zimmermeistergewerbe. [http://portal.wko.at/wk/dok\\_detail\\_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699](http://portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699). Datum des Zugriffs: 28.02.2014



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

### 4.3. Kriterium Ausbau

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 Baustoffes die Dimension der Wärmedämmung an den Außenbauteilen im Vergleich zur mineralischen Bauweise reduziert werden. Auf Grund 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<sup>14</sup> 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

<sup>14</sup> REI 90 A2: geforderte Feuerwiderstand von 90 min und Baustoffe der Euroklasse A2 (nicht brennend)

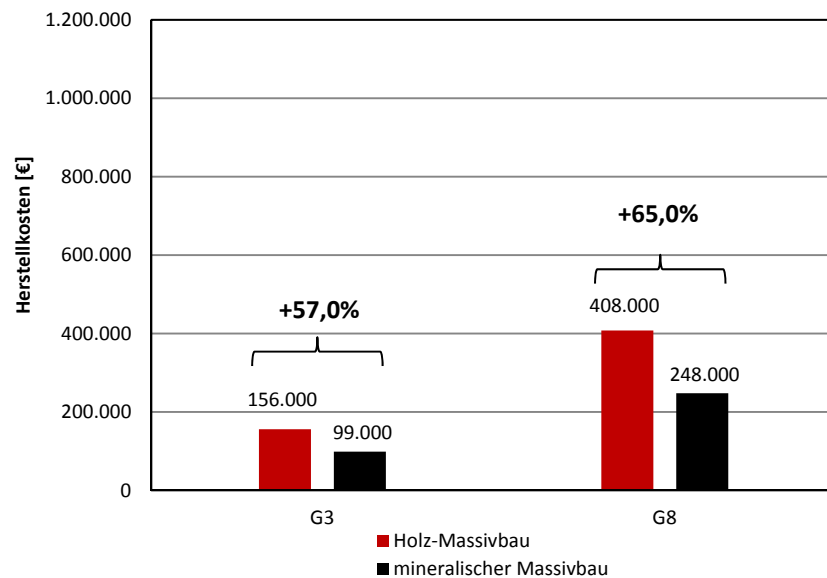
aktuellen Stand der Forschung entsprechen, wobei für 2014 eine Anpassung geplant ist.<sup>15</sup>

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

### Projektstudie

In der vergleichenden Betrachtung werden die Putz-, Trockenbau- und WDVS-Arbeiten<sup>16</sup> als Teil des Ausbaus untersucht. Auf eine Berücksichtigung der Estricharbeiten, der Schwarzdeckerarbeiten der Einbau von Fenster 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<sup>17</sup> bezeichnet

Die Daten im Bild I-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.



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

<sup>15</sup> Vgl. z.B. TEIBINGER, M.; BUSCH, T.: Machbarkeitsstudie eines Holzbaus in der Gebäudeklasse 5. S. 1ff

<sup>16</sup> WDVS: Wärmedämmverbundsystem

<sup>17</sup> Edelrohbau – hier: komplette Rohbauarbeiten inkl. Putz-, Trockenbau- und WDVS-Arbeiten



Eine Möglichkeit der Reduktion der Ausbaurkosten 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

Neben den Rohbau- und Ausbaurkosten 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 BSP-Elementen werden in der Regel Autokrane eingesetzt, stationäre Hebezeuge 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 Hebezeuges 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 werden in den Fahrzeugen des Montageteams mitgeführt, womit auf Material- oder Werkzeugcontainer größtenteils verzichtet werden kann.

#### 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.

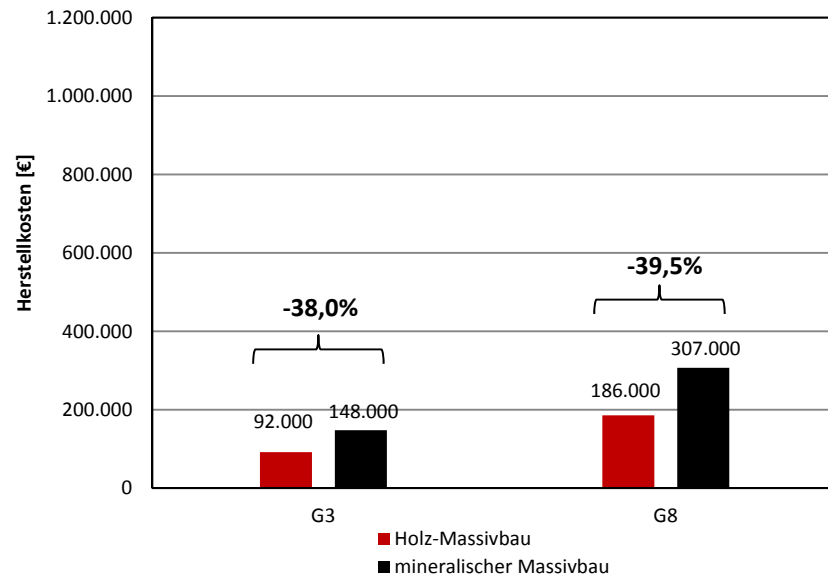


Bild I-5 Vergleich der Herstellkosten – Baustelleneinrichtung: Holz-Massivbauweise und mineralische Bauweise für die Projekte G3 und G8 der Projektstudie

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

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

### 5.1. Kriterium Nutzfläche

Bauphysikalische Bauteilberechnungen einzelner Bauteile zeigen, dass tragende und nichttragende 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 Fluchtlinie des Gebäudes. Vor allem bei mehrgeschossigen Wohnbauten aus Holz können dadurch der erzielbaren Miet- oder Verkaufserlös gesteigert werden.

Für den Vergleich von Bauweisen können die Bruttogeschossfläche<sup>18</sup> (kurz: BGF) und die Wohn-Nutzfläche<sup>19</sup> (kurz: W-NF) die Basis bilden, deren Verhältnis den Ausnutzungsgrad<sup>20</sup> (kurz: ANG) einer Bauweise widerspiegelt.

Ein höherer Ausnutzungsgrad kann einerseits durch,

- eine größere W-NF pro BGF mit größerem Platzangebot für die Bewohner oder andererseits
- bei gleichbleibender W-NF durch eine kleinere BGF, somit mit geringerer Bebauungsdichte<sup>21</sup> erzielt werden.

### Projektstudie

Die Ergebnisse aus den Vergleichen der Nutzflächen an den Projekten G8 und G3 werden in Bild I-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

<sup>18</sup> BGF: Fläche je Geschoß, die von den Außenwänden umschlossen wird, einschließlich der Außenwände

<sup>19</sup> W-NF: anrechenbare Netto-Grundfläche von Räumlichkeiten in Wohnungen inkl. Nebenräumen ohne Stiegenhaus und Keller

<sup>20</sup> ANG: Verhältniszahl, die sich aus der Teilung der Bruttogeschossfläche und der Wohn-Nettofläche ergibt

<sup>21</sup> Bebauungsdichte: Verhältniszahl, die sich aus der Teilung der Bruttogeschossfläche der Geschoße durch die zugehörige Bauplatzfläche ergibt

Nutzflächen bei marktüblichen Miet- bzw. Verkaufserlösen<sup>22</sup> kompensiert und sogar übertroffen werden können.

Projekt		BGF [m <sup>2</sup> ]	W-NF [m <sup>2</sup> ]	ANG	Differenz Wohn-Nutzf. [m <sup>2</sup> ]	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 G3... 3-geschossiger Wohnbau				H... Holz-Massivbau M... mineralischer Massivbau				

Bild I-6 Vergleich der durch den Zuwachs an Wohn-Nutzflächen zusätzlich erzielbaren Erlöse – Projektstudie

## 5.2. Kriterium verbaute Kubatur und Transportlogistik

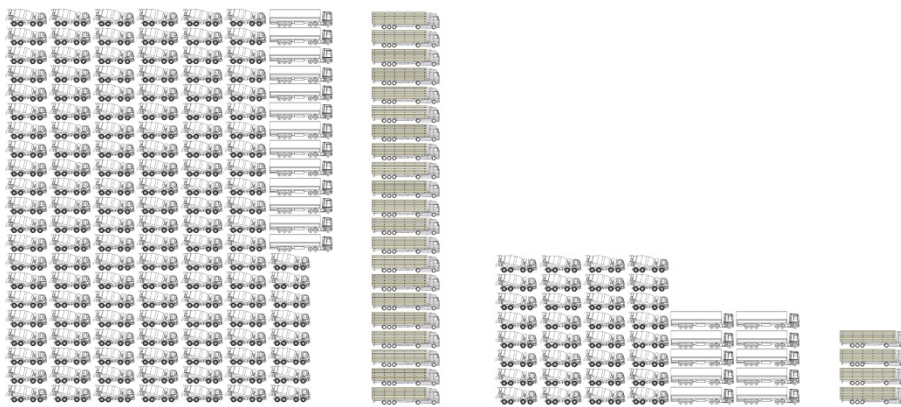
Neben den geringeren Wandquerschnitten wirkt sich vor allem das niedrigere Eigengewicht von Holz positiv in der Massenbilanz gegenüber den mineralischen Bauweisen aus, was allerdings auch eine geringere speicherwirksame Masse mit sich bringt. Weiters lassen sich neben verbesserten Schall- und Wärmeschutzeigenschaften 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 des Schadstoffausstoßes und der Staubbelastung zunehmend an Bedeutung.

### 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

<sup>22</sup> Wohnung Miete (51 -80 m<sup>2</sup>): 11,50 €/m<sup>2</sup> und Wohnung Verkauf (51 – 80 m<sup>2</sup>): 2.591 €/m<sup>2</sup> lt. IMMOPREISE.AT: Preisspiegel für Immobilien in Österreich. <http://www.immopreise.at/PDF/2013/10/Immobilienpreise%20Steiermark%202013-10.pdf>. Datum des Zugriffs: 28.02.2014

diese Betrachtung wurden die Baustofftransporte für Beton, Ziegel und Brettspertholz 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.



**Bild I-7** Vergleich der Transportanzahl für die Ausbaustufe 1 – Rohbau: 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 ist, was sich auch auf die Baustellenlogistik auswirkt. Die Lieferung der BSP-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.<sup>23</sup>

#### 5.4. Kriterium Bauzeit – Edelrohbau

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 andererseits auf die Zeiträume der Zwischenfinanzierung aus, speziell wenn bei mehrgeschossigen Wohnbauten bei geeigneter Bauablaufplanung das Mietobjekt früher vermietet werden kann.

##### Projektstudie

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

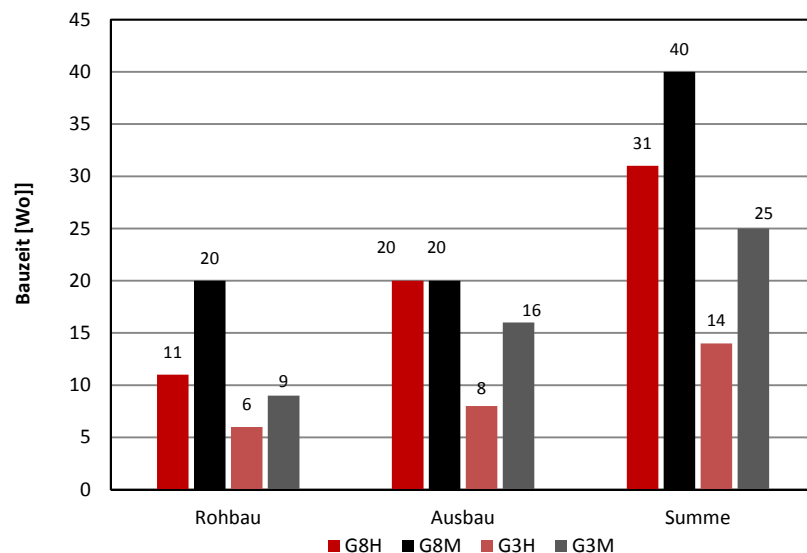


Bild I-8 Vergleich der Bauzeiten der einzelnen Ausbaustufen – Projektstudie

Die schnelle Montage der Holz-Massivbauweise kann vor allem während des Rohbaus Bauzeit gegenüber der mineralischen Massivbauweise ein-

<sup>23</sup> Vgl. TICHELMANN, K. et al.: Schwerpunkt Wirtschaftlichkeit - Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus. S. 11ff

sparen. Hingegen ist im Ausbau beim 8-geschossigen Wohnbau kein Zeitgewinn für die Holz-Massivbauweise erkennbar. Der Hauptgrund dafür liegt in den anzuwendenden Brandschutzvorschriften, welche eine lohnintensive Verkleidung der Holzelemente erfordern. Im Gegensatz dazu wirken sich beim 3-geschossigen Wohnbau, trotz der kurzen Gesamtbauzeit, die auftretenden Austrocknungszeiten der mineralischen Baustoffe wesentlich auf die Ausbauezeit 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 oftmals 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, wenn fertige Oberflächen in Form von BSP-Sichtbauteilen zum Einsatz gelangen. Dies kann durch geeignete Schutzmaßnahmen kompensiert werden. 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<sub>2</sub>-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 Bauherren 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.

In den Kalkulationen der Projektstudie (vgl. 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 Bild I-9 im Verhältnis zu den zugehörigen Wohn-Nutzflächen anschaulich dargestellt.

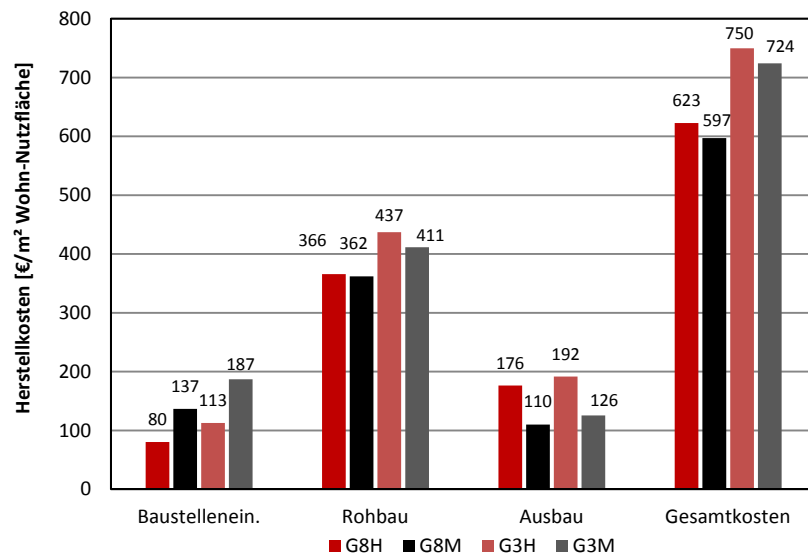


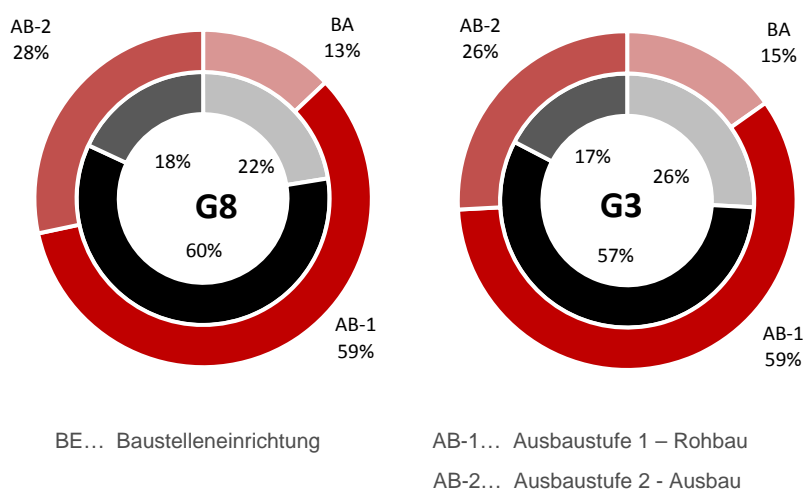
Bild I-9 Vergleich der Herstellungskosten Edelrohbaus bezogen auf die Wohn-Nutzflächen, aufgeteilt in die einzelnen Ausbaustufen – Projektstudie



Der Vergleich der Gesamtherstellungskosten Edelrohbau bezogen auf m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> herzustellender Wand- und Deckenbauteile, als auch bezogen auf die m<sup>2</sup> 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 zu Stande. 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.

Bild I-10 zeigt die prozentuelle Aufteilung der betrachteten Ausbaustufen in Relation zu den Gesamtkosten des Projektes – links dargestellt das 8-geschossige Bauwerk, rechts das 3-geschossige. Es ist erkennbar, dass bei beiden Bauweisen die Kosten für die Baustelleneinrichtung bei steigender Größe des Projektes – in diesem Falle die Geschossanzahl – sinken. Des Weiteren sind die massiv höheren Kosten des Ausbaus in der Holz-Massivbauweise deutlich erkennbar.



**Bild I-10** Prozentueller Anteil der Kosten der einzelnen Ausbaustufen am Gesamtbauwerk – Projektstudie

## 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 um rund 3 % durch die Verwendung der Holz-Massivbauweise ansteigt. Für den achtgeschossigen Wohnbau ergibt sich dadurch ein Flächenzuwachs im Vergleich zur mineralischen Bauweise von 67 m<sup>2</sup>, 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 bis 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 zu Reduktion der Anzahl der LKW-Bewegungen im Baustofftransport und 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 bis 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 an ein verstärktes ressourcenoptimiertes Bauen kann durch bestehende Lösungen im Holzbau befriedigt werden.

### 6.3. Schlussfolgerung für den mehrgeschossigen Holzwohnbau

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 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, mit bspw. Brettsperrholzelementen als Grundelement und Anbringung sämtlicher zusätzlicher Aufbauten im Werk, erhebliche Vorteile, welche sich in kurzer Bauzeit, hoher Qualität und somit finanzieller Leistungsfähigkeit eines Baustoffes 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.

## Literaturverzeichnis

**BUNDESINNUNG HOLZBAU:** Kollektivvertrag Zimmermeistergewerbe. [http://portal.wko.at/wk/dok\\_detail\\_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699](http://portal.wko.at/wk/dok_detail_file.wk?angid=1&docid=2109805&stid=730699). Datum des Zugriffs: 28.02.2014.

**DRESS, G.; PAUL, W.:** Kalkulation von Baupreisen. Berlin. Bauwerk Verlag GmbH, 2000.

**FACHVERBAND HOLZINDUSTRIE:** Kollektivvertrag Holzverarbeitende Industrie. <http://www.holzindustrie.at/KV/Arbtext2013.pdf>. Datum des Zugriffs: 28.02.2014.

**HOHENSINN, J.; STROBL, M.; ZINGANEL, P.:** Timber in Town - Masterplan Konzepte. Report. Graz. Hohensinn, Strobl, Zinganel, 2012.

**IMMOPREISE.AT:** Preisspiegel für Immobilien in Österreich. <http://www.immopreise.at/PDF/2013/10/Immobilienpreise%20Steiermark%202013-10.pdf>. Datum des Zugriffs: 28.02.2014.

**INFORMATIONSDIENST HOLZ:** Bauen mit Brettsper Holz - Tragende Massivholzelemente für Wand, Decke und Dach. Berlin. Studiengemeinschaft Holzleimbau, 2012.

**SCHICKHOFER, G.:** Holz-Massivbauweise in Brettsper Holz - Ausgewählte Forschungsaktivitäten und Einsatzbereiche. Präsentation Kolloquium. Zürich. ETH Zürich, 2011.

**TEIBINGER, M.; BUSCH, T.:** Machbarkeitsstudie eines Holzbaus in der Gebäudeklasse 5. Wien. Holzforschung Austria, 2007.

**TEISCHINGER, A. et al.:** Zuschnitt Attachment: Holzbauanteil in Österreich - Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben. Wien. proHolz Austria, 2011.

**TICHELMANN, K. et al.:** Schwerpunkt Wirtschaftlichkeit - Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus. Wien. BAU.GENIAL, 208.

**ZÜGNER, D.:** Die Holz-Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau - Ein kalkulatorischer Vergleich zur mineralischen Massivbauweise. Graz. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft - TU Graz (Masterarbeit), 2013.

### III. Mehrgeschossiger Holzwohnbau – immobilienwirtschaftliche Vergleich zur mineralischen Bauweise

Dieser Artikel ist ein Abstract des Masterprojekts von Katharina Hintersteiner „Eine vergleichende Betrachtung der Holzbauweise zur mineralischen Bauweise – Analyse der Fläche, Kubatur, Bauzeit und immobilienwirtschaftliche Betrachtung“, eine ergänzende Ausführung zur Masterarbeit von David Zügner „Die Holz-Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau - ein kalkulatorischer Vergleich zur mineralischen Bauweise“ abgeschlossen im März 2014

**Dipl.-Ing. Katharina Hintersteiner**  
Absolventin der Studienrichtung Architektur der TU Graz und derzeitige Studentin der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen – Bauingenieurwissenschaften der TU Graz  
khintersteiner@student.TUGraz.at

**Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber**  
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz  
Lessingstraße 25/2, 8010 Graz  
joerg.koppelhuber@tugraz.at

**DDipl.-Ing. David Zügner**  
Absolvent der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen und Konstruktiver Ingenieurbau – Bauingenieurwissenschaften der TU Graz  
da.zuegner@gmail.com

#### Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	55
2.	Grundlagen zur Liegenschaftsbewertung.....	57
2.1.	Vergleichswertverfahren .....	57
2.2.	Sachwertverfahren.....	57
2.3.	Ertragswertverfahren.....	58
2.4.	Finanzierung und Rentabilität – begriffliche Abgrenzung .....	59
2.4.1.	Gewinn und Rentabilität .....	59
2.4.2.	Performance und Rendite .....	60

3.	Immobilienwirtschaftliche Bewertungskriterien von mehrgeschossigen Holzwohnbauten.....	61
3.1.	Grundlegende Betrachtung von Einflussfaktoren .....	62
3.1.1.	Kriterium Herstellkosten .....	62
3.1.2.	Kriterium Betriebs- und Instandhaltungskosten .....	66
3.1.3.	Kriterium Bauzeit und Zeitpunkt der Übernahme.....	67
3.1.4.	Kriterium Wohn-Nutzfläche.....	68
3.2.	Auswirkung immobilienwirtschaftlicher Bewertungskriterien .....	70
3.2.1.	Kapitalwert und Amortisation.....	71
4.	Schlussfolgerungen für den mehrgeschossigen Holzwohnbau.....	78
4.1.	Zusammenfassende Betrachtung und Interpretation.....	78
4.2.	Fazit .....	79
4.3.	Ausblick.....	79
	Literaturverzeichnis.....	81

## 1. Einleitung

Die Errichtung eines Bauwerks, somit die Investition von Kapital in ein Objekt, erfolgt einerseits, um die Grundbedürfnisse des Wohnens bzw. Arbeitens zu erfüllen, oder um vorhandenes Kapital längerfristig zu binden und durch die Verzinsung das gebundene Kapital zu vermehren. Investitionsentscheidungen von Bauherrn und Bauträgern werden daher meist anhand der kalkulierten Herstellkosten für das zu errichtende Objekt getroffen. Aufgrund der aktuell bestehenden Meinung vieler Bauherrn und auch Planer, Konstruktionen aus Holz, vor allem im mehrgeschossigen Wohnbau, seien in ihrer Errichtung teurer als konventionelle Massivbauten aus Stahlbeton oder Ziegel, bleibt der Baustoff Holz in den meisten Investitionsüberlegungen nach wie vor meist unberücksichtigt.

In einer dieser Arbeit zugrunde liegenden Masterarbeit wurde anhand einer konkreten Projektstudie ein umfangreicher Kalkulationsvergleich im mehrgeschossigen Holz-Massivbau erstellt. Bei einer darauf aufbauenden immobilienwirtschaftlichen Betrachtung wurde anschließend ein ausführlicher Vergleich zwischen der Holz-Massivbauweise und der konventionellen mineralischen Massivbauweise durchgeführt, welcher zusätzlich die Auswirkungen von Bauzeit, Ausnutzungsgrad von verbauten Flächen und Betriebskosten eines Objektes auf den Kapitalwert von Immobilien berücksichtigt.

Dabei wurde in der Arbeit eine in der Planungsphase befindliche Projektstudie, dem Projekt Timber in Town in Graz, tiefergehend betrachtet und unterschiedliche immobilienwirtschaftliche und somit kostenrelevante Entscheidungsprozesse geprüft und für künftige Entscheidungsprozesse analysiert. Diese Betrachtung wurde anhand zweier unterschiedlicher Gebäudehöhen in Form eines dreigeschossigen und eines achtgeschossigen Wohnbaus in unterschiedlichen Bauweisen kalkulatorisch näher untersucht. Für ein aussagekräftiges Ergebnis wurde dasselbe Gebäude unter Berücksichtigung der derzeit gültigen baugesetzlichen Vorschriften und geltenden OIB-Richtlinien gänzlich sowohl als Holz-Massivbau mit Brettsperrholzelementen als auch als mineralischer Hybridbau aus Stahlbeton und Ziegel ausgearbeitet.

Da diese Arbeit eine Erweiterung der vorliegenden Masterarbeit mit dem Titel „Die Holz-Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau - ein kalkulatorischer Vergleich zur mineralischen Massivbauweise“<sup>1</sup> darstellt, wurde der Schwerpunkt der Arbeit dabei in die Betrachtung der Rendite, sowie die Auswirkung von Bauzeit und Nutzflächengewinn auf den

<sup>1</sup> ZÜGNER, D.: Die Holz-Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau – Ein kalkulatorischer Vergleich zur mineralischen Massivbauweise. S. 1ff.

Kapitalwert der Immobilie gelegt und versucht, eine allgemein gültige Aussage zur immobilienwirtschaftlichen Auswirkung der unterschiedlichen Bewertungskriterien zu tätigen.

Es wird daher in der folgenden Ausarbeitung des Öfteren auf die zugrunde liegende Arbeit verwiesen, die Grundlagen aus der kalkulatorischen Betrachtung werden daher nicht mehr näher erläutert. Es wird an dieser Stelle zusätzlich auf die Veröffentlichung mit dem Titel „Bewertungskriterien und deren Auswirkung in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten“<sup>2</sup> zum vertieften Verständnis einer gesamtheitlichen Betrachtung verwiesen.

---

<sup>2</sup> KOPPELHUBER; J., ZÜGNER, D. HECK, D.; Bewertungskriterien und deren Auswirkung in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten, bauaktuell 03/2014.



## 2. Grundlagen zur Liegenschaftsbewertung

Für die Bestimmung des Verkehrswertes<sup>3</sup>, also jenem Preis, der beim Verkauf einer Liegenschaft zu einem bestimmten Zeitpunkt erzielt wird, sind verschiedene Verfahren möglich. Die drei gängigsten Verfahren, nämlich das Vergleichswertverfahren, das Sachwertverfahren und das Ertragswertverfahren werden im nachfolgenden Kapitel zum grundlegenden Verständnis kurz erläutert.<sup>4</sup>

### 2.1. Vergleichswertverfahren

Das Vergleichswertverfahren ist im derzeit gültigen Liegenschaftsbewertungsgesetz<sup>5</sup> geregelt. Dabei wird der Wert eines Gegenstands durch Vergleich mit den tatsächlichen Verkaufspreisen ermittelt.<sup>6</sup>

Dieses Verfahren wird meist bei der Bewertung von Grundstücken, Eigentumswohnungen oder Reihenhäusern verwendet, setzt aber für eine aussagekräftige Vergleichbarkeit mehrerer Liegenschaften immer eine große Anzahl ähnlicher Liegenschaften voraus.

### 2.2. Sachwertverfahren

Im Sachwertverfahren<sup>7</sup> wird primär der Wert einer bebauten Liegenschaft ermittelt, bei der die private Nutzung im Vordergrund steht. Es stehen daher vor allem die Anschaffungskosten der Liegenschaft an sich im Vordergrund.

Durch das Sachwertverfahren wird der Wert einer Liegenschaft durch die Addition des Bodenwerts<sup>8</sup>, des Bauwerts<sup>9</sup>, sowie des Werts des sonstigen Zubehörs<sup>10</sup> ermittelt. Der Barwert beschreibt die Summe der Werte aller baulichen Anlagen einer Immobilie. Dabei wird vom Herstellungswert ausgegangen, von dem die technischen und wirtschaftlichen Wert-

3 Der Verkehrswert gibt den aktuellen Wert einer Immobilie an.

4 Vgl KRANEWITTER, H. Liegenschaftsbewertung. Wien. 2002. S1ff.

5 Bundesgesetz über die gerichtliche Bewertung von Liegenschaften; Zuletzt aktualisiert am 11.07.2012; Gesetzesnummer 10003036.

6 Liegenschaftsbewertungsgesetz §4.

7 Das Sachwertverfahren ermittelt den Wert von nicht vermietbaren Immobilien wie Infrastruktureinrichtungen oder kulturelle Immobilien. Dabei stehen nicht die Mieteinnahmen, sondern die Herstellkosten und der Wiederbeschaffungswert im Zentrum der Berechnung.

8 Bewertungsgesetz 2010 §19 §20.

9 Unter Bodenwert wird ein Verkaufspreis von vergleichbaren, unbebauten Liegenschaften verstanden. Laut immowelt.at liegt er in St. Peter bei Graz in etwa bei 250 Euro/m<sup>2</sup>.

10 Der Bauwert gibt die Summe der Werte aller baulichen Anlagen an. Ausgehend von den Herstellkosten werden technische und wirtschaftliche Wertminderungen abgezogen.

minderungen<sup>11</sup> abgezogen werden. Diese Wertminderungen entstehen zumeist als Folge nicht behebbarer Schäden an einer Immobilie.

Wird die Wertminderung von den auf diese Weise reduzierten Herstellkosten infolge der Alterung des Gebäudes abgezogen, erhält man den sogenannten Sachwert<sup>12</sup> eines Gebäudes. Von diesem können Abschläge für behebbare Mängel, verlorenen Bauaufwand<sup>13</sup> und dergleichen abgezogen werden. So kann der Barwert eines Gebäudes ermittelt werden.<sup>14</sup>

### 2.3. Ertragswertverfahren

Wird die bewertete Liegenschaft zum Ertragszweck<sup>15</sup> verwendet, erfolgt deren Bewertung meist anhand des sog. Ertragswertverfahrens.<sup>16</sup> Dieses Verfahren kommt meist bei der Verkehrswertermittlung von Mehrparteienhäusern zur Anwendung. Dabei wird der Ertragswert dieser Gebäude aus der Summe aller Mieteinnahmen, multipliziert mit einem Kapitalisierungsfaktor und dem Bodenwert der Immobilie, berechnet.

Als Jahresrohertrag<sup>17</sup> werden dabei die erzielbaren Mieterträge pro Jahr, abzüglich der Mehrwertsteuer und der Betriebskosten, die in diesem Zusammenhang eher als Durchlaufposten anzusehen sind, verstanden.

Für die Ermittlung des Jahresrohertrages werden die durchschnittlichen Mietpreise, sowie die Lage, das Alter und der Zustand des Gebäudes berücksichtigt. Dabei müssen auch für leerstehende oder selbstgenutzte<sup>18</sup> Wohnungen Mietpreise angenommen werden.

Unter Bewirtschaftungskosten eines Bauwerks werden jene Kosten verstanden, die vom Jahresrohertrag abzuziehen sind. Darunter fallen unter anderem die nicht umlagefähige Verwaltungs- und Betriebskosten, sowie die Instandhaltungskosten.<sup>19</sup>

<sup>11</sup> Unter technische und wirtschaftliche Wertminderungen fallen alle Abschläge für Alter, Mängel oder Schäden.

<sup>12</sup> Der Sachwert einer Immobilie ist der von aktuellen Geldschwankungen durch Inflation etc. unabhängiger Gebrauchswert.

<sup>13</sup> Der verlorene Bauaufwand lässt sich weder im Falle eines Verkaufs, noch bei Vermietung hereinwirtschaften.

<sup>14</sup> Das sonstige Zubehör summiert den Wert sämtlicher fixen Einrichtungsgegenstände des Gebäudes.

<sup>15</sup> Wird eine Immobilie zur Nutzung gegen Entgelt bereitgestellt spricht man vom Ertragszweck.

<sup>16</sup> Vgl. ÖNORM 1802 (1997) Kapitel 5.3.

<sup>17</sup> Der Jahresrohertrag einer Immobilie wird aus der Summe der jährlichen Überschüsse gebildet.

<sup>18</sup> Selbstgenutzte Wohnungen sind jene Eigentumswohnungen, die zum Eigenbedarf genutzt werden.

<sup>19</sup> Liegenschaftsbewertungsgesetz §5.

## Projektstudie

Für die Ausarbeitung und Berechnung der Rentabilität im Falle der Projektstudie wird daher das Ertragswertverfahren eingesetzt und nach der Berechnung die Ertragswerte der einzelnen Projekte verglichen. Durch die Ermittlung des Break-Even-Points<sup>20</sup> beider Varianten kann zusätzlich ein Vergleich hinsichtlich des Amortisationszeitpunkts<sup>21</sup> und Gesamtertrags gezogen werden.

## 2.4. Finanzierung und Rentabilität – begriffliche Abgrenzung

Für die Bewertung der Finanzierung und Rentabilität des Projekts ist es notwendig, theoretische Grundlagen zur Finanzierung zu erläutern und hier zusammenfassend darzustellen. Ziel der Betrachtung ist die Bestimmung und Gegenüberstellung des Kapitalwerts der beiden Gebäudevarianten.

### 2.4.1. Gewinn und Rentabilität

Eine Mehrzahl der Unternehmer und Investoren sehen heutzutage die Gewinn- und Rentabilitätsmaximierung als vorrangiges Ziel im Sinne ihrer unternehmerischen Tätigkeiten an.

Der Begriff Gewinn bezeichnet dabei den Überschuss des Umsatzes über den anfallenden Kosten.

Rentabilität dagegen wird als Verhältnis von periodischem Erfolg zum eingesetzten Kapital definiert. Sie gibt eine relative Größe an, die veranschaulicht, in wie weit sich das eingesetzte Kapital über eine bestimmte Zeitspanne hinweg verzinst hat.<sup>22</sup>

In Abhängigkeit der Bezugsgrößen können unterschiedliche Arten von Rentabilitäten berechnet werden. Das Verhältnis des Gewinns zum Eigenkapital ergibt beispielsweise die Eigenkapital-Rentabilität<sup>23</sup>. Wird dagegen der Gewinn inklusive Fremdkapitalzinsen mit dem Gesamtkapital in Verhältnis gesetzt, ergibt das die Gesamtkapital-Rentabilität.<sup>24</sup>

<sup>20</sup> Der Break-Even Point bezeichnet die Gewinnschwelle. An diesem Zeitpunkt ist der Erlös und die Kosten einer Produktion gleichhoch.

<sup>21</sup> Der Amortisationszeitpunkt ist jener Punkt an dem die Anschaffungskosten durch den erwirtschafteten Ertrag gedeckt wurden.

<sup>22</sup> Vgl. BAUER, U.: Enzyklopädie BWL, 2013. S47-51.

<sup>23</sup> Die Eigenkapitalrentabilität ist eine Verhältniszahl aus Gewinn und eingesetztem Eigenkapital. Sie gibt demnach an wie hoch sich das investierte Eigenkapital innerhalb einer bestimmten Periode verzinst hat.

<sup>24</sup> Vgl. BAUER, U.: Enzyklopädie BWL, 2013. S47-51.

## 2.4.2. Performance und Rendite

Im Zusammenhang mit der Finanzierung und Rentabilität eines Projekts müssen auch die Begriffe der Performance und der Rendite näher erklärt werden.

Unter Performance wird die Wertentwicklung von Investitionsanlagen verstanden. Diese wird in Prozent angegeben und stellt das Verhältnis von Netto-Rückflüssen<sup>25</sup> zum aufgewendeten Kapital dar.<sup>26</sup>

Der Begriff Rendite verdeutlicht den Gewinn eines Unternehmens, indem dieser mit anderen Kenngrößen ins Verhältnis gebracht wird. So können beispielsweise die Umsatzrendite durch die Division des Gewinns durch den Umsatz des Unternehmens berechnet werden. Die Eigenkapitalrendite berechnet dagegen die Verzinsung des eingebrachten Eigenkapitals.<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Unter Netto-Rückflüsse wird die Differenz zwischen Ausgaben und Einnahmen, also der Einnahmenüberschuss verstanden.

<sup>26</sup> Vgl. FÜRST, A.: Bau- und Immobilienfinanzierung VU, 2013. S32.

<sup>27</sup> Vgl. BAUER, U.: Enzyklopädie BWL, 2013. S47-51.

### 3. Immobilienwirtschaftliche Bewertungskriterien von mehrgeschossigen Holzwohnbauten

Neben der Ermittlung der Baukosten, Bauzeit und Qualität eines Projekts ist für künftige Bauherrn und Investoren vor allem die Höhe der zu erwartenden Herstellkosten von großem Interesse. Dabei stellen nicht nur die Investitions- und deren Folgekosten, sondern auch die durch den Mietertrag anfallende Rendite ein wesentliches Entscheidungskriterium dar. Durch die derzeit übliche, aber nicht wissenschaftlich fundierte Meinung zahlreicher Bauherrn, dass Wohngebäude aus dem Baustoff Holz grundsätzlich teurer sind, als Bauwerke, welche mit konventionellen Baustoffen wie Ziegel oder Beton errichtet werden, erfährt der Holzbau bei vielen Investitionsentscheidungen bereits zu Beginn meist keine Berücksichtigung. Diese Annahme bzw. Ausgangslage vieler Bauherrn, aber auch Architekten, Planern und Unternehmer, beruht auf dem vermeintlich höheren Detaillierungsaufwand während der Planungsphase von mehrgeschossigen Holzwohnbauten, den derzeit gültigen strikten Brandschutzanforderungen und der oftmaligen Behauptung, dass Holzkonstruktionen während der Bauzeit und auch in der Nutzungsphase höheren Risiken durch einen möglichen Feuchteintritt und der bestehenden Brandgefahr aufgrund der Brennbarkeit des Baustoffs ausgesetzt sind.<sup>28</sup>

Anhand der untersuchten Projektstudie werden die Kriterien für die immobilienwirtschaftliche Bewertung von Holzwohnbauten eingehender analysiert.

Um nun den Einfluss des umbauten Volumens auf die Rendite und den Kapitalwert der Immobilie an sich genau beschreiben zu können und auch augenscheinlich vergleichbar zu machen, wurde daher das Projekt als dreigeschossige (kurz: G3) und achtgeschossige Variante (kurz: G8) in der Holz-Massivbauweise (kurz: GH) und der mineralischen Massivbauweise (kurz: GM) betrachtet und die Varianten untereinander verglichen.

Die tragenden Teile des Rohbaus der Holz-Massivbauweise werden mit Brettsperholz sowohl in den Wandbauteilen, als auch im Deckenbereich hergestellt. Im Vergleich dazu wird der Rohbau der mineralischen Massivbauweise konventionell beim dreigeschossigen Bau in Ziegel bzw. beim achtgeschossigen Objekt in Stahlbeton und Ziegel ausgeführt.

Des Weiteren wurden im Zuge der Analyse zur Erreichung der strikten Brandschutzanforderungen für das achtgeschossige Gebäude einerseits ein passives Brandschutzkonzept aus baulichen Maßnahmen mittels Beplankung mit Gipskartonbauplatten (kurz: GKP) bzw. Gipsfaserplatten

<sup>28</sup> GREEN, M.: Tall Wood: 2012, S52-53.

(kurz: GKF) untersucht, andererseits wurden auch die aktive Brandschutzvariante einer kompletten Sprinkleranlage (kurz: GHs) bzw. einer Hochdruckvernebelungsanlage (kurz: GHv) unter Berücksichtigung ihrer Herstellkosten und laufenden Betriebskosten in der Gesamtbetrachtung miteinbezogen.

### 3.1. Grundlegende Betrachtung von Einflussfaktoren

Um die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes betrachten und eine fundierte Aussage darüber machen zu können, sind nicht nur dessen Errichtungskosten, sondern auch die Gebäude-Folgekosten zu berücksichtigen.

Kostenfaktoren wie laufende Betriebskosten oder Instandhaltungsmaßnahmen beeinflussen den Barwert einer Immobilie maßgeblich. Der wirtschaftliche Erfolg einer Investition in eine Immobilie hängt davon ab, in welchem Maß die Grundinvestition zu Beginn und die laufenden Ausgaben für den Betrieb und die Instandhaltung über die Gesamtnutzungsdauer durch die Mieterträge aufgewogen bzw. teils sogar übertroffen werden können.

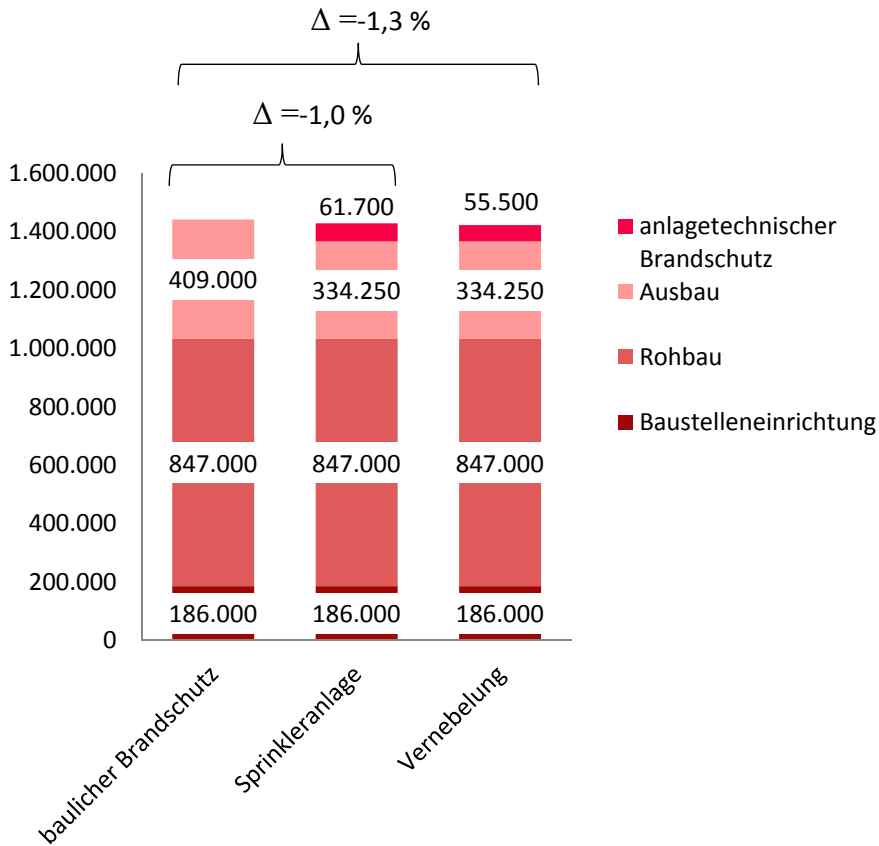
In diesem Zusammenhang spielen neben den Herstell- und Betriebskosten vor allem der Faktor Bauzeit und die vermietbare Wohn-Nutzfläche eine wesentliche Rolle im gesamtwirtschaftlichen Erfolg der Investition.

#### 3.1.1. Kriterium Herstellkosten

Derzeit stellen für die meisten Bauträger bzw. Bauherrn die reinen Herstellkosten die wesentlichste Entscheidungsgrundlage für oder gegen eine Investition dar. Durch die großteils vorherrschende Meinung, dass mehrgeschossige Holzwohnbauten grundsätzlich teurer sind, als dieselben Gebäude aus Stahlbeton, findet der Baustoff Holz nach wie vor bei vielen Investitionsentscheidungen wenig Berücksichtigung.

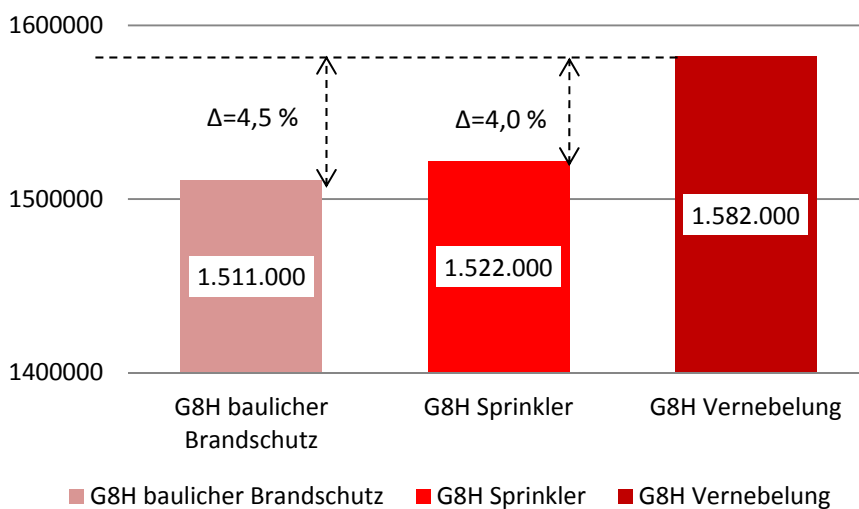
Tatsächlich zeigt die Analyse der Herstellkosten der beiden untersuchten Gebäudehöhen und beiden Baustoffe, dass die mineralische Bauweise, unabhängig von der gewählten Art des Brandschutzes, in Summe kostengünstiger ist, als die Holz-Massivbauweise. Diese Differenz ist unabhängig von der Gebäudehöhe vor allem auf die aufwändigen Ausbauarbeiten für den technischen Brandschutz der Holzbauweise zurückzuführen.

Der Vergleich der Herstellkosten eines achtgeschossigen Projekts mit baulichem oder anlagentechnischem Brandschutz verdeutlicht jedoch den Vorteil einer Hochdruck-Vernebelungsanlage gegenüber dem finanziell und zeitlichen aufwendigerem baulichen Brandschutz.



**Bild I-1** Gegenüberstellung der Herstellkosten des Edelrohbaus von G8H mit unterschiedlichem Brandschutz

Durch die Wahl eines anlagentechnischen Brandschutzes kann demnach in Abhängigkeit vom installierten System insgesamt bis zu 1,3 % an Herstellkosten eingespart werden.



**Bild I-2** Gegenüberstellung des Kapitalwerts nach 30 Jahren Nutzungsdauer von G8H mit unterschiedlichem Brandschutz

Ein ähnliches Verhältnis besteht nach einer 30 jährigen Nutzungsdauer. Der Kapitalwert eines Gebäudes mit Hochdruck-Vernebelungsanlage ist trotz höherer Betriebskosten um rund 1,2 % größer, als bei der Errichtung desselben Gebäudes mit baulichem Brandschutz. Die vorherige Grafik zeigt den prozentuellen Unterschied zwischen den Kapitalwerten desselben Gebäudes mit unterschiedlichem Brandschutz.

Aufgrund des finanziellen Vorteils eines Systems mit Hochdruck-Vernebelungsanlage gegenüber einem baulichen Brandschutz bezieht sich der im Folgenden gezogene Vergleich stets auch auf das System mit Hochdruck-Vernebelung, kurz: G8Hv genannt.

Für die Bewertung des Barwerts der Liegenschaft stellen die Herstellkosten als Grundinvestition zu Beginn der Nutzung den wesentlichsten Faktor dar. Allerdings zeigt sich bei näherer Betrachtung, dass Kriterien wie Betriebskosten oder vermietbare Wohnnutzfläche auf das Ergebnis des Barwerts einen größeren Einfluss nehmen, als die Herstellkosten selbst.

### Projektstudie

Die Analyse der Herstellkosten für den Edelrohbau<sup>29</sup> verdeutlicht, dass der Holz-Massivbau, unabhängig von der Gebäudehöhe, sowohl im dreigeschossigen, als auch im achtgeschossigen Objekt in der Errichtung um rund vier Prozent teurer ist, als das Pendant in mineralischer Bauweise.

Diese Differenz wird vor allem durch die hohen Kosten für die notwendigen Ausbauarbeiten zur Erreichung des geforderten Brandschutzes verursacht. Die nachfolgende Grafik zeigt die Herstellkosten des Edelrohbaus in Abhängigkeit zur Bauweise.

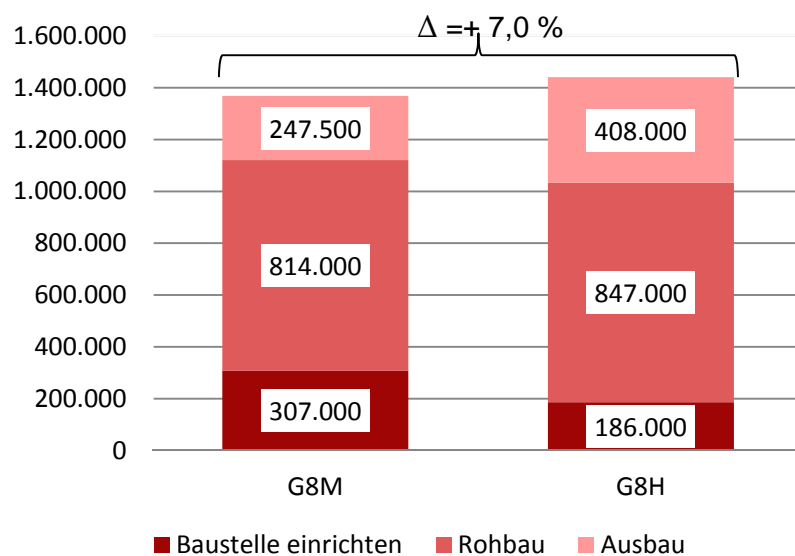
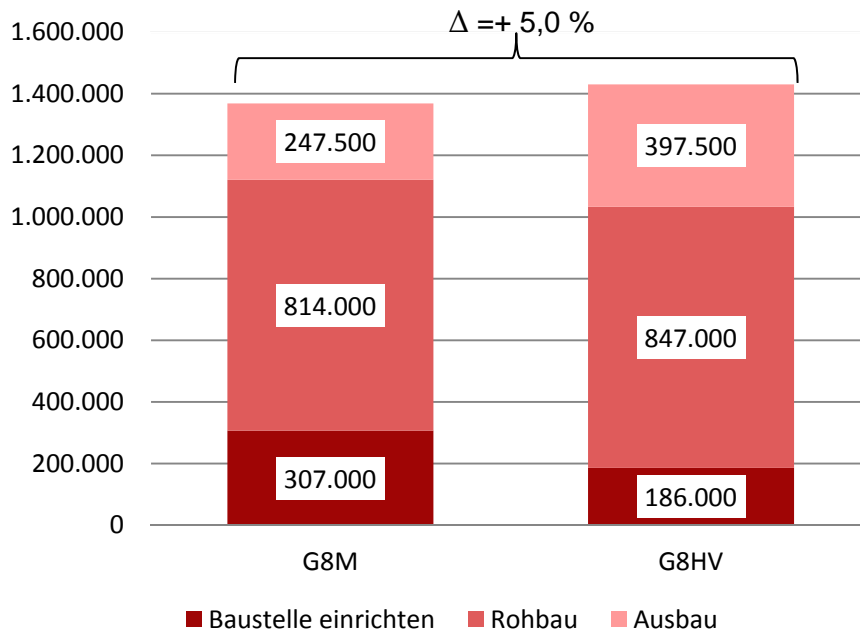


Bild I-3 Gegenüberstellung der Herstellkosten in Euro G8H vs G8M

<sup>29</sup> Unter dem Begriff Edelrohbau werden hier die kompletten Rohbauarbeiten inkl. Putz- und Trockenbau- und WDVS-Arbeiten verstanden.

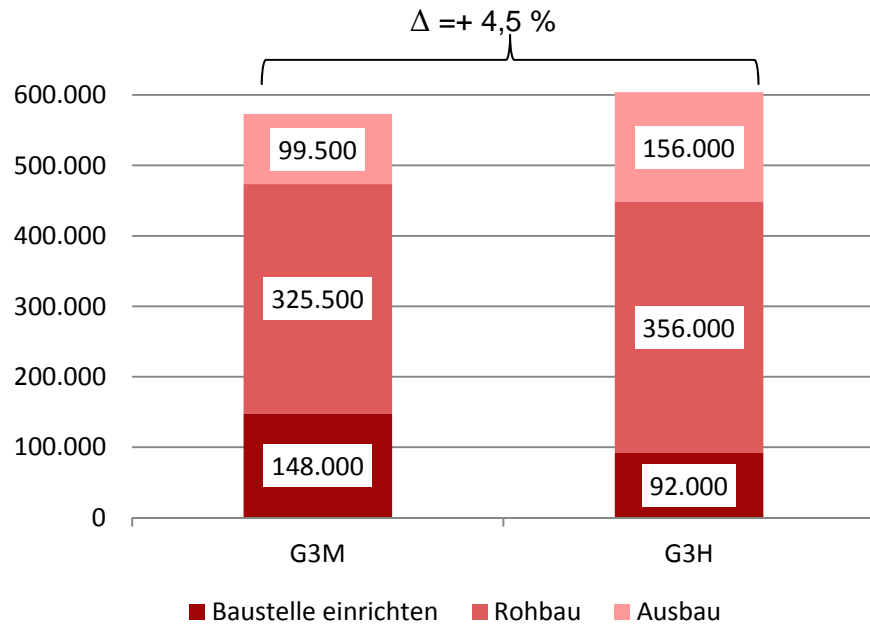


Der direkte Vergleich der Herstellkosten für den Edelrohbau zwischen der mineralischen und der Holzmassivbauweise zeigt eine Kostendifferenz von rund 7,0 % zu Gunsten der mineralischen Bauweise auf. Aufgrund der höheren Ausgaben für den Ausbau belaufen sich die Herstellkosten des Edelrohbaus für das Projekt G8H auf rund 1.441.000 Euro. Die Errichtung des Edelrohbaus des Projekts G8M würde dagegen rund 1.368.500 Euro kosten.



**Bild I-4** Gegenüberstellung der Herstellkosten in Euro G8Hv zu G8M

Die oben abgebildete Grafik zeigt die Gegenüberstellung der Herstellkosten des achtgeschossigen Projektes aus mineralischem Massivbau mit dem achtgeschossigen Objekt aus Holz mit einer technischen Brandschutzanlage. Obwohl durch die Installation eines aktiven Brandschutzes die Herstellkosten des Gebäudes aus Holzmassivbau reduziert werden können, sind diese immer noch um rund 5,0 % teurer als bei demselben Gebäude im mineralischen Massivbau.



**Bild I-5**      **Gegenüberstellung der Herstellkosten in Euro G3**

Ein ähnliches Verhältnis trifft auch bei im Vergleich der Herstellkosten der dreigeschossigen Projekte zu. Hier ist die Errichtung der Variante in Holzmassivbauweise um rund 4,5 % teurer.

### 3.1.2. Kriterium Betriebs- und Instandhaltungskosten

Neben den Herstellkosten sind für die Ermittlung des Kapitalwerts einer Immobilie die laufenden Betriebs- und Instandhaltungskosten von großer Bedeutung. Diese sogenannten Unterhaltungskosten werden bei der immobilienwirtschaftlichen Betrachtung diskontiert<sup>30</sup> und als Barwert den Herstellkosten aufgeschlagen.

#### Projektstudie

Während im betrachteten Projekt die laufenden Instandhaltungskosten sowohl für die Holzbauweise G8H, als auch für die mineralische Massivbauweise G8M in etwa gleich hoch angenommen werden können, fallen bei der Holz-Massivbauweise durch den Betrieb einer Hochdruckvernebelungs- oder Sprinkleranlage in logischer Konsequenz höhere Betriebskosten an.

<sup>30</sup> Unter Diskontierung ist eine Rechenoperation in der Finanzmathematik verstanden, in der der Wert einer zukünftigen Zahlung ermittelt wird.

### 3.1.3. Kriterium Bauzeit und Zeitpunkt der Übernahme

Das Kriterium der Bauzeit fließt im Falle einer kurzen Realisierungsphase vor allem durch den damit verbundenen Zeitpunkt einer früheren Übernahme eines Projekts und die dadurch entstehende Reduktion der zeitgebundenen Kosten in der Baustelleneinrichtung in die immobilienwirtschaftliche Berechnung mit ein. Es scheint logisch, dass je rascher eine Immobilie errichtet und damit nutzbar gemacht wird, desto früher sie Rendite für den Investor abwirft. Besonders durch den möglichen Vorfertigungsgrad einzelner BSP-Elemente kann ein wesentlicher Vorteil der trockenen Holzbauweise gegenüber der mineralischen Massivbauweise mit längeren Nachbehandlungs- und Aushärtungszeiten erreicht werden. Ein hoher Vorfertigungsgrad bedingt nicht nur eine kürzere Errichtungszeit des Rohbaus selbst, sondern auch eine jahreszeitliche Unabhängigkeit der Montagearbeiten auf der Baustelle. Außerdem kann auf Grund der schnellen Montage der einzelnen Elemente auf kostenintensive Winterbau-Maßnahmen verzichtet werden. Ebenso entfallen die kosten- und vor allem zeitintensive Nachbehandlung bzw. Schutzmaßnahmen der mineralischen Massivbauweise während der kalten Jahreszeit.

#### **Projektstudie**

Die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Bauzeiten des betrachteten Objekts verdeutlicht eindeutig den Vorteil einer trockenen Bauweise, wie jene der Holz-Massivbauweise. Auf Grund der witterungsunabhängigen Vorfertigung im Werk kann durch eine kurze Montageperiode bei der Holz-Massivbauweise besonders während des Rohbaus eine Zeitersparnis von rund 40 % im Vergleich zum mineralischen Massivbau erzielt werden.

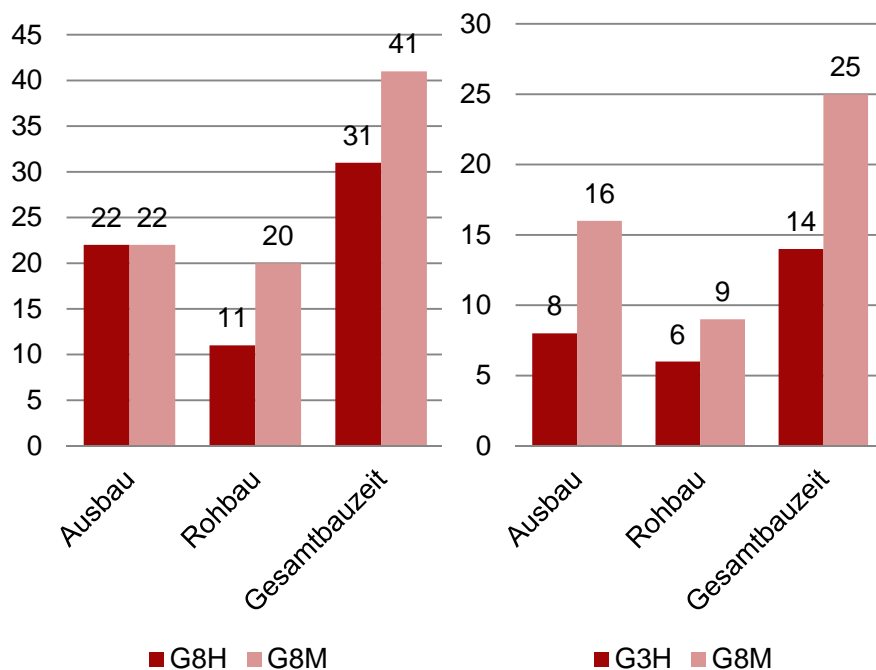


Bild I-6 Gegenüberstellung der Bauzeit G8 und G3

Durch die schnellere Fertigstellung können bei dem achtgeschossigen Projekt der Holz-Massivbauweise die einzelnen Wohneinheiten um rund zehn Wochen früher, bei der dreigeschossigen Variante aus Holz um etwa elf Wochen früher als jene der mineralischen Massivbauweise vermietet werden. Bei einer der Untersuchung zugrunde liegenden angenommen monatlichen Miete von 11,76 Euro pro Quadratmeter<sup>31</sup> ergeben sich in Summe Mieteinnahmen von 24.091 Euro pro Monat. Für den achtgeschossigen Wohnbau ergibt das unter der Annahme, dass alle Wohneinheiten sofort nach Fertigstellung vermietet werden können, also durch die kürzere Bauzeit und somit längere Vermietungsdauer um insgesamt zehn Wochen, einen erhöhten Ertrag von rund **56.500 Euro**.

Bei der dreigeschossigen Variante wird bei einer gleichen monatlichen Miete insgesamt ein höherer Betrag von rund **25.500 Euro** eingenommen.

### 3.1.4. Kriterium Wohn-Nutzfläche

Der Ertrag einer Wohnungsanlage wird im Wesentlichen durch die Höhe der Mieteinnahmen selbst bestimmt. In diesem Zusammenhang kommt dem Verhältnis zwischen der Bruttogeschossfläche (kurz: BGF) und der Wohn-Nutzfläche (kurz: WNF) eines Bauwerks besondere Bedeutung zu. Dieses

<sup>31</sup> <http://www.immopreise.at/Steiermark/Wohnung>; Datum des Zugriffs: 12.01.2014.

Verhältnis wird auch als Ausnutzungsrad bezeichnet. Ein höherer Ausnutzungsgrad bewirkt demnach in logischer Konsequenz höhere Mieteinnahmen.

Durch diesen Grundsatz wird ein weiterer sehr wesentlicher Vorteil der Holz-Massivbauweise gegenüber der mineralischen Massivbauweise deutlich. Bei gleichbleibenden bauphysikalischen Eigenschaften wie Schall- und Wärmeschutz bspw. der Außenwand fällt aufgrund der Materialeigenschaften von BSP und der zugrunde liegenden Lasteinwirkungen in der Bemessung die Dimensionierung der Wandstärken deutlich geringer aus, als die einer Stahlbetonwand.

### Projektstudie

Im betrachteten Projekt kann durch die reduziert erforderliche Wandstärken kann bei gleichbleibender Gebäudeaußenkante, sozusagen die Flucht der Fassade, ein um rund **drei Prozent** höherer Anteil an Wohnnutzfläche erreicht werden als in der mineralischen Massivbauweise.

Es zeigt sich, dass alleine durch die reduzierten Wandstärken im Falle des achtgeschossigen Bauwerks ein Nutzflächen-Gewinn von insgesamt **67 m<sup>2</sup>** erreicht werden kann, im Fall der drei-geschossigen Variante beträgt die Differenz rund **25 m<sup>2</sup>** zugunsten der Holzbauweise.

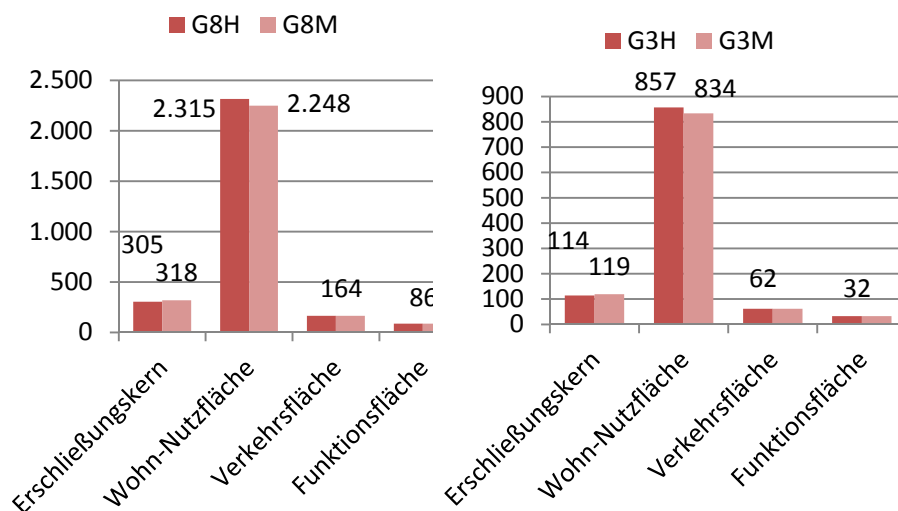


Bild I-7 Gegenüberstellung der Flächenanteile G8 und G3

Wird der Nutzflächengewinn auf die einzelnen Wohneinheiten umgelegt, ergibt das einen durchschnittlichen Zuwachs von etwa zwei Quadratmeter je Wohnung. Diese Differenz ist für den Investor eindeutig finanziell bewertbar,

für den Wohnungsinhaber jedoch kaum merkbar, da sie sich gleichmäßig über die gesamte Fläche ausdehnt. Erst durch eine gezielte Planung kann der Flächenzuwachs erkennbar und vor allem nutzbar gemacht werden.

Bei einem durchschnittlichen Gewinn von zwei Quadratmetern je Wohneinheit bei einer angenommenen Wohnungsgröße von 75 m<sup>2</sup> kann zum Beispiel ein zusätzlicher Abstellraum, WC- Raum oder großzügiger Wohnbereich in einer Wohneinheit eingeplant werden.

Durch die gezielte Anordnung dieser zusätzlichen Quadratmetergewinne während der Planungsphase kann außerdem eine Möglichkeit gefunden werden, die jeweiligen Wohnungen bei Bedarf barrierefrei zu einem späteren Zeitpunkt umzubauen.

Gleichzeit kann bei gleichbleibendem Verhältnis von BGF zu WNF die Außenabmessung des Gebäudes reduziert werden. Dies bietet vor allem bei Bauvorhaben, welche die zulässige Bebauungsdichte vor allem in innerstädtischen Raum ausschöpfen, die Möglichkeit, zusätzliche Räumlichkeiten zu schaffen bzw. Grünräume und Allgemeinflächen zu erhalten.

Durch den höheren Anteil an Wohn-Nutzfläche wird beim drei- und beim achtgeschossigen Projekt aus Holz monatlich eine höhere Miete erzielt. Die tatsächliche Höhe der Mehreinnahmen hängt allerdings stark vom Diskontierungszeitraum und der Höhe der Mietpreisanpassung ab. Im ersten Monat wird bei dem achtgeschossigen Wohnbau durch den Flächengewinn gegenüber der mineralischen Bauweise ein Überschuss von rund **790 Euro** erwirtschaftet. Beim dreigeschossigen Projekt kann bereits im ersten Monat ein Plus von rund **300 Euro** erreicht werden. Die Summierung der kontinuierlich diskontierten Überschüsse ergibt nach einer festgelegten Nutzungsdauer von 30 Jahren den Kapitalwert der Gebäude. Für das achtgeschossige Projekt des mineralischen Massivbaus ergibt das einen wesentlich geringeren Kapitalwert als beider Variante des Holz-Massivbaus bei Installation einer Hochdruckvernebelungsanlage.

### 3.2. Auswirkung immobilienwirtschaftlicher Bewertungskriterien

Während die Gegenüberstellung der Herstellkosten unabhängig von der Geschossanzahl einen finanziellen Vorteil für die mineralische Massivbauweise gegenüber dem Holz-Massivbau darlegt, kommt der Vergleich des Barwerts zu einem gänzlich anderen Ergebnis.

Einflussfaktoren, wie eine kürzere Bauzeit, die frühere Mieteinnahmen ermöglicht, und einem größeren Anteil an vermietbarer Wohnfläche, beeinflussen das Ergebnis wesentlich. Aufgrund der kontinuierlich erwirtschafteten Überschüsse, die durch die Mehreinnahmen der Miete

entstehen, wird über die definierte Nutzungsdauer ein erheblicher finanzieller Vorteil erwirtschaftet.

Somit werden die höheren Ausgaben der Grundinvestition zu Beginn nicht nur komplett kompensiert, sondern es kann auch eine deutlich höhere Rendite im Falle des Holz-Massivbaus erreicht werden.

Die Analyse der Projektstudie in Bezug auf die immobilienwirtschaftlichen Bewertungskriterien ergibt einen eindeutigen Vorteil für den Holz-Massivbau. Nach Ablauf einer zugrunde gelegten Nutzungsdauer von 30 Jahren ist der berechnete Kapitalwert beim drei- und beim achtgeschossigen Gebäude aus Holz in Summe höher. Zudem wird durch den früheren Zeitpunkt der Übernahme der Amortisationspunkt in etwa zeitgleich erreicht.

### 3.2.1. Kapitalwert und Amortisation

Trotz der höheren Investitions- und Herstellkosten stellt die Variante aus Holzmassivbauweise auf Grund des besseren Ausnutzungsgrades insgesamt die rentablere Bauweise dar. Dies kann dadurch belegt werden, als dass durch die frühere Vermietung und durch den größeren Anteil an vermietbarer Wohn-Nutzfläche nicht nur die tatsächlichen höheren Herstellkosten der beiden Objekte aus Holz kompensiert, sondern sogar erhebliche Überschüsse erzielt werden können.

#### Projektstudie

Auf das konkrete Beispiel der Projektstudie umgelegt bedeutet das, dass die vorher bereits genannten höheren Herstellkosten aufgrund der größeren Wohnnutzfläche der Variante G8H bei einer Monatsmiete von etwa 11,76 Euro/m<sup>2</sup><sup>32</sup> für Wohnungen mit 51 bis 80 m<sup>2</sup> Nutzfläche innerhalb von sechs Jahren kompensiert werden. Ab diesem Zeitpunkt werden durch die deutlich bessere Performance des Holzbauprojekts mehr Mieteinnahmen erwirtschaftet.

<sup>32</sup> <http://www.immopreise.at/Steiermark/Wohnung>; Datum des Zugriffs:12.01.2014.

	G8H	G8M	G3H	G3M
Mieteinnahmen	8.037.000	6.171.000	2.351.000	2.207.000
Herstellkosten Edelrohbau	1.441.000	1.368.500	604.000	573.000
Herstellkosten gesamtes Bauwerk (Bauwerkskosten) <sup>33</sup>	4.277.700	4.205.000	1.536.000	1.505.000
Kapitalwert des Edelrohbaus	5.883.500	5.609.000	1.553.000	1.477.000
Kapitalwert	1.511.500	1.372.000	621.000	545.000

**Bild I-8**      **Gegenüberstellung der Bauwerkskosten und Kapitalwerte G8 und G3**

Bei einer gesamten angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren erzielt unter der Zugrundelegung des obigen Mietsatzes pro Quadratmeter das achtgeschossige mineralische Massivbauobjekt G8M insgesamt **6.171.000 Euro** an Mieteinnahmen. Abzüglich der Herstellkosten und laufenden Investitions- und Instandhaltungskosten beläuft sich somit der Kapitalwert des Edelrohbaus von G8M nach 30 Jahren auf rund **5.609.000 Euro**. Demgegenüber werden bei der achtgeschossigen Holzmassivbau Variante G8H mit baulichem Brandschutz unter Berücksichtigung der größeren vermietbaren Fläche von 67 m<sup>2</sup> über eine Nutzungsdauer von 30 Jahren insgesamt **8.037.000 Euro** an Mieteinnahmen eingenommen. Werden die Herstellkosten und laufenden Investitions- und Instandhaltungskosten abgezogen, ergibt sich der Kapitalwert des Edelrohbaus von G8H nach 30 Jahren mit rund **5.883.500 Euro**. Im Vergleich dazu wird unter der Berücksichtigung der laufenden Investitionen und Herstellkosten bei Vermietung der Immobilie G8H mit der Variante einer Sprinkleranlage insgesamt ein Kapitalwert des Edelrohbaus von **5.894.000 Euro** erzielt.

Die Rendite des Edelrohbaus der Variante G8Hv mit der Installation einer Hochdruck-Vernebelungsanlage als anlagentechnischer Brandschutz belaufen sich sogar auf **5.953.500 Euro**.

Ein ähnliches Bild ergibt die Analyse und Gegenüberstellung aller dreigeschossigen Projekte. Während die Herstellkosten von G3H um rund fünf Prozent höher sind als jene von G3M, wird bei der Variante des Holzmassivbaus nach 30 jähriger Nutzungsdauer ein um rund **95.000 Euro** höherer Kapitalwert erreicht.

<sup>33</sup> Die Bauwerkskosten wurden mit Hilfe eines Vergleichsverfahrens ermittelt. Die Daten dafür wurden SPIELBAUER, K; RULAND, K; et al: Baukosten Gebäude 2012 S.469 und 477 entnommen.



Dieser augenscheinliche Zusammenhang zwischen dem Gewinn an Wohnnutzfläche und dem erzielbaren Kapitalwert ist in den nachstehenden Grafiken verdeutlicht. Sie zeigt den Verlauf des Kapitalwerts von G8H und G8M über die Nutzungsdauer von 30 Jahren sowie den Zeitpunkt der Amortisation.

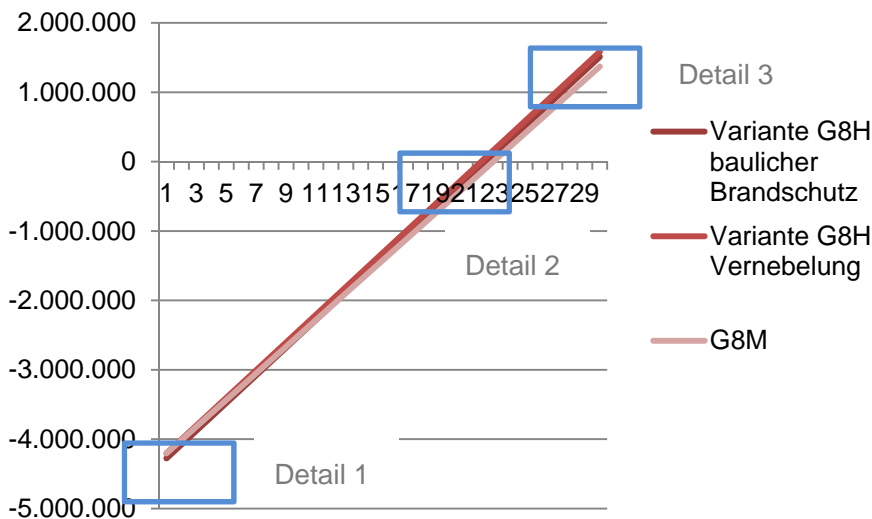


Bild I-9 Gegenüberstellung des Kapitalwerts G8

Die vorige Grafik zeigt den Verlauf und die Gegenüberstellung des Kapitalwerts von G8H mit baulichem Brandschutz, G8H mit einer Hochdruck-Vernebelungsanlage und G8M.

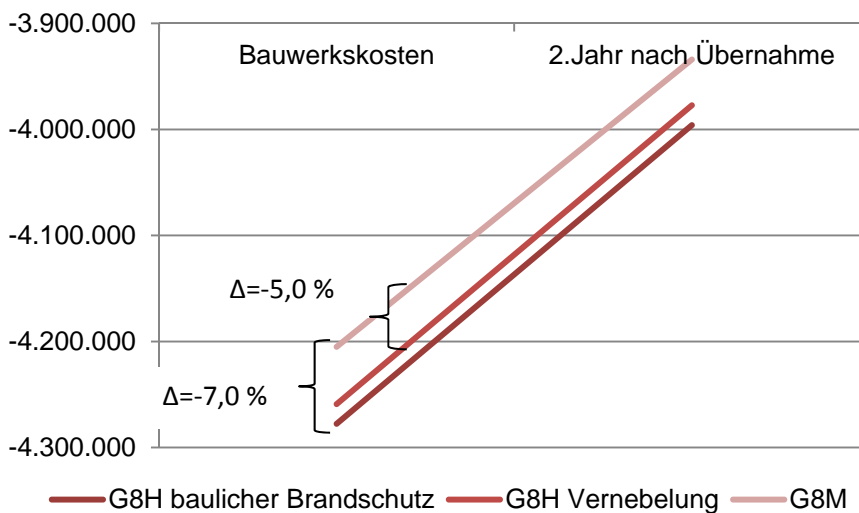


Bild I-10 Detail 1: Gegenüberstellung des Kapitalwerts zum Zeitpunkt der Übernahme

Zwar ist der Kapitalwert der Holzmassivbauweise in den ersten Jahren nach der Übernahme noch etwas geringer als beim Projekt G8M, auf Grund der höheren Mieteinnahmen gleicht sich dieser jedoch bereits im vierten Jahr an. Beide Projekte erreichen den Break-Even Point nach etwa 22 Jahren Vermietungszeit. Ab diesem Zeitpunkt erwirtschaftet die Variante aus Holzbau allerdings erheblich mehr Einnahmen, als jene aus mineralischem Massivbau.

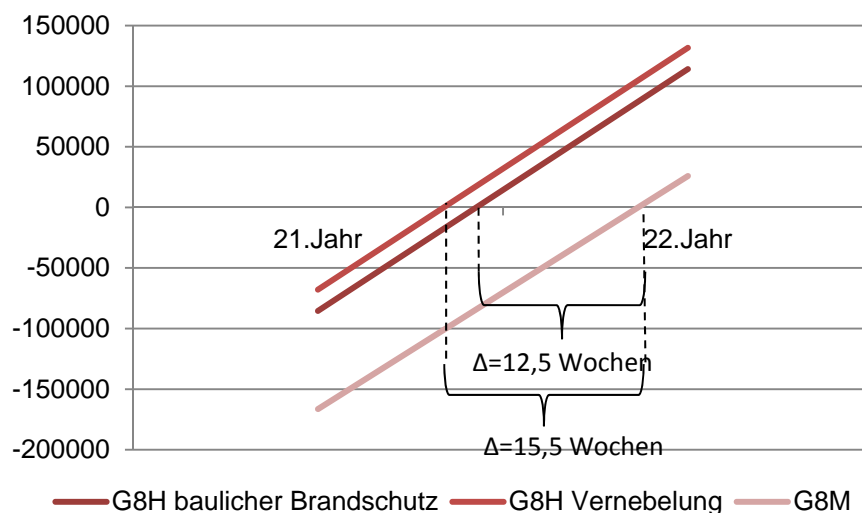


Bild I-11 Detail 2: Gegenüberstellung der Amortisationszeitpunkte G8

Durch die kürzere Bauzeit und die höheren Mieteinnahmen wird der Amortisationszeitpunkt bei dem Objekt in Holzmassivbauweise um rund 15,5 Wochen früher erreicht. Diese zeitliche Differenz wirkt sich direkt auf die Höhe der Höhe der Zwischenfinanzierung aus.

Bei einem durchschnittlichen Kredit von 6,0 % pro Jahr reduziert sich so die Höhe des zurückzuzahlenden Darlehns um rund 1,0 %.

Auf die konkrete Projektstudie umgelegt bedeutet das bei einem Darlehen von 1.439.000 Euro und einer sechs jährigen Laufzeit eine Kostenersparnis von etwa 20.000 Euro.

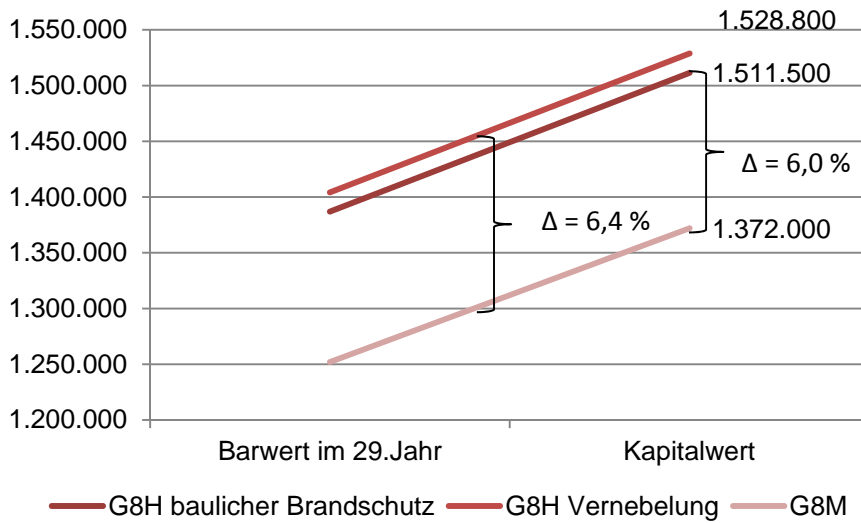


Bild I-12 Detail 3: Gegenüberstellung des Kapitalwerts nach 30 Jahren G8.

Die Analyse der dreigeschossigen Bauwerke zeigt in Bezug auf den Verlauf des Kapitalwerts einen sehr ähnlichen Verlauf.

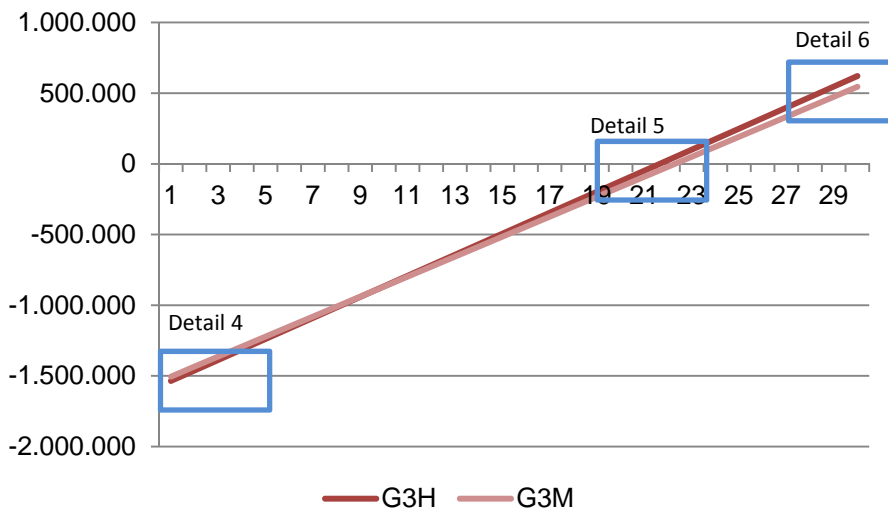


Bild I-13 Gegenüberstellung des Kapitalwerts und Amortisations-Zeitpunkt G3

Auch bei der dreigeschossigen Variante ist der Kapitalwert des betrachteten Objektes in Holzmassivbauweise in den ersten Jahren nach der Übernahme um rund 5,0 % geringer als beim Projekt aus Stahlbeton.

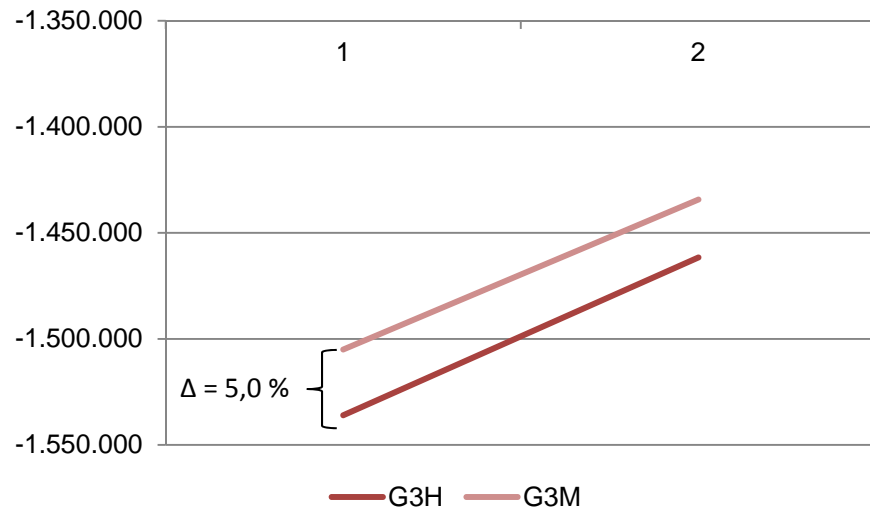


Bild I-14 Detail 4: Gegenüberstellung des Kapitalwerts nach Übernahme G3

Durch die höheren Mieteinnahmen gleicht sich dieser jedoch bereits im siebten Jahr an. Bei der dreigeschossigen Variante wird der Break-Even Point nach etwa 23 Jahren erreicht. Ab diesem Zeitpunkt erwirtschaftet die Holzmassivbauweise deutlich mehr Einnahmen.

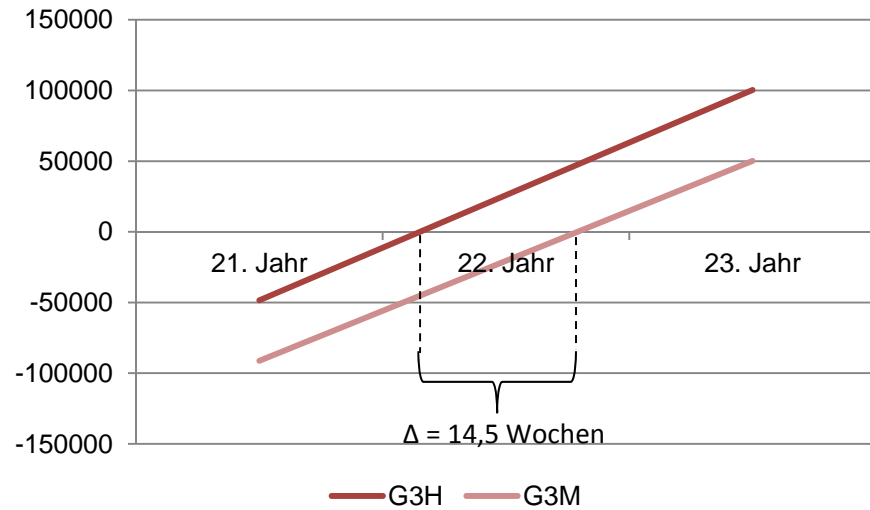


Bild I-15 Detail 5: Gegenüberstellung des Amortisationszeitpunkts G3.

Auch beim dreigeschossigen Projekt verdeutlicht die Gegenüberstellung des Kapitalwerts nach 30jähriger Nutzungsdauer den Einfluss eines höheren Anteils an Wohn-Nutzfläche auf die Wirtschaftlichkeit. Insgesamt ist die Variante G3H um rund 6,4 % rentabler als dasselbe Projekt aus mineralischem Massivbau.

Dieses Verhältnis ist in der unten abgebildeten Grafik dargestellt.

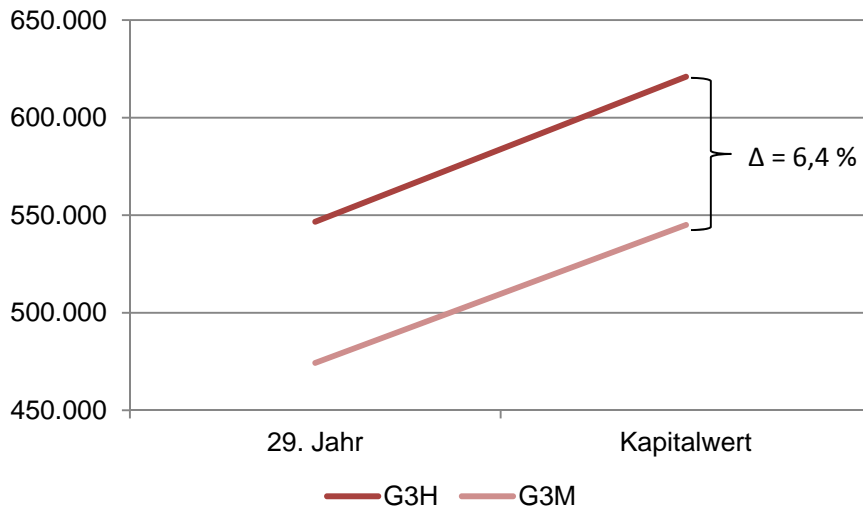


Bild I-16 Detail 6: Gegenüberstellung des Kapitalwerts nach der 30 jähriger Nutzungsdauer

## 4. Schlussfolgerungen für den mehrgeschossigen Holzwohnbau

### 4.1. Zusammenfassende Betrachtung und Interpretation

Dem oftmals genannten Aspekt höherer Errichtungskosten im Holzmassivbau stehen eine Reihe von nutzbaren und belegbaren Argumenten gegenüber. In diesem Zusammenhang werden nicht nur ökonomische Einflüsse, wie höhere Wohn-Nutzungsflächen, eine kürzere Gesamtbauzeit und ein insgesamt eindeutig höherer Ertragswert, sondern auch Faktoren wie die architektonische Flexibilität, eine geringere Lärmbelastung der Anrainer, eine schnellere Montage mit weniger Transporten künftig weiter an Bedeutung gewinnen.

Durch den möglichen Vorfertigungsgrad, die schlanken Querschnitte, die rasche Montage und leichte Verarbeitbarkeit gewinnt das Produkt Brettsperrholz nicht nur bei Architekten und Ingenieuren, sondern auch bei Investoren und Bauherren immer größere Einflüsse.

Zwar sind zu Beginn eines Planungsprozesses für den Bauherren bzw. Investor vor allem die zu erwartenden Herstellkosten von Bedeutung, durch den möglichen Vorfertigungsgrad und die kurze Montagezeit können jedoch nicht nur die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten reduziert werden, sondern auch Überschüsse durch frühere Mieteinnahmen erwirtschaftet werden.

Im Bild I-8 wurden alle Kosten das Bauwerk betreffend zusammengefasst. Es ist der Vergleich zwischen den Herstell- und Bauwerkskosten der unterschiedlichen Bauweisen angeführt und mit dem Kapitalwert nach einer definierten Nutzungsdauer von 30 Jahren gegenübergestellt.

Bei einem objektiven Vergleich der mineralischen und der Holz-Massivbauweise im Rahmen der untersuchten Projektstudie zeigt sich, dass zwar die Herstellkosten für die Holzmassivbau sowohl im Falle des dreigeschossigen, als auch des achtgeschossigen Objektes um rund 5,0 – 7,0 % höher sind, da die Ausbauarbeiten zur Erreichung der geforderten Brandschutzanforderungen im Falle des Holzbaus wesentlich höhere Kosten verursachen. Allerdings kann bereits durch die größere vermietbare Wohn-Nutzfläche ein nicht zu verachtender höherer Mietertrag erreicht werden. Den höheren Herstellkosten steht am Ende ein höherer Ertragswert gegenüber.

Bei kontinuierlicher Verzinsung der Mieteinnahmen und laufenden Ausgaben kann somit sowohl bei dem dreigeschossigen, als auch bei dem achtgeschossigen Projekt aus Holz ein um etwa 6,0 % höherer Kapitalwert erreicht werden.

## 4.2. Fazit

Die Wahl eines anlagentechnischen Brandschutzes wirkt sich im Vergleich zum baulichen Brandschutz positiv auf die Höhe der Herstellkosten aus. Bei einem achtgeschossigen Wohngebäude in Holzmassivbauweise können so die Kosten für den Edelrohbau um 1,2 % gegenüber einem System mit baulichem Brandschutz gesenkt werden.

Dennoch fallen die Herstellkosten eines Gebäudes aus Holz mit etwa einer Hochdruck-Vernebelungsanlage um rund 5,0 % höher als dasselbe Projekt aus mineralischem Massivbau aus.

Diesem negativen Aspekt einer höheren Anfangsinvestition stehen allerdings positive Einflüsse wie ein besseres Verhältnis von Bruttogeschossfläche zu Wohn-Nutzfläche gegenüber.

Dadurch und durch die kürzere Bauzeit kann der Amortisationszeitpunkt des Wohnbaus in Holzmassivbauweise gegenüber der mineralischen Variante deutlich nach vorne verschoben werden. Dies wirkt sich nicht nur auf die Höhe des Kapitalwerts nach einer 30jährigen Nutzungsdauer, sondern auch auf die Höhe der Zwischenfinanzierung aus.

Bei einem durchschnittlichen Kreditsatz von etwa 6,0 % wird durch die frühere Erreichung des Break-Even Points die Höhe des zurückzuzahlenden Darlehens um etwa 1,0 % gesenkt.

## 4.3. Ausblick

Die vorliegende Arbeit hat die Vorteile der Holzbauweise besonders im städtischen Bereich analysiert und mit Kennwerten hinterlegt.

Vor allem durch die schlankere Bauweise kann der Holzbau auch bei begrenzten Platzverhältnissen im innerstädtischen Bereich eingesetzt werden. Durch den hohen Grad an Vorfertigung wird zudem die Bauzeit verkürzt und der Zulieferverkehr eingeschränkt.

Neben den ökonomischen Aspekten wird der Holzbau auch durch das Argument der Nachhaltigkeit im Bauwesen und die Einführung von ökologischen Mindeststandards in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Trotzdem ist der prozentuelle Anteil an Holzbauprojekten in größeren Städten immer noch gering. Dies ist vor allem auf die Unsicherheiten der Planer und Bauherren in Bezug auf Brandschutzvorschriften zurückzuführen. Allerdings können diese Unsicherheiten durch universitäre Forschungsarbeit entschärft werden. Während die aktuellen Brandschutz-Verordnungen den Einsatz des Holzbaus im mehrgeschossigen Wohnbau stark beeinträchtigen, werden in den künftigen Richtlinien die neuesten Forschungsergebnisse eingearbeitet und so die Bestimmungen

abgeschwächt. Gleichzeitig gewinnt der Holzbau durch den immer stärker werdenden Wunsch nach ressourcensparenden Bauen an Bedeutung

Derzeit stellen größere Holzwohnbauprojekte allerdings trotz der einfachen Möglichkeit zur Vorfertigung eher Prototypen und Sonderlösungen dar. Dieser Umstand ist jedoch im Umbruch begriffen. Durch die Bemühungen um Standardisierung im Bereich des Brettsperrholzes und durch die erweiterte Vorfertigung im Werk, die nicht nur den Zuschnitt der einzelnen Elemente, sondern auch die Aufbringung der Dämmung und des Brandschutzes betrifft, wird das Bauprodukt in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Anzumerken ist, dass für eine erfolgreiche Weiterentwicklung des Produktes Brettsperrholz und des Holzbaus gesamt vor allem eine enge Zusammenarbeit zwischen Architekt, Bauingenieur und -unternehmer notwendig sein wird.



## Literaturverzeichnis

**BAUER, U.:** Enzyklopädie BWL, Graz 2013

**Bewertungsgesetz BGBL.Nr. 148/1955** zuletzt geändert durch BGBL.Nr. 145/1963

**Einkommenssteuergesetz BGBL.Nr 400/1988** zuletzt geändert durch BGBL Nr. 142/2000

**FÜRST, A.:** Bau- und Immobilienfinanzierung VU, Graz 2013  
**GREEN, M.:** The Case for Tall Wood Buildings. Vancouver. mgb

**ARCHITECTURE + DESIGN**, 2012.

**KOPPELHUBER, J.; ZÜGNER, D.; HECK, D.:** Bewertungskriterien und deren Auswirkung in der Kalkulation von mehrgeschossigen Holzwohnbauten, bauaktuell 03/2014

**Kranewitter, H.** Liegenschaftsbewertung. Wien. 2002.

**ÖNORM B 1800**, Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken. Ausgabe 2013-08-01,

**ÖNORM B 1801-2**, 2011-04-01: Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten.

**ÖNORM B 1802-2** Liegenschaftsbewertung- Teil 2 DCF Verfahren; Ausgabe 2008-12-01.

**Spielbauer, H; Ruland, K. Et al:** BKI Baukosten Gebäude. Stuttgart 2012.

**Zügner, D.:** Die Holz – Massivbauweise im mehrgeschossigen Wohnbau, ein kalkulatorischer Vergleich zur mineralischen Massivbauweise. 2013.

<http://www.hohensinn-architektur.at/wohnanlagen.php>. Datum des Zugriffs: 10.08.2013.

<http://www.immopreise.at/Steiermark/Wohnung>; Datum des Zugriffs: 12.01.2014.

<http://www.kovac.com/immobilien/DEU/leistungen/KOM.php>, Zugriffsdatum: 12.01.2014.



## IV. Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken

Dieser Artikel ist ein Abstract der Masterarbeit von Stefan Hölzl „Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken“ abgeschlossen im Januar 2014

**Dipl.-Ing. Stefan Hölzl**

**Absolvent der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen –  
Bauingenieurwissenschaften der TU Graz  
hoelzlst@gmail.com**

**Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber**

**Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz  
Lessingstraße 25/2, 8010 Graz  
joerg.koppelhuber@tugraz.at**

### Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	85
2.	Grundlagen .....	86
2.1.	Bedeutung des Holzbaus in Österreich, Schweiz und Deutschland .....	86
2.2.	Eigenschaften von Holz-Beton-Verbunddecken.....	87
2.2.1.	Vorteile von HBV-Decken .....	88
2.2.2.	Nachteile von HBV-Decken.....	89
2.3.	Berechnung von Holz-Beton-Verbunddecken .....	89
2.4.	Unterscheidung von Holz-Beton-Verbunddecken .....	90
3.	Bewertung des derzeitigen Marktangebots .....	95
4.	Grundlagen zur Kalkulation von HBV-Decken .....	97
4.1.	Kalkulationsart und Erläuterung .....	97
4.2.	Randbedingungen, Kostenkomponenten, Aufwands- und Leistungswerte .....	99

5.	Kalkulationsergebnisse und wirtschaftliche Gegenüberstellung .....	100
5.2.	Vergleich HBV-Decken untereinander.....	100
5.3.	Vergleich HBV-Decken – Brettsper Holzdecke .....	103
5.4.	Vergleich HBV-Decke – Stahlbetondecke .....	104
6.	Baubetriebliche Betrachtung und Marktpotenzial .....	106
6.1.	Faktor Bauzeit .....	106
6.2.	Akzeptanz der HBV-Bauweise .....	107
6.3.	Einsatzgebiete.....	108
7.	Künftige Entwicklungen von HBV-Decken.....	109
7.1.	Potenzial von Forschung und Entwicklung.....	109
7.2.	Bedarf an Forschung und Entwicklung.....	110
8.	Zusammenfassung und Ausblick.....	112
	Literaturverzeichnis.....	115

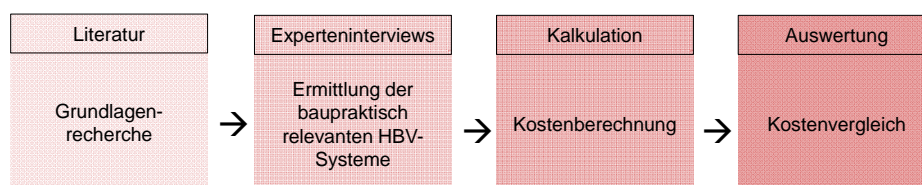
## 1. Einleitung

Die Wahl der möglichen Baumaterialien und der dazugehörigen geeigneten Bauweisen ist im Bauwesen stark von ökonomischen Kriterien beeinflusst. Zahlreiche Entwicklungen und Untersuchungen in den vergangenen Jahrzehnten zu unterschiedlichsten Deckensystemen ergeben sowohl in technischer, als auch monetärer Hinsicht eine Vielzahl an Möglichkeiten zur technischen Ausbildung von Deckensystemen. Diese Vielfalt wurde durch die Entwicklung der Holz-Beton-Verbund-Bauweise (kurz: HBV-Bauweise) erweitert. Diese verbindet zwei traditionelle Bauweisen miteinander - die Holzbauweise und die Stahlbetonbauweise. Dadurch können Synergien in Bezug auf konstruktive Merkmale, bauphysikalische Eigenschaften, ökologische Kriterien, aber auch wirtschaftliche Aspekte beider Bauweisen erzielt werden.

Neben ersten Entwicklungen in der Zwischenkriegszeit wurde die HBV-Bauweise vor allem in den letzten zwei Jahrzehnten stark weiter entwickelt. Der Fokus der Forschung lag dabei auf der Verbesserung der Technik selbst und hier in erster Linie in Bezug auf das zu verwendende Verbindungsmittel beider Materialien. Die Entwicklung von geeigneten Berechnungsmethoden und deren Anwendung in der Praxis zur Feststellung des Kurz- und Langzeitverhaltens und die zu beachtenden Besonderheiten, welche durch die Kombination von zwei grundlegend verschiedenen Baustoffen entstehen, wurden im Rahmen zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten vertieft analysiert.<sup>1</sup>

Im vorliegenden Beitrag wird deshalb versucht, einen wirtschaftlichen Vergleich zwischen verschiedenen HBV-Decken und konventionellen Deckensystemen aus Stahlbeton herzustellen, wobei der Fokus der Untersuchung in erster Linie auf die jeweiligen Einheitspreise der Deckensysteme gelegt wurde.

Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen.



**Bild I-1** Vorgehensweise zur Beantwortung der Forschungsfrage<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vgl. RAUTENSTRAUCH, ; KARL, : Entwicklung der Holz-Beton-Verbundbauweise. In: Holz-Beton-Verbund: Innovationen im Bauweise - Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. S. 1ff.

<sup>2</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.

## 2. Grundlagen

### 2.1. Bedeutung des Holzbaus in Österreich, Schweiz und Deutschland

In Österreich hat der Holzbau eine lange Tradition. Über Jahrhunderte war er der primäre Rohstoff für Decken- und Dachkonstruktionen sowohl im Wohnbau, als auch im Industrie- und Gewerbebau. Aufgrund der vermehrten Konkurrenz durch die Baustoffe Beton und Stahl verlor der Bau- und Werkstoff Holz zunehmend seine tragende Rolle als primärer Baustoff im Bauwesen. Die Entwicklung des Holzbauanteils in Österreich konnte in den letzten Jahren und Jahrzehnten von einem sehr geringen Niveau zwar gesteigert werden, und derzeit kann von einer weiter steigenden Tendenz ausgegangen werden. Studien belegen, dass im Jahr 2008 bereits 39 % aller genehmigten Bauvorhaben in Österreich in Holzbauweise ausgeführt wurden. Im Jahr 1998, also 10 Jahre davor, lag der Wert noch bei rd. 25 %. Auch bei näherer Betrachtung der einzelnen Gebäudekategorien wird schnell klar, dass der Holzbau auf dem Vormarsch ist.<sup>3</sup>

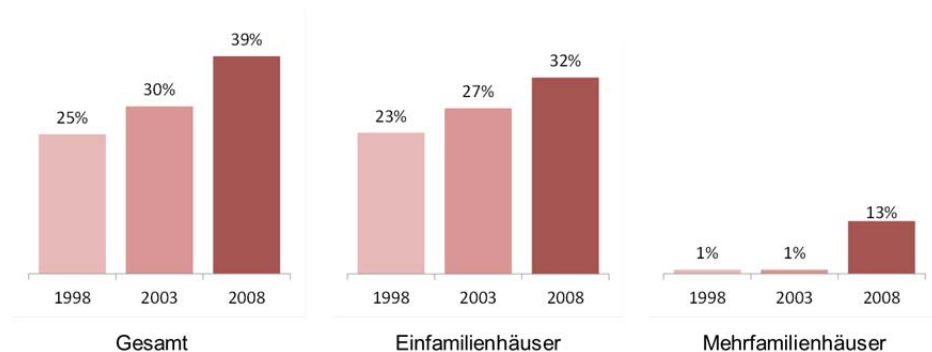


Bild I-2 Holzbauanteil aller genehmigten Hochbauten<sup>4</sup>

Wie in der oberen Graphik zu erkennen ist, nimmt der Holzbau vor allem bei kleineren Bauvorhaben im Ein- und Zweifamilienhausbau mit 32 % hohe Anteile ein, bei Zu- und Umbauten hingegen bereits 47 % und im Falle von landwirtschaftlichen Zweckbauten gar 54 %. Hingegen werden bei öffentlichen Bauvorhaben mit 26 % und bei Mehrfamilienwohnhäusern mit rd. 13 % deutlich geringere Anteile erreicht.<sup>5</sup>

Regional verteilt sind teilweise sehr große Unterschiede zu erkennen. So wurde zum Beispiel in Österreich im Jahr 2008 jedes vierte öffentliche Bauvorhaben in Holzbauweise ausgeführt, bezogen auf das Bundesland

<sup>3</sup> Vgl. STINGL, R.; ZUKAL, M. L.; TEISCHINGER, A.: Holzbauanteil in Österreich - Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben. In: att.Zuschnitt, 09/2011. S. 1ff.

<sup>4</sup> Ebd.

<sup>5</sup> Ebd.

Kärnten liegt derselbe Wert jedoch bei rd. 57 %. Dies ist ein deutliches Anzeichen, dass in Kärnten die öffentliche Hand stärker auf den Holzbau setzt als andere Bundesländer und auch in der Lage ist, die Bauwirtschaft dahingehend zur Umsetzung anzuhalten.

Ein weiteres Beispiel für lokale Unterschiede in Bezug auf dem Holzbauanteil sind allerdings auch in Deutschland wieder zu finden; - das ist ein deutliches Nord-Süd bzw. das West-Ost-Gefälle zu erkennen.<sup>6,7,8</sup>

Die regionalen, nationalen und internationalen Datengrundlagen haben alle eines gemeinsam, nämlich dass der Holzbau seine Anteile im Baugeschehen in den letzten Jahren überall deutlich steigern konnte. Grund dafür ist unter anderem die technische Entwicklung einzelner Baustoffe und auch modernen / neuen Bauweisen, zu denen auch die HBV-Bauweise zählt.

## 2.2. Eigenschaften von Holz-Beton-Verbunddecken

Die Idee, Holzbauteile durch eine zusätzliche Betonschicht zu verstärken und ihr eine andere Tragstruktur zu geben, kam erstmals in den 1930er Jahren im deutschsprachigen Raum auf. Seit dieser Zeit bestehen HBV-Decken nach wie vor aus den drei grundlegenden Komponenten, nämlich, dem Holzbauteil, dem Betonbauteil und dem zugehörigen Verbindungsmittel.

<sup>6</sup> Vgl. STINGL, R.; ZUKAL, M. L.; TEISCHINGER, A.: Holzbauanteil in Österreich - Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben. In: att.Zuschnitt, 09/2011. S. 1ff.

<sup>7</sup> Vgl. PROHOLZ STEIERMARK: Gegenüberstellung der ermittelten Holzbauanteile: Österreich - Steiermark - Kärnten. PowerPoint Präsentation. S. 1ff.

<sup>8</sup> Vgl. KÖSTER, H.; WEHNER, M.: Holzbau der Zukunft - Teilprojekt 08: Marktforschung und Markterschließung. Abschlussbericht. S. 1ff.

### 2.2.1. Vorteile von HBV-Decken

Durch die Verbindung der beiden Baustoffe Holz und Beton entsteht ein Produkt mit einer Reihe von Vorteilen, welche im Folgenden kurz zusammengefasst sind:<sup>9,10,11,12</sup>

- ideale Nutzung der jeweiligen Festigkeitseigenschaften: Beton unter Druck, Holz unter Zug
- einfache Möglichkeit zur Sanierung bestehender Holzdecken in statischer Hinsicht, auch im Bestand
- duktiles Bauteilverhalten
- freie Raumgestaltung durch große Spannweiten
- ideale Querverteilung der Lasten durch Betonplatte
- horizontale Aussteifung durch Betonplatte, erhöhte Gebäudestabilität
- hoher Vorfertigungsgrad möglich
- geringe Schwingungsanfälligkeit durch höhere Masse
- gute Schallschutzeigenschaften
- gute Brandschutzeigenschaften durch Beton als nicht brennbares Material
- Holzuntersicht kann als architektonisches Element eingesetzt werden
- Holzschutz gewährleistet durch obenliegende Betonplatte

<sup>9</sup> Vgl. PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau - Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Diplomarbeit. S. 1ff.

<sup>10</sup> Vgl. BATHON, L.; BLETZ, O.: Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau - Aktueller Stand der Technik. In: Holzbau quadriga, 02/2009. S. 1ff.

<sup>11</sup> Vgl. RAUTENSTRAUCH, ; KARL, : Entwicklung der Holz-Beton-Verbundbauweise. In: Holz-Beton-Verbund: Innovationen im Bauweise - Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. S. 1ff.

<sup>12</sup> HOLLENBACH, J.: Vergleichende Untersuchung von Holz-Beton-Verbunddecken hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit. S. 1ff.



## 2.2.2. Nachteile von HBV-Decken

Des Weiteren sind in diesem Zusammenhang auch einige Nachteile zu nennen:<sup>13,14,15</sup>

- aufwendige Fertigung
- detaillierte Planung und Berechnung
- Holz muss vor Betonfeuchte geschützt werden
- Unterstützung der Holzkonstruktion bis zur Herstellung der fertigen Verbunddecke erforderlich
- teilweise unklare bauordnungsrechtliche Grundlagen

## 2.3. Berechnung von Holz-Beton-Verbunddecken

In den letzten Jahren wurden einige Methoden für die Berechnung des Lang- und Kurzzeitverhaltens von HBV-Decken entwickelt. Während zunächst der Fokus auf dem Kurzzeitverhalten lag, widmet sich die Wissenschaft in letzter Zeit verstärkt dem Langzeitverhalten dieser Deckensysteme. Nichtsdestotrotz ist die statische Berechnung von HBV-Decken nach wie vor ein Sonderfall und wird auch sowohl in der Wissenschaft, als auch in der baupraktischen Anwendung als solcher gesehen. Die Integration der möglichen Berechnungsmethoden in die Normung würde mit Sicherheit dazu beitragen, die derzeit verwendeten Ansätze zu verbreiten und so den Alltag der Ingenieure in zu erleichtern und vor allem die Berechnung an sich zu beschleunigen.

In der folgenden Graphik sind die wesentlichsten Berechnungsmethoden kurz zusammengefasst.

<sup>13</sup> Vgl. PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau - Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Diplomarbeit. S. 1ff.

<sup>14</sup> Vgl. RAUTENSTRAUCH, ; KARL, : Entwicklung der Holz-Beton-Verbundbauweise. In: Holz-Beton-Verbund: Innovationen im Bauweise - Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. S. 1ff.

<sup>15</sup> HOLLENBACH, J.: Vergleichende Untersuchung von Holz-Beton-Verbunddecken hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit. S. 1ff.

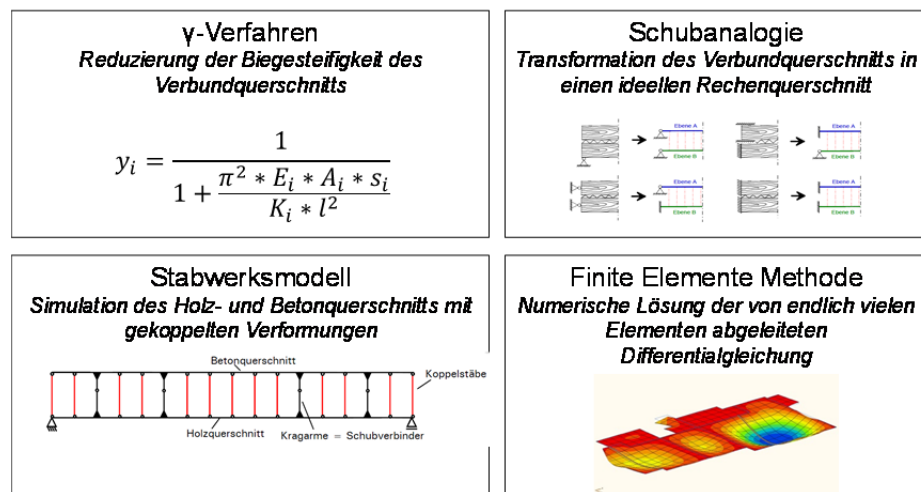


Bild I-3 Mögliche Berechnungsmethoden für das Tragverhalten von HBV-Decken<sup>16</sup>

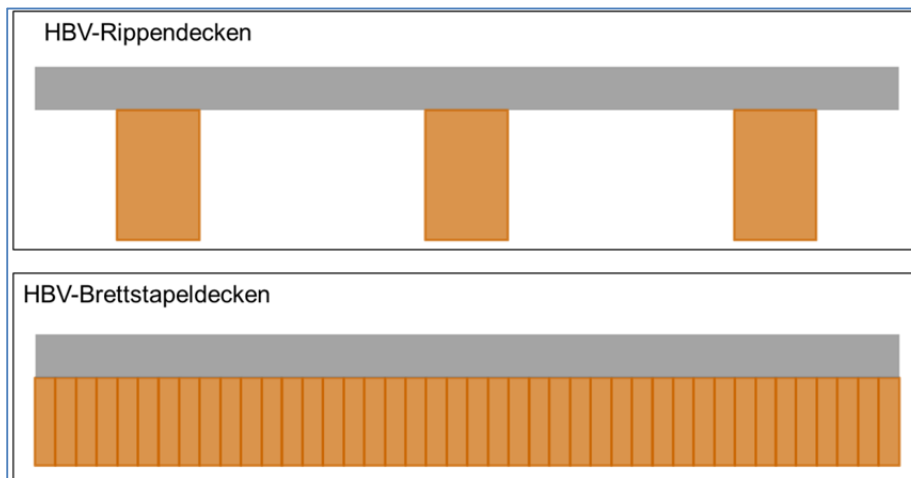
## 2.4. Unterscheidung von Holz-Beton-Verbunddecken

Technisch gesehen gibt es eine Vielzahl von verschiedenen HBV-Deckenarten, welche sich hinsichtlich ihrer konstruktiven und bauphysikalischen Eigenschaften, ihrer baubetrieblichen Herstellung und ihrer ökonomischen Konkurrenzfähigkeit oftmals stark unterscheiden. Es sollen an dieser Stelle auszugswise drei verschiedene Möglichkeiten der Unterscheidung dargestellt werden:

- nach der Art des Holzbauteils
- nach der Art des Verbindungsmittels und
- nach der Art der Herstellungsmethode

Bei der Unterscheidung nach der Art des Holzbauteils werden in der Praxis derzeit zwei Systeme eingesetzt. Einerseits gelangen sog. Rippendeckenelemente zum Einsatz mit Holzbalken als tragende Rippen und darüber die tragende flächige Betonplatte und andererseits flächige Holzelemente in Form von Brettstapelelementen mit darüber befindlicher flächiger Betonplatte, was im nachfolgenden Bild schematisch dargestellt ist.

<sup>16</sup> [http://www.hafen-tragwerksplanung.de/HAFEN\\_TRAGWERKSPLANUNG/Berechnung\\_files/FE-Decke.jpg](http://www.hafen-tragwerksplanung.de/HAFEN_TRAGWERKSPLANUNG/Berechnung_files/FE-Decke.jpg). Datum des Zugriffs: 20.03.2014



**Bild I-4** Unterscheidung von HBV-Decken nach der Art des Holzbauteils<sup>17</sup>

Bei der Unterscheidung nach der Art des Verbindungsmittels sind zwei Gruppen zu nennen: jene mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung und jene ohne allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

In die erste Gruppe mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung fallen unter anderem vier Schraubentypen der folgenden Hersteller: Würth<sup>18</sup>, SFS<sup>19</sup>, TCC<sup>20</sup> und Timco<sup>21</sup>, die sogenannten HBV-Schubverbinder und Flachstahlschlösser.

In der Gruppe der nicht bauaufsichtlich zugelassenen Verbindungsmittel fällt eine Vielzahl von Möglichkeiten. Stellvertretend seien an dieser Stelle die Einfräsungen in die Holzoberfläche, die sog. Kerfen, eingeklebte Stahlstäbe, Kopfbolzendübel und die Haftverbindungen genannt. Insgesamt stehen auf der Liste der möglichen Verbindungsmittel über 20 verschiedene Möglichkeiten und Varianten.<sup>22</sup>

<sup>17</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.

<sup>18</sup> Würth ASSYplus VG Schrauben nach Z-9.1-648

<sup>19</sup> SFS Verbundschrauben nach Z-9.1-342

<sup>20</sup> TCC Schrauben nach Z-9.1-603

<sup>21</sup> Schrauben nach Z-9.1-445

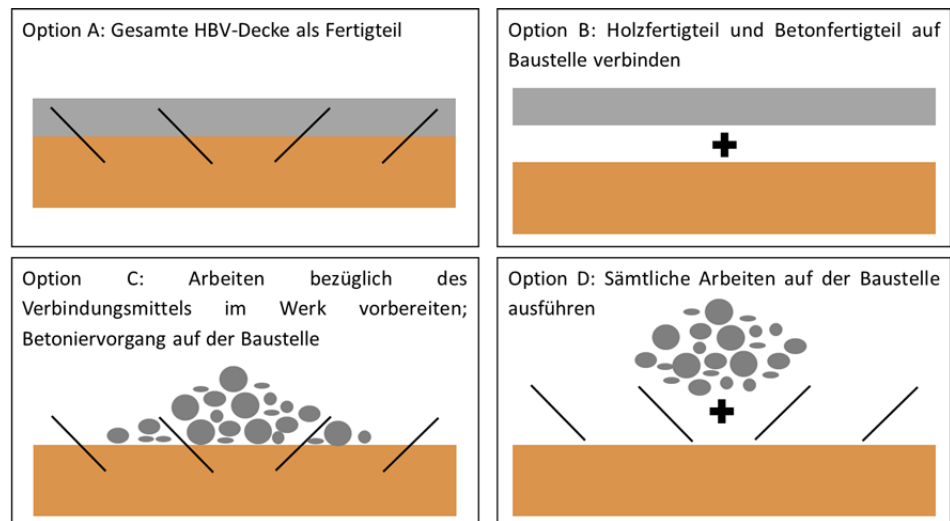
<sup>22</sup> Vgl. RUG, W.: Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. In: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag BBIT 2010. S. 1ff.



**Bild I-5 Kerven als Verbindungsmittel<sup>23</sup>**

Für einen baubetrieblich sinnvollen Einsatz und wirtschaftliche Abwicklung sind jedoch vor allem die verschiedenen Herstellungsmöglichkeiten von HBV-Decken von Interesse. Je nach dem Grad der Vorfertigung können vier Methoden unterschieden werden: vom gänzlich als Fertigteil hergestelltem Produkt bis zur kompletten Herstellung auf der Baustelle.

Nachstehendes Bild soll diese vier Möglichkeiten verdeutlichen.



**Bild I-6 Unterscheidung von HBV-Decken nach der Art der Herstellungsmethode<sup>24</sup>**

<sup>23</sup> <http://www.inholz.de/wp-content/uploads/holz-beton-verbunddecken001.jpg>. Datum des Zugriffs: 25.09.2013

<sup>24</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.

Bei Option A handelt es sich um ein komplettes Fertigteil, welches gänzlich vorgefertigt als Ganzes auf die Baustelle geliefert und dort in einem versetzt wird.



**Bild I-7 Herstellung von Holz-Beton-Verbunddecken nach Option A <sup>25</sup>**

Bei Option B wird ein im Werk vorproduziertes Betonfertigteil mit dem fertigen Holzbauteil auf der Baustelle mittels eines Systemverbinders verbunden.



**Bild I-8 Herstellung von Holz-Beton-Verbunddecken nach Option B <sup>26</sup>**

<sup>25</sup> <http://www.modemconclusa.de/fileadmin/presseservice/cree/2012/lct-one-deckenmontage.jpg>. Datum des Zugriffs: 29.09.2013

<sup>26</sup> <http://www.wuerth.de/>. Datum des Zugriffs: 30.09.2013

Bei den Herstellungsmethode C und D hingegen erfolgt der Betoniervorgang auf der Baustelle selbst. Im Fall der Option C werden sämtliche erforderlichen Arbeitsvorgänge bezüglich des Verbindungsmittels im Werk durchgeführt, bei Option D erfolgen sämtliche Arbeitsschritte auf der Baustelle.



Bild I-9 Herstellung von Holz-Beton-Verbunddecken nach Option C (links) und Option D (rechts)<sup>27</sup>

<sup>27</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.

### 3. Bewertung des derzeitigen Marktangebots

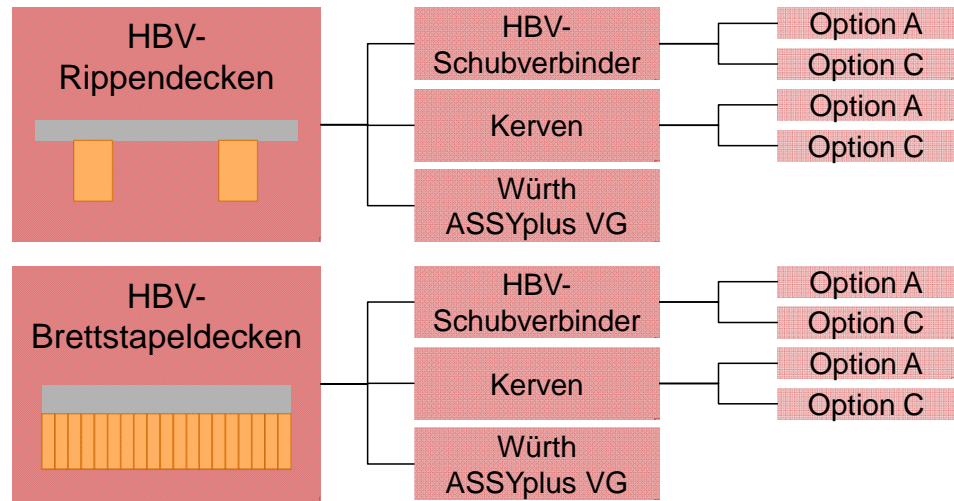
Im vorangegangenen Kapitel wurden die zwei Arten des einsetzbaren Holzbauteils, die große Anzahl der möglichen Verbindungsmittel und die vier Arten der Herstellungsmethode an sich für HBV-Decken erläutert. Dadurch ist zu erkennen, dass durch die Verwendung des Begriffes *Holz-Beton-Verbunddecke* zumindest derzeit keineswegs ein einheitliches Produkt, sondern vielmehr eine breite Palette an unterschiedlichen Deckentypen mit teils stark variierenden technischen Eigenschaften gemeint ist. Die Baupraxis zeigt jedoch, dass nur eine geringe Anzahl dieser Varianten an Deckenarten den geforderten konstruktiven, bauphysikalischen, wirtschaftlichen und ökologischen Anforderungen gerecht wird.

Mit Hilfe einer Expertenbefragung wurde im Rahmen der zugrundeliegenden Masterarbeit des Verfassers<sup>28</sup> im Sommer 2013 versucht, im deutschsprachigen Raum einen Gesamtüberblick von baupraktisch relevanten und praxistauglichen HBV-Decken zu erstellen. Bei der Auswahl der Experten wurde darauf Wert gelegt, einen repräsentativen Querschnitt aus Fachplanern und Statikern, Mitarbeitern von ausführenden Holzbau- und Betonbauunternehmen und Wissenschaftlern aus dem HBV-Bereich auszuwählen. In der Befragung wurde dabei näher auf das allgemeine Potenzial der verschiedenen HBV-Deckensysteme, auf die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit zueinander und zu konventionellen Deckensystemen, auf die bauphysikalische Eignung der unterschiedlichen Systeme, auf das bevorzugte und im Einsatz befindliche Verbindungsmittel, auf die derzeit am häufigsten eingesetzte Herstellungsmethode und auf die wesentlichsten und marktführenden Systemanbieter eingegangen.

Als Ergebnis und zusammenfassende Darstellung der baupraktischen HBV-Deckensysteme kann eine Liste von zehn HBV-Deckenarten genannt werden, welche in der nachfolgenden Darstellung angeführt sind.

<sup>28</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.





**Bild I-10** Baupraktisch relevante HBV-Decken laut einer im Sommer 2013 durchgeführten Expertenbefragung<sup>29</sup>

Neben dieser Darstellung sei erwähnt, dass lt. den Aussagen aller befragten Experten hervorgeht, dass derzeit keine am Markt befindliche bzw. eingesetzte HBV-Decke allen Anforderungen der Praxis gerecht wird.

Somit liegt es an den technischen Entwicklungsabteilungen der unterschiedlichen Holzbau- aber auch Betonbauunternehmen praktikable und technisch ausgereifte innovative HBV-Decken zu weiterzuentwickeln, welche sowohl konstruktiven, bauphysikalischen, ökologischen und vor allem auch ökonomischen Anforderungen des Marktes gerecht werden.

<sup>29</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.



## 4. Grundlagen zur Kalkulation von HBV-Decken

Um eine allgemein gültige und fundierte Aussage über die Wirtschaftlichkeit von HBV-Decken treffen zu können, wurde im Rahmen der zugrundeliegenden Masterarbeit eine statische Vorbemessung jener lt. den befragten Experten baupraktisch relevanten Systeme durchgeführt. Als grundlegendes statisches System wurde ein Einfeldträger mit einer Spannweite von 6,00 m angenommen, die einwirkenden Lasten auf die Decken wurden den in Österreich derzeit gültigen Einwirkungs- und Bemessungsnormen entnommen. Somit kann im Rahmen der Untersuchung von einer konstruktiven Gleichwertigkeit der betrachteten HBV-Deckensysteme ausgegangen werden.

### 4.1. Kalkulationsart und Erläuterung

Bei der Erstellung des Kostenvergleichs der unterschiedlichen HBV-Decken wurde zunächst definiert, welche Kosten für den Vergleich zu ermitteln sind und wie diese genauer betrachtet und vergleichbar gemacht werden. In Österreich wird der Ablauf der Baukalkulation durch die ÖNORM B 2061 Preisermittlung für Bauleistungen aus dem Jahr 1999 definiert. Die darin zugrunde gelegte Zuschlagskalkulation fasst den Ablauf einer Baukalkulation in nachfolgendem Schema zusammen, welches als Ergebnis den Preis pro Mengeneinheit ergibt.<sup>30</sup>

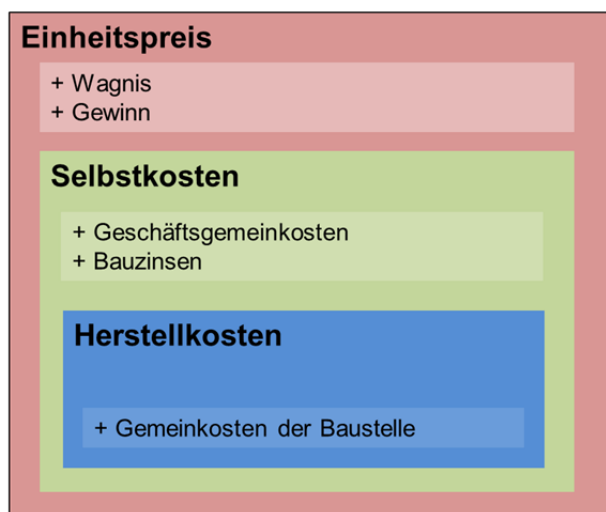


Bild I-11 Schema des Aufbaus des Einheitspreises laut ÖNORM B 2061<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMITTEL: ÖNORM B 2061. Norm. S. 1ff.

<sup>31</sup> Ebd.

Eine weitere Möglichkeit zur Erstellung einer wirtschaftlichen Gegenüberstellung von Kosten für Bauteile bzw. Baustoffe liegt im Vergleich der Lebenszykluskosten. Bezogen auf ein Bauprojekt ist dieses Schema in Österreich derzeit durch die ÖNORM B 1801 Kosten im Hoch- und Tiefbau – Kostengliederung aus dem Jahr 2009 eindeutig definiert.<sup>32, 33</sup> Die nachfolgende Darstellung gibt hier einen Überblick über den Aufbau der Lebenszykluskosten.

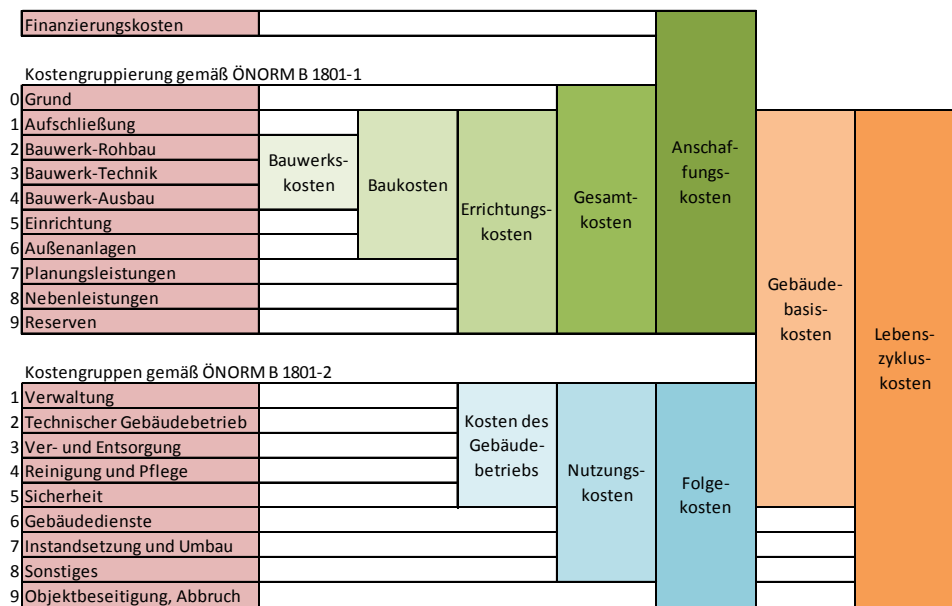


Bild I-12 Aufbau der Lebenszykluskosten laut ÖNORM B 1801<sup>34</sup>

Für den hier vorliegenden Kostenvergleich wurden die Einheitspreise der Deckensysteme laut ÖNORM B 2061 ermittelt. Von einem Vergleich mit Hilfe der Lebenszykluskosten wurde in dieser Betrachtung im Weiteren abgesehen, da ein solcher mit einer Vielzahl weiterer und großteils nicht zu definierender Randbedingungen und Variablen behaftet ist und kein eindeutiges Ergebnis mit vergleichbarer Kostengrundlage schaffen würde. Die besagten Randbedingungen hängen stark von Prognosen und Annahmen ab, welche die Kalkulationsergebnisse mit weiteren Unsicherheiten behaftet würden, was in dieser ersten Phase der Erhebung der Kosten im allgemeinen nicht zielführend ist.

<sup>32</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1801-1. Norm. S. 1ff.

<sup>33</sup> Ebd.

<sup>34</sup> Ebd.

## 4.2. Randbedingungen, Kostenkomponenten, Aufwands- und Leistungswerte

Die für die Ermittlung der verschiedenen Kosten benötigten Komponenten für Lohn, Material und Geräte wurden durch derzeit marktübliche Preise für Bauleistungen aus Befragungen, Angeboten und Eigenkalkulationen belegt und nachfolgenden Plausibilitätsprüfungen unterschiedlicher Kalkulationsabteilungen von relevanten Unternehmen unterzogen. Ziel war es, unternehmensneutrale Mittelwerte zu erhalten, welche den österreichischen Markt widerspiegeln. Dabei lag das Hauptaugenmerk vor allem bei der Erhebung der benötigten Aufwandswerte für Holzbauarbeiten, vor allem in Bezug auf HBV-Deckensysteme. Da derzeit nur einige wenige Datengrundlagen in Bezug auf Aufwandswerte für HBV-Decken in der Literatur zu finden sind, wurden mehrere Unternehmen für Auskünfte ihrer Erfahrungswerte aus vergangenen HBV-Projekten und ihre persönlichen Einschätzungen von Aufwandswerten herangezogen. Die dadurch erhaltenen Daten bilden eine wesentliche Grundlage für die gesamte Kostenermittlung und den Kostenvergleich in dieser Betrachtung.

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse dieser Kostenkalkulation analytisch dargestellt und untereinander verglichen.

## 5. Kalkulationsergebnisse und wirtschaftliche Gegenüberstellung

In diesem Kapitel werden mehrere Vergleiche von HBV-Decken dargestellt. All den verwendeten Systemen liegt zugrunde, dass die betrachteten Systeme an sich aus der der Meinung der befragten Experten zur Relevanz der HBV-Systeme entstanden ist und daher eingehender untersucht wurde.

Zusammengefasst sind hier die gerundeten Ergebnisse der durchgeführten Kalkulation im Rahmen der Masterarbeit kurz dargestellt.


<b>Masterarbeit: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken</b>				
<b>Stefan Hözl</b>		<b>Preisermittlung K7</b>		<small>institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement</small> 
Deckenart		Verbindungs- mittel	Herstellungs- methode	Kosten [€/m <sup>2</sup> ]
<b>HBV-Decken</b>	Rippendecke	HBV-Schubverbinder	Option C	134
	Rippendecke	Kerbe	Option C	100
	Rippendecke	Würth ASSYplus VG	Option B	129
	Rippendecke	HBV-Schubverbinder	Option A	138
	Brettstapeldecke	HBV-Schubverbinder	Option C	185
	Brettstapeldecke	Kerbe	Option C	141
	Brettstapeldecke	Würth ASSYplus VG	Option B	194
	Brettstapeldecke	HBV-Schubverbinder	Option A	199
	Brettstapeldecke	Kerbe	Option A	164
<b>Stahlbetondecke</b>		-	-	<b>107</b>
<b>Brettsperrholzdecke</b>		-	-	<b>148</b>

Bild I-13 Überblick über die Ergebnisse (gerundet) der in der Masterarbeit durchgeführten Kalkulation<sup>35</sup>

### 5.2. Vergleich HBV-Decken untereinander

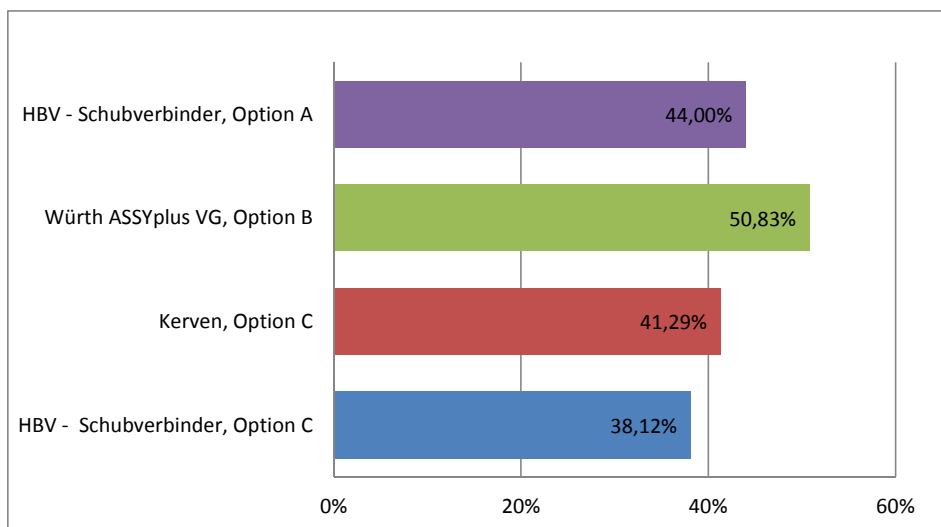
Zunächst war es das Ziel die Kosten der verschiedenen HBV-Decken untereinander zu vergleichen. Dabei sollte erläutert werden, wie sich die Variation der Art des Holzbauteils, die Art des Verbindungsmittels und die Art der Herstellungsmethode auf die Einheitspreise des Deckensystems insgesamt auswirken.

Die zentrale Frage darin lautet:

Wie verhalten bzw. entwickeln sich die Kosten, wenn anstelle von Rippelementen Brettstapelelemente verwendet werden?

<sup>35</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.

Da das benötigte Holzvolumen bei HBV-Rippendecken mit rd.  $0,16 \text{ m}^3/\text{m}^2$  wesentlich niedriger ist, als jenes bei HBV-Brettstapeldecken mit rd.  $0,54 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , sind die Einheitspreise des Deckensystems pro Quadratmeter demzufolge ebenso geringer. Die folgende Graphik veranschaulicht eine Erhöhung der Kosten bei gleichem Verbindungsmittel und gleicher Herstellungsmethode aber des Einsatzes von Brettstapелеlementen anstelle von Rippenelementen.

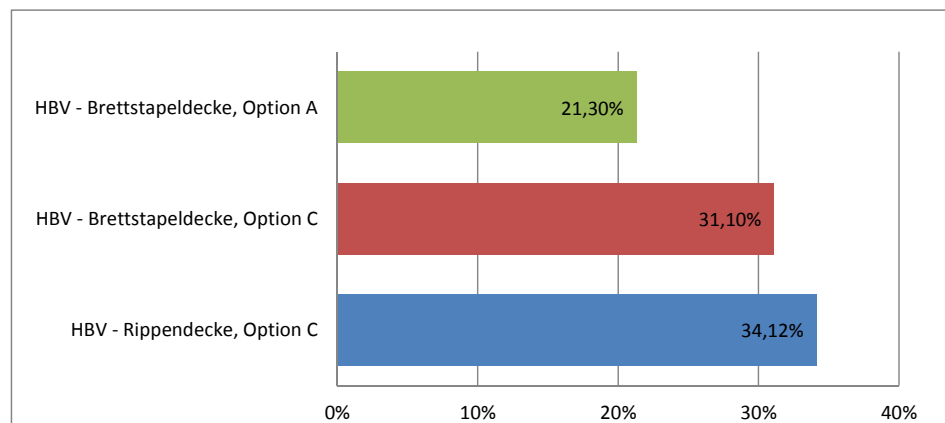


**Bild I-14** Prozentuale Erhöhung der Kosten bei Verwendung von Brettstapелеlementen anstelle von Rippenelementen

Eine weitere ebenso wesentliche Frage lautete:

Wie verhält sich die Kostenentwicklung bei der Variation des Verbindungsmittels?

Zum Vergleich soll an dieser veranschaulicht werden, was sich im Falle eines Einsatzes von speziellen Stahlbauteilen anstelle von Kerven verändert. Kerven sind Einfräsungen im Holzbauteil normal zur Achsrichtung über die gesamte Querschnittsbreite der Rippen, welche im Anschluss ausbetoniert werden. Die somit nach Abschluss der Betonierarbeiten entstandene Betonkonsole ist in der Lage, Schubkräfte zwischen Holz und Beton zu übertragen. Kerven können mit Hilfe üblicher Abbundmaschinen unkompliziert und daher schnell und kostengünstig hergestellt werden. Spezielle Stahlbauteile, wie sie im vorigen Kapitel meist mit bauaufsichtlichen Zulassungen genannt wurden, sind hingegen mit hohen Einkaufs- und nachfolgenden Einbaukosten im Werk oder auf der Baustelle verbunden. In der folgenden Graphik wird dargestellt, wie sich die Kosten verhalten, wenn bei gleichbleibendem Holzbauteil und gleichbleibender Herstellungsmethode anstelle von Kerven spezielle bauaufsichtlich zugelassene Stahlbauteile in Form von Verbindungsmitteln verwendet werden.

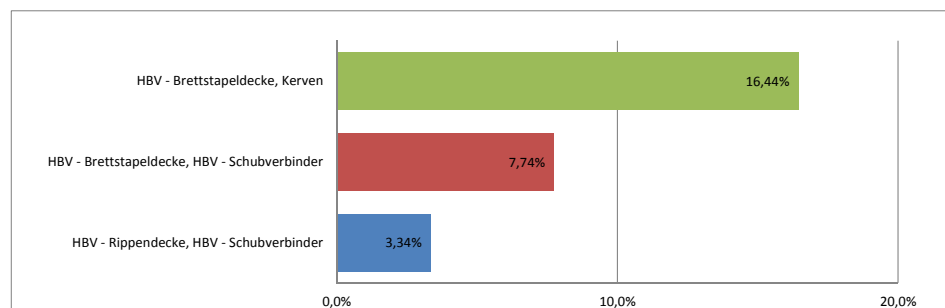


**Bild I-15** Prozentuale Erhöhung der Kosten bei Verwendung von speziellen Stahlbauteilen anstelle von Kerven als Verbindungsmittel

Die letzte Frage diesbezüglich lautete:

Wie entwickeln sich die Kosten, wenn die Herstellungsmethode an sich variiert wird?

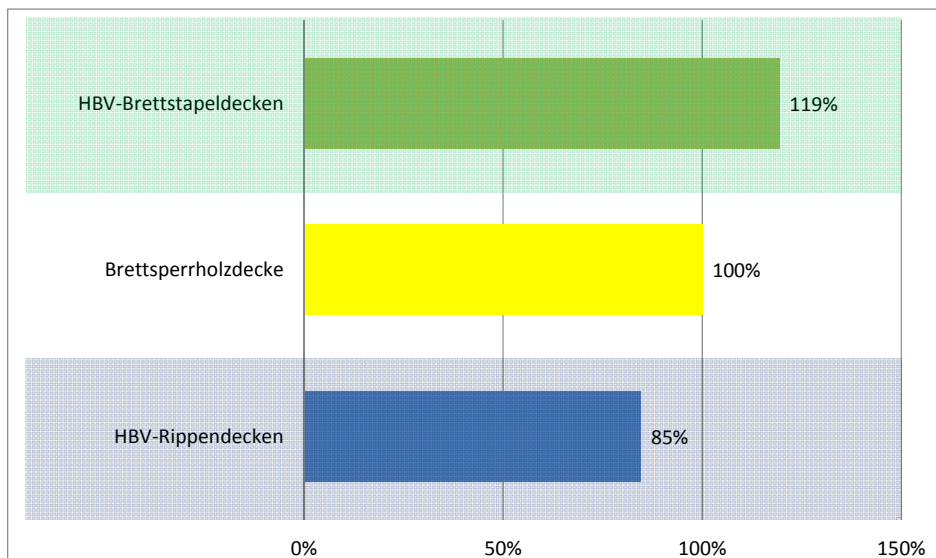
Besonders interessant und offensichtlich ist der Vergleich der Einheitspreise pro Quadratmeter der HBV-Fertigteildecken in Form der Option A – Herstellung eines gesamten Fertigteils - mit jenen HBV-Decken, bei denen wie unter Option C auf einen Holzfertigteile mit im Werk eingebrachten Verbindungsmitteln auf der Baustelle betoniert wird. Da die Anschaffung der HBV-Fertigteile zurzeit noch mit hohen Kosten im Einkauf verbunden ist, ist deren Verwendung als eher unwirtschaftlich anzusehen. Erfolgt jedoch der Betoniervorgang auf der Baustelle, sind die Einheitspreise deutlich niedriger, was auch folgende Darstellung veranschaulicht. Es zeigt sich, wie sich die Einheitspreise pro Quadratmeter verhalten, wenn bei gleichbleibenden Holzbauteil und gleichbleibenden Verbindungsmittel anstelle von der Herstellungsmethode C mit einem Betoniervorgang auf der Baustelle die Herstellungsmethode A mit einem kompletten Fertigteile eingesetzt wird.



**Bild I-16** Prozentuale Erhöhung der Kosten bei Anwendung von Herstellungsmethode A (Fertigteile) anstelle von Herstellungsmethode C (Betoniervorgang auf der Baustelle)

### 5.3. Vergleich HBV-Decken – Brettsperrholzdecke

Nach den Betrachtungen von HBV-Deckensystemen untereinander durch Variation des eingesetzten Materials bzw. der Herstellungsmethode wurden in einem zweiten Schritt die Kosten der HBV-Decken mit jenen der Brettsperrholzdecke an sich verglichen. Nach eingehender Kostenanalyse stellt sich heraus, dass die Einheitspreise der HBV-Rippendecken geringfügig unter jenen einer reinen Brettsperrholzdecke mit gleichen statischen Eigenschaften liegen. HBV-Brettstapeldecken sind hingegen weniger konkurrenzfähig. In der nachfolgenden Graphik werden die durchschnittlichen Einheitspreise pro Quadratmeter sowohl von HBV-Rippendecken als auch HBV-Brettstapeldecken mit jenen einer Brettsperrholzdecke zusammengefasst und gegenübergestellt.



**Bild I-17** Gegenüberstellung der Einheitspreise von HBV-Rippendecken, HBV-Brettstapeldecken und Brettsperrholzdecken

Die detaillierten Beträge zu den einzelnen Optionen sind in nachfolgender Graphik angeführt.

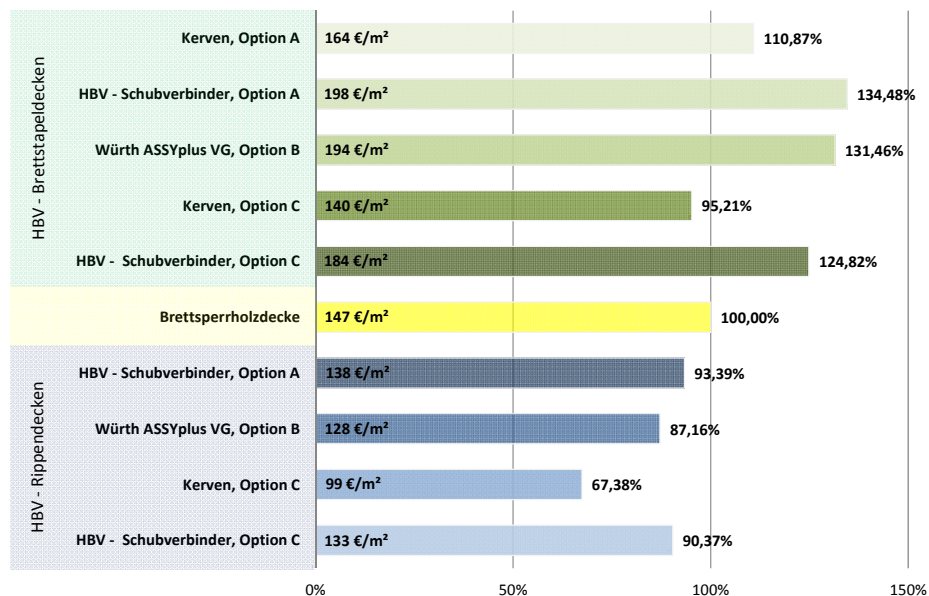


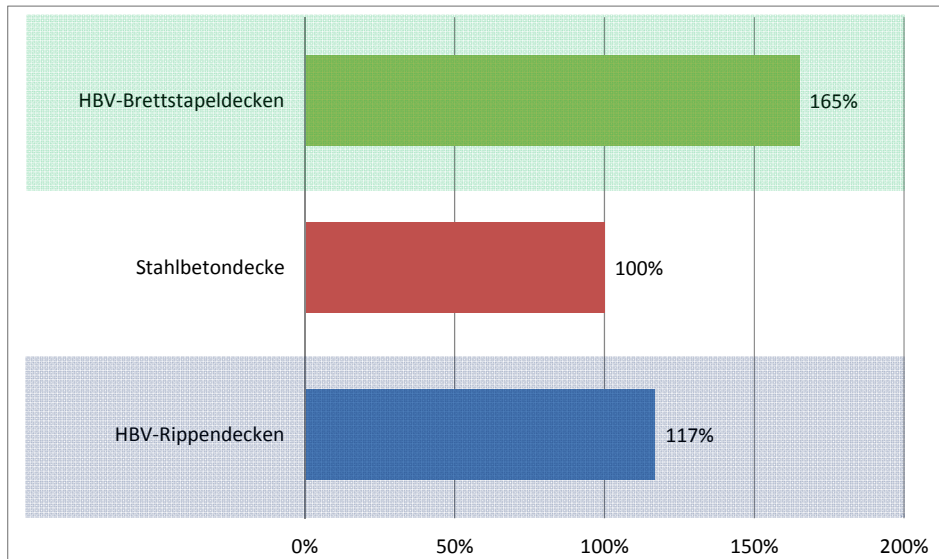
Bild I-18 Detaillierte Gegenüberstellung der Einheitspreise von HBV-Rippendecken, HBV-Brettstapeldecken und Brettsperrholzdecken<sup>36</sup>

#### 5.4. Vergleich HBV-Decke – Stahlbetondecke

Letztendlich wurden die Kosten von HBV-Decken mit jenen einer klassischen massiven Stahlbetondecke gegenübergestellt. Aufgrund der geringeren Kosten der Stahlbetondecke liegen die durchschnittlichen Einheitspreise pro Quadratmeter sowohl von HBV-Rippendecken als auch von HBV-Brettstapeldecken über jenen einer Stahlbetondecke. Bei Verwendung von Holz-Rippenelementen liegen die Einheitspreise pro Quadratmeter durchaus noch im konkurrenzfähigen Bereich, vor allem dann, wenn als Verbindungsmittel Kerven zum Einsatz gelangen. Die Kosten pro Quadratmeter für HBV-Brettstapeldecken sind hingegen um einiges höher und daher nicht mehr konkurrenzfähig.

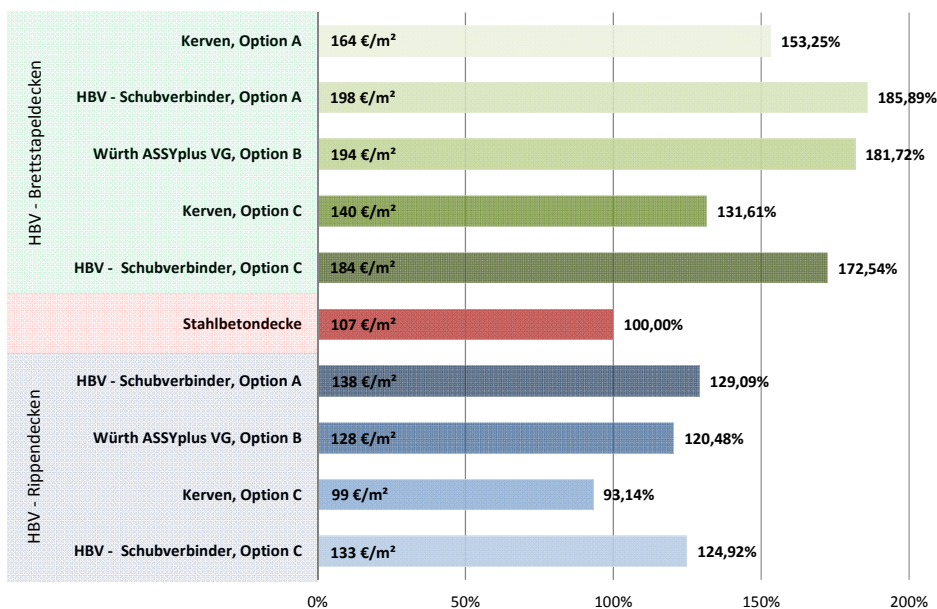
<sup>36</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.





**Bild I-19** Gegenüberstellung der Einheitspreise von HBV-Rippendecken, HBV-Brettstapeldecken und Stahlbetondecken

In der nachfolgenden Graphik wird genauer auf die einzelnen Deckensysteme, deren Herstellungsoptionen und zugehörigen Einheitspreise eingegangen.



**Bild I-20** Detaillierte Gegenüberstellung der Einheitspreise von HBV-Rippendecken, HBV-Brettstapeldecken und Stahlbetondecken

## 6. Baubetriebliche Betrachtung und Marktpotenzial

### 6.1. Faktor Bauzeit

Die Investitionsentscheidung eines Bauvorhabens basiert auf einer Reihe von Faktoren, deren Reihung und vor allem Gewichtung bei unterschiedlichen Projekten teils sehr stark variieren können. Dabei ist der Faktor der Herstellkosten eine wesentliche Größe in jeder Investitionsentscheidung. Daneben spielt allerdings der Faktor Bauzeit sehr oft eine nicht unwichtige Rolle und beeinflusst die Entscheidung des Bauherrn maßgeblich mit.

Die erforderliche Bauzeit hat in der heutigen Bauwirtschaft einen immer wichtiger werdenden Einfluss, da die Kunden, also die Bauherrn, auf eine immer schnellere Realisierung ihrer Wünsche drängen. Die Baukosten selbst können durch eine kurze Bauzeit gering gehalten werden, da die Finanzierungskosten bei kurzer Bauzeit kürzer sind als bei langen Realisierungsphasen. Beim Bau eines jeden Gebäudes bzw. Bauwerks wird zunächst Kapital, meist in Form eines Grundstückkaufes aber auch durch Abschlagszahlungen an Architekten und Planer für (Vor-)Entwürfe und an ausführende Unternehmen für diverse Vorleistungen, gebunden. Das gebundene Kapital verursacht Zinsen, welche üblicherweise proportional mit der Bauzeit steigen. Deshalb ist die Bestrebung groß, das Kapital so kurz wie möglich zu binden und dadurch die Rendite und die Gewinne einer Immobilie zu steigern.<sup>37</sup>

Bei Betrachtung von HBV-Decken müssen diese in Bezug auf die Bauzeit nach Herstellungsmethode sehr unterschiedliche bewertet werden. Die Verwendung eines gesamten Fertigteils, wie es in der Herstellungsmethode von Option A umgesetzt ist, ist aufgrund der reinen Montageleistung ohne Baustellenfertigung mit einer sehr kurzen Bauzeit verbunden. Eine solche baubetriebliche Abwicklung kann als eindeutiger Vorteil gegenüber einer konventionellen Stahlbetondecke angesehen werden. Im Vergleich zu einem typischen Holzbau mit vorgefertigten großflächigen Elementen können bei Option A ähnliche Bauzeiten erreicht werden, sodass eine HBV-Fertigteildecke bezüglich ihrer Bauzeit als gleichwertig zum einem typischen Vertreter des Holzbaus angesehen werden kann.

Eine weitere Montageart bei HBV-Decken ist, wie Eingangs als Herstellungsmethode Option B bereits beschrieben, die Verwendung von Betonfertigteilen, welche auf der Baustelle mit den darunter liegenden Holzbauteilen kraftschlüssig verbunden werden. Die Bauzeit wird in diesem Fall stark vom eingesetzten Verbindungsmittel beeinflusst. Bei den derzeit am Markt eingesetzten Bausystemen, welche sich für diese Art der

<sup>37</sup> GIRMSCHIED, ; GERHARD, : Projektabwicklung in der Bauwirtschaft. 3. Auflage. S. 1ff.

Herstellungsmethode eignen, handelt es sich vorwiegend um Schraubverbindungen. Abhängig von der Art und Typus der Schrauben sowie deren Anzahl, wird die Bauzeit zum Teil stark verlängert. Dadurch können in der baubetrieblichen Abwicklung Nachteile gegenüber einer Ausführung in reiner Holzbauweise entstehen. Im Vergleich zu einer konventionellen Stahlbetondecke kann diese Herstellungsmethode allerdings in Bezug auf die Bauzeit positiv bewertet werden, da die Herstellung einer massiven Betondecke mit den Ausschulfristen und erforderlichen Nachbehandlungen rein bauzeitlich gesehen über jener der angesprochenen HBV-Decke liegt.

Bei den vorher erwähnten Möglichkeiten der Herstellung der HBV-Decken erfolgt der Betoniervorgang jeweils im Werk, wodurch die Bauzeit auf der Baustelle stark reduziert werden kann. Erfolgt hingegen der Betoniervorgang auf der Baustelle, müssen auch bei HBV-Decken diese bis zur Erreichung ausreichender Festigkeiten des Betons zumindest teilweise unterstellt werden. Der Bauablauf ist dadurch meist gehindert und die Bauzeit kann sich bei diesen technologischen Abhängigkeiten auch verlängern. In diesem Fall kann auch noch unterschieden werden, ob die erforderlichen Arbeiten, welche in Zusammenhang mit den Verbindungsmitteln entstehen, im Werk nach der Herstellungsmethode Option C oder auf der Baustelle nach der Herstellungsmethode Option D durchgeführt werden, wie dies bspw. zur Herstellung eines Schubverbundes durch den Einbau der benötigten Schrauben im Werk oder auf der Baustelle erforderlich ist. Im Fall der ersten Variante kann die Bauzeit als gleichwertig zu einer Stahlbetondecke eingeschätzt werden. Bei der zweiten Variante wird die Bauzeit im Vergleich zu einer Stahlbetondecke länger. Da es sich bei diesen Herstellungsmethoden nicht mehr um Montagebauweisen im eigentlichen Sinn handelt, sind beide mit Nachteilen gegenüber einem reinen Holzbau behaftet.

## 6.2. Akzeptanz der HBV-Bauweise

Als innovative Bauweise stößt die HBV-Bauweise obgleich zahlreicher technischer und auch wirtschaftlicher Entwicklungen auch heute noch auf Widerstand von Seiten etablierter Hersteller und auch Planer. Die Expertenbefragung ergab, dass HBV-Decken vor allem von Auftraggebern akzeptiert werden. Die Akzeptanz von Seiten der Holzbauunternehmen, der klassischen „Betonbauunternehmen“ und auch der Planer ist hingegen um ein Vielfaches geringer, wobei vor allem das Gewerk Betonbau diese Art von Deckensystemen ablehnt. Dennoch konnte die Bauweise in den letzten Jahren vor allem durch innovative Unternehmen und Bauherrn stark vorangetrieben werden. Es ist einzelnen als Querdenker einzustufenden Unternehmen und Entwicklern zu verdanken, dass dieses Deckensystem heute in dieser Breite und mit technischen Grundlagen und firmeneigenem Know-how versehen überhaupt am Markt verfügbar ist. Die künftigen

technischen Weiterentwicklungen werden zeigen, ob die HBV-Bauweise in der Lage ist, eine gefestigte Marktposition im Bauwesen einzunehmen.

Durch die hohe Akzeptanz seitens der Auftraggeber konnte belegt werden, dass innovative Systeme, wie es das HBV-System darstellt, durchaus gewünscht sind. Dies sollte für Unternehmen Ansporn genug sein, Entwicklungen sowohl in technischen, als auch in baubetrieblichen und bauwirtschaftlichen Belangen, voranzutreiben, neue Systeme weiter zu entwickeln und im Bauwesen dem Thema Holz-Beton-Verbund die Möglichkeit der Einnahme einer wesentlichen Marktposition zu gewähren.

### 6.3. Einsatzgebiete

Die Entwicklungen in der Bauwirtschaft werden in den nächsten Jahren stark von der Komplexität der zu lösenden Bauaufgaben beeinflusst werden. Die Expertenbefragung zeigte, dass ein möglicher Einsatz von HBV-Decken vor allem bei größeren Bauvorhaben prognostiziert wird und erwartbar ist. Dies trifft vor allem auf den mehrgeschossigen Wohnungsbau, den Bürobau und die Errichtung öffentlicher Gebäude zu. Weitere Bereiche des Bauwesens, bei denen HBV-Systemen hohe Chancen eines vermehrten Einsatzes eingeräumt werden sind Sanierungen und Ertüchtigungen in Bestandsgebäuden, ebenso wie zahlreiche Anwendungen im Brückenbau, wie sie derzeit bereits Anwendung finden. In der Errichtung von Ein- und Zweifamilienhäusern sowie bei Fertighäusern werden laut den befragten Experten bei HBV-Deckensystemen nur geringfügige Marktanteile zu erwarten sein.

## 7. Künftige Entwicklungen von HBV-Decken

### 7.1. Potenzial von Forschung und Entwicklung

Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, sollte es im Bereich der HBV-Bauweise in den nächsten Jahren Weiterentwicklungen geben, damit die Bauweise sich weiter etablieren kann. Diese Art einer Kombinationsbauweise hat ihr Potenzial noch nicht voll ausgeschöpft, sodass Verbesserungen und Optimierungen vor allem im technischen Bereich im Verbundbau selbst, aber vor allem im baubetrieblichen Feld der Herstellung und der eigentlichen Bauabläufe durchaus noch möglich sind. Laut den befragten Experten liegen dabei die Optimierungsmöglichkeiten vor allem im Bereich der Vorfertigung und Erreichung eines höheren Grades des selbigen. Wie die Kalkulation und der anschließende Kostenvergleich zeigt, ist zurzeit ein sinnvoll anzustrebender hoher Vorfertigungsgrad wie in der Herstellungsmethode Option A und auch Option B noch mit hohen Kosten aufgrund der nicht automatisierten und optimierten Abläufe einzelner Unternehmen verbunden. Derzeit zeigt sich ein Bild, welches bei einem niedrigen Vorfertigungsgrad ebenso geringe Einheitspreise ergibt, was aber bauwirtschaftliche betrachtet nicht zielführend ist. Hingegen sollte zur Erreichung echter Konkurrenzfähigkeit zu konventionellen Bauweisen der Grad der Vorfertigung um ein Vielfaches erhöht werden, was dann gleichzeitig auch mit einer weiteren Senkung der Einheitspreise verbunden ist. Erst durch einen hohen Vorfertigungsgrad können die Vorteile der HBV-Bauweise tatsächlich ausgeschöpft werden, sodass hier noch zahlreiche Möglichkeiten und innovative Lösungen gefunden werden müssen, um künftig auch kostengünstig Fertigteile- bzw. Halbfertigteildecken herstellen zu können. Erst dadurch können die Voraussetzungen für die tatsächliche Konkurrenzfähigkeit gegenüber der konventionellen Stahlbetonbauweise und reinen Holzbauweise geschaffen werden, nämlich die einer kurzen Bauzeit bei niedrigen Kosten.

Eng verbunden mit dem Vorfertigungsgrad ist eine sinnvolle baubetriebliche Abwicklung, bei der die befragten Experten noch großes Optimierungspotenzial sehen. Grund für das noch nicht voll ausgeschöpfte Potenzial ist die zurzeit noch seltene Anwendung und eigentlich sehr geringe Erfahrung mit der HBV-Bauweise. Erst durch einen vermehrten Einsatz werden die Unternehmen dazu angehalten, die Arbeitsvorbereitung, erforderliche Abläufe und Bauprozesse und deren kostengünstige und rasche Abwicklung möglichst zu optimieren und neue Methoden in der Anwendung von HBV-Deckensystemen zu entwickeln und auch einzusetzen.

Ein weiteres Potenzial steckt im Einsatz von jüngst entwickelten Baustoffen sowohl im Bereich des Materials Holz, wie Brettsperrholz udgl, als auch im Bereich des Betons, wie bspw. Ultra High Performance Concrete (kurz: UHPC). Die Zukunft wird zeigen, ob der Einsatz von BSP, hochfesten und

ultrahochfesten Betonen, Faserbetonen und auch selbstverdichtenden Betonen im Bereich von HBV-Decken technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist.

## 7.2. Bedarf an Forschung und Entwicklung

Damit die HBV-Bauweise künftig eine gesicherte Marktposition einnehmen kann, Bedarf es weiterer Forschung und Entwicklung in unterschiedlichen Bereichen. In Bezug auf die Technik von HBV-Systemen gaben die befragten Experten an, dass es vor allem im Bereich der Verbindungs- und Fügechnik Bedarf für Entwicklung gibt. Dies trifft sowohl auf die schubfeste bzw. starre Verbindung zwischen Holz und Beton als auch auf die Anschlüsse und Fügechnik der HBV-Decken mit den darunterliegenden vertikalen Tragstrukturen zu. Für bereits etablierte derzeit auch eingesetzte Deckensysteme gibt es in der Literatur genügend erprobte Anschlusskonstruktionen, auf die Planer zurückgreifen und einfach anwenden können. Im Falle von HBV-Decken müssen die Planer jedoch meist Sonderlösungen finden und teilweise Details dazu entwickeln. Es liegt in der Natur der Sache, dass dies mit einem höheren Aufwand in der Planung als auch einem höheren Risiko sowohl in der Planung, als auch in der Ausführung verbunden ist. Betrachtet man die statischen Berechnungen von HBV-Decken, so muss die Forschung hier noch näher auf das Langzeitverhalten eingehen, sodass die gängigen Berechnungsmethoden dem Tragwerksplaner schnelle, einfache und nachvollziehbar und vor allem sichere Handwerkzeuge zur Verfügung stehen.

Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich der bauwirtschaftlichen Themenstellung liegt laut der Expertenbefragung vor allem im Bereich eindeutiger und allgemein gültiger Ausschreibungsunterlagen, einfachen und normierten Kalkulationsansätzen und der Normung der Bausysteme selbst. Eine Ausschreibung von HBV-Decken mit Hilfe eines Standardleistungsverzeichnisses ist derzeit de facto nicht durchführbar, sodass für den Auftraggeber die Ausschreibung eines solchen Deckensystems mit erhöhtem Aufwand und damit mit großem Risiko verbunden ist. Dem gegenüber stehen die Auftragnehmer in der Phase der Angebotserstellung oftmals dem Problem gegenüber, dass die Kalkulation von HBV-Decken keinesfalls standardisiert ablaufen kann. Kalkulationsansätze, d.h. Aufwands- und Leistungswerte, müssen, wenn in der Literatur überhaupt vorhanden, aufwendig recherchiert werden und sind oftmals aufgrund langjähriger Erfahrung mit Unsicherheiten behaftet, welche bei den Kalkulationsansätzen von konventionellen Bauweisen nicht vorhanden sind. Architekten und Tragwerksplaner können nur auf eine sehr geringe Anzahl an Normen zurückgreifen, welche definieren, wie HBV-Systeme zu planen, zu berechnen und auszuführen sind.

Zusammengefasst kann somit festgehalten werden, dass durch die mangelnde Erfahrung der Kalkulanten, der Fachplaner und Bauherren und auch der ausführenden Unternehmer selbst, durch die fehlende Normung und die derzeit geringe Entwicklungstätigkeit im Bereich der HBV-Deckensysteme sowohl die Auftraggeber, als auch die Auftragnehmer oft großen Unsicherheiten und Hürden gegenübersteht und dadurch die Anwendung dieser Bauweise an Attraktivität verliert. Neben den technischen Weiterentwicklungen sind auch Verbesserungen im Bereich der Ausschreibungsunterlagen, der Kalkulationsansätze und der Normung dringend erforderlich.

An dieser Stelle sei auch noch darauf hingewiesen, dass neben den technischen und wirtschaftlichen Themenstellungen auch die Aus- und Weiterbildung der Planer und Unternehmer die Marktanteile der eingesetzten Systeme beeinflussen. Während die Theorien bezüglich Holz, Beton und Stahl die Grundlage einer jeden Ausbildung im Bauwesen sind, wird über die HBV-Bauweise derzeit wenig gelehrt. Auch das Thema der Verbundbauweise bezieht sich ausschließlich auf den Stahl-Beton-Verbund. Deshalb stellt die Erweiterung des Ausbildungsangebotes eine Möglichkeit dar, die Popularität der HBV-Bauweise zu steigern und die oben angesprochenen Forschungs- und Entwicklungsbedürfnisse und Potenziale auch zu nutzen.



## 8. Zusammenfassung und Ausblick

Die Holz-Beton-Verbundbauweise weist durch den technisch optimierten Einsatz von den beiden Baustoffen Holz und Beton einige Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen auf und nutzt die technischen Vorzüge des jeweiligen Materials.

Die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme und deren Eignung in der baubetrieblichen Umsetzung sind derzeit in der täglichen Bauabwicklung allerdings noch nicht optimal gelöst. Dabei sind die verschiedenen HBV-Decken nach verschiedenen Gesichtspunkten, wie nach der Art des Holzbauteils, der Art des Verbindungsmittels und der Art der Herstellungsmethode unterschiedlich zu bewerten. Vor allem die Herstellungsmethode selbst beeinflusst die baubetriebliche Abwicklung und Effizienz des eingesetzten Systems grundlegend. Im Zuge der hier zugrunde liegenden Masterarbeit<sup>38</sup> konnte eine überblicksmäßige Darstellung von baupraktisch relevanten und vor allem praxistauglichen HBV-Decken gefunden werden, welche zehn verschiedene Deckentypen präferiert.

Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Deckensysteme treffen zu können, wurden diese sowohl technisch als auch kalkulatorisch eingehend untersucht. Dabei wurde für die Vergleichbarkeit der Decken die Spannweite und die Einwirkungen auf diese jeweils gleich belassen, und im ersten Schritt eine statische Bemessung durchgeführt, um die eigentlichen Deckenstärke und Charakteristika zu erhalten. Danach wurde mittels dieser technischen Angaben unter Berücksichtigung von vier unterschiedlichen Herstellungsmethoden für Fertigteile, Halbfertigteile und komplette in situ Erzeugung die Einheitspreise nach der in Österreich gültigen Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061 ermittelt.

Als Ergebnis dieser umfangreichen Betrachtung konnte als die wirtschaftlich günstigste Deckenart die HBV-Rippendecke mit Brettschichtholzrippen und Kerven als Verbindungsmittel herausgefiltert werden, bei welcher der Betoniervorgang auf der Baustelle erfolgt.

Werden anstelle von BSH-Rippenelementen sog. Brettstapelelemente zum Einsatz gebracht, sind die Einheitspreise pro Quadratmeter im Schnitt aufgrund des hohen Materialeinsatzes beim Werkstoff Holz sogar um rund 43 % höher.

Beim Einsatz von speziellen Verbindungsmitteln, wie dafür zugelassene Schrauben, HBV-Schubverbinder oder ähnlichem, anstelle von Kerven als Verbindungsmittel, sind die Decken bei sonst gleichbleibenden Deckenparametern, vor allem in Bezug auf die Herstellungsmethodik, im Durchschnitt bei allen Systemen aufgrund der zusätzlich auftretenden Kosten für die Systemverbinder teurer.

<sup>38</sup> HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 1ff.



Wird anstatt der Herstellungsmethode der günstigsten HBV-Deckenart mit dem Betoniervorgang auf der Baustelle ein komplettes HBV-Fertigteil verwendet, welches aus einem Betonfertigteil und aus einem Holzfertigteil besteht und bereits in einem der beiden Werke zusammengefügt wurde, sind die Einheitspreise um ca. 7 % höher als beim vorher genannten System. Bei dieser Variante ist eindeutig ersichtlich, dass die Unternehmen beider Gewerke derzeit noch keine optimierten Arbeitsabläufe in ihren Werken implementiert haben und daher viele Lösungen ad hoc während des Produktionsprozesses selbst entstehen. Allerdings kann dieser Herstellungsmethode bei einer optimierten Einsatztechnik und einem materialgerechten Ablauf großes Potenzial zugesprochen werden, da sich das Thema der Vorfertigung in witterungsunabhängigen Produktionsstätten mit Sicherheit in einer Kostenreduktion in der Herstellung wesentlich niederschlägt und mit weitaus geringen Kosten pro Quadratmetern gerechnet werden kann. Dies hängt allerdings von der technischen Einrichtung und den Arbeitsabläufen in den Unternehmen ab sowie vom Willen der Facharbeiter des Betonbaus mit massiven teils sichtbarbleibenden Bauteilen aus Holz sauber zu arbeiten ebenso wie von den Facharbeitern des Holzbaus grundsätzlich mit dem Werkstoff beton zu arbeiten

Somit betragen die Kosten der günstigsten untersuchten Variante der Herstellung einer HBV-Decke im Vergleich zu einer konventionellen Stahlbetondecke rund 93 %, sind also um sogar um 7 % geringer als diese und daher absolut konkurrenzfähig

Bei allen anderen betrachteten HBV-Deckenarten sind die Herstellkosten pro Quadratmeter höher als jene der Stahlbetondecke. Im Schnitt sind die Kosten bei allen HBV-Decken mit Rippenelementen um 17 %, im Falle von Brettstapelementen aufgrund des hohen Materialeinsatzes pro Quadratmeter sogar um 65 % höher.

Im Vergleich zu einer reinen Brettsperrholzdecke sind die HBV-Decken mit Rippen preislich durchaus konkurrenzfähig, da die Kosten durchschnittlich um rund 15 % niedriger liegen. Im Vergleich dazu liegen die Kosten der HBV-Decken mit Brettstapelementen jedoch um 19 % höher als jene reiner Brettsperrholzelemente.

Eine weitere wesentliche Größe bei der Bewertung von Bauweisen und unterschiedlichen Methoden ist die Bauzeit auf der Baustelle an sich. Gerade bei der Verwendung von HBV-Fertigteilen oder auch Halbfertigteilen können diesbezüglich große zeitliche Vorteile gegenüber einer massiven auf der Baustelle hergestellten Stahlbetondecke entstehen. Wird bei HBV-Decken bspw. der erforderliche Schubverbund zwischen Holz und Beton erst durch den auf der Baustelle eingebrachten Beton erzeugt, so entfällt der Vorteil der kürzeren Bauzeit komplett, da in diesem Fall der Bauablauf bis zum vollständigen Erhärten des Betons bis zur ausreichenden Festigkeit teilweise gestört ist.

Obwohl die HBV-Bauweise als innovative Möglichkeit für den Einsatz bei Decken zu sehen ist, stoßen diese Systeme derzeit noch sehr oft auf Widerstand und Skepsis sowohl bei Planern, als auch bei den ausführenden Unternehmen selbst, wie dies aufgrund mancher Aussagen befragten Experten ersichtlich wurde. Ebenso konnte herausgefiltert werden, dass vor allem Bauherrn und Auftraggeber diesen neuen Bausystemen oftmals offen gegenüberstehen. Es gilt, dass diese nun den Unternehmen, Planern und Wissenschaftlern in die Richtung von HBV-Systemen anzuspornen.

Die vorhandenen Möglichkeiten und Potentiale, vor allem bezüglich einer noch optimierbaren baubetrieblichen Abwicklung und der Perspektive der Vorfertigung, sind bei allen untersuchten HBV-Deckensystemen noch lange nicht ausgeschöpft. Zudem herrscht noch ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf bezüglich des Einsatzes von Baustoffen, Verbindungsmitteln, welche teils zwar vorhanden sind, aber noch nicht für diese Bauweise optimiert werden konnten.

Des Weiteren sind noch zahlreiche Untersuchungen in bauwirtschaftlichen Belangen erforderlich, um die teils zwar vorhandenen, aber bei weitem nicht ausreichenden Kalkulationsansätze weiter zu vertiefen, um für die baupraktische Anwendung in den Unternehmen allgemein gültige Aussagen tätigen zu können, sowie den Planern und Bauherrn relevante und einfach nutzbare Ausschreibungsunterlagen zu Verfügung zu stellen.

Als relativ jung einzustufende Bauweise kann sich ein HBV-System noch stark entwickeln und verbessern. Die in der Praxis geforderten konstruktiven und bauphysikalischen Eigenschaften sind oftmals wesentlich leichter zu erreichen, als die bauwirtschaftlichen und baubetrieblichen Kriterien, welche für eine kostengünstige Bauweise grundlegend sind. Es gilt daher, diese offenen Lücken zu schließen und einer durchaus zu beachtenden Bauweise die Möglichkeit zu geben, sich allgemein zu etablieren. Nur der Einsatz eines Systems kann die Grundlagen schaffen, um einer weiten Verbreitung die Möglichkeit zu geben, die Vorteile nutzbar zu machen. Der automatisch mitgelieferte Aspekt der Ökologie mit der CO<sub>2</sub>-Speicherung im Baustoff Holz bildet hier einen künftig nicht wegzudenkenden Einfluss, der nicht zu vernachlässigen ist und daher genutzt werden sollte.

## Literaturverzeichnis

<http://www.wuerth.de/>. Datum des Zugriffs: 30.09.2013.

<http://www.modemconclusa.de/fileadmin/presseservice/cree/2012/lct-one-deckenmontage.jpg>. Datum des Zugriffs: 29.09.2013.

<http://www.inholz.de/wp-content/uploads/holz-beton-verbunddecken001.jpg>. Datum des Zugriffs: 25.09.2013.

[http://www.hafen-tragwerksplanung.de/HAFEN\\_TRAGWERKSPLANUNG/Berechnung\\_files/FE-Decke.jpg](http://www.hafen-tragwerksplanung.de/HAFEN_TRAGWERKSPLANUNG/Berechnung_files/FE-Decke.jpg). Datum des Zugriffs: 20.03.2014.

**BATHON, L.; BLETZ, O.:** Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau - Aktueller Stand der Technik. In: Holzbau quadriga, 02/2009.

**GIRMSCHIED; G.:** Projektentwicklung in der Bauwirtschaft. 3. Auflage. Zürich. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2010.

**HOLLENBACH, J.:** Vergleichende Untersuchung von Holz-Beton-Verbunddecken hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit. Stuttgart. Universität Stuttgart, 2000.

**HÖLZL, S.:** Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2014.

**KÖSTER, H.; WEHNER, M.:** Holzbau der Zukunft - Teilprojekt 08: Marktforschung und Markterschließung. Abschlussbericht. Rosenheim. Fachschule Rosenheim, 2008.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT:** ÖNORM B 2061. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 1999.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT:** ÖNORM B 1801-2. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2009.

**ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT:** ÖNORM B 1801-1. Norm. Wien. Österreichisches Normungsinstitut, 2009.

**PFATTNER, M.:** Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau – Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Diplomarbeit. Graz. TU Graz, 2007.

**PROHOLZ STEIERMARK:** Gegenüberstellung der ermittelten Holzbauanteile: Österreich - Steiermark - Kärnten. PowerPoint Präsentation. Graz. proHolz Steiermark, 2012.

**RAUTENSTRAUCH, K.:** Entwicklung der Holz-Beton-Verbundbauweise. In: Holz-Beton-Verbund: Innovationen im Bauweise - Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. Hrsg.: KÖNIG, G.; HOLSCHMACHER, K.; DEHN, F.: Berlin. Bauwerk, 2004.

**RUG, W.:** Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. In: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag BBIT 2010. Hrsg.: STEINBRECHER, D.: Cottbus. Technische Universität Cottbus, 2010.

**STINGL, R.; ZUKAL, M. L.; TEISCHINGER, A.:** Holzbauanteil in Österreich - Statistische Erhebung von Hochbauvorhaben. In: att.Zuschnitt, 09/2011.









institut für baubetrieb + bauwirtschaft  
projektentwicklung projektmanagement



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef HECK  
Univ.-Prof. Mag. DDipl.-Ing. Dr.techn. Gottfried MAUERHOFER

Lessingstraße 25/II  
8010 Graz

Telefon +43 (0) 316 873 6251  
Telefax +43 (0) 316 873 6752  
E-Mail sekretariat.bbw@tugraz.at  
Web www.bbw.tugraz.at