

MASTERARBEIT



KALKULATORISCHER VERFAHRENSVERGLEICH UND BAUABLAUFANALYSE MIT FOKUS AUF HOLZ-BETON-VERBUNDDECKEN IM GESCHOSSHOLZBAU

Verfasser

Dipl.-Ing. Leitenbauer Alexander

Vorgelegt am

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer

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

Mitbetreuender Assistent

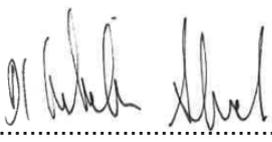
Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber

Graz am 30. Oktober 2015

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 27. Oktober 2015



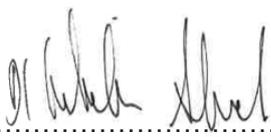
.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, October 27th, 2015



.....

(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Masterarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck und Herrn Dipl.-Ing. Jörg Koppelhuber.

Ein großer Dank gebührt auch der Firma Kulmer Bau GesmbH & Co KG, die es mir ermöglicht hat auf Ihrer Baustelle die notwendigen Untersuchungen auszuführen. Des Weiteren möchte ich bei der Firma MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH für die interessante Zusammenarbeit bedanken.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, insbesondere meinem Bruder Hannes, der mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützt hat.

Graz, am

Kurzfassung

Holz-Beton-Verbunddecken (kurz: HBV-Decken) sind Deckensysteme, welche gewerkeübergreifend hergestellt werden. Sie verbinden den mineralischen Massivbau und den Holzbau mit dem Ziel, eine konkurrenzfähige, statisch und bauphysikalisch gleichwertige, hingegen im Falle der Herstellkosten von einer gleichen Kostenbasis ausgehend vergleichbare Alternative zur traditionellen Stahlbetondecke am Markt anzubieten. Mit Hilfe wissenschaftlicher Studien zu dieser Holz-Beton-Hybrid-Bauweise konnte die Eignung bezüglich konstruktiver und bauphysikalischer Anforderungen vor allem bei komplexen Bauvorhaben im Geschosswohnbau anhand zahlreicher realisierter Objekte positiv bestätigt werden. Aufgrund der jüngsten technischen Entwicklungen dieser Deckensystemlösungen und der zahlreichen Vorteile der beiden kombinierten Werkstoffe Holz und Beton im technischen Verbund, finden HBV-Decken in der Praxis nicht mehr nur in der Sanierung von Altbauten, sondern auch innerhalb von Neubauten im Wohnungs- und Industrie-, aber auch im Brückenbau immer vielschichtigere Anwendungen. Die technischen Grundlagen sind in den letzten Jahren weiterentwickelt worden, die (bau-)wirtschaftlichen Aspekte dieser Bauweise wurden bis dato jedoch wenig untersucht. In dieser Masterarbeit werden die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Studie, welche im Auftrag der MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH¹ (kurz: MMK) im Jahr 2015 erstellt wurde, im Detail erläutert und die Ergebnisse dargestellt.

Die Kirchdorfer Fertigteilverwaltung GmbH² (kurz: Kirchdorfer) mit Sitz in Wöllersdorf (NÖ) und die Mayr-Melnhof Holz Holding AG³ (kurz: MM) mit Sitz in Leoben (STMK) haben ein gemeinsames Joint-Venture zu jeweils 50 % Beteiligung unter dem Titel MMK⁴ gegründet, um die Marktbearbeitung ihrer im Werk neu entwickelten gänzlich vorgefertigten HBV-Deckenelemente mit dem Produktnamen „XC“⁵ künftig zu forcieren. Die Elemente bestehen dabei aus Brettsperrholz (kurz: BSP) mit im Werk eingebrachter Bewehrungslage und Aufbeton.

Mit Hilfe der Analyse eines konkreten Bauvorhabens in der Paulasgasse in Wien-Schwechat, welche als Grundlage der Arbeit diente, wurden konkrete und praxisgerechte Kennzahlen für die Herstellung von Holz-Beton-Verbunddecken, welche in diesem Objekt einerseits als Ortbetonvariante und andererseits als Fertigteilvariante in Form von XC-Elementen eingesetzt wurden, bestimmt. Die für die Kalkulation künftiger

¹ MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH, <http://www.mmk.co.at/>

² KIRCHDORFER Fertigteilverwaltung GmbH, <http://www.kirchdorfer.at/de>

³ MAYR-MELNHOF Holz Holding AG, <http://www.mm-holz.com/>

⁴ Joint-Venture MMK: Holz und Beton verbinden.

⁵ Registered Trade Mark: © XC

Projekte notwendigen Eingangsdaten, die sog. Aufwandswerte⁶, wurden dabei mittels der Datenauswertung nach der allgemein wissenschaftlich anerkannten REFA-Systematik⁷ ermittelt, um für Kalkulationen ähnlicher Deckensysteme geprüfte Eingangswerte in der Baukalkulation zu haben. Des Weiteren wurde ein kalkulatorischer Systemvergleich der beiden Deckensysteme, in Bezug auf die Bauzeit, die involvierten Arbeitskräfte, deren Produktivität auf der Baustelle, die Anzahl der Transporte zur Baustelle und die endgültigen Kosten zur Herstellung der beiden Varianten erstellt. Etwaige Störungen und Unterbrechungen im untersuchten Bauablauf wurden dabei ebenso erfasst und durch eine Potenzialanalyse für künftige Kalkulationen und Bauprojekte ergänzt. Ein Kostenvergleich der zwei Bausysteme mit jeweils unterschiedlichem Vorfertigungsgrad zeigt einerseits die Möglichkeiten innerhalb des untersuchten Bauvorhabens, sowie das Einsparungspotenzial in einem künftig optimierten Bauablauf und andererseits die Chance zur Reduktion der entstehenden und zu erwartenden Kosten auf. Durch den Entfall der beiden Gewerke der Bewehrungs- und Betonierarbeiten kommt es im Falle des XC-Fertigteils zu einer wesentlichen Verringerung der für die Decke vorgesehenen Bauzeit. Die Reduktion der entstehenden und zu erwartenden Kosten, sowie der Bauzeit sprechen für den Einsatz solcher Elemente. Das XC-Element bietet somit eine wirtschaftliche und konkurrenzfähige Deckenlösung, die dazu beiträgt, den Baustoff Holz auch in Hybrid-Bauweisen am Markt weiter zu etablieren.

⁶ Der Aufwandswert ist der Quotient aus der Summe der Lohnstunden und der Produktionsmenge. Aufwandswerte haben eine zentrale Bedeutung für die Kalkulation von arbeitsintensiven Tätigkeiten.

⁷ REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung in DE

Abstract

Timber-Concrete-Composite ceilings (TCC-ceiling) are advanced ceiling systems which include contract work sections of building in timber and solid structure. The aim is to create an alternative to conventional reinforced concrete ceilings with statical properties and characteristic building physics with reduced costs. In the light of scientific studies of structural solid timber panels and concrete slabs regarding new technologies for sustainable building their suitability has been confirmed a number of times. Due to the advantages of the combined raw materials concrete and wood, TCC-ceilings are not only used for restoration but also for multi-storey timber housing and office buildings. However the economic aspects of this construction method have not been examined yet. The diploma thesis is made for the MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH joint-venture, in which each of the partners - Mayr-Melnhof Holz Holding AG, based in Leoben (Styria) and Kirchdorfer Fertigteilverwaltung GmbH, based in Wöllersdorf (Lower Austria) - holds a 50 percent share. MMK plans to introduce its prefabricated Timber-Concrete-Composite ceiling components with the product name "XC" into the market. By means of the analysis of a specific building project in Paulasgasse, Wien-Schwechat, the product has been tested and realistic key data for the fabrication of TCC-ceilings has been verified on site. Two different construction methods have been proved - solid timber panels with in-situ concrete and entirely prefabricated timber-concrete panels. The so-called labour consumption rates have been determined on the basis of the REFA technique, to generate input data for future cost calculations of similar projects. In addition the two ceiling-systems are compared concerning the involved labour force and its efficiency, the amount of the transports to and on site, the cost of production and labour costs of both methods. Possible troubles during the construction sequence have been recorded and will be improved by analysis of potential. An overall calculative cost and process comparison allows fundamental output and quintessence for the future application. By reason of lowering down the amount of trades and construction workers on site, costs of prefabricated TCC-ceiling elements can be reduced and the improvement by an accurate evaluation of financial aspects leads to an appropriate and cost-effective ceiling-solution.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen Holz-Beton-Verbunddecken	4
2.1	Verbundbauweise allgemein	4
2.2	Herstellungsmethoden HBV-Decken.....	21
2.3	Anwendungsbereiche HBV-Decken	25
2.4	Aktueller Stand der Forschung.....	29
2.5	Deckensysteme der Praxis	30
2.6	Holz-Beton-Verbund-Decken – Ortbeton.....	35
2.7	Holz-Beton-Verbund-Decken – Fertigteile.....	41
2.8	Vorfertigungsstufen.....	46
2.9	Baulogistik und Hebesysteme	50
2.10	Montage- und Verbindungstechnik.....	54
2.11	Personaleinsatz auf der Baustelle.....	60
2.12	Arbeitsvorbereitung.....	63
2.13	Wirtschaftliche Systemvergleiche von HBV-Decken.....	67
2.14	Aspekte des Industriellen Bauens	76
3	Datenerfassung auf der Baustelle	80
3.1	Projektbeschreibung	80
3.2	Baustellenspezifische Randbedingungen.....	83
3.3	Vorgehensweise bei der Datenerfassung.....	86
3.4	Planliche Darstellung des untersuchten Objektes	88
3.5	Bauzeitplan und Bauablaufpläne	95
3.6	Grundlagen zu REFA-Analysen	96
3.7	Erfassungsmethodik	98
3.8	Datenerhebungsbögen	100
3.9	Einzelzeitaufnahme	102
3.10	Multimomentaufnahme	103
3.11	Datensammlungen.....	104
3.12	Problematik der Datenerfassung.....	104
3.13	Holzbauspezifisches bei der Datenermittlung.....	105
4	Datenauswertung – Ergebnisse	107
4.1	Ziele der Datenauswertung.....	107
4.2	Datenauswertungsmethode	108
4.3	Ableitung holzbauspezifischer Ergebnisse	111
4.4	Analyse nach Zeitarten	112
4.5	Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen	113
4.6	Klassifizierung der Arbeitstage.....	114
4.7	Ergebnisse der Baustellendaten	117
4.8	Aufwandswertermittlung.....	136
4.9	Leistungswertermittlung.....	143
4.10	Auswertung und Vergleich der Bauzeit	143
4.11	Aufwandswerte für die Kalkulation	148
4.12	Anwendbarkeit in der Holzbaukalkulation.....	172
5	Kalkulatorischer Verfahrensvergleich	173
5.1	Kalkulationsgrundlagen von HBV-Decken.....	174

5.2	Bauzeit und Bauablauf – Interpretation	180
5.3	Ermittlung der HBV-Deckensysteme	187
5.4	Ergebnisse der Analyse	192
5.5	Kostenvergleich und Systemgegenüberstellung.....	193
5.6	Randbedingungen für die Auswertung	201
5.7	Schlussfolgerung des Verfahrensvergleichs.....	202
6	Potenziale und Ausblick	204
6.1	Zusammenfassung und Erkenntnisse	204
6.2	Potenziale vorgefertigter HBV-Decken.....	205
6.3	Potenziale des industriellen Holzbaus.....	207
6.4	Ausblick – Holzbausysteme und HBV-Decken	208
6.5	Ausblick – Kalkulation und Verfahrensvergleiche	209
	Literaturverzeichnis	211
	Linkverzeichnis	216
	Anhang 1 – K - Blätter	218
6.6	K3-Blatt für Arbeiten in überwiegender Holzbauweise.....	218
6.7	K3-Blatt für Arbeiten in überwiegender Betonbauweise.....	223
6.8	K4-Blatt Bewehrung	228
6.9	K6-Blatt Deckenstütze	228
6.10	K6E-Blatt Elektrohandbohrmaschine	229
6.11	K6E-Blatt Turmdrehkran	230
	Anhang 2 – Aufwandswerte	231

Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1	Richtungsabhängigkeiten beim Holzbau	5
Bild 2.2	Richtungsabhängigkeiten beim Holzbau	6
Bild 2.3	Aufbau einer fünfschichtigen Brettsperrholzplatte	8
Bild 2.4	Schnitt Brettsperrholzelement	8
Bild 2.5	Produktionsprozess Brettsperrholz – Deckenelement.....	10
Bild 2.6	Beispiel eines Fertigteilwerkes der Firma Ebawe	15
Bild 2.7	Grafik der idealen Arbeitslinie eines Verbindungsmittels.....	16
Bild 2.8	Genereller Aufbau zweier HBV-Systeme.....	17
Bild 2.9	TCC (timber-concrete composite)	19
Bild 2.10	TC-Schubverbinder, Streckmetallstreifen in Nut eingeklebt	19
Bild 2.11	Kerven – Verbund einer Brettstapel Element einer HBV-Decke....	20
Bild 2.12	Betoniervorgang – Baustelle Paulasgasse, Wien-Schwechat	21
Bild 2.13	Betoniervorgang auf der Baustelle – HBV-Variodecke	22
Bild 2.14	Verschrauben mit FT-System.....	23
Bild 2.15	Herstellung von Holz-Beton-Verbunddecken in einem Fertigteilwerk	24
Bild 2.16	Wohnbauprojekt Paulasgasse, Wien-Schwechat	26
Bild 2.17	Wohnbauprojekt Paulasgasse, Wien-Schwechat	27
Bild 2.18	Verkehrsbrücke in Hol-Beton-Verbund-Bauweise, Schweiz	28
Bild 2.19	Ansicht einer HBV-Rippendecke	29
Bild 2.20	Life Cycle Tower – Rendering	30
Bild 2.21	Deckenschnitt A und B der Verbundhybriddecke	31
Bild 2.22	Life Cycle Tower – Innenansicht	31
Bild 2.23	La Porte Ouverte Chrétienne - Ansicht.....	32
Bild 2.24	Holzbalkenkonstruktion des Kirchenzentrums	32
Bild 2.25	Holzbalkenkonstruktion des Kirchenzentrums	33
Bild 2.26	Illwerke Montafon - Hauptgebäude.....	34
Bild 2.27	Illwerke Montafon – Grundriss Büroraster	34
Bild 2.28	Orbetonvariante – Deckensystemübersicht.....	35
Bild 2.29	Holzbalken und Orbeton.....	36
Bild 2.30	Varianten einer Holzbalkenlage.....	36
Bild 2.31	Holzbalken und Orbeton.....	37
Bild 2.32	Holzbalken und Orbeton.....	38
Bild 2.33	Plus Minus Decke.....	38
Bild 2.34	Betoniervorgang auf der Baustelle – Verbindungssystem im Werk vorgefertigt, Kreuzrippendecke X-Floor	39
Bild 2.35	Kreuzrippendecke X-Floor – Schnitt	39
Bild 2.36	Versetzen der BSP-Fertigteile im 2.OG auf der Baustelle in der Paulasgasse, Wien – Schwechat	40

Bild 2.37	Holzbalken und Ortbeton.....	41
Bild 2.38	Holzbalken und Ortbeton.....	41
Bild 2.39	Dreidimensionale Darstellung einer Hohlkastendecke	42
Bild 2.40	Herstellung einer Hohlkastendecke im Werk.....	42
Bild 2.41	SwissWoodConcreteDeck – Produktion	43
Bild 2.42	SwissWoodConcreteDeck – Schnitt	43
Bild 2.43	Versetzen der HBV-Fertigteile im 2.OG auf der Baustelle in der Paulasgasse, Wien – Schwechat	44
Bild 2.44	Grade der Vorfertigung – Systemübersicht	46
Bild 2.45	Wochenendhaus in Northport.....	48
Bild 2.46	Explosionszeichnung – Wochenendhaus	48
Bild 2.47	Draufsicht / Ansicht von einem mit HBV-Decken / Außenwänden beladenen LKW	51
Bild 2.48	Versetzten eines HBV-Deckenelement am Life Cycle Tower	53
Bild 2.49	Deckenhebesystem (verdeckt) Stabdübel Schlaufe und Transportgehänge mit 4- und 3-Punktlagerung	53
Bild 2.50	Grundlegende Konstruktionsregeln – Variante I.....	54
Bild 2.51	Grundlegende Konstruktionsregeln – Variante II.....	55
Bild 2.52	Grundlegende Konstruktionsregeln – Horizontaler Wandstoß.....	55
Bild 2.53	Deckenstoß – Stoßbrett.....	56
Bild 2.54	Deckenstoß – Stufenfalz	56
Bild 2.55	Decke – Unterzug Variante I	57
Bild 2.56	Decke – Unterzug Variante II	57
Bild 2.57	Knotenpunkt – „Platform framing“	58
Bild 2.58	Knotenpunkt – „Balloon framing“	58
Bild 2.59	Tramdecke - Storaenso	59
Bild 2.60	Rippendecke - Storaenso	59
Bild 2.61	Darstellung des „Günstigen Bereichs“ im Zusammenhang mit Bauzeit und Kosten	64
Bild 2.62	Darstellung des „Günstigen Bereichs“ im Zusammenhang mit Bauzeit und Kosten	65
Bild 2.63	Zusammenfassung der Kalkulationsergebnisse	67
Bild 2.64	Einheitspreise HBV-Rippendecken.....	68
Bild 2.65	Anteile in Prozent von Lohn und Sonstige Kosten zu den Gesamtkosten bei HBV-Rippendecken	68
Bild 2.66	Einheitspreise HBV-Brettstapeldecken.....	69
Bild 2.67	Anteile in Prozent von Lohn und Sonstige Kosten zu den Gesamtkosten bei HBV-Brettstapeldecken	70
Bild 2.68	Vergleich der Kosten mit unterschiedlichem Holzbauteil	71
Bild 2.69	Anstieg der Kosten bei unterschiedlichem Holzbauteil	71
Bild 2.70	Anstieg der Kosten bei Anwendung von Herstellmethode A an Stelle von Methode C	72
Bild 2.71	Anstieg der Kosten bei Variation der Verbindungsmittel.....	73

Bild 2.72	Kostenvergleich von HBV-Decken mit Brettsper Holzdecken	74
Bild 2.73	Kostenvergleich von HBV-Decken mit Stahlbetondecken	75
Bild 2.74	„Erst planen, dann bauen“ – Prozess der Werk- und Produktionsplanung.....	78
Bild 3.1	Lageplan (ohne Maßstab) – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien	81
Bild 3.2	Ansicht Süd West (Hofseite) – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien	81
Bild 3.3	Ansicht Nord (Strassenseite) – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien	82
Bild 3.4	Zwischenzone – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien.....	82
Bild 3.5	Skizze Baustelleneinrichtung – ohne Maßstab.....	85
Bild 3.6	Vereinfachte Übersicht der auf den Menschen bezogenen Ablaufarten.....	87
Bild 3.7	Lageplan – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien.....	89
Bild 3.8	Übersicht EG – Aufteilung Montageabschnitte	90
Bild 3.9	Übersicht (BT1-BT4) – Decken über EG	90
Bild 3.10	Übersicht (BT1-BT4) – Decken über 1.OG.....	91
Bild 3.11	BT3 – Decken über 1.OG.....	91
Bild 3.12	BT3 – Abschnitt 4, Decken über 1.OG	91
Bild 3.13	BT3 – Schnitt B-B.....	92
Bild 3.14	BT3 – Schnitt C-C.....	92
Bild 3.15	BT3 – Ansicht Nord	93
Bild 3.16	BT3 – Wohnungstrennwand (exemplarisch).....	93
Bild 3.17	BT3 – Unterzüge KLH (exemplarisch).....	93
Bild 3.18	Deckenelemente – Ansichtsseite: Industriequalität / Rückseite: Wohnsichtqualität	94
Bild 3.19	Übersicht Bauzeitplan – Bauabschnitte (Haus 1 – Haus 4).....	95
Bild 3.20	Übersicht Wochenarbeitsplan – Kalenderwoche 18	95
Bild 3.21	Zusammensetzung der Auftragszeit nach REFA.....	96
Bild 3.22	Vogelperspektive von Haus I – Position der Videokamera.....	105
Bild 3.23	Baustellenüberblick in Richtung Norden.....	106
Bild 3.24	Montagemannschaft – Fa. Kulmer	106
Bild 4.1	Analyse nach Zeitarten – alle AK über die gesamte BZ, Fertigteilvariante	112
Bild 4.2	Zweite Ebene – alle AKs über die gesamte BZ, Ortbetonvariante.....	113
Bild 4.3	Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG	118
Bild 4.4	Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über 1.OG	118
Bild 4.5	Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG und 1.OG..	119
Bild 4.6	Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG	120
Bild 4.7	Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über 1.OG.....	120
Bild 4.8	Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG und 1.OG..	121

Bild 4.9	Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG, 05.05.2015	124
Bild 4.10	Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 06.05.2015	124
Bild 4.11	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG, 05.05.2015	125
Bild 4.12	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 06.05.2015	126
Bild 4.13	Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Ortbetonvariante.....	127
Bild 4.14	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Ortbetonvariante.....	128
Bild 4.15	Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG, 15.07.2015	129
Bild 4.16	Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 17.07.2015	129
Bild 4.17	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG, 15.07.2015	130
Bild 4.18	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 17.07.2015	131
Bild 4.19	Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Fertigteilveriante	132
Bild 4.20	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Fertigteilveriante	133
Bild 4.21	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Ortbetonvariante.....	147
Bild 4.22	Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Fertigteilveriante	147
Bild 4.23	Aufwandswerte – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante	159
Bild 4.24	AW _{Brutto} – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante.....	159
Bild 4.25	Aufandswert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante.....	160
Bild 4.26	AW _{Brutto} – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante.....	160
Bild 4.27	Aufandswerte – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilveriante	167
Bild 4.28	AW _{Brutto} – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilveriante	167
Bild 4.29	Aufandswert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilveriante	168
Bild 4.30	AW _{Brutto} – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilveriante	168
Bild 4.31	AW – Verlegen der Deckenelemente, Ortbetonvariante.....	169
Bild 4.32	AW – Verschrauben der Deckenelemente, Ortbetonvariante	169
Bild 4.33	AW – Verschrauben der Deckenelemente, Ortbetonvariante	169
Bild 4.34	AW – Arbeiten an der Stoßfuge, Ortbetonvariante	169

Bild 4.35	AW – Bewehrungsarbeiten, Ortbetonvariante	169
Bild 4.36	AW – Betonierarbeiten, Ortbetonvariante	170
Bild 4.37	AW – Herstellung der Decken, Ortbetonvariante	170
Bild 4.38	AW – Herstellung der Decken, Ortbetonvariante	170
Bild 4.39	AW – Verlegen der Deckenelemente, Fertigteilvariante	171
Bild 4.40	AW – Verschrauben der Deckenelemente, Fertigteilvariante	171
Bild 4.41	AW – Verschrauben der Deckenelemente, Fertigteilvariante	171
Bild 4.42	AW – Fugenschüttung, Fertigteilvariante	171
Bild 4.43	AW – Herstellung der Decken, Fertigteilvariante	171
Bild 4.44	AW – Herstellung der Decken, Fertigteilvariante	171
Bild 5.1	Kostengliederung nach ÖNORM B 2061	178
Bild 5.2	Interpretation der Ortbetonvariante und der Fertigteilvariante	181
Bild 5.3	Aufandswerte interpretiert – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante	182
Bild 5.4	AW _{Brutto} interpretiert – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante	182
Bild 5.5	Aufandswerte interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante	183
Bild 5.6	AW _{Brutto} interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante	183
Bild 5.7	Aufandswerte interpretiert – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilvariante	184
Bild 5.8	AW _{Brutto} interpretiert – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilvariante	184
Bild 5.9	Aufandswerte interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilvariante	185
Bild 5.10	AW _{Brutto} interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilvariante	185
Bild 5.11	Vergleich der tatsächlichen und interpretierten Aufandswerte – Ortbetonvariante	186
Bild 5.12	Vergleich der tatsächlichen und interpretierten Aufandswerte – Fertigteilvariante	186
Bild 5.13	K7 - Kalkulationsformblatt – BSP + Ortbeton	189
Bild 5.14	K7 - Kalkulationsformblatt – XC als Fertigteil	191
Bild 5.15	Systemgegenüberstellung – Gesamtbauzeit	193
Bild 5.16	Systemgegenüberstellung – involvierte Arbeitskräfte	194
Bild 5.17	Systemgegenüberstellung – Tätigkeiten und Unterbrechungen ..	195
Bild 5.18	Systemgegenüberstellung – Arbeitsleistung	196
Bild 5.19	Systemgegenüberstellung – Transporte	197
Bild 5.20	Systemgegenüberstellung – Tätigkeitsverteilung	198
Bild 5.21	Systemgegenüberstellung – Aufandswerte	198
Bild 5.22	Systemgegenüberstellung – Herstellkosten	200

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Statistische Erhebung des Holzbauanteils in Österreich, 2011	49
Tabelle 3.1	Einteilung der Vorgänge des Arbeitsablaufs nach Schlagbauer weiterentwickelt	100
Tabelle 3.2	MMA – Datenerfassungsbogen des zu untersuchenden Objektes	101
Tabelle 4.1	Ausschnitt DEB – AK1, 15.07.2015, Fertigteilvariante.....	110
Tabelle 4.2	Variante Ortbeton – alle AK, Decke über EG und 1.OG.....	110
Tabelle 4.3	Die Zeitarten nach REFA.....	112
Tabelle 4.4	AK1 Fertigteilvariante - Analyse nach Zeitarten	115
Tabelle 4.5	AK1 Ortbetonvariante - Analyse nach Tätigkeiten & Unterbrechungen.....	116
Tabelle 4.6	alle AK Ortbetonvariante - Analyse nach Zeitarten.....	117
Tabelle 4.7	alle AK Fertigteilvariante - Analyse nach Zeitarten.....	120
Tabelle 4.8	Beurteilung der Grundzeit aller AK - Ortbetonvariante	122
Tabelle 4.9	Beurteilung der Grundzeit aller AK – Fertigteilvariante.....	123
Tabelle 4.10	alle AK Ortbetonvariante – Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen auf erster Ebene	124
Tabelle 4.11	alle AK Ortbetonvariante - Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen, zweite Ebene	125
Tabelle 4.12	alle AK Fertigteilvariante – Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen auf erster Ebene	129
Tabelle 4.13	alle AK Fertigteilvariante - Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen, zweite Ebene	130
Tabelle 4.14	Beurteilung der Haupttätigkeit aller AK – Ortbetonvariante	134
Tabelle 4.15	Beurteilung der Haupttätigkeit aller AK – Fertigteilvariante	135
Tabelle 4.16	Zuteilung der Zeitangaben (DEB) der zu bestimmenden Leistungen zur Aufwandswerteermittlung – Ortbetonvariante.....	141
Tabelle 4.17	Zuteilung der Zeitangaben (DEB) der zu bestimmenden Leistungen zur Aufwandswerteermittlung – Fertigteilvariante	142
Tabelle 4.18	Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente EG, Ortbetonvariante.....	149
Tabelle 4.19	Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente 1.OG, Ortbetonvariante.....	149
Tabelle 4.20	Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente EG, Ortbetonvariante.....	150
Tabelle 4.21	Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente 1.OG, Ortbetonvariante.....	150
Tabelle 4.22	Aufwandswert – Nacharbeiten EG, Ortbetonvariante	151
Tabelle 4.23	Aufwandswert – Nacharbeiten 1.OG, Ortbetonvariante.....	151
Tabelle 4.24	Aufwandswert – Stoßfuge EG, Ortbetonvariante.....	152
Tabelle 4.25	Aufwandswert – Stoßfuge 1.OG, Ortbetonvariante	152
Tabelle 4.26	Aufwandswert – Bewehrungsarbeiten EG, Ortbetonvariante	153
Tabelle 4.27	Aufwandswert – Bewehrungsarbeiten 1.OG, Ortbetonvariante ...	153

Tabelle 4.28	Diagramm mit Bandbreiten und zugehörigen durchschnittlichen Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten an Decken	154
Tabelle 4.29	Aufwandswert – Betonierarbeiten EG, Ortbetonvariante	155
Tabelle 4.30	Aufwandswert – Betonierarbeiten 1.OG, Ortbetonvariante.....	155
Tabelle 4.31	Diagramm mit Bandbreiten und zugehörigen durchschnittlichen Aufwandswerten für Betonarbeiten an Decken	156
Tabelle 4.32	Aufwandswert – Gesamtaufwandswert Montage EG, Ortbetonvariante.....	157
Tabelle 4.33	Aufwandswert – Gesamtaufwandswert Montage 1.OG, Ortbetonvariante.....	157
Tabelle 4.34	Aufwandswert – Gesamtaufwandswert EG, Ortbetonvariante.....	158
Tabelle 4.35	Aufwandswert – Gesamtaufwandswert 1.OG, Ortbetonvariante .	158
Tabelle 4.36	Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente EG, Fertigteilvariante	161
Tabelle 4.37	Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente 1.OG, Fertigteilvariante.....	161
Tabelle 4.38	Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente EG, Fertigteilvariante	162
Tabelle 4.39	Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente 1.OG, Fertigteilvariante.....	162
Tabelle 4.40	Aufwandswert – Nacharbeiten EG, Fertigteilvariante	163
Tabelle 4.41	Aufwandswert – Nacharbeiten 1.OG, Fertigteilvariante.....	163
Tabelle 4.42	Aufwandswert – Nacharbeiten EG, Fertigteilvariante	164
Tabelle 4.43	Aufwandswert – Nacharbeiten 1.OG, Fertigteilvariante.....	164
Tabelle 4.44	Aufwandswert – gesamte Montage EG, Fertigteilvariante.....	165
Tabelle 4.45	Aufwandswert – gesamte Montage 1.OG, Fertigteilvariante	165
Tabelle 4.46	Aufwandswert – Gesamtaufwandswert EG, Fertigteilvariante.....	166
Tabelle 4.47	Aufwandswert – Gesamtaufwandswert 1.OG, Fertigteilvariante .	166
Tabelle 5.1	Zusammenfassung der Lohnkosten	176
Tabelle 5.2	Zusammenfassung der Materialkosten.....	177
Tabelle 5.3	Zusammenfassung der Gerätekosten	179
Tabelle 5.4	Zusammenfassung der Leistungswerte.....	179

Abkürzungsverzeichnis

AK	Arbeitskraft
AV	Arbeitsvorbereitung
AW	Aufwandswert
b	Breite
BGF	Bruttogeschossfläche
BSH	Brettschichtholz
BSP	Brettsperrholz
BZ	Bauzeit
CAD	Computer aided design
CAM	Computer aided manufacturing
CLT	Cross laminated timber
d	Dicke
D	Dauer
DE	Deckenelement
DEB	Datenerhebungsbogen
EG	Erdgeschoss
EN	Europäische Norm
EP	Einheitspreis
EZA	Einzelzeitaufnahme
Fa	Firma
FA	Facharbeiter
GU	Generalunternehmer
h	Zeitstunde
HBV	Holz-Beton-Verbund
ISI	Industrie-Sichtqualität
l	Länge
LB	Leistungsbeschreibung
l_{fm}	Laufmeter

Lo	Lohn
LV	Leistungsverzeichnis
MMA	Multimomentaufnahme
NGF	Nettogeschossfläche
NSI	Nicht-Sichtqualität
OG	Obergeschoss
OSB	Grobspanplatte
ÖBA	Örtliche Bauaufsicht
So	Sonstiges
STB	Stahlbeton
Std	Lohnstunde
Stk	Stück
TCC	Timber Concrete Composite
TG	Teilgewindeschrauben
VE	Verrechnungseinheit
VM	Verdichtungsmaß
VG	Vollgewindeschrauben
WSI	Wohn-Sichtqualität
XC	Xlam Concrete
ZE	Zeiteinheit

1 Einleitung

Der Baustoff Holz hat im Bauwesen in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen. Architekten, Planer und mögliche Investoren sehen den Holzbau als konkurrenzfähige Alternative zu traditionellen Bauvorhaben in Stahl oder Beton. Dies kann mitunter auf die innovativen und technischen Entwicklungen dieses natürlichen Materials in den letzten Jahren zurückgeführt werden. Speziell die Produktion von Massivholzelementen, wie auch Brettsperrholzprodukte, finden deren Anwendung in den unterschiedlichsten Bereichen wie zum Beispiel bei der Verwendung als Wand, Decke oder Dach für mehrgeschossige Wohnbauten. Die serielle Vorfertigung im Bauwesen erlebt bereits seit der frühen Moderne einen Aufschwung. Namhafte Architekten wie Mies van der Rohe⁸ erörtern die Notwendigkeit einer Industrialisierung und betrachten diese als einen großen Fortschritt: *„Die industrielle Herstellung aller Teile lässt sich erst im Fabrikationsprozess wirklich rationalisieren und die Arbeit auf der Baustelle wird dann ausschließlich einen Montagecharakter tragen und auf eine ungeahnt kurze Zeit beschränkt werden.“*⁹ Das Thema der Vorfertigung und deren Anwendbarkeit im Geschosswohnbau wird in dieser Arbeit aufgegriffen und fortgeführt. Im Fokus dieser Auseinandersetzung steht eine Betrachtung zweier unterschiedlicher Holz-Beton-Verbund-Deckensysteme, welche zum einen in Ortbetonbauweise und zum anderen in Fertigteilbauweise errichtet und in weiterer Folge miteinander verglichen werden.

1.1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Holz-Beton-Verbunddecken (kurz: HBV-Decken) stellen bei Bauprojekten eine gute Alternative zur Stahlbetondecke und zu Deckensystemen aus dem Werkstoff Holz dar. Sie sind technisch bereits sehr weit entwickelt, jedoch ist das Thema „Kosten und Vergleichbarkeit“ mit anderen Systemen bis dato wenig untersucht. Sie stehen einerseits im ständigen Konkurrenzkampf mit konventionellen Deckensystemen, bieten aber durch die Verbindung und Nutzung der Vorteile zweier Werkstoffe, andererseits zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Obwohl bei diesem System eine Vielzahl von Vorteilen miteinander kombiniert wird, finden HBV-Decken in der Praxis bislang wenig Anwendung, vor allem im Wohnbau. Aufgrund von guten bauphysikalischen Eigenschaften hinsichtlich des Brand- und Schallschutzes und der Möglichkeit der elementweisen Vorfertigung besteht großes Potential dieser Bauweise gegenüber konventionellen Deckensystemen. Um auch künftig am Markt konkurrenzfähig zu sein, wird in dieser Arbeit ein Vergleich zweier HBV-Deckensysteme mit verschiedenen Vorfertigungsstufen angestrebt um deren Potential zu verdeutlichen und deren Unterschiede darzustellen. Bei dieser Masterarbeit handelt es

⁸ Mies van der Rohe (1886-1969) war deutscher, später amerikanischer Architekt und gilt neben Walter Gropius und Le Corbusier als Pionier der modernen Architektur. Seine Entwürfe zeichnen sich durch das Bestreben nach einem optimierten Umgang mit dem verwendeten Material bei gleichzeitig großzügiger Grundrissgestaltung aus.

⁹ Autor: Mies van der Rohe: Ludwig, In: G.-(1924); 3.-S. 18-20

sich um eine Auftragsarbeit für die MMK Holz-Beton-Fertigteile GmbH. Zu jeweils 50% haben die Kirchdorfer Fertigteilverwaltung GmbH mit Sitz in Wöllersdorf (NÖ) und die Mayr-Melnhof Holz Holding AG mit Sitz in Leoben (STMK) ein gemeinsames Joint-Venture unter dem Namen MMK ins Leben gerufen, welches an das Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz herangetreten ist, eine Untersuchung in Form einer Bauablaufanalyse, für das von ihnen neu entwickelte HBV-Deckensystem durchzuführen.

Für die konkrete Baustellenuntersuchung wird das zurzeit im Bau befindliche Bauvorhaben Paulasgasse in Wien-Schwechat herangezogen, in dem das jüngst entwickelte Produkt eines Holz-Beton-Verbundelements XC von MMK erstmalig als Prototyp in Serie zum Einsatz gelangt. Im Zuge dieser Analyse sollen anhand einer systematisierten und vereinheitlichten wissenschaftlich erprobten Baustellenbeobachtung nach dem System von REFA¹⁰, seitens eines neutralen Beobachters, die tatsächlich anfallenden Montagezeiten innerhalb eines Bauvorhabens aufgenommen werden, um daraus die Aufwands- und Leistungswerte für die Montage dieses HBV-Deckensystems zu ermitteln. Dies geschieht einerseits als sogenannte reine Ortbetonvariante, welche basierend auf Brettspertholzdecken und vor Ort verlegter Bewehrung und eingebrachtem Beton und andererseits als Fertigteilvariante, bei welcher die von MM hergestellten BSP-Elemente zuvor gänzlich im Werk von Kirchdorfer als fertiges XC-Element vorgefertigt wurden. Daraus wird ein kalkulatorischer Verfahrenvergleich abgeleitet, der einen neutralen Kostenvergleich der beiden Deckensysteme ermöglicht. Somit ist das Ziel dieser Arbeit, zwei HBV-Deckensysteme hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit für den Einsatz in künftigen Objekten zu vergleichen.

1.1.2 Vorgehensweise

Zu Beginn dieser Arbeit wird auf die Verbundbauweisen im Allgemeinen eingegangen. Es werden unterschiedliche Herstellungsmethoden und deren Anwendungsbereiche aufgezeigt. Der Aktuelle Stand der Forschung wird ebenso erörtert sowie ein Überblick über derzeit in der Praxis angewandte Deckensysteme gegeben.

Im Detail wird ferner die Herstellung von HBV-Decken einerseits als Ortbetonvariante und andererseits als Fertigteilvariante betrachtet und gegenübergestellt. Die Aspekte des industriellen Bauens sollen abschließend einen Übergang zur konkreten Datenerfassung auf der Baustelle schaffen.

Zur Gegenüberstellung der Ortbeton- und Fertigteilvariante wurden auf der Baustelle standardisierte Aufzeichnungen nach der Systematik nach REFA in einem Datenerfassungsbogen (kurz: DEB) durchgeführt. Jede einzelne Arbeitskraft, welche in den Prozess der Deckenarbeit involviert

¹⁰ REFA – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung

war, wurde dabei mit jeder einzelnen Tätigkeit an jedem einzelnen Arbeitstag durchgehend aufgezeichnet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen konnten die Aufwands- und Leistungswerte für dieses Bauvorhaben ermittelt und anschließend beide Systeme einer Kalkulation nach der derzeit in Österreich gültigen Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061¹¹ und einem abschließenden Vergleich unterzogen werden. Mit Hilfe dieses kalkulatorischen Verfahrensvergleichs wurden somit die entstandenen Kosten, die Bauzeit und der Bauablauf der beiden Deckensysteme gegenübergestellt und daraus eine Schlussfolgerung für künftige Projekte abgeleitet.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden die künftigen Potenziale dieses vorgefertigten HBV-Deckensystems und jene des industriellen Holzbaus dargestellt, die möglichen Bereiche für Verbesserungen aufgezeigt, sowie ein Ausblick über deren wirtschaftliche Eignung im künftigen Einsatz gegeben.

¹¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 2061 - Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm.

2 Grundlagen Holz-Beton-Verbunddecken

In der Holz-Beton-Verbundbauweise (kurz: HBV- Bauweise) werden zwei unterschiedliche Materialien miteinander kombiniert und entsprechend ihrer spezifischen Eigenschaften als Verbundbauteil eingesetzt und auch als solche statisch beansprucht.¹² Beim Einsatz dieser Bauweise in Form von Decken, kann durch den Verbund der beiden Baustoffe Stahlbeton und Holz, durch die charakteristischen Eigenschaften beider Materialien, eine wesentlich höhere Steifigkeit und auch Tragfähigkeit, als eine reine Holzdecke, beispielsweise aus Brettspertholz, erreicht werden. Im Vergleich zur einfachen Holz-Balkendecke ist eine Erhöhung der statischen Werte um das Zwei- bis Fünffache möglich. Mitunter kann das Eigengewicht der Konstruktion, im Vergleich zu reinen Stahlbetondecke, deutlich verringert und die Anforderungen an Schall- und Brandschutz verbessert werden. Die HBV-Bauweise wird sowohl im Wohnbau, im Brückenbau, als auch für das Bauen im Bestand als wirkungsvolle Hybrid-Lösung angesehen und eingesetzt.¹³

2.1 Verbundbauweise allgemein

Die Holz-Beton-Verbundbauweise entstand in der Römerzeit und hat somit lange Tradition. Erste statisch beanspruchte Untersuchungen wurden bereits in den 20er und 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts an HBV-Verbundkonstruktionen durchgeführt. Zur Zeit des Zweiten Weltkrieges und dem herrschenden Mangel an Bewehrungsstahl mussten neue alternative Tragkonstruktionen angedacht werden. Ein Vorreiter dieser neuartigen Verbindungstechnik war Otto Schaub¹⁴, der als einer der ersten, einen tragfähigen Verbund zwischen Holz und Beton herstellte und dies auch patentieren lies. Schaub benutzte Z- und I-Profile aus Stahl, welche als Schubverbinder zwischen einer Holzrippendecke und einer Deckschicht aus Beton eingesetzt wurden.¹⁵ Bereits damals erkannte er das Potenzial dieser Bauweise zur Sanierung von Altbauten. Ab Mitte der 1980er Jahre setzte vor allem in Deutschland in den darauffolgenden Jahren eine intensive Forschungstätigkeit ein.¹⁶ Stark sinkende Preise für Stahl waren jedoch der Grund dafür, dass die Weiterentwicklung der HBV-Bauweise stagnierte. Die Forschung fand hauptsächlich außerhalb des deutschsprachigen Raumes statt, wobei hierbei besonderer Fokus auf die Entwicklung neuer Verbindungstechniken gelegt und eher das Langzeitverhalten des Verbunds getestet wurde.¹⁷ Um die Tragwirkungen und Funktionsweisen von HBV-Verbundkonstruktionen genauer betrachten

¹² PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 15

¹³ Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 11

¹⁴ Otto Schaub (1886-1955), Schweizer Bauingenieur und Bieler Stadtbaumeister

¹⁵ PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 42ff .

¹⁶ Vgl. KREUZINGER, H., MESTEK, P., WINTER, S.: Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 15. Flächen aus Brettstapeln, Brettspertholz und Verbundkonstruktionen. S. 10ff.

¹⁷ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 28ff.

zu können, müssen die beiden hauptsächlichen Baustoffe Holz und Beton, sowie das zugehörige Verbindungsmittel zwischen diesen, näher beschrieben und auf deren bauphysikalische Verhalten näher eingegangen werden.

2.1.1 Baustoff Holz

Der Baustoff Holz ist neben Naturstein der älteste Baustoff der Welt und eines der wenigen natürlichen Baumaterialien. Jedes Jahr wächst laut mehreren Untersuchungen, vor allem in Österreich, mehr Holz nach, als die Industrie und das Bauwesen verbrauchen kann, weshalb es auch als ein nachhaltig verwendbarer Massenrohstoff betrachtet wird. Das natürliche Holzwachstum beschränkt die maximalen Querschnittsabmessungen eines Holzbalkens. Je nach Baumdurchmesser können aus heimischen Baumstämmen üblicherweise maximale Querschnitte von 30 mal 30 cm eingeschnitten werden.¹⁸ Hinzu kommt, dass Holz trotz seines geringen Eigengewichts eine hohe Festigkeit vor allem in Stammlängsrichtung und gute Dämmstoffeigenschaften besitzt. Im Gegensatz zu den meisten Baustoffen, welche künstlich hergestellt werden, wird Holz meist so verwendet wie es gewachsen ist. Wird es als Vollholz verwendet, so weist es naturgegebenmaßen Inhomogenität wie Risse, Äste oder Krümmungen auf. Jedes Jahr wächst mehr Holz nach, als wir verbrauchen können, weshalb es als ein nachhaltig verwendbarer Massenrohstoff betrachtet wird. Die Anisotropie¹⁹ des Holzes wird in die axiale, radiale und tangential Richtung unterteilt, was beim Einsatz von Holz im Bauwesen unbedingt beachtet werden muss. Diese bestimmen die Werkstoffeigenschaften und somit die Festigkeit in allen Faserrichtungen.

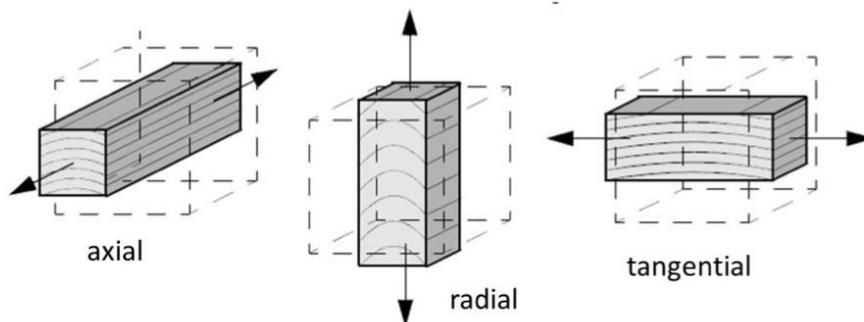


Bild 2.1 Richtungsabhängigkeiten beim Holzbau²⁰

¹⁸ Vgl. HOLSCHEMACHER, K.: Holz-Beton-Verbundbauweise. Tagungsbericht Holzbauforum Leibzig. S. 1 ff

¹⁹ Anisotropie: bezeichnet die Richtungsabhängigkeit einer Eigenschaft oder eines Vorgangs. Anisotropie ist das Gegenteil von Isotropie.

²⁰ SCHICKHOFER, G.: Vorlesungsskriptum: Holzbau - Der Roh- und Werkstoff Holz. S. A 4/35

Aufbau eines Baumstammes

Das Kernholz hat eine rein stabilisierende Funktion, da es aus Zellen besteht, welche im lebenden Baum keine organischen Funktionen mehr erfüllen. Es liegt im Inneren des Baumstamms, ist wasserärmer als andere Bestandteile des Stammes und auf Grund von Einlagerungen verschiedener Substanzen schwerer, fester und farblich dunkler als Splintholz. Kernholz übernimmt in erster Linie statische Funktionen und eignet sich daher besonders gut für die technische Weiterverarbeitung von Holzprodukten.²¹ Das Splintholz befindet sich im äußeren Stammbereich und wird durch die Borke (Rinde) und den Bast (Innenrinde) umfasst. Im Splintholz findet das „Leben“ jedes Baumes statt, da dort Wasser und Nährstoffe produziert werden. Im Kambium teilen sich die Holzzellen tangential und werden nach innen hin zu Holzzellen, nach außen schiebt es sich als eine dünne Schicht mit.²² Das Frühholz, zuständig für den Flüssigkeitstransport und das Spätholz, welches dem Stamm seine Festigkeit gibt, bilden zusammen einen Jahresring, wodurch das Alter eines Baumes bestimmt werden kann.²³ Der Markstrang verläuft im Zentrum entlang der Stammachse.

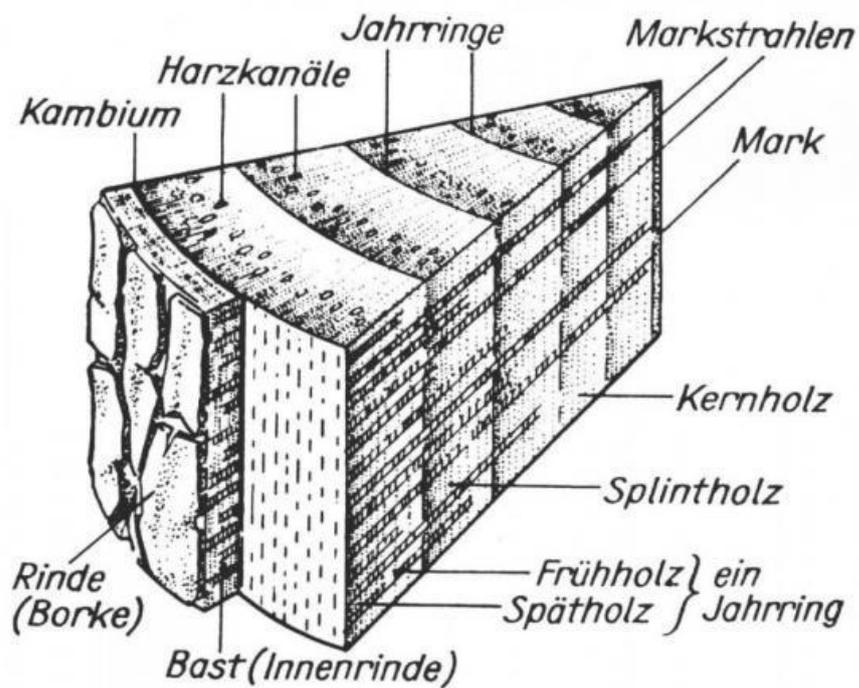


Bild 2.2 Richtungsabhängigkeiten beim Holzbau²⁴

²¹ BOGUSCH, N.: Holzwerkstoffe und Holzschädlinge. In: S. 1

²² REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. S. 174f.

²³ REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. S. 174f.

²⁴ <http://www.oldtimer-markt.de/ratgeber/technik-lexikon/holz-naturbaustoff>. Datum des Zugriffs: 07.09.2015.

Chemischer Aufbau von Holz

Die Struktur und die chemische Zusammensetzung von Holz besteht im Wesentlichen aus 40 bis 60% Cellulose, 20 bis 30% Lignin, 20% Hemicellulosen oder begleitenden Kohlehydraten, 6% Cellulose ähnlichen Polysacchariden und 2,5% Harz und anorganischen Bestandteilen. Maßgebend für die Festigkeit sind die Cellulose als Träger und Lignin als Bindemittel.²⁵ Die unterschiedlichen Holzeigenschaften werden von den chemischen und physikalischen Bindungen der einzelnen Elemente bewirkt.²⁶ Im Wesentlichen weist Holz folgende mechanische und physikalische Eigenschaften auf:

Physikalische Eigenschaften:

- Unterschiedliches Quellen und Schwinden²⁷ in den drei Schnittebenen
- Feuchtigkeitsgehalt (bezogen auf das Trockengewicht des Holzes²⁸)
- Gute Wärmedämmeigenschaften
- Keine elektrische Leitfähigkeit
- Geringe Rohdichte bei Ausgleichsfeuchte von 12% zwischen 450 und 700 kg/m³ je nach Holzart

Mechanische Eigenschaften:

- Hohe Zug- und Druckfestigkeit (längs der Faser)
- Geringe Zug- und Druckfestigkeit (quer zur Faser)
- Brennbar (gemäß ÖNORM A 3800-1)
- Bei Brandbelastung keine wesentliche Temperaturexpansion

Die Lastabtragung ist aufgrund der ausgezeichneten Zug- und Druckfestigkeit in Faserrichtung primär in Längsrichtung anzusetzen, da die Festigkeit in Faserlängsrichtung aufgrund der natürlichen Gegebenheiten die höchsten Werte erzielen. Zahlreiche Faktoren, wie die Lage des Stamms im Wald, die Größe der Bauteile, Störungen, wie Wuchsfehler oder Äste, statische oder dynamische Lastaufbringung oder die verschiedensten Holzarten beeinflussen die Eigenschaften des Holzes hinsichtlich seiner Festigkeit.

Um einen Wettbewerbsnachteil aufgrund seiner statischen Grundeigenschaften gegenüber anderen Baumaterialien zu verhindern, kann Holz,

²⁵ Vgl. REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. S. 176 ff

²⁶ PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 35

²⁷ Vgl. NIEMZ, P.: Physik des Holzes. S. 10

Bei Feuchte Aufnahme kommt es zum Quellen, bei Feuchteabgabe zum Schwinden: Gibt Holz unterhalb seines Fasersättigungsbereiches Feuchtigkeit an seine Umgebung ab, schwindet es. Umgekehrt quillt Holz, wenn es unterhalb seines Fasersättigungsbereiches Feuchtigkeit aus der Umgebung aufnimmt.

²⁸ REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. S. 178

wenn es tragend Verwendung findet, technisch optimiert und verändert werden. Es kann zum Beispiel einer Selektion unterzogen werden, wobei nur noch fehlerfreie Bestandteile in Form von Brettern oder Furnieren verarbeitet werden, die aus mehreren über Kreuz plan aufeinanderliegenden Brettlagen bestehen. Mittels geeigneten Klebeverbindungen werden diese anschließend wieder zusammengefügt und in Ingenieurkonstruktionen als Stab- oder flächenförmige Holzwerkstoffe verwendet. Diese Holzprodukte können als Brettschichtholz, Furnierschichtholz, Brettsperrholz, Furniersperrholz, OSB, Holzfaserplatten, Spanplatten oder Holzwohle-Leichtbauplatten ausgeführt werden.^{29,30} Aufgrund des Einsatzes von Brettsperrholz (Kurz: BSP) in Holz-Beton-Verbunddecken und somit im konkreten Projekt, wird an dieser Stelle der Aufbau kurz näher erläutert:

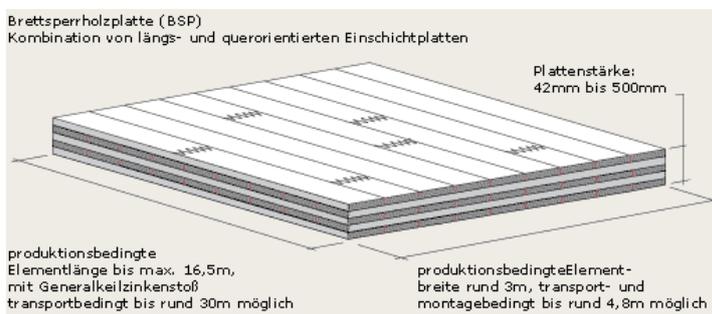


Bild 2.3 Aufbau einer fünfschichtigen Brettsperrholzplatte³¹

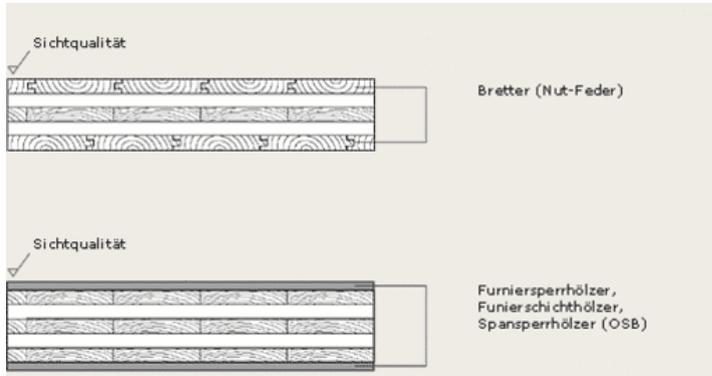


Bild 2.4 Schnitt Brettsperrholzelement³²

Sägeraue Bretter bilden das Ausgangsmaterial für die Herstellung von BSP. Nadelholzarten wie Tanne, Lärche, Kiefer, aber hauptsächlich Fichte werden in diesem Produkt eingesetzt. Der typische symmetrische Aufbau einer BSP-Platte besteht aus einer ungeraden Anzahl an verklebten Brettlagen, manchmal auch Einschichtplatten, die zueinander in einem Winkel

²⁹ Vgl. PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 38

³⁰ Vgl. REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. S. 184

³¹ Vgl. SCHICKHOFER, G.: Die Holzmassivbauweise am Beispiel von Brettsperrholz. Artikel für die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft - pro:Holz.

³² Vgl. SCHICKHOFER, G.: Die Holzmassivbauweise am Beispiel von Brettsperrholz. Artikel für die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft - pro:Holz.

von 90° orientiert sind. Auch eine Orientierung der Brettlagen zum Beispiel im Winkel von 45° ist denkbar, wird aber derzeit nicht eingesetzt. Der quasi starre Verbund der einzelnen Bretter, den sogenannten Lamellen, erfolgt durch eine flächenhafte Verklebung untereinander auf der Breitseite. Um den Verbund zu erreichen, wird ein entsprechendes Auftragssystem für die üblich zum Einsatz kommenden Klebstoffe verwendet. Zudem muss der klebstoffabhängige Pressdruck während des Pressvorganges eingehalten werden.³³ Die Montagemöglichkeiten, der Transport zum endgültigen Verwendungsort oder Einschränkungen hinsichtlich der Produktion bestimmen derzeit vor allem die Größe und die Form der Brettsperrelemente. Die Fertigungen kennen zahlreiche mehrschichtige Plattenaufbauten, welche sowohl den statisch-konstruktiven, den bauphysikalischen, als auch den brandschutztechnischen Anforderungen entsprechen.

Die Ausführung von BSP-Platten erfolgt im Normalfall als sogenannte „Nicht-Sichtqualität“ (kurz: NSI). Der Baustoff selbst ist nicht sichtbar, da Decken und Wände im Nachhinein bauseits verkleidet werden. Etwaige Verfärbungen wie Bläue oder rote und braune nagelfeste Streifen sind laut ÖNORM EN 16351³⁴ zulässig. Bei der „Industrie-Sichtqualität“ (kurz: ISI), wird die Oberfläche der Holzstruktur, meist auf Bauherrenwunsch, bewusst gezeigt. Fest verwachsene, gesunde Äste sowie vereinzelt schwarze Äste sind laut Norm zulässig. Verfärbungen in Folge von Bläue sind nahezu nicht vorhanden. Für gewöhnlich genügt diese Oberflächenqualität den Ansprüchen bei Büro- Industrie oder Gewerbebauten, jedoch wird eine gewisse Toleranz das Qualitätsniveau betreffend vorausgesetzt. Der Qualitätsstandard Wohnsichtqualität (kurz: WSI) bedient die Ansprüche an sichtbare Oberflächen im Wohnbau. In der Regel wird eine Plattenseite als Sichtseite ausgeführt. Die besonderen Kriterien diese Qualitätsstufe werden durch Aufleimen einer stabverleimten Massivholzplatte erfüllt. Standardmäßig erfolgt der Plattenstoß fugenlos, jedoch sind laut Norm Toleranzen der Fugenbreite von bis zu 2mm zulässig.

Mit fünfschichtigen BSP-Deckenelementen, mit einer Deckenbreite von 125 bis 160 mm, sind je nach Aufbau und Beanspruchungsart Spannweiten von vier bis fünf Metern wirtschaftlich realisierbar. Für größere Spannweiten und höhere bauphysikalische Anforderungen wird auf HBV-Systeme zurückgegriffen. Wand- und Deckenelemente können plangetreu gefertigt werden, sie lassen sich mittels einfachen, meist stiftförmigen Verbindungssystemen und Winkel fügen. Die horizontale Aussteifung eines Gebäudes erfolgt durch kraftschlüssige Verbindungen zwischen Decken und Wänden, welche gemeinsam ein steifes, dreidimensionales Tragwerk bilden.³⁵ Anhand der folgenden Grafik wird exemplarisch in drei Schritten der Produktionsprozess eines BSP-Deckenelements erklärt:

³³ Vgl. SCHICKHOFER, G.: Die Holzmassivbauweise am Beispiel von Brettsperreholz. Artikel für die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft - pro:Holz.

³⁴ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM: ÖNORM EN 16351 - Holzbauwerke - Brettsperreholz - Anforderungen. 2012-01-01

³⁵ Vgl. SCHICKHOFER, G.: Die Holzmassivbauweise am Beispiel von Brettsperreholz. Artikel für die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft - pro:Holz.

Produktionsprozess von Brettsperrholz

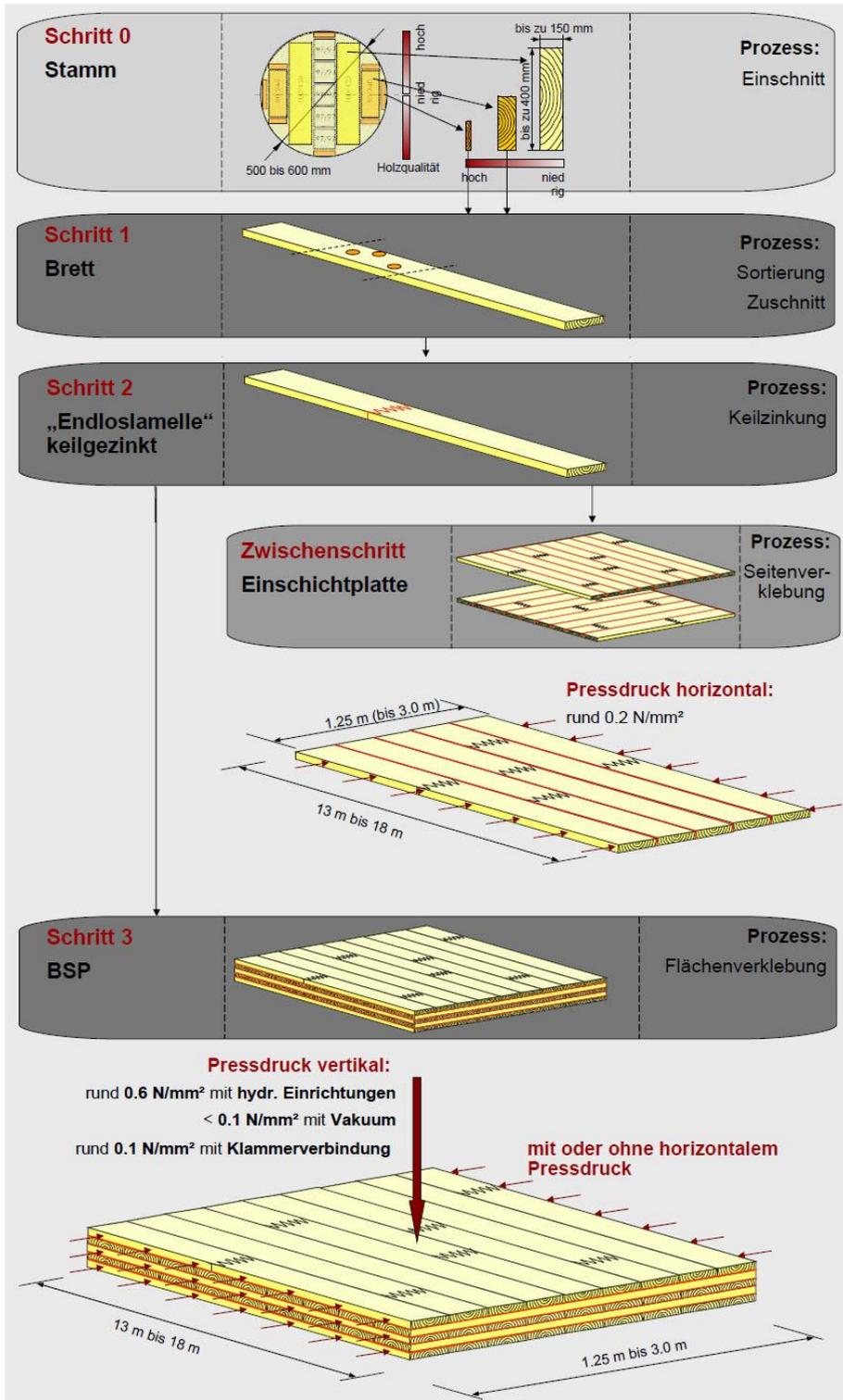


Bild 2.5 Produktionsprozess Brettsperrholz – Deckenelement³⁶

³⁶ Vgl. BOGENBERGER, T., SCHICKHOFER, G.: Brettsperrholz - Forschung & Entwicklung, Nachweisverfahren, Einsatzmöglichkeiten und Transfer. S. 10ff.

2.1.2 Baustoff Beton

Bereits in der Antike hat sich Beton als Baustoff bewährt. Zu Zeiten der Griechen und Römer unterschied sich dessen Zusammensetzung zwar von heutigen Betonen laut ÖNORM EN 206³⁷, welche aus Zuschlagsstoffen, Gesteine unterschiedlicher Korngrößen und Sieblinien, Zement, Wasser, Betonzusatzstoffen und Betonzusatzmitteln hergestellt werden. Um Beton herzustellen, werden die Zuschläge mit dem Zementleim, je nach Einbauart, zu einer erdfeuchten bis flüssigen Masse vermischt.³⁸ Zement und Wasser bilden beim Frischbeton die Basis für dessen Verarbeitbarkeit bzw. den Zusammenhalt der Gesteinskörnung. Durch die Erhärtung des Betons und die Verbindung der Gesteinskörnung kommen die Festigkeit und die Dichtheit des Betons zu Stande. Mit Hilfe von Schalungen kann Beton problemlos jede beliebige Form annehmen.³⁹

Die Eigenschaften des Zementsteins, der Körnung und deren Haftung untereinander, haben wesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften des endgültigen Betons. Ungefähr 70% des Betonvolumens werden von der Gesteinskörnung eingenommen, welche vor allem die Steifigkeit und die Rohdichte des Betons beeinflusst. Unterschiedliche Korngrößen, welche von Bruchteilen von Millimetern bis hin zu mehreren Zentimetern entlang der sog. Sieblinie reichen können, beeinflussen die Eigenschaften des Frischbetons.⁴⁰ Die chemische Reaktion der Verbindung aller drei Bestandteile untereinander wird als Hydratation⁴¹ bezeichnet. Hydratation ist die Bezeichnung für den Erhärtungsvorgang, stellt einen sog. exothermen Vorgang dar, das bedeutet, dass während der Erhärtungsphase Wärme freigesetzt wird.⁴² Die Endfestigkeit des Betons wird 28 Tage nach dem Einbringen erreicht.

Die Zusatzmittel bieten die Möglichkeit, anhand physikalischer und chemischer Wirkung, bestimmte Frisch- und Festbetoneigenschaften günstig zu beeinflussen. So wird beispielsweise Betonverflüssiger hinzugemengt um die Verarbeitbarkeit zu verbessern und den Wasseranspruch zu verringern, Luftporenbildner schaffen eine gleichmäßige Verteilung der Mikroporen im durchfeuchteten Zustand und den Beton somit widerstandsfähig gegen Frost, mit Erstarrungsverzögerer lässt sich der Erstarrungsbeginn mit einer Wirksamkeit von mehreren Stunden steuern.⁴³ Die Zusammensetzung der Zuschläge ist ausschlaggebend für einen dichten Beton mit einem minimierten Anteil an Zementleim. Das Verdichten während des

³⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM EN 206 - Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. 2014-07-01

³⁸ PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 15

³⁹ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 15

⁴⁰ Vgl. REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. S. 221

⁴¹ Hydratation: darunter wird die Anlagerung von Wassermolekülen an gelösten Ionen (Hydrathülle), an polaren Neutramolekülen (Wasserstoffbrückenbindungen) und in Festkörpern (Mineralien) verstanden. Damit wird der Spezialfall der Solvation für das Lösungsmittel Wasser bezeichnet.

⁴² Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 15

⁴³ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 16

Einbringen von Beton sorgt dafür, dass die durch das Mischen und Einbringen eingetragenen Luftporen ausgetrieben werden, wodurch das Korngerüst verdichtet wird.⁴⁴ Während der Aushärtungszeit des Betons müssen Oberflächen von schädigenden Einflüssen geschützt und die Verdunstung durch eine geeignete Nachbehandlung unterbunden werden, das heißt die für die Hydratation erforderliche Mindestwassermenge muss sichergestellt werden.⁴⁵ Dadurch kann Beton auch unter Wasser härten.

Die Schalung, als Negativ des Fertigprodukts, gibt dem Betonbauteil die geplante Gestalt. Die Wahl des richtigen Schalmaterials erfolgt nach wirtschaftlichen Auswahlkriterien, wie Wiederverwendbarkeit, und technologischen Gesichtspunkten, wie beispielsweise die Beschaffenheit der Betonoberfläche.⁴⁶ Als mögliche Schalmaterialien seien die Brettschalung, Schaltafeln, Hartfaserplatten, Sperrholzschalung, Kunststoffschalung, oder die Stahlschalung genannt. Damit beim Ausschalen ein möglichst leichtes und beschädigungsfreies Trennen der Schalung vom Beton erfolgen kann, muss ein sog. Trennmittel, in Form von fettigen und wasserabweisenden Substanzen, auf die Berührungsflächen zwischen der Schalung und dem Beton aufgebracht werden.⁴⁷

Der Einsatz von Beton bei Hoch- bzw. Tiefbauten erfolgt meist in Kombination mit Bewehrungsstahl nach ÖNORM B 4707⁴⁸, da Beton zwar eine sehr hohe Druckfestigkeit aufweist, seine Zugfestigkeit aber relativ gering ist. Unter Einhaltung bestimmter Konstruktionsregeln den Verbund zwischen Beton und Stahleinlagen betreffend, ist es Aufgabe der Stahlbewehrung jene Spannungen aufzunehmen, die der Beton nicht aufnehmen kann. Mindestabstände zwischen den einzelnen Stäben und die Entfernung der äußeren Stahleinlagen, auch Bügelbewehrung genannt, bis hin zur Schalung, die sog. Betonüberdeckung, sind zu beachten.⁴⁹ Bei dem Verbundbaustoff Stahlbeton nimmt Beton die Druckkräfte, die eingelegte Stahlbewehrung die Zugkräfte auf.

Die Festlegung der Festigkeit von Beton steht im Zusammenhang mit der Sicherheitsproblematik, wobei grundsätzlich zwei Grenzzustände⁵⁰ unterschieden werden. Einer dieser Zustände ist die Gebrauchstauglichkeit, welche die Eignung einer bestimmten Konstruktion für den widmungsgemäßen Gebrauch, wie zum Beispiel durch eine Beschränkung der Durchbiegungen und Schwingungen, die Rißbildung, die Dichtigkeit oder das

⁴⁴ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 16

⁴⁵ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 16

⁴⁶ Vgl. ROTH, H., NISCHER, P.: Betontechnologie für die Praxis: Arbeitsunterlagen für Lehre, Planung und Ausführung nach den bestehenden ÖNORMEN. S. 61

⁴⁷ Vgl. ROTH, H., NISCHER, P.: Betontechnologie für die Praxis: Arbeitsunterlagen für Lehre, Planung und Ausführung nach den bestehenden ÖNORMEN. S. 62

⁴⁸ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4707 - Bewehrungsstahl - Anforderungen, Klassifizierung und Konformitätsnachweis. 2014-07-01

⁴⁹ Vgl. ROTH, H., NISCHER, P.: Betontechnologie für die Praxis: Arbeitsunterlagen für Lehre, Planung und Ausführung nach den bestehenden ÖNORMEN. S. 65

⁵⁰ Grenzzustand: Zustand, bei dessen Überschreitung das Tragwerk die Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt.

Erscheinungsbild bestätigt. Der andere Grenzzustand ist jener der Tragfähigkeit, bei dem ein Versagen des jeweiligen Tragwerks zu erwarten ist. Im Falle einer Überlastung einer Tragwerkskonstruktion müssen noch ausreichende Sicherheitsreserven vorhanden sein, um eine gewisse Zuverlässigkeit der baulichen Struktur zu garantieren.⁵¹

Bei Betonbauteilen kann es durch Kriechen und Schwinden^{52,53} zu Rissen an der Oberfläche, bei Verbundteilen wie HBV-Decken zu Zwangskräften kommen. Das Schwinden setzt sich bei Beton aus dem autogenen, welches durch die Volumenabnahme der Zementmatrix im Vergleich zum Ausgangsvolumen von Wasser und Zement entsteht, und dem Trocknungsschwinden, das durch die Verdunstung des nicht zur Hydratation benötigten Wassers entsteht, zusammen.⁵⁴ Der Vorgang, bei dem die Verformungen unter konstanter Haltung der Spannungen im Beton zunehmen, wird als Kriechen bezeichnet. Man unterscheidet hierbei zwischen dem Grundkriechen und dem Trocknungskriechen, wobei zu erwähnen ist, dass beide Phänomene je nach Belastungsniveau einen linearen oder nicht linearen Verlauf haben. Vor allem die Dauer der Belastung, das Alter des Betons, der Steingehalt des Zements und dessen Porosität, die trocknende Oberfläche und die Temperatur und die Feuchte der Umgebung beeinflussen den Kriechvorgang des Betons maßgebend.⁵⁵

Zusammengefasst sind die wesentlichen Eigenschaften von Beton:⁵⁶

- Sehr hohe Druckfestigkeit
- Geringe Zugfestigkeit
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Rohdichte von 2.000 – 2500 kg/m³
- Schwinden (durch Volumenverringerng kann es zu Rissbildungen an der Oberfläche kommen)
- Kriechen (Volumenänderung herbeigeführt durch lang anhaltende Belastung)
- Leichte Form- und Verarbeitbarkeit
- Oberflächenbeschaffenheit (Farbe bzw. Struktur)

⁵¹ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 17

⁵² Kriechen: Mit Kriechen bezeichnet man die lastabhängige Verformung insbesondere des Zementsteins. Bei Änderungen des Feuchtegehalts, z. B. durch Austrocknen, werden die Kriechvorgänge beschleunigt.

Schwinden: Als Schwinden wird vor allem die lastunabhängige Volumenverminderung des Betons durch Austrocknung oder durch chemische Prozesse wie der Hydratation bezeichnet.

⁵³ Vgl. BAUMGART, R.: Massivbau. In: S. 1

⁵⁴ FEIX, J., WALKNER, R.: Vorlesungsskriptum: Betonbau 1. S. 71f.

⁵⁵ FEIX, J., WALKNER, R.: Vorlesungsskriptum: Betonbau 1. S. 61f.

⁵⁶ PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 39-40

Baustellenbeton / Transportbeton

Bei Baustellenbeton handelt es sich um einen Beton, der auf der jeweiligen Baustelle oder an einem nahegelegenen Ort gemischt wird und von dort aus direkt am jeweiligen Bestimmungsort eingebracht wird.

Ortbeton kann auch als Transportbeton, außerhalb der Baustelle, in einem Bauhof oder Transportbetonwerk unter strenger Qualitätskontrolle hergestellt und einbaufertig auf die Baustelle in eigens dafür geschaffenen Fahrzeugen zugestellt werden.⁵⁷ Der Vorteil besteht darin, nur die momentan benötigte Menge einer Betonart abzurufen und bei räumlich beengten Platzverhältnissen, Freiräume für die Lagerung von Schalungen, Bewehrungsstahl oder andere Baumaterialien zu schaffen.

Betonfertigteilbauweise⁵⁸

Im konstruktiven Ingenieurbau ist eine stetige Zunahme von Objekten in Montagebauweise, so auch zum Beispiel bei HBV-Decken im mehrgeschossigen Wohnbau, zu verzeichnen. Nicht befriedigende Detaillösungen in der Vergangenheit haben oftmals einen negativ behafteten Eindruck beim Betrachter gegenüber der Betonfertigteilbauweise hinterlassen. Um die Vorteile einer entkoppelten Bauabwicklung bei mehr Individualität aufzuzeigen, muss das Ziel sein, die gegebenen Nachteile zu minimieren.⁵⁹ Ein wesentlicher Vorteil besteht in der Dezentralisierung des Baugeschehens und der in Folge auftretende Zeitgewinn und die Reduktion der Baustelleneinrichtung. Durch die Produktion der Betonelemente in dafür eigens vorgesehenen witterungsunabhängigen Produktionsstätten, kann eine hohe Maßgenauigkeit erzielt, die Organisation des Bauablaufs verbessert und die Einhaltung der Qualitätskriterien gewährleistet werden. Des Weiteren entfallen beispielsweise bei der Produktion von Großelementen die Rüstung und der zusätzliche Einsatz von Stützen auf der Baustelle. Durch werksmäßig eingetragene Vorspannung und dadurch auch Beschränkungen der Durchbiegungen, kommt es zu einer optimalen Ausnutzung der Konstruktionshöhe. Weitere Vorteile dieser Bauweise sind die gezielte Festlegung des Vorfertigungsgrades, die Vornahme eines Teils der plastischen Verformung und dadurch Minimierung von Zwängen im Bauwerk und die Möglichkeit zur Demontage. Bauverfahren, die auf der Baustelle kaum oder nur auf unwirtschaftliche Weise realisiert werden können, können mittels computerunterstützten Methoden für Entwurf (CAD⁶⁰) sowie für Produktion (CAM⁶¹) im Werk optimiert werden.⁶²

⁵⁷ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 17

⁵⁸ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 42-43

⁵⁹ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 42

⁶⁰ CAD: computer-aided-design (rechenunterstütztes Konstruieren)

⁶¹ CAM: computer aided-manufacturing (rechenunterstützte Fertigung)

⁶² Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 42ff.

Die Voraussetzungen für den Fertigteilbau sind die Wahl einfacher statischer Systeme, die Beachtung der Transport- und Montagemöglichkeiten, eine weitgehende Standardisierung bei der Elementierung, die Verwendung starrer Schalungen, die zweckmäßige Fügetechnik, in Form von einfachen und wartungsfreien Verbindungen bei hoher Duktilität und die Kenntnis der Eigenheiten und Besonderheiten des Fertigteilbaus bei der fertigteilgerechten Planung.⁶³

Als Nachteile dieser Bauweise können hier die Einschränkung der Korrekturmöglichkeiten aufgrund der parallelen Produktion, der hohe Organisationsaufwand die Logistik betreffend und die gegebenenfalls getrennte Vergabe von Ortbetonarbeiten und Fertigteilproduktion angeführt werden.⁶⁴



Bild 2.6 Beispiel eines Fertigteilwerkes der Firma Ebawe⁶⁵

⁶³ Vgl. PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 1ff.

⁶⁴ PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf. S. 44

⁶⁵ EBAAWE Anlagentechnik GmbH, <http://www.ebawe.de/>. Datum des Zugriffs: 09.09.2015.

2.1.3 Verbindungsmittel

Die Tragfähigkeit und Wirtschaftlichkeit einer HBV-Deckenkonstruktion wird maßgebend vom Verbindungsmitteln beeinflusst. Aufgrund der Nachgiebigkeit des Holzes ist der gewünschte starre Verbund nur annähernd realisierbar. Es kommt beim starren Verbund zu einer Relativverschiebung zwischen den beiden Baustoffen Holz und Beton, welche statisch betrachtet als ein Bauteil wirken. Bei einem nachgiebigen Verbund kommt es zu einer Relativverschiebung in der Schubfuge, wobei die Größe der Nachgiebigkeit mit Hilfe des sog. Verschiebungsmoduls k_{ser} definiert wird, das angibt, welche Kraft benötigt wird um eine definierte Verschiebung zu erzeugen.⁶⁶ Des Weiteren ist ein duktiles⁶⁷ Verhalten bei den eingesetzten Verbindungsmitteln anzustreben, wodurch es zu einem Kraftausgleich zwischen den jeweiligen Verbindungsmitteln kommt.

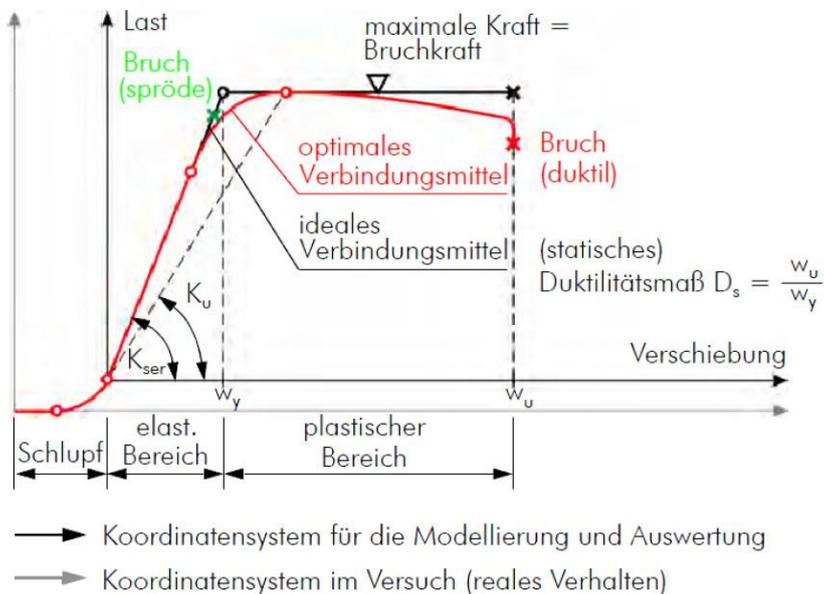


Bild 2.7 Grafik der idealen Arbeitslinie eines Verbindungsmittels⁶⁸

Generell werden die Verbindungsmittel im Verbundbau in jene mit allgemein bauaufsichtlicher und jene ohne Zulassung unterteilt. Die Rechenwerte und Parameter bei zugelassenen Systemen, werden durch zuständige Behörden und Prüfinstitute⁶⁹ im Vorhinein festgelegt, wodurch keine zusätzliche Genehmigung notwendig ist. Gesetz den Fall, dass ein Ver-

⁶⁶ Vgl. PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 49

⁶⁷ Duktilität (abgeleitet vom lateinisch ducere, dt. ziehen, führen, leiten) ist die Eigenschaft eines Werkstoffs, sich unter Belastung plastisch zu verformen, bevor er versagt.

⁶⁸ Vgl. SCHICKHOFER, G.: Vorlesungsskriptum: Holzbau - Nachweisführung für Konstruktionen in Holz. S.

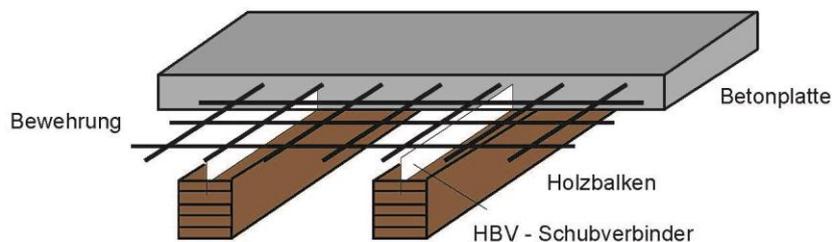
⁶⁹ Z.B.: Deutsches Institut für Bautechnik, Österreichische Institut für Bautechnik, Centre Scientifique Et Technique Du Batiment

bindungsmittel ohne eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ausgewählt wird, ist eine Zustimmung der Behörden bzw. Prüfinstitute einzuholen, was zu einem erhöhten Planungsaufwand und einem höheren Planungsrisiko führen kann.⁷⁰ Die jeweiligen Verbindungsmittel lassen sich in stoffförmige Verbindungsmittel, wie eingeklebte Stäbe, Nagelverbindungen oder Schrauben, in Spezialstahlteile, ausgeführt als Flachstahlschlösser, sog. HBV-Verbinder oder Balkenschuhe, in formschlüssige Verbindungsmittel, wozu zum Beispiel die bewehrte und unbewehrte Betonnocke und der Brettstapel-Verbund zählen sowie in den sog. Klebe- bzw. Haftverbund unterteilen. Wie bereits erwähnt, sind mangels bauaufsichtlicher Zulassungen und fehlender Normung nur wenige dieser Verbindungstechniken bis dato im Bauwesen statisch zulässig, was zu einer ständigen Weiterentwicklung von neuen Systemlösungen für den Holzbau führt.

Tragwirkung von HBV-Systemen

Die Tragwirkung von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen als Balken- bzw. Plattensystem mit einigen ausgewählten Systemen werden hier anhand von Systemskizzen verdeutlicht.

HBV - Balkensystem (Deckensanierung)



HBV - Plattensystem

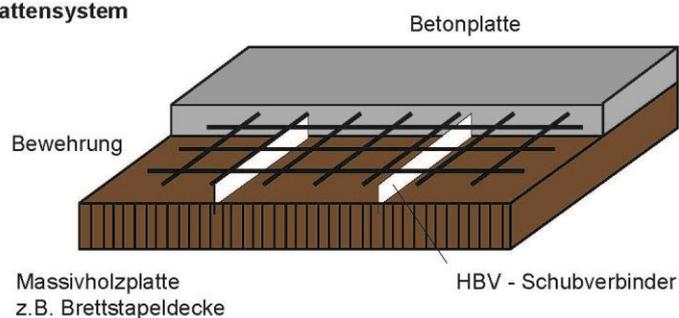


Bild 2.8 Genereller Aufbau zweier HBV-Systeme

⁷⁰ Vgl. HOLSCHMACHER, K.: Holz-Beton-Verbundbauweise. Tagungsbericht Holzbauforum Leibzig. S. 1ff.

Moderne HBV-Konstruktionen, die vor allem im Geschossbau und im Brückenbau ihre Verwendung finden, bestehen in der Regel aus drei Elementen:⁷¹

- einer dünnen Betonplatte in der Druckzone,
- einem Holzträger bzw.einer Holzplatte in der Zugzone
- einem Verbindungsmittel in der Verbundfuge zu Schubkraftübertragung.

Für die nachstehenden Verbindungsmittel gibt es eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung:⁷²⁷³

- Verbundschrauben nach Z-9.1-342 (SFS intec GmbH)
- Verbundschrauben nach Z-9.1-445 (Timco Schweiz GmbH)
- Verbundschrauben nach Z-9.1-603 (TCC-Schrauben)
- Verbundschrauben nach Z-9.1-648 (WÜRTH ASSY VG plus)
- HBV-Schubverbinder nach Z-9.1-557 (Bathon & Bahmer GbR)
- Flachstahlschlösser für Brettstapeldecken nach Z-9.1-473 (Bauer)
- Holz-Beton-Verbundelemente nach Z-9.1-474 (Veit Dennert KG)

Einige dieser in der Praxis zur Verwendung kommender Verbindungsmittel sollen im Anschluss genauer beschrieben werden, eine umfassende Darstellung ist der facheinschlägigen Literatur zu entnehmen.

Timber Concrete Composite – Verbundschrauben

Eine Möglichkeit für den Verbund der Holzteile und des Betons bilden sog. Timber Concrete Composite - Schrauben (kurz: TCC). Durch das Schrägstellen der Schrauben unter 45° und das paarweise Eindrehen und den anschließenden Verbund mit Beton entsteht eine starre Verbindung zwischen den einzelnen Elementen. Die Schraube wird in der Verbindungsfuge von Holz und Beton auf Zug beansprucht. Generell wird dieses System vor allem bei der Sanierung von Altbaudecken im Spannweitenbereich zwischen 4,0 bis 6,0 m auf eine Verkehrslast von 5,0kN/m² eingesetzt. Für Neubauten können bei Balkenabständen bis 3,5 m Deckenspannweiten bis 8 m mit Deckenlasten von 5 kN/m² hergestellt werden.⁷⁴

⁷¹ PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 43

⁷² Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 1.2ff.

⁷³ Vgl. DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: Zulassung. S. 1ff.

⁷⁴ Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 1.4

Bild 2.9 TCC (timber-concrete composite)⁷⁵

TC – Schubverbinder

Die Holzbalkendecke wird als Balkenlage mit HBV-Schubverbindern nach den statischen Erfordernissen hergestellt. Beim HBV- Schubverbinder handelt es sich um ein speziell hergestelltes Streckmetall, welches aus perforierten Streckmetallstreifen mit einer Materialdicke von 2,55 mm über die Länge des Balkens in eine eingeschlitzte Nut kraftschlüssig eingeleimt wird.⁷⁶ Der Schubverbinder reicht sowohl in den Beton als auch in das Holz, wodurch sehr hohe Schubkräfte aufgenommen werden können und an die Betonplatte bzw. den Holzbalken weitergeleitet werden.

Bild 2.10 TC-Schubverbinder, Streckmetallstreifen in Nut eingeklebt⁷⁷

⁷⁵ Timber Concrete Composite, <http://www.com-ing.com/x-to-fix/TCC.html>. Datum des Zugriffs: 06.07.2015.

⁷⁶ Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 1.5

⁷⁷ ERNE AG Holzbau, <http://www.erne.net/de/leistungen/systeme/verbundbau-holzverbundbauweise/>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

Verbund mittels Kerven

Der Verbund zwischen Holz und Beton wird über an der Holzoberseite eingefräste Kerven hergestellt. Dadurch entsteht eine formschlüssige Verbindung mit besonderen statischen Eigenschaften. Schubkräfte können über Druckkontakt in der Verbundfuge, genauer in der Kervenstirn aufgenommen werden.⁷⁸ Als Mindestdicke für die Betonplatte inklusive der Kervertiefe werden 80 mm empfohlen. Das aus der Lastexzentrizität bei der Schubkraftübertragung entstehende örtliche Moment muss nicht durch eine zugbeanspruchte Schraube in Kervenmitte aufgenommen werden.⁷⁹



Bild 2.11 Kerven – Verbund einer Brettstapel Element einer HBV-Decke⁸⁰

Flachstahlschlösser⁸¹

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung eines Verbundes zwischen Beton und Brettstapeldecken sind so genannte Flachstahlschlösser. Diese wurden wissenschaftlich untersucht und erprobt. Die zum Einsatz kommenden Flachstahlschlösser mit einer Stahlgüte von S235 werden in quer zur Faserrichtung verlaufende Sägeschlitze eingetrieben. Als Betongüte kann C 25/30 bis C 60/75 verwendet werden, worauf dabei zu achten ist, dass sich mit zunehmender Betongüte der Verschiebungsmodul erhöht. Mit diesem Verbindungssystem können maximale Stützweiten von bis zu 10 m erreicht werden.

Dennert-Holz Beton-Verbundelement⁸²

Bei dieser Verbundvariante wird der Vollholzträger mittels Nagelplatten mit einer Leichtbetonplatte zu einem Fertigteilelement verbunden. Diese Elemente werden ausschließlich bei Dachkonstruktionen im Wohnbau verwendet. Die vorgefertigten Elemente haben eine maximale Länge von 10 m und eine maximale Breite von 3m, bei einem Abstand der Balken von 4 m bis 10 m zueinander.

⁷⁸ Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 18

⁷⁹ STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 18

⁸⁰ INHOLZ GmbH, <http://www.brettstapel.de/produkte/brettstapel-elemente/hbv-decke>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

⁸¹ Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 1.6

⁸² Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 1.6

2.2 Herstellungsmethoden HBV-Decken

Generell gibt es viele unterschiedliche Methoden um Holz-Beton-Verbunddecken herzustellen. Grob lassen sich die Herstellverfahren in die Fertigung im Werk und die Fertigung auf der Baustelle differenzieren. Eine HBV-Decke besteht im Wesentlichen aus den drei Hauptbestandteilen, dem Holzbauteil, dem Betonbauteil und einem Verbindungsmittel. Für jede dieser drei Komponenten sind verschiedene Ausführungsarten möglich. Die Holzkomponente kann beispielsweise als Holzbalken, Brettstapel- oder Brettsperrholzelement, der Betonteil als Ortbetonvariante oder als Fertigteilelement hergestellt werden. Bei den Verbindungsmitteln gibt es eine Vielzahl an Systemen, die entsprechend ihren jeweiligen Anforderungen eingesetzt werden. Die Unterteilung der verschiedenen Herstellmethoden wird im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich ihres Vorfertigungsgrades vorgenommen.

Variante A - Herstellmethode Ortbeton | geringer Vorfertigungsgrad

Die Betonplatte wird in den meisten Fällen monolithisch ausgeführt. Auf die Brettstapeldecke oder die Fußbodenbretter der traditionellen Holzbalkendecke wird eine Folie aufgebracht. Nach dem Anbringen der jeweiligen Verbindungstechnik und einer erforderlichen Bewehrung kann der Beton aufgebracht werden. Hauptsächlich wird Beton normaler Güte in C25/30 verwendet. Die Bandbreite an verschiedenen Plattendicken reichen von 60 mm bis 140 mm. Das Verlegen einer Bewehrung kann entfallen, wenn die Stahlbetonplatte aus Stahlfaserbeton hergestellt wird.⁸³ Diese Variante kann durch die Trennung der Fertigung des Holzbauteils und des Betoniervorganges vor Ort auf der Baustelle als relativ einfach durchführbar angesehen werden. Trotz ihrer geringen Komplexität weist diese Methode einige Nachteile auf, wie beispielsweise lange Unterstellzeiten der Rohdecke inklusive den notwendigen Aushärtezeiten des Betons, etwaige Schnittstellenproblematik zwischen den Gewerken Holzbau und Betonbau, hoher Arbeitsaufwand aus baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Sicht aufgrund der hohen Anzahl an involvierten Arbeitskräften vor Ort, eine Beschränkung auf eine begrenzte Anzahl an geeigneten Verbindungstechniken und den eventuellen Feuchteintrag in das Bauwerk.



Bild 2.12 Betoniervorgang – Baustelle Paulasgasse, Wien-Schwechat

⁸³ STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 12

Variante B - Herstellmethode Ortbeton | mittlerer Vorfertigungsgrad

Diese Variante der Vorfertigung unterscheidet sich insofern von der Vorgegangenen, da sämtliche Arbeiten, die Verbindung des Holz- und Betonbauteils betreffend, im Werk bereits vorgefertigt werden. Nach dem Errichten der Randschalung und der Verlegung der Bewehrung kann auf dem weiterverarbeiteten Holzbauelement betoniert werden. Wie bei Variante A muss die Decke solange unterstellt bleiben, bis der Beton vollständig ausgehärtet ist. Ein Vorteil gegenüber den anderen Varianten ist das einfache Herstellungsverfahren. Für viele ausführende Unternehmen können diese Elemente ohne speziell dafür notwendige Anlagen gefertigt werden. Nachteile verglichen mit Fertigteilverfahren sind wie bei Variante A anzumerken.⁸⁴



Bild 2.13 Betoniervorgang auf der Baustelle – HBV-Variodecke⁸⁵

⁸⁴ Vgl. HÖLZ, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 70

⁸⁵ TICOMTEC GmbH, http://www.ticomtec.de/hbv/decken_vario.htm. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

Variante C - Herstellmethode Fertigteil | mittlerer – hoher Vorfertigungsgrad

Besonders bei Neubauten können auch separat hergestellte Betonfertigteile und Holzfertigteile zur Anwendung kommen. Beide Bestandteile der HBV-Decke werden im Werk gefertigt und anschließend auf der Baustelle miteinander verbunden. Diese spezielle Form der Verbindungstechnik, wie zum Beispiel von der *Firma Würth*⁸⁶ entwickelt besteht aus zwei Komponenten. Einem Lehrrohr welches bei der Herstellung des Betonfertigteils miteinbetoniert wird und speziell dafür vorgesehenen Schrauben. Während der Montage bzw. der Herstellung des Verbundes wird das Holzbauteil auf der Baustelle unterstützt und erst nach Fertigstellung der Arbeiten wieder entlastet. Für die Kraftübertragung zwischen dem Beton und der Schraube ist eine Stahlplatte am Schraubenkopf zuständig.⁸⁷ Vorteile wie der hohe Vorfertigungsgrad, verkürzte Montagezeiten, weniger Nacharbeiten der Gewerke Holzbau bzw. Betonbau, keine Wartezeiten während des Trocknungsprozesses und kurze Unterstützungszeiten stehen den höheren Kosten der Vorfertigung im Werk gegenüber.



Bild 2.14 Verschrauben mit FT-System⁸⁸

⁸⁶ WÜRTH Handelsges.m.b.H., https://www.wuerth.at/de/wuerth_at/company/das_unternehmen/wuerth_in_oesterreich.php. Datum des Zugriffs: 10.10.2015.

⁸⁷ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 69

⁸⁸ http://www.swg-produktion.de/fileadmin/Bilder/Produkte/FT-Verbinder/Betondecke_verschrauben.png. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

Variante D - Herstellmethode Fertigteil | sehr hoher Vorfertigungsgrad

Nach dem neuesten Stand der Technik werden zunehmend auch Holz-Beton-Fertigteilelemente bei Bauvorhaben in Österreich eingesetzt. Das im Fertigteilwerk vorproduzierte Deckenelement, aus zum Beispiel Brettsperrholz in Industrie⁸⁹- oder Wohnsichtqualität⁹⁰, wird auf die Baustelle geliefert und direkt an den entsprechenden Einbauort versetzt. Die Knotenanschlüsse sind im Laufe der Montage der Deckenelemente herzustellen und die Fugen zwischen den Elementstößen müssen nachträglich mit einer geeigneten Kiesschüttung verfüllt werden. Aus Sicht des Verfassers dieser Arbeit besteht großes Potential in der Einsparung von lange andauernden Aushärtezeiten des Betons auf der Baustelle. Die Voraussetzung zur Reduktion der Kosten sind wirtschaftliche Produktionsbedingungen des herstellenden Unternehmens und eine vorangegangene ausführliche Planung des betreffenden Bauvorhabens. Ferner muss das aus der Vorfertigung des Verbunds resultierende höhere Eigengewicht der einzelnen HBV-Deckenelemente beim Transport zur Baustelle und beim Versetzen mit dem Kran berücksichtigt werden.



Bild 2.15 Herstellung von Holz-Beton-Verbunddecken in einem Fertigteilwerk

⁸⁹ Industriesichtqualität (ISI): Industriesichtqualität eignet sich für Industrieflächen, nicht jedoch für Sichtflächen im Wohnbereich.

⁹⁰ Wohnsichtqualität (WSI): Die Wohnsichtqualität wird standardmäßig auf der Vorderseite der Platte ausgeführt

2.3 Anwendungsbereiche HBV-Decken

HBV-Decken stellen aus Sicht des Verfassers in der Praxis eine sinnvolle Alternative zur Stahlbetondecke dar. Ein wesentlicher Vorteil besteht in der Reduktion des Eigengewichts der einzelnen Deckenelemente. Zusätzlich werden weniger Schalungsarbeiten benötigt, da die Basis aus Holz als verlorene Schalung betrachtet werden kann, worin ein großes Einsparungspotential der entstehenden Kosten liegt. Bevor auf die speziellen Anwendungsbereiche von HBV-Decken eingegangen werden kann muss deren Funktionsweise näher beschrieben werden. Die optimale Nutzung der jeweiligen Festigkeitseigenschaften von Beton auf Druck und Holz auf Zug, sollen die Vorteile, unter Voraussetzung der richtigen Anwendung, in der Holz-Beton-Verbundbauweise aufzeigen:^{91 92 93}

- Die Tragfähigkeit von bereits bestehenden Konstruktionen, wie beispielsweise einer Holzbalkendecke, kann durch dessen Sanierung mittels einem geeigneten Verbund erhöht werden
- geringe Deckenstärken wie bei einer „reinen“ Stahlbetondecke
- einfache Anschlussdetails der Knotenpunkte
- Duktiles Bauteilverhalten
- Offene Raumgestaltung aufgrund weiter Spannweiten
- Die Steifigkeit der Betonplatte ermöglicht eine optimale Querverteilung der Lasten
- Gebäudestabilität, gegeben durch Horizontalaussteifung der Betonplatte
- Verschiedene Vorfertigungsgrade
- Realisierung als Fertigteilelement
- Geringe Schwingungsanfälligkeit
- Verbesserte Schallschutzeigenschaften
- Anforderungsgerechte Brandschutzeigenschaften, da die Betonplatte eine nicht brennbare Oberfläche an der Oberseite ist
- Gestaltungselemente wie Holzuntersichten
- Schutz des Holzes durch aufliegende Betonplatte

Dennoch sind hier auch etwaige Nachteile der HBV-Verbundbauweise zu erwähnen:^{94,95,96}

⁹¹ PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 45

⁹² BATHON, T., BATHON, L.: Wood-Concrete-Composite Systems. S.

⁹³ HÖLZ, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 29

⁹⁴ PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 45

⁹⁵ BATHON, T., BATHON, L.: Wood-Concrete-Composite Systems. S.

⁹⁶ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 29

- Anspruchsvolle Vorfertigung im Fertigteilwerk
- Exakt vorangegangene Planung der Deckenelemente
- Das Holz muss vor Betonfeuchte geschützt werden
- Die Decken der Holzelemente müssen bei Herstellen des Verbunds in Ortbetonbauweise bis zur vollständigen Aushärtung des Betons unterstellt bleiben
- Bauzeit ist abhängig vom Vorfertigungsgrad
- Höheres Eigengewicht der einzelnen HBV-Deckenelemente
- Gewerke übergreifend: Holzbau – Massivbau
- Nicht wirtschaftlich für kurze Spannweiten

Aufgrund zahlreicher baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Vorteile von HBV-Lösungen finden diese in vielen Einsatzgebieten des Hochbaus deren Anwendung. Folglich seien einige dieser Bereiche dargestellt:

Neubau

Es besteht die Möglichkeit Holz-Beton-Verbunddecken bei allen Neubauten, unabhängig von deren Funktion einzusetzen. Sowohl im regionalen Einfamilienhausbau als auch bei der Umsetzung von mehrgeschossigen Wohnbauprojekten und Bürogebäuden in städtischen Gebieten stellt diese Bauweise eine interessante Alternative zu konventionellen Deckensystemen dar. Aufgrund der stetigen Verbesserungen der statischen, bauphysikalischen und brandschutztechnischen Eigenschaften und anderer zahlreicher Vorteile gegenüber klassischen Bauweisen, ist die HBV-Bauweise laut Meinung einiger befragten Experten zu einem ernstzunehmenden Wettbewerbsteilnehmer am Markt geworden. Ein konkretes, innovatives Beispiel eines realisierten Bauvorhabens wird im nächsten Kapitel genauer erläutert.



Bild 2.16 Wohnbauprojekt Paulasgasse, Wien-Schwechat

Sanierungen

Vor allem bei Sanierungen oder Umbauten von Altbauten kommen HBV-Decken zum Einsatz. Häufiger Grund dafür sind der schlechte bauliche Zustand in denen sich die damals gebauten Holzdecken befinden. Mangelnde Tragfähigkeit, zu hohe Durchbiegungen oder deren heute nicht mehr ausreichende Anforderungen an den Brand- bzw. Schallschutz sind einige dieser Nachteile, welche diese Konstruktionen mit sich bringen. Um eine Verbesserung des Zustandes herbeizuführen gibt es unterschiedliche Möglichkeiten zur Deckensanierung⁹⁷ wie zum Beispiel der Rückbau der bestehenden Bausubstanz und der anschließende Einbau von neuen Geschossdecken, die Verstärkung durch ein Stahl-Holz-Verbund-System bzw. Holz-Holz-Verbund-System oder die Verstärkung mittels einer Holz-Beton-Verbund Konstruktion.⁹⁸ Basierend auf einer exakten Planung bringt diese Variante Vorteile wie eine geringere Mehrhöhe der Deckenstärke und die Schaffung eines schwingungsfreien und ebenen Fußbodens mit sich.⁹⁹ Geschoßdecken können so an der Oberseite verstärkt und deren Untersicht erhalten werden. Im Gegensatz zum vollständigen Rückbau haben bereits abgeschlossene Bauvorhaben gezeigt, dass die Bauzeit und die für die Sanierung aufgebrauchten Kosten, der Abbruch und die Entsorgung der Baurestmassen in einem überschaubaren Rahmen geblieben sind.



Bild 2.17 Wohnbauprojekt Paulasgasse, Wien-Schwechat¹⁰⁰

⁹⁷ Vgl. PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 99

⁹⁸ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 64

⁹⁹ Vgl. PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. S. 99

¹⁰⁰ <http://www.bauforum.at/bauzeitung/villa-kalkhuetten-58680>. Datum des Zugriffs: 08.07.2015.

Brückenbau

Auch auf dem Sektor der Brückenbauten fand die Holz-Beton-Verbundbauweise bereits ihren Einzug. Nach langjährigen Forschungs- und Entwicklungszeiten stellt diese, laut Meinung einiger Experten, mittlerweile eine ernstzunehmende Alternative im Brückenbau dar. Im europäischen Raum wurden Anfang der 1990er Jahre Fußgänger- und Radwegebrücken und später auch Verkehrsbrücken in der HBV-Bauweise erstellt. Gestalterische Aspekte wie beispielsweise das bewusste Zeigen der Holzkonstruktion können mit den Vorteilen des Betons hinsichtlich der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit in Form des Verbunds kombiniert werden. Nicht nur wegen ihrer verbesserten technischen Eigenschaften, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht werden Brücken in dieser Bauweise immer öfter ausgeführt.¹⁰¹ Aktuelle Forschungen spezialisieren sich auf die Weiterentwicklung geeigneter Verbindungsmittel hinsichtlich des Systemverhaltens unter einer Langzeitbeanspruchung bei variierenden Klimabedingungen sowie der Ermüdungsfestigkeit bei wiederholt auftretenden Beanspruchungen.¹⁰² Ein positiver Nebeneffekt bei HBV-Brückenbauten ist der bauliche Schutz des Holzes durch die Betonschicht, die durch die Vorfertigung der Elemente verkürzte Bauzeit und eine höher zu erwartende Lebensdauer.



Bild 2.18 Verkehrsbrücke in Holz-Beton-Verbund-Bauweise, Schweiz¹⁰³

¹⁰¹ Vgl. BATHON, L. B., O: Holz-Beton-Verbund-Verkehrsbrücken. In: S. 46

¹⁰² BATHON: In: S. 46

¹⁰³ http://galerie.proholzschweiz.ch/main.php?g2_itemId=5573. Datum des Zugriffs: 08.07.2015.

2.4 Aktueller Stand der Forschung

Während der vergangenen Jahre lag die Holz-Beton-Verbundbauweise im Fokus der aktuellen Forschung im Bereich neuartiger Deckensysteme. Bereits zahlreiche Bauvorhaben in Europa konnten mittels dieser Bauweise realisiert werden. Forschungserkenntnisse haben ergeben, dass vor allem die Weiterentwicklung im Geschossdeckenneubau zu technisch und wirtschaftlich guten Ergebnissen geführt hat.¹⁰⁴ Für die Hauptanwendungsgebiete Neubau, Sanierung und Brückenbau konnten den Anforderungen entsprechende Systeme entwickelt werden. Jedoch muss angemerkt werden, dass die Forschung auf dem Gebiet der unterschiedlichen HBV-Bauweisen noch nicht als abgeschlossen angesehen werden kann. Der Forschungsbedarf wird durch die immer weiterführenden Forschungsergebnisse bestätigt. Ursprünglich sind HBV-Decken für sanierungsbedürftige Holzbalkendecken konzipiert worden. Durch die Entwicklung von leistungsfähigen Verbindungstechniken können sie heute auch für den Neubau von Geschossdecken eingesetzt werden. Ziel der Holz-Beton-Verbundbauweise ist es, wirtschaftliche Systemansätze darzustellen, um eine konkurrenzfähige Alternative am Markt zur massiven Stahlbetondecke zu werden. Eine Ausführungsvariante mit besonders hohem Vorfertigungsgrad und einem raschen Bauablauf stellen vorgefertigte Rippendecken in HBV-Verbundbauweise dar. In den letzten Jahren hat sich diese Bauweise bewährt und gehört bis dato zum aktuellen Stand der Technik.¹⁰⁵



Bild 2.19 Ansicht einer HBV-Rippendecke¹⁰⁶

¹⁰⁴ Vgl. BATHON, L. B., O: Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau – Aktueller Stand der Technik. In: S. 49

¹⁰⁵ Vgl. BATHON, L. B., O: Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau. In: S. 74-76

¹⁰⁶ http://www.ticomtec.de/hbv/decken_rippen.htm. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

2.5 Deckensysteme der Praxis

Life Cycle Tower One – Dornbirn (AUT)

In diesem Kapitel sollen ausgewählte Beispiele des Bauens im Holz-Beton-Verbund beschrieben und auf die verwendeten HBV-Deckensysteme eingegangen werden. Als Holz-Hochhaus-Prototyp kann der von Architekt Hermann Kaufmann¹⁰⁷ entworfene Life Cycle Tower One bezeichnet werden. Mit seinen acht Geschossen, errichtet in Holz-Systembauweise, ist er das erste Hochhaus dieser Art.



Bild 2.20 Life Cycle Tower – Rendering ¹⁰⁸

Das in Dornbirn, Österreich, befindliche Bürogebäude mit 26 Metern Höhe ist das Ergebnis einer interdisziplinären Forschungsarbeit entwickelter Systembauweise, welche bis zu 20 Etagen ermöglicht.¹⁰⁹ Das Stiegenhaus aus Stahlbeton bildet den Kern um den die Büroflächen angeordnet werden. Eine Holz-Beton-Verbundrippendecke ermöglicht den Bau über mehrere Geschosse. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades der Holzbauelemente war es möglich ein Geschoss an nur einem Tag zu errichten.¹¹⁰ Besonderes Augenmerk ist auf die neu entwickelte Holzverbundhybriddecke zu legen, welche mit dem Prüfnachweis nach DIN EN 13501¹¹¹ den Feuerwiderstand REI 90¹¹² erfüllt. Der große Vorteil einer nicht brennbaren Schicht, der durch diese Holz-Beton-Verbundrippendecke entsteht, legt den Grundbaustein um künftig in noch größere Höhen

¹⁰⁷ Hermann Kaufmann ist ein österreichischer Architekt und Universitätsprofessor für Entwerfen und Holzbau an der Technischen Universität München

¹⁰⁸ <http://www.nextroom.at/building.php?id=36153>. Datum des Zugriffs: 06.07.2015.

¹⁰⁹ <http://www.detail.de/inspiration/verwaltungsgebaeude-in-dornbirn-106081.html>. Datum des Zugriffs: 08.07.2015.

¹¹⁰ Vgl. <http://www.nextroom.at/building.php?id=36153>. Datum des Zugriffs: 08.07.2015.

¹¹¹ DIN EN 15301-1: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten. 2010-01

¹¹² F 90 (EI 90, REI 90): Brandwiderstandsklasse und bautechnische Bezeichnung: feuer- und brandbeständig

zu bauen, da die einzelnen Geschosse dadurch konsequent getrennt werden können. Durch den hohen Vorfertigungsgrad der zuvor industriell gefertigten Deckenelemente (8,1 m x 2,7 m) wird der Bauablauf um ein Vielfaches erleichtert und die einzelnen Elemente können direkt auf der Baustelle versetzt werden, ohne einen Zeitverlust für etwaige Aushärtungszeiten des Betons berücksichtigen zu müssen.

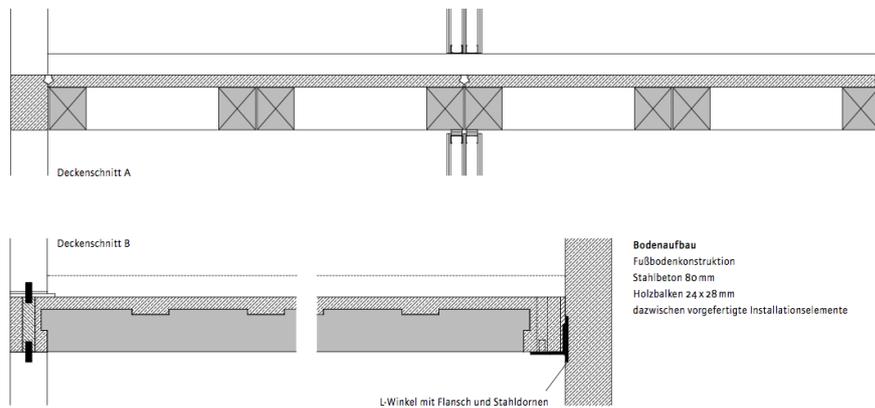


Bild 2.21 Deckenschnitt A und B der Verbundhybriddecke¹¹³

Der kraftschlüssige Schubverbund zwischen Holz und Beton wird mittels Kerfen und geeigneten Schrauben hergestellt. Ein weiterer Pluspunkt aus Sicht der Systementwickler ist die geringe Konstruktionshöhe der HBV-Decke, welche nicht nur einen ökonomischen Vorteil sondern auch eine Reduzierung des Eigengewichts mit sich bringt. Die Qualität des Innenraumes wird zum einen durch die sichtbaren Leimbinder und zum anderen durch vertikal tragende Elemente aus Holz und Beton bestimmt.¹¹⁴

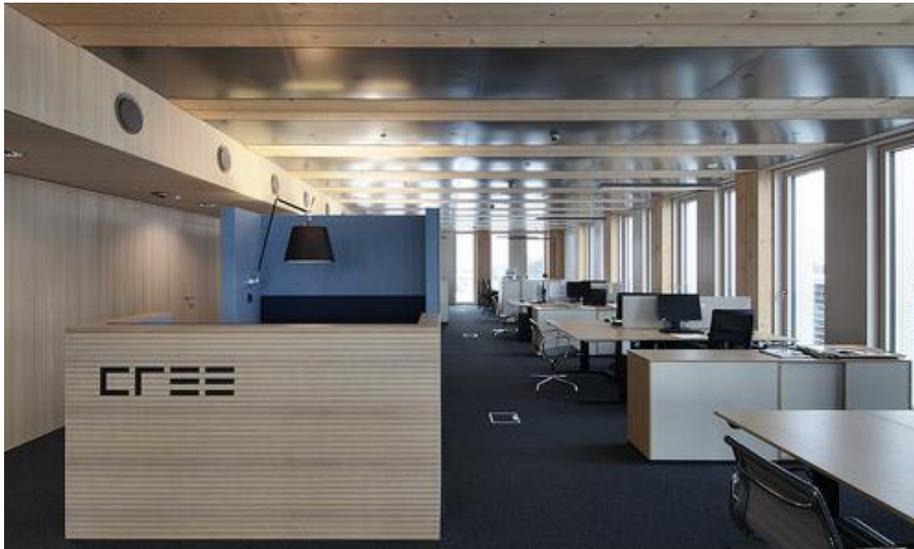


Bild 2.22 Life Cycle Tower – Innenansicht¹¹⁵

¹¹³ PROHOLZ, A.: Zuschnitt 45. In: Juni, S. 22f.

¹¹⁴ Vgl. PROHOLZ, A.: Zuschnitt 45. In: Juni, S. 22-23

¹¹⁵ <http://www.nextroom.at/building.php?id=36153>. Datum des Zugriffs: 06.07.2015.

La Porte Ouverte Chrétienne – Mulhouse (FRA)

Für die inzwischen rund 2.000 Mitglieder der evangelischen Freikirche in Porte Ouverte in Mulhouse, Frankreich, wurde 2015 das neue Kirchenzentrum eröffnet. Aufgrund der gestellten Anforderungen in Bezug auf die hohen zu erwartenden Verkehrslasten und die potentielle Erdbebenbeanspruchung dieses Bauvorhabens, wurden die Geschossdecken in Holz-Beton-Verbundbauweise ausgeführt, um die von den französischen Behörden gestellten Randbedingungen zu erfüllen.



Bild 2.23 La Porte Ouverte Chrétienne - Ansicht¹¹⁶

Deckenspannweiten von elf Metern, waren aufgrund von Haupt- und Nebenträgern, ausgeführt als HBV-Decke, realisierbar. Eine sinnvolle Verteilung der entstehenden Lasten und Kräfte auf die einzelnen Bauteilkomponenten ermöglichte die Realisierung dieses Projekts innerhalb kurzer Bauzeit, für welches darüber hinaus die Brandschutzklasse F60¹¹⁷ gewährleistet wurde, um die geforderte Sicherheit für die Besucher der Kirche zu bieten. Die nachfolgende Abbildung stellt die primäre Tragstruktur des Gebäudes dar.¹¹⁸

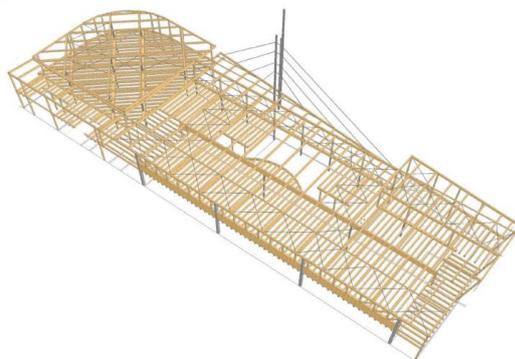


Bild 2.24 Holzbalkenkonstruktion des Kirchenzentrums¹¹⁹

¹¹⁶ TICOMTEC: Newsletter 19. In: Juni, S. 1

¹¹⁷ F60 (EI 60, REI 60): Brandwiderstandsklasse und bautechnische Bezeichnung: hochfeuer- und hochbrandhemmend

¹¹⁸ Vgl. TICOMTEC: Newsletter 19. In: Juni, S. 1-3

¹¹⁹ TICOMTEC: Newsletter 19. In: Juni, S. 3

Schülerhort in Linz – Neue Welt (AUT)

Der auf einem Y-förmigen Grundriss basierende Schülerhort besteht aus zwei Geschossen und bildet Platz für sechs Gruppenräume. Errichtet in Holzmassivbauweise, wobei die vertikalen Wandelemente in Brettsperrholz konzipiert sind und die horizontale Konstruktion von einer Holz-Beton-Verbunddecke auf der Basis von Brettschichtholz gebildet wird. Grund für die Ausführung dieser Verbunddecke waren die hohen Anforderungen an den Brandschutz und die Minimierung des Schwingungsverhaltens der 7,65 Meter gespannten Geschossdecken.



Bild 2.25 Holzbalkenkonstruktion des Kirchenzentrums¹²⁰

Hierzu wurde die Holz-Beton-Verbunddecke schalltechnisch vom Auflager entkoppelt. Die einzelnen Brettschichtholzdecken mit 14 Zentimetern Durchmesser wurden auf der Baustelle versetzt und montiert. Nachdem die Verbundschrauben eingeschraubt waren, wurde der Aufbeton auf die bereits montierten Deckenelemente aufgebracht. Der darüber liegende Fußbodenaufbau setzt sich aus einer Kiesschüttung, einer Trittschalldämmung, sowie einem Heizestrich mit massivem Holzbelag zusammen. Eine Akkustikdecke bildet den oberen Raumabschluss im Inneren des Gebäudes.¹²¹

¹²⁰ PROHOLZ, A.: Zuschnitt 54. In: September, S. 10

¹²¹ Vgl. PROHOLZ, A.: Zuschnitt 54. In: September, S. 10

Illwerke – Zentrum Montafon (AUT)

Der Bürobau mit über 10.000 m² Nutzfläche liegt am Ufer eines Speicherbeckens des Wasserkraftwerkes Rodund in Montafon. Wie der zuvor beschriebene Life Cycle Tower, wurde dieses Bauprojekt in der selben Systembauweise errichtet. Das vorgefertigte modulare Holz-Hybrid-Bausystem basierend auf einem gleichmäßigen Raster, bietet durch die gewählte Skelettstruktur, große Flexibilität in der Gestaltung der Grundrisse über die gesamte Lebensdauer hinweg.



Bild 2.26 Illwerke Montafon - Hauptgebäude¹²²

Die Holz-Beton-Verbunddecken liegen auf verleimten, in der Fassade integrierten Holzstützen auf. In der Mitte werden sie von Stahlträgern gehalten und durch Beton gefüllte Stahlsäulen gestützt.¹²³ Die einzelnen HBV-Deckenelemente bestehen aus je vier Doppelbalken und überspannen bis zu 8,10 Meter. Eine acht Zentimeter dicke Betonschicht und ein Hohlraumboden bilden die obere Schicht der Elemente. Zwischen den einzelnen Balken können Heizkühl-Elemente geführt werden. Der obere Raumabschluss in den Geschossen wird durch beschichtete Lochbleche bestimmt. Die drei Meter breiten Elemente entsprechen dem Büroraster des Gebäudes.

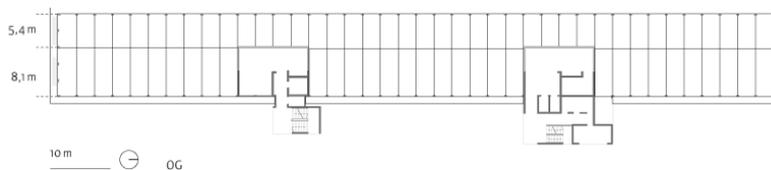


Bild 2.27 Illwerke Montafon – Grundriss Büroraster¹²⁴

¹²² PROHOLZ, A.: Zuschnitt 54. In: September, S. 9

¹²³ PROHOLZ, A.: Zuschnitt 54. In: September, S. 9

¹²⁴ PROHOLZ, A.: Zuschnitt 54. In: September, S. 9

2.6 Holz-Beton-Verbund-Decken – Ortbeton

Holz-Beton-Verbunddecken sind mittlerweile nicht mehr nur bei Sanierungen, sondern auch bei Neubauten weit verbreitet. Besonders bei der Herstellung von Geschossdecken lassen sich die beiden Baustoffe Holz und Beton, aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften, gut miteinander kombinieren. Auf der Unterseite der Decke kann das Holz die Zugspannungen aufnehmen, der entstehende Druck auf der belasteten Oberseite kann vom Beton übernommen werden, was dazu führt, dass die Decke ihre notwendige Steifigkeit erreicht. Durch die schubfeste Verbindung mittels geeigneter Verbindungsmittel kann das Deckensystem aus statischer Sicht als ein Bauteil betrachtet werden. Es gibt viele Möglichkeiten HBV-Decken herzustellen, im Folgenden sollen, ohne spezifische Systemanbieter zu nennen, die Varianten der Ausführung in Ortbeton und als Fertigteil vorgestellt werden. Die Ortbetonvariante soll anhand drei gängiger Konstruktionsprinzipien beschrieben werden:¹²⁵

- Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Ortbeton
- Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Ortbeton zwischen den Balken
- Holz-Beton-Verbunddecke aus Brettstapelplatte und Ortbeton

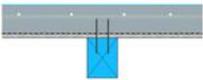
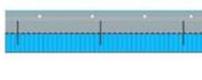
Deckensystem	Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Ortbeton	Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Ortbeton zwischen den Balken	Holz-Beton-Verbunddecke aus Brettstapelplatte und Ortbeton
Skizze			
Verbundwirkung	Trägerverbund	Trägerverbund	Trägerverbund/ Flächenverbund
Holz-Beton-Verbundbau, Verbundmittel	Nägeln, Verbundschrauben, Verbundanker, Schubverbinder, Kopfbolzen	Nägeln, Verbundschrauben, Verbundanker, Schubverbinder, Kopfbolzen	Flachstahlschlösser, Schubverbinder, Kerfen, Versätze und Einschnitte in der Platte
Fertigteildecke in Vollmontage	möglich	nicht möglich	möglich
Anwendungsgebiete	Deckensanierung, Neubau	überwiegend Deckensanierung	überwiegend Neubau
Hersteller und Produktbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> ▶ TiComTec HBV Balkendecke ▶ Friedrich Verbundsysteme System Top ▶ Erne AG Holzbau SupraFloor 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Friedrich Verbundsysteme System Slim 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ TiComTec HBV Plattendecke ▶ Inholz Holzbetonverbunddecken

Bild 2.28 Ortbetonvariante – Deckensystemübersicht¹²⁶

¹²⁵ Vgl. <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 2015.07.21.

¹²⁶ <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 2015.07.21.

Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Ortbeton

Diese Variante wird hauptsächlich im Bereich der Deckensanierung von Bestandsgebäuden eingesetzt, wobei die auffälligen Holzbauteile bestehen bleiben und die Geschossdecke durch die zusätzliche Betonschicht den gewünschten Anforderungen entspricht. Auch bei Neubauten, vor allem im mehrgeschossigen Wohnbau findet dieses System ihre Anwendung. Es besteht sowohl die Möglichkeit einer klassischen Betonage vor Ort auf der Baustelle, als auch in Form von Fertigteilen, die vorab im Werk gefertigt wurden und als fertiges Element auf die Baustelle transportiert werden können.¹²⁷

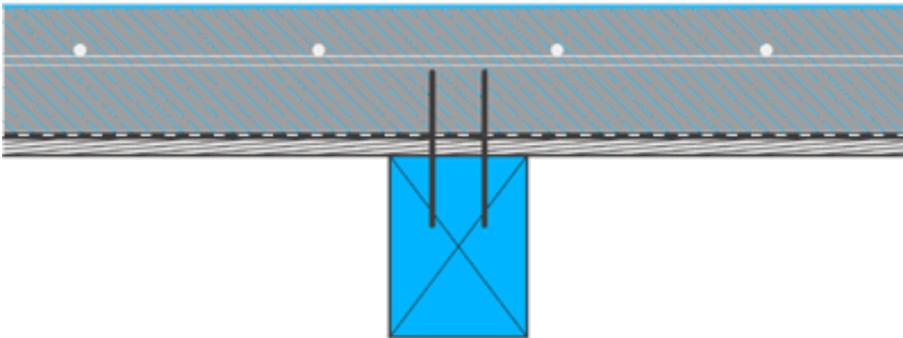


Bild 2.29 Holzbalken und Ortbeton¹²⁸

Die Betonschicht einer HBV-Balkendecke kann mittels Schubverbinder, die nach den statischen Anforderungen in die Holzbalken eingeklebt wurden, in drei verschiedenen Varianten ausgeführt werden:¹²⁹

- Mit einer in Querrichtung verlaufenden Holzschalung
- Ersetzen der Holzschalung durch Betonfertigteile, die anschließend im Werk bzw. auf der Baustelle überbetoniert werden
- Verzicht auf Schalung, direkter Verbund der Holzbalken mit der Betonschicht



Bild 2.30 Varianten einer Holzbalkenlage¹³⁰

¹²⁷ Vgl. <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 21.07.2015.

¹²⁸ <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 21.07.2015.

¹²⁹ Vgl. <http://www.bauforum.at/bauzeitung/villa-kalkhuetten-58680>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015

¹³⁰ http://www.ticomtec.de/hbv/decken_balken.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Ortbeton zwischen den Balken

Diese Holz-Beton-Verbunddecke wird vor allem bei Altbausanierungen eingesetzt, wenn die Raumhöhen eine zusätzliche Aufbetonschicht nicht zulassen. Hierbei wird zwischen den Holzbalken eine bewehrte Ortbetonschicht schubfest eingebracht. In diesem Fall werden die Verbindungsmittel seitlich an den Balken angesetzt. Geeignete Verbindungsmittel sind beispielsweise Nägel, Verbundschrauben, Anker, Schubverbinder oder sogenannte Kopfbolzen. Es sei erwähnt, dass im Unterschied zu den vorher erwähnten Deckensystemen, bei dieser Variante eine Fertigteildecke in Vollmontage nicht möglich.¹³¹

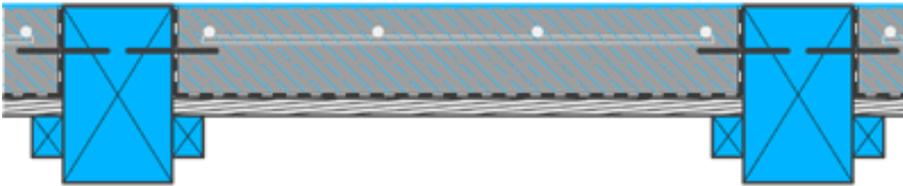


Bild 2.31 Holzbalken und Ortbeton¹³²

¹³¹ Vgl. <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 21.07.2015..

¹³² <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 21.07.2015.

Holz-Beton-Verbunddecke aus Brettstapeldecke und Ortbeton

Bei diesem System wird der Beton auf eine vorgefertigte Brettstapeldecke aufgebracht und schubfest mit dieser verbunden. Der Verbund ist mittels Kerfen, versetzten Höhen der Einzelbretter oder Einschnitten in der Platte herzustellen. Speziell gefertigte Flachstahlschlösser und Schubverbinder als geeignete Verbindungsmittel stellen hierzu Alternativen dar. Der Flächenverbund dieser Variante kann auch im Werk als vorgefertigtes Element hergestellt werden.¹³³

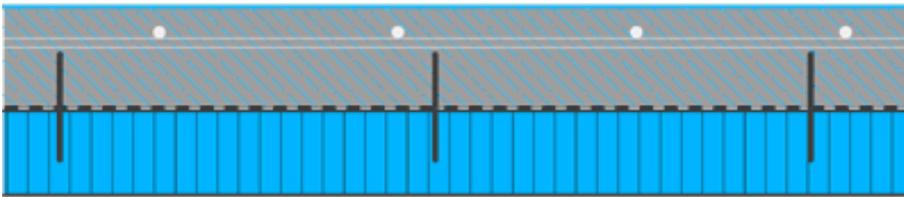


Bild 2.32 Holzbalken und Ortbeton¹³⁴

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Anordnung der Brettstapелеlemente zu versetzen um den Haftverbund zwischen dem Holz und dem Beton zu optimieren. Durch die nicht flächige Verlegung der einzelnen Elemente, können in den Zwischenräumen Installationen von Heizungs-schlangen oder Kabelkanäle geführt werden, wodurch eine weitere Installationsebene entfällt.¹³⁵

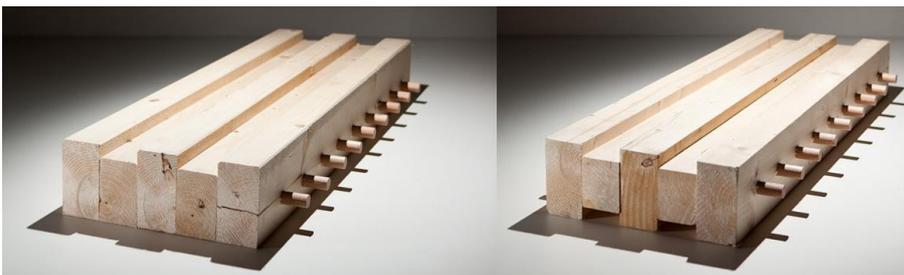


Bild 2.33 Plus Minus Decke¹³⁶

¹³³ <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 2015.07.21.

¹³⁴ <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 2015.07.21.

¹³⁵ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 84

¹³⁶ <http://www.brettstapel.de/produkte/brettstapel-elemente/plusminus-20-nsi>. Datum des Zugriffs: 2015.07.23.

Holz-Beton-Verbunddecke – Kreuzrippendecke

Im Vergleich zu konventionellen Holz-Beton-Verbunddecken wirkt diese Variante in zwei unterschiedliche Tragrichtungen. Die Holzrippenelemente bestehen aus schichtverleimten Platten, die kreuzweise miteinander verbunden werden. Die erforderliche Bewehrung wird bereits in der Produktionsstätte mit eingelegt. Der Betoniervorgang auf der Baustelle, kann nach abgeschlossener Montage erfolgen.¹³⁷



Bild 2.34 Betoniervorgang auf der Baustelle – Verbindungssystem im Werk vorgefertigt, Kreuzrippendecke X-Floor¹³⁸

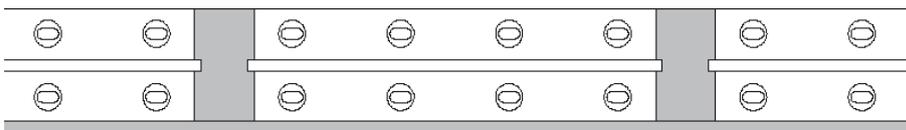


Bild 2.35 Kreuzrippendecke X-Floor – Schnitt¹³⁹

¹³⁷ <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

¹³⁸ <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

¹³⁹ <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

Holz-Beton-Verbunddecke – Brettspertholz

Eines der HBV-Deckensysteme, welches im Rahmen dieser Arbeit auf der Baustelle untersucht wird und in einem späteren Kapitel in Form einer Systemgegenüberstellung mit der Variante als Fertigteil verglichen wird, ist die Holz-Beton-Verbunddecke mit Deckenelementen in Brettspertholz und einer auf der Baustelle stattfindender Betonage. Das Prinzip dieses Deckensystems funktioniert ähnlich dem der HBV-Brettstapeldecke. Der Beton wird vor Ort auf die vorgefertigten Brettspertholzdeckenelemente aufgebracht und schubfest mit dem Holz verbunden. Der Verbund findet in diesem konkreten Fall mittels Kerven statt. Tellerkopfschrauben in regelmäßigen Abständen laut den Vorgaben der Statik verstärken den Verbund. Speziell gefertigte Flachstahlschlösser und Schubverbinder als Verbindungsmittel stellen hierzu geeignete Alternativen dar.



Bild 2.36 Versetzen der BSP-Fertigteile im 2.OG auf der Baustelle in der Paulasgasse, Wien – Schwechat

Aufgrund des Einsatzes dieses HBV-Deckensystems beim untersuchten Bauvorhaben im Rahmen dieser Arbeit wird der Bauablauf dieses Bauverfahrens mit allen notwendigen Tätigkeiten, die zur Herstellung der BSP-Rohdecke notwendig sind, im Kapitel 2.7 näher beschrieben.

2.7 Holz-Beton-Verbund-Decken – Fertigteil

Die nachstehenden Deckensysteme in Holz-Beton-Verbundbauweise zeigen verschiedene Möglichkeiten der Fertigung im Werk.

Holz-Beton-Verbunddecke aus Holzbalkenlage und Elementdecke

Dieser Deckentyp ist ein Hybrid aus einer konventionellen Holzbalkendecke und einer vorgefertigten Elementdecke, welche gemeinsam als Auflager für die noch aufzubringende, bewehrte Betonschicht dienen. Die obere Betonschicht jedoch kann erst auf der Baustelle eingebracht werden, somit ist eine komplette Vollmontage als Fertigteil nicht gegeben.

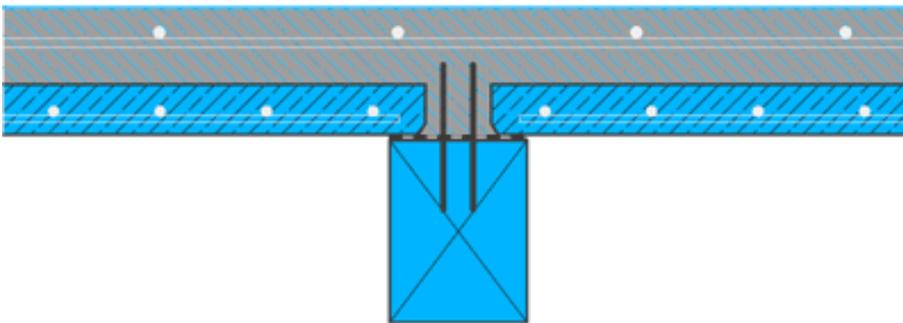


Bild 2.37 Holzbalken und Ortbeton¹⁴⁰

Holz-Beton-Verbunddecke in Rahmenbauweise

Eine weitere Variante zur Herstellung von HBV-Deckenelementen stellt die Rahmenbauweise dar. Alle Arbeitsschritte wie die Einleimung der Schubverbinder, die Verankerung der Armierungseisen und die Betonage werden im Werk durchgeführt. Nach der erforderlichen Aushärtungszeit können die Elemente direkt auf die Baustelle transportiert werden und direkt an deren Bestimmungsort versetzt werden. Industriell vorgefertigte Holz-Beton-Verbunddeckenelemente bringen Vorteile wie große Spannweiten und einen hohen Schall- und Brandschutz mit sich.

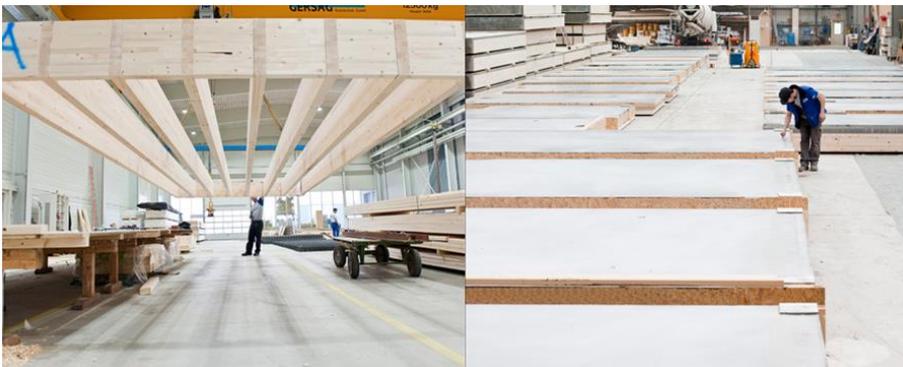


Bild 2.38 Holzbalken und Ortbeton¹⁴¹

¹⁴⁰ <http://www.erne.net/de/leistungen/systeme/verbundbau-holzverbundbauweise/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

¹⁴¹ <https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehr-ueber>. Datum des Zugriffs: 21.07.2015.

Holz-Beton-Verbund-Hohlkastendecke

Diese Variante ist eine Weiterentwicklung der sogenannten Plattendecke. Die Basis besteht aus Brettschichtholzelementen, in welche die einzelnen Schubverbinder eingeklebt werden. Darauf werden großformatige Dämmplatten aufgebracht. Dadurch wird vor allem das Eigengewicht der Deckenelemente reduziert, was wiederum deutliche Vorteile hinsichtlich des Verformungsverhaltens bewirkt. Dieses System wurde speziell für weitgespannte Tragsysteme von bis zu 15 Metern konzipiert. Sie kann mit einer Stahlbetonhohlkastendecke verglichen werden und bietet dementsprechend ähnliche bauteilspezifische Eigenschaften.¹⁴²

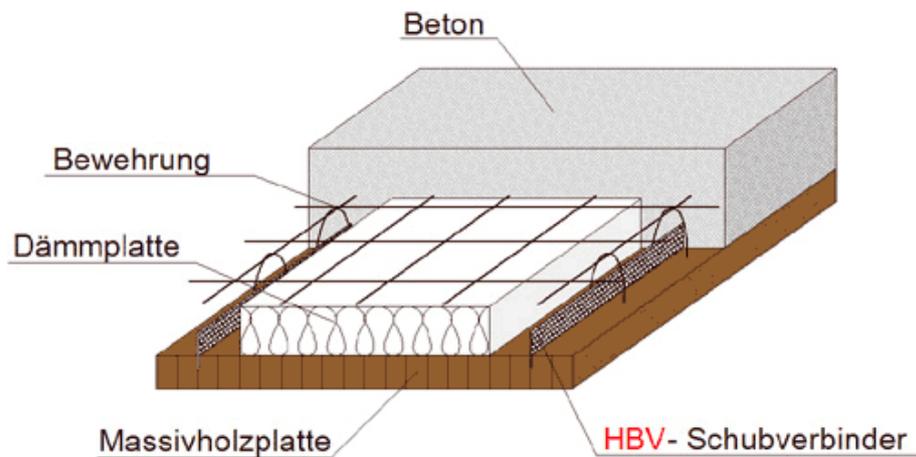


Bild 2.39 Dreidimensionale Darstellung einer Hohlkastendecke¹⁴³



Bild 2.40 Herstellung einer Hohlkastendecke im Werk¹⁴⁴

¹⁴² Vgl. http://www.ticomtec.de/hbv/decken_hohlkasten.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

¹⁴³ http://www.ticomtec.de/hbv/decken_hohlkasten.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

¹⁴⁴ http://www.ticomtec.de/hbv/decken_hohlkasten.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

Holz-Beton-Verbunddecke – „Swiss Wood Concrete Deck“

Das klassische System der HBV-Decke wird hier neu gedacht und umgedreht. Im Wesentlichen besteht diese Variante aus einem Hohlkastenelement mit einer Furnierschichtholzplatte in der oberliegenden Druckzone, Rippen aus BSH und einer vorgefertigten Betonplatte mit integrierter Thermoleitung zur Deckenkühlung. Statisch gesehen liegt die auf Druck effizient wirkende Platte auf der falschen Seite. Aspekte wie der Brand- und Schallschutz, eine weiße Untersicht und die Integration einer Kühlung in Elementebene, sprechen jedoch für diesen Aufbau. Bis dato läuft eine Anmeldung zum internationalen Patent für dieses System. Es soll inklusive einer vorinstallierten Haustechnik für das jeweilige Bauvorhaben komplett im Werk vorgefertigt werden und lediglich auf der Baustelle versetzt werden.¹⁴⁵



Bild 2.41 SwissWoodConcreteDeck – Produktion¹⁴⁶

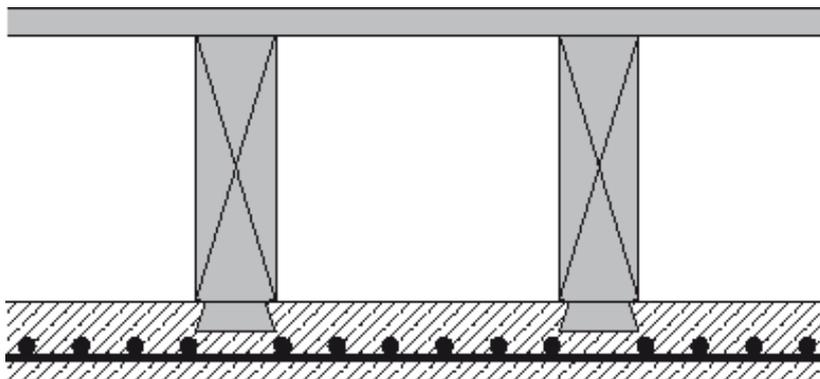


Bild 2.42 SwissWoodConcreteDeck – Schnitt¹⁴⁷

¹⁴⁵ Vgl. <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

¹⁴⁶ <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

¹⁴⁷ <http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

Holz-Beton-Verbunddecke – Brettspertholz

Das Zweite der HBV-Deckensysteme, welches im Rahmen dieser Arbeit auf der Baustelle untersucht wird und in einem späteren Kapitel in Form einer Systemgegenüberstellung mit der Variante in Ortbeton verglichen wird, ist die Holz-Beton-Verbunddecke mit Deckenelementen in Brettspertholz und einer im Werk stattfindender Betonage. Das Prinzip dieses Deckensystems funktioniert analog dem der HBV-Decke in Brettspertholz und Ortbeton, mit dem einzigen Unterschied, dass der Verbund bereits in der Produktionsstätte hergestellt wird. Der Verbund findet ebenfalls mittels Kernen statt. Tellerkopfschrauben in regelmäßigen Abständen, laut den Vorgaben der Statik, verstärken den Verbund. Anschließend werden die HBV-Decken als Fertigteil auf die Baustelle geliefert.



Bild 2.43 Versetzen der HBV-Fertigteile im 2.OG auf der Baustelle in der Paulasgasse, Wien – Schwechat

Aufgrund des Einsatzes dieses HBV-Deckensystems beim untersuchten Bauvorhaben im Rahmen dieser Arbeit soll in der nachstehenden Auflistung der Fokus auf den Bauablauf dieses Bauverfahrens gelegt werden und alle notwendigen Tätigkeiten, die zur Herstellung der Rohdecke notwendig sind, beschrieben werden.

Analyse des Herstellungsprozesses:

- Um die Deckenelemente an ihren Bestimmungsort zu versetzen und zu montieren sind folgende Tätigkeiten notwendig:
- Baustelleneinrichtung täglich (im jeweiligen Geschoss)
- Sicherheitsunterweisung der Arbeiter
- Montage der Absturzsicherung
- Deckenelement anhängen
- Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren
- Deckenelement einheben
- Deckenelement Ausrichten / Justieren
- Erstverschraubung der Decke auf die Wand
- Einrichten / Feinjustierung (Schleisen, Kettenzug)
- Endverschraubung der Deckenelemente
- Montage der Metallaschen (Ausnageln)
- Abkleben der Stoßfugen
- Zuschnitt / Vermessung des Falzbretts
- Falzbrett einlegen und vernageln
- Rand- und Nacharbeiten
- Hebelaschen entfernen und Löcher ausschäumen
- Herstellen der Schallentkoppelung zur Betonwand
- luftdichtes Abkleben der Betonwand
- luftdichte Verklebung der Decke an die Außenwand
- Demontage der Absturzsicherung

Im Gegensatz zur Ortbetonvariante ist die Betonschicht des Holz-Beton-Verbund-Fertigteils bereits schubfest mit dem Brettsperrholzelement verbunden und wird als komplett vorgefertigtes Deckenelement auf die Baustelle transportiert.

2.8 Vorfertigungsstufen

Seit dem Beginn der Industrialisierung, zu Anfang des 19. Jahrhunderts, ist die Vorfertigung von Bauelementen möglich. Industrielle Vorfertigung im Bauwesen bedeutet die Herstellung von Bauprodukten mittels industrieller Arbeitsmethoden.¹⁴⁸ Bauteile werden zuvor in einem speziell dafür vorgesehenen Werk unter Laborbedingungen hergestellt, danach auf die Baustelle transportiert und schließlich an ihrem Bestimmungsort montiert. Mittlerweile beläuft sich der Anteil industriell gefertigter Elemente auf rund 50 % bei konventionell errichteten Gebäuden. Vorteile wie Produktionsbedingungen mit stetig gleichbleibender Qualität, Verkürzung der Bauzeit und eine Reduzierung der Kosten sind, aus Sicht einiger befragter Experten, im heutigen Bauprozess von immer stärker werdender Relevanz. Entscheidend für die Bauzeit eines Bauvorhabens ist der Vorfertigungsgrad der verwendeten Bauteile. Mittels moderner Verfahrenstechniken wie zum Beispiel CNC-Fräsen oder Spezialrobotern können einzelne Bauteile bis hin zu vollständig ausgebauten Raumzellen im Werk gefertigt werden. Bauwerke, bestehend aus vorgefertigten Bauelementen, werden aus linearen, flächigen oder räumlichen Elementen zusammengefügt. Die Konstruktionsprinzipien werden in Skelett-, Paneel- und Raumzellenbau unterschieden. Das Bausystem, welches die Summe aller Elemente bildet und deren Kombination festlegt, kann offen oder geschlossen sein. Spricht man von einem geschlossenen Bausystem, so werden alle Elemente von einem Hersteller gefertigt. Alle Elemente sind aufeinander abgestimmt und können nicht ausgewechselt werden. Offene Systeme hingegen bieten die Möglichkeit Produkte von unterschiedlichen Herstellern flexibel zu verwenden. Bauaufgaben mit unterschiedlichen Funktionen können so leichter realisiert werden, da Elemente beliebig kombiniert und auf deren Anforderungen abgestimmt werden können.¹⁴⁹

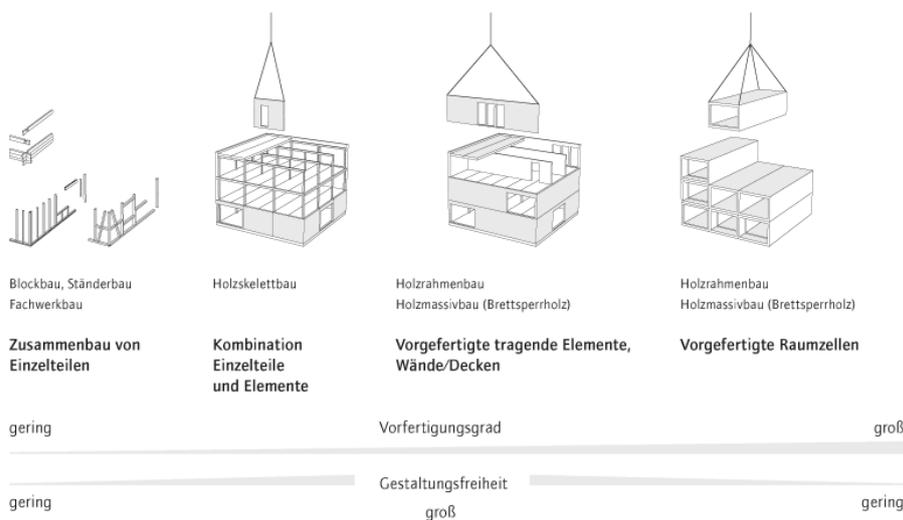


Bild 2.44 Grade der Vorfertigung – Systemübersicht¹⁵⁰

¹⁴⁸ STAIB, G., et al.: Elemente + Systeme modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. S. ff

¹⁴⁹ Vgl. STAIB, G., et al.: Elemente + Systeme modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. S. 40ff.

¹⁵⁰ PROHOLZ, A.: Zuschnitt 50. In: Juni, S. 12ff.

Montage

Die Arbeiten zur Errichtung eines Bauwerks aus vorgefertigten Elementen besteht auf der Baustelle nur mehr aus Montagearbeiten. Diese setzen sich aus Heben, Positionieren, Justieren, Verbinden und Abdichten zusammen. Maßgebend für die Beeinflussung der Bauzeit ist die Wahl des richtigen Verbindungsmittels. Im Gegensatz zu konventionellen Bauweisen entfallen die Zeiten für die Herstellung, beziehungsweise zur Weiterverarbeitung von Bauelementen auf der Baustelle. Des Weiteren kann die Projektlaufzeit verkürzt werden, indem die Vorfertigung parallel zur Montage stattfindet. Die Errichtung eines Gebäudes erfolgt horizontal und ist geschossweise organisiert. Die Art des jeweiligen Hebezeugs ist abhängig von Größe und Gewicht des zu versetzenden Elements.¹⁵¹

Holz als Baumaterial im Systembau

„Holz ist nicht nur ein einsilbiges Wort, doch dahinter verbirgt sich eine Welt voller Schönheit und Wunder.“ Theodor Heuss (1884-1963)¹⁵²

Im Laufe der letzten Jahre hat sich das Bauen mit Holz immer mehr etabliert und ist mittlerweile die drittgrößte Werkstoffgruppe im Bauwesen. Vor allem die ökologischen Aspekte und die besonderen Eigenschaften des Holzes führten zu einem Aufschwung in der Holzindustrie.¹⁵³ Im Vergleich zum Werkstoff Stahl, besitzt Holz eine hohe Festigkeit bei geringem Eigengewicht. Unterschiedliche Holzwerkstoffe können mittels industrieller Verleimungs- und Pressverfahren aus Recyclingprodukten hergestellt werden. Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Systembauweisen die im Holzbau ihre Anwendung finden. Den größten Anteil bilden heutzutage jedoch Holzrahmenelemente und massive Wandtafeln. Sie werden in den Bereichen Decken-, Wand- und Dachkonstruktionen eingesetzt. Vollwandelemente können entweder in Form von Großtafeln oder als komplette Raumzelle im Werk gefertigt werden.¹⁵⁴ Letztere können sowohl temporär als auch dauerhaft genutzt werden. Sie bestehen aus vertikalen Wandelementen und horizontalen Decken-, beziehungsweise Dachflächen und beruhen je nach Funktion auf einem speziellen Ordnungsprinzip bezogen auf den Grundriss.¹⁵⁵

¹⁵¹ STAIB, G., et al.: Elemente + Systeme modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. S. 47

¹⁵² SPRING, A.: Holz. Das fünfte Element. S. 14

¹⁵³ SPRING, A.: Holz. Das fünfte Element. S. 51

¹⁵⁴ Vgl. STAIB, G., et al.: Elemente + Systeme modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. S. 51

¹⁵⁵ Vgl. STAIB, G., et al.: Elemente + Systeme modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. S. 162

Ein Beispiel aus der Praxis

Das folgende Beispiel zeigt ein Wochenendhaus auf einer Halb Insel im Lake Michigan an der Grand Traverse Bay. Besonders hervorzuheben ist die kurze Bauzeit von insgesamt nur acht Wochen.



Bild 2.45 Wochenendhaus in Northport¹⁵⁶

Dieses aus Elementen hergestellte Wohnhaus wird als Prototyp der Vorfertigung im Holzbau angesehen. Ein massiver Sockel aus Stahlbeton bildet die Basis des 4-geschossigen Gebäudes. Die oberen 3 Geschosse wurden in sogenannter Leichtbauweise erstellt, bestehend aus Holzpaneelen und einem Stahlrahmen, der zusätzlich für die Aussteifung sorgt und somit größere Spannweiten und Auskragungen erlaubt. Im Vorhinein wurden die einzelnen Wandelemente aneinander gefügt und anschließend auf die Geschossdecken verhooben. Sowohl das Dach als auch die Treppen sind bei diesem Bauvorhaben im Werk vorfabriziert worden.

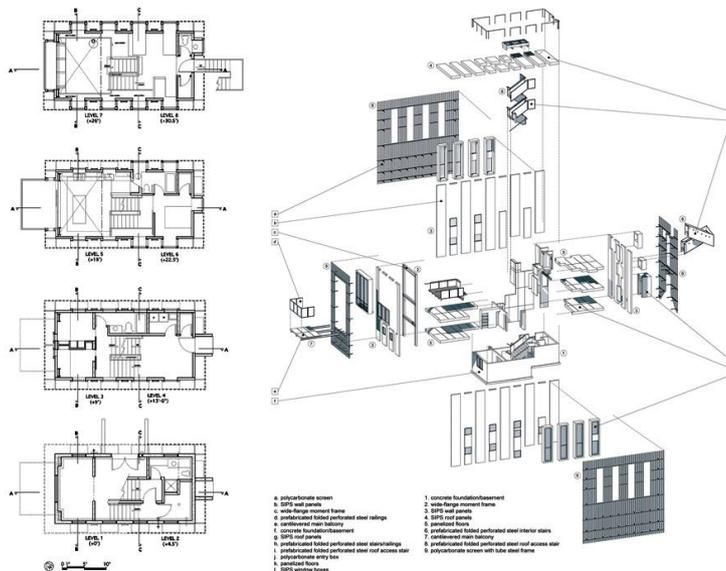


Bild 2.46 Explosionszeichnung – Wochenendhaus¹⁵⁷

¹⁵⁶ <http://andersonanderson.com/2006/01/01/chameleon-house/>. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

¹⁵⁷ <http://andersonanderson.com/2006/01/01/chameleon-house/>. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

Anteil des Holzbaus in Österreich

Die nachstehende Tabelle stellt die statistische Erhebung des Holzbauanteils in Österreich dar. Sie zeigt auf, welchen Anteil der Baustoff Holz beim Bau von Wohn- und Einfamilienhäusern beziehungsweise von öffentlichen Bauten hat. Des Weiteren geht daraus hervor, in welcher Konstruktionsart das jeweilige Gebäude errichtet wurde. Der überwiegende Teil aller im Jahr 2008 in Österreich errichteten Gebäude in Holz wurde werkseitig vorgefertigt und anschließend auf der Baustelle zusammengefügt.¹⁵⁸

Systeme (in %)	Skelettbau	Blockbau	Holzrahmenbau	Holzmassivbau (BSP)
Einfamilienhäuser	1	10	84	4
Mehrfamilienhäuser	0	1	94	5
Um- und Zubauten (z. B. Carports)	62	10	26	2
Öffentliche Bauten	37	3	55	5
Gewerbe- und Industriebauten	16	6	73	5
Landwirtschaftliche Zweckbauten	26	3	70	1

Tabelle 2.1 Statistische Erhebung des Holzbauanteils in Österreich, 2011¹⁵⁹

¹⁵⁸ <http://www.proholz.at/zuschnitt/50/die-logik-der-vorfertigung/>. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

¹⁵⁹ <http://www.proholz.at/zuschnitt/50/die-logik-der-vorfertigung/>. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

2.9 Baulogistik und Hebesysteme

Baulogistik¹⁶⁰

Für das Bauwesen wurde der Begriff der Baulogistik eingeführt. Die Beschaffungslogistik als Bindeglied zwischen dem Baustoffhersteller beziehungsweise Baustofflieferant und der Baustelle, also der Produktionsstätte. Es kommt zu einer Festlegung der zeitlichen und örtlichen Reihenfolge von Aktionen zur Durchführung eines Bauauftrages. Bei „Megaprojekten“ ist es notwendig ein Konzept für den Baustellenverkehr zu erstellen. Viele Transporte mit den unterschiedlichsten Baustoffen und Baugeräten gilt es zu koordinieren. Die räumliche Koordination auf der Baustelle ist wesentlich von der Grundriss- beziehungsweise Aufrissgestaltung eines Bauvorhabens abhängig. Einfache Erreichbarkeit der Übergabepunkte und Anlieferungsstellen, sowie eine gründliche Planung der Verkehrswege und Baustellenzufahrten sind wesentliche Punkte für das Funktionieren und den Erfolg einer Baustelle.¹⁶¹

Die Produktionslogistik beschäftigt sich mit der Planung der Transporte innerhalb der Lagerflächen. Der Übergang von der Beschaffungslogistik zur Produktionslogistik erfolgt auf den Anlieferungsflächen. Der Baustofftransport erfolgt mittels Fördermittel nach Selling¹⁶² und unterscheidet diese hinsichtlich ihrer Beweglichkeit: Räumlich, vertikal, horizontal, eindimensional.¹⁶³

Die Aufgabe der Entsorgungslogistik ist die Planung und Steuerung des Abtransportes von der Baustelle anfallenden Baurestmassen zu den einzelnen Abnehmern. Für die Baurestmassen kann folgende Einteilung getroffen werden: Aushub, Bauschutt (Betonabbruch), Straßenaufbruch (bituminös), Baustellenabfälle (Holz, Metalle, Kunststoffe) und Sonderabfälle. Aufgrund der großen anfallenden Mengen und der immer knapper werdenden Deponieflächen wird die Entsorgungslogistik am Bau in Zukunft einen immer höheren Stellenwert einnehmen und Auswirkungen auf den Bauvertrag und den Produktionsprozess haben. Die Bauaufgabe gilt mitunter erst dann als optimal gelöst, wenn nicht nur die technische, gestalterische und funktionale Mängelfreiheit gegeben ist, sondern auch die Möglichkeit einer umweltfreundlichen und kostengünstigen Beseitigung gewährleistet ist, sobald die Lebensdauer erreicht ist.¹⁶⁴

Die Logistik im Holzbau

Die neuartigen, zum Teil oft vorgefertigten Systembauweisen im Holzbau bringen auch Veränderungen innerhalb der Logistik mit sich. Das klassische Berufsbild des Zimmerers, verglichen mit dem heutigen Holzbauer hat sich im Laufe der Zeit sehr stark verändert. Viele Arbeiten, die früher

¹⁶⁰ BLÖMEKE, M.: Die Baustellenlogistik als neues Dienstleistungsfeld im Schlüsselfertigbau. S. 51

¹⁶¹ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 42-44

¹⁶² Vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen. S. 1ff.

¹⁶³ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 44-46

¹⁶⁴ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 46.47.

auf der Baustelle statt fanden, haben sich in die Produktionsstätten verlagert, die Arbeiten vor Ort haben nunmehr einen überwiegenden Montagecharakter. Anhand des Holzrahmenbaus lässt sich zum Beispiel die Abfolge der einzelnen Tätigkeiten bis hin zum fertigen Element und die Arbeitsverteilung gut beschreiben. In der Produktionsstätte, beziehungsweise im Sägewerk, werden die Platten oder Balken, welche die Basis für die Elemente bilden, hergestellt. Das Holzbauunternehmen ist zuständig für das Abbinden, Zuschneiden der Platten und den Zusammenbau zu Elementen. Auf der Baustelle werden die Elemente schlussendlich aneinandergesetzt und montiert. Laut einiger Experten führt der hohe Vorfertigungsgrad im heutigen Holzbau auf der einen Seite zwar zu einem steigenden Planungsaufwand, auf der anderen Seite jedoch werden sowohl die Bauzeit als auch die Kosten deutlich reduziert.¹⁶⁵

Transport von vorgefertigten Elementen

Folgende Abbildung zeigt den Transport von Außenwandelementen und Holz-Beton-Verbunddecken mittels LKW-Zulieferung. Die einzelnen Elemente können entweder stehend oder liegend verladen werden. Um Zeitverluste betreffend die Montage auszuschließen, ist es notwendig die Reihenfolge der beförderten Bauteile exakt zu planen. Meist werden diese ohne Zwischenlagerung direkt vom Aufleger mittels Kran an deren Bestimmungsort verschoben und anschließend montiert.

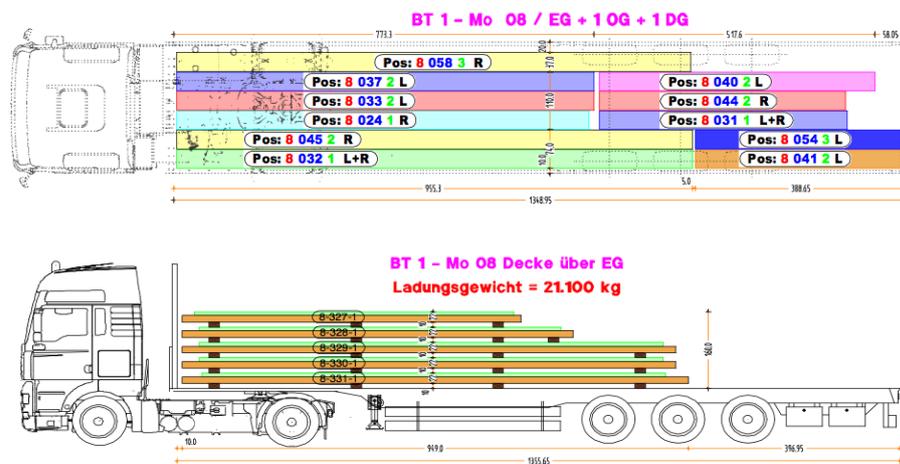


Bild 2.47 Draufsicht / Ansicht von einem mit HBV-Decken / Außenwänden beladenen LKW¹⁶⁶

Hebesysteme im Holzbau

Eine präzise Auswahl des geeigneten Hebesystems ist notwendig, um einen reibungslosen Bauablauf ohne Verzögerungen gewährleisten zu können. Im Holzbau werden die Elemente hauptsächlich mit mobilen Kranen, wie Teleskopkrane oder Autokrane, aber auch mit mobilen Schnelleinsatz-

¹⁶⁵ Vgl. EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 19.20.

¹⁶⁶ Abbildung: Kaufmann Bausysteme GmbH, Transportliste für die Baustelle in 1110 Wien, Paulasgasse 20-24

kranen oder Turmdrehkranen versetzt. Die Wahl des richtigen Hebessystems ist mitunter von der Lage und den räumlichen Gegebenheiten der Baustelle, sowie deren Zuteilung zu den einzelnen Gewerken abhängig. Im Normalfall werden die Holzelemente direkt am Aufleger angehängt und an den Einbauort verhoben und danach montiert.¹⁶⁷ Im Zuge dieses Kapitels soll nur auf die Hebessysteme für plattenförmige Decken- und Dachelemente inklusive deren Vor- und Nachteile eingegangen werden.

Möglichkeiten von Hebessystemen für plattenförmige Bauteile:¹⁶⁸

- Hebeschlaufen
 - + geringe Kosten und einfache Handhabung
 - störend bei der Verladung / Transport
 - nicht geeignet für Sicht-Elemente
 - Einwegprodukt
- Stahlschlaufen
 - + wiederverwendbar
 - Montage und Demontage auf der Baustelle
 - Rücktransport erforderlich
- Holzschrauben mit Transportanker
 - + schnell und unkompliziert
 - + geringe Kosten
 - bei hohen Lasten nicht einsetzbar
 - Schrauben als Einwegprodukte
- Sacklochverbindung
 - + speziell für große Lasten einsetzbar
 - hohe Kosten
- „Rampa“-Muffen
 - + werkseitiger Einbau vollständig integriert / nicht vorstehend
 - Muffe als Einwegprodukt
- Zimmererlift
 - + einfacher und schneller Aufbau
 - + flexibel und öfter verwendbar
 - benötigt ein Rücklaufsystem
 - nur für geringe Lasten geeignet

¹⁶⁷ Vgl. EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 59

¹⁶⁸ Vgl. THIEL, A.: Hebessysteme in BSP. In: S. 28



Bild 2.48 Versetzen eines HBV-Deckenelement am Life Cycle Tower¹⁶⁹

Im Zuge der Bauablaufanalyse, die in einem späteren Kapitel beschrieben wird, wurden für das Verheben aller Deckenelemente Stabdübel Schlaufen verwendet. Für die Fertigteile in BSP wurde eine 4-Punkt-Aufhängung gewählt, für einige der HBV-Elemente war eine Aufhängung an 8 Punkten aufgrund des hohen Eigengewichts erforderlich.

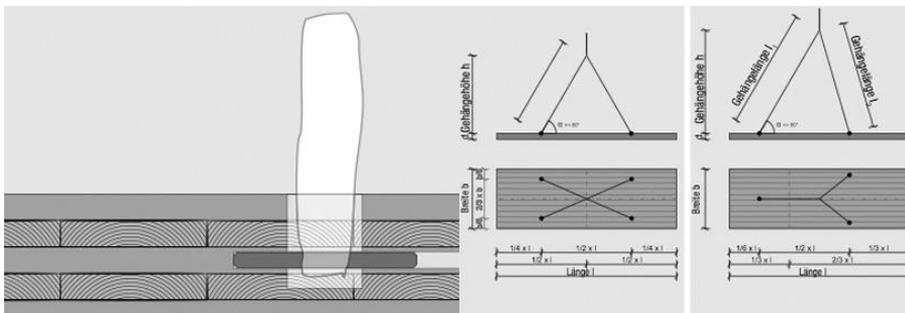


Bild 2.49 Deckenhebesystem (verdeckt) Stabdübel Schlaufe und Transportgehänge mit 4- und 3-Punktlagerung¹⁷⁰

¹⁶⁹ http://www.hermann-kaufmann.at/index.php?pid=2&kid=11&prjnr=10_21&lg=en. Datum des Zugriffs: 14.07.2015.

¹⁷⁰ Profihandbuch für Brettsper Holz – Timbory by Haas, S- 68

2.10 Montage- und Verbindungstechnik

Bei Bauwerken, die in Holzbauweise errichtet werden, stellen die Verbindungsmittel einen wichtigen Bestandteil dar. Im Laufe dieses Kapitels soll speziell auf die Verbindungstechniken von Deckenelementen (Decke zu Decke und Wand zu Decke an Wand) eingegangen und dies anhand von Grafiken erläutert werden. Einige der nachstehenden Verbindungstechniken haben im realisierten Bauvorhaben, welches in der Bauablaufanalyse im Laufe dieser Arbeit beschrieben wird, ihre Anwendung gefunden. Es gibt zahlreiche weitere Möglichkeiten von Verbindungsarten, welche in diesem Kapitel aber nicht weiter vertieft werden sollen. Wegen der großflächig dimensionierten BSP-Elemente, ist besonders wichtig auf deren Verbindungsmittel zu achten. Die wenigen, vorhandenen Kontaktfugen müssen kraftschlüssig mittels Winkel, Schrauben oder Spezialverbinder miteinander verbunden werden. Die genaue Anwendung der jeweiligen Verbindungsmittel bezüglich Mindestabstände oder Einschraubtiefe ist der ÖNORM EN 1995-1-1¹⁷¹ zu entnehmen.¹⁷² Besonders hervorzuheben ist, dass das Verbindungsmittel sowohl Horizontal- als auch Vertikalkräfte aufnehmen muss und deshalb den Schwachpunkt der Konstruktion beim Bauen mit Brettsperrholz darstellt.

Grundlegende Konstruktionsregeln im Massivholzbau¹⁷³

CLT-Platten sind nach Möglichkeit über die gesamte Geschosshöhe ohne Stöße anzustreben.

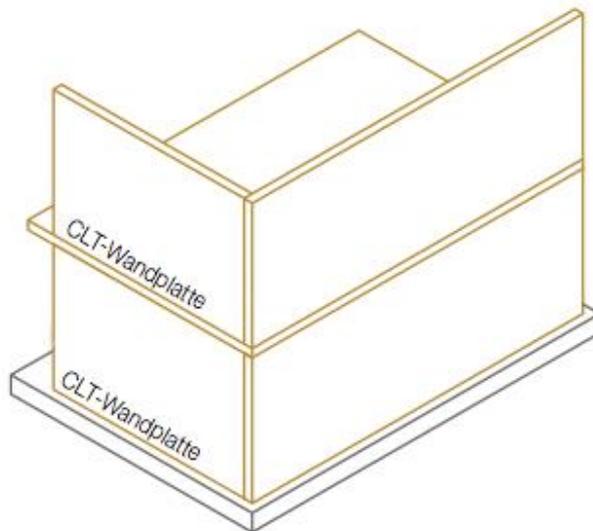


Bild 2.50 Grundlegende Konstruktionsregeln – Variante I¹⁷⁴

¹⁷¹ ÖNORM B 1995-1-1: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau – Nationale Festlegungen, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen. 2010-08-15

¹⁷² Vgl. SCHICKHOFER, G.: BSP Handbuch, Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz. S. E-1f.

¹⁷³ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 9

¹⁷⁴ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 9

Überbreite Platten sollten aufgrund von Transportschwierigkeiten vermieden werden. Es besteht die Möglichkeit Wände vertikal zu stoßen.

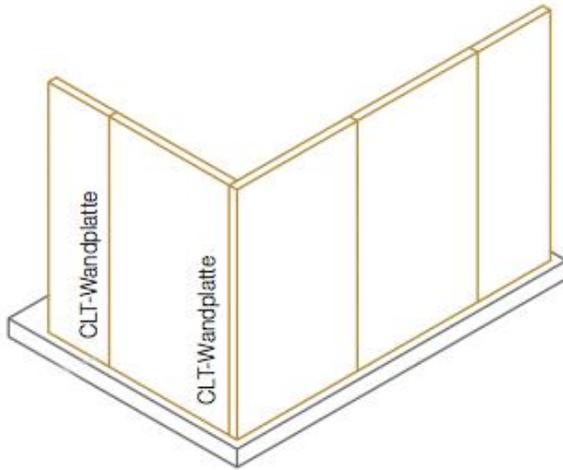


Bild 2.51 Grundlegende Konstruktionsregeln – Variante II¹⁷⁵

Sofern Variante I und II nicht in Frage kommen, können die Wandplatten horizontal gestoßen werden.

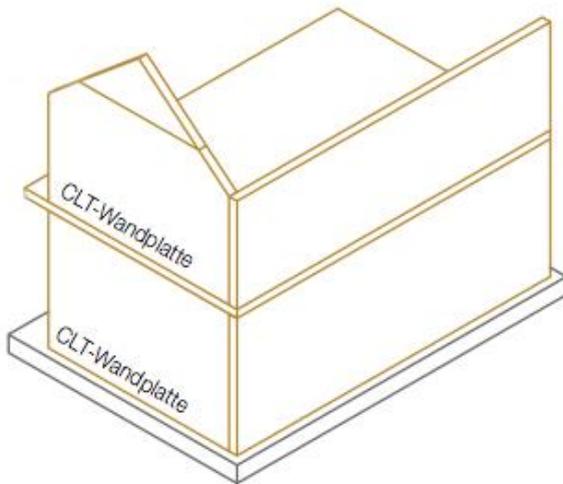


Bild 2.52 Grundlegende Konstruktionsregeln – Horizontaler Wandstoß¹⁷⁶

¹⁷⁵ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 9

¹⁷⁶ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 9

Verbindung – Decke zu Decke

Bei der Ausführung der Deckenstöße mit einem Stoßbrett, hier als OSB 3-Schichtplatte ist durch Einlegen von Fugenbänder für eine luftdichte Verbindung zu sorgen. Das geeignete Verbindungsmittel ergibt sich aus den statischen Anforderungen an das Bauteil. Es können Nägel, Klammern oder Schrauben als Verbindung dienen.¹⁷⁷

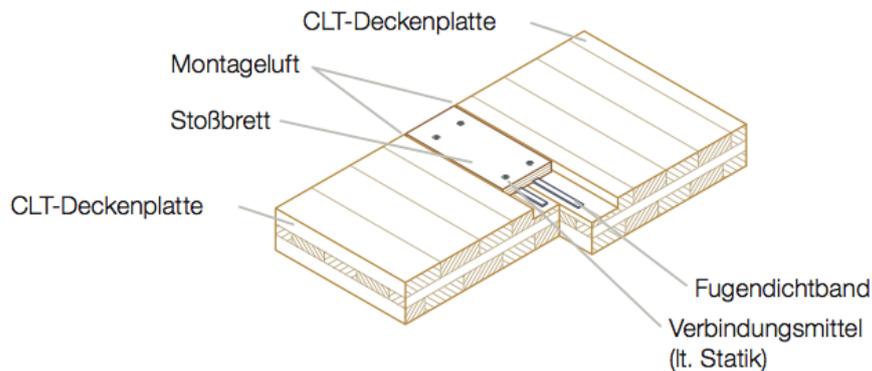


Bild 2.53 Deckenstoß – Stoßbrett¹⁷⁸

Es ist erforderlich, dass für die Montagearbeiten schon in der Planungsphase genügend Montageluft berücksichtigt wird. Sofern im Stoßbereich mit erhöhtem Schubfluss zu rechnen ist, müssen die Verbindungsmittel dementsprechend adaptiert werden.¹⁷⁹

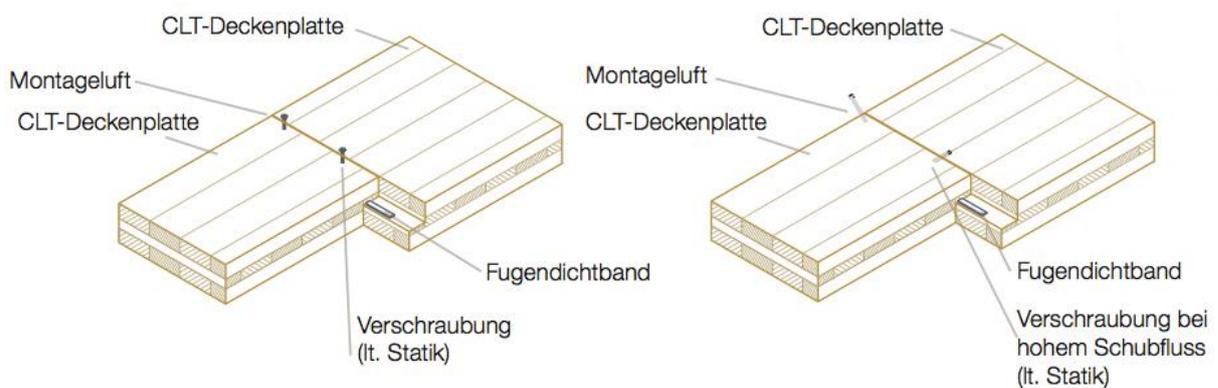


Bild 2.54 Deckenstoß – Stufenfalz¹⁸⁰

¹⁷⁷ Vgl. STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 20

¹⁷⁸ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 20

¹⁷⁹ Vgl. STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 21

¹⁸⁰ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 21

Verbindung – Wand zu Decke

Abhängig vom statischen System, ist mittels Vollgewindeschrauben für einen funktionierenden Querkraftanschluss bzw. eine Querkugsicherung im Stoß- bzw. Auflagerbereich zu sorgen.¹⁸¹

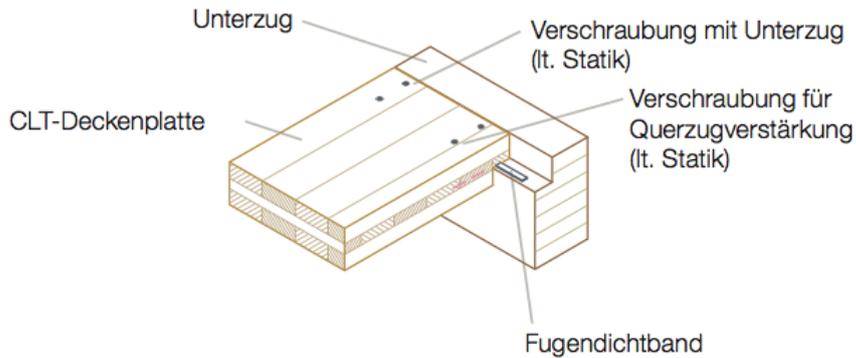


Bild 2.55 Decke – Unterzug Variante I¹⁸²

Die BSP-Elemente wurden im vorher erwähnten Bauvorhaben mittels Schrauben im Abstand von 8-10 Zentimetern mit dem darunterliegenden Unterzug verschraubt (siehe schematische Abbildung)

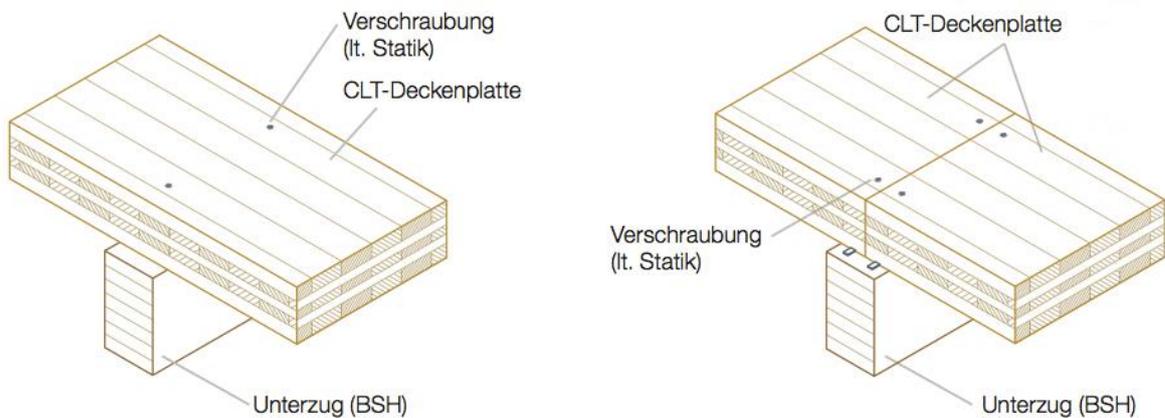


Bild 2.56 Decke – Unterzug Variante II¹⁸³

¹⁸¹ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 23

¹⁸² STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 23

¹⁸³ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 26

Das sogenannte „Platform framing“ stellt den Verbindungsknoten zwischen einer Wand im Untergeschoss, der Decke und der Wand im darüber liegenden Erdgeschoss dar. Die Luftdichtheit des Gebäudes wird gewährleistet, indem die Stöße mit geeigneten Klebebändern für die Stoßfugenverklebung innen und außen abgedichtet werden. Die Verschraubung des T-Stoßes kann von der Innen- bzw. Außenseite erfolgen. Die Wandverankerung sorgt für eine statisch wirksame Verbindung zwischen der Decke und der Wand.¹⁸⁴

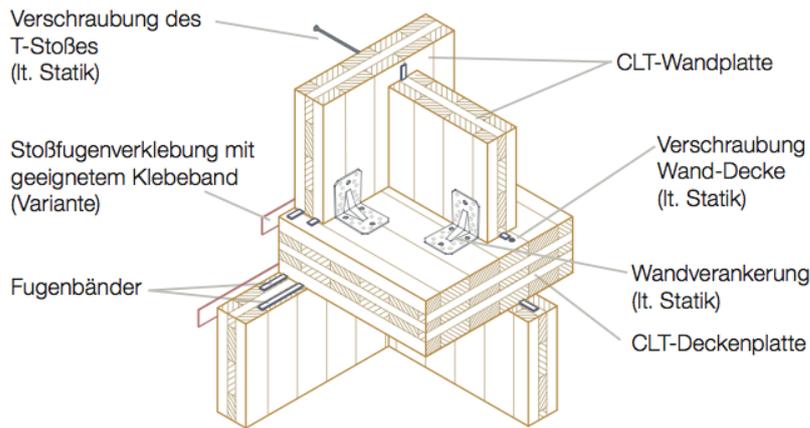


Bild 2.57 Knotenpunkt – „Platform framing“¹⁸⁵

Spezielle Anforderungen an den Brandschutz verlangen, dass der Metallwinkel, welcher der Decke als Auflager dient, verkleidet wird. Alternativ kann auch ein Streichbalken als Auflager dienen.¹⁸⁶

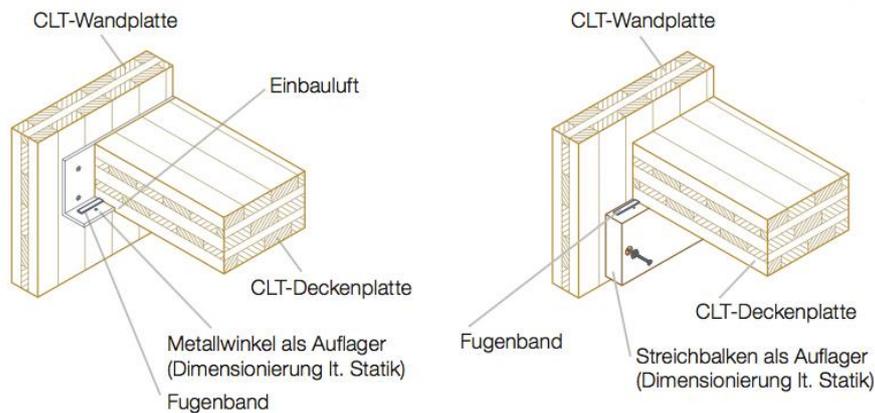


Bild 2.58 Knotenpunkt – „Balloon framing“¹⁸⁷

¹⁸⁴ Vgl. STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 35

¹⁸⁵ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 35

¹⁸⁶ Vgl. STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 37

¹⁸⁷ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 37

Deckenalternative I – Tramdecke

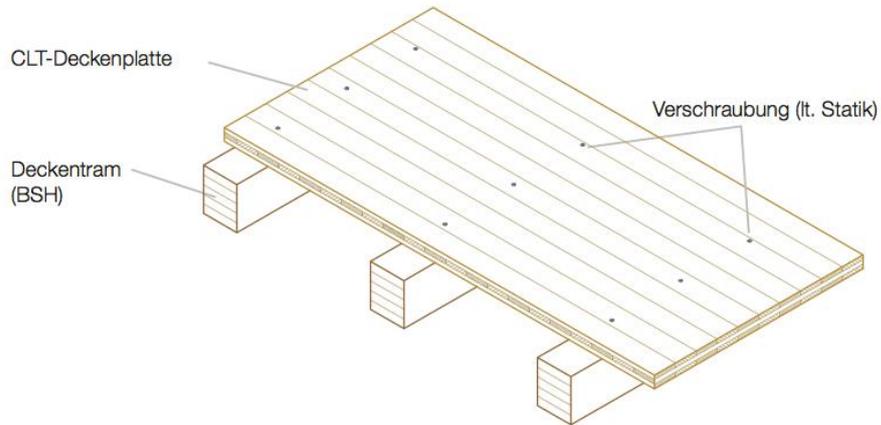


Bild 2.59 Tramdecke - Storaenso¹⁸⁸

Deckenalternative II – Rippendecke

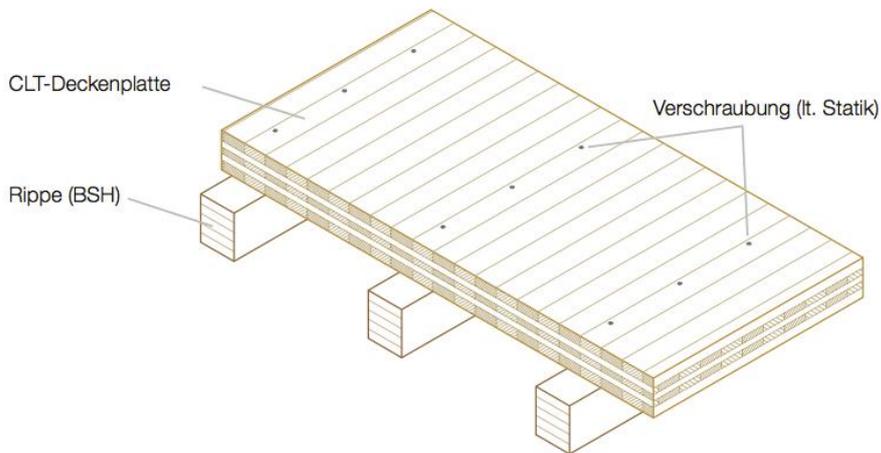


Bild 2.60 Rippendecke - Storaenso¹⁸⁹

¹⁸⁸ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 33

¹⁸⁹ STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion. In: S. 34

2.11 Personaleinsatz auf der Baustelle

Nicht nur bei Projekten in Holzbauweise, sondern auch bei konventionellen Bauweisen trägt der richtige Einsatz der Ressourcen wesentlich zum Erfolg einer Baustelle bei. Er ergibt sich aus der zur Verfügung stehenden Bauzeit und der zu produzierenden Menge. Im Hochbau hängt die maximale Anzahl der Arbeitskräfte von der Anzahl der eingesetzten Krane auf der Baustelle ab. Die Arbeitskräfte-Verfügbarkeit, die Qualifikation der Bauarbeiter und die spezifischen Baustellen- und Bauwerksbedingungen spielen hierbei eine wichtige Rolle. Vor allem bei Arbeiten mit reinem Montagecharakter, wie es im Holzbau oftmals üblich ist, sind der genaue Ablauf und die Abhängigkeiten zwischen Mensch und Gerät besonders zu berücksichtigen, um die Produktivität der einzelnen Arbeitsschritte für ein Bauvorhaben zu gewährleisten beziehungsweise zu steigern. Üblicherweise wird die Errichtung eines Gebäudes in die drei Bereiche, Anlaufphase, Hauptbauzeit und Auslaufphase unterteilt. Mit zunehmenden Baufortschritt steigt die Anzahl der einsetzbaren Arbeitskräfte an. In der Anlaufphase beispielsweise, ist die Anzahl derer meist noch relativ gering und steigt mit der Anzahl der auf der Baustelle eingesetzten Geräte an. Der Arbeitsraum, welche den Raum beschreibt, der einem Arbeiter zur Verfügung steht, ist anfangs noch begrenzt, kann aber mit zunehmenden Tätigkeiten, die dementsprechend mehr Platz benötigen, ansteigen. Anlauf- und Auslaufphasen können sich sowohl störungs- als auch witterungsbedingt oder saisonal ergeben, wenn zum Beispiel in kalten Jahreszeiten gebaut wird.¹⁹⁰ Störungen wie Kranausfälle führen vor allem beim Holzbau zu langen Steh- und Wartezeiten, da das Versetzen der BSP-Elemente bzw. der Fertigteile ein großen Bestandteil der zu verrichtenden Tätigkeiten, bezogen auf die Dauer der Montage, einnimmt.

Faktoren die den Personaleinsatz beeinflussen:¹⁹¹

- Aufwands- und Leistungswerte
- Tägliche Arbeitszeit und Bauzeit
- Produktionsmenge
- Anzahl der Krane (vor allem im Massivholzbau)
- Der zur Verfügung stehende Arbeitsraum
- Fertigungsablauf und Anzahl der Fertigungsabschnitte
- Qualifikation und Motivation der Arbeitskräfte
- Bauverfahren
- Kosten (im Zuge des Ressourcenausgleichs)

¹⁹⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 56-57

¹⁹¹ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 57

Um eine grobe Abschätzung der erforderlichen Arbeitskräften (AK_{erf}) zu ermitteln, kann mit der Bruttoquerschnittsfläche (M_{BSP}) der BSP-Elemente, dem Aufwandswert (AW_i), der vertraglich festgelegten Dauer (D_{BSP}) und der täglichen Arbeitszeit ($AZ_{\text{täglich}}$) gerechnet werden. Die nachstehende Formel kann hierfür abgewandt werden.¹⁹²

$$AK_{\text{erf}} = MBSP * AW_i DBSP * AZ_{\text{täglich}}$$

AK_{erf} [Std/h]...	erforderliche Anzahl der Arbeitskräfte
M_{BSP} [m ²] ...	Bruttoquerschnittsfläche Brettsperrholz
AW_i [Std/m ²]...	Aufwandswert
D_{BSP} [d] ...	Dauer der Tätigkeit
$AZ_{\text{täglich}}$ [h/d]...	tägliche Arbeitszeit

Für die Produktionsmenge können auch andere Mengeneinheiten, wie Laufmeter oder die Stückanzahl eingesetzt werden. Bei der Ermittlung der kürzesten Dauer muss vorher die maximale mittlere Anzahl an Arbeitskräften errechnet werden. Diese wird im Hochbau zum einen von der maximalen Anzahl an einsetzbaren Kranen und zum anderen anhand des verfügbaren Arbeitsraum ermittelt. Bei Bauwerken in reiner Holzbauweise führt dies jedoch zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis. Bei Deckenelementen in Holz-Beton-Verbundbauweise hingegen, kann die kranabhängige Betrachtung ihre Anwendung finden, da das Einheben von Bewehrungsmaterial und die Betonage, sofern in Ortbetonbauweise ausgeführt, Arbeitsprozesse zur Herstellung der Geschossdecken sind.

¹⁹² Vgl. EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 103

Teamzusammensetzung im Holzbau

Im Rahmen der Bauablaufanalyse, welche in Kapitel 3 – Datenerfassung auf der Baustelle – näher beschrieben wird, wurden zwei verschiedene HBV-Deckensysteme zur Herstellung der Rohdecken betrachtet: Brettsperrholzdeckenelemente ausgeführt in Ortbeton und Holz-Beton-Verbunddeckenelemente als Fertigteil. Diese werden anschließend miteinander verglichen. Die Mannschaft, welche für das Montieren der Deckenelemente zuständig waren bestand aus fünf Personen. Die Aufgabenverteilung für beide Varianten war klar geregelt und wie folgt definiert:

- 1 Bauleiter / Vorarbeiter der als Überwachungsorgan fungierte und selbst Montagetätigkeiten ausführte
- 1 Holzbauarbeiter, der für das Anhängen der Deckenelemente am Aufleger und für die Koordination zuständig war
- 2 Monteure, welche alle Tätigkeiten wie das Einheben der Elemente, die Erstverschraubung der Decke auf die Wände, die Verschraubung der Deckenelemente miteinander, das Ausrichten und Justieren, die Dämmung zuschneiden und anbringen, etc. durchführten
- 1 Hilfsarbeiter für zusätzlich anfallende Arbeiten

Die Anzahl der Arbeitskräfte kann je nach Größe der Bauteile variieren, sie weist im Holzbau generell aber eine Mannschaftsgröße von vier bis sechs Personen auf. Aufgrund von Störungen oder ablaufbedingten Wartezeiten, kann es immer wieder zu einem Wechsel des Aufgabenbereichs kommen, weshalb die Monteure auf alle Tätigkeiten geschult werden und diese auch erbringen können. Um Ermüdungserscheinungen von Arbeitskräften zu vermeiden ist es von Vorteil, dass die Monteure ein dementsprechend hohes Maß an körperlicher Fitness an den Tag legen und die Arbeitszeitgestaltung vernünftig geregelt ist.¹⁹³

¹⁹³ EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 104

2.12 Arbeitsvorbereitung

In der Bauwirtschaft wird der Arbeitsvorbereitung immer mehr Bedeutung zugewandt. Sowohl durch den permanenten Kostendruck eines Bauvorhabens, als auch durch folgende Einflussfaktoren unterscheidet sich die Bauproduktion von denen der ortsgebundenen Industrie:¹⁹⁴

- Jedes Bauvorhaben wird als Prototyp angesehen
- Die Kostenschätzung wird anhand unvollständiger Planunterlagen erstellt
- Unterschiedliche Umweltbedingungen am jeweiligen Standort
- Oftmaliger Wechsel des Personals über die Gesamtdauer eines Projektes
- Der Markt bestimmt den Preis
- Risiken bezüglich des Baugrundes und der Witterung

Eine Definition der Arbeitsvorbereitung lautet:

„Die Arbeitsvorbereitung versteht die Planung der Bauausführung im engeren Sinn mit dem Ziel eines geordneten und flüssigen Ablaufes der Baustelle unter der Berücksichtigung der technisch-wirtschaftlich optimalen Lösung. Sie beinhaltet auf jeden Fall die Baustellenorganisation sowie die Terminplanung, Einsatzmittel- und Baustelleneinrichtungsplanung.“¹⁹⁵

Hauptaufgabe der Arbeitsvorbereitung ist es, Arbeitskräfte, Maschinen und Baustoffe zur richtigen Zeit in der richtigen Menge am richtigen Ort zu gewährleisten.¹⁹⁶ Durch das Setzen von vorangegangenen Planungsmaßnahmen kann auf diese Forderungen eingegangen werden, indem die Bauablaufplanung organisiert, das technisch und wirtschaftlich günstigste Bauverfahren gewählt, der Ressourceneinsatz optimiert und die Baustelleneinrichtung geplant wird. Anhand der notwendigen Reihenfolge der einzelnen Arbeitsvorgänge wird der zeitliche Ablauf eines auszuführenden Bauvorhabens berücksichtigt. Vor allem die Logistik und der Bauablauf selbst spielen hierbei eine wesentliche Rolle.

¹⁹⁴ DUSCHEL, M., PLETTENBACHER, W.: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb: praktische Methoden und Lösungen für die optimale Vorbereitung und Steuerung von Bauvorhaben. S. 21

¹⁹⁵ OBERNDORFER, W., et al.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft: interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens. S. 22

¹⁹⁶ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 33

Die nachstehende Abbildung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Bauzeit und den Baukosten. Sowohl eine Verlängerung als auch eine Verkürzung der Bauzeit, führen zu einem Anstieg der Kosten.¹⁹⁷

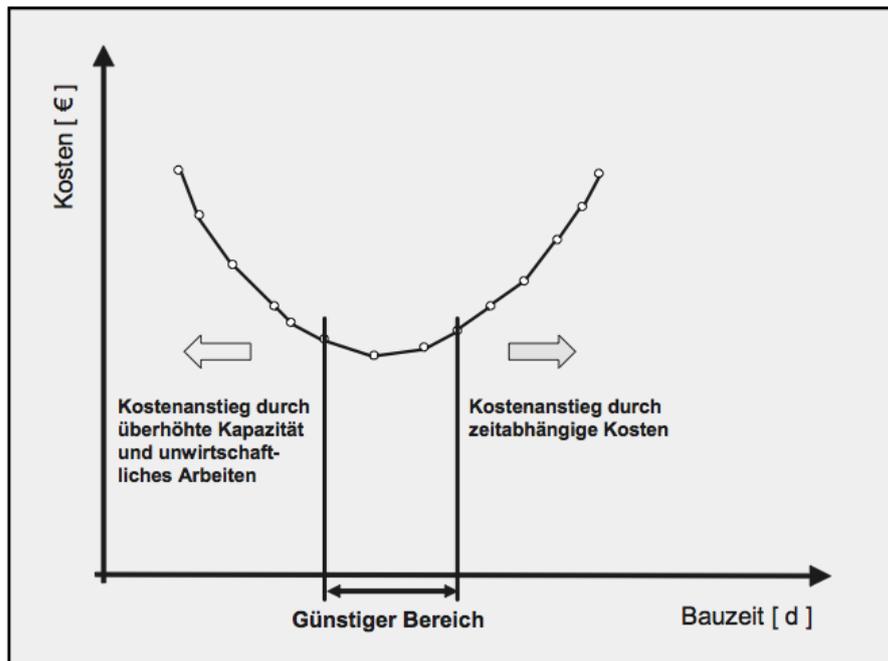


Bild 2.61 Darstellung des „Günstigen Bereichs“ im Zusammenhang mit Bauzeit und Kosten¹⁹⁸

Abweichungen der optimalen Bauzeit:¹⁹⁹

- zu lange Bauzeit: hohe zeitabhängige Kosten, da die Baustelle eine bestimmte Mindestkapazität haben muss
- zu kurze Bauzeit: hohe einmalige Kosten, Verminderung der Arbeitsleistung (die variablen Kosten steigen überproportional an)

¹⁹⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 35-36

¹⁹⁸ DREES, G., SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 154

¹⁹⁹ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 36-37

Im Regelfall steht für die Arbeitsvorbereitung im Vergleich zur Planung relativ wenig Zeit zur Verfügung. Die Praxis bestätigt diese Tatsache, indem weniger Stunden für die Ressourcenverteilung, die Baustelleneinrichtung oder die Auswahl verschiedener Bauverfahren aufgewandt werden, woraus eine unvollständige Arbeitsvorbereitung hervorgeht.²⁰⁰ Die negativen Abweichungen betreffend die Kosten, die Qualität und die Zeit lassen sich anhand folgender Grafik ablesen.



Bild 2.62 Darstellung des „Günstigen Bereichs“ im Zusammenhang mit Bauzeit und Kosten²⁰¹

Als mögliche Lösung kann die Zeit ausgedehnt und Ressourcen für die Durchführung von Arbeitsvorbereitung eingesetzt werden, wobei das in der Realität schwierig sein könnte, da bei Vertragsabschluss bereits mit dem Bau begonnen werden soll. Eine andere Möglichkeit wäre mittels Instrumenten wie Computer- oder Bauzeitplanungsprogrammen die Effektivität der Arbeitsvorbereitung zu steigern. Diese und weiterführende Systeme inklusive der Beteiligung der verantwortlichen Personen an der Baudurchführung gilt es in der Arbeitsvorbereitung miteinzubinden.²⁰²

Holzbauspezifische Arbeitsvorbereitung

Der hohe Vorfertigungsgrad im Holzbau verlangt eine exakte Planungstiefe zu Beginn eines Projektes. Risiken entstehen aufgrund unklarer Kostenverhältnisse oftmals erst im Laufe des Projektablaufs, können aber, wenn sie früh genug erkannt werden, ausgemerzt werden und es kann mit

²⁰⁰ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 37

²⁰¹ DREES, G., SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. S. 154

²⁰² Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 38-39

etwaigen Lösungen noch vor der Ausführungsphase gegengesteuert werden. Eine genaue Detail- und Konstruktionsplanung sind entscheidend für den Erfolg eines qualitativen Holzbauprojektes. Um die Kosten bereits in der Planung zu optimieren, sollten folgende projektbezogene Grundsätze beachtet werden:²⁰³²⁰⁴

- Effektive Nutzung der lokalen Ressourcen zur Produktion von BSP-Produkten
- Weiterführende Planung über den Rohbau hinaus gehende Einflussnahme während den unterschiedlichen Bauphasen
- Vereinheitlichte Strukturen zur Erleichterung der Grund- und Aufrissgestaltung
- Raumhohe Wandscheiben zur Reduktion der Ausschnitte
Witterungsbeständige und austauschbare Sekundärtragstruktur
- Beachtung von kritischen Bauteilen wie Nasszellen oder Flachdächern
- Die Auswahl des „richtigen“ Fertigungsverfahrens basiert auf der Entscheidungsgrundlage einer umfassenden Situationsanalyse der spezifischen Bauwerksbedingungen. Sie ist abhängig von:²⁰⁵
 - Geometrie
 - Baustoffe
 - Infrastruktur und Platzverhältnisse
 - Anforderungen aus dem Bauvertrag (Termine, Kosten, Qualität)
 - Innerbetriebliche Randbedingungen (Know-how, Qualifikation des Personals, Verfügbarkeit von Maschinen)
 - Externe Einflüsse wie Wetter oder lokaler Verkehr
 - Sicherheit
 - Logistik und Bauablauf
 - Umwelt und Umfeld

Projektbezogene sowie überbetrieblich einzuhaltende Grundlagen (Gesetze, Normen oder Verordnungen) als auch unternehmensspezifische Grundlagen bilden die Basis für eine wirtschaftlich und technisch kostengünstige Planung und fließen in die Arbeitsvorbereitung mit ein.²⁰⁶

²⁰³ Vgl. EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 8

²⁰⁴ RINGHOFER, A., SCHICKHOFER, G.: Timber-in-Town – current examples for residential buildings in CLT and tasks for the future. S. 19

²⁰⁵ DUSCHEL, M., PLETTENBACHER, W.: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb: praktische Methoden und Lösungen für die optimale Vorbereitung und Steuerung von Bauvorhaben. S. 45

²⁰⁶ Vgl. EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 9

2.13 Wirtschaftliche Systemvergleiche von HBV-Decken

In diesem Kapitel sollen verschiedene Holz-Beton-Verbundsysteme hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit betrachtet werden. Laut ÖNORM B 1801-1²⁰⁷ sind neben den Errichtungskosten zusätzlich die Grund-, Finanzierungs-, Nutzungs- und Beseitigungskosten miteinzubeziehen. Die kalkulierten Preise der einzelnen HBV-Decken sind im Rahmen einer Masterarbeit an der TU-Graz mit dem Titel „Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken“²⁰⁸ entstanden und sollen an dieser Stelle zusammengefasst und dargestellt werden. Es ist zu erwähnen, dass lediglich die Anteile der Errichtungskosten der Decken monetär bewertet wurden. Die Herstellungskosten der HBV-Decken wurden mittels Kalkulationsformblätter gemäß der Verfahrensnorm ÖNORM B 2061²⁰⁹ errechnet, um die Kalkulation nachvollziehbar zu gestalten.²¹⁰ Die nachstehende Tabelle zeigt die ermittelten Kosten in [€/m²]. Die Herstellungsmethoden sind wie folgt definiert:²¹¹

- Option A: Gesamte Holz-Beton-Verbunddecke als Fertigteil
- Option B: Holz- und Betonfertigteil auf der Baustelle verbinden
- Option C: Arbeiten bezüglich des Verbindungsmittels im Werk vorbereiten; Betoniervorgang auf der Baustelle
- Option D: Sämtliche Arbeiten auf der Baustelle ausführen

Masterarbeit: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken				
Stefan Hölzl		Preisermittlung K7		<small>Institut für baubetrieb projektentwicklung + bauwirtschaft projektmanagement</small> 
Deckenart		Verbindungsmittel	Herstellungsmethode	Kosten [€/m ²]
HBV-Decken	Rippendecke	HBV-Schubverbinder	Option C	133,69
	Rippendecke	Kerve	Option C	99,68
	Rippendecke	Würth ASSYplus VG	Option B	128,94
	Rippendecke	HBV-Schubverbinder	Option A	138,15
	Brettstapeldecke	HBV-Schubverbinder	Option C	184,65
	Brettstapeldecke	Kerve	Option C	140,84
	Brettstapeldecke	Würth ASSYplus VG	Option B	194,47
	Brettstapeldecke	HBV-Schubverbinder	Option A	198,94
	Brettstapeldecke	Kerve	Option A	164,00
Stahlbetondecke		-	-	107,02
Brettsperrholzdecke		-	-	147,93

Bild 2.63 Zusammenfassung der Kalkulationsergebnisse²¹²

²⁰⁷ ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 1: Objekterrichtung. 2015-10-15

²⁰⁸ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 125; 161-178; 224-229

²⁰⁹ ÖNORM B 2061: Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm. 1999-09-01

²¹⁰ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 125

²¹¹ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 67-72

²¹² HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 160

Holz-Beton-Verbund-Rippendecken

Die untersuchten Holz-Beton-Verbunddecken unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Herstellungsmethode, dem Verbindungsmittel und der Art des Holzbauteils.

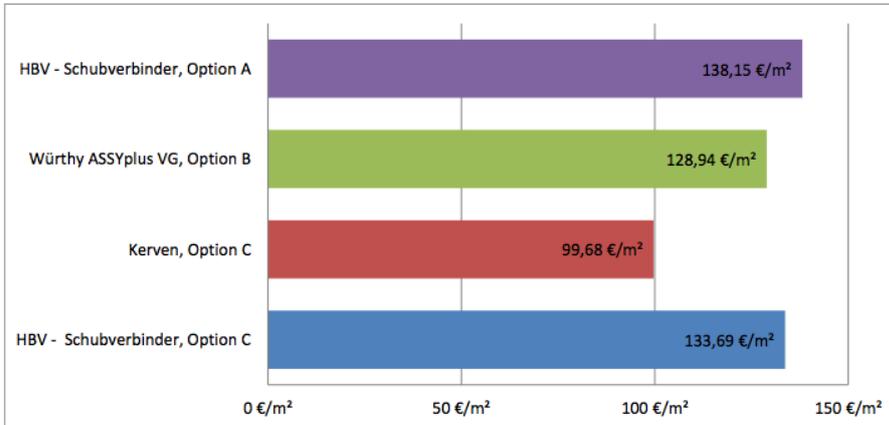


Bild 2.64 Einheitspreise HBV-Rippendecken²¹³

Option C, Betonage auf der Baustelle, Verbindungsmittel Kerfen und Schrauben bilden den niedrigsten Einheitspreis pro Quadratmeter Deckenfläche. Die Preise wurden mittels K7-Kalkulation durchgeführt und können in die Anteile Lohn und Sonstige Kosten unterteilt werden, um den Arbeitsaufwand auf der Baustelle abschätzen zu können.²¹⁴

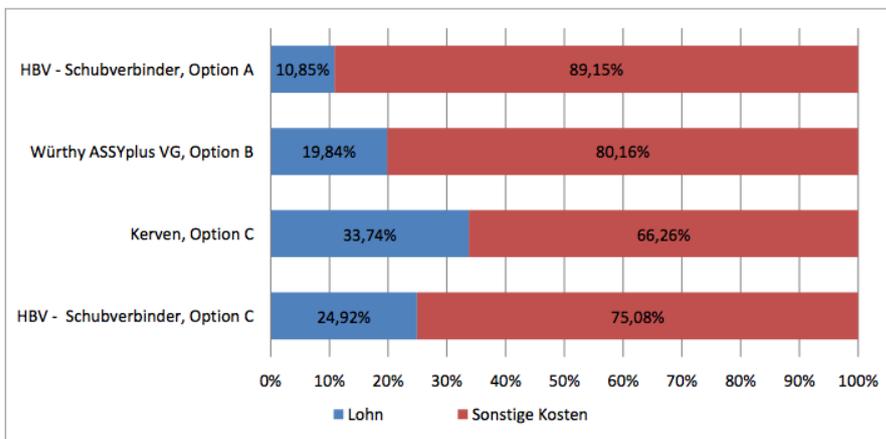


Bild 2.65 Anteile in Prozent von Lohn und Sonstige Kosten zu den Gesamtkosten bei HBV-Rippendecken²¹⁵

Folgende Aussagen können bezüglich der Wirtschaftlichkeit von Holz-Beton Verbund-Rippendecken getroffen werden:²¹⁶

²¹³ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 161

²¹⁴ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 161-162

²¹⁵ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 162

²¹⁶ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 163

- Kerven bilden die wirtschaftlich günstigste Variante als Verbindungsmittel
- Aufgrund des geringen Einheitspreises ist die Herstellungsmethode C – Betonieren auf der Baustelle – die günstigste Alternative

Holz-Beton-Verbund-Brettstapeldecken

Analog zu den Rippendecken, bildet auch hier die Option C den günstigsten Einheitspreis.

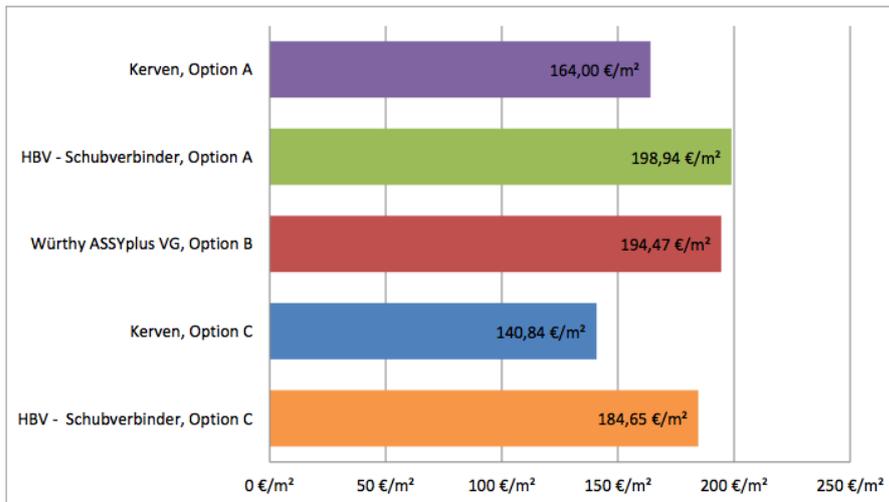


Bild 2.66 Einheitspreise HBV-Brettstapeldecken²¹⁷

Der Einheitspreis schlägt bei dieser Variante mit 140,84 €/m² zu Buche. Wird das Verbindungsmittel getauscht, so ist diese bereits um 31,10 % teurer. Werden der Lohn und die Sonstigen Kosten betrachtet, so ist beim Verbindungsmittel in Form von Kerven, der Lohnkostenanteil am höchsten, bei den HBV-Schubverbindern hingegen am geringsten.

²¹⁷ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 164

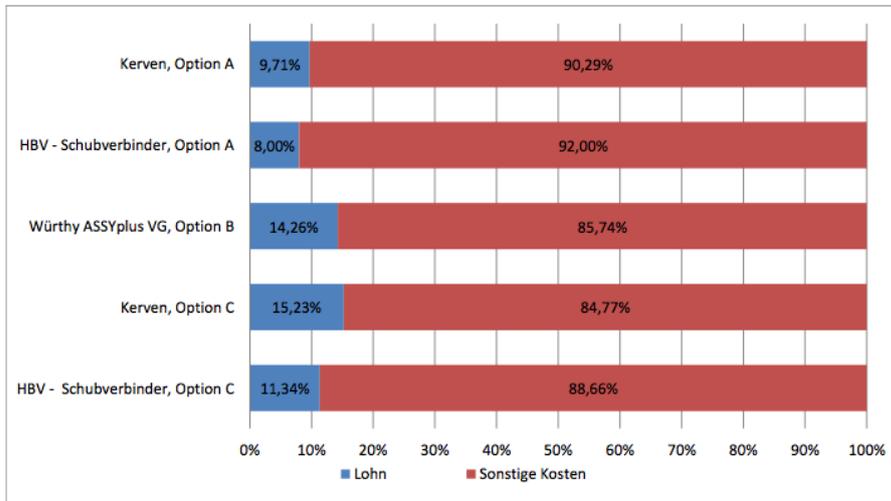


Bild 2.67 Anteile in Prozent von Lohn und Sonstige Kosten zu den Gesamtkosten bei HBV-Brettstapeldecken²¹⁸

Folgende Aussagen können zusammenfassend getroffen werden:²¹⁹

- Als wirtschaftlich günstigste Variante kann die Verbindungsmittelart über Kerven angesehen werden
- Betonage vor Ort als günstigste Variante
- Wird die Herstellungsmethode A – Gesamte Holz-Beton-Verbunddecke als Fertigteil – gewählt, so sind die Lohnkosten am geringsten

Kostenvergleich durch Austausch des Holzbauteils mit gleicher Herstellungsmethode und gleichbleibendem Verbindungsmittel

Um die Unterschiede zwischen Brettstapel- und Rippelementen zu verdeutlichen, wird in diesem Vergleich lediglich das Holzbauteil ausgetauscht, die Herstellungsmethode und das Verbindungsmittel bleiben bestehen. Die vier Deckenpaare werden in der nachstehenden Grafik dargestellt und verglichen.²²⁰

²¹⁸ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 165

²¹⁹ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 166

²²⁰ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 167

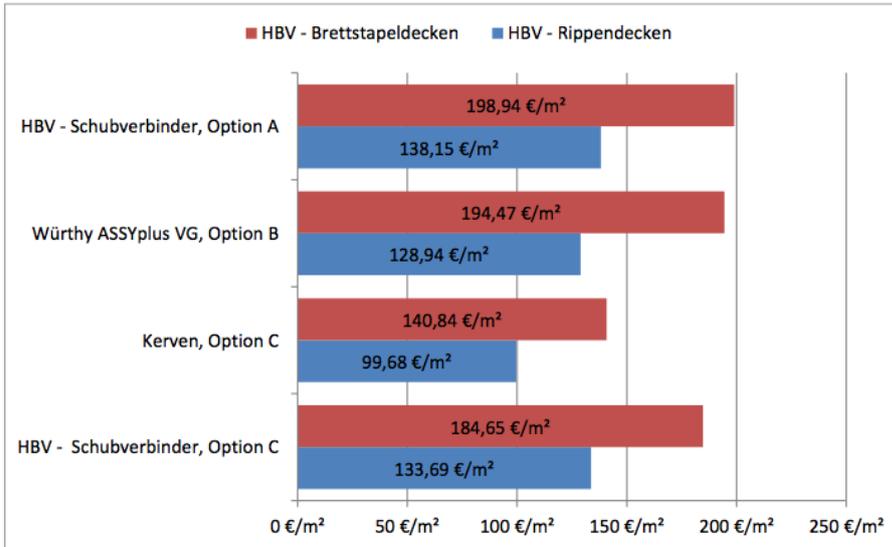


Bild 2.68 Vergleich der Kosten mit unterschiedlichem Holzbauteil²²¹

Durchschnittlich sind Holz-Beton-Verbunddecken auf Basis von Brettstapелеlementen um 43,56 % teurer am Quadratmeter als jene mit Rippelementen. Der Preisunterschied wird vor allem durch die verschiedenen Herstellungsmethoden bestimmt.²²²

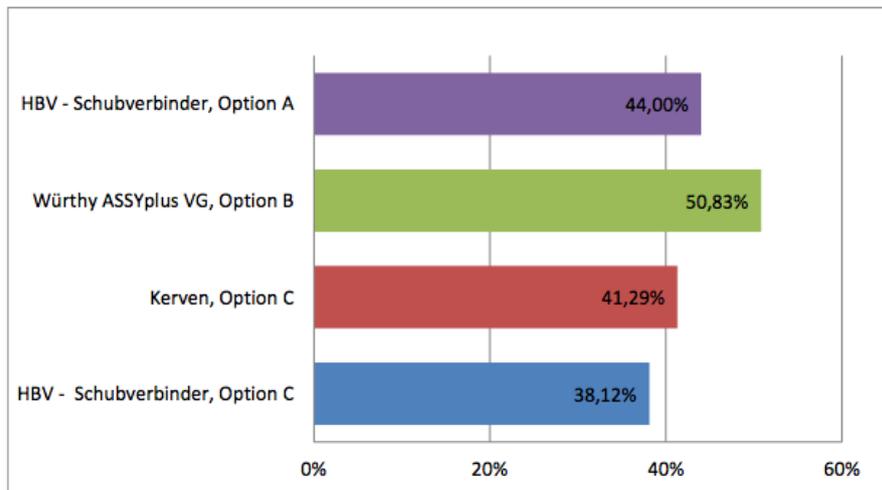


Bild 2.69 Anstieg der Kosten bei unterschiedlichem Holzbauteil²²³

²²¹ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 167

²²² HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 168

²²³ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 167

Folgende Faktoren sind hinsichtlich dieses Vergleichs von Bedeutung:²²⁴

- Rippenelemente sind wesentlich günstiger als Brettstapelelemente
- Der Preisunterschied zwischen diesen beiden Varianten ist bei der Herstellungsmethode C – Betonieren auf der Baustelle – am geringsten

Kostenvergleich durch Variation der Herstellmethode

Auch die Herstellungsmethode und die Wahl des Verbindungsmittels tragen dazu bei die wirtschaftlich günstigste Variante zu erörtern. Es ergibt sich eine prozentuelle Erhöhung der Kosten bei gleichbleibendem Holzbauteil und Verbindungsmittel. Lediglich die Herstellungsmethode ändert sich. Wird die Herstellungsmethode A an Stelle von Methode C gewählt, so erhöhen sich die Kosten wie folgt:²²⁵

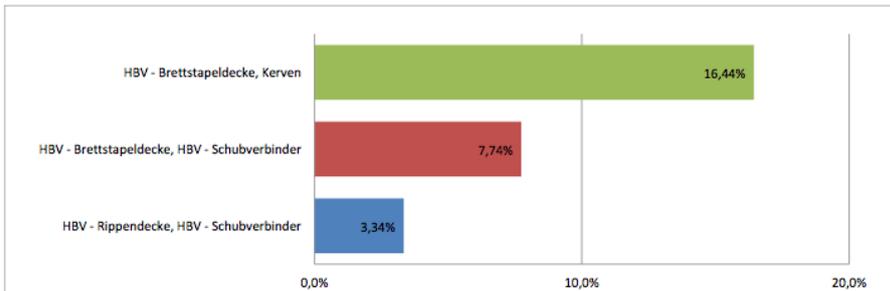


Bild 2.70 Anstieg der Kosten bei Anwendung von Herstellmethode A an Stelle von Methode C²²⁶

Im Durchschnitt sind die Kosten um 9,17 % erhöht und resultieren aus den hohen Materialkosten der Fertigteile. Dennoch sehen Experten großes Potential in der Herstellung vorgefertigter Deckenelementen, da die Infrastrukturen zur Herstellung von HBV-Fertigteilen noch ausbaufähig sind.²²⁷

Kostenvergleich durch Variation des Verbindungsmittels

Auch die Wahl des Verbindungsmittels hat großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer HBV-Decke. Folgende drei Deckenpaare, bei denen sich das Holzbauteil und die Herstellmethode nicht unterscheiden, wurden für diesen Vergleich herangezogen. Anstelle von Kerfen wurden HBV-Schubverbinder verwendet.²²⁸

²²⁴ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 168

²²⁵ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 169f.

²²⁶ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 170

²²⁷ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 170

²²⁸ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 171f.

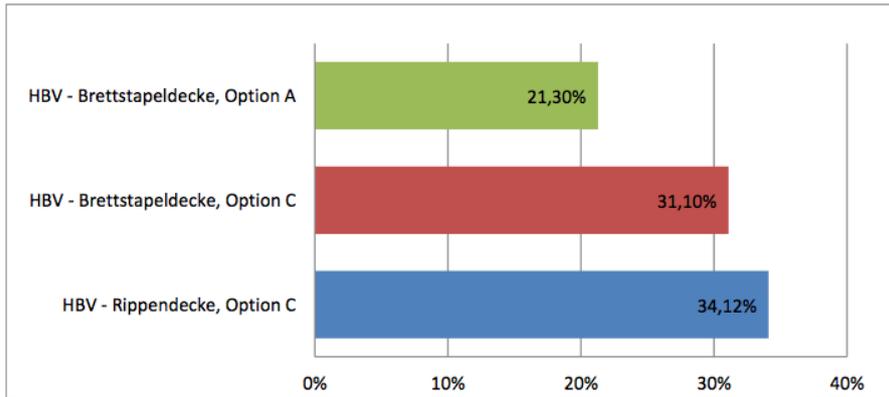


Bild 2.71 Anstieg der Kosten bei Variation der Verbindungsmittel²²⁹

Die Auswertung zeigt, dass Deckenelemente mit Schubverbindern im Schnitt um 28,84 % teurer sind als jene mit Kerfen. Bei HBV-Brettstapeldecken ist der Preisunterschied geringer als bei Rippendecken.²³⁰

Kostenvergleich von Holz-Beton-Verbunddecken mit der Brettsperrholzdecke und der Stahlbetondecke

Im Folgenden sollen Holz-Beton-Verbunddecken auf Basis von Brettstapel- beziehungsweise Rippenenlementen zum einen mit der Brettsperrholzdecke und zum anderen mit der Stahlbetondecke verglichen werden.

Der Einheitspreis von 148,14 €/m² konnte für die Brettsperrholzdecke ermittelt werden. Die Rippendecke bietet die wirtschaftlich günstigste Lösung und liegt in allen Ausführungsarten unter dem Einheitspreis der Brettsperrholzdecke. Die Grafik verdeutlicht, dass die Kosten der HBV-Rippendecken im Durchschnitt um 15,43 % niedriger, die Kosten der Brettstapeldecke hingegen durchschnittlich um 19,37 % höher als die der Brettsperrholzdecke sind.²³¹

²²⁹ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 170

²³⁰ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 172

²³¹ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 176

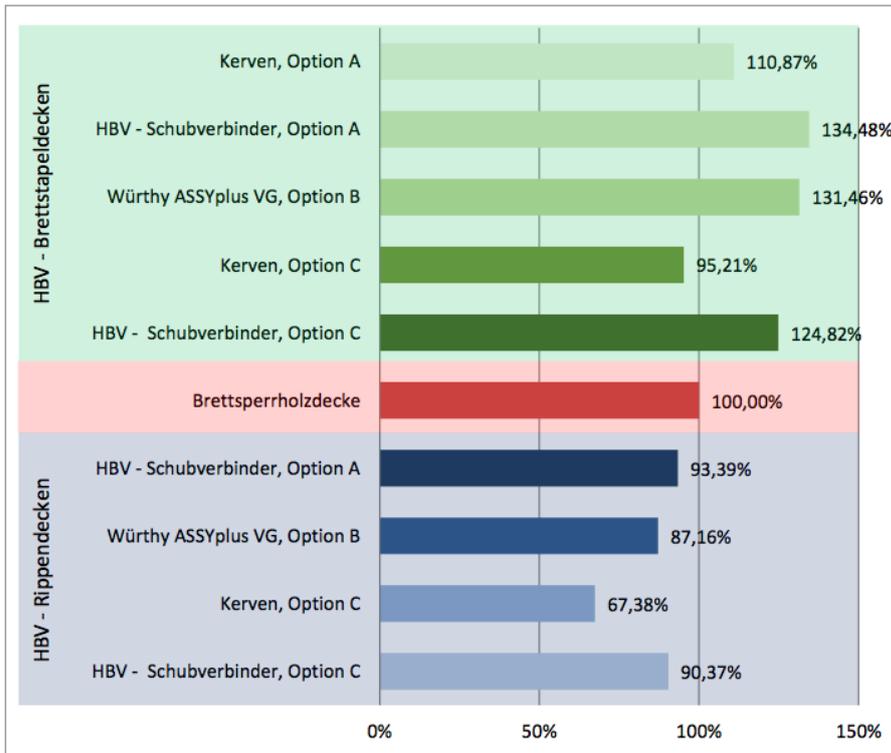


Bild 2.72 Kostenvergleich von HBV-Decken mit Brettsperrholzdecken²³²

Der Einheitspreis von 118,9 €/m² konnte für die Stahlbetondecke ermittelt werden. Nur die Rippendecke, mit Kerven als Verbindungsmittel und mit Betonage auf der Baustelle, ist günstiger herzustellen als die Stahlbetondecke. Alle anderen Rippendecken sind durchschnittlich um 16,91 % teurer als die STB-Decke. Deutlich spürbar ist der Unterschied hinsichtlich des Quadratmeterpreises bei den Brettstapeldecken. Im Schnitt liegen diese um 65 % höher als bei der Stahlbetondecke. HBV-Rippendecken stellen eine konkurrenzfähige Alternative zu STB-Decken dar, wobei die Betonage auf der Baustelle laut Experten anzuraten ist. Bei der Betrachtung des Vergleichs zwischen der Stahlbetondecke und den Holz-Beton-Verbunddecken zeichnet sich ein folgendes Bild ab.²³³

²³² HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 176

²³³ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 173

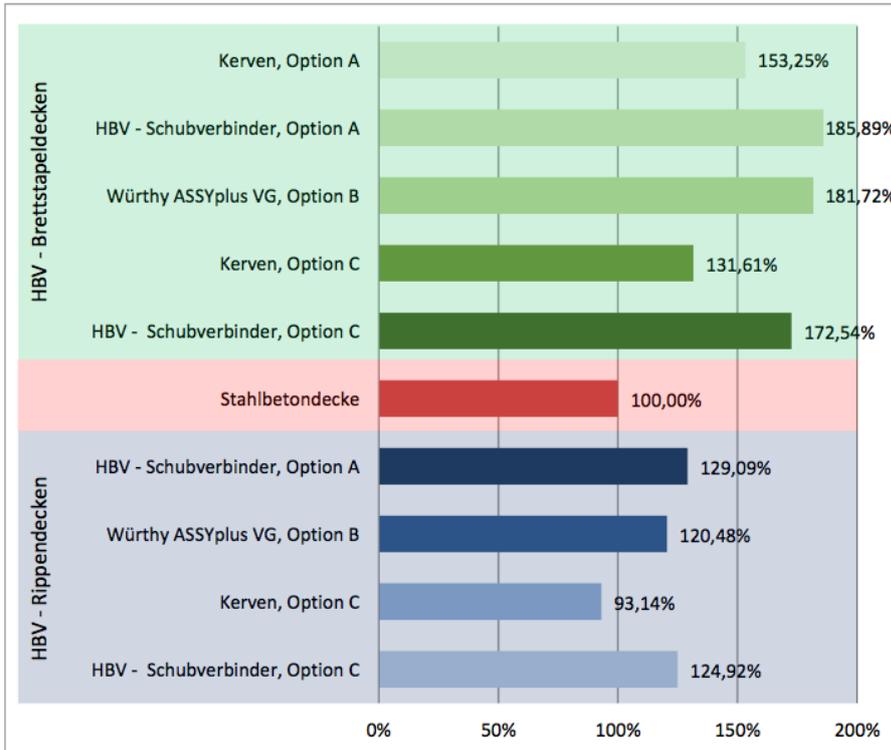


Bild 2.73 Kostenvergleich von HBV-Decken mit Stahlbetondecken²³⁴

²³⁴ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 173

2.14 Aspekte des Industriellen Bauens

Nach wie vor wird die Sinnhaftigkeit des industriellen Bauens von Experten kritisch betrachtet. Bereits namhafte Architekten wie Walter Gropius oder Mies van der Rohe setzten sich in den 20er Jahren mit dieser Thematik auseinander. Mies van der Rohe geht davon aus, dass die Industrialisierung des Bauwesens eine Materialfrage sei und dass erst das passende Baumaterial gefunden werden müsse.²³⁵

„Die industrielle Herstellung aller Teile lässt sich erst im Fabrikationsprozess wirklich rationalisieren und die Arbeit auf der Baustelle wird dann ausschließlich einen Montagecharakter tragen und auf eine ungeahnt kurze Zeit beschränkt werden können. Das wird eine bedeutende Verbilligung der Baukosten zur Folge haben. Auch werden die neuen baukünstlerischen Bestrebungen ihre eigentlichen Aufgaben finden.“²³⁶

Bauvorhaben, welche beispielsweise aus ganzen Raumzellen bestehen und anschließend aneinander gefügt werden, sind statistisch gesehen eher selten der Fall. Vor allem im mehrgeschossigen Wohnbau gäbe es großes Potenzial durch immer wiederkehrende Grundrisse und gleichbleibende Elemente und Bauteile. Laut zahlreicher Experten müsse aber zuerst ein Wandel beziehungsweise eine Umgestaltung der Bauwirtschaft passieren.²³⁷ Vom Baustoff abgesehen bleiben Projekte in Modulbauweise in der heutigen Baubranche nach wie vor die Ausnahme. Aufgrund der vielen Vorteile wie der Produktion unter geschützten Wetterbedingungen in dafür vorgesehenen Fertigungshallen, die schnelle Montage auf der Baustelle, eine deutliche Verkürzung der Bauzeit und eine stetig prüfbare Qualitätssicherung im Werk, erlangte das industrielle Bauen aber immer mehr an Bedeutung. Auch für den Einsatz von temporären Bauwerken und die Möglichkeit des Wiedereinsetzens der Bauteile erweist sich die Vorfertigung laut der Experten als eine sinnvolle Alternative zum konventionellen Bauen.²³⁸ Vor allem Holzkonstruktionen bieten ein enormes industrielles Automatisierungspotential. Themenbezogene Studien haben ergeben, dass vor allem der Vorfertigungsgrad und der Planungsprozess bei den Gesamtkosten eines Bauwerkes entscheidend sind. Vor allem die Abwicklung der Planung wirkt sich direkt auf die Länge der Produktions- und der Durchlaufzeit aus.^{239,240}

²³⁵ Vgl. <http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/Archiv/>. Datum des Zugriffs: 2015.07.27.

²³⁶ <http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/Archiv/>. Datum des Zugriffs: 2015.07.27.

²³⁷ Vgl. SCHNITTICH, C.: Vorfertigung - Hightech und Handarbeit. In: Detail, Zeitschrift für Architektur und Bauteil, Vorfertigung, S. 588

²³⁸ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 73

²³⁹ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 73

²⁴⁰ KESSEL, M.: Innovativer Holzsystembau durch optimierte Fertigungs- und integrierte Planungsmethoden. Endbericht. In: S. 29.

2.14.1 Die industrielle Vorfertigung in Österreich

Meist trägt die Erstellung von Gebäuden in Österreich einen handwerklichen Charakter. Mittlerweile werden viele Gebäudekomponenten industriell vorgefertigt, aber erst auf der Baustelle aneinander gefügt. Die Ausnahme sind vor allem Wand- und Deckenelemente, die sich als elementierte Bauteile vermehrt durchsetzen.²⁴¹ Großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit dieser Systeme haben die Elementgrößen und die damit verbundenen maximal zulässigen Transportmaße. In der Regel gilt, je größer das vorgefertigte Element, desto wirtschaftlicher dessen Verarbeitung. Laut Fachleuten ist die Reduktion der kostenintensiven Elementstöße dafür ausschlaggebend.²⁴² Als Manko beim industriellen Bauen wird die Einschränkung der gestalterischen Freiheiten in der Entwurfsplanung der Architekten genannt. Genauer betrachtet bietet sich aber ein relativ großer Gestaltungsfreiraum, sofern die vorgefertigten Komponenten bereits in den frühen Planungsphasen, also im Vorentwurf berücksichtigt werden.²⁴³

2.14.2 Bauwirtschaftliche Auswirkungen der industriellen Vorfertigung

Durch die bereits mehrmals erwähnten Vorteile von Systembauweisen gegenüber Konventionellen, soll der Bauprozess durch den Einsatz von vorgefertigten Elementen vereinfacht werden und somit ein Bauvorhaben effizienter und kostengünstiger gestaltet werden.²⁴⁴ Bei der Verwendung von sich wiederholenden Elementen, wie das beispielsweise bei Deckenelementen mit gleichem Grundriss der Fall ist, kann ein hoher technischer Standard und eine deutliche Senkung der Kosten erzielt werden. Verschnitte der Baumaterialien und Verschwendung von Arbeitsleistungen können somit vermieden werden. Werden die Systeme bereits in den Planungs- und Konstruktionsprozess miteingebunden, so ist der Einsatz solcher nicht nur auf ein einzelnes Bauvorhaben begrenzt, sondern kann auch bei ähnlichen Projekten verwendet werden. Jedoch stellt sich immer wieder die Frage, inwieweit vorgefertigte Elemente und Bauteile den Entwurf des Architekten bzw. die Gestaltung der Grundrisse beeinflussen.²⁴⁵ Bei der Realisierung von Bauvorhaben mittels industriell vorgefertigten Bauteilen sollen an dieser Stelle aber auch die Risiken dieser Bauweise erwähnt werden.²⁴⁶

²⁴¹ Vgl. KAUFMANN, H.: Der andere Bauprozess. In: Zuschnitt. S. 4f.

²⁴² Vgl. KAUFMANN: In: S. 4f.

²⁴³ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 76

²⁴⁴ KNAACK, U., et al.: Systembau: Prinzipien der Konstruktion. S. 7

²⁴⁵ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 79ff.

²⁴⁶ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 80-81

- Hoher Fixkostenanteil in der Produktion
- Größere Bauteile und damit verbundene höhere Transportkosten
- Intensiverer Planungsaufwand bei Sonderlösungen
- Geringere Toleranzen erfordern exaktes Arbeiten und dementsprechende Anforderungen an die Vermessung sowohl in der Produktionsstätte als auch auf Baustelle
- Aufwendigere Vorarbeiten

Das sogenannte „industrielle Bauen“ wird immer wieder dann als Patentlösung präsentiert, wenn die wirtschaftlichen Probleme der Bauwirtschaft ein existenzbedrohendes Ausmaß erreichen.²⁴⁷ Versuche des industriellen Bauens sind in der Vergangenheit oft daran gescheitert, weil das Hauptaugenmerk auf die Produktion gelegt wurde, vielmehr ist eine Kombination einer produkt- und kundenorientierten Sichtweise mit allen Planung- und Produktionsprozessen anzudenken.²⁴⁸

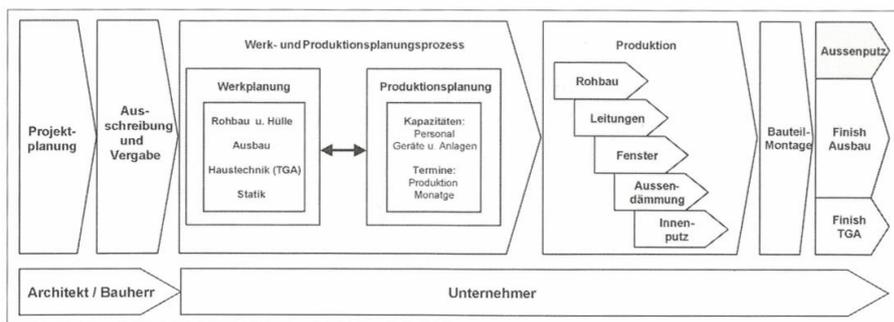


Bild 2.74 „Erst planen, dann bauen“ – Prozess der Werk- und Produktionsplanung²⁴⁹

²⁴⁷ GIRMSCHIED, G. H., E: Industrielles Bauen – Fertigungstechnologie oder Managementkonzept? S. 586ff.

²⁴⁸ Vgl. GIRMSCHIED, G. H., E: Industrielles Bauen – Fertigungstechnologie oder Managementkonzept? S. 586

²⁴⁹ GIRMSCHIED, G. H., E: Industrielles Bauen – Fertigungstechnologie oder Managementkonzept? S. 159

2.14.3 Erkenntnisse im industriellen Holzbau

Die Vorfertigung im Holzbau wird vor allem durch die stetige Weiterentwicklung der technischen und computerbasierenden Verarbeitungsmethoden und durch neu zum Einsatz kommende Werkstoffe aus Holz geprägt. Bei aktuellen Bauprojekten werden Decken- und Wandelemente bereits soweit vorgefertigt, dass sie auf der Baustelle nur mehr zu einem System zusammengeführt werden müssen. Neue Möglichkeiten des Transports und verbesserte Montagearbeiten verstärken diese Tendenz des industriellen Bauens. Der Erfolg und die Reduzierung der Kosten eines Bauvorhabens in Form von industriell vorgefertigten Holzsystemen hängen vor allem von dessen Größe und den Kapazitäten einer Bauunternehmung ab.²⁵⁰ Einige Zeiterfassungsstudien nach REFA²⁵¹ haben ergeben, dass die Haupttätigkeiten bei Holzmontagearbeiten ungefähr ein Drittel der gesamten Arbeitszeit ausmachen. Die restliche Zeit wird für Unterstützungsprozesse oder zur Behebung von Störungen im Projektablauf verwendet. Eine Optimierung der Arbeitsabläufe kann hierbei die Fertigungsdauer wesentlich verkürzen.²⁵² Die Erhöhung des Vorfertigungsgrades zeichnet sich bei Bauvorhaben aber nicht nur durch eine kürzere Bauzeit und geringere Kosten aus, sondern bewirkt auch eine höhere Qualität der Holzbauteile aufgrund von wettergeschützten Werksbedingungen. Mitunter wird die industrielle Vorfertigung auch dem Aspekt des termingerechten Abschlusses eines Bauprojekts durch die Bestimmung eines genauen Fertigstellungstermins gerecht. Exakte Vorausbestimmung der Kosten und ein erhöhter Qualitätsstandard sind weitere Vorteile der Vorfertigung.²⁵³ Um ein Bauprojekt mit industriellen Fertigteilen erfolgreich abzuwickeln, sind eine gewisse Regelmäßigkeit in den Grundrissen und eine enge Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Gewerken von Vorteil, was sich in Folge positiv auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes auswirken kann.²⁵⁴

²⁵⁰ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 220

²⁵¹ REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung) – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung

²⁵² GIRMSCHIED, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. S. 527

²⁵³ Vgl. MERZ, K.: Raumzellenbauweise. Bericht. In: S. 3

²⁵⁴ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 222

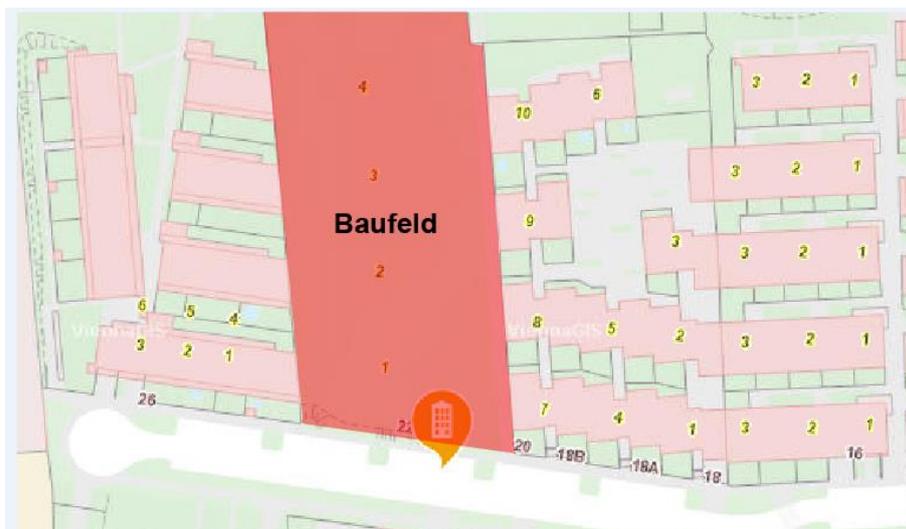
3 Datenerfassung auf der Baustelle

Im Laufe dieses Kapitel wird ein Überblick über das betrachtete Projekt gegeben und auf die Vorgangsweise innerhalb der Bauablaufanalyse eingegangen. Im Speziellen werden die baustellenspezifischen Randbedingungen, die Bauzeit- und die Bauablaufpläne beschrieben und die Analyse nach der sog. REFA-Methodik erklärt. Die Datenerfassung auf der Baustelle liefert die Grundlage für die nachfolgende Datenauswertung und den kalkulatorischen Verfahrensvergleich.

Die Datenerfassung der Holzbauarbeiten in den beiden Bereichen fand Anfang Mai 2015 im Gebäude III statt, die erforderlichen Bewehrungsarbeiten und anschließenden Betonagen erfolgten Mitte Juni 2015. Die Montage der Fertigteilvariante in Haus I wurde Mitte Juli desselben Jahres untersucht. Die Holzbauarbeiten wurden seitens des Generalunternehmers Bilfinger Berger Baugesellschaft m.b.H.²⁵⁵ gänzlich an die Kaufmann Bausysteme GmbH²⁵⁶ vergeben, wobei diese ausschließlich die Wandelemente selbst vorfertigten, die Produktion der Deckenelemente hingegen gänzlich an MM bzw. an MMK, ebenso wie die komplette Montage an die Firma Kulmer Holz-Leimbau GesmbH²⁵⁷ vergeben wurden.

3.1 Projektbeschreibung

Beim betrachteten Bauvorhaben handelt es sich um einen mehrgeschosigen Wohnbau aus Holz. Das langgezogene Grundstück befindet sich in Wien-Schwechat und ist nur wenige Minuten von der Anschlussstelle an die A4-Ostautobahn entfernt. U-Bahn und Straßenbahn bieten eine Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz in unmittelbarer Nähe.



²⁵⁵ seit März 2015 ist die Bilfinger Construction Teil der schweizer Implemia Grupper: <http://www.construction.implemia.at/>

²⁵⁶ <http://www.kaufmannbausysteme.at/>

²⁵⁷ <http://www.kulmerbau.at/>

Bild 3.1 Lageplan (ohne Maßstab) – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien²⁵⁸

Die Wohnanlage mit 5.200 m² Nutzfläche, besteht aus vier nahezu gleich großen, vier-geschossigen Baukörpern, die entlang der Nord-Süd-Achse in gleichbleibendem Abstand angeordnet sind. Die Erschließung der vier Baukörper erfolgt über vier separate Stiegenhauskerne, welche in Stahlbeton ausgeführt wurden, und die den Zugang zu den jeweiligen Wohneinheiten ermöglichen. Die vier Baukörper sind über eine gemeinsame Tiefgarage miteinander verbunden. Insgesamt wurden 60 geförderte Wohnungen errichtet, wovon 40 als Mietwohnungen mit Eigentumsoption und 20 mit spezieller Förderung vergeben werden. Das Wohnungsangebot reicht von zwei bis fünf Zimmer Wohnungen zwischen 46 und 138 m² bis hin zu reihenhausähnlichen Maisonetten und Geschosswohnungen mit zweiseitiger Orientierung aller Wohneinheiten. Wobei jede Wohnung einen Außenbereich, entweder in Form eines Balkons bzw. einer Loggia, einer Dachterrasse oder eines kleinen Eigengartens aufweist. Die Tiefgarage bietet Platz für 55 PKW-Stellplätze, die Ausfahrt erfolgt direkt über die Paulasgasse 22. Die bewusst in der Planung angedachte Ausführung in reiner Holzbauweise bleibt sowohl im Außen- als auch Innenbereich spürbar.²⁵⁹ Decken und Wandelemente wurden im Werk vorgefertigt um einen hohen Qualitätsstandard zu gewährleisten. Die Fassade wurde mit unbehandeltem Fichtenholz verkleidet, die Geschossdecken aus Holz bleiben im Inneren sichtbar. Mit der Errichtung des Wohnbaus wurde Anfang November 2014 begonnen und mit Ende Oktober 2015 an die Mieter / Eigentümer übergeben.

Bild 3.2 Ansicht Süd West (Hofseite) – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien²⁶⁰

²⁵⁸ <http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=>. Datum des Zugriffs: 2015.07.28

²⁵⁹ Vgl. <http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=>. Datum des Zugriffs: 2015.07.28

²⁶⁰ <http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=>. Datum des Zugriffs: 2015.07.28



Bild 3.3 Ansicht Nord (Strassenseite) – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien²⁶¹



Bild 3.4 Zwischenzone – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien²⁶²

Die Errichtungsreihenfolge und die einzelnen Bauabschnitte werden in Kapitel 3.4 genauer erläutert.

²⁶¹ <http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=>. Datum des Zugriffs: 28.07.2015.

²⁶² <http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=>. Datum des Zugriffs: 28.07.2015.

3.2 Baustellenspezifische Randbedingungen

Dieses Kapitel setzt sich mit den baustellenspezifischen Randbedingungen vor Ort auseinander. Des Weiteren soll ein Überblick über die Ver- und Entsorgung der Baustelle, die Positionen der Krane, die Lagerflächen und die Baustraßen anhand einer Skizze zur Baustelleneinrichtung verdeutlicht werden.

3.2.1 Definition Baustelleneinrichtung

Unter dem Begriff der Baustelleneinrichtung wird im Allgemeinen folgendes verstanden: *„Es ist Aufgabe der Baustelleneinrichtung, unter Beachtung aller Einflussgrößen die Arbeitsstätten auf dem Baufeld so vorzusehen und so mit entsprechenden Hilfsmitteln auszustatten, dass die bauliche Anlage möglichst in der vereinbarten Zeit, mit der vereinbarten Qualität und zu den vorgesehenen Kosten unter Sicherstellung von Sicherheit und Gesundheitsschutz und Berücksichtigung der Umweltbelange hergestellt werden kann.“*²⁶³ Die Baustelleneinrichtung kann in fünf Hauptkategorien gegliedert werden, welche anhand des zu untersuchenden Objekts im Folgenden näher beschrieben werden und die baustellenspezifischen Randbedingungen aufzeigen:²⁶⁴

3.2.2 Verkehrsflächen und Transportwege

Die Paulasgasse ist eine Sackgasse, welche im Bereich Schwechat in Wien liegt, mit einem großen Wendehammer für sämtlichen Verkehr, um sowohl PKW als auch dem lokalen LKW-Verkehr das Wenden zu ermöglichen. Entlang des Baugrundstücks, welches sich in Nord-Süd Richtung erstreckt und im Zugangsbereich der Baustelle wurden Baustraßen errichtet, um beispielsweise die vorgefertigten Bauelemente einzuliefern und diese direkt vom Aufleger an den Bestimmungsort zu heben. Die Elemente werden direkt vom LKW mittels zwei Obendreher-Kranen des Herstellers Liebherr, Typ 280 EC-H, an den jeweiligen Bestimmungsort verhoben und nur in Ausnahmefällen zwischengelagert. Sollte dies dennoch notwendig werden, so können diese auf einem dafür vorgesehenen Lagerplatz am nördlichen Ende des Grundstücks, oder dem Baufortschritt entsprechend, auf den bereits fertiggestellten Decken des Nachbarrohbau temporär zwischengelagert werden. Im Containerbereich, welcher direkt an der Paulasgasse in Form einer zweigeschossigen Büro- und Sanitärcontaineranlage errichtet wurde, und entlang der Zufahrtstrasse zum Wohnviertel bieten sich zahlreiche Parkmöglichkeiten für private Pkws und Firmenwagen. In den Morgen- und Abendstunden wird die Baustelle samt Transportwegen ausreichend beleuchtet, um für eine gute Arbeitsleistung und eine hohe Arbeitssicherheit Sorge zu tragen.

²⁶³ HECK, D., Bauer, B: Baubetriebslehre - VU Skriptum. S. 84

²⁶⁴ HECK, D., Bauer, B: Baubetriebslehre - VU Skriptum. S. 84ff.

3.2.3 Ver- und Entsorgung der Baustelle

Die Versorgung mit Wasser, elektrischer Energie, Druckluft und Treibstoff ist gewährleistet. Die Entsorgung von anfallenden Müll und Baurestmassen findet für jeden der vier Baukörper separat statt und befindet sich jeweils direkt neben dem jeweiligen Bauabschnitt. Aufgrund der Bauabfolge werden die Abfallcontainer nach dem Fertigstellen eines Bauabschnittes mit dem Kran zum nächsten Abschnitt versetzt. Es erfolgt eine Trennung in Holzabfälle, Metallabfälle, mineralischen Bauschutt, Kunststoffabfälle und Baustellenabfälle. Die Anbindung an das Stromnetz über Baustromverteilerkästen am Grundstück ist in jedem der vier Gebäude in jedem Geschoss gegeben, um eine rasche Holzbaumontage zu ermöglichen.

3.2.4 Unterkünfte für Personal und sanitäre Einrichtungen der Baustelle

Ein mehrgeschossiger Containerkomplex, sowohl für die Mannschaften aller Gewerk, für die Bauleitung und den Polier befindet sich am Südende des Grundstücks parallel zur Paulasgasse und bietet gute Übersicht über das gesamte Baufeld. Magazincontainer für Betriebsmittel und Werkzeuge, WC-Anlagen und sind ebenfalls dort situiert.

3.2.5 Lager- und Bearbeitungsflächen

Die Lager und Bearbeitungsflächen auf der Baustelle, sowie Manipulationsflächen für gelieferte, aber noch nicht verbaute BSP-Deckenelemente befinden sich am Nordende des Grundstücks und sind über die jeweiligen Baustraßen erreichbar. Vorgefertigte Wandelemente in Rahmenbauweise können auf dafür vorgesehenen Flächen, welche sich zwischen den einzelnen Baukörpern befinden, temporär gelagert werden. Die Einteilung der Lager- und Bearbeitungsflächen ist der Skizze der Baustelleneinrichtung zu entnehmen.

3.2.6 Baustellensicherung

Sicherheits- und Schutzeinrichtungen werden für die gesamte Baustelle getroffen. Absturzsicherungen bei Aussparungen in den Decken, mittels temporär befestigten Holzbrettern und seitliche Traggerüste in geringem Abstand zur Fassade, welche stetig mit dem Baufortschritt wachsen, sorgen für die Sicherheit der Arbeiter. Des Weiteren wurde für alle Montagearbeiten, auch im Innbereich „Helfpflicht“ angeordnet, um die Bauarbeiter vor herabfallenden Kleinteilen und Werkzeugen zu schützen.

3.2.7 Baustelleneinrichtung

Die zuvor beschriebenen baustellenspezifischen Randbedingungen des Bauvorhabens in Wien-Schwechat sollen anhand der folgenden Skizze der Baustelleneinrichtung beschrieben werden.

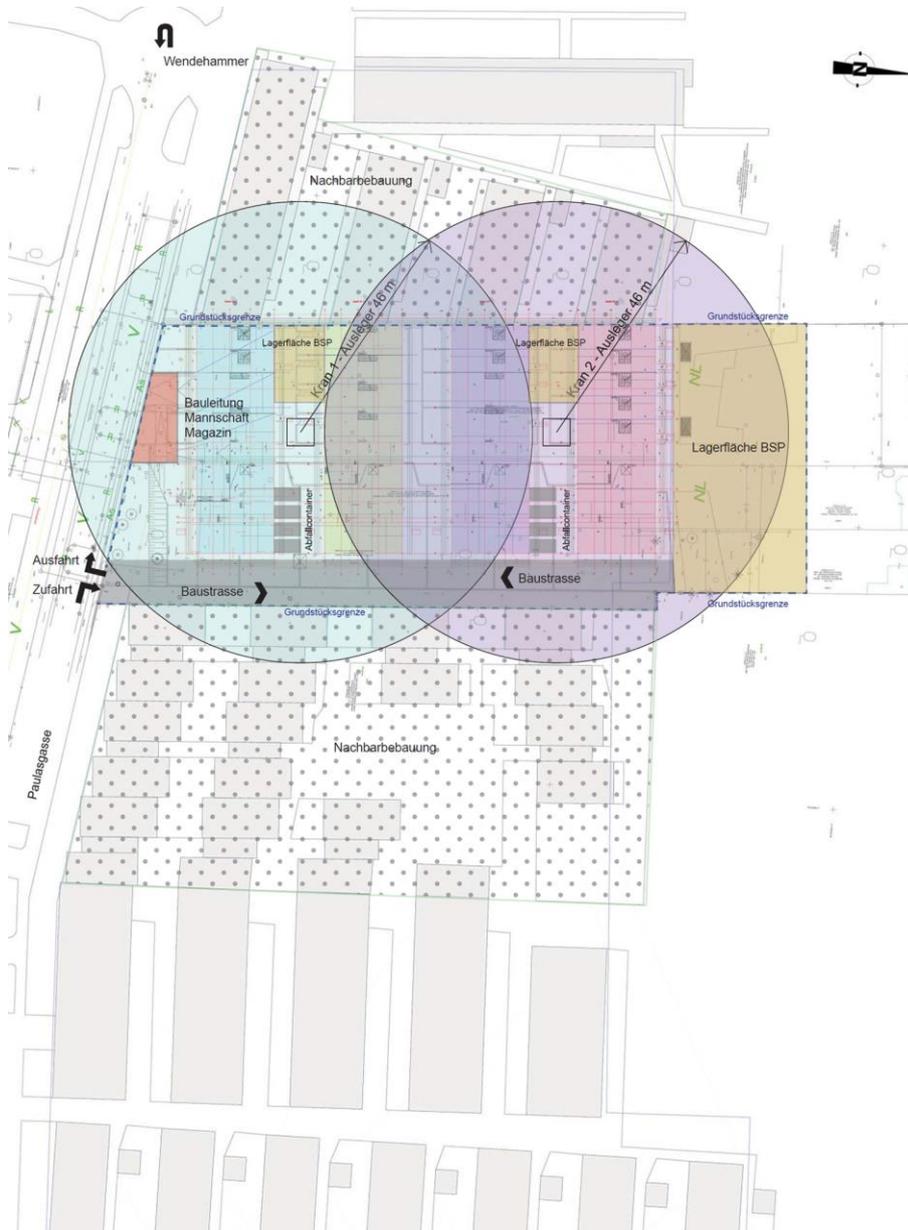


Bild 3.5 Skizze Baustelleneinrichtung – ohne Maßstab

3.3 Vorgehensweise bei der Datenerfassung

Die Grundlage für die Auswertung dieser Bauablaufanalyse bildet ein Datenerfassungsbogen nach REFA.²⁶⁵ Dieser Verband setzt es sich zum Ziel, Systeme zur Analyse und Gestaltung von Arbeitszeiten für jedermann zugänglich zu machen.²⁶⁶ Die Basis bilden die genaue Erfassung und die Beschreibung des betrachteten Arbeitssystems, die zum Erfüllen einer bestimmten Arbeitsaufgabe dienen sollen. Anhand der sieben Systembegriffe kann das Zusammenwirken von Mensch und Betriebsmittel mit der Eingabe unter den spezifischen Einflüssen der Umwelt beschrieben werden.²⁶⁷

- Arbeitsaufgabe
- Arbeitsablauf
- Eingabe
- Ausgabe
- Mensch
- Betriebsmittel
- Umwelteinflüsse

Erst dann kann mit der Aufzeichnung vor Ort und der Aufnahme der Daten begonnen werden. Die einzelnen Arbeitsabläufe werden dabei in verschiedene Ablaufarten gegliedert. Man unterscheidet zwischen:²⁶⁸

- **„Haupttätigkeit MH** ist eine geplante, zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit, wie zum Beispiel die Erstverschraubung der BSP- bzw. HBV-Deckenelemente.
- **Nebentätigkeit MN** ist eine geplante, nur mittelbar der Erfüllung der Arbeitsaufgabe dienende Tätigkeit, wie zum Beispiel das Umsetzen des Werkzeugcontainers in das darüber liegende Geschoss.
- **Zusätzliche Tätigkeit MZ** ist eine Tätigkeit, deren Auftreten nicht vorherbestimmt werden kann und welche nicht planmäßig auftritt, wie zum Beispiel Nacharbeiten, Reinigungsarbeiten oder Besprechungen.
- **Ablaufbedingte Unterbrechung MA** ist ein planmäßiges Warten der Arbeitskräfte auf das Ende von Ablaufabschnitten, wie zum Beispiel das Warten auf den Aufleger um die Deckenelemente an deren Bestimmungsort zu versetzen.

²⁶⁵ REFA (Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung) – Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung

²⁶⁶ Vgl. REFA, V. f. A.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. S. 21

²⁶⁷ Vgl. RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 5

²⁶⁸ Vgl. RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 7

- **Störungsbedingte Unterbrechung MS** einer Tätigkeit ist ein zusätzliches Warten der Arbeitskräfte aufgrund von technischen oder organisatorischen Störungen, wie zum Beispiel eine vorangegangene ungenaue Planung, Werkzeug holen oder Material kaufen.
- **Erholungsbedingte Unterbrechung ME** ist eine Unterbrechung der Tätigkeit um die Arbeitsermüdung abzubauen. Das kann in Form von Zusehen, Wasser trinken oder einer Teambesprechung über etwaige Hindernisse stattfinden.
- **Persönlich bedingte Unterbrechung MP** ist eine Unterbrechung des Menschen aufgrund persönlicher Gründe, wie zum Beispiel der Gang zur Toilette, Rauchen oder ein verspäteter Arbeitsbeginn.“

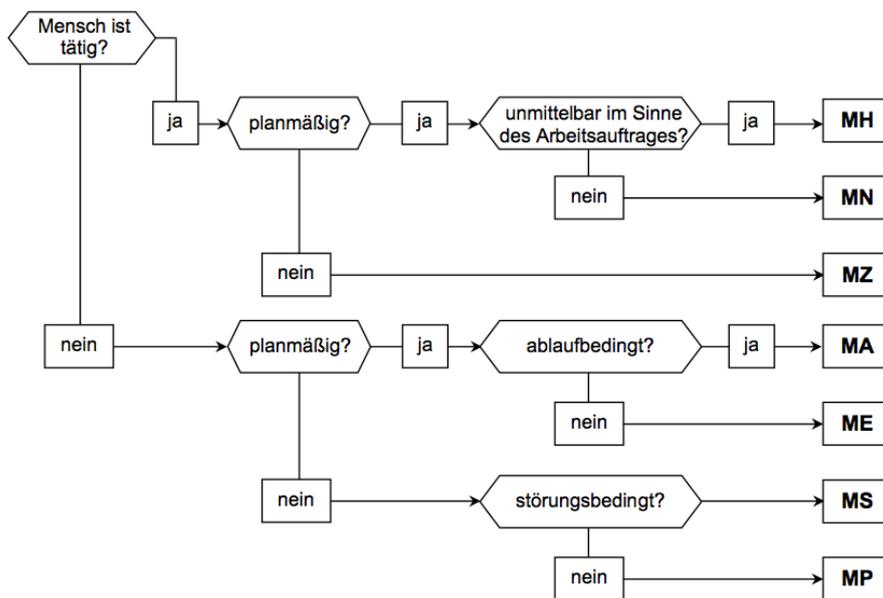


Bild 3.6 Vereinfachte Übersicht der auf den Menschen bezogenen Ablaufarten²⁶⁹

Aus der Struktur der analysierten Ablaufarten können wertvolle Schlussfolgerungen über die Wertschöpfungskette und den Anteil des vergüteten und nicht zu vergütenden „Nichttätigseins“ der Mitarbeiter gezogen werden. Dies ist Teil der Mängelanalyse und Bestandteil einer menschengerechten Arbeitsgestaltung, welcher dem Gewinnen von Zeitdaten voranzustellen ist.²⁷⁰

²⁶⁹ RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 6

²⁷⁰ Vgl. RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 8

3.4 Planliche Darstellung des untersuchten Objektes

Das nachfolgende Planmaterial wurde seitens der Firma Kaufmann Bausysteme GmbH zur Verfügung gestellt. Sie stellen den Lageplan inklusive den Montageabschnitten, die Grundrisse, Deckenpläne, Schnitte und Ansichten dar. Die Pläne werden auf Grund des Formates der Arbeit im Folgenden ohne Maßstab dargestellt.

3.4.1 Technische Beschreibung des Bauwerkes:²⁷¹

- Außenwände: Holzriegel mit hinterlüfteter unbehandelter Fichtenholzfassade, Feuermauer aus STB mit Vollwärmeschutzfassade
- Wohnungstrennwände: Holzriegel-, Massivholz- Gipskarton-Doppelständer- oder Stahlbetonwand gespachtelt und gemalt
- Innenwände: Massivholz- oder Gipskartonständerwände, gespachtelt und gemalt
- Decke: Holz, vereinzelt Stahlbeton
- Fußbodenaufbau: Trittschalldämmplatten, Aufbeton
- Stiegenhäuser: Stahlbetonstiegen
- Maisonette Stiegen: Holz- oder Stahlbetonstiegen mit Holzauflage
- Dachkonstruktion: Flachdach teils extensiv begrünt, teils bekiest
- Fenster- und Fenstertüren außen: Holzfenster mit 3 fach- Isolierverglasung, Farbe des Holzes innen und außen RAL 7040 Fenstergrau, Wetterschenkel und Sohlbänke in RAL 9007 Graualuminium. Ein Zuluftelement / Wohnung in Holzrahmen in Küchennähe
- Sonnenschutz: Nordseitig kein Sonnenschutz, ansonsten laut Bauphysik. Ausführung (wenn bauphysikalisch erforderlich): außenliegende Senkrechtmarkise mit Textil-Screen. Ansonsten nachträglicher Einbau von Sonnenschutz über Fenster möglich

²⁷¹ <http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=>. Datum des Zugriffs: 28.07.2015.

3.4.2 Pläne – Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Deckenpläne



Bild 3.7 Lageplan – Wohnbau Paulasgasse 22, 1110 Wien

Die vier Baukörper der Wohnanlage wurden in insgesamt acht Bau- bzw. Montageabschnitte gegliedert und wie folgt unterteilt:

- Bauteil 1 mit Montageabschnitt 7 und 8 (rosa)
- Bauteil 2 mit Montageabschnitt 5 und 6 (gelb)
- Bauteil 3 mit Montageabschnitt 3 und 4 (violett)
- Bauteil 4 mit Montageabschnitt 1 und 2 (rot)

Um einen realistischen und neutralen Vergleich der beiden eingesetzten Deckensysteme zu erlauben, wurden gemäß voriger Darstellung nur von zwei Baukörpern jeweils rund die halbe Decke über dem Erdgeschoss und die halbe Decke über dem 1. Obergeschoß genauer mittels REFA-Analyse untersucht. Dabei wurde in Haus III – Abschnitt 4 begonnen, welche als reine Ortbetonvariante zur Ausführung gelangte. Die vergleichende Untersuchung wurde anhand der in Haus I – Abschnitt 8 eingesetzten Fertigteilvariante XC mit ähnlicher Größe vorgenommen. Diese beiden Bereiche stellen nach Ansicht des Verfassers die beste Möglichkeit für einen neutralen und künftig bewertbaren Vergleich im gesamten Bauvorhaben dar.

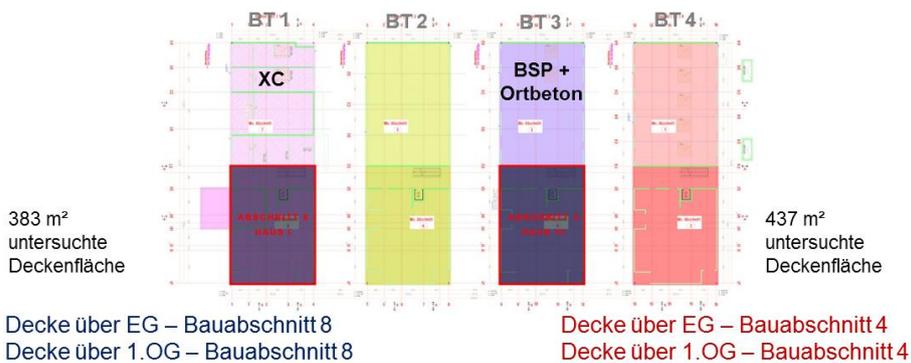


Bild 3.8 Übersicht EG – Aufteilung Montageabschnitte

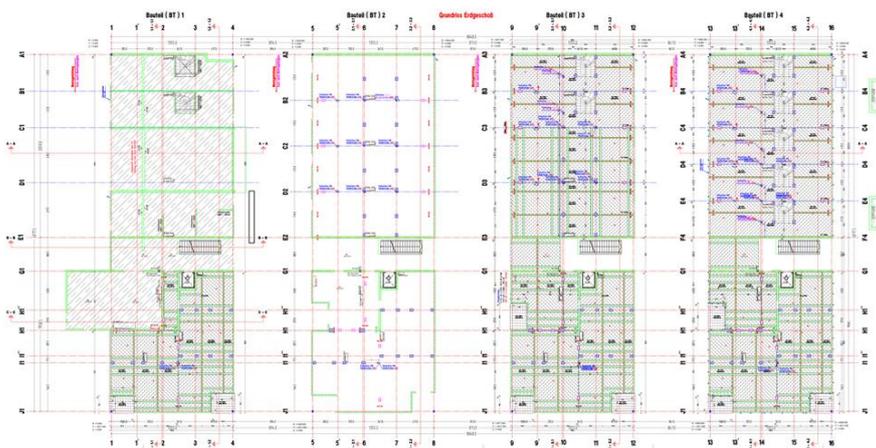


Bild 3.9 Übersicht (BT1-BT4) – Decken über EG

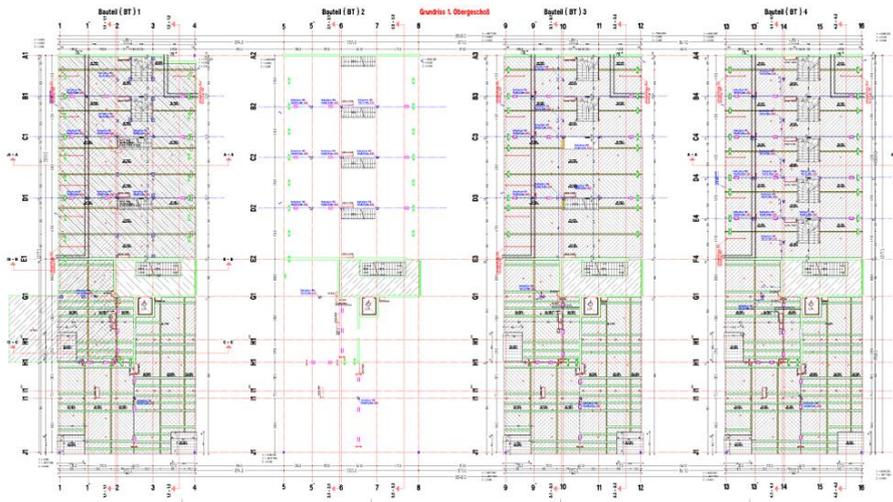


Bild 3.10 Übersicht (BT1-BT4) – Decken über 1.OG

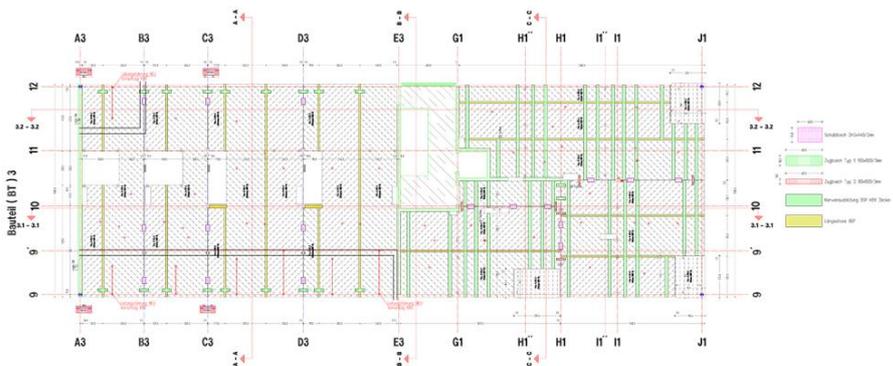


Bild 3.11 BT3 – Decken über 1.OG

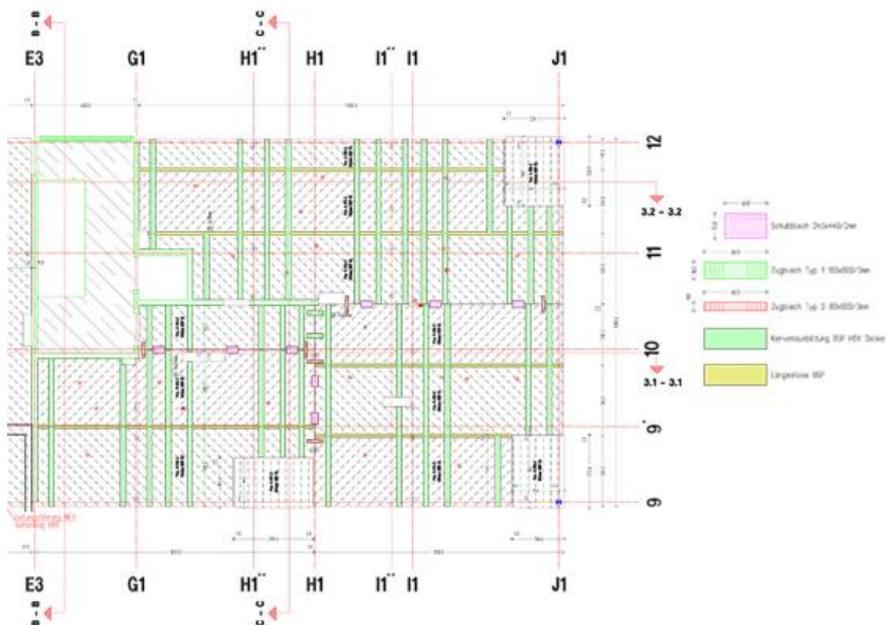


Bild 3.12 BT3 – Abschnitt 4, Decken über 1.OG

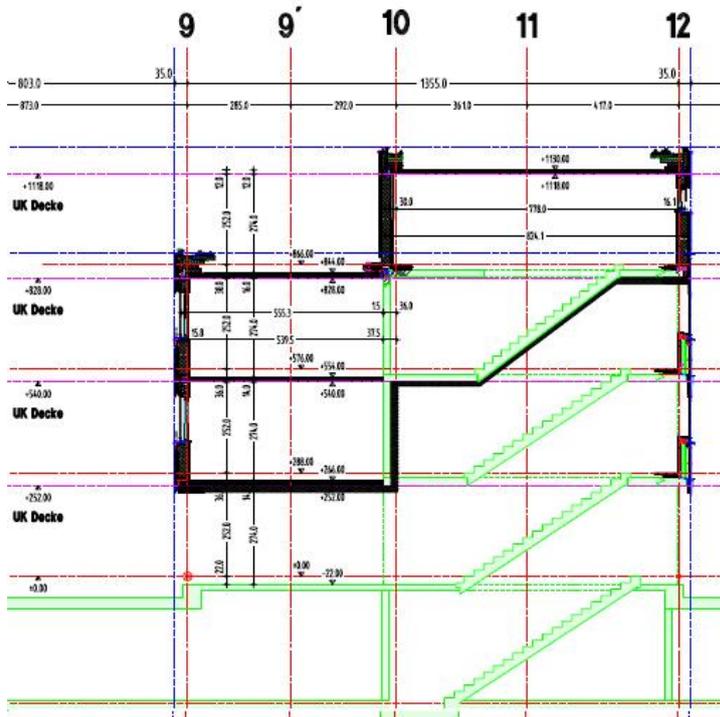


Bild 3.13 BT3 – Schnitt B-B



Bild 3.14 BT3 – Schnitt C-C



Bild 3.15 BT3 – Ansicht Nord

3.4.3 Bauteilgliederung – Wände | Unterzüge | Deckenelemente

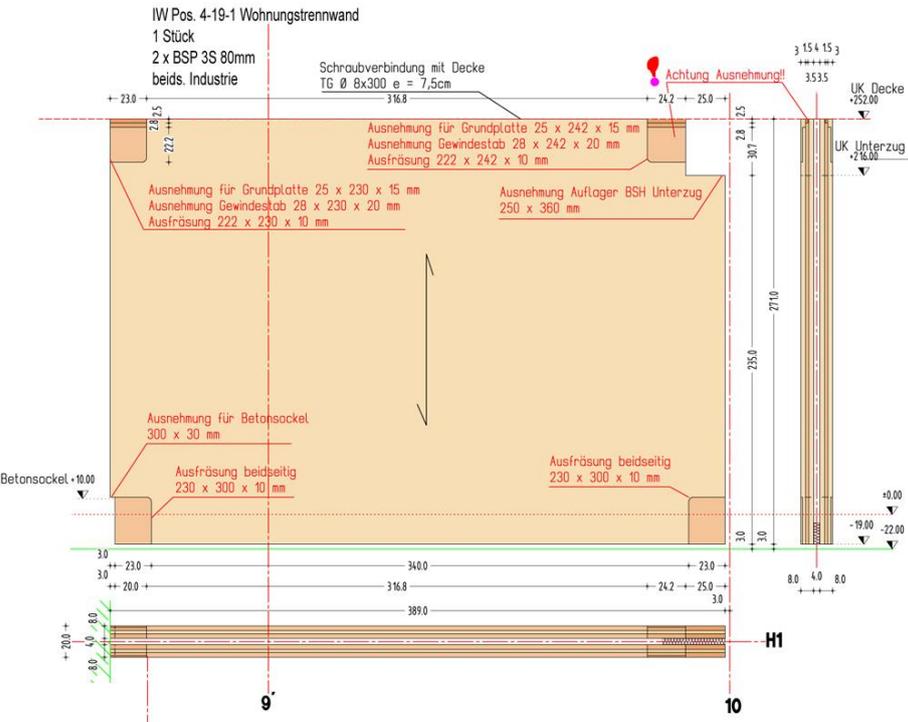


Bild 3.16 BT3 – Wohnungstrennwand (exemplarisch)

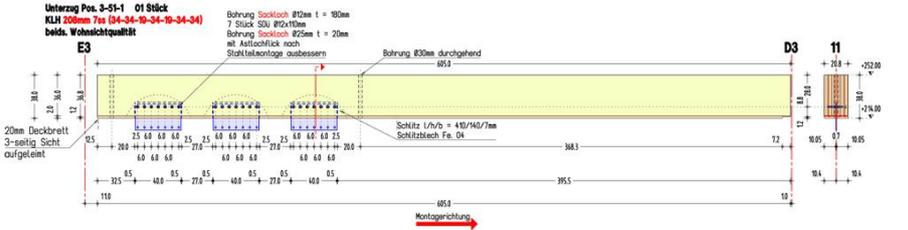


Bild 3.17 BT3 – Unterzüge KLH (exemplarisch)

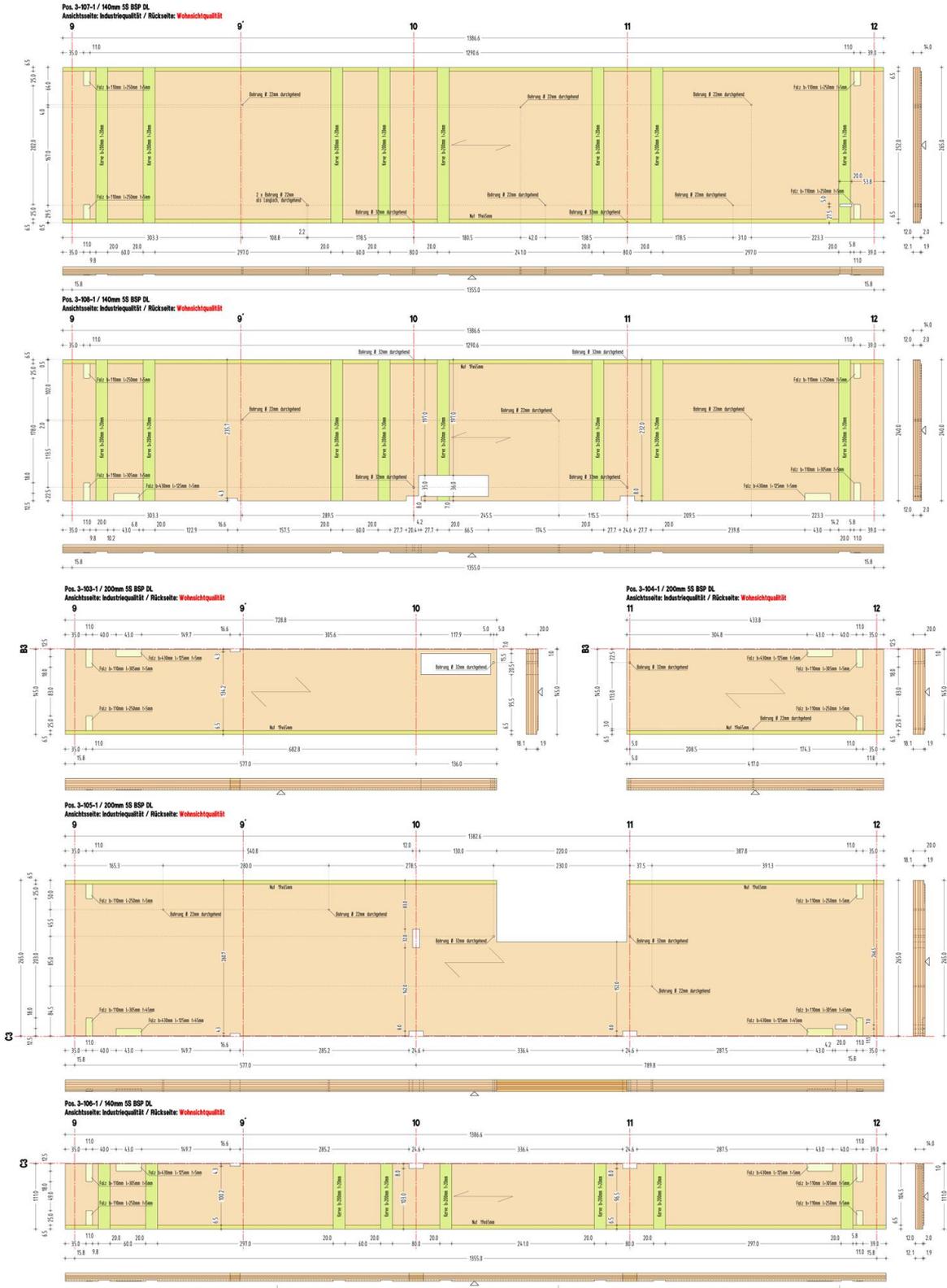


Bild 3.18 Deckenelemente – Ansichtsseite: Industriequalität / Rückseite: Wohnsichtqualität

3.5 Bauzeitplan und Bauablaufpläne

Das gesamte Bauvorhaben soll innerhalb eines Jahres, der Holzrohbau inklusive Ausbau und Technik, in den Monaten März bis September errichtet werden. Der nachstehende Bauzeitplan zeigt den groben Ablauf des Projekts und die Einteilung in die vier verschiedenen Bauteile. Dieser beinhaltet die Baustelleneinrichtung, die Rohbau- und Fassadenarbeiten, die Dachdecker- und Montagetarbeiten sowie die Rest- und Komplementierungsarbeiten für den Ausbau. Wesentliche Meilensteine wie Fertigstellung / Übergabe und Pönale Termin sind in dieser Darstellung enthalten.

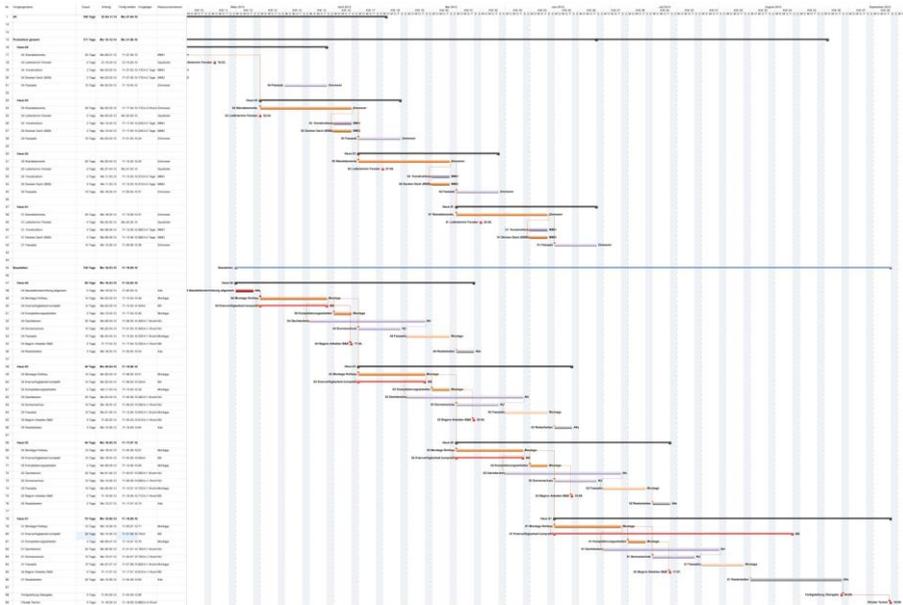


Bild 3.19 Übersicht Bauzeitplan – Bauabschnitte (Haus 1 – Haus 4)

Der Wochenarbeitsplan für die Holzmontagetarbeiten ist an dieser Stelle exemplarisch anhand der Kalenderwoche 18 dargestellt und beinhaltet die Informationen wie Transporttermine und die dafür vorgesehenen und verfügbaren Lagerflächen.

Wochenarbeitsplan KW 18 - 2015								
			BV: Paulasgasse 1110 Wien KW 18 27.04. bis 01.05.2015					
Baustelle Paulasgasse	KOST 52631	Vorarbeiter	Σ Personal 10Mann	27. Apr. 15 Mo.	28. Apr. 15 Di.	29. Apr. 15 Mi.	30. Apr. 15 Do.	1. Mai 15 Fr.
Montage AW & IW & KLH Unterzüge & Decke 1.OG MO 3								
Transport Nr: 20 MM: 05:00: Decke über EG + 1.OG								
Transport Nr: 21 KBS: 09:00: Außenwände MO, 4 EG & 1.OG								
Transport Nr: 22 KBS: 13:00: Attika & Loggien								
Bauteil 3/MO 4 Achsen auftragen, Höhenausgleich								
Aufschweißen Stahlteile BT 3 / MO 3								
Montage AW & IW & KLH Unterzüge & Decke 1.DG MO 3								
Transport Nr: 23 MM: 05:00: Decke über EG + 1.OG								
Transport Nr: 24 KBS: 10:00: AW MO 4 1.OG & 1.DG								
Montage AW & IW & KLH Unterzüge & Decke EG MO 4								
Verschraubungen & Verklebungen Bauteil 4 & 3								
Witterungsschutz aufbringen bzw. vorhalten								
Verfügbarkeit BT 02 MO 5 als Lagerfläche								
Anstehende Vorleistungen welche bauseits durchgeführt werden								
Gerüstmontage				Abstimmung vor Ort mit Vorarbeiter Holzbau				
Schwarzdeckerarbeiten				Abstimmung vor Ort mit Vorarbeiter Holzbau				
Ergänzungsarbeiten Fassadenanschlüsse								
Fugenverschuß Betonfertigteile im Bereich der Holzdecken								
Einlegen der Elektro-Leerverrohrungen in den BSB Decken								

Bild 3.20 Übersicht Wochenarbeitsplan – Kalenderwoche 18

3.6 Grundlagen zu REFA-Analysen

Der gesamte Arbeitsablauf besteht aus den in Kapitel 3.3 beschriebenen Ablaufarten. Diese werden im Zuge der Beobachtungen auf der Baustelle prozentuell dargestellt und in weitere Folge in Zeitarten umgewandelt.²⁷²

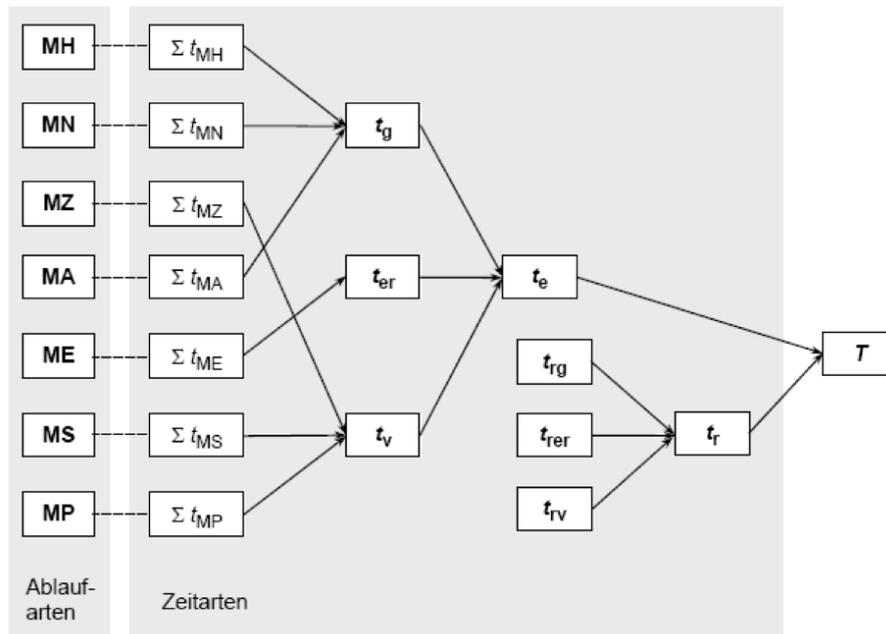


Bild 3.21 Zusammensetzung der Auftragszeit nach REFA²⁷³

In Abbildung 3.20 wird die Zusammensetzung der Auftragszeit T dargestellt. Anhand der verschiedenen Zeitarten an der Gesamtzeit wird die Leistung beurteilt. Diese sollen im Folgenden beschrieben werden:²⁷⁴

- t_g Grundzeit
- t_{er} Erholungszeit
- t_v Verteilzeit
- t_e Zeit je Einheit
- t_r Rüstzeit
- t_{rg} Grundzeit für das Rüsten
- t_{rer} Erholungszeit für das Rüsten
- t_{rv} Verteilzeit für das Rüsten

²⁷² RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 8

²⁷³ RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 9

²⁷⁴ RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 9-11

Grundzeit

Die Grundzeit stellt normalerweise den größten Anteil an der Zeit je Einheit dar und besteht aus der Zeit der Haupttätigkeit, der Nebentätigkeit und der Zeit für ablaufbedingte Unterbrechungen.

$$t_g = \sum t_{MH} + \sum t_{MN} + \sum t_{MA}$$

Erholungszeit

Die Erholungszeit wird durch die Dauer und die Höhe der Beanspruchung durch die Arbeit bestimmt und soll der Erholung der Arbeitskräfte dienen.²⁷⁵ In der Regel soll die Erholungszeit in etwa 8-10% der Grundzeit ausmachen und 5% der Gesamtarbeitszeit betragen.²⁷⁶

$$t_{er} = \sum t_{ME}$$

Verteilzeit

Die Verteilzeit beschreibt sowohl Zeiten für zusätzliche Tätigkeiten als auch Zeiten für störungsbedingte und persönlich bedingte Unterbrechungen. Bezogen auf die Gesamtzeit beträgt diese in etwa 25%.²⁷⁷

$$t_v = \sum t_{vsachlich} + \sum t_{vpersönlich} = (\sum t_{MZ} + \sum t_{MS}) + \sum t_{MP}$$

Zeit je Einheit

Die Verteilzeit, die Erholungszeit und die Grundzeit ergeben zusammen die Zeit je Einheit, welche sich auf die Mengeneinheit 1,100 oder 1000 bezieht. Sie wird auch als Aufwandswert bezeichnet.²⁷⁸

$$t_e = t_g + t_{er} + t_v$$

Rüstzeiten

*„Rüstzeiten umfassen die Zeiten für die Vorbereitung des Arbeitssystems zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe sowie das Rückversetzen des Arbeitssystems in den ursprünglichen Zustand, falls erforderlich. Sie besitzen eine analoge Struktur wie die Grundzeiten.“*²⁷⁹

$$t_r = t_{rg} + t_{rer} + t_{rv}$$

Auftragszeit

Die Auftragszeit ergibt sich indem die Rüstzeit und die Zeit je Einheit addiert wird. Unter Beachtung der jeweiligen Bezugseinheit der Menge wird anhand der nachstehenden Formel der Auftragsumfang für das Ausführen eines Auftrages durch den Menschen beschrieben.²⁸⁰

$$T = t_e \cdot m + t_r$$

²⁷⁵ Vgl. REFA, V. f. A.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. S. 44

²⁷⁶ Vgl. LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. Masterarbeit. S. 109

²⁷⁷ Vgl. LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. Masterarbeit. S. 109

²⁷⁸ Vgl. LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. Masterarbeit. S. 52

²⁷⁹ RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 10

²⁸⁰ RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S.

3.7 Erfassungsmethodik

Die Erfassung der Daten auf der Baustelle erfolgte grundsätzlich auf zwei Arten. Einerseits wurden mit Hilfe eines händisch ausgefüllten Datenerfassungsbogens, welcher Aufzeichnungen zu allen Tätigkeiten und Unterbrechungen zur Montage der Deckenelemente beinhaltet, und andererseits mit einer vor Ort positionierten Videokamera, welche für eine durchgängige digitale Erfassung des Arbeitsfortschrittes sorgte, die Daten nachvollziehbar festgehalten. Somit konnte eine Kontrolle der zu erhebenden Daten im Nachhinein gewährleistet werden. Sämtliche Aufzeichnungen der einzelnen Arbeitskräfte wurden dabei vollständig anonymisiert.

Die Studie umfasst:

- die Datenerhebung auf der Baustelle
- die Datenauswertung – Aufwands- und Leistungswerte für die Kalkulation
- die Zusammenstellung der Ergebnisse
- den Vergleich der Bauzeit und des Bauablaufes
- die Potentiale des industriellen Holzbaus

Die Methodik der Datenerhebung nach REFA, Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung, gliedert den Arbeitsablauf auf der Baustelle in drei sogenannte Haupt- und sieben Unterkategorien²⁸¹:

3 Hauptkategorien

1. Tätigkeiten
2. Unterbrechungen
3. Nicht erkennbar

7 Unterkategorien

1. Haupttätigkeit
2. Nebentätigkeit
3. Zusätzliche Tätigkeit
4. Ablaufbedingte Unterbrechung
5. Störungsbedingte Unterbrechung
6. Erholungsbedingte Unterbrechung
7. Persönlich bedingte Unterbrechung

²⁸¹ SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Doktorarbeit S.49

„Die Kategorie „**Tätigkeit**“ umfasst alle durchgeführten Arbeiten, die mit der Leistungserbringung direkt oder indirekt in Verbindung stehen.“²⁸²

„Unter „**Haupttätigkeit**“ werden alle erhobenen Tätigkeiten zusammengefasst, die der Leistungserbringung einer direkt abrechenbaren Position dienen.“²⁸³

„Im Gegensatz zu „Haupttätigkeiten“ können „**Nebentätigkeiten**“ nicht direkt abgerechnet werden, sondern sind zur Erbringung von „Haupttätigkeiten“ notwendig.“²⁸⁴

„Die Unterkategorie „**zusätzliche Tätigkeiten**“ umfasst Haupt- und Nebentätigkeiten, die nicht dem eigentlichen Arbeitsauftrag der beobachteten Person entsprechen.“²⁸⁵

„**Störungsbedingte Unterbrechungen**“ entstehen durch äußere Einwirkungen auf den Bauablauf, wodurch dieser unterbrochen wird.“²⁸⁶

„**Erholungsbedingte Unterbrechungen**“ sind Pausen, die der Bauarbeiter infolge anstrengender Tätigkeiten selbstständig einlegt, einschließlich der vom Arbeitgeber vorgegebenen Vormittags- und Mittagspausen.“²⁸⁷

„**Persönlich bedingte Unterbrechungen**“ entstehen infolge der persönlichen Bedürfnisse des Bauarbeiters, z.B. Rauchen, Toilettengang, Trinken, u.ä.“²⁸⁸

„In die Kategorie „**Nicht erkennbar**“ werden jene Beobachtungen eingetragen, bei denen zum Beobachtungszeitpunkt der zu beobachtende Arbeiter nicht im Sichtbereich des Beobachters war und daher keine genaue Aussage über seine verrichtete Tätigkeit gemacht werden konnte.“²⁸⁹

Anhand der nachstehenden Tabelle soll der Arbeitsablauf exemplarisch in die unterschiedlichen Kategorien eingeteilt werden und die einzelnen Unterkategorien beschrieben werden.

²⁸² RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 6

²⁸³ SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Doktorarbeit. S. 49

²⁸⁴ a.a.O., S.49

²⁸⁵ a.a.O., S.49

²⁸⁶ a.a.O., S.49

²⁸⁷ a.a.O., S.49

²⁸⁸ a.a.O., S.49

²⁸⁹ a.a.O., S.49

Kategorie [erste Ebene]	Unterkategorie [zweite Ebene]	Beschreibung
„Tätigkeit“	„Haupttätigkeit“ <i>Decke montieren</i>	Die Kategorie „Tätigkeit“ umfasst alle durchgeführten Arbeiten, die mit der Leistungserbringung direkt oder indirekt in Verbindung stehen. Unter „Haupttätigkeit“ werden alle erhobenen Tätigkeiten zusammengefasst, die der Leistungserbringung einer direkt abrechenbaren Position dienen (z.B. Mauern, Betonieren, Schalung aufstellen, uä.).
	„Nebentätigkeit“ <i>Decke verschrauben</i>	Im Gegensatz zu „Haupttätigkeiten“ können „Nebentätigkeiten“ nicht direkt abgerechnet werden, sondern sind zur Erbringung von „Haupttätigkeiten“ notwendig (z.B. Mörtel mischen, Gerät und Material vorbereiten, uä.).
	„Zusätzliche Tätigkeit“ <i>Schrauben holen</i>	Die Unterkategorie „zusätzliche Tätigkeiten“ umfasst Haupt- und Nebentätigkeiten, die nicht dem eigentlichen Arbeitsauftrag der beobachteten Person entsprechen (z.B. die Kranführertätigkeit eines Maurers).
	„Unterbrechung“	
„Unterbrechung“	„Ablaufbedingt“ <i>Warten bis eingehoben</i>	Der Bereich der „Ablaufbedingten Unterbrechungen“ umfasst Pausen, die aufgrund des Bauverfahrens und des Bauablaufs notwendig sind.
	„Störungsbedingt“ <i>Element zu groß</i>	„Störungsbedingte Unterbrechungen“ entstehen durch äußere Einwirkungen auf den Bauablauf, wodurch dieser unterbrochen wird.
	„Erholungsbedingt“ <i>Geplante Pause</i>	„Erholungsbedingte Unterbrechungen“ sind Pausen, die der Bauarbeiter infolge anstrengender Tätigkeiten selbstständig einlegt, einschließlich der vom Arbeitgeber vorgegebenen Vormittags- und Mittagspausen.
	„Persönlich bedingt“ <i>Toilette</i>	„Persönlich bedingte Unterbrechungen“ entstehen infolge der persönlichen Bedürfnisse des Bauarbeiters, z.B. Rauchen, Toiletten-gang, Trinken, uä.
„Nicht erkennbar“		In die Kategorie „Nicht erkennbar“ werden jene Beobachtungen eingetragen, bei denen zum Beobachtungszeitpunkt der zu beobachtende Arbeiter nicht im Sichtbereich des Beobachters war und daher keine genaue Aussage über seine verrichtete Tätigkeit gemacht werden konnte.

Tabelle 3.1 Einteilung der Vorgänge des Arbeitsablaufs nach Schlagbauer weiterentwickelt²⁹⁰

3.8 Datenerhebungsbögen

Die Datenerhebungsbögen (kurz: DEB) bilden die Basis für die Erhebung der Daten auf der Baustelle. Im Vorhinein wurde der Bauablauf, genauer gesagt die gesamten Montagearbeiten der Deckenelemente, in einzelne Teilvorgänge gegliedert und den beiden Bauverfahren in Ortbeton- und als Fertigteilvariante zugeteilt. Anhand dieser Vorgehensweise lässt sich anschließend eine Gliederung der jeweiligen Ablaufarten in Grund- und Unterkategorien zuweisen. Die Datenerhebungsbögen wurden insbesondere auf die Arbeiten mit Brettsperrholz-Elementen angepasst. Alle Beobachtungen wurden mit Hilfe dieses Datenerhebungsbogens aufgenommen. Der Aufbau und die Kategorisierung in die verschiedenen Tätigkeitsbereiche werden anhand der folgenden Grafik verdeutlicht.

²⁹⁰ SCHLAGBAUER, D.: Arbeitsbelastung und Arbeitsleistungskurven – Auswertung empirischer Untersuchungen der Tätigkeiten im Baumeistergewerbe. In.: Tagungsband 21. Assistententreffen der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik 2010, S. 207-237

Baustelle		Paulasgasse Wien				Beginn																				
Datum						Ende																				
AK-Kürzel						Pause																				
Kategorie	Uhrzeit	Stunde	6.30					7					0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55		
			30	35	40	45	50	55	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55						
Multimomentaufnahme	Haupt-tätigkeit	EG	Baustelleneinrichtung täglich																							
			Unterweisung																							
			Decke über EG																							
			Montage Absturzsicherung Decke ü EG																							
			Deckenelement anhängen																							
			Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren																							
			Deckenelement einheben																							
			Ausrichten/Justieren																							
			Erstverschraubung Decke auf Wand																							
			Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)																							
			Endverschraubung Deckenelemente																							
			Montage Metallaschen (Ausnageln)																							
			Stoßfuge																							
			abkleben der Fugen																							
			Zuschnitt / Vermessung Falzbrett																							
			Falzbrett einlegen und vernageln																							
			Randarbeiten																							
			Hebelaschen ausschäumen																							
			Herstellen Schalentkoppelung zur Betonwand																							
			luftdichte Abklebung bei Betonwand																							
			luftdichte Verklebung Decke an Außenwand																							
			Demontage Absturzsicherung Decke u. EG																							
			Decke über 1.OG																							
			Montage Absturzsicherung Decke ü EG																							
			Deckenelement anhängen																							
			Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren																							
			Deckenelement einheben																							
			Ausrichten/Justieren																							
			Erstverschraubung Decke auf Wand																							
			Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)																							
Endverschraubung Deckenelemente																										
Montage Metallaschen (Ausnageln)																										
Stoßfuge																										
abkleben der Fugen																										
Zuschnitt / Vermessung Falzbrett																										
Falzbrett einlegen und vernageln																										
Randarbeiten																										
Hebelaschen ausschäumen																										
Herstellen Schalentkoppelung zur Betonwand																										
luftdichte Abklebung bei Betonwand																										
luftdichte Verklebung Decke an Außenwand																										
Demontage Absturzsicherung Decke u. EG																										
Decke über 2.OG																										
Montage Absturzsicherung Decke ü EG																										
Deckenelement anhängen																										
Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren																										
Deckenelement einheben																										
Ausrichten/Justieren																										
Erstverschraubung Decke auf Wand																										
Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)																										
Endverschraubung Deckenelemente																										
Montage Metallaschen (Ausnageln)																										
Stoßfuge																										
abkleben der Fugen																										
Zuschnitt / Vermessung Falzbrett																										
Falzbrett einlegen und vernageln																										
Randarbeiten																										
Hebelaschen ausschäumen																										
Herstellen Schalentkoppelung zur Betonwand																										
luftdichte Abklebung bei Betonwand																										
luftdichte Verklebung Decke an Außenwand																										
Demontage Absturzsicherung Decke u. EG																										
Einhausen (Abplanen)																										
Stiegenloch / Öffnungen / Einnetzen																										
Oberflächenreinigung																										
Ausbesserungen																										
allg.																										
Neben-tätigkeit																										
zusätzl. Tätigkeit		Betonplatte Rand bereinigen Kran aufstellen																								
Unterbrechung	Ablaufbedingt	Plan lesen, Diskussionen, Arbeitsvort. klären, Schulung Kontrolle Kabel, Baubegehung Kranstehtzeit, Warten, LKW fährt ein																								
	Störungsbedingt	fehlende Doku., ungenaue Planung Werkzeug holen, Material kaufen, Teile herstellen fehlende Führung, Pause Kranfahrer ungenau Ausführung der Vorarbeiten, enge Aussparungen, kein Ström																								
	Erholungsbedingt	stehen, zuschauen, nichts tun Teambesprechung ü. Hindernisse Wasser trinken																								
	Persönlich bedingt	eigene Pause vorgegebene Pause Abwesenheit																								
	Kein Einfluss																									
WBG		Wärmestr. Luftgeschw. rel Luftf. Temp.																								

GRUNDDATEN

UNTERKATEGORIE

HAUPTKATEGORIE

Tabelle 3.2 MMA – Datenerfassungsbogen des zu untersuchenden Objektes

3.8.1 Beschreibung des verwendeten Datenerhebungsbogens

Grunddaten

- Bezeichnung der Baustelle (hier: Paulasgasse 22, Wien-Schwechat)
- Datum der Beobachtung
- Kürzel der Arbeitskraft
- Beginn und Ende des Arbeitstages
- Etwaige Pausenzeiten

Daten für die Multimomentaufnahme

- Benennen und Eintragen der jeweiligen Tätigkeiten, die für die Montage relevant sind
- Eintragen aller beobachteten Tätigkeiten im vorgegebenen Beobachtungsintervall von 5 Minuten

Zur besseren Interpretation der Daten ist es laut dem Verfasser ratsam, handschriftliche Notizen wie Informationen zur Witterung, besondere Vorkommnisse, wie etwa unerwartete Störungen und die Motivation der Arbeitskräfte zu notieren. Werden im Beobachtungsintervall mehrere unterschiedliche Tätigkeiten durchgeführt, so zählt die am längsten dauernde Tätigkeit innerhalb dieses Zeitintervalls. Um eine neutrale, nicht Personen bezogene Beobachtung zu gewährleisten, wird jeder Arbeitskraft ein Kürzel zugewiesen, damit keine Rückschlüsse auf die jeweilige Arbeitsproduktivität der betroffenen Arbeitskraft gezogen werden können. Alle teilnehmenden Arbeitskräfte wurden mittels einem Probandeninformationsblatt darüber in Kenntnis gesetzt und waren damit einverstanden, dass die Aufnahmen teilweise in deren Privatsphäre eingreifen könnten.

3.9 Einzelzeitaufnahme

Bei der Aufnahme von Daten nach REFA unterscheidet man generell zwischen zwei Methoden, der Einzel- und der Multimomentaufnahme. Wird eine Einzelzeitaufnahme durchgeführt, so wird die Dauer der Ablaufabschnitte gemessen. Hierbei muss der Ablauf in einzelne Arbeitsabschnitte unterteilt werden, was die genaue Kenntnis der Vorgänge erfordert.²⁹¹ Als Zeitmessgerät dienen dem Beobachter eine herkömmliche Armbanduhr oder eine Stoppuhr mit Sekundenanzeige. In stationären Betrieben gibt es noch weitere Typen von Zeitmessgeräten, welche an dieser Stelle aber nicht näher beschrieben werden sollen.²⁹² Da die Arbeiten auf der Bau-

²⁹¹ Vgl. REFA, V. f. A.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. S. 86ff.

²⁹² REFA, V. f. A.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. S. 90

stelle häufig als Gruppe verrichtet werden, eignen sich Gruppenzeitaufnahmen in der Regel besser zur Analyse und Auswertung der Daten.²⁹³ Diese Methode wurde für die Baustellenanalyse angewandt und wird im nächsten Kapitel näher beschrieben.

3.10 Multimomentaufnahme

Die Multimomentaufnahme bietet eine Alternative zur Einzelzeitaufnahme. Die Zeitaufnahme einer Gruppe wird als systematische Momentaufnahme (kurz MMA) bezeichnet. Die Aufnahme erfolgt stetig und liegt einem groben Zeitraster zugrunde.²⁹⁴ Sie wird vor allem dann verwendet, wenn der Zeitaufwand für bestimmte Tätigkeiten bestimmt werden soll. Hierbei wird der Arbeitsablauf nicht in die einzelnen Ablaufabschnitte unterteilt, sondern in sog. Ablaufarten gegliedert, wie in Kapitel 3.6 beschrieben. Mit dieser Methode ist es dem Beobachter möglich zur gleichen Zeit den Zeitaufwand für bestimmte Tätigkeiten von mehreren Personen zu erfassen.²⁹⁵ Mittels stichprobenartiger Zählung kann der Anteil an den jeweiligen Ablaufarten am Gesamtablauf bestimmt werden. Folgende Punkte müssen dabei berücksichtigt werden:²⁹⁶

- Das Festlegen eines Ziels
- Die Ablaufarten definieren und beschreiben
- Festlegen eines Plans für den Rundgang
- Definition des notwendigen Beobachtungsumfanges
- Zeitpunkte für den Rundgang definieren
- Durchführen der ersten Beobachtungen
- Auswerten der Zwischenergebnisse
- Weitere Beobachtungen durchführen
- Endauswertung

Auf Basis der Bauablaufanalyse sollen im Rahmen dieser Arbeit Aufwandswerte für Holzmontagearbeiten an HBV-Decken für zwei unterschiedliche Bauverfahren ermittelt werden. Die Aufnahme findet von einem stationären Posten aus statt, von welchem aus der gesamte Arbeitsplatz überblickt werden kann. In einem späteren Kapitel wird auf die Beobachtung genauer eingegangen und die Ermittlung der Ablaufarten detailliert dargestellt.

²⁹³ Vgl. RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 14

²⁹⁴ Vgl. RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 14

²⁹⁵ Vgl. RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 15

²⁹⁶ Vgl. REFA, V. f. A.: REFA in der Baupraxis. [Von] Gerhard Berg [u.a.]. (Hrsg. v. REFA Verband f. Arbeitsstudien u. Betriebsorganisation e. V., Darmstadt, Fachausschuss Bauwesen ... T. 1-4 - 1. Grundlagen. [Von] Gerhard Berg. - 2. Datenermittlung. [Von] Gerhard Kuenstner - 3. Arbeitsgestaltung. [Von] Gerhard Kuenstner. - 4. Lohngestaltung. [Von] (Heinz) Kassel- (Franz) Sprenger. S. 236ff.

3.11 Datensammlungen

Für die Bauablaufanalyse wurden die Daten von zwei unterschiedlichen Verfahren aufgenommen. Zum einen wurde die Montage von Holz-Beton-Verbunddecken in Ortbetonbauweise betrachtet und zum anderen die Montage von Holz-Beton-Verbunddecken als Fertigteil. Im Fokus der Betrachtung liegen die Geschossdecken über dem Erdgeschoss und dem 1. Obergeschoss des 8. Bauabschnitts (Haus I) und des 4. Bauabschnitts (Haus III). Diese bieten aufgrund ihrer annähernd gleichen Bruttogeschossfläche in [m²] eine gute Vergleichbarkeit der beiden Bauverfahren. Der Beobachter und Verfasser dieser Arbeit begann mit der Erfassung der Daten für die Bauweise in Ortbeton (Haus III) am 05.05.2015. Weitere Aufnahmen fanden am 06. und 07.05.2015 statt. Die Bewehrungsarbeiten fanden nach Fertigstellung des Rohbaus statt. Die Betonage für alle Geschosse erfolgte am Freitag dem 26.06.2015. In der Datenauswertung wird die Dauer der Schalungs-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten auf die BGF des jeweiligen Bauabschnittes heruntergebrochen und Aufwandswerte ermittelt. Die Nacharbeiten für die Holzarbeiten erfolgten im Laufe der darauffolgenden Wochen. Die Aufnahmen der HBV-Verbunddecken als Fertigteil wurden am 15.07.2015 und am 17.07.2015 getätigt. Die Nacharbeiten für die Deckenarbeiten fanden im Juli statt und wurden stichprobenartig aufgenommen. Die zusammengetragenen Datenmengen für die reinen Holzarbeiten umfassen je Arbeitskraft (5 Monteure) und Arbeitstag (5 Wochentage) zwei Datenerhebungsbögen (Vormittag und Nachmittag) zur Multimomentaufnahme. Insgesamt sind dies für die Ortbetonbauweise 30 und für die Fertigteilvariante 20 A3-Blätter. Das Videomaterial wurde für ein Zeitraffer-Video verwendet. Die Bögen wurden anschließend integriert, ausgewertet und interpretiert.

3.12 Problematik der Datenerfassung

Aufgrund einer vorangegangenen Erstbesichtigung der Baustelle und einer ausreichenden Vorbereitung des Datenerfassungsbogens für die Aufnahme war die Beobachtung auf der Baustelle leicht durchführbar. Die digitale Datenerfassung erfolgte mittels einer Videokamera, welche je nach Bauabschnitt am Traggerüst des gegenüberliegenden Baukörpers angebracht wurde. Diese Position ergab einen guten Überblick über den gesamten Arbeitsbereich und das dazugehörige Arbeitsumfeld. Der Beobachter selbst hielt sich während der Montagearbeiten am jeweiligen Geschoss auf, in welchem die Decken versetzt und montiert wurden. Eine Person, welche für das Anhängen der Deckenelemente am Aufleger zuständig war, war weder für den Beobachter einsehbar, noch befand er sich im Blickwinkel der Kamera. Diese Person wurde im Intervalltakt von 5 Minuten mit einem Rundgang überprüft. Da die meiste Zeit beständiges Wetter herrschte, nahm die Witterung kaum Einfluss auf die Beobachtungen. Weil für die Montagearbeiten etwaige Nacharbeiten notwendig waren und diese zu unregelmäßigen Zeitpunkten stattfanden, konnten diese nur stichprobenartig ermittelt werden. Diese wurden im Anschluss überschlagsmäßig berechnet und auf Plausibilität überprüft.



Bild 3.22 Vogelperspektive von Haus I – Position der Videokamera

3.13 Holzbauspezifisches bei der Datenermittlung

Alle Hübe für die Holzbauarbeiten wurden von zwei Obendreherkrane durchgeführt, wobei jeder der beiden Krane zwei Baukörper bediente. Elemente wie Wände, Unterzüge, Stützen oder Deckenelemente wurden direkt am Aufleger angehängt und anschließend versetzt. Das Anhängen war der Haupttätigkeitsbereich einer Person, da die Elemente in sehr kurzen Zeitabständen verhoben wurden. Im Schnitt kann sowohl bei der Ort-beton- als auch bei der Fertigteilvariante von vier Hüben pro Stunde ausgegangen werden. So konnten Warte- und etwaige Stehzeiten vermieden beziehungsweise auf ein Minimum reduziert werden. Aus Sicht des Beobachters kam es während dem Beobachtungszeitraum nur einmal zu längeren unvorhergesehen Stehzeiten während des Bauablaufs, da die Reihenfolge der Deckenelemente am Aufleger nicht den Vorgaben der Logistik entsprach, wodurch die Elemente kurzfristig zwischengelagert werden mussten, um anschließend entsprechend des Bauablaufs eingebaut werden zu können. Weitere Störungen und Unterbrechungen während der Montage der Elemente werden in Kapitel 4 ausführlich beschrieben.



Bild 3.23 Baustellenüberblick in Richtung Norden



Bild 3.24 Montagemannschaft – Fa. Kulmer

4 Datenauswertung – Ergebnisse

Im Anschluss an die Beobachtungen und Aufzeichnungen auf der Baustelle wurden die erhobenen Daten ausgewertet und in späterer Folge miteinander verglichen. Als Basis dienten dem Verfasser die Datenerfassungsbögen und die Videoaufzeichnungen vor Ort als Plausibilitätskontrolle.

4.1 Ziele der Datenauswertung

Mit Hilfe der Analyse dieses Bauvorhabens sollten möglichst realistische Kennzahlen für die Holzbaumontage bestimmt und für künftige Kalkulationen Richtwerte festgelegt werden. Konkret wurden im Vorfeld folgende Ziele vom Verfasser gemeinsam mit MMK definiert:

- Erfassung der Zeiten für die Holzbau-Montage von Holz-Beton-Verbunddecken als Ortbeton- und Fertigteilvariante
- Ermittlung von Aufwandswerten und Leistungswerten mittels Datenauswertung.
- Vergleich der Bauzeit beider Bausysteme.
- Vergleich der tatsächlichen Aufwandswerte mit Kalkulationswerten vergangener Projekte.
- Umfassender kalkulatorischer Kostenvergleich und Systemgegenüberstellung.
- Erfassung der Störungen im untersuchten Bauablauf und Potentialanalyse.

Anhand dieser übergeordneten Ziele soll

- **die Darstellung von Eingangsdaten (Aufwandswerten) für künftige Kalkulationen ermittelt werden**
- **ein Kostenvergleich unterschiedlicher Bausysteme erstellt werden**
- **das Einsparungspotential in einem optimierten Bauablauf aufgezeigt werden**

Die Ermittlung von Kennzahlen abgeschlossener Projekte stellt generell das Ziel von REFA-Analysen dar. Des Weiteren können nicht nur Vergleiche unterschiedlicher Bausysteme, sondern auch gesamte Bauvorhaben mittels baustellenspezifischer Kennzahlen miteinander verglichen werden.

4.2 Datenauswertungsmethode

Die Auswertung der Daten des beobachteten Objektes und die anschließende Kalkulation der beiden Bauverfahren, HBV-Decken als Ortbeton- und Fertigteilvariante, erfolgt anhand der folgenden Schritte:

- Übertrag der händischen Aufzeichnungen in Excel Tabellen für jede Arbeitskraft für jede Tätigkeit und für jeden Tag
- Laufende Plausibilitätskontrolle und Vergleich mit den aufgenommenen Videoaufzeichnungen
- Beurteilung der Hauptaktivität und Einteilung in die Kategorien (gut, mittel und schlecht) für jede Arbeitskraft und für jeden Tag in die 7 Unterkategorien
- Auswertung anhand von 2 unterschiedlichen Methoden:
 - Analyse der Arbeitszeit nach Zeitarten aller Arbeitskräfte an jedem Tag
 - Analyse der Baustellendaten nach Tätigkeiten und Unterbrechungen aller Arbeitskräfte an jedem Tag auf erster und auf zweiter Ebene
- Ermittlung der tatsächlichen Aufwandswerte aller Haupttätigkeiten ($AW_{\text{Netto}} - AW_{\text{Brutto}}$) für jedes Geschoss (EG / 1.OG) und für beide Bauverfahren (Ortbetonvariante / Fertigteilvariante)
- Kalkulation beider Varianten nach der derzeit gültigen Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061 mit den Kalkulationsformblättern K3-Mittellohnpreis, K7-Positionspreis, etc.
- Vergleich der beiden Bauverfahren und endgültiger Output:
 - € pro m² Ortbetonvariante / Fertigteilvariante
 - Bauzeitvergleich, Montageteamzusammensetzung
- Potenzialdarstellung künftiger Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich der Einsparung der Herstellkosten

Es ist zu erwähnen, dass der Beobachter auf der Baustelle der Verfasser dieser Arbeit ist. Dies erweist sich als vorteilhaft, um etwaige Störungen oder Unterbrechungen den einzelnen Tätigkeiten korrekt zuzuordnen und eine fortlaufende Plausibilitätskontrolle durchführen zu können.

4.2.1 Datenerfassung auf der Baustelle

An dieser Stelle wird nochmals ein zeitlicher Überblick der Datenerfassung auf der Baustelle gegeben und die Zusammensetzung der Mannschaft dargestellt:

Variante A	HBV-Decken mit Ortbeton
05.- 07.05.2015	Montage Haus III, Bauabschnitt 4 Decke über EG Decke über 1.OG
12.06.2015	Bewehrungsarbeiten Haus III, 1.OG – Decke über EG
15.06.2015	Bewehrungsarbeiten Haus III, 2.OG – Decke über 1.OG
26.06.2015	Betonage aller Geschosse Haus III
Variante B	HBV-Decken als Fertigteil
15.07.2015	Montage HBV-Decken Haus I, Bauabschnitt 8 Decke über EG
17.07.2015	Montage HBV-Decken Haus I, Bauabschnitt 8 Decke über 1.OG

Mannschaft

in Summe besteht die Mannschaft für die Montage der Brettsper Holzdeckenelemente bzw. der HBV-Fertigteildecken aus 5 Monteuren der Firma Kulmer-Holz-Leimbau GesmbH²⁹⁷ inklusive einem Vorarbeiter

- davon befinden sich während dem Arbeitsablauf 3 Monteure auf den jeweiligen Geschossdecken, welche vor allem für das Einheben der Deckenelemente, für die Erstverschraubung der Decke an die Wand, für das Ausrichten und Justieren und für die Verschraubung der Deckenelemente zueinander zuständig sind
- davon 1 Monteur am Aufleger, welcher das Abplanen der Deckenelemente übernimmt und diese direkt an den Kran anhängt
- davon 1 Vorarbeiter, der selbst körperliche Arbeiten durchführt und zusätzlich als Bauleiter für ein bis zwei weitere, sich auf der Baustelle befindlichen, Partien fungiert

²⁹⁷ <http://www.kulmerbau.at/>

4.2.2 Übertragung der Beobachtungsdaten

Im ersten Schritt fand der Übertrag der händischen Aufzeichnungen in ein Excel Tabellenkalkulationsprogramm statt. Dies wurde für jede Arbeitskraft, für jeden Tag und für jede Tätigkeit vorgenommen. Wie im vorherigen Kapitel 3.6 – Grundlagen zu REFA-Analysen erklärt, ist der für die Aufzeichnungen verwendete Datenerhebungsbogen (kurz: DEB) in die 3 Haupt- und 7 Unterkategorien gegliedert. Zum besseren Verständnis soll an dieser Stelle auf das Kapitel 3.7 – Erfassungsmethodik verwiesen werden. Anhand der folgenden Tabelle wird exemplarisch ein Ausschnitt eines ausgefüllten Datenerhebungsbogens für eine Arbeitskraft an einem Arbeitstag dargestellt.

Datum	15.07.2015								
AK-Kürzel	AK1								
		Uhrzeit:	Stunde	6.30					
			Minute	30	35	40	45	50	55
aufnahme	Haupttätigkeit	Baustelleneinrichtung täglich	EG						
		Unterweisung							
		Decke über EG							
		Montage Absturzsicherung Decke ü. EG							
		Deckenelement anhängen				1	1	1	1
		Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren							
		Deckenelement einheben							
		Ausrichten/Justieren							
		Erstverschraubung Decke auf Wand							
		Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)							
		Endverschraubung Deckenelemente							
		Montage Metallfischen (Ausnagen)							
		Stoßfuge							
		abkleben der Fugen							
		Zuschnitt / Vermessung Falzbrett							
		Falzbrett einlegen und vernageln							
		Randarbeiten							
		Hebelaschen ausschäumen							
		Herstellen Schalenteppung zur Betonwand							
		lufdichte Abklebung bei Betonwand							
		lufdichte Verklebung Decke an Außenwand							
		Demontage Absturzsicherung Decke ü. EG							
		Decke über 1.OG							
		Montage Absturzsicherung Decke ü. EG							
		Deckenelement anhängen							
		Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren							
		Deckenelement einheben							
		Ausrichten/Justieren							
		Erstverschraubung Decke auf Wand							
		Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)							
Endverschraubung Deckenelemente									
Montage Metallfischen (Ausnagen)									
Stoßfuge									
abkleben der Fugen									
Zuschnitt / Vermessung Falzbrett									
Falzbrett einlegen und vernageln									

Tabelle 4.1 Ausschnitt DEB – AK1, 15.07.2015, Fertigteilvariante

In weiterer Folge wurden die einzelnen Tätigkeiten und Unterbrechungen für jede Arbeitskraft und jeden Arbeitstag aufgelistet und aufsummiert. Diese Zeiten bilden die Basis für die Analyse.

Ortbeton		Decke über EG	Decke über 1.OG	Gesamt
alle AK: Beurteilung nach REFA		Dienstag 05. Mai 2015	Mittwoch 06. Mai 2015	Σ
		[min]	[min]	[min]
Tätigkeiten	Haupttätigkeit	1165	955	2120
	Nebentätigkeit	115	0	115
	zusätzl. Tätigkeit	200	0	200
	Σ Tätigkeiten	1480	955	2435
Unterbrechungen	Ablaufbedingt	75	0	75
	Störungsbedingt	220	350	570
	Erholungsbedingt	15	5	20
	Persönlich bedingt	485	30	515
	Σ Unterbrechungen	795	385	1180
nicht erkennbar Tätigkeiten		0	0	0
Σ [min]		2275	1340	3615

Tabelle 4.2 Variante Ortbeton – alle AK, Decke über EG und 1.OG

4.3 Ableitung holzbauspezifischer Ergebnisse

Zur Erklärung der weiteren Vergleichbarkeit der beiden Bauverfahren, HBV-Decken als Ortbeton- und Fertigteilvariante, sollen für die Verlegung der Deckenelemente die folgenden separaten Kennzahlen in Form von Aufwandswerten für die Decke über dem Erdgeschoss und die Decke über dem 1.Obergeschoss für beide Varianten ermittelt werden. Es wird hierbei jeweils in AW_{Netto} und AW_{Brutto} unterschieden, welche in Kapitel 4.8 – Aufwandswerteermittlung näher beschrieben werden:

Variante HBV-Ortbetondecke

- Aufwandswert für das Verlegen der BSP-Deckenelemente
- Aufwandswert für das Verschrauben der BSP-Deckenelemente
- Aufwandswert für die Rand- und Nacharbeiten
- Aufwandswert für die Arbeiten an der Stoßfuge
- Aufwandswert für die gesamte BSP-Montage
- Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten
- Aufwandswert für die Betonierarbeiten
- Aufwandswert für die gesamte Herstellung der beiden Geschossdecken

Variante HBV-Fertigteildecke

- Aufwandswert für das Verlegen der HBV-Deckenelemente
- Aufwandswert für das Verschrauben der HBV-Deckenelemente
- Aufwandswert für die gesamte HBV-Montage
- Aufwandswert für die Rand- und Nacharbeiten
- Aufwandswert für die Fugenschüttung
- Aufwandswert für die gesamte Herstellung der beiden Geschossdecken

Da es bis dato nur wenige Referenzprojekte hinsichtlich der Ermittlung von Aufwandswerten für die Brettsperrholz- bzw. die Holzbetonverbundmontage gibt und dementsprechend wenig Literatur zu diesem Thema vorhanden ist, erwies sich die Vergleichbarkeit der ermittelten Daten als kompliziert. Plausibilitätskontrollen wurden stetig im Laufe der Auswertung durchgeführt.

4.4 Analyse nach Zeitarten

Durch die Analyse der Baustellendaten nach Zeitarten kann eine Betrachtung der Gesamtarbeitszeit aufgestellt werden. Die Verteilung der Zeitarten nach REFA lässt sich wie folgt einteilen:

- Grundzeit
- Erholungszeit
- Verteilzeit



Tabelle 4.3 Die Zeitarten nach REFA

Die Datenauswertung beider Systeme findet durch die Auswertung der Verteilung auf zwei verschiedenen Kategorie-Ebenen einerseits

- an jedem Arbeitstag für jede Arbeitskraft und andererseits
- an allen Arbeitstagen für alle Arbeitskräfte statt.

Im ersten Schritt werden die aufgenommenen Tätigkeiten in die Kategorien „Tätigkeit“, „Unterbrechung“ und „Nicht erkennbar“ eingeteilt.²⁹⁸ In der nachfolgenden Grafik wird exemplarisch die Verteilung in der Gliederung nach Zeitarten aller Bauarbeiter über die gesamte Bauzeit dargestellt.

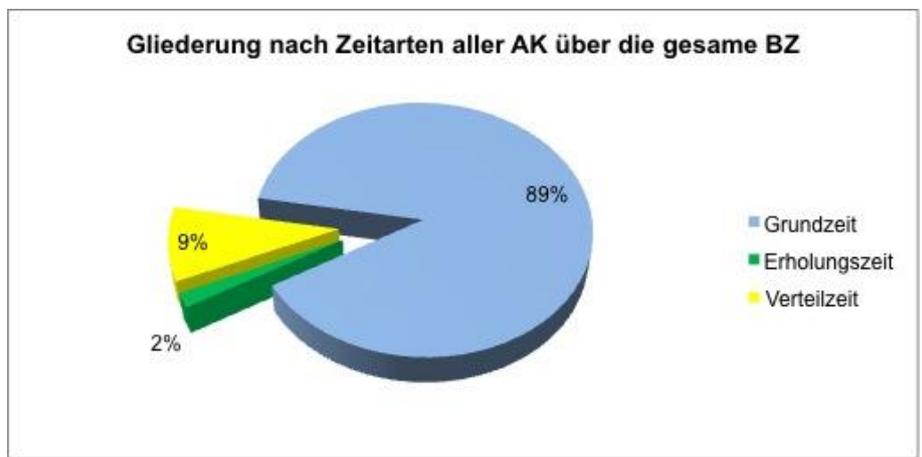


Bild 4.1 Analyse nach Zeitarten – alle AK über die gesamte BZ, Fertigteilvariante

²⁹⁸ Vgl. SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Doktorarbeit. S. 128

4.5 Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen

Aufbauend auf der Analyse nach Zeitarten kann eine genauere Untersuchung auf zweiter Ebene durchgeführt werden. Hierbei werden die drei Kategorien in ihre sieben Unterkategorien unterteilt und untersucht. Die Auswertung findet auf zwei Ebenen statt, wobei die gesamte Bauzeit beurteilt wird. Die zweite Ebene beinhaltet folgende Aufteilung:

Tätigkeiten

- Haupttätigkeiten
- Nebentätigkeiten
- Zusätzliche Tätigkeiten

Unterbrechungen

- Ablaufbedingte Unterbrechung
- Störungsbedingte Unterbrechung
- Erholungsbedingte Unterbrechung
- Persönlich bedingte Unterbrechung

Die Datenauswertung findet abermals durch die Auswertung der Verteilung einerseits

- an jedem Arbeitstag für jede Arbeitskraft und andererseits
- an allen Arbeitstagen für alle Arbeitskräfte statt.



Bild 4.2 Zweite Ebene – alle AKs über die gesamte BZ, Ortbetonvariante

4.6 Klassifizierung der Arbeitstage

Sowohl die Datenauswertung „nach Zeitarten“ als auch die nach „Tätigkeiten und Unterbrechungen“ beinhalten eine Klassifizierung der Arbeitstage in die Kategorien

- „GUT“
- „MITTEL“
- „SCHLECHT“

In diese Betrachtung fließt der prozentuale Anteil²⁹⁹ der Grundzeit³⁰⁰, gemessen an der gesamten Arbeitszeit³⁰¹, mit ein.

4.6.1 Klassifizierung nach Zeitarten

Für die Klassifizierung nach Zeitarten gilt:

- „GUT“
Gemessen an der Gesamtarbeitszeit ist der prozentuelle Anteil der Grundzeit > 80%
- „MITTEL“
Gemessen an der Gesamtarbeitszeit ist der prozentuelle Anteil der Grundzeit > 60% und ≤ 80%
- „SCHLECHT“
Gemessen an der Gesamtarbeitszeit ist der prozentuelle Anteil der Grundzeit ≤ 60%

²⁹⁹ Nachstehende Prozentsätze der angeführten Klassifizierungen sind vom Verfasser dieser Arbeit für beide Analysemethoden bestimmt worden. Diese lassen sich aus facheinschlägiger Literatur ableiten, da in Summe der Anteil der jeweiligen Grundzeit, gemessen an der gesamten Arbeitszeit, theoretisch zwischen 70 % und 100 % liegen soll.

³⁰⁰ Die Grundzeit setzt sich aus den Zeiten der Haupttätigkeit, der Nebentätigkeit und der ablaufbedingten Unterbrechungen zusammen.

³⁰¹ Die Arbeitszeit ist die gesamte Zeit, welche für alle Tätigkeiten und Unterbrechungen aufgewandt wird und in den einzelnen DEB erfasst ist.

AK1: Beurteilung nach REFA		AK			
Baustelle: Paulasgasse FA Kulmer					
		Tage:	1.	2.	Ges.
Haupttätigkeit	+				
Nebentätigkeit	+				
Ablaufbedingte Unterbrechung	=				
Grundzeit			91%	89%	90%
Beurteilungsschema		<p>Grundzeit</p> <p>100% 90% 80% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 0%</p> <p>0 1 2</p> <p>◆ AK</p>			
GUT	81%				
MITTEL	61%				
SCHLECHT	60%				
	0%				
Beurteilung pro Woche					
Summe Tage [Tage]	2	100%	1	2	
GUT [Tage]	2	100%	1	1	1
MITTEL [Tage]	0	0%	-	-	-
SCHLECHT [Tage]	0	0%	-	-	-
GESAMTBEURTEILUNG			GUT		

Tabelle 4.4 AK1 Fertigteilvariante - Analyse nach Zeitarten

Mittels der Analyse nach den Zeitarten soll ein Überblick über die Bauaktivität eines Bauvorhabens gegeben werden und der Zeitraum jener Tage verdeutlicht werden, an welchen Beobachtungen durchgeführt wurden. So kann die Leistung an jedem spezifischen Arbeitstag erkannt und mit anderen Arbeitstagen verglichen werden.

4.6.2 Klassifizierung nach Tätigkeiten und Unterbrechungen

Für die Klassifizierung nach Tätigkeiten und Unterbrechungen gilt:

- „GUT“
Gemessen an der Gesamtarbeitszeit ist der prozentuelle Anteil der Haupttätigkeit > 40%
- „MITTEL“
Gemessen an der Gesamtarbeitszeit ist der prozentuelle Anteil der Haupttätigkeit > 30% und ≤ 40%
- „SCHLECHT“
Gemessen an der Gesamtarbeitszeit ist der prozentuelle Anteil der Haupttätigkeit ≤ 30%

AK1: Beurteilung nach REFA		AK			
Baustelle: Mooskirch Baustelle: Paulasgasse		Tage:	1.	2.	Ges.
FA Kulmer					
Haupttätigkeit	+				
Nebentätigkeit	+				
zusätzliche Tätigkeit	=				
Haupttätigkeit			56%	72%	63%
Beurteilungsschema		<p>The chart 'Grundzeit' plots the percentage of main activity against the number of days (0, 1, 2). The y-axis ranges from 0% to 100%. A blue diamond labeled 'AK' is positioned at approximately 63% on the y-axis, corresponding to 2 days on the x-axis.</p>			
GUT	41%				
MITTEL	31%				
SCHLECHT	30%				
	0%				
Beurteilung pro Woche					
Summe Tage	2	100%	1	2	
GUT [Tage]	2	100%	1	1	1
MITTEL [Tag]	0	0%	-	-	-
SCHLECHT	0	0%	-	-	-
GESAMTBEURTEILUNG		GUT			

Tabelle 4.5 AK1 Ort betonvariante - Analyse nach Tätigkeiten & Unterbrechungen

4.7 Ergebnisse der Baustellendaten

Im nachstehenden Kapitel werden nun die Ergebnisse der vorangegangenen Analysen „nach Zeitarten“ und „nach Tätigkeiten und Unterbrechungen“ ausführlich betrachtet. Diese Betrachtung erfolgt im ersten Schritt für jedes der beiden Bauverfahren für alle Arbeitskräfte, an jedem Arbeitstag und über die gesamte Bauzeit. Anschließend werden die Holzbetonverbunddecken in Ortbeton und als Fertigteil hinsichtlich der Bauzeit und den aufgetretenen Störungen und Unterbrechungen miteinander verglichen.

Zu Beginn soll ein grober Überblick über die Dauer der Montage an den Geschossdecken, exklusive den Nacharbeiten, für jedes Geschoss der beiden Varianten angeführt werden:

Variante A BSP-Decken
 Decke über EG Dauer: 7h 35min
 Decke über 1.OG Dauer: 5h 35min

Variante B HBV-Decken
 Decke über EG Dauer: 3h und 50min
 Decke über 1.OG Dauer: 4h und 25min

Nachfolgend soll die Analyse nach Zeitarten für alle Arbeitskräfte sowohl für jeden einzelnen Arbeitstag, als auch für alle Arbeitstage zusammen veranschaulicht werden. Diese Darstellung wird für beide Varianten durchgeführt.

4.7.1 Auswertung nach Zeitarten – Ortbetonvariante

Ortbeton		Decke über EG	Decke über 1.OG	Gesamt	
Beurteilung nach REFA aller AK		Datum	05.05.15	06.05.15	gesamte
Baustelle: Paulasgasse	Wo-Tag	DI	Mi	Woche	
FA Kulmer	BA-Zahl	1	1	1	
Bauarbeiter					
Grundzeit		60%	71%	64%	
Erholungszeit		1%	0%	1%	
Verteilzeit		40%	28%	36%	

Tabelle 4.6 alle AK Ortbetonvariante - Analyse nach Zeitarten

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an einem Arbeitstag



Bild 4.3 Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG

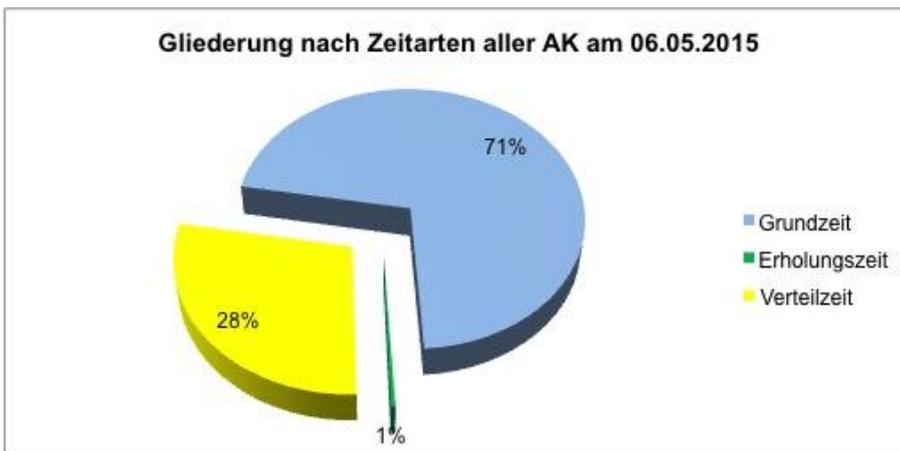


Bild 4.4 Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über 1.OG

Der Vergleich der beiden Geschossdecken macht deutlich, dass sich die Grundzeit anteilig an der Gesamtbauzeit deutlich unterscheidet. Im Erdgeschoss liegt diese bei 59 %, im 1. Obergeschoss hingegen bei 71 %. Man kann darauf schließen, dass die Bauarbeiter am 06.05.2015 prozentuell gesehen um 12 % mehr mit Haupttätigkeiten zugebracht haben. Ursachen dafür sind die Erbringung von zusätzlichen Tätigkeiten oder störungs- und persönlich bedingte Unterbrechungen.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an allen Arbeitstagen

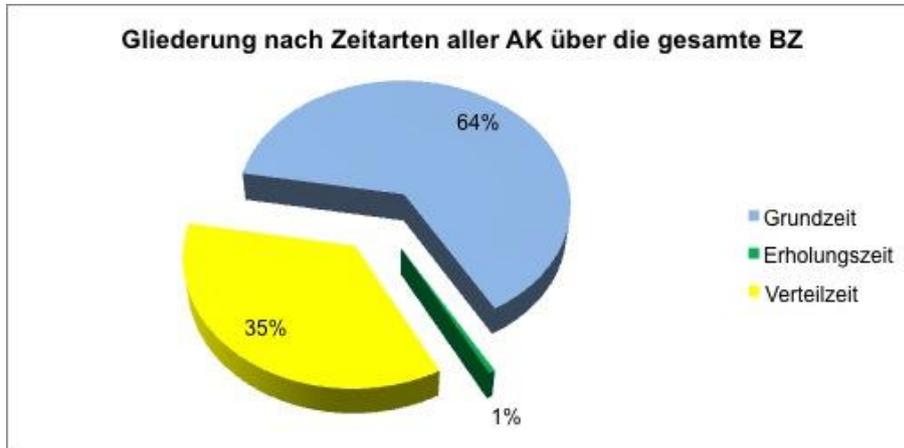


Bild 4.5 Gliederung nach Zeitarbeit – alle AK Decke über EG und 1.OG

- Statistische Sicherheit der Verteilung nach erster Ebene nach der Multimoment-Hauptformel^{302,303}

$$f = \pm \sqrt{\frac{p \cdot (100 - p)}{n}} = \pm 1,96 \sqrt{\frac{64 \cdot (100 - 64)}{723}} = \pm 3,5 \%$$

Die obige Abbildung der Analyse nach Zeitarbeit über die gesamte Bauzeit von zwei Tagen, veranschaulicht, dass aufgrund der ermittelten Grundzeit mit durchschnittlich 64 % auf eine mittelmäßig hohe Produktivität geschlossen werden kann. Laut einschlägiger Literatur werden für die Erholungszeit maximal 10 % und für die Verteilzeit maximal 25 % angegeben.³⁰⁴ Die Erholungszeit liegt mit 1 % im angestrebten Bereich die Verteilzeit, welche die zusätzlichen Tätigkeiten und die störungs- und persönlich bedingten Unterbrechungen beinhaltet, liegt jedoch bei 35 %. Dem kann mit einer Vermeidung von Störzeiten und einer Reduzierung von persönlich bedingten Unterbrechungen entgegen gewirkt werden. Des Weiteren können die zusätzlichen Tätigkeiten mit arbeitsgestalterischen Maßnahmen verbessert werden.

³⁰² RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 16

³⁰³ Die Aussagegenauigkeit wird mit Hilfe der Multimoment-Hauptformel durch Ermittlung der Vertrauensbereiche für die in der Grundzeit liegenden Teilvorgänge nachgewiesen. Für eine statistische Sicherheit von $S = 95 \%$ ergeben sich die absoluten Vertrauensbereiche aus der umgestellten MM-Hauptformel wie folgt.

³⁰⁴ RIEDIGER, H.-G., Steinmetzger, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar, S. 10

Anhand der Berechnung der statistischen Sicherheit kann die Aussage getroffen werden, dass der Anteil der Grundzeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % mit einer Abweichung von $\pm 3,5 \%$ bei dem ermittelten Wert von 64 % liegt.

4.7.2 Auswertung nach Zeitarten – Fertigteilvariante

Fertigteil		Decke über EG	Decke über 1.OG	Gesamt
Beurteilung nach REFA aller AK		15.07.15	17.07.15	gesamte
Baustelle: Paulasgasse		Mi	Fr	Woche
FA Kulmer		1	1	1
Bauarbeiter				
Grundzeit		93%	86%	89%
Erholungszeit		3%	1%	2%
Verteilzeit		5%	13%	9%

Tabelle 4.7 alle AK Fertigteilvariante - Analyse nach Zeitarten

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an einem Arbeitstag

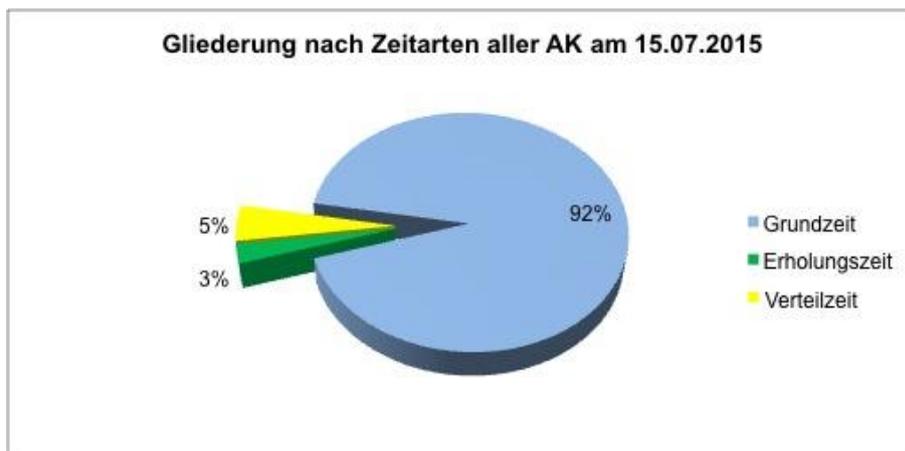


Bild 4.6 Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG

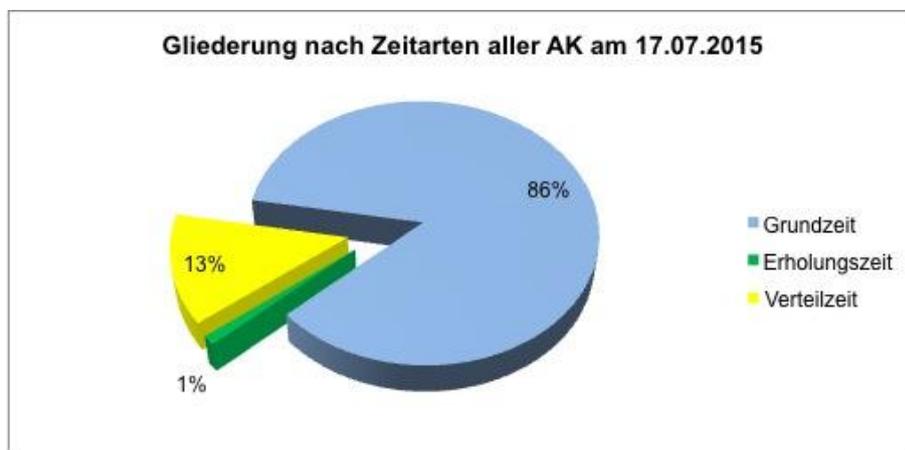


Bild 4.7 Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über 1.OG

Der Vergleich der beiden Geschossdecken macht deutlich, dass die Grundzeit anteilig an der Gesamtbauzeit annähernd gleich bleibt. Im Erdgeschoss liegt diese bei 92 %, im 1. Obergeschoss bei 86 %. Man kann darauf schließen, dass die Bauarbeiter am 15.07.2015 prozentuell gesehen um 6 % mehr mit Haupttätigkeiten zugebracht haben. Ausschlaggebend ist die am 17.07.2015 aufgetretene störungsbedingte Unterbrechung, auf welche im darauffolgenden Kapitel näher eingegangen wird.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an allen Arbeitstagen

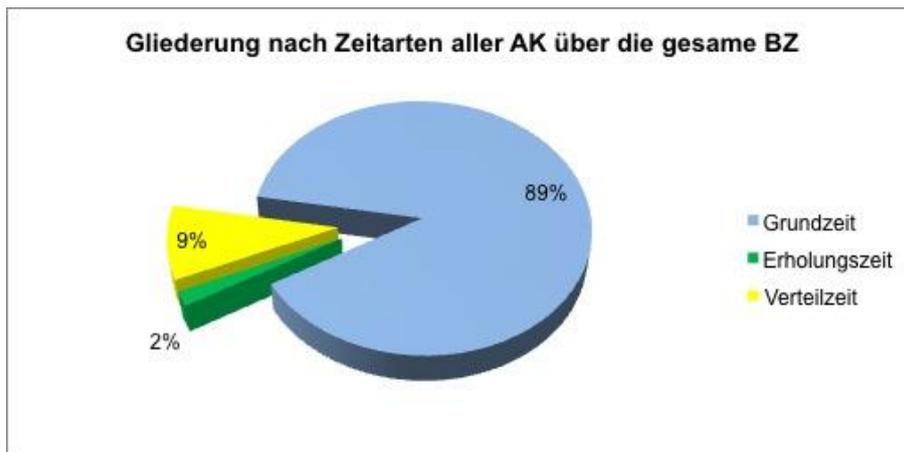


Bild 4.8 Gliederung nach Zeitarten – alle AK Decke über EG und 1.OG

- Statistische Sicherheit der Verteilung nach erster Ebene nach der Multimoment-Hauptformel

$$f = \pm \sqrt{\frac{p \cdot (100 - p)}{n}} = \pm 1,96 \sqrt{\frac{88 \cdot (100 - 88)}{495}} = \pm 2,86 \%$$

Die obige Abbildung der Analyse nach Zeitarten über die gesamte Bauzeit von zwei Tagen, veranschaulicht, dass aufgrund der ermittelten Grundzeit mit durchschnittlich 89 % auf eine hohe Produktivität geschlossen werden kann. Sowohl die Erholungszeit mit 2 % als auch die Verteilzeit mit 9 % liegen im angestrebten Bereich.

Anhand der Berechnung der statistischen Sicherheit kann die Aussage getroffen werden, dass der Anteil der Grundzeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % mit einer Abweichung von $\pm 2,86 \%$ bei dem ermittelten Wert von 89 % liegt.

4.7.3 Vergleich der beiden Systeme nach Zeitarten hinsichtlich der Beurteilung der Grundzeit aller AK

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die Beurteilung der Grundzeit aller Arbeitskräfte über die gesamte Bauzeit. Für die Montage der BSP-Deckenelemente der Variante in Ortbeton lässt sich ablesen, dass die Grundzeit 64 % der gesamten Bauzeit beträgt, was wiederum zu einer Gesamtbeurteilung „MITTEL“ führt. Grund hierfür sind die aufgetretenen Störungen während des Arbeitsablaufes.

Beurteilung der Grundzeit nach REFA aller AK					
Baustelle: Paulasgasse FA Kulmer		AK			
		Tage:	1.	2.	Ges.
Haupttätigkeit	+				
Nebentätigkeit	+				
Ablaufbedingte Unterbrechung	=				
Grundzeit			60%	71%	64%
Beurteilungsschema					
Beurteilung pro Woche					
Summe Tage [Tage]	2	100%	1	2	Ges.
GUT [Tage]	0	0%	-	-	-
MITTEL [Tage]	1	50%	-	1	1
SCHLECHT [Tage]	1	0%	1	-	-
GESAMTBEURTEILUNG			MITTEL		

Tabelle 4.8 Beurteilung der Grundzeit aller AK - Ortbetonvariante

Die Montage der HBV-Fertigteildecken hingegen liegt durchschnittlich bei 89 % wodurch eine Gesamtbeurteilung „GUT“ erzielt werden konnte. Der deutlich geringere Anteil der Verteilzeit an der Gesamtzeit gegenüber der Variante in Ortbeton führt zu diesem besseren Ergebnis.

Beurteilung der Grundzeit nach REFA aller AK													
Baustelle: Paulasgasse FA Kulmer		AK											
		Tage:		1.	2.	Ges.							
Haupttätigkeit	+												
Nebentätigkeit	+												
Ablaufbedingte Unterbrechung	=												
Grundzeit		93%	86%	89%									
Beurteilungsschema		<p>Grundzeit</p>											
<table border="1"> <tr> <td>GUT</td> <td>81%</td> </tr> <tr> <td>MITTEL</td> <td>61%</td> </tr> <tr> <td>SCHLECHT</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0%</td> </tr> </table>		GUT	81%	MITTEL	61%	SCHLECHT	60%		0%				
GUT	81%												
MITTEL	61%												
SCHLECHT	60%												
	0%												
Beurteilung pro Woche													
Summe Tage [Tage]	2	100%	1	2	Ges.								
GUT [Tage]	2	100%	1	1	1								
MITTEL [Tage]	0	0%	-	-	-								
SCHLECHT [Tage]	0	0%	-	-	-								
GESAMTBEURTEILUNG		GUT											

Tabelle 4.9 Beurteilung der Grundzeit aller AK – Fertigteilvariante

Nachfolgend soll die Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen für alle Arbeitskräfte sowohl für jeden einzelnen Arbeitstag, als auch für alle Arbeitstage zusammen, veranschaulicht werden. Diese Darstellung wird für beide Varianten in den bereits vorher beschriebenen Ebenen durchgeführt.

4.7.4 Auswertung nach Tätigkeiten und Unterbrechungen – Ortbe- tonvariante

alle AK: Beurteilung nach REFA	Dienstag 05. Mai 2015	Mittwoch 06. Mai 2015	Σ
	[min]	[min]	[min]
Tätigkeiten	1480	955	2435
Unterbrechungen	795	385	1180
nicht erkennbare Tätigkeiten	0	0	0
Σ [min]	2275	1340	3615

Tabelle 4.10 alle AK Ortbetonvariante – Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen auf erster Ebene

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an einem Arbeitstag – erste Ebene

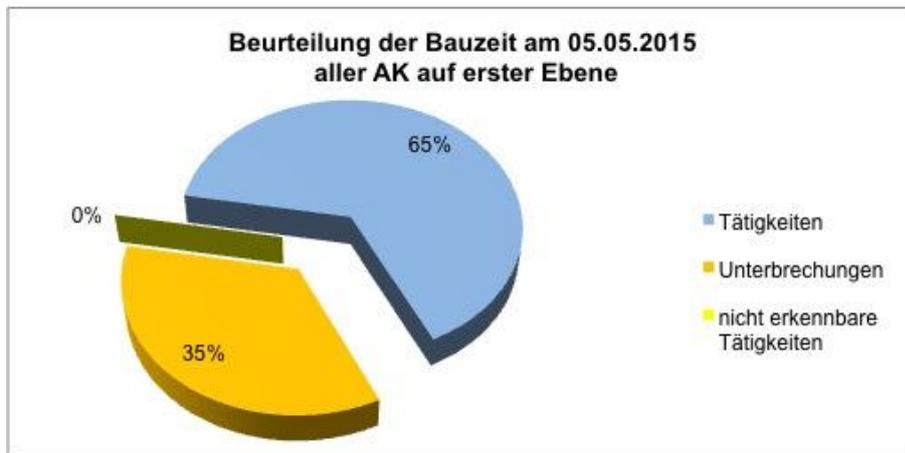


Bild 4.9 Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG, 05.05.2015

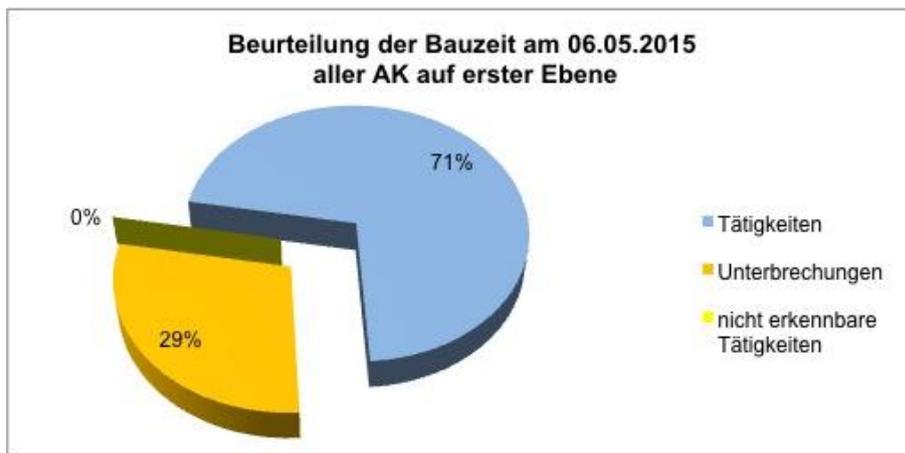


Bild 4.10 Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 06.05.2015

Auf den beiden Darstellungen der Verteilung auf erster Ebene ist ersichtlich, dass die untersuchten Bauarbeiter am 05.05.2015 genau 65 % ihrer Bruttoarbeitszeit mit Tätigkeiten auf der Baustelle zugebracht haben. Die restlichen 35 % sind in Form von Unterbrechungen angefallen. Am 06.05.2015 verbrachten die Arbeitskräfte 71 % mit Tätigkeiten und 29 %

sind den Unterbrechungen zu zuweisen. In welchem Ausmaß die verschiedenen Zeiten auf der Baustelle angefallen sind, soll mittels der Auswertung auf zweiter Ebene analysiert werden.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an einem Arbeitstag – zweite Ebene

Ortbeton		Decke über EG	Decke über 1.OG	Gesamt	
alle AK: Beurteilung nach REFA		Datum	05.05.15	06.05.15	beide
Baustelle: FA Kulmer		Wo-Tag	Di	Mi	AT
Paulasgasse		BA-Zahl	1	1	1
Bauarbeiter					
Haupttätigkeit			51%	71%	59%
Nebentätigkeit			5%	0%	3%
zusätzl. Tätigkeit			9%	0%	6%
Ablaufbedingt			3%	0%	2%
Störungsbedingt			10%	26%	16%
Erholungsbedingt			1%	0%	1%
Persönlich bedingt			21%	2%	14%
nicht erkennbare Tätigkeiten			0%	0%	0%

Tabelle 4.11 alle AK Ortbetonvariante - Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen, zweite Ebene



Bild 4.11 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG, 05.05.2015

Der Darstellung zeigt, dass die Bauarbeiter am 05.05.2015 51 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten zugebracht haben. 5 % sind für Nebentätigkeiten und 9 % für zusätzliche Tätigkeiten aufgewandt worden. Die 35 % an Unterbrechungen setzten sich aus 10 % störungsbedingten, 21 % persönlich bedingten, 3 % ablaufbedingten und 1 % erholungsbedingten Unterbrechungen zusammen. Die Störung im Bauablauf ist auf eine ungenaue Ausführung der Vorarbeiten zurückzuführen, da die Abmessungen einiger BSP-Deckenelemente nicht passgenau waren und auf der Baustelle zugeschnitten werden mussten, bevor sie eingehoben werden konnten. Dies verursachte Warte- und Stehzeiten sowohl für die Mannschaft als auch für den Kranführer. Es gab keine nicht erkennbaren Tätigkeiten.

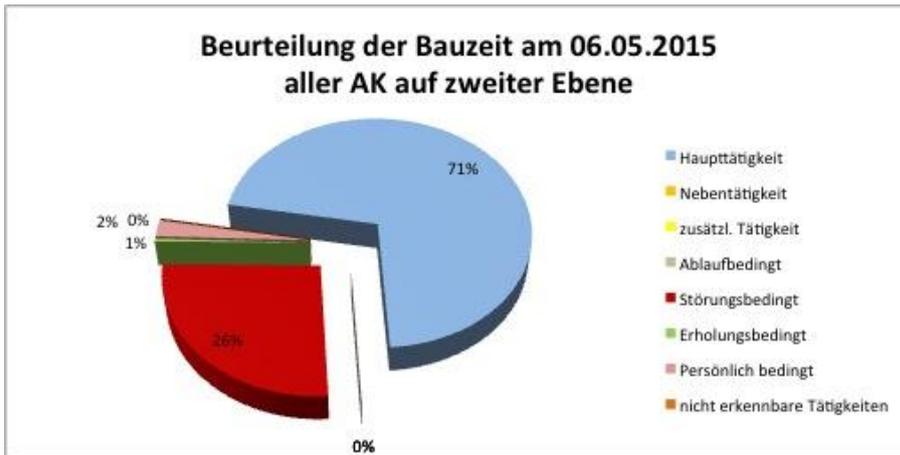


Bild 4.12 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 06.05.2015

Der Vergleich der beiden Geschossdecken macht deutlich, dass die Bauarbeiter am 06.05.2015 71 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten zugebracht haben. Die 29 % an Unterbrechungen setzten sich aus 26 % störungsbedingten, 2 % persönlich bedingten und 1 % erholungsbedingten Unterbrechungen zusammen. Die Störung im Bauablauf ist auf die Witterung zurückzuführen, da es an diesem Tag stark regnete und die Montagearbeiten während dieser Unterbrechung nicht weitergeführt werden konnten. Dies verursachte Warte- und Stehzeiten sowohl für die Mannschaft als auch für den Kranführer. Es gab weder Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten noch nicht erkennbare Tätigkeiten bei der Montage des 1. Obergeschosses.

Im Erdgeschoss liegt der Anteil der Haupttätigkeiten bei 51 %, im 1. Obergeschoss bei 71 %. Man kann darauf schließen, dass die Bauarbeiter am 06.05.2015 prozentuell gesehen um 20 % mehr mit Haupttätigkeiten zugebracht haben.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an allen Arbeitstagen – erste Ebene

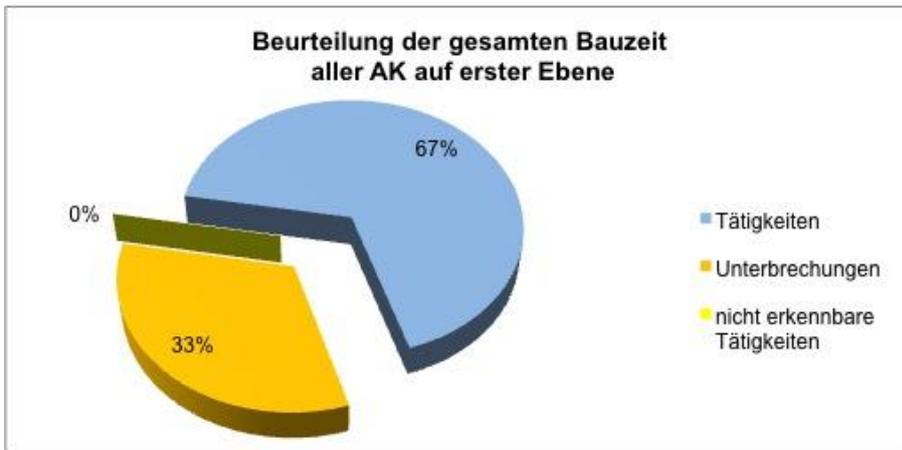


Bild 4.13 Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Ort-betonvariante

- Statistische Sicherheit der Verteilung auf erster Ebene

$$f = \pm \sqrt{\frac{p \cdot (100-p)}{n}} = \pm 1,96 \sqrt{\frac{67 \cdot (100-67)}{723}} = \pm 3,43 \text{ [%]}$$

Die obige Abbildung der Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit von zwei Tagen auf erster Ebene, veranschaulicht, dass die Bauarbeiter für die Arbeiten an beiden Geschossen im Durchschnitt 67 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Tätigkeiten verbracht haben. 33 % sind in Form von Unterbrechungen angefallen.

Anhand der Berechnung der statistischen Sicherheit kann die Aussage getroffen werden, dass der Anteil der Tätigkeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % und einer Abweichung von $\pm 3,43 \%$ bei dem ermittelten Wert von 67 % liegt.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an allen Arbeitstagen – zweite Ebene



Bild 4.14 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Ort-betonvariante

- Statistische Sicherheit der Verteilung auf erster Ebene

$$f = \pm \sqrt{\frac{p \cdot (100-p)}{n}} = \pm 1,96 \sqrt{\frac{59 \cdot (100-59)}{723}} = \pm 3,59 [\%]$$

Die obige Abbildung der Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit von zwei Tagen auf zweiter Ebene, veranschaulicht, dass die Bauarbeiter für die Arbeiten an beiden Geschossen im Durchschnitt 59 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten, 3 % mit Nebentätigkeiten und 5 % mit zusätzlichen Tätigkeiten verbracht haben. 33 % sind in Form von Unterbrechungen angefallen. Diese setzen sich aus 16 % störungsbedingten, 14 % persönlich bedingten und 1 % erholungsbedingten Unterbrechungen zusammen. Die Störungen im Bauablauf können am 05. und 06.05.2015 abgelesen werden. Es gab keine nicht erkennbaren Tätigkeiten.

Anhand der Berechnung der statistischen Sicherheit kann die Aussage getroffen werden, dass der Anteil der Haupttätigkeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % und einer Abweichung von $\pm 3,59$ % bei dem ermittelten Wert von 59 % liegt.

4.7.5 Auswertung nach Tätigkeiten und Unterbrechungen – Fertigteilvariante

alle AK: Beurteilung nach REFA	Dienstag 05. Mai 2015	Mittwoch 06. Mai 2015	Σ
	[min]	[min]	[min]
Tätigkeiten	1055	1135	2190
Unterbrechungen	95	190	285
nicht erkennbare Tätigkeiten	0	0	0
Σ [min]	1150	1325	2475

Tabelle 4.12 alle AK Fertigteilvariante – Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen auf erster Ebene

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an einem Arbeitstag – erste Ebene

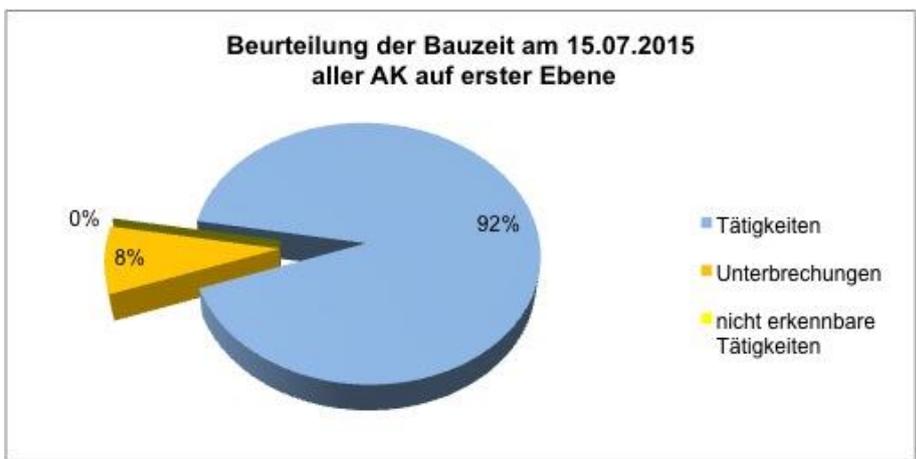


Bild 4.15 Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG, 15.07.2015



Bild 4.16 Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 17.07.2015

Auf den beiden Darstellungen der Verteilung auf erster Ebene ist ersichtlich, dass die untersuchten Bauarbeiter am 15.07.2015 genau 92 % ihrer Bruttoarbeitszeit mit Tätigkeiten auf der Baustelle zugebracht haben. Die restlichen 8 % sind in Form von Unterbrechungen angefallen. Am 17.07.2015 verbrachten die Arbeitskräfte 86 % mit Tätigkeiten und 14 %

sind den Unterbrechungen zu zuweisen. In welchem Ausmaß die verschiedenen Zeiten auf der Baustelle angefallen sind, soll mittels der Auswertung auf zweiter Ebene analysiert werden.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an einem Arbeitstag – zweite Ebene

Fertigteil		Decke über EG	Decke über 1.OG	Gesamt	
alle AK: Beurteilung nach REFA		Datum	15.07.15	17.07.15	beide
Baustelle: FA Kulmer		Wo-Tag	Mi	Fr	AT
Paulasgasse		BA-Zahl	1	1	1
Bauarbeiter					
Haupttätigkeit			92%	80%	85%
Nebentätigkeit			0%	6%	3%
zusätzl. Tätigkeit			0%	0%	0%
Ablaufbedingt			1%	0%	0%
Störungsbedingt			0%	12%	6%
Erholungsbedingt			3%	1%	2%
Persönlich bedingt			5%	1%	3%
nicht erkennbare Tätigkeiten			0%	0%	0%

Tabelle 4.13 alle AK Fertigteilvariante - Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen, zweite Ebene

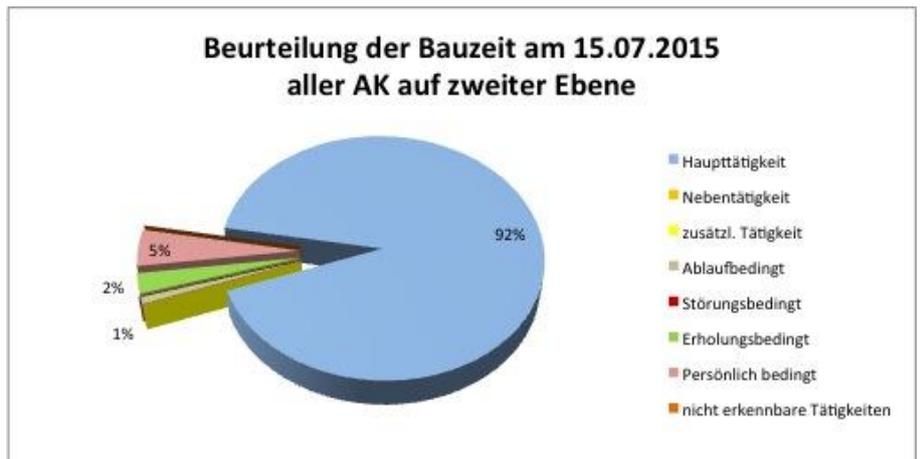


Bild 4.17 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG, 15.07.2015

Der Darstellung zeigt, dass die Bauarbeiter am 15.07.2015 92 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten zugebracht haben. Die 8 % an Unterbrechungen setzten sich aus 5 % persönlich bedingten, 2 % erholungsbedingten und 1 % ablaufbedingten Unterbrechungen zusammen. Es gab keine Nebentätigkeiten, zusätzliche Tätigkeiten oder nicht erkennbaren Tätigkeiten. Des Weiteren fielen an diesem Tag keine störungsbedingten Unterbrechungen im Bauablauf an.

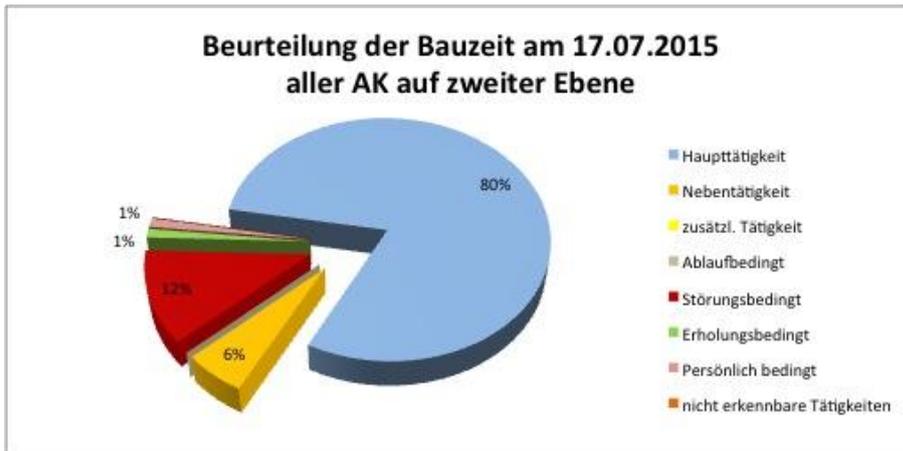


Bild 4.18 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über 1.OG, 17.07.2015

Der Vergleich der beiden Geschossdecken macht deutlich, dass die Bauarbeiter am 17.07.2015 80 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten zugebracht haben. Die restlichen 20 % setzen sich aus 12 % störungsbedingten, 1 % persönlich bedingten, 1 % erholungsbedingten Unterbrechungen und 6 % an zusätzlichen Tätigkeiten zusammen. Die Störung im Bauablauf ist auf die falsche Ladereihenfolge der HBV-Deckenelemente bei der Lieferung auf die Baustelle zurückzuführen. Die Elemente mussten mittels Kran umgelagert bzw. neugestapelt werden. Des Weiteren trugen fehlende Löcher in den Decken für den Justierstift beim Wandaufleger und das erforderliche Bohren vor Ort zu den Störungen bei. Dies verursachte Warte- und Stehzeiten sowohl für die Mannschaft als auch für den Kranführer. Es gab weder Nebentätigkeiten, noch nicht erkennbare Tätigkeiten bei der Montage des 1. Obergeschosses.

Im Erdgeschoss liegt der Anteil der Haupttätigkeiten bei 92 %, im 1. Obergeschoss bei 80 %. Man kann darauf schließen, dass die Bauarbeiter am 15.07.2015 prozentuell gesehen um 12 % mehr mit Haupttätigkeiten zugebracht haben.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an allen Arbeitstagen – erste Ebene

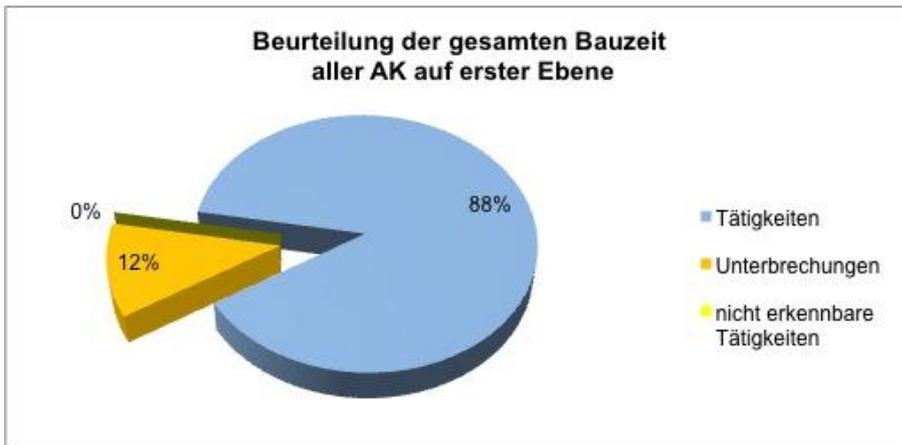


Bild 4.19 Darstellung auf erster Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Fertigteilvariante

- Statistische Sicherheit der Verteilung auf erster Ebene

$$f = \pm \sqrt{\frac{p \cdot (100 - p)}{n}} = \pm 1,96 \sqrt{\frac{88 \cdot (100 - 88)}{495}} = \pm 2,86 [\%]$$

Die obige Abbildung der Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit von zwei Tagen auf erster Ebene, veranschaulicht, dass die Bauarbeiter für die Arbeiten an beiden Geschossen im Durchschnitt 88 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Tätigkeiten verbracht haben. 33 % sind in Form von Unterbrechungen angefallen.

Anhand der Berechnung der statistischen Sicherheit kann die Aussage getroffen werden, dass der Anteil der Tätigkeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % und einer Abweichung von $\pm 2,86$ % bei dem ermittelten Wert von 88 % liegt.

Datenauswertung der Verteilung aller Arbeitskräfte an allen Arbeitstagen – zweite Ebene



Bild 4.20 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Fertigteilvariante

- Statistische Sicherheit der Verteilung auf erster Ebene

$$f = \pm \sqrt{\frac{p \cdot (100 - p)}{n}} = \pm 1,96 \sqrt{\frac{85 \cdot (100 - 85)}{495}} = \pm 3,16 [\%]$$

Die obige Abbildung der Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit von zwei Tagen auf zweiter Ebene, veranschaulicht, dass die Bauarbeiter für die Arbeiten an beiden Geschossen im Durchschnitt 85 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten und 3 % mit Nebentätigkeiten verbracht haben. 12 % sind in Form von Unterbrechungen angefallen. Diese setzten sich aus 7 % störungsbedingten, 3 % persönlich bedingten und 2 % erholungsbedingten Unterbrechungen zusammen. Die Störungen im Bauablauf können am 15. und 17.07.2015 abgelesen werden. Es gab weder zusätzliche Tätigkeiten noch nicht erkennbare Tätigkeiten.

Anhand der Berechnung der statistischen Sicherheit kann die Aussage getroffen werden, dass der Anteil der Haupttätigkeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % und einer Abweichung von $\pm 3,16$ % bei dem ermittelten Wert von 85 % liegt.

4.7.6 Vergleich der beiden Systeme nach Tätigkeiten & Unterbrechungen hinsichtlich der Beurteilung der Haupttätigkeit aller AK

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen die Beurteilung der Haupttätigkeit aller Arbeitskräfte über die gesamte Bauzeit. Für die Montage der BSP-Deckenelemente der Variante Ortbeton lässt sich ablesen, dass die Haupttätigkeit im Durchschnitt 59 % der gesamten Bauzeit beträgt, was wiederum zu einer Gesamtbeurteilung „GUT“ führt.

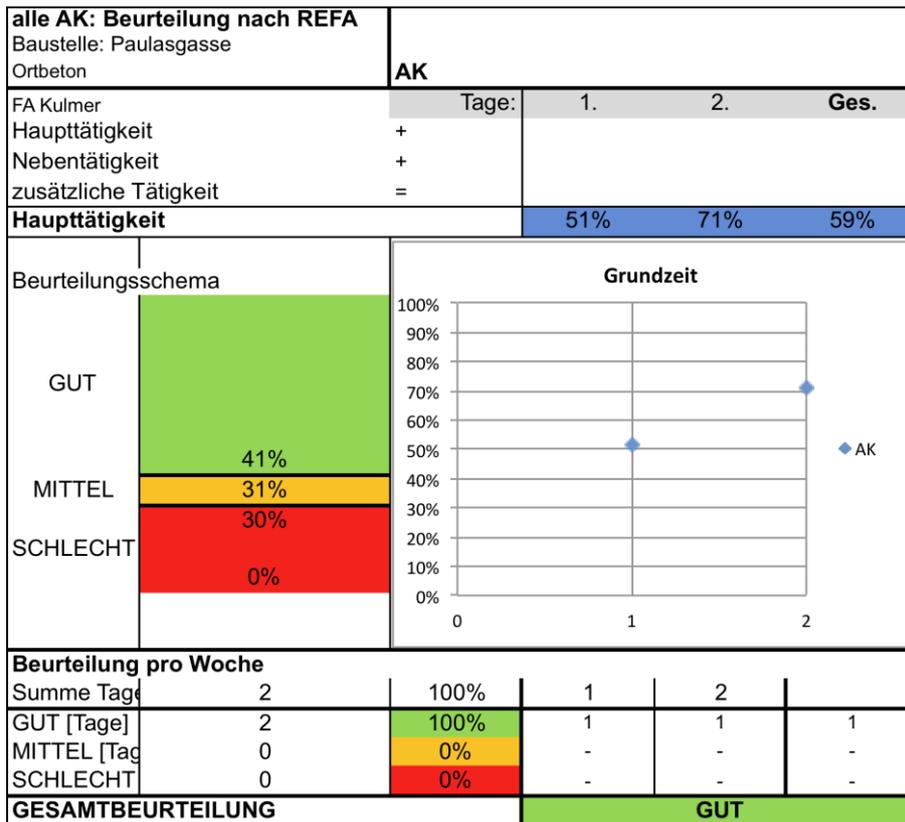


Tabelle 4.14 Beurteilung der Haupttätigkeit aller AK – Ortbetonvariante

Der Anteil der Haupttätigkeit bei den HBV-Fertigteildecken hingegen liegt durchschnittlich bei 85 % wodurch ebenfalls eine Gesamtbeurteilung „GUT“ erzielt werden konnte. Der geringere Anteil an Störungen im Bauablauf, optimale Witterung bei der Montage der Fertigteildeckenelemente und motivierte Arbeitskräfte führen zu einem besseren Ergebnis die Tätigkeitsverteilung betreffend gegenüber der Variante in Ortbeton.

alle AK: Beurteilung nach REFA		AK			
Baustelle: Paulasgasse					
Fertigteil					
		Tage:	1.	2.	Ges.
FA Kulmer					
Haupttätigkeit	+				
Nebentätigkeit	+				
zusätzliche Tätigkeit	=				
Haupttätigkeit			92%	80%	85%
Beurteilungsschema					
GUT	41%				
MITTEL	31%				
SCHLECHT	30%				
	0%				
Beurteilung pro Woche					
Summe Tage	2	100%	1	2	
GUT [Tage]	2	100%	1	1	1
MITTEL [Tag]	0	0%	-	-	-
SCHLECHT	0	0%	-	-	-
GESAMTBEURTEILUNG		GUT			

Tabelle 4.15 Beurteilung der Haupttätigkeit aller AK – Fertigteilvariante

4.8 Aufwandswertermittlung

Die Datenstruktur des Datenerhebungsbogens liefert die Basis für die Ermittlung spezifischer Aufwandswerte. Die vorher festgelegten Datenmengen werden den zu bestimmenden Aufwandswerten zugeteilt. Die anschließende Auswertung der jeweiligen Aufwandswerte liegt einer detaillierten Zusammenstellung der Ergebnisse der Multimomentaufnahme zu Grunde. Tätigkeiten und Ereignisse, welche im Datenerhebungsbogen notiert wurden, aber mit der Montage der BSP- bzw. HBV-Deckenelemente nicht korrelieren, werden aus den Ermittlungen der Aufwandswerte ausgegrenzt. Ein Beispiel hierfür sind die gesetzlich vorgeschriebenen Mittagspausen, da sie Auswirkungen auf den Lohn haben könnten. Da diese bei der Betrachtung des beschriebenen Bauvorhabens jedoch außerhalb des Arbeitsgeschehens gelegen haben, werden sie nicht in die Aufwandswerteermittlung miteinbezogen. Die Aufwandswerte der analysierten Arbeitsabläufe werden als AW_{Netto} und AW_{Brutto} ausgegeben. Der AW_{Netto} beinhaltet rein die tatsächlichen Haupttätigkeiten, der AW_{Brutto} hingegen setzt sich sowohl aus allen Tätigkeiten und Unterbrechungen, als auch aus den nicht erkennbaren Tätigkeiten zusammen.

Weiters werden an dieser Stelle die in der Kalkulation bzw. Herleitung dieser auftretenden Begriffe der Lohnstunde (kurz: Std) und Zeitstunde (kurz: h) zum weiteren Verständnis näher erläutert:

Eine Zeitstunde ist die für die Ausführung der Leistung erforderliche Zeit ausgedrückt in Stunden.³⁰⁵

Zeitstunde (h)

Eine Lohnstunde stellt somit die auf den Mannschaftsstand bezogene Anzahl von Stunden dar, die für die Erbringung der Leistung erforderlich sind. Die Lohnstunden werden auch als Mannstunden bezeichnet und sind das Produkt aus Arbeitskräften und Zeitstunden.³⁰⁶ Dies drückt sich in folgender Formel aus:

$$\text{Lohnstunde (Std)} = \text{Arbeitskräfte (AK)} * \text{Zeitstunden (h)}$$

Der Aufwandswert errechnet sich somit aus dem Quotienten der Lohnstunden (Std) und der Produktionsmenge (Einheit m^2 , m^3 , to, etc.)³⁰⁷

$$\text{Aufwandswert (AW)} = \frac{\sum \text{Lohnstunden (Std)}}{\sum \text{Produktionsmengeneinheit (MEH)}}$$

³⁰⁵ KÜSTNER, G.: Die Ablauforganisation von Baustellen. S. 15

³⁰⁶ KÜSTNER, G.: Die Ablauforganisation von Baustellen. S. 15

³⁰⁷ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik. S. 20

Die AW_i-Positionen³⁰⁸, welche die Positionen für die ermittelten Aufwands-
werte beschreiben, setzen sich aus folgenden Tätigkeiten zusammen:

Aufwandswerte für die Montage der BSP-Deckenelemente

AW_i – Verlegen der Deckenelemente

- Deckenelement anhängen
- Dämmstreifen herstellen: zuschneiden / vertikal fixieren
- Deckenelement einheben
- Ausrichten/Justieren

AW_i – Verschrauben der Deckenelemente

- Erstverschraubung Decke auf Wand
- Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)
- Endverschraubung der Deckenelemente untereinander
- Montage Metallaschen: Einlegen in Fräsung und händisches aus-
nageln mit Rillennägel

AW_i – Stoßfuge

- abkleben der Fugen
- Zuschnitt / Vermessung Falzbrett
- Falzbrett einlegen und vernageln

AW_i – Rand- und Nacharbeiten

- Lasche abschneiden und Löcher für Hebelaschen ausschäumen
- Herstellen Schalentkoppelung zur Betonwand – Elastomer
- luftdichte Verklebung Decke an Außenwand
- Demontage Absturzsicherung Decke über EG / 1.OG
- Reinigen

³⁰⁸ AW_i-Positionen stehen hier sowohl für AW_{Brutto} als auch AW_{Netto}

Zusätzliche Aufwandswerte für die Herstellung der Rohdecke in Ortbeton

AW_i – Bewehrungsarbeiten

- Luftdichtes Abkleben der Decke zu Betonwand
- Einheben Bewehrung
- Auflegen Abstandsleisten
- Verlegen der Mattenbewehrung
- Zuschnitt der Matten
- Eindrehen der Tellerkopfschrauben
- Rödeln (Stahlflechten)

AW_i – Betonierarbeiten

- Vorbereiten / Unterstellen
- Einbringen des Betons - Pumpe
- Verdichten mit Rüttler und Abziehen
- Nachbehandeln – Folie

Aufwandswerte für die Montage der HBV-Fertigteildeckenelemente

AW_i – Verlegen der Deckenelemente

- Deckenelement anhängen
- Dämmstreifen herstellen: zuschneiden / vertikal fixieren
- Deckenelement einheben
- Ausrichten/Justieren

AW_i – Verschrauben der Deckenelemente

- Erstverschraubung Decke auf Wand
- Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)
- Endverschraubung der Deckenelemente untereinander
- Montage Metalllaschen: Einlegen in Fräsung und händisches ausnageln mit Rillennägel

AW_i – Rand- und Nacharbeiten

- Lasche abschneiden und Löcher für Hebelaschen ausschäumen
- Herstellen Schalengkoppelung zur Betonwand – Elastomer
- luftdichte Verklebung Decke an Außenwand
- Demontage Absturzsicherung Decke über EG / 1.OG
- Reinigen

Zusätzliche Aufwandswerte für die Herstellung der Rohdecke als Fertigteil

AW_i – Fugenschüttung

- Einbringen der Kiesschüttung zwischen den Stoßfugen

Gesamtaufwandswerte

AW_i – Gesamtaufwandswert für die Montage der BSP-Decke

AW_i – Gesamtaufwandswert für die Montage der HBV-Decke

AW_i – Gesamtaufwandswert für die Herstellung der HBV-Decke in Ortbeton

AW_i – Gesamtaufwandswert für die Herstellung der HBV-Decke als Fertigteil

4.8.1 Zuordnung der Unterkategorien zu den Hauptkategorien für beide Deckenvarianten

Nach der Übertragung der einzelnen Daten aus den Datenerfassungsbögen, werden den unterschiedlichen Haupttätigkeiten, die zuordenbaren Nebentätigkeiten, die zusätzlichen Tätigkeiten, die Unterbrechungen und die nicht erkennbaren Tätigkeiten exakt zugeteilt. Dies wird für beide Bauverfahren im Erdgeschoss und im Obergeschoss durchgeführt.

Die Haupttätigkeiten für die Ermittlung der Aufwandswerte sind für die einzelnen Geschosse der beiden Deckensysteme die Folgenden:

Ortbetonvariante EG/1.OG

- Verlegen der Deckenelemente
- Verschrauben der Deckenelemente
- Arbeiten an der Stoßfuge
- Rand- und Nacharbeiten
- Bewehrungsarbeiten
- Betonierarbeiten

Fertigteilvariante EG/1.OG

- Verlegen der Deckenelemente
- Verschrauben der Deckenelemente
- Rand- und Nacharbeiten
- Fugenschüttung

Anhand der Einteilung der spezifischen Aufwandswerte in Erdgeschoss und 1. Obergeschoss für beide Systeme, ist es möglich jede einzelne Ebene separat zu analysieren und zu bewerten. Aufgrund der Tatsache, dass die Bauarbeiter zuvor schon ein Gebäude mit annähernd gleich großem Arbeitsumfang errichtet haben und langjährige Erfahrung in der Montage im Holzbau vorweisen können, wird der Einarbeitungseffekt vernachlässigt. Die folgenden Tabellen zeigen den grundsätzlichen Aufbau für die jeweiligen Geschosse, der für die Zuordnung der Haupttätigkeiten, Unterbrechungen und nicht erkennbaren Tätigkeiten verwendet wurde.

		Baustelle	Paulasgasse	Ort betonvariante								
		Datum	05./06.05.2015	ganzer Tag								
		alle AK		Decke über EG und 1.OG								
Tätigkeiten	Haupttätigkeit	tägliche Baustelleneinrichtung (Geräte, Kabel,)			0							
		Decke ü EG	Verlegen der Deckenelemente			270						
			Verschrauben der Deckenelemente			395						
			Stoßfuge				230					
			Rand-, Nacharbeiten					1680				
			Bewehren						1378			
			Betonieren							575		
			Gesamt								4528	
		Decke ü 1OG	Verlegen der Deckenelemente			245						
			Verschrauben der Deckenelemente			345						
			Stoßfuge				230					
			Rand-, Nacharbeiten					1680				
			Bewehren						1378			
			Betonieren							575		
	Gesamt								4453			
	Nebentätigkeiten EG	Nebentätigkeiten (Ausbesserungen)			115	0	0	0	0	0	115	115
		zusätzliche Nebentätigkeiten			100	100	0	0	0	0	200	200
		Nebentätigkeiten OG	Nebentätigkeiten (Ausbesserungen)			0	0	0	0	0	0	0
			zusätzliche Nebentätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0
	Unterbrechungen EG	ablaufbedingte Unterbrechungen			18,75	18,75	18,75	18,75	0	0	37,5	75
		störungsbedingte Unterbrechungen			55	55	55	55	0	0	110	220
		erholungsbedingte Unterbrechungen			3,75	3,75	3,75	3,75	0	0	7,5	15
		persönlichbedingte Unterbrechungen			121,3	121,3	121,3	121,3	0	0	242,5	485
		nicht erkennbare Tätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0	0
	Unterbrechungen 1OG	ablaufbedingte Unterbrechungen			0	0	0	0	0	0	0	0
		störungsbedingte Unterbrechungen			87,5	87,5	87,5	87,5	0	0	175	350
		erholungsbedingte Unterbrechungen			0	5	0	0	0	0	5	5
		persönlichbedingte Unterbrechungen			15	15	0	0	0	0	30	30
nicht erkennbare Tätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0	0		
		tägliche Baustelleneinrichtung (Geräte, Kabel,)										
		Verlegen der Deckenelemente										
		Verschrauben der Deckenelemente										
		Stoßfuge										
		Rand-, Nacharbeiten										
		Bewehren										
		Betonieren										
		Gesamt										

Tabelle 4.16 Zuteilung der Zeitangaben (DEB) der zu bestimmenden Leistungen zur Aufwandswertermittlung – Ort betonvariante

		Baustelle	Paulasgasse	Fertigteilvariante								
		Datum	15./17.07.2015	ganzer Tag								
		alle AK		Decke über EG und 1.OG								
					tägliche Baustelleneinrichtung (Geräte, Kabel, ...)	Verlegen der Deckenelemente	Verschrauben der Deckenelemente	Rand-, Nacharbeiten	Estrichlegerarbeiten	Gesamt		
Tätigkeiten	Haupttätigkeit	tägliche Baustelleneinrichtung (Geräte, Kabel, ...)			0							
		Decke ü EG	Verlegen der Deckenelemente			340						
			Verschrauben der Deckenelemente			605						
			Stoßfuge									
			Rand-, Nacharbeiten						1680			
			Estrichlegerarbeiten							240		
			Gesamt								2865	
		Decke ü 1OG	Verlegen der Deckenelemente			495						
			Verschrauben der Deckenelemente			495						
			Stoßfuge									
			Rand-, Nacharbeiten						1680			
			Estrichlegerarbeiten							240		
			Gesamt								2910	
		Nebentätigkeiten EG	Nebentätigkeiten (Ausbesserungen)			0	0	0	0	0	0	0
	zusätzliche Nebentätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0		
	Nebentätigkeiten OG	Nebentätigkeiten (Ausbesserungen)			37,5	37,5	0	0	0	75	75	
		zusätzliche Nebentätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0	
	Unterbrechungen	Unterbrechungen EG	ablaufbedingte Unterbrechungen			10	0	0	0	0	10	10
			störungsbedingte Unterbrechungen			0	55	55	0	0	55	110
			erholungsbedingte Unterbrechungen			15	15	0	0	0	30	30
			persönlichbedingte Unterbrechungen			22,5	22,5	0	0	0	45	45
			nicht erkennbare Tätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0
	Unterbrechungen	Unterbrechungen 1OG	ablaufbedingte Unterbrechungen			0	0	0	0	0	0	0
störungsbedingte Unterbrechungen			80	80	0	0	0	160	160			
erholungsbedingte Unterbrechungen			7,5	7,5	0	0	0	15	15			
persönlichbedingte Unterbrechungen			7,5	7,5	0	0	0	15	15			
nicht erkennbare Tätigkeiten			0	0	0	0	0	0	0			
					tägliche Baustelleneinrichtung (Geräte, Kabel, ...)	Verlegen der Deckenelemente	Verschrauben der Deckenelemente	Rand-, Nacharbeiten	Fugenschüttung	Gesamt		

Tabelle 4.17 Zuteilung der Zeitangaben (DEB) der zu bestimmenden Leistungen zur Aufwandswertermittlung – Fertigteilvariante

4.9 Leistungswertermittlung

Die Montage von Brettsperrholz wird maßgeblich von den Lohnkosten, nicht aber von den Gerätekosten beeinflusst. Für dieses Bauvorhaben wurden im Laufe der Auswertung keine Leistungswerte als Stunden- oder Tagesleistung ermittelt, sondern lediglich die Aufwandswerte. Die Ermittlung der Leistungswerte lässt sich aus dem Kehrwert des jeweiligen AW_i bestimmen und spiegeln die betrachteten BSP-Deckenelemente in Ortbeton bzw. HBV-Fertigteildeckenelemente pro Tag (m^2/d) beziehungsweise pro Stunde ($m^2/Std.$) wieder.

4.10 Auswertung und Vergleich der Bauzeit

In diesem Kapitel werden nun die Ergebnisse der vorangegangenen Auswertungen „nach Zeitarten“ und „nach Tätigkeiten und Unterbrechungen“ betrachtet. Die beiden Systeme der Holzbetonverbunddecken in Ortbeton und als Fertigteil, welche fortan als „Variante A“ und „Variante B“ bezeichnet werden, werden hinsichtlich der Bauzeit und den aufgetretenen Störungen und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit miteinander verglichen. Zur besseren Nachvollziehbarkeit werden im Folgenden die wichtigsten Bezugsgrößen aller Geschossdecken aufgelistet, die für die Auswertung der einzelnen Ebenen relevant sind:

Variante A	HBV-Decken mit Ortbeton	
Decke über EG	232,7 m ²	Bruttogeschossfläche
	218,3 m ²	Nettogeschossfläche
	178,86 lfm	Verschraubung
davon	85,08 lfm	Außenwand
	25,74 lfm	Unterzüge
	68,05 lfm	Stoßfuge
	1,150 t	Bewehrung
	19,21 m ³	Beton (VM: 1,1)
Decke über 1.OG	232,7 m ²	Bruttogeschossfläche
	218,3 m ²	Nettogeschossfläche
	178,86 lfm	Verschraubung
davon	85,08 lfm	Außenwand
	25,74 lfm	Unterzüge
	68,05 lfm	Stoßfuge
	1,150 t	Bewehrung
	19,21 m ³	Beton (VM: 1,1)

Variante B	HBV-Decken als Fertigteil	
Decke über EG	171,1 m ²	Bruttogeschossfläche
	164,1 m ²	Nettogeschossfläche
	160,55lfm	Verschraubung
davon	77,23lfm	Außenwand
	25,74lfm	Unterzüge
	57,58lfm	Stoßfuge
	0,619t	Bewehrung
	10,32m ³	Beton
	0,49t	Splitt
Decke über 1.OG	233,7 m ²	Bruttogeschossfläche
	218,5 m ²	Nettogeschossfläche
	178,86lfm	Verschraubung
davon	85,08lfm	Außenwand
	25,74lfm	Unterzüge
	68,05lfm	Stoßfuge
	0,829t	Bewehrung
	13,82m ³	Beton
	0,63t	Splitt
Massenaufstellung Gesamt:		
Variante A	465,4 m ²	Bruttogeschossfläche
Variante B	404,8 m ²	Bruttogeschossfläche
Variante A	65 m ³	BSP (Bruttofläche)
Variante B	57 m ³	BSP (Bruttofläche)
Variante A	436,6 m ²	Nettogeschossfläche
Variante B	382,6 m ²	Nettogeschossfläche
Variante A	61 m ³	BSP (Nettofläche)
Variante B	54 m ³	BSP (Nettofläche)
Variante A	2,300 t	Bewehrung
Variante B	1,448 t	Bewehrung
Variante A	38,42 m ³	Beton
Variante B	24,14 m ³	Beton
Variante A	357,72 lfm	Verschraubung
Variante B	339,41 lfm	Verschraubung

Wie bereits in Kapitel 4.7 darauf hingewiesen, sollen hier sowohl die Eckdaten der Montagedauer beider Varianten als auch die Zeiten für die jeweiligen Tätigkeiten, wie das Bewehren und Betonieren, inklusive der erforderlichen Arbeitskräfte bei der Ortbetonvariante und die Estricharbeiten bei der Fertigteilvariante beschrieben werden. Diese Werte ergeben sich zum einen aus den ermittelten Zeiten für die Montage und zum anderen aus den Angaben seitens der Baufirma die Gesamtdauer der jeweiligen Vorgänge aller Geschosse betreffend, heruntergebrochen auf die Deckenelementflächen der zu betrachtenden Bauabschnitte.

Variante A	HBV-Decken mit Ortbeton	Arbeitskräfte
Decke über EG	Dauer Montage: 7h 54min	(5 AK)
	Dauer Nacharbeiten: 7h	(4 AK)
	Dauer Bewehren: 7h 40min	(3 AK)
	Dauer Betonieren: 1h 22min	(7 AK)
	<hr/>	
	Gesamtdauer: 23h 56min	
Decke über 1.OG	Dauer Montage: 4h 40min	(5 AK)
	Dauer Nacharbeiten: 7h	(4 AK)
	Dauer Bewehren: 7h 40min	(3 AK)
	Dauer Betonieren: 1h 22min	(7 AK)
	<hr/>	
	Gesamtdauer: 20h 42min	
Decke ü. EG/1.OG	Gesamtdauer: 44h 38min	

Variante B	HBV-Decken als Fertigteil	Arbeitskräfte
Decke über EG	Dauer Montage: 3h und 37min	(5 AK)
	Dauer Nacharbeiten: 7h	(4 AK)
	Dauer Estricharbeiten: 2h	(2 AK)
<hr/>		
	Gesamtdauer: 12h 37min	
Decke über 1.OG	Dauer Montage: 4h und 11min	(5 AK)
	Dauer Nacharbeiten: 7h	(4 AK)
	Dauer Estricharbeiten: 2h	(2 AK)
<hr/>		
	Gesamtdauer: 13h 11min	
Decke ü. EG/1.OG	Gesamtdauer: 25h 48 min	

→ anhand der ermittelten Daten lässt sich ablesen, dass die Variante B als Fertigteil für die Herstellung eines ähnlich großen Bauabschnittes, im Falle dieses konkreten Bauvorhabens, 18h und 50min weniger Arbeitszeit auf der Baustelle benötigt hat. Da es in der Literatur aber kaum Vergleichswerte von Montagezeiten zu den beiden betrachteten Holzbetonverbunddecken gibt, ist dies bei der Datenauswertung und der Plausibilisierung in den folgenden Kapiteln zu berücksichtigen.

4.10.1 Vergleich der gesamten Bauzeit beider Varianten auf zweiter Ebene hinsichtlich Tätigkeiten und Unterbrechungen

Der Vergleich der beiden HBV-Decken in Ortbeton und als Fertigteil soll anhand der nachstehenden Grafiken hinsichtlich der Tätigkeiten und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit verdeutlicht werden.

Die Bauarbeiter verbrachten bei der Ortbetonvariante an beiden Geschossen im Durchschnitt 59 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten, 3 % mit Nebentätigkeiten und 5 % mit zusätzlichen Tätigkeiten. Bei der Variante als Fertigteil liegt der Anteil an Haupttätigkeiten im Durchschnitt bei 85 % der Brutto-Arbeitszeit, lediglich 3 % wurden mit Nebentätigkeiten verbracht.

Die lange andauernden Störungen, welche hauptsächlich auf die Witte- rung und die ungenaue Ausführung der Deckenelemente vor Anlieferung

zurückzuführen sind, machen insgesamt 33 % der Brutto-Arbeitszeit aus. 12 % sind bei der Fertigteilvariante in Form von Unterbrechungen aufgrund der falschen Ladereihenfolge der Elemente angefallen. Schreibt man die 16 % an störungsbedingten Unterbrechungen bei der HBV-Decke in Ortbeton dem Regen zu, so sind die übrigen Unterbrechungen und anderen Tätigkeiten immer noch doppelt so hoch wie bei denen der Fertigteildecken. Grund dafür könnte eine höhere Arbeitsmotivation der Bauarbeiter an den Arbeitstagen sein, an welchen die HBV-Decke als Fertigteil montiert wurde.

Variante A – Ortbetonvariante

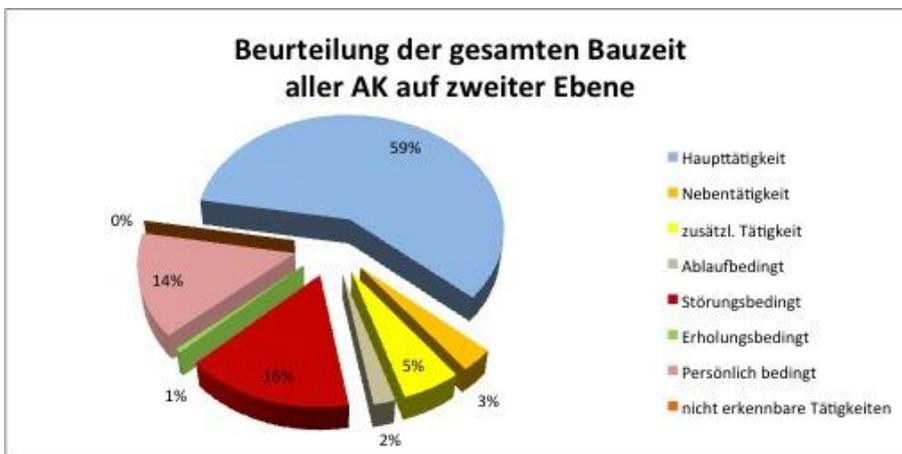


Bild 4.21 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Ortbetonvariante

Variante B – Fertigteilvariante



Bild 4.22 Darstellung auf zweiter Ebene – alle AK Decke über EG und 1.OG, Fertigteilvariante

4.11 Aufwandswerte für die Kalkulation

Im Anschluss an die Auswertung der Ergebnisse sollen die Aufwandswerte ermittelt werden, welche für künftige Kalkulationen angesetzt werden können. Auf Basis derer wird im nächsten Kapitel ein kalkulatorischer Vergleich beider Bausysteme aufgestellt. Im Zuge der Datenauswertung wird zwischen AW_{Netto} und AW_{Brutto} unterschieden. Der AW_{Netto} schließt nur die Haupttätigkeiten mit ein, der AW_{Brutto} hingegen setzt sich aus den Haupt-, den Nebentätigkeiten, den zusätzlichen Tätigkeiten allen Unterbrechungen sowie den nicht erkennbaren Tätigkeiten zusammen.

Die Aufwandswerte wurden für das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss, für beide Bau-Verfahren für die jeweiligen zu verrichtenden Leistungen, die zur Herstellung der Geschossdecken erforderlich sind, ermittelt. Im Anschluss wurden die Aufwandswerte der verschiedenen Tätigkeiten, wie zum Beispiel das Verlegen oder das Verschrauben der Deckenelemente zusammengefasst und in Form eines Gesamtaufwandswertes dargestellt.

Die Positionen der einzelnen Aufwandswerte basieren auf der Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen und den nicht erkennbaren Tätigkeiten. Die betrachteten Haupttätigkeiten beschreiben die jeweiligen Positionen der Aufwandswerte.

Einige Arbeiten, wie zum Beispiel die Nacharbeiten, die Bewehrungsarbeiten, die Betonierarbeiten und die Estricharbeiten wurden außerhalb des Beobachtungszeitraums durchgeführt. Die Angaben zu den jeweiligen Zeiten und den Leistungswerten wurden dem Verfasser seitens des Poliers der Baufirma und seitens des Vorarbeiters der Holzbaumontage zur Verfügung gestellt.

4.11.1 Aufwandswerte – Detaildarstellung

Die nachfolgenden Tabellen stellen den Aufbau der zu ermittelten Aufwandswerte dar. Dieser bleibt stetig gleich und dient der Ermittlung aller Kennwerte für das Erdgeschoss und das 1. Obergeschoss für beide Deckensysteme. Die einzelnen Zeitdaten stammen wie in der vorangegangenen Auswertung aus den jeweiligen Datenerfassungsbögen. Die Aufwandswerte werden aus der Summe der Tätigkeiten aller Arbeitskräfte, die an dem Vorgang beteiligt sind, gebildet. Zur besseren Übersicht werden die Aufwandswerte für die HBV-Deckenelemente in Ortbeton und als Fertigteil separat dargestellt. Am Ende werden einerseits der Gesamtaufwandswert für die Montage der Deckenelemente und andererseits der Gesamtaufwandswert zur Herstellung der Decke miteinander verglichen.

Variante A – Ortbetonvariante

- **Verlegen der Deckenelemente alle AK am 05. und 06.05.2015 [Std/m²]**

Unter dem Verlegen der Deckenelemente wird das Anhängen des Elementes an den Kran, die Herstellung des Dämmstreifens, der Hebevorang und das Ausrichten bzw. Justieren verstanden.

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Verlegen der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	270	4,50	39%	218,30	AW netto	0,02
Haupttätigkeit						
Nebentätigkeiten +	115	1,92	17%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	100	1,67	15%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	18,75	0,31	3%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	8%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	3,75	0,06	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	121,25	2,02	18%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	413,75	6,90	61%	218,30	AW zusätzl.	0,03
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	683,75	11,40			AW brutto	0,05

Tabelle 4.18 Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Verlegen der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	245	4,08	71%	218,30	AW netto	0,02
Haupttätigkeit						
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	87,5	1,46	25%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	4%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	102,5	1,71	29%	218,30	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	347,5	5,79			AW brutto	0,03

Tabelle 4.19 Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente 1.OG, Ortbetonvariante

- **Verschrauben der Deckenelemente alle AK am 05. und 06.05.2015 [Std/m²]**

Unter dem Verschrauben der Deckenelemente wird die Erstverschraubung der Decke auf die Wand, das Einrichten bzw. die Feinjustierung, die Endverschraubung der Deckenelemente untereinander und das Vernageln der Metallaschen verstanden.

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit: Verschrauben der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	395	6,58	57%	178,86	AW netto	0,04
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	100	1,67	14%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	18,75	0,31	3%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	8%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	3,75	0,06	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	121,25	2,02	17%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	298,75	4,98	43%	178,86	AW zusätzl.	0,03
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	693,75	11,56			AW brutto	0,06

Tabelle 4.20 Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit: Verschrauben der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	345	5,75	76%	178,86	AW netto	0,03
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	87,5	1,46	19%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	5	0,08	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	3%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	107,5	1,79	24%	178,86	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	452,5	7,54			AW brutto	0,04

Tabelle 4.21 Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente 1.OG, Ortbetonvariante

- **Nacharbeiten alle AK [Std/lfm]**

Unter den Nacharbeiten werden das luftdichte Verkleben der Decke an die Außenwand, das Ausschäumen der Löcher für die Hebelaschen, der Einbau des Elastomers als Schallentkoppelung zur Massivwand, die Demontage der Absturzsicherung, die Finalisierung der Montagearbeiten, das Reinigen der Oberfläche, das Ausbessern von Fehlern und sonstige Nacharbeiten verstanden. Die Nacharbeiten sind ohne eine exakte Gliederung nach REFA, außerhalb des Beobachtungszeitraums, in einen Aufwandswert zu den Nacharbeiten zusammengefasst. Folgende Angaben stammen seitens des ausführenden Holzbauunternehmens bzw. des Bauleiters vor Ort und wurden dem Beobachter im Nachhinein zur Verfügung gestellt:

7 h pro Geschoss zu je 4 AK ergibt eine Gesamtarbeitszeit von 28 Std

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Nacharbeiten alle AK	Tätigkeit	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
	Tätigkeit	1680	28,00	100%	178,86	AW brutto	0,16

Tabelle 4.22 Aufwandswert – Nacharbeiten EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit: Nacharbeiten alle AK	Tätigkeit	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
	Tätigkeit	1680	28,00	100%	178,86	AW brutto	0,16

Tabelle 4.23 Aufwandswert – Nacharbeiten 1.OG, Ortbetonvariante

- **Stoßfuge alle AK [Std/lfm]**

Unter den Arbeiten an der Stoßfuge werden das Abkleben der Fugen, die Vermessung und der Zuschnitt des Falzbretts und das Einlegen und Vernageln desselbigen verstanden. Die Arbeiten an den Stoßfugen für ein Geschoss sind nur zum Teil nach REFA aufgenommen worden. Anhand der Videoaufzeichnungen und der Kontrolle mittels der Datenerhebungsbögen, wurde dieser auf die Laufmeter jedes Geschosses hochgerechnet und zu einem Aufwandswert zusammengefasst.

Alle AK benötigten 3,83 Std für 68,5lfm → 10,00 Std für 178,86 lfm

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Stoßfuge alle AK		Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		600	10,00	100%	178,86	AW brutto	0,06

Tabelle 4.24 Aufwandswert – Stoßfuge EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit: Stoßfuge alle Aks		Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		600	10,00	100%	178,86	AW brutto	0,06

Tabelle 4.25 Aufwandswert – Stoßfuge 1.OG, Ortbetonvariante

- **Bewehrungsarbeiten alle AK [Std/t]**

Die Bewehrungsarbeiten beinhalten in diesem konkreten Fall das Abkleben der Ränder an den Außenwänden, das Einheben der Bewehrung, das Auflegen der Abstandsleisten, das Verlegen der Mattenbewehrung, den Zuschnitt der Matten bei Ecken und Kanten, die Vorbereitungen für die Elektroinstallationen, das Eindrehen der Tellerkopfschrauben und das Röheln (Stahlflechten). Die Arbeiten für ein Geschoss sind ohne exakte Gliederung nach REFA, außerhalb des Beobachtungszeitraumes, aufgenommen worden und in einen Aufwandswert zu den Bewehrungsarbeiten zusammengefasst. Folgende Angaben stammen seitens der ausführenden Baufirma und wurden dem Beobachter im Nachhinein zur Verfügung gestellt:

Nettogeschossfläche EG:	513,41 m ²
Nettogeschossfläche 1.OG:	513,41 m ²
Nettogeschossfläche EG Bauabschnitt 8:	218,30 m ²
Nettogeschossfläche 1.OG Bauabschnitt 8:	218,30 m ²

3 AK benötigten 2 Tage zu je 9 h für 513,41 m² → 54,00 Std für 513,41 m²
 → 22,96 Std für 218,30 m²

Bewehrung: Matte CQS 60 → 60 kg/m³

Die Bewehrungsmenge ergibt sich wie folgt:

$$BW_M = BT_M \cdot bw_g = 19,21 \text{ m}^3 \cdot 0,06 \text{ t/m}^3 = 1,153 \text{ t}$$

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit: Bewehrungsarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [t]	AW	AW [Std/t]
Tätigkeit	1377,6	22,96	100%	1,15	AW brutto	19,91

Tabelle 4.26 Aufwandswert – Bewehrungsarbeiten EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit: Bewehrungsarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [t]	AW	AW [Std/t]
Tätigkeit	1377,6	22,96	100%	1,15	AW brutto	19,91

Tabelle 4.27 Aufwandswert – Bewehrungsarbeiten 1.OG, Ortbetonvariante

Der Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten dieses Bauvorhabens wurde in der folgenden Abbildung farblich grün markiert und mit den Werten aus der Literatur verglichen. Zuzufolge der Betrachtung von Einflussfaktoren finden folgende Gliederungspunkte für Aufwandswerte über Bewehrungsarbeiten an Decken bezüglich der Gesamtheit der gegenübergestellten Aufwandstabellen Berücksichtigung: Bewehrungsart, Arbeiten (Schneiden, Abkanten, Biegen u. Verlegen), Bauteilart (Vollbeton- u. Rippendecken), Durchmesser, Gewicht und Zulagen.³⁰⁹

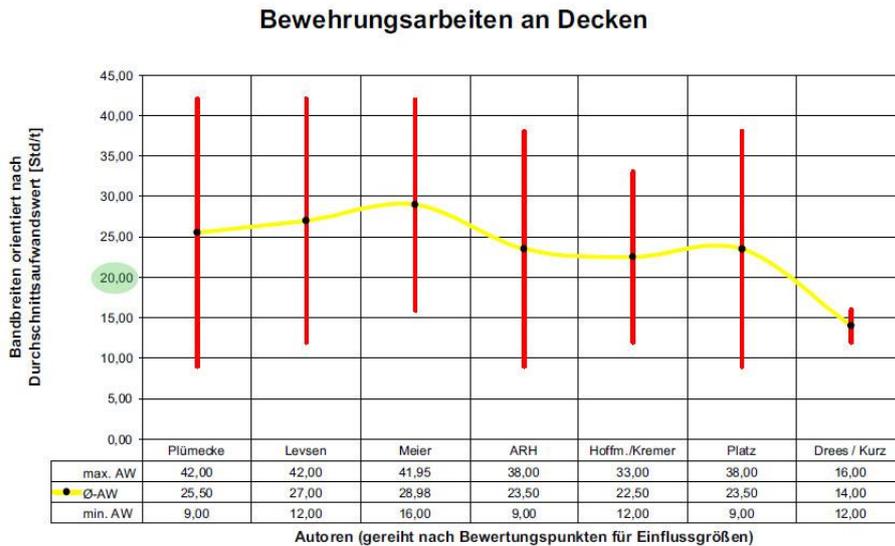


Tabelle 4.28 Diagramm mit Bandbreiten und zugehörigen durchschnittlichen Aufwandswerten für Bewehrungsarbeiten an Decken

³⁰⁹ AIGNER, M.: Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten-Ein kritischer Vergleich von Literaturangaben. Diplomarbeit. S. 190

- **Betonierarbeiten alle AK [Std/m³]**

Die Betonierarbeiten beinhalten in diesem konkreten Fall das Vorbereiten und Unterstellen der Deckenelemente, das Einbringen des Betons mittels Betonpumpe, das Verdichten mit Rüttler, sowie das Abziehen und Nachbehandeln des Betons. Die Arbeiten für ein Geschoss sind ohne exakte Gliederung nach REFA, außerhalb des Beobachtungszeitraumes, aufgenommen worden und in einen Aufwandswert zu den Betonierarbeiten zusammengefasst. Folgende Angaben stammen seitens der ausführenden Baufirma und wurden dem Beobachter im Nachhinein zur Verfügung gestellt:

7 AK benötigten 7 h für 1116,19m² → 49,00 Std für 1116,19m²
 → 9,58 Std für 218,30m²

Die Betonmenge mit dem Betonverdichtungsmaß³¹⁰ von 1,1 für ein Geschoss ergibt sich wie folgt:

$$BT_M = NGF \cdot D_D = 218,30 \text{ m}^2 \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 1,1 = 19,21 \text{ m}^3$$

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Betonierarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ³]	AW	AW [Std/m ³]	
Tätigkeit	575	9,58	100%	19,21	AW brutto	0,50	

Tabelle 4.29 Aufwandswert – Betonierarbeiten EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit: Betonierarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ³]	AW	AW [Std/m ³]	
Tätigkeit	575	9,58	100%	19,21	AW brutto	0,50	

Tabelle 4.30 Aufwandswert – Betonierarbeiten 1.OG, Ortbetonvariante

³¹⁰ Die ÖNORM B 4710-1 definiert, genauso wie die europäischen Norm EN 206, sieben Konsistenzbereiche für Frischbeton: sehr steif, steif, plastisch, weich, sehr weich, fließfähig und sehr fließfähig. Die Bereiche werden durch die Ausbreitmaßklassen F1 (steif) bis F6 (sehr fließfähig) und durch die Verdichtungsmaßklassen C0 (sehr steif) bis C3 (weich) beschrieben.

Der Aufwandswert für die Betonierarbeiten dieses Bauvorhabens wurde in der folgenden Abbildung farblich grün markiert und mit den Werten aus der Literatur verglichen. Zuzufolge der Betrachtung von Einflussfaktoren finden folgende Gliederungspunkte für Aufwandswerte über Betonarbeiten an Decken bezüglich der Gesamtheit der gegenübergestellten Aufwandstabellen Berücksichtigung: Deckenstärke, Schalfläche, Ausführung, Konsistenz, Herstellung, Förderung, Krankübelgröße, Pumpleistung und Zuglagen.³¹¹

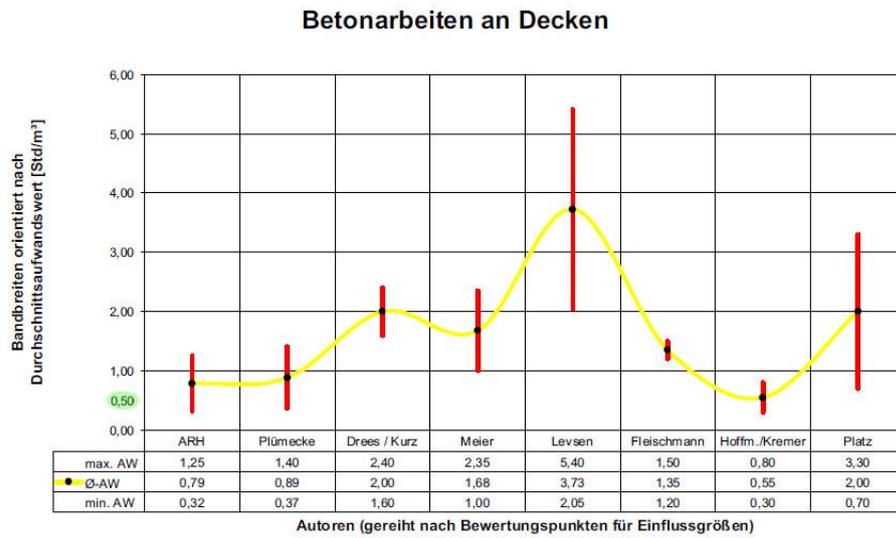


Tabelle 4.31 Diagramm mit Bandbreiten und zugehörigen durchschnittlichen Aufwandswerten für Betonarbeiten an Decken

- **Gesamtaufwandswert Montage der BSP-Decke EG / 1.OG alle AK [Std/m²]**

³¹¹ AIGNER, M.: Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten-Ein kritischer Vergleich von Literaturangaben. Diplomarbeit. S. 211

Der Gesamtaufwandswert für die Montage der BSP-Deckenelemente im Erdgeschoss bzw. 1. Obergeschoss setzt sich aus den Positionen der folgenden vier Aufwandswerte zusammen:

- AW_i Verlegen der Deckenelemente
- AW_i Verschrauben der Deckenelemente
- AW_i Arbeiten an der Stoßfuge
- AW_i Rand- und Nacharbeiten

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2945	49,08	73%	218,30	AW netto	0,22
Nebentätigkeiten +	510	8,50	13%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	200	3,33	5%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	37,5	0,63	1%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	110	1,83	3%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	0%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	242,5	4,04	6%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	1107,5	18,46	27%	218,30	AW zusätzl.	0,08
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	4052,5	67,54			AW brutto	0,31

Tabelle 4.32 Aufwandswert – Gesamtaufwandswert Montage EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2870	47,83	93%	218,30	AW netto	0,22
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	175	2,92	6%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	5	0,08	0%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	210	3,50	7%	218,30	AW zusätzl.	0,02
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	3080	51,33			AW brutto	0,24

Tabelle 4.33 Aufwandswert – Gesamtaufwandswert Montage 1.OG, Ortbetonvariante

- **Gesamtaufwandswert Herstellung der HBV-Decke in Ortbeton EG / 1.OG alle AK [Std/m²]**

Der Gesamtaufwandswert für die Herstellung der Decke im Erdgeschoss bzw. im 1. Obergeschoss setzt sich aus den Positionen der folgenden sechs Aufwandswerte zusammen:

- AW_i Verlegen der Deckenelemente
- AW_i Verschrauben der Deckenelemente
- AW_i Arbeiten an der Stoßfuge
- AW_i Rand- und Nacharbeiten
- AW_i Bewehrungsarbeiten
- AW_i Betonierarbeiten

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Herstellung der Decke im EG alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	4897,6	81,63	87%	218,30	AW netto 0,37
	Nebentätigkeiten +	115	1,92	2%		
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	200	3,33	4%		
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	37,5	0,63	1%		
	störungsbedingte Unterbrechungen +	110	1,83	2%		
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	0%		
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	242,5	4,04	4%		
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%		
	Σ [min]	712,5	11,88	13%	218,30	AW zusätzl. 0,05
	Σ [min] Herstellung der Decke im EG alle AK	5610,1	93,50			AW brutto 0,43

Tabelle 4.34 Aufwandswert – Gesamtaufwandswert EG, Ortbetonvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Herstellung der Decke im 1.OG alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	4822,6	80,38	96%	218,30	AW netto 0,37
	Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%		
	störungsbedingte Unterbrechungen +	175	2,92	3%		
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	5	0,08	0%		
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%		
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%		
	Σ [min]	210	3,50	4%	218,30	AW zusätzl. 0,02
	Σ [min] Herstellung der Decke im 1.OG alle AK	5032,6	83,88			AW brutto 0,38

Tabelle 4.35 Aufwandswert – Gesamtaufwandswert 1.OG, Ortbetonvariante

Die nachstehende Grafik zeigt den AW_{Netto} und den AW_{Brutto} für die Montage der BSP-Decke im Erdgeschoss und im 1.Obergeschoss in [Std/m²].

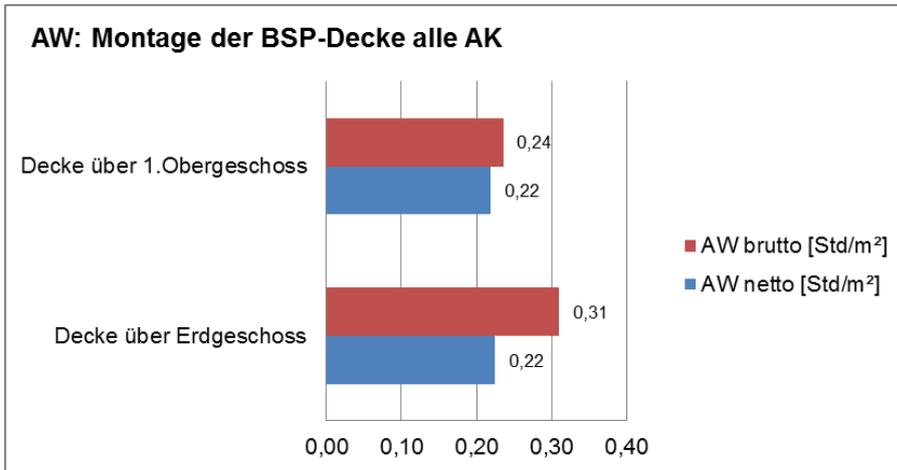


Bild 4.23 Aufwandswerte – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ort-betonvariante

Anders dargestellt lässt sich der Aufwandswert AW_{Brutto} aller Arbeiten zur Herstellung der Decken folgendermaßen verdeutlichen. Der AW_{Brutto} stellt für die weitere Kalkulation den maßgebenden Eingangswert dar.

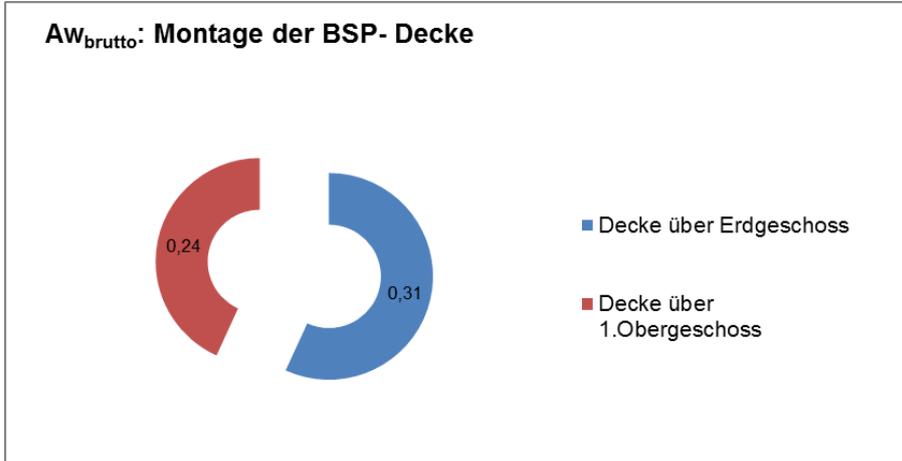


Bild 4.24 AW_{Brutto} – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

Der AW_{Brutto} im Erdgeschoss liegt bei 0,31 Std/m², im 1. Obergeschoss hingegen bei 0,24 Std/m². Der Unterschied ist auf die Störungen bei der Montage der Deckenelemente im Erdgeschoss zurückzuführen.

Die nachstehende Grafik zeigt den AW_{Netto} und den AW_{Brutto} für die Herstellung der Decke im Erdgeschoss und im 1.Obergeschoss in [Std/m²].

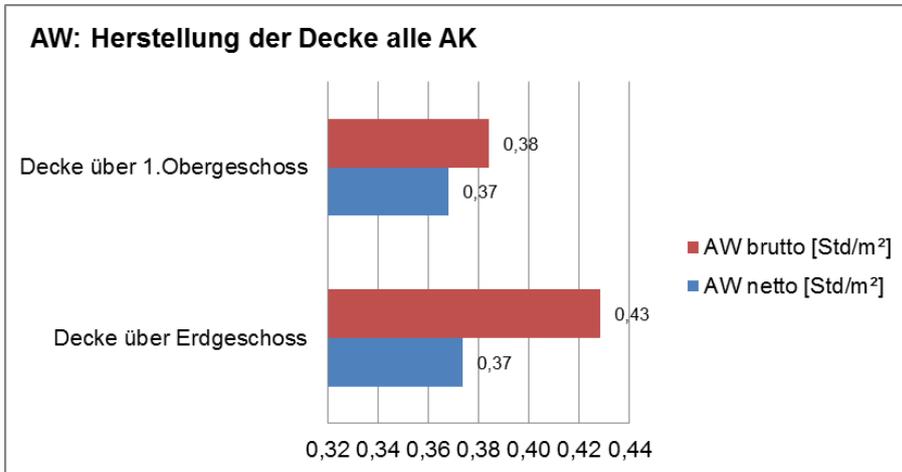


Bild 4.25 Aufwandswert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

Anders dargestellt lässt sich der Aufwandswert AW_{Brutto} aller Arbeiten zur Herstellung der Decken folgendermaßen verdeutlichen. Der AW_{Brutto} stellt für die weitere Kalkulation den maßgebenden Eingangswert dar.

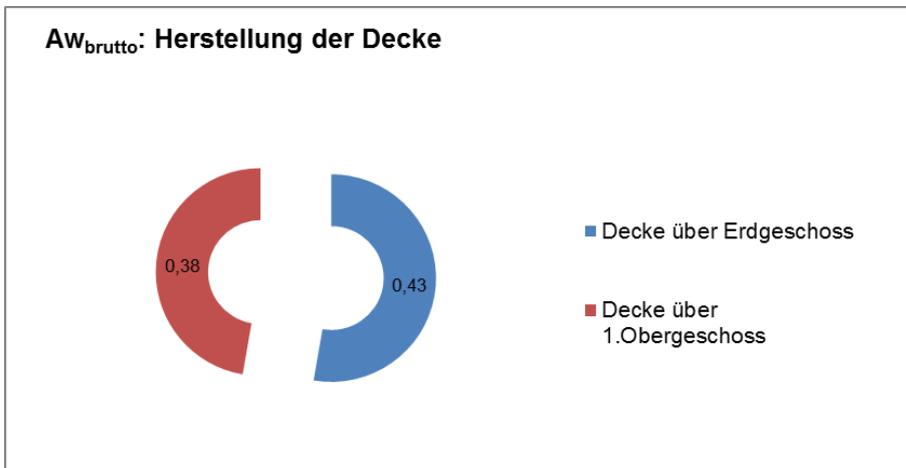


Bild 4.26 AW_{Brutto} – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

Der AW_{Brutto} im Erdgeschoss liegt bei 0,43 Std/m², im 1. Obergeschoss hingegen bei 0,38 Std/m². Der Unterschied ist auf die Störungen bei der Montage der Deckenelemente im Erdgeschoss zurückzuführen.

Variante B – Fertigteilvariante

- **Verlegen der Deckenelemente alle AK am 15. und 17.07.2015 [Std/m²]**

Unter dem Verlegen der Deckenelemente wird das Anhängen des Elementes an den Kran, die Herstellung des Dämmstreifens, der Hebevorang und das Ausrichten bzw. Justieren verstanden.

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit: Verlegen der Deckenelemente alle AK 15.07.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Haupttätigkeit	340	5,67	88%	164,10	AW netto	0,03
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	3%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	4%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	22,5	0,38	6%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	47,5	0,79	12%	164,10	AW zusätzl.	0,00
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK 15.07.2015	387,5	6,46			AW brutto	0,04

Tabelle 4.36 Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente EG, Fertigteilvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit: Verlegen der Deckenelemente alle AK17.07.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Haupttätigkeit	495	8,25	79%	218,50	AW netto	0,04
Nebentätigkeiten +	37,5	0,63	6%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	80	1,33	13%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	132,5	2,21	21%	218,50	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK17.07.2015	627,5	10,46			AW brutto	0,05

Tabelle 4.37 Aufwandswert – Verlegen der Deckenelemente 1.OG, Fertigteilvariante

- **Verschrauben der Deckenelemente alle AK am 15. und 17.07.2015 [Std/m²]**

Unter dem Verschrauben der Deckenelemente wird die Erstverschraubung der Decke auf die Wand, das Einrichten bzw. die Feinjustierung, die Endverschraubung der Deckenelemente untereinander und das Ausnageln der Metalllaschen verstanden.

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Verschrauben der Deckenelemente alle AK 15.07.20						
Haupttätigkeit	605	10,08	87%	160,55	AW netto	0,06
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	8%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	2%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	22,5	0,38	3%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	92,5	1,54	13%	160,55	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 15.07.2015	697,5	11,63			AW brutto	0,07

Tabelle 4.38 Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente EG, Fertigteilvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Verschrauben der Deckenelemente alle AK 17.07.20						
Haupttätigkeit	495	8,25	79%	178,86	AW netto	0,05
Nebentätigkeiten +	37,5	0,63	6%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	80	1,33	13%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	132,5	2,21	21%	178,86	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 17.07.2015	627,5	10,46			AW brutto	0,06

Tabelle 4.39 Aufwandswert – Verschrauben der Deckenelemente 1.OG, Fertigteilvariante

- **Nacharbeiten alle AK [Std/lfm]**

Unter Nacharbeiten werden das luftdichte Verkleben der Decke an die Außenwand, das Ausschäumen der Löcher für die Hebelaschen, der Einbau des Elastomers als Schallentkoppelung zur Massivwand, die Demontage der Absturzsicherung, die Finalisierung der Montagearbeiten, das Reinigen der Oberfläche, das Ausbessern von Fehlern und sonstige Nacharbeiten verstanden. Die Nacharbeiten sind ohne eine exakte Gliederung nach REFA, außerhalb des Beobachtungszeitraums, in einen Aufwandswert zu den Nacharbeiten zusammengefasst. Folgende Angaben stammen seitens des ausführenden Holzbauunternehmens bzw. des Bauleiters vor Ort und wurden dem Beobachter im Nachhinein zur Verfügung gestellt:

7 h pro Geschoss zu je 4 AK ergibt eine Gesamtarbeitszeit von 28 Std

Beurteilung nach REFA		Σ	Σ	Verteilung	BE	AW	AW
Decke über Erdgeschoss		[min]	[Std]	[%]	[lfm]		[Std/lfm]
Tätigkeit: Nacharbeiten alle AK							
	Tätigkeit	1680	28,00	100%	160,55	AW brutto	0,17

Tabelle 4.40 Aufwandswert – Nacharbeiten EG, Fertigteilvariante

Beurteilung nach REFA		Σ	Σ	Verteilung	BE	AW	AW
Decke über 1.Obergeschoss		[min]	[Std]	[%]	[lfm]		[Std/lfm]
Tätigkeit: Nacharbeiten alle AK							
	Tätigkeit	1680	28,00	100%	178,86	AW brutto	0,16

Tabelle 4.41 Aufwandswert – Nacharbeiten 1.OG, Fertigteilvariante

- **Fugenschüttung alle AK [Std/lfm]**

Unter den Estricharbeiten werden in diesem konkreten Fall die Vorarbeiten für den Estrichleger in Form von einer Befüllung der Stoßfugen mit einer Kiesschüttung verstanden. Die Estricharbeiten sind ohne eine exakte Gliederung nach REFA, außerhalb des Beobachtungszeitraums, in einen Aufwandswert zu den Estricharbeiten zusammengefasst. Folgende Angaben stammen seitens der ausführenden Baufirma und wurden dem Beobachter im Nachhinein zur Verfügung gestellt:

2 h pro Geschoss zu je 2 AK ergibt eine Gesamtarbeitszeit von 4 Std

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Kiesschüttung	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]	
Tätigkeit	240	4,00	100%	164,10	AW brutto	0,02	

Tabelle 4.42 Aufwandswert – Nacharbeiten EG, Fertigteilvariante

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Kiesschüttung	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]	
Tätigkeit	240	4,00	100%	218,50	AW brutto	0,02	

Tabelle 4.43 Aufwandswert – Nacharbeiten 1.OG, Fertigteilvariante

- **Gesamtaufwandswert Montage der HBV-Decke als Fertigteil EG / 1.OG alle AK [Std/m²]**

Der Gesamtaufwandswert für die Montage der HBV-Deckenelemente im Erdgeschoss bzw. 1. Obergeschoss setzt sich aus den Positionen der folgenden drei Aufwandswerte zusammen:

- AW_i Verlegen der Deckenelemente
- AW_i Verschrauben der Deckenelemente
- AW_i Rand- und Nacharbeiten

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2625	43,75	95%	164,10	AW netto	0,27
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	2%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	45	0,75	2%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	140	2,33	5%	164,10	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	2765	46,08			AW brutto	0,28

Tabelle 4.44 Aufwandswert – gesamte Montage EG, Fertigteilvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2670	44,50	91%	218,30	AW netto	0,20
Nebentätigkeiten +	75	1,25	3%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	160	2,67	5%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	265	4,42	9%	218,30	AW zusätzl.	0,02
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	2935	48,92			AW brutto	0,22

Tabelle 4.45 Aufwandswert – gesamte Montage 1.OG, Fertigteilvariante

- **Gesamtaufwandswert Herstellung der HBV-Decke als Fertigteil EG / 1.OG alle AK [Std/m²]**

Der Gesamtaufwandswert für die Herstellung der Decke im Erdgeschoss bzw. 1. Obergeschoss setzt sich aus den Positionen der folgenden vier Aufwandswerte zusammen:

- AW_i Verlegen der Deckenelemente
- AW_i Verschrauben der Deckenelemente
- AW_i Rand- und Nacharbeiten
- AW_i Fugenschüttung

Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Herstellung der Decke alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	2865	47,75	95%	164,10	AW netto 0,29
	Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	0%		
	störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	2%		
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%		
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	45	0,75	1%		
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%		
	Σ [min]	140	2,33	5%	164,10	AW zusätzl. 0,01
	Σ [min] Herstellung der Decke alle AK	3005	50,08			AW brutto 0,31

Tabelle 4.46 Aufwandswert – Gesamtaufwandswert EG, Fertigteilvariante

Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Herstellung der Decke alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	2910	48,50	92%	218,30	AW netto 0,22
	Nebentätigkeiten +	75	1,25	2%		
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%		
	störungsbedingte Unterbrechungen +	160	2,67	5%		
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	0%		
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	0%		
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%		
	Σ [min]	265	4,42	8%	218,30	AW zusätzl. 0,02
	Σ [min] Herstellung der Decke alle AK	3175	52,92			AW brutto 0,24

Tabelle 4.47 Aufwandswert – Gesamtaufwandswert 1.OG, Fertigteilvariante

Die nachstehende Grafik zeigt den AW_{Netto} und den AW_{Brutto} für die Montage der HBV-Deckenelemente im Erdgeschoss und im 1.Obergeschoss in $[\text{Std}/\text{m}^2]$.

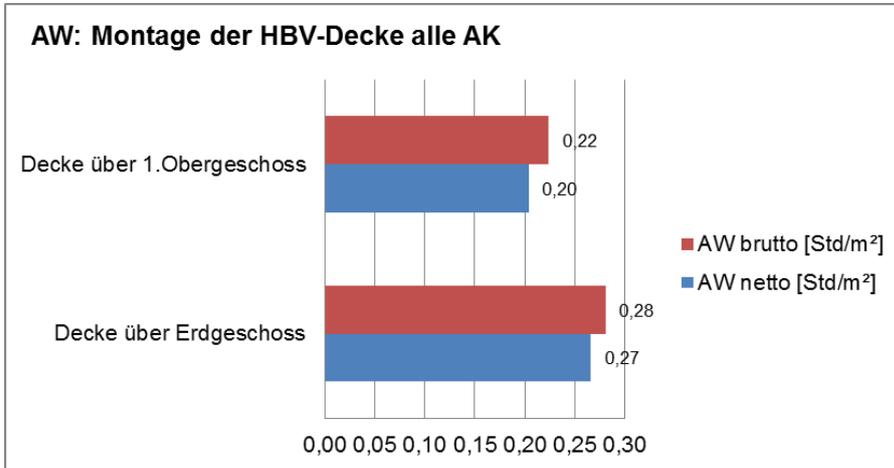


Bild 4.27 Aufwandswerte – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilvariante

Anders dargestellt lässt sich der Aufwandswert AW_{Brutto} aller Arbeiten zur Herstellung der Decken folgendermaßen verdeutlichen. Der AW_{Brutto} stellt für die weitere Kalkulation den maßgebenden Eingangswert dar.

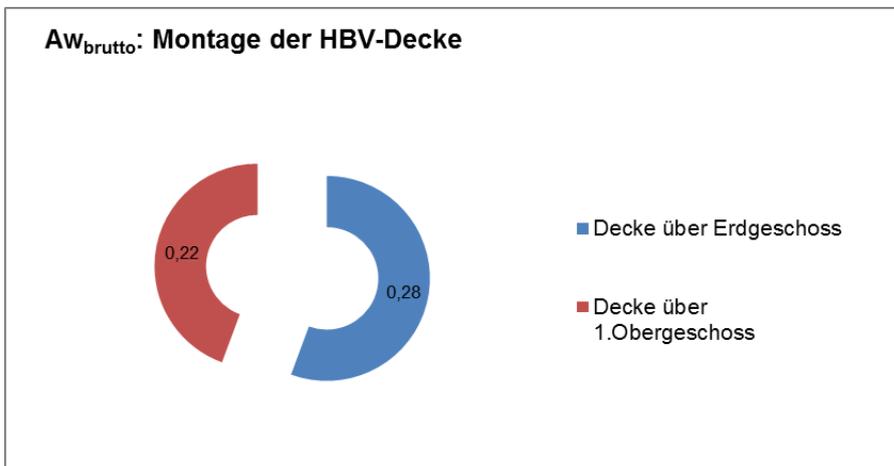


Bild 4.28 AW_{Brutto} – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilvariante

Der AW_{Brutto} im Erdgeschoss liegt bei $0,28 \text{ Std}/\text{m}^2$, im 1. Obergeschoss hingegen bei $0,22 \text{ Std}/\text{m}^2$. Der Unterschied ist auf die unterschiedliche Tätigkeitsverteilung im Erdgeschoss und auf die Tagesverfassung der Montage-Mannschaft zurückzuführen.

Die nachstehende Grafik zeigt den AW_{Netto} und den AW_{Brutto} für die Herstellung der Decke im Erdgeschoss und 1.Obergeschoss in [Std/m²].

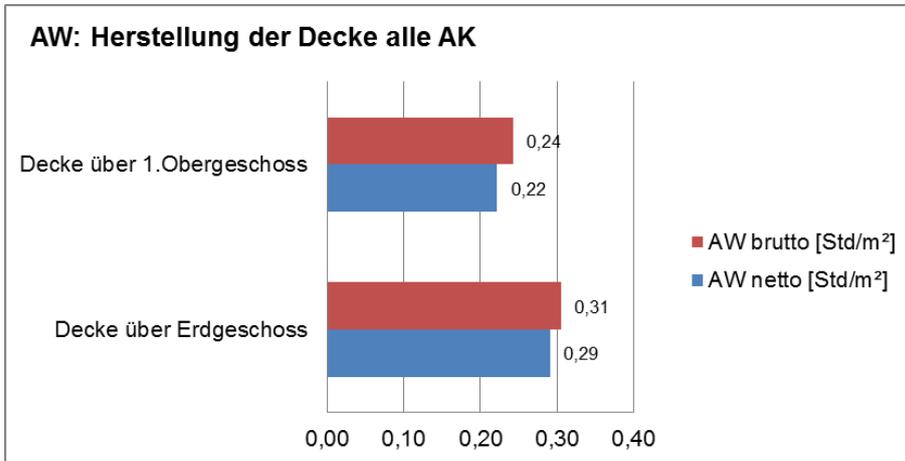


Bild 4.29 Aufwandswert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilvariante

Anders dargestellt lässt sich der Aufwandswert AW_{Brutto} aller Arbeiten zur Herstellung der Decken folgendermaßen verdeutlichen. Der AW_{Brutto} stellt für die weitere Kalkulation den maßgebenden Eingangswert dar.

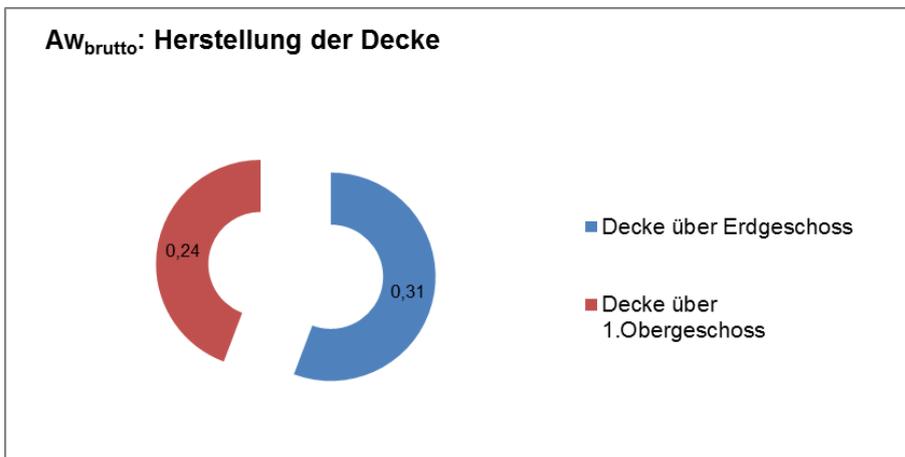


Bild 4.30 AW_{Brutto} – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilvariante

Der AW_{Brutto} im Erdgeschoss liegt bei 0,31 Std/m², im 1. Obergeschoss hingegen bei 0,24 Std/m². Der Unterschied ist auf die unterschiedliche Tätigkeitsverteilung im Erdgeschoss und auf die Tagesverfassung der Montage-Mannschaft zurückzuführen.

4.11.2 Darstellung der ermittelten Aufwandswerte

Alle Aufwandswerte, welche im Laufe der Beobachtungen auf der Baustelle für die beiden Bau-Verfahren ermittelt wurden, sind in den nachstehenden Tabellen dargestellt:

Ortbetonvariante

- Verlegen der Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Verlegen der Deckenelemente</i>				
Decke über Erdgeschoss	0,02	[Std/m ²]	0,05	[Std/m ²]
Decke über 1.Obergeschoss	0,02	[Std/m ²]	0,03	[Std/m ²]

Bild 4.31 AW – Verlegen der Deckenelemente, Ortbetonvariante

- Verschrauben der Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Verschrauben der Deckenelemente</i>				
Decke über Erdgeschoss	0,04	[Std/lfm]	0,06	[Std/lfm]
Decke über 1.Obergeschoss	0,03	[Std/lfm]	0,04	[Std/lfm]

Bild 4.32 AW – Verschrauben der Deckenelemente, Ortbetonvariante

- Nacharbeiten an den Deckenelementen

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Nacharbeiten</i>				
Decke über Erdgeschoss			0,16	[Std/lfm]
Decke über 1.Obergeschoss			0,16	[Std/lfm]

Bild 4.33 AW – Verschrauben der Deckenelemente, Ortbetonvariante

- Arbeiten an der Stoßfuge

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Arbeiten an der Stoßfuge</i>				
Decke über Erdgeschoss			0,06	[Std/lfm]
Decke über 1.Obergeschoss			0,06	[Std/lfm]

Bild 4.34 AW – Arbeiten an der Stoßfuge, Ortbetonvariante

- Bewehrungsarbeiten

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Bewehrungsarbeiten</i>				
Decke über Erdgeschoss			19,91	[Std/t]
Decke über 1.Obergeschoss			19,91	[Std/t]

Bild 4.35 AW – Bewehrungsarbeiten, Ortbetonvariante

- Betonierarbeiten

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Betonierarbeiten</i>				
Decke über Erdgeschoss			0,50	[Std/m ³]
Decke über 1.Obergeschoss			0,50	[Std/m ³]

Bild 4.36 AW – Betonierarbeiten, Ortbetonvariante

- Montage der BSP-Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Montage der BSP-Deckenelemente</i>				
Decke über Erdgeschoss	0,22		0,31	[Std/m ²]
Decke über 1.Obergeschoss	0,22		0,24	[Std/m ²]

Bild 4.37 AW – Herstellung der Decken, Ortbetonvariante

- Herstellung der Decken als Ortbetonvariante

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
<i>Herstellung der Decke</i>				
Decke über Erdgeschoss	0,37		0,43	[Std/m ²]
Decke über 1.Obergeschoss	0,37		0,38	[Std/m ²]

Bild 4.38 AW – Herstellung der Decken, Ortbetonvariante

Fertigteilvariante

- Verlegen der Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
Verlegen der Deckenelemente				
Decke über Erdgeschoss	0,03	[Std/m ²]	0,04	[Std/m ²]
Decke über 1.Obergeschoss	0,04	[Std/m ²]	0,05	[Std/m ²]

Bild 4.39 AW – Verlegen der Deckenelemente, Fertigteilvariante

- Verschrauben der Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
Verschrauben der Deckenelemente				
Decke über Erdgeschoss	0,06	[Std/lfm]	0,07	[Std/lfm]
Decke über 1.Obergeschoss	0,05	[Std/lfm]	0,06	[Std/lfm]

Bild 4.40 AW – Verschrauben der Deckenelemente, Fertigteilvariante

- Nacharbeiten an den Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
Nacharbeiten				
Decke über Erdgeschoss			0,17	[Std/lfm]
Decke über 1.Obergeschoss			0,16	[Std/lfm]

Bild 4.41 AW – Verschrauben der Deckenelemente, Fertigteilvariante

- Fugenschüttung

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
Fugenschüttung				
Decke über Erdgeschoss			0,02	[Std/lfm]
Decke über 1.Obergeschoss			0,02	[Std/lfm]

Bild 4.42 AW – Fugenschüttung, Fertigteilvariante

- Montage der HBV-Deckenelemente

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
Montage der HBV-Deckenelemente				
Decke über Erdgeschoss	0,27		0,28	[Std/m ²]
Decke über 1.Obergeschoss	0,20		0,22	[Std/m ²]

Bild 4.43 AW – Herstellung der Decken, Fertigteilvariante

- Herstellung der Decken als Fertigteilvariante

Leistung	AW _{Netto}	BE	AW _{Brutto}	BE
Herstellung der Decke				
Decke über Erdgeschoss	0,29		0,31	[Std/m ²]
Decke über 1.Obergeschoss	0,22		0,24	[Std/m ²]

Bild 4.44 AW – Herstellung der Decken, Fertigteilvariante

4.12 Anwendbarkeit in der Holzbaukalkulation

Anhand des Bauvorhabens in der Paulasgasse in Wien-Schwechat wurden Aufwands- und Leistungswerte auf Basis der Montage von reinen Brettsperrholz- und Holzbetonverbund-Deckenelementen ermittelt. Die gewonnenen Eingangsdaten gelten folglich nur für Bauweisen dieser oder ähnlicher Art und können zukünftig nur für Bauvorhaben mit ähnlichen Randbedingungen angewandt werden.

In der Holzbaukalkulation können die Aufwandswerte als Kalkulationsgrundlage für Bauvorhaben mit Brettsperrholz-Deckenelementen angewandt werden. Es lassen sich zum Beispiel die anfallenden Lohnkosten der jeweiligen Bauarbeiter bei Montageaufträgen errechnen. Des Weiteren bilden die Aufwandswerte die Eingangsdaten für die Kalkulation mittels dem standardisierten Kalkulationsformblatt K7 laut ÖNORM 2061.

Alle Aufwandswerte für die Herstellung der beiden unterschiedlichen Deckensysteme, wurden je nach möglichen Mengen- und Verrechnungseinheiten in [lfm], [m²] und [Stk] angegeben, wodurch diese in künftigen Kalkulationsansätzen einsetzbar sind.

Aus Sicht des Verfassers dieser Arbeit, sind die zusammengestellten Aufwandswerte aus einem gut strukturierten und organisierten Bauablauf, was die Holzbaumontage betrifft, entnommen worden. Die zum Teil auftretenden Störungen waren anteilig am gesamten Ablauf, der zur Herstellung der Decken notwendig war, als gering anzusehen.

Die ermittelten Aufwandswerte für die Montage von Deckenelementen auf der Basis von BSP können pauschal nicht als gültig für alle künftigen Kalkulationen in Brettsperrholz angesehen werden. Dennoch wurden sie mit den ermittelten Daten aus Beobachtungen anderer BSP-Baustellen verglichen und konnten so in einem ersten Schritt plausibilisiert werden. Um diese zu verifizieren müssen jedoch noch weitere Beobachtungen ähnlicher Art durchgeführt werden.

Für die Ermittlung der Kosten für die Brettsperrholz- und Holzbetonverbundmontage von Deckenelementen können die Kalkulationsansätze als sehr gute Basis für künftige Kalkulationen angesehen werden. Werden diese in weiteren Bauvorhaben ähnlicher Art angesetzt, so sind die Randbedingungen des jeweiligen Objektes stets zu vergleichen und die Kalkulation muss auf Plausibilität überprüft werden.

5 Kalkulatorischer Verfahrensvergleich

In der Regel stehen für die Ausführung der verschiedenen Tätigkeiten zur Errichtung eines Bauwerks verschiedene Bauverfahren zur Verfügung, mit denen das gleiche Bau-Soll erreicht werden kann.³¹² Die Verfahren unterscheiden sich sowohl in technischer, wirtschaftlicher als auch organisatorischer Hinsicht.³¹³ Bei den zu vergleichenden Bauverfahren, in diesem Fall die HBV-Decke in Ortbetonvariante und als Fertigteilvariante, sind die Kosten zu ermitteln, welche von jedem der beiden Verfahren verursacht werden.³¹⁴ Die Wahl des richtigen Bau-Verfahrens ist von vielen verschiedenen Einflussfaktoren und Ausführungsbedingungen, wie zum Beispiel den örtlichen Randbedingungen, den vorhandenen Baumaschinen, der geforderten Qualität, der einzuhaltenden Bauzeit, den technischen Normen und Richtlinien oder den Vorschriften, welche die Sicherheit und den Gesundheitsschutz betreffen, abhängig.³¹⁵

Bei diesem kalkulatorischen Verfahrensvergleich werden für die beiden unterschiedlichen Bauverfahren zur Herstellung der Holzbetonverbunddecke vergleichende Kostenermittlungen durchgeführt.³¹⁶ Unter den gegebenen Umständen der innerbetrieblichen Gegebenheiten und den äußeren Randbedingungen wird sich im Laufe dieses Vergleichs im Allgemeinen ein Bau-Verfahren als wirtschaftlicher, mit minimalen Kosten durchführbar, erweisen.

Es sei angemerkt, dass jeder Verfahrensvergleich zweier oder mehrerer Systeme auf Annahmen aufbaut und deshalb nur als Entscheidungshilfe zur Wahl des richtigen Verfahrens verstanden werden kann.³¹⁷ So kann zwar das Entscheidungsrisiko gemindert, nicht aber gänzlich ausgeschaltet werden kann.

Um das wirtschaftlichste Bau-Verfahren zu bestimmen, muss die Kostendifferenz zwischen den auszuwählenden Verfahren ermittelt werden, wobei nur die Größen berücksichtigt werden, die sich durch die zu vergleichenden Bau-Verfahren ändern.³¹⁸ Im folgenden Kapitel sollen durch eine methodisch durchgeführte Kostenvergleichsrechnung die Gesamtkosten zur Herstellung der HBV-Decke in Ortbeton und als Fertigteil ermittelt werden.

³¹² HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 73

³¹³ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 73

³¹⁴ BERNER, F. K., Bernd; Schach, Rainer: Grundlagen der Baubetriebslehre 2. S. 128

³¹⁵ Vgl. BERNER, F. K., Bernd; Schach, Rainer: Grundlagen der Baubetriebslehre 2. S. 127

³¹⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 74

³¹⁷ Vgl. BERNER, F. K., Bernd; Schach, Rainer: Grundlagen der Baubetriebslehre 2. S. 127

³¹⁸ Vgl. BERNER, F. K., Bernd; Schach, Rainer: Grundlagen der Baubetriebslehre 2. S. 128

5.1 Kalkulationsgrundlagen von HBV-Decken

Die Kosten zur Herstellung der beiden HBV-Deckensysteme werden nicht nur durch die zwei unterschiedlichen Bau-Verfahren, sondern auch von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst. Um die Variante der HBV-Decke in Ortbeton jener Variante als Fertigteil hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Aspekte gegenüberzustellen, müssen die Randbedingungen beider Methoden möglichst gleichgesetzt werden. Anhand der Kostenkomponenten und der ermittelten Aufwands- und Leistungswerten, ist es möglich die Kosten und Preise beider Deckensysteme zu berechnen. Die Kalkulation wird mittels Kalkulationsformblätter gemäß ÖNORM B 2061³¹⁹ durchgeführt. An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass in der Praxis die Kalkulation der Kosten oft von den spezifischen Randbedingungen einer Baustelle abhängt und von zahlreichen anderen Einflussfaktoren bestimmt wird. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass sich die Angebotspreise bezogen auf ein reales Projekt von den Angeboten, welche für wissenschaftliche Zwecke ermittelt werden, unterscheiden. Die ermittelten Kosten dieses speziellen Bauvorhabens wurden mit denen von bereits abgeschlossenen und abgerechneten Bauprojekten verglichen und konnten auf diese Weise plausibilisiert werden.

Um eine Bauweise eines Projektes ganzheitlich wirtschaftlich betrachten zu können, ist es erforderlich die Lebenszykluskosten³²⁰ eines Gebäude zu betrachten. Hierbei sind zusätzlich zu den Errichtungskosten³²¹, die Kosten für die Finanzierung, die Objekt-Folgekosten³²², die Nutzung³²³ und die Beseitigung, laut ÖNORM B1801-Teil 1 bis Teil 4, zu berücksichtigen. In dieser Masterarbeit werden ausschließlich die Errichtungskosten zur Herstellung der beiden Deckensysteme monetär bewertet. Da die beiden HBV-Deckenvarianten im selben Bauverfahren zum Einsatz kommen, sind die Kosten für Grund und Nutzung gleichzusetzen.

Anhand der Kalkulationsformblätter laut ÖNORM B 2061 werden die Kosten der einzelnen Bauleistungen für beide Herstellungsmethoden der HBV-Decken berechnet und im Anschluss miteinander verglichen. Dies ermöglicht eine einheitliche, übersichtliche und nachvollziehbare Kalkulation. Mit Hilfe des K3-Blattes können die Kosten des eingesetzten Personals auf der Baustelle errechnet werden. Das Resultat bildet der Mittellohnpreis, welcher den durchschnittlichen Betrag für einen Arbeiter der betrachteten Arbeitsgruppe beschreibt. Die Basis für diese Kalkulation bildet der Kollektivvertrag für das Zimmermeistergewerbe und die vertraglich festgelegten Lohnordnungen.³²⁴ Das K3-Blatt beinhaltet die Betrachtung

³¹⁹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 2061 - Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm.

³²⁰ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 4 - Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 4: Berechnung von Gebäudelebenszykluskosten.

³²¹ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 1 - Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung.

³²² ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 2 - Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten.

³²³ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 3 - Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 3: Objekt- und Nutzungstypologie.

³²⁴ BUNDESINNING HOLZBAU, ÖSTERREICHISCHER GEWERKSCHAFTSBUND: Kollektivvertrag für Arbeiter des Zimmermeistergewerbes - Beilage, Lohnordnung.

des kollektivvertraglichen Mehrlohns, die Aufzahlungen für Mehrarbeit und Erschwernisse, das Arbeitszeitmodell, die Dienstreisevergütungen und die Lohnnebenkosten.

5.1.1 Lohnkosten

Im Laufe der Kostenberechnung wurden die Lohnkosten für Arbeiten in überwiegender Holzbauweise und in überwiegender Betonbauweise ermittelt. Die Mannschaft bei den Holzbauarbeiten setzt sich aus einem Vorarbeiter mit Aufsichtsfunktion, drei Facharbeitern und einem angelernten Bauarbeiter zusammen. Die Grundlage bildet die besagte Lohnordnung des Kollektivvertrags für das Zimmermeistergewerbe mit Gültigkeit ab dem 1. Mai 2015. Die kalkulierte Mannschaft für die Arbeiten in Betonbauweise besteht aus einem Vorarbeiter, einem Facharbeiter und fünf angelernten Arbeitern, basierend auf der Lohnordnung der Beilage zum Kollektivvertrag für die Bauindustrie und das Baugewerbe³²⁵. Als Arbeitszeitmodell für die Bauleistungen sowohl in Holz- als auch Betonbauweise wurde die wöchentliche Normalarbeitszeit von 39 Stunden gewählt, sodass Aufzahlungen für 1 h Mehrarbeit anfielen. Aufzahlungen für zusätzliche Erschwernisse wurden lediglich dem Vorarbeiter der Holzbaumannschaft für die Aufsicht von mehr als fünf Arbeitnehmern über die gesamte Baudauer in der Höhe von 15 % des kollektivvertraglichen Lohnes gewährleistet. Die Dienstreisevergütungen wurden laut Kollektivvertrag für dieses Bauvorhaben in Form des *Taggeldes groß*³²⁶ mit 26,40 € ausbezahlt, da sich die Baustelle außerhalb des Wohnortes der Arbeiter befindet und eine auswertige Übernachtung erforderlich ist. Aufgrund der Tatsache, dass die Mannschaften täglich mit dem firmeneigenen Bus von der Unterkunft aus auf die Baustelle gefahren wurde, kam es zu keiner Fahrkostenvergütung. Somit betragen die Mittellohnkosten für die Arbeiten in überwiegender Holzbauweise 34,80 € und für die Arbeiten in überwiegender Betonbauweise 35,50 € pro Arbeiter und Stunde.

Um den Mittellohnpreis zu erhalten, wurden die Geschäftsgemeinkosten für das Gewerk Holzbau fiktiv mit 4 %, die Bauzinsen mit 1 %, das Wagnis mit 2 % und der Gewinn mit 3 % angenommen. Somit ergibt sich ein Gesamtzuschlag von 11,11 % bezogen auf die Mittellohnkosten. Die Geschäftsgemeinkosten für das Gewerk Betonbau wurden fiktiv mit 6 %, die Bauzinsen mit 1,5 %, das Wagnis mit 2 % und der Gewinn mit 2 % angenommen. Somit ergibt sich ein Gesamtzuschlag von 12,99 % bezogen auf die Mittellohnkosten. Der zu verrechnende Mittellohnpreis beträgt somit 38,67 € für die überwiegenden Arbeiten in Holzbauweise und 40,11 € für jene in Betonbauweise. Die beiden fiktiven Mittellohnpreise finden in der weiterführenden Kalkulation der K-Blätter keine Verwendung.

³²⁵ BUNDESINNUNG BAU, ÖSTERREICHISCHER GEWERKSCHAFTSBUND: Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe - Beilage, Lohnordnung.

³²⁶ Bei einer Erbringung von Arbeitsleistungen auf Baustellen im Auftrag des Arbeitgebers außerhalb des Wohnortes gemäß Z 3, bei denen eine auswärtige Übernachtung erforderlich ist und der Arbeitgeber den Auftrag dazu erteilt, erhalten Arbeitnehmer ein Taggeld in der Höhe von Euro 26,40 je gearbeitetem Tag. Die Übernachtung ist jedenfalls erforderlich und der Auftrag zur Übernachtung gilt als erteilt, wenn die Wegstrecke zwischen Baustelle und Wohnort gemäß Z 3 mindestens 100 km beträgt oder die Heimfahrt zum Wohnort nachweislich nicht zugemutet werden kann.

Beschreibung	ML
Mittellohn für Arbeiten in überwiegender Holzbauweise	34,80 €/Std
Mittellohn für Arbeiten in überwiegender Betonbauweise	35,50 €/Std

Tabelle 5.1 Zusammenfassung der Lohnkosten

5.1.2 Materialkosten

Die Materialkosten können anhand des K4-Blattes berechnet werden. Für die Kalkulation einzelner Produkte und Leistungen wird das K5-Blatt herangezogen. Für sämtliche einzusetzende Materialien wurden Angebote von Unternehmen eingeholt, die verwendeten Quellen werden aus Gründen des Datenschutzes an dieser Stelle nicht genannt.

- a. Der Aufbau beider Deckensysteme basiert auf den gleichen Deckenelementen aus fünfschichtigem Brettsperrholz, Stärke 140 mm, in Wohnsichtqualität mit einem Quadratmeterpreis von 70 €/m² bzw. 500 €/m³. Die Transportkosten für eine Fuhre belaufen sich auf 300 €. Diese Angaben wurden dem Verfasser dieser Arbeit von dem ausführenden Holzbauunternehmen zur Verfügung gestellt.
- b. Für die Herstellung der Holzbetonverbunddecke in Ortbeton werden die Materialkosten für die Mattenbewehrung in CQS 60 mit einem Bewehrungsgrad von 60 kg/m³ und die Kosten für den 80 mm dicken Aufbeton der Festigkeitsklasse C25/30³²⁷ mit der Expositionsklasse XC 1 ermittelt. Die Bewehrung wird anhand des K4-Blattes berechnet. Der bei unterschiedlichen Herstellern angefragte Preis wird gemittelt, woraus sich ein durchschnittlicher Wert von 802,4 €/to ergibt. Es wird in 17,75 €/to für den Lohn und 842,52 €/to für Sonstiges unterteilt.
- c. Die Kosten für den Lieferbeton C25/30 XC1 konnte anhand mehrerer Anfragen an führende Beton- und Kies Hersteller³²⁸ ermittelt werden und ergeben im Mittel 89 €/m³ ab Werk. Als Transportfahrzeug wurde ein Fahrmischer inklusive Betonpumpe mit einem Ausleger von bis zu 36 Metern gewählt. Die Pauschale für die An- und Abfahrt inklusive 20 m³ Pumpbeton beträgt 392 €. Für jeden weiteren gepumpten m³ werden 10,50 €/m³ verrechnet.
- d. Aus statischen Überlegungen und aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde beim Bauvorhaben Paulasgasse seitens der Baufirma entschieden für die HBV-Decke als Fertigteil den gleichen Bewehrungsgrad und die gleiche Betonsorte wie bei der Ortbetonlösung zu verwenden. Die Materialkosten für das 5-schichtige Brettsperr-

³²⁷ ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT: ÖNORM B 4701 - Betonbauwerke - EUROCODE - nahe Berechnung, Bemessung und konstruktive Durchbildung.

³²⁸ Die genauen Daten der hier verwendeten Quellen werden aus Gründen des Datenschutzes an dieser Stelle nicht genannt.

holz mit Stärke 140 mm und den 8 cm dicken Aufbeton der Fertigteilvariante basieren ebenfalls auf der Empfehlung des ausführenden Unternehmens und werden im K7-Blatt mit 120 €/m² angesetzt.

- e. Für sämtliche im Bauvorhaben verwendete Verschraubungen wurden ebenfalls Angebote von Unternehmen und Empfehlungen von ausführenden Unternehmen eingeholt. Für die Verschraubung der Decke an die Wand wurden 8 * 240 mm Vollgewinde Schrauben mit 1,14 €/Stk und für die Verschraubung der Decke an Decke 8 * 160 mm Vollgewinde Schrauben mit 0,97 €/Stk verwendet. Für die Vernagelung des Falzbrettes in Form einer OSB 3 Platte zu 6,5 €/m² wurden bei beiden Varianten Rillennägel 3,1 * 80 mm mit 0,03 €/Stk und für die Vernagelung der Schub- und Zugbleche Rillennägel 4 * 50 mm zu 0,05 €/Stk eingesetzt.
- f. Die Fugen der Deckenstöße bei der Fertigteilvariante, wurden mittels Rundkorn RK 0/8 gewaschen zu 19,2 €/to verfüllt. Das Gewicht inklusive 3 % Verdichtung beträgt 5,15 kg/m². Es wurde außerdem ein Zu- und Abfuhrpauschale für einen dreiachsigen LKW mit 170 € angenommen.

Beschreibung	Kosten
OSB 3 Platte - 18mm, ungeschliffen	6,50 €/m ²
Kiesschüttung - Stoßfuge	19,2 €/to
Schrauben SPAX, T-Star plus, VG 8 * 160 mm (Decke-Decke)	0,94 €/Stk
Schrauben SPAX, T-Star plus, VG 8 * 240 mm (Decke-Wand)	1,14 €/Stk
Schrauben SPAX Tellerkopf T-Star TG 8* 180 mm (Verbund)	0,40 €/Stk
Rillennagel für Falzbrett 3,1 * 80 mm	0,03 €/Stk
Rillennägel für Schub- und Zugblech	0,05 €/Stk
Baustahlgitter CQS 60	842,52€/to
Stabstahl B550, gerade, d=8-16mm	758,36 €/to
Lieferbeton C25/30 XC1, inklusive Fahrmischer	89 €/m ³
Lieferbeton C25/30 XC1, inklusive Fahrmischer u. Pumpe	100,47 €/m ³
Brettsper Holz 140 mm 5S BSP DL, Wohnsichtqualität	500 €/m ³

Tabelle 5.2 Zusammenfassung der Materialkosten

5.1.3 Gerätekosten

Die Ermittlung der Gerätekosten für beide Deckensysteme wird anhand des K6-Blattes ermittelt. Dabei können Kosten für Abschreibung und Verzinsung, Reparatur, Bedienung und Betrieb und sonstige Kosten anfallen. Im Anschluss werden die Kostenkomponenten in die Kostenanteile Lohn

und Sonstiges (kurz: L&S) unterteilt und im K7-Blatt zusammengefasst. Laut ÖNORM B 2061 können so die Herstellkosten für beide HBV-Deckenvarianten ermittelt werden. Den Einheitspreis beider Systeme erhält man, indem der Gesamtzuschlag, welcher die Geschäftsgemeinkosten, die Bauzinsen, das Wagnis und den Gewinn beinhaltet, aufgeschlagen wird. Die Baustellengemeinkosten werden bei der Kostenberechnung in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da angenommen wird, dass der prozentuale Zuschlag für beide Deckenarten gleich hoch ist, da es sich um dieselbe Baustelle handelt und auf Grund dessen nicht kostenrelevant sind. Anhand der nachstehenden Grafik soll die Kostengliederung nach ÖNORM B 2061 verdeutlicht werden.

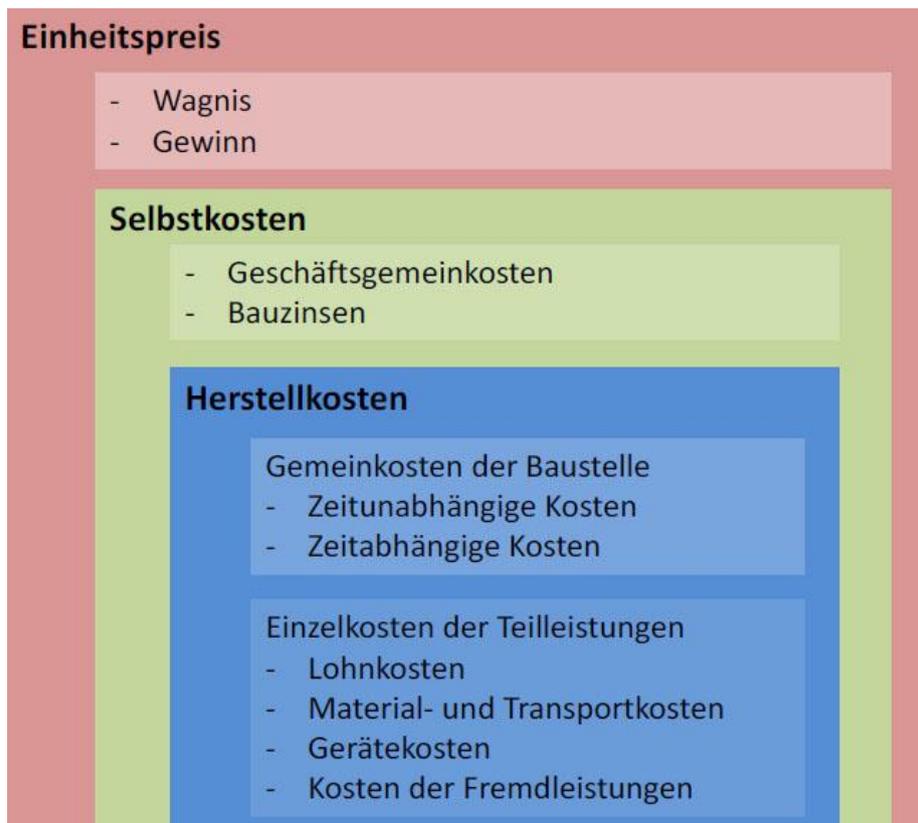


Bild 5.1 Kostengliederung nach ÖNORM B 2061

Es sei erwähnt, dass es sich bei den kalkulierten Kosten in dieser Arbeit um Einheitspreise handelt. Bei den Herstellkosten werden lediglich die Einzelkosten der Teilleistungen berücksichtigt. Die Gemeinkosten der Baustelle werden in einer separaten Position ermittelt.

- a. Zum Versetzen der Deckenelemente auf der Baustelle wurden 2 Turmdrehkrane mit Laufkatzausleger der Marke Liebherr des Typs 180 EC-H 10 mit einer maximalen Tragfähigkeit von 10.000 kg verwendet. Bei einer Ausladung von 40 Metern beträgt die Tragfähigkeit 4.750 kg. 10 Tonnen können bis zu einer Ausladung von 20,9 Metern bewältigt werden. Diese Informationen waren vor allem für das Versetzen der Deckenelemente von großer Bedeutung, um die Grenzen der Tragfähigkeit durch zu schwere Hübe

nicht zu überschreiten. Die Anforderungen an den Kran entsprechen einem vergleichbaren Kran mit der ÖBGL-Nr. C.010.0224. Die Gerätekosten je Stunde wurden anhand des K6E-Blattes berechnet und belaufen sich inklusive Fahrer auf 107,82 €. Das vollständige K6E-Blatt ist dem Anhang zu entnehmen.

- b. Des Weiteren wurde eine elektrische Handbohrmaschine mit 0,9 kW für die Holzbaumontage verwendet. Ein vergleichbares Montagegerät entspricht der ÖBGL-Nr. W.0.14.0013. Da die Bedienung in den K3-Blättern verrechnet wurde, fallen 0,63 € an Gerätekosten je Stunde exklusive Bedienung an. Mit den eingesetzten Mittellohnkosten von 34,8 €/Std für Arbeiten in überwiegender Holzbauweise würden sich die Kosten auf 38,31 €/Std für den Lohn und 0,59 €/Std für Sonstiges belaufen.
- c. Zum Unterstellen der Rohdecke bei der Ort betonvariante wurden je 2 Deckenstützen Alu 480 pro Deckenelement verwendet. Ein vergleichbares Gerät entspricht der ÖBGL-Nr. U.100.4548. Pro Monat und Stück belaufen sich die Lohnkosten auf 0,64 €/Mo und der Sonstige Anteil auf 2,56 €/Mo.

Alle ermittelten Gerätekosten konnten in Absprache mit den Mitarbeitern und von ausführenden Unternehmen verifiziert werden. Für die Ermittlung der Gerätekosten wurde die Österreichische Baugerätliste herangezogen.³²⁹ Die vollständigen K6-Blätter zur Nachvollziehbarkeit sind dem Anhang zu entnehmen.

Beschreibung	Lohn	S. Kosten
Handbohrmaschine (0,90 kW), inkl. Bedienung	38,31 €/Std	0,59 €/Std
Deckenstütze Alu 480	0,64 €/Mo	2,56 €/Mo
Turmdrehkran mit Laufkatzausleger, inkl. Fahrer (z.B. Liebherr 180 EC-H 10)	-	107,82 €/h

Tabelle 5.3 Zusammenfassung der Gerätekosten

Beschreibung	LW
Versetzen BSP-Deckenelemente mit Turmdrehkran	4 Stk/h
Versetzen HBV-Fertigteile mit Turmdrehkran	4 Stk/h
Elektrische Handbohrmaschine - Schrauben VG	220 Stk/h

Tabelle 5.4 Zusammenfassung der Leistungswerte

³²⁹ Vgl. FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE DER WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH: ÖBGL 2014: Seite 1 ff.

5.2 Bauzeit und Bauablauf – Interpretation

An dieser Stelle werden die Ergebnisse der Auswertung der beiden HBV-Deckensysteme hinsichtlich der entstandenen Bauzeit und des Bauablaufs zusammengefasst, überprüft und plausibilisiert. Aufgrund der häufig auftretenden Störungen bzw. Unterbrechungen während der Herstellung der Ortbetonvariante, wie bspw. Witterungseinflüsse durch Regen, einer geringeren Arbeitsleistung des Montagepersonals sowie erforderliche Zuschnitte bauseits aufgrund fehlerhaften Abbundes der BSP-Elemente, wurden die aufgenommenen AW_{brutto} reduziert und ab diesem Zeitpunkt als $AW_{\text{interpretiert}}$ weiter verwendet.

Verglichen mit den vorgefertigten HBV-Deckenelementen mit einer Deckenfläche von 383 m², welche auf der Baustelle innerhalb von 21 h und 48 min montiert wurden, zeigt sich deutlich, dass die Montage für die BSP-Deckenelemente mit einer Deckenfläche von 437 m² mit 26 h und 34 min deutlich länger gedauert hat. Wenn man davon ausgeht, dass die Montage vor Ort unter optimalen Bedingungen, ohne den negativen Einfluss der Witterung und ohne unvorhergesehenen Tätigkeiten, wie zum Beispiel der Zuschnitt einzelner Elemente, stattgefunden hätte, so sind die Störungen, welche insgesamt 37 % aller Unterbrechungen zur Herstellung beider Geschossdecken ausmachen, von dieser abzuziehen. Um einen gleichwertigen Vergleich der beiden Deckensysteme herstellen zu können, werden die rund 12 % an angefallenen Störungen aufgrund der Ladereihenfolge, bezogen auf die Gesamtmontagezeit der Fertigteilvariante, ebenfalls von den ermittelten Zeiten abgezogen. Laut den Angaben des Vorarbeiters werden vier Arbeitskräfte für die Rand- und Nacharbeiten benötigt und dauern insgesamt 7 h pro Geschoss für beide Deckensysteme. Diese bestehen aus Arbeiten wie dem Abschneiden der Hebelaschen, dem Ausschäumen der dafür vorgesehen Löcher, dem Herstellen der Schallentkoppelung zur Betonwand mittels Elastomer, dem luftdichten Verkleben der Decke zur Außenwand, der Demontage der Absturzsicherung, dem Ausbessern von Fehlern und dem Reinigen der Oberfläche. Aus Sicht einiger befragter Experten erscheint die Angabe mit 7 h zu je 4 AK zu hoch, weshalb die Zeiten für die Rand- und Nebenarbeiten um 20 % der angegebenen Zeiten für beide Deckensysteme reduziert werden. Die Aussage stützt sich auf die langjährige Erfahrung der Experten auf verschiedenen Holzbaubaustellen im In- und Ausland. Das folgende Kapitel soll einen Überblick über die tatsächlich ermittelten Zeiten nach REFA auf der Baustelle und über die vom Verfasser interpretierten Zeiten, auf Basis von Expertenbefragungen und dem Vergleich mit anderen großvolumigen Holzwohnbauten im Rahmen ähnlicher REFA-Studien³³⁰³³¹ geben. In weiterer Folge werden die Aufwandswerte für die Montage der einzelnen Geschossdecken neu ermittelt und schließlich ein neuer Gesamtaufwandswert für die Herstellung der beiden HBV-Deckensysteme gebildet. Diese bilden die Ausgangsbasis für die darauf aufbauende Kalkulation.

³³⁰ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 157ff.

³³¹ Vgl. EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. S. 174ff.

5.2.1 Vergleich der tatsächlich ermittelten und der interpretierten Bauzeiten der Ortbeton- und der Fertigteilvariante

Arbeitskräfte	Teilelemente	Tatsächliche Zeiten	AK * h = Std	AW _{gesamt} = 0,27 Std/m ²	Störungen/ Reduktion (lt. Verfasser)	Bereinge Zeiten	AK * h = Std	AW _{gesamt} = 0,21 Std/m ²			AW _{Bauab} - Plausibilität
								AW _{Verlegen} = 0,04 Std/m ²	AW _{Verarbeiten} = 0,054 Std/m ²	AW _{Verarbeiten} = 0,13 Std/m ²	
Ortbeton	BSP-Montage aufgenommen nach REFA Verlegen der BSP-Deckenelemente Verstreuen der BSP-Deckenelemente Stoßfüge - Abkleben, Zuschmitt, Verriegelung	12 h 34 min	62,87 [Std]		Störungen/ Reduktion (lt. Verfasser) persönlichbedingte Unterbrechungen Regen 16 % geringere Produktivität der AK um 14 % BSP-Zuschmitt / falsche Abmessungen 7 % 37 % an Störungen über die gesamte Bauzeit → Reduktion um 21 % der Montagezeit	9 h 56 min	49,03 [Std]	AW _{Verlegen} = 0,025 Std/m ²	Okay		
		14 h	56 [Std]	AW _{Verarbeiten} = 0,046 Std/m ²							
		26 h 34 min	118,87 [Std]	AW _{Verarbeiten} = 0,13 Std/m ²							
		21 h 8 min	94,43 [Std]								
BSP-Decke mit Ortbeton über EG und 1. OG	Bewehrungsarbeiten Angaben seitens des Vorablers GU Lufliches Abl. der Decke zu Betonwand Einleiten Bewehrung Auflagen Absatzbleiten Einbau Elanomer Zuschmitt der Matten bei Ecken und Kanten Vorbereiten Elektro Einziehen der Teilkopfschrauben Sodm (Stahlblechen)	16 h 20 min	46 [Std]		keine Reduktion	15 h 20 min	46 [Std]	AW _{Bauab} = 0,10 Std/m ² entspricht 19,91 Std/m ²	Okay		
		2 h 44 min	19,1 [Std]	AW _{Verarbeiten} = 0,044 Std/m ² 0,5 Std/m ²							
		44 h 38 min	183,97 [Std]	AW _{Bauab} = 0,41 Std/m ²							
		39 h 12 min	159,63 [Std]								
Summe:	Herstellen beider Geschossdecken				→			AW _{Bauab} = 0,35 Std/m ²	Plausibel		
XC	HBV-Montage aufgenommen nach REFA Verlegen der BSP-Deckenelemente Verstreuen der BSP-Deckenelemente Stoßfüge - Abkleben, Zuschmitt, Verriegelung	7 h 48 min	39 [Std]		Störungen/ Reduktion (lt. Verfasser) Störungsbedingte Unterbrechungen Ladereihenfolge 12 % 12 % an Störungen über die gesamte Bauzeit → Reduktion um 10 % der Montagezeit	7 h 5 min	35,42 [Std]	AW _{Verlegen} = 0,04 Std/m ²	Okay		
		14 h	56 [Std]	AW _{Verarbeiten} = 0,06 Std/m ²							
		21 h 48 min	95 [Std]	AW _{Verarbeiten} = 0,149 Std/m ²							
		18 h 17 min	80,22 [Std]								
EG und 1. OG über HBV-Decke als Fertigteil - XC	Rand- und Nachbararbeiten Angaben seitens des Vorablers GU Löcher für Hebelaschen ausschäumen Schallenkoppung - Einbau Elanomer lufliches Verklebung Decke an Außenwand Fräsen der Anschlussbleche Reinigen	11 h 12 min	44,8 [Std]		Einschätzung der Verfasser + Vergleich Literatur → Reduktion um 20 %	11 h 12 min	44,8 [Std]	AW _{Verarbeiten} = 0,118 Std/m ²	Okay		
		4 h	8 [Std]	AW _{Bauab} = 0,02 Std/m ²							
		25 h 46 min	103 [Std]	AW _{Bauab} = 0,27 Std/m ²							
		22 h 17 min	86,22 [Std]								
Summe:	Herstellen beider Geschossdecken				→			AW _{Bauab} = 0,24 Std/m ²	Plausibel		

Bild 5.2 Interpretation der Ortbetonvariante und der Fertigteilvariante

Die daraus neu interpretierten Aufwandswerte ergeben sich wie folgt:

Variante A – Ortbeton

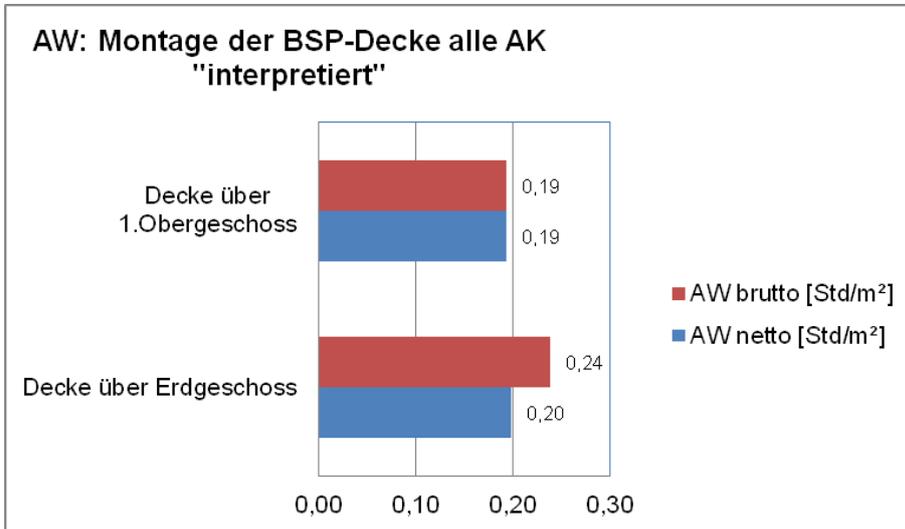


Bild 5.3 Aufwandswerte interpretiert – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

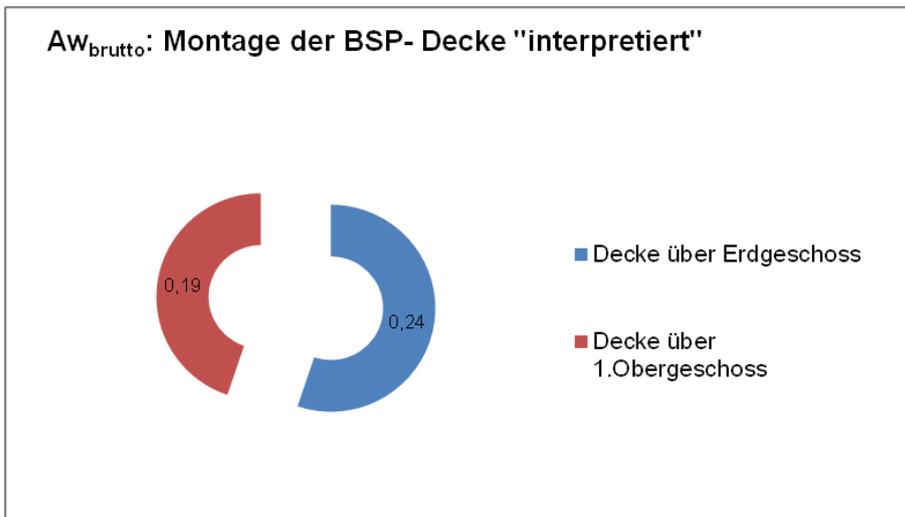


Bild 5.4 AW_{Brutto} interpretiert – gesamte Montage der BSP-Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

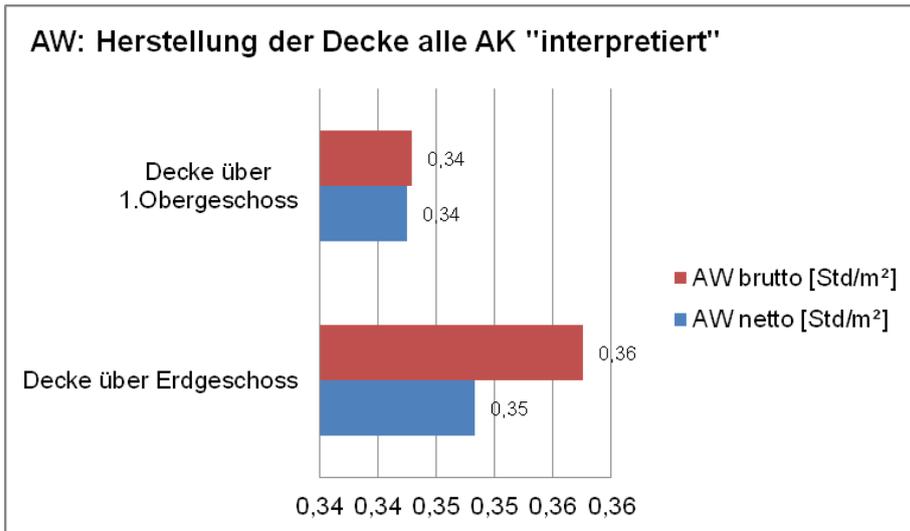


Bild 5.5 Aufwandswerte interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

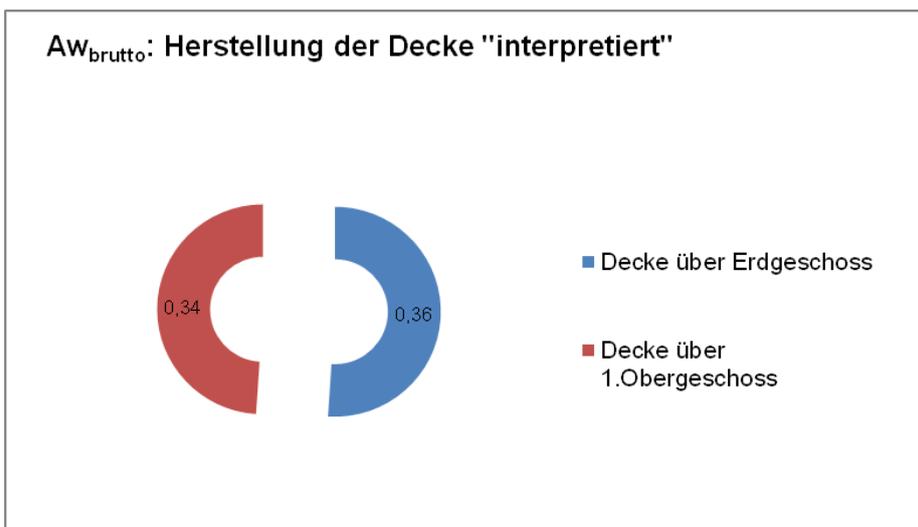


Bild 5.6 AW_{brutto} interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Ortbetonvariante

Variante B – XC Fertigteil

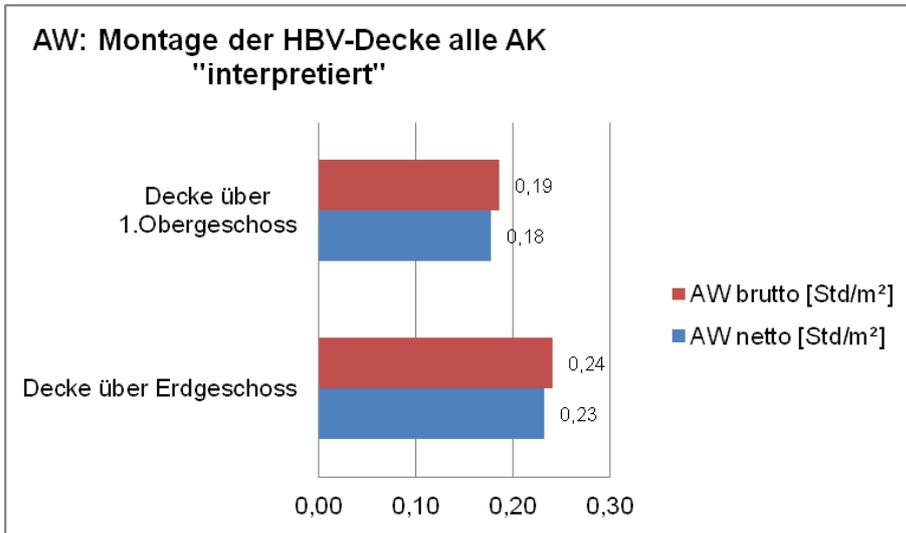


Bild 5.7 Aufwandswerte interpretiert – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilvariante

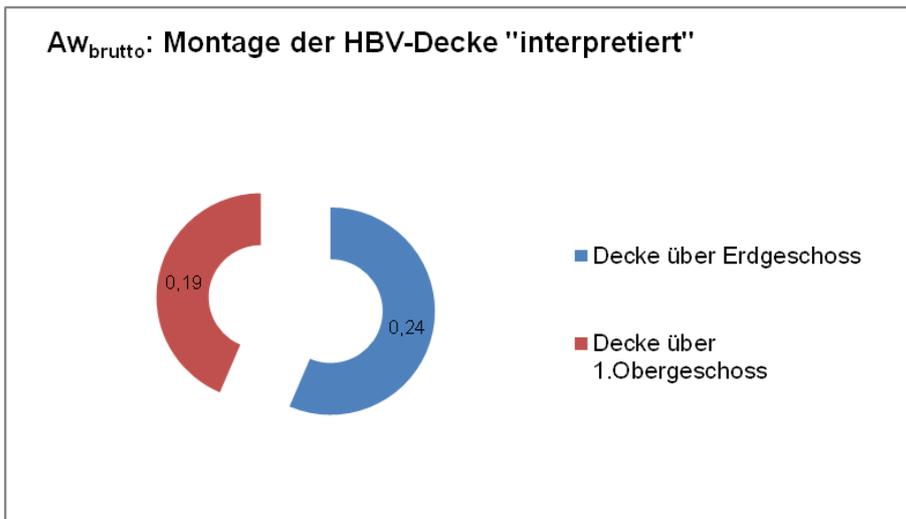


Bild 5.8 AW_{Brutto} interpretiert – Montage der HBV-Deckenelemente über EG/1.OG, Fertigteilvariante

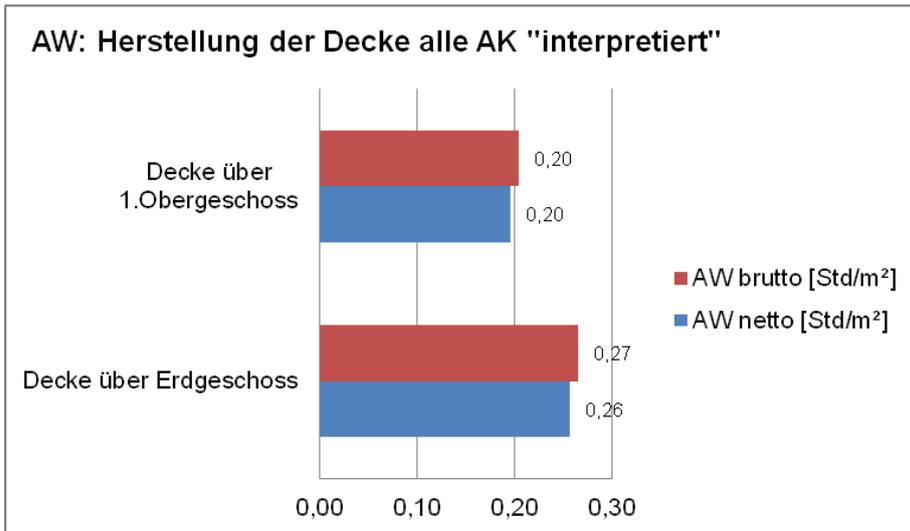


Bild 5.9 Aufwandswerte interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilvariante

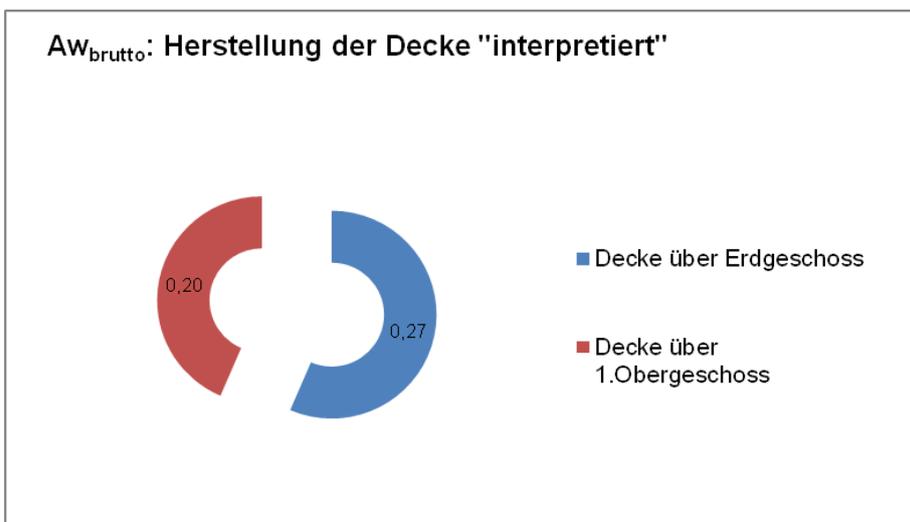


Bild 5.10 AW_{Brutto} interpretiert – komplette Herstellung der Decken über EG/1.OG, Fertigteilvariante

5.2.2 Vergleich der tatsächlich ermittelten und der interpretierten Aufwandswerte zur Herstellung der HBV-Decken

Die tatsächlich ermittelten Aufwandswerte nach REFA und die interpretierten Aufwandswerte des Verfassers werden für beide Varianten und für beide Geschosse anhand der nachstehenden Tabellen veranschaulicht und gegenübergestellt.

Variante A – Ortbeton

Herstellung der Decke im EG alle AK				Herstellung der Decke im 1.OG alle AK			
AW tatsächlich		AW interpretiert		AW tatsächlich		AW interpretiert	
	[Std/m ²]		[Std/m ²]		[Std/m ²]		[Std/m ²]
AW netto	0,37	AW netto	0,35	AW netto	0,37	AW netto	0,34
AW zusätzl.	0,05	AW zusätzl.	0,01	AW zusätzl.	0,02	AW zusätzl.	0,00
AW brutto	0,43	AW brutto	0,36	AW brutto	0,38	AW brutto	0,34

Bild 5.11 Vergleich der tatsächlichen und interpretierten Aufwandswerte – Ortbetonvariante

Variante B – XC Fertigteil

Herstellung der Decke im EG alle AK				Herstellung der Decke im 1.OG alle AK			
AW tatsächlich		AW interpretiert		AW tatsächlich		AW interpretiert	
	[Std/m ²]		[Std/m ²]		[Std/m ²]		[Std/m ²]
AW netto	0,29	AW netto	0,26	AW netto	0,22	AW netto	0,20
AW zusätzl.	0,01	AW zusätzl.	0,01	AW zusätzl.	0,02	AW zusätzl.	0,01
AW brutto	0,31	AW brutto	0,27	AW brutto	0,24	AW brutto	0,20

Bild 5.12 Vergleich der tatsächlichen und interpretierten Aufwandswerte – Fertigteilvariante

Die neu interpretierten Aufwandswerte zur Herstellung der Rohdecke im Erdgeschoss und im 1. Obergeschoss für beide Varianten bilden die Ausgangsbasis für die darauf aufbauende Kalkulation der beiden Deckensysteme.

5.3 Ermittlung der HBV-Deckensysteme

An dieser Stelle wird die Kalkulation für die beiden HBV-Deckensysteme als Ortbeton- und als Fertigteilvariante anhand des Kalkulationsformblattes – K7 nach ÖNORM B 2061 durchgeführt. Als Kalkulationsgrundlage dienen die in Kapitel 5.1 errechneten Lohn-, Material- und Gerätekosten und die nach der REFA-Systematik ermittelten Aufwands- und Leistungswerte. Die detaillierten K-Blätter finden sich im Anhang dieser Arbeit wieder.

5.3.1 Kalkulationsformblatt 7 – BSP + Ortbeton

PREIS- ERMITTLUNG	<small>Institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement</small>  Alexander Leitenbauer - Masterarbeit: "Kalkulatorischer Verfahrensvergleich mit Fokus auf Holz-Beton-Verbunddecken im Geschossholzbau"	Formblatt K7			
		Datum:	16.10.2015	Seite	
Bau: Paulasgasse 22, Wien BSP + Ortbeton	Alexander Leitenbauer - Masterarbeit: "Kalkulatorischer Verfahrensvergleich mit Fokus auf Holz-Beton-Verbunddecken im Geschossholzbau"	Preisbasis:			
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionstichwort, Kostenentwicklung je Einheit		EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Material Holzbau					
Material Brettspertholz: 140 mm 5S BSP DL WSI					
Regelgeschoss		218 m²			
Materialkosten BSP		500 €/ m³			
Transportkosten BSP		300 €/ Fuhre			
218 m² pro Fuhre (Regelgeschoss) 300 €/ m² / 218 m² =		1,38 €/ m²		1,38 €/ m²	
Elementlänge l		9,26 m			
Elementbreite b		2,65 m			
Elementdicke d		0,14 m			
Fläche	l x b =	24,54 m²			
Volumen	l x b x d =	3,44 m³			
Materialkosten BSP		70 €/ m²		70,00 €/ m²	
Falzbrett - OSB 3 Platte ungeschliffen					
120 mm * 18 mm					
68 lfm Deckenstoß pro Regelgeschoss					
68 lfm / 218 m² =		0,31 lfm / m²			
Empfehlung Fa. Kulmer: OSB 3 Platte:		6,5 €/ m²			
		2,03 €/ m²		2,03 €/ m²	
Nägel für Falzbrett: Rillennägel 3,1 * 80 mm					
2 Reihen, e = 50 mm →		40 Stk / lfm			
40 * 68 lfm / 218 m² =		12,48 Stk / m²			
Rillennägel		0,03 €/ Stk			
		0,37 €/ m²		0,37 €/ m²	
Metallaschen					
Gewicht Stahl:		7850,00 kg / m³			
Empfehlung Stahlblech		2,00 €/ kg			
Schublech 240 x 440 / 2mm = 0,000211 m³ →		1,66 kg			
insgesamt 8 Stk pro Regelgeschoss: 8 * 1,656 kg = 13,25 kg / 218 m²		0,06 kg / m²		0,12 €/ m²	
Zugblech Typ 1: 160 x 600 / 3 mm = 0,000288 m³ →		2,26 kg			
insgesamt 2 Stk pro Regelgeschoss: 2 * 2,26 kg = 4,52 kg / 218 m²		0,02 kg / m²		0,04 €/ m²	
Zugblech Typ 2: 80 x 600 / 3 mm = 0,000144 →		1,13 kg			
insgesamt 6 Stk pro Regelgeschoss: 6 * 1,13 kg = 6,78 kg / 218 m²		0,03 kg / m²		0,06 €/ m²	
Nägel für Metallaschen: Rillennägel 4 * 50 mm					
Rillennägel pro Schublech: 2 * 30 Stk =		60,00 Stk			
insgesamt 8 Schubleche: 8 * 60 Stk = 480 Stk / 218 m²		2,20 Stk / m²			
Rillennägel 4 * 50 mm		0,05 €/ Stk		0,11 €/ m²	
Rillennägel pro Zugblech Typ 1: 2 * 40 Stk =		80,00 Stk			
insgesamt 2 Zugbleche Typ 1: 2 * 80 Stk = 160 Stk / 218 m²		0,73 Stk / m²			
Rillennägel 4 * 50 mm		0,05 €/ Stk		0,04 €/ m²	
Rillennägel pro Zugblech Typ 2: 2 * 20 Stk =		40,00 Stk			
insgesamt 6 Zugbleche Typ 2: 6 * 40 Stk = 240 Stk / 218 m²		1,10 Stk / m²		0,06 €/ m²	

Kalkulatorischer Verfahrensvergleich

Verschraubung Decke / Decke			
Spax VG Schrauben 8 x 160			
2 Stk; Schraubenabstand e = 150 mm →	13,33 Stk / lfm		
13,33 Stk / lfm * 68 lfm / 218 m² =	4,16 Stk / m²		
VG-Schrauben	0,97 € / Stk		
	4,03 € / m²		4,03 € / m²
Verschraubung Decke / Wand			
Spax VG Schrauben 8 x 240			
1 Stk; Schraubenabstand e = 150 mm →	6,67 Stk / lfm		
6,67 Stk/lfm * 68 lfm / 218 m² =	2,08 Stk / m²		
VG-Schrauben	1,14 € / Stk		
	2,37 € / m²		2,37 € / m²
Diverses Montagehilfsmaterial			
	0,5 € / m²		0,50 € / m²
Arbeit Holzbau			
Versetzen und Montieren inkl. Nacharbeiten			
Aufwandswert AW _{Brutto}	0,21 Std / m²	siehe REFA - Analyse	
Montageteamzusammensetzung 5 Mann (Gesamtaufwandswert)			
K3: errechneter Mittelohn	34,8 € / h		
AW _{Brutto} x ML = 0,21 Std / m² x 34,8 € =			7,27 € / m²
<i>Kontrolle: Separate Darstellung der AW für 1 AK</i>			
Aufwandswert AW _{Brutto} nur Versetzen für 1 AK	0,025 x 5 AK x ML		4,35 € / m²
Aufwandswert AW _{Brutto} nur Verschrauben für 1 AK	0,035 x 5 AK x ML		6,09 € / m²
Aufwandswert AW _{Brutto} nur Falzbretteinbau für 1 AK	0,046 x 5 AK x ML		8,00 € / m²
Aufwandswert AW _{Brutto} nur Nacharbeiten für 1 AK	0,103 x 5 AK x ML		17,92 € / m²
Aufwandswert AW _{Brutto} Gesamtmontage inkl. Nacharb. 1 AK	0,21 Std / m²		36,37 € / m²
Gerät Holzbau			
2 Stk. Elektrohandbohrmaschinen			
Nutzleistung Verschraubung VG Schrauben:			
lt. Angabe Vorarbeiter Holzbau - 220 Stk / h; Ann: 4,16+2,08 Stk / m²	35,26 m² / h		
lt. REFA Analyse - 6,16 h / 218 m²	35,36 m² / h		
weitere Annahme Leistung für K6E Berechnung: 35,36 m² / h			
aus K6E - errechnete Gerätekosten: Lohn + Sonstiges	0,63 € / h		0,02 € / m²
1 Stk. Turmdrehkran mit Laukatzausleger mit Kranführer			
Kosten pro Stunde (Lohn + Sonstiges) inkl. Kranfahrer →	107,82 € / h		
Mittel lt. Aufn. Anz. Elemente / h = 4 EI / h; Ann. durchschn. Element 24 m²			
24*4 →	96 m² / h		
. REFA Analyse (Anhängen, Einheben, Justieren) - 1,87 h für Regelgeschoss			
218 m² / 1,87 h =	116,58 m² / h		0,92 € / m²
weitere Annahme Leistung für K6E Berechnung: 116,69 m² / h			
Gerätekosten BSP Montage inkl. Hilfs- und Befestigungsmaterial			82,05 € / m²
Material Bewehrung			
aufgrund HBV System - nur obere Lage			
BWM = BTM * bwg = 19,21 m³ * 0,06 t/m³ = 1,153 t (pro Geschoss)	5,29 kg / m²		
-> 1153 kg / 218 m²			
K4: Sonstige Kosten	842,52 € / to		4,46 € / m²
Arbeit: Bewehrungsarbeiten			
Aufwandswert AW _{Brutto}	19,91 Std / to		
Aufwandswert AW laut Angaben Polier (GU) für 3 AK			
Lohn: durch Verladung und Manipulation (0,5 Std / to)	0,5 Std / to		
K3: Mittelohn			
(AW _{Brutto} + AW Manipulation) x kg / m² x ML = (19,91 Std / to + 0,5 Std/to) * (5,29 kg/m² / 1000) 35,8 € / Std x 3 AK =			3,83 € / m²
Spax-Schrauben Tellerkopf T-Star TG = 8 * 180mm			
Schraubenabstand e = 62,5 cm im Quadrat = 2,5 Stk. / m²	2,5 Stk. / m²		
VG-Schrauben 0,40 € / Stk.	0,4 € / Stk		
	1,0 € / m²		1,00 € / m²
Die Kranhübe für das Einheben der Bewehrung werden vernachlässigt			
Material- und sonstige Kosten Bewehrung CQS 60			5,46 € / m²

Material Beton			
Material: Lieferbeton C25/30 XC1; frei Bau;			
Fahrnischer mit Betonpumpe			
Betondicke d = 8 cm	0,08 m		
Verdichtungsfaktor 1,1			
Materialkosten laut Anfrage CEMEX Preisliste 2015, Wien ab Werk	89 €/ m³		7,12 €/ m²
Pauschale für An- und Abfahrt inkl. 20 m³ pumpen (Ausleger bis 36 m)	392 €		
Regelgeschoss	19,21 m³		
$392 \text{ €} / 19,21 \text{ m}^3 * 0,08 \text{ m} * 1,1 =$	1,795731 €/ m²		1,80 €/ m²
Arbeit: Betonierarbeiten			
Aufwandswert AW _{Brutto}	0,50 Std / m³		
Aufwandswert AW laut Angaben Polier (GU) für 7 AK			
$0,5 \text{ Std} / \text{m}^3 * 0,08 \text{ m}$	0,04 Std / m²		
K3: Mittellohn	35,5 €/ Std		
$\text{AW Brutto} * \text{ML} = 0,04 \text{ Std} / \text{m}^2 * 35,8 \text{ €} / \text{Std} =$			1,42 €/ m²
Diverses Material:			
Materialkosten	1,0 €/ m²		1,00 €/ m²
Gerät Beton			
Druckluft-Aussenrüttler (Oberfläche) B.9.23.0180;			
lt REFA Analyse -2,73 h / 436 m²	159,707 m² / h		
$9,44 \text{ €} / \text{Mo} \rightarrow 2,18 \text{ €} / \text{Mo} \rightarrow 0,311 \text{ €} / \text{Tag} \rightarrow$	0,013 €/ h		
$36,86 \text{ €} / \text{Mo} \rightarrow 8,50 \text{ €} / \text{Wo} \rightarrow 1,21 \text{ €} / \text{Tag} \rightarrow$	0,05 €/ h		
aus K6: Lohn	9,44 €/ Mo		0,000 €/ m²
aus K6: Sonstige Kosten	36,86 €/ Mo		0,00 €/ m²
Gerät Stützung			
Gerät: Deckenstütze Alu 480; U.1.00.4548;			
Anzahl Stützen pro Element: Annahme durchschn.	2,00 Stk. / El.		
9 Deckenelemente pro Geschoss -> 18 Stk. / 218 m²	0,083 Stk. / m²		
Annahme: Elementfläche durchschnittlich 24 m²			
Dauer Stützung (Kosten pro Monat und Stück)	28 Tage		
aus K6: Lohn	0,64 €/ Mo (Stk.)		0,05 €/ m²
aus K6: Sonstige Kosten	2,56 €/ Mo (Stk.)		0,21 €/ m²
Arbeit: Aufstellen Baustützen			
Aufwandswert AW (entnommen aus der Literatur -Aigner)	0,025 Std / Stk.		
$0,025 \text{ Std} / \text{Stk} * 0,083 \text{ Stk} / \text{m}^2$	0,002064 Std / m²		
K3: Mittellohn: 1 Facharbeiter	35,5 €/ h		0,07 €/ m²
Diverses Montagematerial:			
Materialkosten	0,5 €/ m²		0,50 €/ m²
Material- und sonstige Kosten Beton C25/30 X1			10,63 €/ m²
Summe Kosten	Lo:	12,65 €/ m²	
	So:	98,14 €/ m²	
	EP:	110,79 €/ m²	
Gesamtzuschlag			
Einheitspreis EP			

Bild 5.13 K7 - Kalkulationsformblatt – BSP + Ortbeton

5.3.2 Kalkulationsformblatt 7 – XC als Fertigteil

PREIS- ERMITTLUNG		institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektwirtschaft + projektmanagement 		Formblatt K7		
				Datum:	16.10.2015	Seite
Bau: Paulasgasse 22 HBV - Fertigteil XC		Alexander Leitenbauer - Masterarbeit: "Kalkulatorischer Verfahrenvergleich mit Fokus auf Holz-Beton-Verbunddecken im Geschossholzbau"		Preisbasis:		
Pos.-Nr., Menge, Einheit, Positionstichwort, Kostenentwicklung je Einheit			EH	Lohn [€/m²]	Sonstiges [€/m²]	Gesamt [€/m²]
Material Fertigteil XC						
Material: XC 80mm Aufbeton 140mm BSP, WSI						
Regelgeschoss			218 m²			
Materialkosten HBV			120 €/ m²			
Transportkosten HBV XC			300 €/ Fuhre			
218 m² pro Fuhre (Regelgeschoss) 300 €/ m² / 109 m² (halbes Geschoss) =			2,75 €/ m²		2,75 €/ m²	
Holzhöhe h			0,14 m			
Elementlänge l			9,26 m			
Elementbreite b			2,65 m			
Fläche			24,54 m²			
Beton: C25/30 X1; Betondicke d			0,08 m			
Bewehrung: Matte CQS 60;			5,26 kg/m²			
Materialkosten HBV			120 €/ m²		120,00 €/ m²	
Falzbrett - OSB 3 Platte ungeschliffen oder ähnliches						
140 mm * 18 mm						
68 lfm Deckenstoß pro Regelgeschoss						
68 lfm / 218 m² =			0,31 lfm / m²			
Empfehlung Fa. Kulmer: OSB 3 Platte:			6,5 €/ m²			
			2,03 €/ m²		2,03 €/ m²	
Nägel für Falzbrett: Rillennägel 3,1 * 80 mm						
2 Reihen, e = 50 mm →			40 Stk / lfm			
40 * 68 lfm / 218 m² =			12,48 Stk / m²			
Rillennägel			0,03 €/ Stk			
			0,37 €/ m²		0,37 €/ m²	
Metallaschen						
Gewicht Stahl:			7850,00 kg / m³			
Empfehlung Stahlblech			2,00 €/ kg			
Schubblech 240 x 440 / 2mm = 0,000211 m³ →			1,66 kg			
insgesamt 8 Stk pro Regelgeschoss: 8 * 1,66 kg = 13,25 kg / 218 m²			0,06 kg / m²		0,12 €/ m²	
Zugblech: 160 x 440 / 3 mm = 0,000211 m³ →			1,66 kg			
insgesamt 8 Stk pro Regelgeschoss: 8 * 1,66 kg = 13,25 kg / 218 m²			0,06 kg / m²		0,12 €/ m²	
Nägel für Metallaschen: Rillennägel 4 * 50 mm						
Rillennägel pro Schubblech: 2 * 30 Stk =			60,00 Stk			
insgesamt 8 Schubbleche: 8 * 60 Stk = 480 Stk / 218 m²			2,20 Stk / m²			
Rillennägel 4 * 50 mm			0,05 €/ Stk		0,11 €/ m²	
Rillennägel pro Zugblech: 2 * 32 Stk =			64,00 Stk			
insgesamt 8 Zugbleche: 8 * 64 Stk = 512 Stk / 218 m²			2,35 Stk / m²			
Rillennägel 4 * 50 mm			0,05 €/ Stk		0,12 €/ m²	
Verschraubung Decke / Decke						
68 lfm / 218 m² =			0,31 lfm / m²			
Spax VG Schrauben 8 x 160						
2 Stk; Schraubenabstand e = 150 mm →			13,33 Stk / lfm			
13,33 Stk / lfm * 68 lfm / 218 m² =			4,16 Stk / m²			
VG-Schrauben			0,97 €/ Stk			
			4,03 €/ m²		4,03 €/ m²	
Verschraubung Decke / Wand						
Spax VG Schrauben 8 x 240						
1 Stk; Schraubenabstand e = 150 mm →			6,67 Stk / lfm			
6,67 Stk/lfm * 68 lfm / 218 m² =			2,08 Stk / m²			
VG-Schrauben			1,14 €/ Stk			
			2,37 €/ m²		2,37 €/ m²	
Diverses Montagehilfsmaterial						
			0,5 €/ m²		0,50 €/ m²	

Arbeit: Holzbau			
Versetzen und Montieren inkl. Nacharbeiten			
Aufandswert AW <small>Brutto</small> pro Mann	0,22 Std / m ²	siehe REFA - Analyse	
Montageteamzusammensetzung 5 Mann (Gesamtaufandswert)			
K3: Mittellohn	34,8 € / Std		
AW <small>Brutto</small> x ML = 0,22 Std / m ² x 34,8 € / h =		7,76 € / m ²	
<i>Kontrolle: Seperate Darstellung der AW für 1 AK</i>			
Aufandswert AW <small>Brutto</small> nur Versetzen für 1 AK	0,0400 x 5 AK x ML	6,96 € / m ²	
Aufandswert AW <small>Brutto</small> nur Verschrauben für 1 AK	0,0650 x 5 AK x ML	11,31 € / m ²	
Aufandswert AW <small>Brutto</small> nur Nacharbeiten für 1 AK	0,118 x 5 AK x ML	20,53 € / m ²	
Aufandswert AW <small>Brutto</small> Gesamtmontage inkl. Nacharb. 1 AK	0,22 Std / m ²	38,80 € / m ²	
Gerät Holzbau			
2 Stk. Elektrohandbohrmaschinen			
Nutzleistung Verschraubung VG Schrauben:			
It. Angabe Vorarbeiter Holzbau - 220 Stk / h; Ann: 4,16+2,08 Stk / m ²	35,26 m ² / h		
It. REFA Analyse - 6,16 h / 218 m ²	35,36 m ² / h		
weitere Annahme Leistung für K6E Berechnung: 35,36 m ² / h			
aus K6E - errechnete Gerätekosten: Lohn + Sonstiges	0,63 € / h	0,02 € / m ²	
1 Stk. Turmdrehkran mit Laukatzausleger mit Kranführer			
Kosten pro Stunde (Lohn + Sonstiges) -> inkl. Kranfahrer	107,82 € / h		
Mittel It. Aufn. Anz. Elemente / h = 4 EI / h; Ann. durchschn. Element 24 m ²			
-> 24*4	96 m ² / h		
Analyse (Anhängen, Einheben, Justieren) - 1,87 h / 218 m ² für Regelgeschoss			
218 m ² / 1,87 h =	116,58 m ² / h	0,92 € / m ²	
weitere Annahme Leistung für K6E Berechnung: 116,69 m ² / h			
Gerätekosten HBV Montage inkl. Hilfs- und Befestigungsmaterial			133,47 € / m²
Material Fugen verschließen			
Material: Splitt, 0Rundkorn RK 0/8 gewaschen			
Materialkosten laut Anfrage CEMEX Preisliste 2015, Wien			
Annahme: 68 lfm Fuge, Breite 0,13 m, Höhe Schüttung 0,08 m -> 0,7 m ³			
geschätztes Gewicht: (inkl. 3 % Verdichtung): 1,1 t -> 1122 kg / 218 m ²	5,15 kg / m ²	0,10 € / m ²	
Zu- und Abfuhrpauschale exkl. Mautkosten (2-Achser, 3-Achser-LKW)	170,00 €		
Transportkosten Raum Schwechat 170 € / 218 m ² (Regelgeschoss)=	0,78 € / m ²	0,78 € / m ²	
Arbeit Kiesschüttung			
Aufandswert AW	0,02 Std / m ²	siehe REFA - Analyse	
K3: Mittellohn	34,8 € / Std	0,70 € / m ²	
Material- und sonstige Kosten Fugenschüttung			0,88 € / m²
Summe Kosten	Lo:	8,46 € / m ²	
	So:	134,35 € / m ²	
	EP:	142,81 € / m ²	
Gesamtzuschlag			
Einheitspreis EP			

Bild 5.14 K7 - Kalkulationsformblatt – XC als Fertigteil

5.4 Ergebnisse der Analyse

Als Kalkulationsgrundlage für die Ermittlung der Herstellkosten beider Deckensysteme auf der Basis €/m² dienen die errechneten Lohn-, Material- und Gerätekosten und die nach der REFA-Systematik ermittelten Aufwands- und Leistungswerte. Die Kalkulation beider Varianten nach der derzeit gültigen Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061 mit den Kalkulationsformblättern K3 für die Mittelohnkosten, K6E für die Gerätekosten sowie K7 für die tatsächliche Positionskalkulation ergeben für die Berechnungen der beiden Holz-Beton-Verbunddeckensysteme folgende Ergebnisse:

Für die Variante in Brettsper Holz mit Ortbeton errechnet sich ein Einheitspreis von **110,79 €/m²**. Dieser setzt sich aus folgenden Positionen zusammen:

- Brettsper Holz **89,33 €/m²** für Lohn, Material und Gerät
 - davon Lohn 7,27 €/m²
 - davon Material 82,05 €/m²

- Bewehrung **9,29 €/m²** für Lohn und Material
 - davon Lohn 3,83 €/m²
 - davon Material 5,46 €/m²

- Beton **12,17 €/m²** für Lohn, Material und Gerät
 - davon Lohn 1,546 €/m²
 - davon Material 10,63 €/m²

Für die Herstellkosten der Variante „XC“ als Fertigteil errechnet sich der Einheitspreis von **142,81 €/m²** wie folgt:

- Holzbetonverbund **141,23 €/m²** für Lohn, Material und Gerät
 - davon Lohn 7,76 €/m²
 - davon Material 133,47 €/m²

- Fugenschüttung **1,57 €/m²** für Lohn und Material
 - davon Lohn 0,70 €/m²
 - davon Material 0,88 €/m²

5.5 Kostenvergleich und Systemgegenüberstellung

In diesem Kapitel werden die beiden HBV-Deckensysteme als Ortbetonvariante und als Fertigteilvariante, welches basierend auf dem Produktnamen des Unternehmens fortan als „XC“-Variante bezeichnet wird, einander gegenübergestellt und verschiedenen Bewertungskriterien unterzogen. Darunter fallen unter anderem die Bewertung der Bauzeit, die Anzahl der Arbeitskräfte auf der Baustelle, die Tätigkeiten und Unterbrechungen während des Bauablaufs, die Arbeitsleistung der Mannschaft, die Anzahl der Transporte, die resultierenden Aufwandswerte und die nötigen Kosten zur Herstellung der beiden Deckensysteme.

5.5.1 Kriterienauswertung – Bauzeit

Die Bauzeit besteht aus mehreren Arbeitsschritten, die zur Herstellung der Decken notwendig sind. Grob kann in die Bereiche, Brettsperrholzmontage, Nacharbeiten, Bewehrungsarbeiten, Betonierarbeiten und Fugenschüttung unterschieden werden. Betrachtet man das untenstehende Balkendiagramm, so ist ersichtlich, dass für die beiden HBV-Deckensysteme unterschiedliche Arbeitsschritte notwendig sind, um diese herzustellen. Addiert man die Anzahl der Stunden der einzelnen Vorgänge, so ergibt sich eine Gesamtbaupzeit von 39 h und 12 min (entspricht 39,18 h) für die Herstellung der Deckenvariante in Ortbeton. Die Variante XC als Fertigteil hingegen benötigt lediglich 22 h und 17 min (entspricht 22,28 h) an Bauzeit auf der Baustelle. Geht man von einem Arbeitszeitmodell mit 9 h aus, so sind das 4,4 Tage für die Ortbeton- und 2,5 Tage für die XC-Variante, was einem Faktor von 1,7 : 1 entspricht.

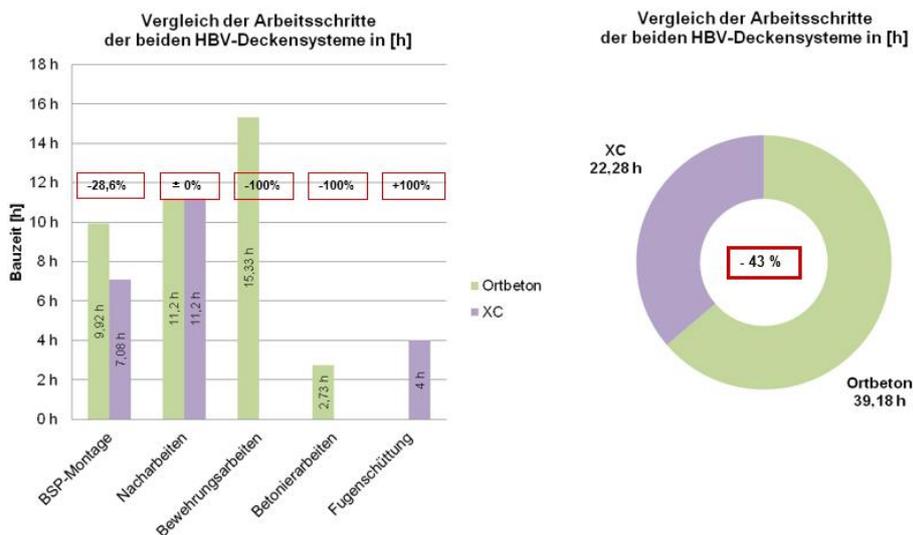


Bild 5.15 Systemgegenüberstellung – Gesamtbaupzeit

Die Gesamtbaupzeit vor Ort kann somit für die XC-Variante um rund 43 % reduziert werden, wie es die obige Grafik veranschaulicht.

5.5.2 Kriterienauswertung – Arbeitskräfte

Die Anzahl der bei beiden Systemen involvierten Arbeitskräfte wurde ebenfalls einer genaueren Betrachtung unterzogen. Die BSP-Montage und die dazugehörigen Nacharbeiten wurden vom selben Holzbauunternehmen ausgeführt, wobei für die reine BSP-Montage fünf und für die Nacharbeiten weitere vier Arbeitskräfte vom gleichen Unternehmen eingesetzt wurden. Im Fall der Ortbetonvariante kamen drei weitere Arbeitskräfte für das Bewehren und sieben Arbeitskräfte für das Betonieren auf der Baustelle hinzu, wobei diese von anderen Unternehmen gestellt wurden.

Im Fall der Fertigteilvariante wurden für die Montage ebenso fünf und für die Nacharbeiten ebenso vier Arbeitskräfte, wiederum vom gleichen Holzbauunternehmen, eingesetzt. Zwei Arbeitskräfte wurden zusätzlich für die Einbringung der Fugenschüttung benötigt. Stellt man die Summe der benötigten Arbeitskräfte beider Varianten gegenüber, so ergeben sich in Summe 19 Arbeitskräfte für die HBV-Decken in Ortbeton und in Summe 11 Arbeitskräfte für die HBV-Decken als Fertigteil, was einem Faktor von 1,7 zu 1 entspricht.

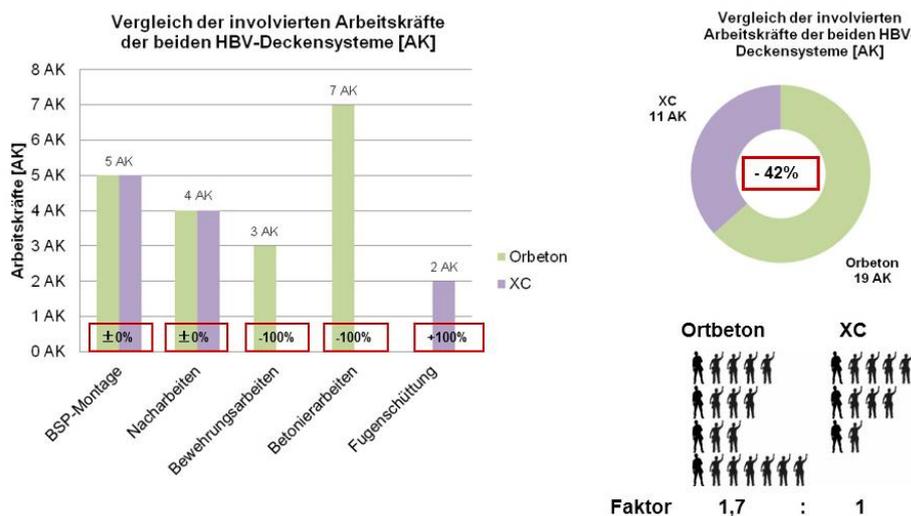


Bild 5.16 Systemgegenüberstellung – involvierte Arbeitskräfte

Daraus lässt sich ableiten, dass die Anzahl der Arbeitskräfte und die gesamt erforderlichen Lohnstunden im Falle der XC-Variante mit 22 Stunden und 17 min im Vergleich zu 39 Stunden und 12 min um rund 42 bzw. 44 % (Arbeitskräfte bzw. Lohnstunden) verringert werden kann.

5.5.3 Kriterienauswertung – Tätigkeiten und Unterbrechungen

Wie bereits im Kapitel 4.10.1 ausführlich beschrieben, soll hier nochmals auf den Vergleich der beiden HBV-Decken in Ortbeton und als Fertigteil hinsichtlich der Tätigkeiten und Unterbrechungen über die gesamte Bauzeit hingewiesen werden. Vor der Neuinterpretation der Daten verbrachten die Bauarbeiter laut der REFA-Analyse bei der Ortbetonvariante an beiden Geschossen im Durchschnitt 59 % ihrer Brutto-Arbeitszeit mit Haupttätigkeiten, 3 % mit Nebentätigkeiten und 5 % mit zusätzlichen Tätigkeiten. Bei der Variante als Fertigteil liegt der Anteil an Haupttätigkeiten im Durchschnitt bei 85 % ihrer Brutto-Arbeitszeit, lediglich 3 % wurden mit Nebentätigkeiten verbracht.

Die lange andauernden Störungen, welche hauptsächlich auf die Witterung und die ungenaue Ausführung der Deckenelemente vor Anlieferung zurückzuführen sind, machen insgesamt 33 % der Brutto-Arbeitszeit aus. 12 % sind bei der Fertigteilvariante in Form von Unterbrechungen aufgrund der falschen Ladereihenfolge der Elemente angefallen. Schreibt man die 16 % an störungsbedingten Unterbrechungen bei der HBV-Decke in Ortbeton dem Regen zu, so sind die übrigen Unterbrechungen und anderen Tätigkeiten immer noch doppelt so hoch wie bei denen der Fertigteildecken. Grund dafür könnte eine höhere Arbeitsmotivation der Bauarbeiter an den Arbeitstagen sein, an welchen die HBV-Decke als Fertigteil montiert wurde.

Nachfolgende Diagramme verdeutlichen die genannten Störungen und Unterbrechungen innerhalb des Bauablaufs zur Herstellung beider HBV-Deckensysteme. Die Grafik zeigt die Analyse der Baustellendaten nach Tätigkeiten und Unterbrechungen aller Arbeitskräfte über die gesamte Bauzeit sowohl vor, als auch nach der Neuinterpretation.

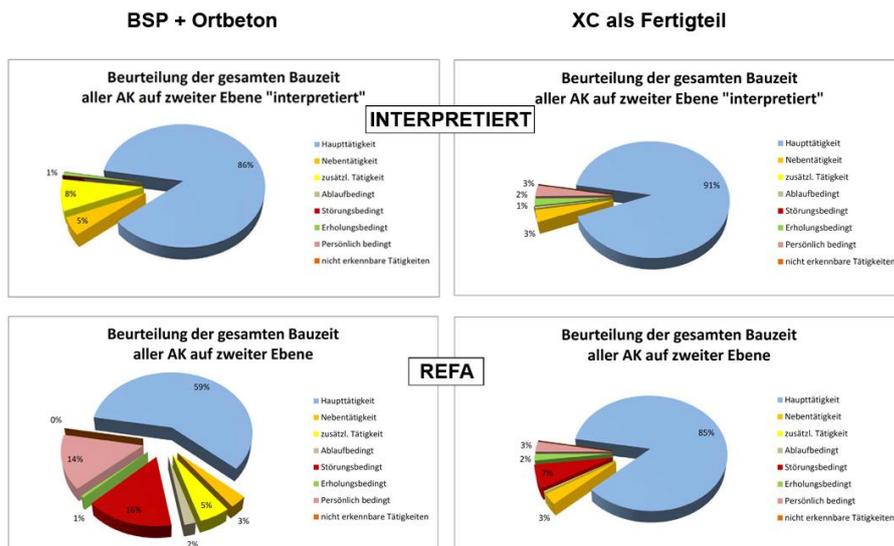


Bild 5.17 Systemgegenüberstellung – Tätigkeiten und Unterbrechungen

5.5.4 Kriterienauswertung – Arbeitsleistung

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Beurteilung der Haupttätigkeiten aller Arbeitskräfte über die gesamte Bauzeit. Für die Montage der BSP-Deckenelemente der Variante in Ortbeton lässt sich ablesen, dass der Anteil der Haupttätigkeiten 86 % der gesamten Bauzeit beträgt, was zu einer Gesamtbeurteilung von „GUT“ führt. Es ist zu erwähnen, dass die aufgetretenen Störungen während des Arbeitsablaufes vor der Bewertung neu interpretiert wurden und die Tabelle sich ausschließlich auf die Haupttätigkeiten, die Nebentätigkeiten und die zusätzlichen Tätigkeiten bezieht. Die Montage der HBV-Fertigteildecken hingegen liegt durchschnittlich bei 91 %, wodurch ebenfalls eine Gesamtbeurteilung von „GUT“ erzielt werden konnte. Der Unterschied der beiden Varianten bezogen auf die Arbeitsleistung der Bauarbeiter auf der Baustelle liegt somit bei 5 %.

Beurteilung der Haupttätigkeiten aller Arbeitskräfte über die gesamte Bauzeit „interpretiert“

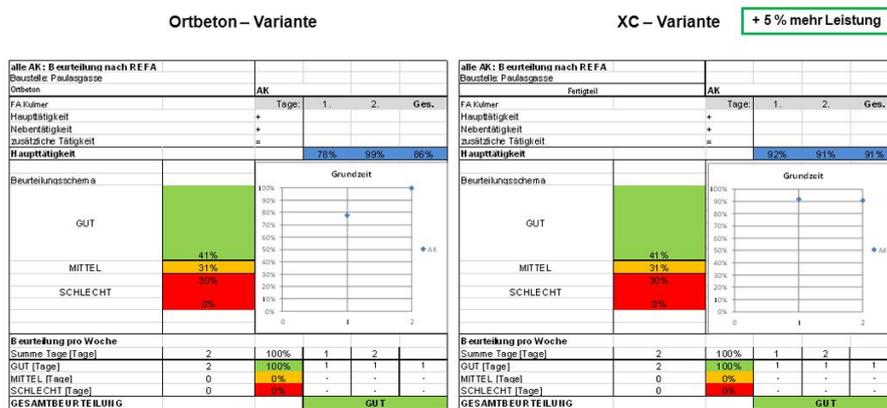


Bild 5.18 Systemgegenüberstellung – Arbeitsleistung

Daraus lässt sich ableiten, dass die Arbeitskräfte auf der Baustelle bei der XC-Variante um 5 % produktiver, bezogen auf die Haupttätigkeiten, waren.

5.5.5 Kriterienauswertung Transport

Geht man von einem Ladevolumen eines Standard-LKW von rund 45 m³ für BSP-Elemente und einem Fahrmischer mit acht m³ Transportvolumen für den Frischbeton aus, so werden für die Ortbetonvariante insgesamt fünf Fahrmischer mit den erforderlichen 38,5 m³, zwei Lkws mit einer maximalen Nutzlast von 26 to für die 61 m³ BSP und ein Transportfahrzeug für die Mattenbewehrung mit 2,3 to benötigt.

Die XC-Variante hingegen benötigt aufgrund des um ein Vielfaches höheren Eigengewichts und Ladevolumens der HBV-Fertigteile vier Sattelaufleger für den Transport der Deckenelemente bei gleicher Brettsper Holzmenge und ein Transportfahrzeug für die 1,12 to Kies zur Fugenschüttung.

Die Gesamtanzahl der notwendigen Transportfahrzeuge steht somit im Verhältnis 1,6 zu 1, was in nachstehender Grafik veranschaulicht wird.

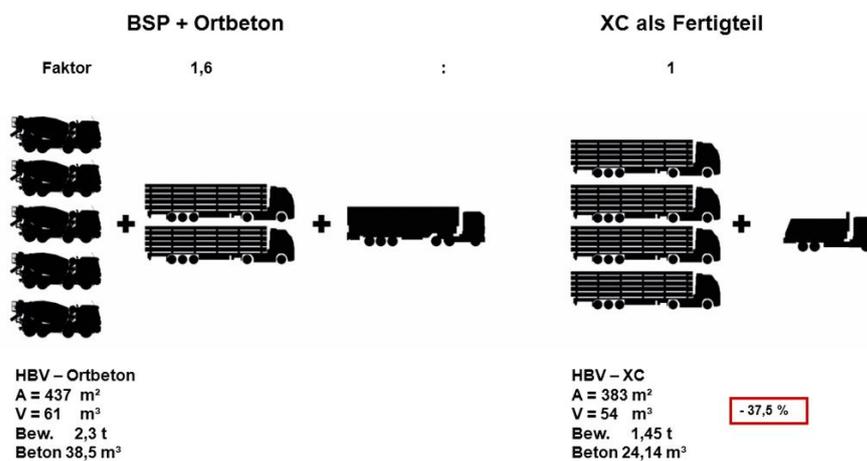


Bild 5.19 Systemgegenüberstellung – Transporte

Daraus folgt, dass die XC-Variante zu einer Reduktion der Anzahl der Transporte zur und auf der Baustelle um rund 37,5 % gegenüber der Ortbetonvariante führt.

5.5.6 Kriterienauswertung Aufwandswerte

In der nachstehenden Grafik werden nochmals die Gesamtaufwandswerte (AW_{Brutto}) zur Herstellung der Decken beider Varianten miteinander verglichen. Außerdem wird die Tätigkeitsverteilung bezogen auf die Gesamtbauteilzeit in Prozent dargestellt. Bei der Ortbetonvariante machen die BSP-Montagarbeiten 25 %, die Nacharbeiten 29 %, die Bewehrungsarbeiten 39 % und die Betonierarbeiten 7 % der Gesamtbauteilzeit zur Herstellung der Decken aus. Die XC-Variante hingegen setzt sich aus 32 % für die Montagearbeiten, 50 % für die Nacharbeiten und 18 % für die Arbeiten an der Fuge zusammen.

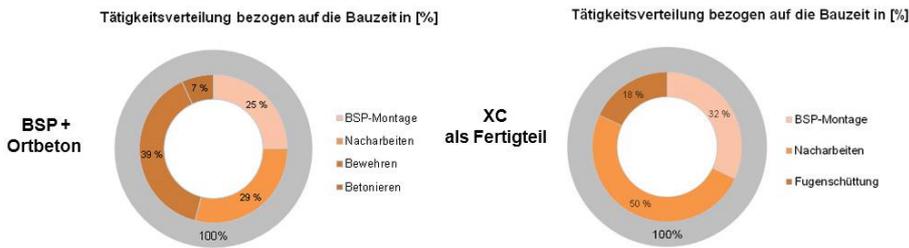


Bild 5.20 Systemgegenüberstellung – Tätigkeitsverteilung

An dieser Stelle werden die interpretierten, d.h. um die Unterbrechungen und Störungen bereinigten Gesamtaufwandswerte in Form der AW_{Brutto} zur Herstellung der Rohdecken beider Varianten miteinander verglichen.

Der AW_{Brutto} für die Ortbetonvariante beträgt im Mittel $0,35 \text{ Std/m}^2$, für die XC-Variante hingegen lediglich $0,24 \text{ Std/m}^2$, was einer Differenz von rund $0,1 \text{ Std/m}^2$ entspricht und in folgender Grafik im Detail einerseits nach Geschossen, und andererseits nach einzelnen Tätigkeiten auch verdeutlicht wird.

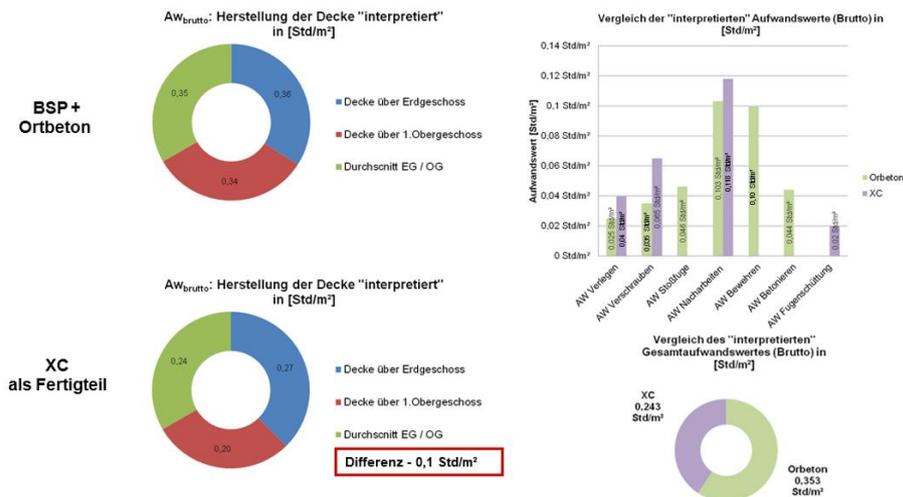


Bild 5.21 Systemgegenüberstellung – Aufwandswerte

Folglich kann der Gesamtaufwandswert bei den HBV-Fertigteildecken als um rund 30 % verringert angesehen werden.

5.5.7 Kriterienauswertung Herstellkosten

Die Herstellkosten beider Varianten wurden anhand der K7-Kalkulationsformblätter nach der derzeit gültigen Kalkulationsnorm ÖNORM B 2061 ermittelt. Beide Kalkulationen basieren auf den angebotenen Materialpreisen von ausführenden Unternehmen und auf Empfehlungen befragter Experten. Es soll darauf hingewiesen werden, dass lediglich die Materialkosten des Holz-Beton-Verbunds der XC-Variante, welche mit 120 €/m² angesetzt wurden, auf der Annahme des Verfassers beruhen, da diese vom produzierenden Unternehmen, welches diese Masterarbeit in Auftrag gegeben hat, bis dato noch nicht endgültig festgelegt wurden. Des Weiteren sei erwähnt, dass es sich bei den kalkulierten Kosten in dieser Arbeit um Einheitspreise handelt. Bei den Herstellkosten werden lediglich die Einzelkosten der Teilleistungen berücksichtigt. Da die Materialkosten den Einheitspreis maßgeblich beeinflussen, wird hier keine verbindliche Aussage hinsichtlich des HBV-Materialpreises getroffen. Es obliegt dem ausführenden Unternehmen diesen selbst festzulegen. Die Kalkulation beider Varianten mit den Kalkulationsformblättern K3 für die Mittelohnkosten, K6E für die Gerätekosten sowie K7 für die tatsächliche Positionskalkulation ergeben für die Berechnungen der beiden Holz-Beton-Verbunddeckensysteme folgende Ergebnisse:

Für die Deckenvariante in Brettsperrholz mit vor Ort eingebrachter Bewehrung und Beton errechnet sich ein Einheitspreis von **110,79 €/m²**.

Dieser Betrag setzt sich aus den Anteilen Lohn (kurz: Lo), sowie Material und Gerät, in Summe als Sonstiges benannt (Kurz: Lo), für die Positionen Brettsperrholz (Lo: 7,27 €/m²; So: 82,05 €/m²; Summe: 89,33 €/m²), Bewehrung (Lo: 3,83 €/m²; So: 5,46 €/m²; Summe: 9,29 €/m²) und Beton (Lo: 1,546 €/m², So: 10,63 €/m²; Summe: 12,17 €/m²) zusammen, wobei die summierten Werte in nachstehender Übersicht veranschaulicht sind.

Geht man von der Annahme aus, dass die Grundkosten eines Fertigteils, d.h. die tatsächlichen Materialkosten für die XC-Variante bei 120 €/m² liegen, so ergeben sich nach gleicher Systematik ermittelte Herstellkosten von **142,81 €/m²** für die XC-Deckenelemente.

Dieser Wert setzt sich wiederum aus den Anteilen Lohn sowie Material und Gerät, als Sonstiges bezeichnet, für die Positionen des Holz-Beton-Verbund-Fertigteils (Lo: 7,76 €/m²; So: 133,47 €/m²; Summe: 141,23 €/m²) und der Fugenschüttung bei den Anschlussstellen mittels Split (Lo: 0,70 €/m²; So: 0,88 €/m²; Summe: 1,57 €/m²) zusammen. Die Bewehrung und Betonage vor Ort entfällt konsequenterweise aufgrund der Vorfertigung, ebenso wurden die Baustellengemeinkosten bei beiden Varianten aufgrund der Baustellenspezifika in der zugrundeliegenden Berechnung vernachlässigt.

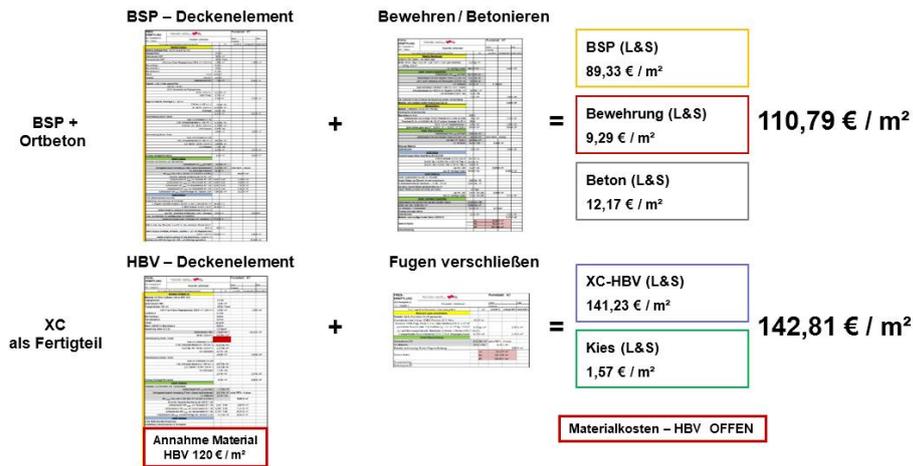


Bild 5.22 Systemgegenüberstellung – Herstellkosten

Der Vergleich zeigt, dass die XC-Variante auch bei Bereinigung aller Werte teurer ist als die Ortbetonvariante. Zur Erreichung der gleichen Kosten sind die Grundkosten des XC-Elementes um 32,02 €/m², bzw. von den ursprünglichen festgesetzten 120,0 €/m² auf 87,98 €/m², zu reduzieren.

Allerdings benennt die in Kapitel 5.7 nachfolgende Schlussfolgerung des Verfahrensvergleichs sämtliche Argumente für den Einsatz des XC-Elementes, was bei intensiver Betrachtung die deutlich höheren Kosten pro m² einerseits rechtfertigt, andererseits auch Argumente für den Einsatz der XC-Elemente liefert.

Die genaue Ermittlung der Herstellkosten beider Varianten zur Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit beider Kalkulationsansätze ist den K7-Blättern im Anhang zu entnehmen.

5.6 Randbedingungen für die Auswertung

In diesem Kapitel soll auf die ergänzenden Feststellungen im Rahmen der Beobachtung eingegangen werden und auf das Verbesserungspotential hinsichtlich des Bauablaufes, der Planung und der Organisation aus Sicht des Beobachters hingewiesen werden.

Aus Sicht des Verfassers war das Bauvorhaben in der Paulasgasse durch schwierige Vertragskonstellationen gekennzeichnet. Ausgeführt wurde das Bauvorhaben von einem Generealunternehmer, welcher mehrere Nachunternehmer mit verschiedenen Bauleistungen beauftragte. Die Firma, welche für die Herstellung der Brettsperrholz-Deckenelemente zuständig war, fungierte als Lieferant für den für die Holzbaumontage verantwortlichen Subunternehmer. Dadurch war die Durchgängigkeit der Informationen getrübt, da Informationen teilweise unzureichend oder nur begrenzt an Dritte weitergegeben wurden, was mitunter zu Zeitverlusten auf der Baustelle während des Bauablaufs führte.

Weiteres Verbesserungspotential sieht der Verfasser der Arbeit hinsichtlich der Lesbarkeit der Pläne auf der Baustelle. Zu viele bzw. für die Montage irrelevante Informationen, erschwerten die Planleserlichkeit vor Ort. Durch eine Reduzierung der für die Ausführung unnötiger Planinformationen können Zeitverluste während des Montagevorgangs vermieden werden.

Teilweise mussten die Brettsperrholzelemente aufgrund des fehlerhaften Abbundes auf der Baustelle mit der Motorsäge von einem der Monteure zugeschnitten werden. Fehlende Löcher für den Justierstift beim Wandauflager in den Deckenelementen mussten vor Ort gebohrt werden, was zu Stehzeiten der Mannschaft und Kranwartezeiten führte. Durch exakte Planung in der Vorbereitungsphase können diese Unterbrechungen vermieden werden.

Weiteres Verbesserungspotential besteht in der Einhaltung der richtigen Ladereihenfolge der Deckenelemente am jeweiligen Aufleger. Durch projektbezogene Abstimmungen zwischen den Lieferanten und dem zuständigen Montageteam im Vorhinein und durch einen durchgängigen Informationsaustausch aller am Projekt Beteiligten, können eine Neustapelung bzw. die Umlagerung von Deckenelementen auf temporären Zwischenlagerflächen, vermieden werden. Kranstehzeiten und Wartezeiten der Mannschaft während der Montage können so reduziert werden.

Als letzter Punkt der ergänzenden Feststellungen im Rahmen der Beobachtung, sei auf den Zeitverlust durch das „Jause holen“ des unproduktiven Personals (Lehrlings) hingewiesen. Die produktive Zeit einer Person war während der Beobachtungen des Verfassers dadurch um 1,5 h pro Tag kürzer.

5.7 Schlussfolgerung des Verfahrensvergleichs

Als Schlussfolgerung des Verfahrensvergleichs werden hier noch einmal die endgültigen Resultate der Systemgegenüberstellung der beiden HBV-Deckensysteme in Ortbeton und als Fertigteil (XC) zusammengefasst. Aus den vorangegangenen Kapiteln können in weiterer Folge Kernaussagen für die Fertigteilvariante getroffen werden, welcher der Verfasser als Vorteile gegenüber der Ortbetonvariante erachtet und die für künftige Projekte mit diesem Deckensystem als Referenzwerte gelten sollen. Es sei hierbei erwähnt, dass sich diese Betrachtung ausschließlich auf das analysierte Bauvorhaben in der Paulasgasse bezieht:

5.7.1 „IST“ der Baustellenanalyse – Ergebnisse bei der Varianten

- Gesamtmontagedauer der Deckenelemente beider Varianten gleichwertig (inkl. Nacharbeiten, ohne bauseitigem Aufbeton und Kies)



- Reduktion der Dauer zur Herstellung der Rohdecke (OK-Beton) auf der Baustelle um 43 % gegenüber der Ortbetonvariante

Ortbetonvariante: 39 h – XC-Variante: 22 h → Einsparung 17 h



- Reduktion der Anzahl Arbeitskräfte und Gewerke auf der Baustelle um 42 % gegenüber der Ortbetonvariante

Ortbetonvariante: 19 AK – XC-Variante: 11 AK → Einsparung 8 AK

- Reduktion der Anzahl der Lohnstunden auf der Baustelle um 44%
Ortbetonvariante: 159 Std - XC-Variante: 88 Std → Einsparung von insgesamt 71 Std

- Verringerung des Gesamtaufwandswertes zur Herstellung der Rohdecke auf der Baustelle um 30 % gegenüber der Ortbetonvariante

Ortbetonvariante: 0,35 Std/m² – XC-Variante: 0,24 Std/m² → Verringerung um 0,1 Std/m²

- Reduktion der Anzahl der Transporte zur und auf der Baustelle um 37,5 % gegenüber der Ortbetonvariante

- Kostenvergleich der Herstellkosten beider Deckensysteme
Ortbetonvariante: 110,79 €/m² – XC-Variante: 142,81 €/m²
(Annahme: HBV-Materialkosten bei XC-Variante: 120 €/m²)

5.7.2 Kernaussagen für künftige Projekte – XC-Variante

Abgeleitet aus der Untersuchung des konkreten Bauvorhabens können für den künftigen Einsatz von HBV-Deckenelementen in Kombination mit Brettsperrholz folgende Kernaussagen getroffen werden:

- HBV- und BSP- Deckenelemente sind gleich schnell in der Montage
- Deutlich geringere Bauzeit bei HBV-Decken mit Fertigteilen um rund 1/3
- Mehr als 1/3 weniger Arbeitskräfte auf der Baustelle
- Senkung der Summe der Lohnstunden auf der Baustelle um mehr als 1/3
- Deutlich geringerer Aufwand(-swert) zur Herstellung der Fertigteil-Rohdecke
- Geringere örtliche Verkehrsbelastung durch weniger Transporte
- Die im Vergleich zur Ortbetonvariante höheren Herstellkosten der XC-Variante können durch die oben genannten ermittelten Fakten aus Sicht des Verfassers kompensiert werden

Ein Kostenvergleich der zwei Bausysteme mit jeweils unterschiedlichem Vorfertigungsgrad zeigt einerseits die Möglichkeiten innerhalb des untersuchten Bauvorhabens, sowie das Einsparungspotenzial in einem künftig optimierten Bauablauf und andererseits die Möglichkeit zur Reduktion der entstehenden und zu erwartenden Kosten auf. Durch den Entfall der beiden Gewerke, die Bewehrungs- und Betonierarbeiten auf der Baustelle, im Falle des Einsatzes von XC-Elementen und die damit verbundene Verringerung der Anzahl der Gesamtlohnstunden, wird das große Potenzial ersichtlich, um künftig am Markt eine wirtschaftliche und konkurrenzfähige Deckenlösung mit dem Baustoff Holz weiter zu etablieren.

6 Potenziale und Ausblick

Die Zunahme der Industrialisierung in der Holzbaubranche in den letzten beiden Jahrzehnten ist sowohl auf die technische Entwicklung neuer Holzbauprodukte wie zum Beispiel Brettsperrholz oder auch Verbundlösungen aus Holz und Beton, als auch auf die Etablierung der werkseitigen Vorfertigung zurückzuführen. Folglich ergibt sich ein neuartiges Betätigungsfeld für zahlreiche Unternehmen im Holzbaugewerbe, in Form von mehrgeschossigen Wohnbauten in Massiv-Holzbaubauweise und die Möglichkeit der Weiterentwicklung von Produkten aus Holz in der industriellen Holzverarbeitung. Aufgrund unterschiedlicher Aspekte, wie etwa die Minderung von Ausfallzeiten und Störungen, witterungsbedingten Leistungsschwankungen der Arbeitskräfte auf der Baustelle und verkürzten Montagezeiten wird das Prinzip der industriellen Vorfertigung auch in der Bauwirtschaft häufiger umgesetzt.³³² Die Industrialisierung einer Bauweise kann sich auf die Höhe des Lebenszyklusnutzens eines Objektes auswirken, welcher durch die Erhöhung der Leistungs- und Nutzwertsicherheit ausgebaut werden kann.³³³ Da ökologische Baustoffe mitunter am Markt sehr stark nachgefragt werden, gewinnt der Baustoff Holz immer mehr an Bedeutung im Bauwesen.

6.1 Zusammenfassung und Erkenntnisse

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden zwei verschiedene HBV-Deckensysteme, zum einen in Ortbeton zum anderen als Fertigteil ausgeführt, anhand eines konkreten Bauvorhabens hinsichtlich verschiedener Auswertungskriterien während des Bauablaufes analysiert, deren Daten ausgewertet, interpretiert und anschließend miteinander verglichen.

Das Kapitel 2 bietet die Grundlage für die Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Die Verbundbauweise im Allgemeinen, unterschiedliche Herstellungsmethoden von HBV-Decken, deren Anwendungsbereiche und deren Einsatz in der Praxis anhand konkreter Beispiele wurden vorgestellt und einem wirtschaftlichen Systemvergleich unterzogen. Des Weiteren wurden die verschiedenartigen Vorfertigungsstufen, der Personaleinsatz auf der Baustelle, die Arbeitsvorbereitung und die Aspekte des industriellen Bauens erarbeitet und präsentiert.

Die Datenerfassung auf der Baustelle wird ausführlich anhand eines Bauprojektes in der Paulasgasse in Wien-Schwechat beschrieben. Dabei wird auf die baustellenspezifischen Randbedingungen eingegangen, die Vorgehensweise der Datenerfassung erklärt, die planliche Darstellung des Objektes aufbereitet und die Grundlagen zu REFA-Analysen vorgestellt.

³³² GIRMSCHIED, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. S. 525f.

³³³ RINAS, T.: Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte im individuellen Fertigteilbau. Entwicklung eines Geschäftsmodells. Doktorarbeit. Masterarbeit. S. 144

Anhand mehrerer Datenerfassungsbögen, konnten alle notwendigen Informationen für die HBV-Decken in Ortbeton und als Fertigteil gesammelt und aufbereitet werden.

Darauf aufbauend werden die aufgenommenen Daten in Kapitel 4 ausgewertet. Die Ziele der Datenauswertung werden definiert, eine Datenauswertungsmethode ausgewählt und daraus holzbauspezifische Ergebnisse in Form von Aufwandswerten abgeleitet. Die Auswertungen beider Deckensysteme werden einer Analyse nach Zeitarten und einer Analyse nach Tätigkeiten und Unterbrechungen unterzogen und abschließend miteinander verglichen. Die Aufwands- und Leistungswerte bilden die Resultate der Auswertungen beider HBV-Deckensysteme.

Im Fokus der Arbeit, Kapitel 5, steht ein kalkulatorischer Verfahrensvergleich, wobei hier nicht nur monetäre Kriterien wie der Vergleich der Lohn-, Material- und Gerätekosten beider Systeme, sondern auch andere Qualitätskriterien, wie die Bauzeit und die involvierten Arbeitskräfte bezogen auf den Bauablauf in einer Systemgegenüberstellung betrachtet werden. Die Randbedingungen für den Verfahrensvergleich werden beschrieben, eine Schlussfolgerung des Vergleichs bildet den Abschluss dieses Kapitels.

In Kapitel 6 werden die Erkenntnisse zusammengefasst und auf die Potentiale von vorgefertigten HBV-Deckenelementen eingegangen. Außerdem werden die Möglichkeiten des industriellen Holzbaus aufgezeigt und ein Ausblick hinsichtlich der Kalkulation von Holzbausystemen gegeben.

6.2 Potenziale vorgefertigter HBV-Decken

Holzbetonverbunddecken wurden bislang bei den unterschiedlichsten Bauwerkstypen eingesetzt, wie zum Beispiel bei Sanierungen, Ein- und Mehrfamilienhäusern, Brückenbauten und mehrgeschossigen Bürogebäuden. Laut Expertenbefragungen wird der mögliche Einsatz von vorgefertigten HBV-Decken bei großvolumigen Hochbauten und öffentlichen Gebäuden als größte Chance angesehen, da in Bezug auf die Modulbauweise, den Vorfertigungsgrad und die baubetriebliche Abwicklung das höchste Potential besteht.³³⁴ Stetige Entwicklungen des Holzbau-Gewerkes durch die unterschiedlichen Systemanbieter werden als weiterer Vorteil gesehen, jedoch bedürfen die Verbindungsmittel, die Knotenanschlüsse und das Langzeitverhalten weiterer Forschung.³³⁵ Die beiden Baustoffe Holz und Beton kommen im Bauwesen bereits seit Jahrzehnten getrennt voneinander zum Einsatz, weshalb der Entwicklungsstand demnach weit fortgeschritten ist und die Forschung in diesen beiden Gebieten

³³⁴ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 210ff.

³³⁵ Vgl. HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 217

und im Bereich der Abdichtung für HBV-Decken als abgeschlossen angesehen werden kann.³³⁶ Anschließend sollen drei wesentliche Potentiale von vorgefertigten Holzbetonverbunddecken dargestellt werden:

6.2.1 Minimale Baustelleneinrichtung

Ein wesentlicher Vorteil von im Werk vorgefertigten HBV-Decken ist der geringe Platzbedarf auf der Baustelle, da die Elemente in der Regel „just-in-time“ geliefert werden und direkt vom Aufleger per Kran an ihren Bestimmungsort versetzt werden können. Vor Ort müssen nur noch die Knotenanschlüsse hergestellt werden und die Fugen geschlossen werden. Die vorgefertigten Holzelemente benötigen im Gegensatz zur Stahlbetonbauweise keine Montage- und Lagerflächen für Schalungselemente, Bewehrungsstahl, Betonmischer oder Betonpumpe auf der Baustelle. Ein geringer Platzbedarf und das Arbeiten mit den notwendigsten Kleinmontagewerkzeugen, wie Kreissäge, Hämmer, Bohrmaschine, Schlagschnur, Wasserwaage und Balkenzug führen zu einer beträchtlichen Senkung der Gerätekosten und erfordern demnach eine minimale Baustelleneinrichtung.

6.2.2 Kürzere Bauzeit

Der größte Vorteil gegenüber anderen Bau-Verfahren wie zum Beispiel der Herstellung von HBV-Decken als Ortbetonvariante liegt deutlich in der stark verkürzten Rohbauzeit. Der Baustoff Beton benötigt nach der Beendigung der Rohbauzeiten bestimmte Austrocknungszeiten, bevor mit dem Ausbau oder der Fassade begonnen werden kann. Ebenso ist eine Unterstellung der Decken im Falle der Fertigteilvariante vor Aufbringung des Betons nicht erforderlich. So bringt diese trockene Bauweise einen wesentlichen wirtschaftlichen Vorteil durch kürzere Montagezeiten während der Rohbauphase, wodurch die Lohnkosten des Personals für das jeweilige Bauvorhaben deutlich reduziert werden können.

6.2.3 Geringerer Personaleinsatz auf der Baustelle

Gegenüber anderen Bauweisen, wie zum Beispiel der Errichtung eines Objektes in Stahlbetonbauweise wofür unterschiedliches Personal für das Schalen, Bewehren und Betonieren eingesetzt wird, besitzt der Holzbau einen sehr geringen Personalbedarf. Die Herstellung von vorgefertigten HBV-Decken auf der Baustelle trägt eher den Charakter einer Montagetätigkeit denn einer klassischen Handwerkertätigkeit, worin nach Ansicht des Verfassers ein weiteres Potenzial dieses Deckensystems besteht, da das System zwar Facharbeiter erfordert, diese jedoch auch seitens des klassischen mineralischen Massivbaus oder auch Stahlbaus gestellt wer-

³³⁶ HÖLZL, S.: Wirtschaftliche Betrachtung von Holz-Beton-Verbunddecken. Masterarbeit. S. 217

den können. Alle zu verrichtenden Montagearbeiten an Holzbetonverbunddecken werden wesentlich vom jeweiligen Hebezeug, der Witterung sowie der Leistung der Arbeitskräfte über die gesamte Bauphase beeinflusst. Mannschaftsgrößen zwischen fünf und acht Monteuren sind auf den meisten Baustellen ausreichend und weisen aufgrund ihrer häufigen Zusammenarbeit bei vorangegangenen Bauvorhaben eine hohe Leistungsfähigkeit auf, um derartige Bausysteme rationell umzusetzen.

Die geringere Anzahl an Gewerken birgt allerdings nach Ansicht des Verfassers ein bis dato noch wenig erkanntes Potenzial, da die künftig sicher immer komplexer werdenden Bauvorhaben, welche sich nicht nur ausschließlich auf die Rohbaukonstruktion, sondern vor allem auf die gebäudetechnische Ausstattung fokussieren werden, ähnlich wie bereits heute immer öfter auftretende große Leistungsverluste aufgrund fehlerhafter und nicht ausreichender Koordination und Kommunikation untereinander beinhalten. Ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung und Optimierung kann dabei die Erhöhung durch einen off-site Vorfertigungsgrad mit sich bringen, wobei hier das XC-Element von MMK hohe Leistungsfähigkeit aufweist.

6.3 Potenziale des industriellen Holzbaus

Sowohl in der Automobilbranche als auch in vielen anderen Industriezweigen ist der Trend dahin gehend, die Produktion von Gütern unter kontrollierten Verhältnissen in technisch automatisierte Produktionsstätten umzulagern. Zahlreiche erfolgreich abgeschlossene Bauvorhaben zeigen, dass auch in der Baubranche großes Potential in der industriellen Vorfertigung liegt. Aufgrund von werkstoffspezifischen Charakteristika wie das geringe Eigengewicht, die hohe statische Beanspruchbarkeit oder die leichte Verarbeitbarkeit eignet sich der Baustoff Holz besonders gut für die industrielle Vorfertigung.³³⁷

Anhand von Experteninterviews und Studien betreffend den Holzbausektor lässt sich ablesen, dass der industrielle Holzbau, laut Meinung mehrerer Fachleute, vor allem bei großvolumigen Holzwohnbauten, an Stelle des rückläufigen industrialisierten Einfamilienhausbaus, konstant an Bedeutung gewinnen wird.³³⁸ Diese Umfragen haben ergeben, dass sowohl Architekten und Bauherrenvertreter als auch verschiedene Holzbaufirmen großes Potential in der Fertigung von Elementen in der Modulbauweise sehen, die bei mehrgeschossigen Wohnbauten in Massiv-Holzbauweise deren Anwendung finden.

Diese Entwicklung bringt eine Vielzahl an Vorteilen mit sich, wie zum Beispiel die Erhöhung der Qualitätsstandards und die Erreichung der Ziele

³³⁷ Vgl. LENNARTSSON, M.: Modularity in Industrialised Timber Housing. S. 3

³³⁸ Vgl. HINTERSTEININGER, K.: Kennzeichen und Aspekte des industriellen Bauens - Anwendbarkeit im Holzbau. Masterarbeit. S. 224ff.

des Bauherren bezogen auf die Termine und die Kosten.³³⁹ Der wesentliche Unterschied von herkömmlichen Bauweisen zum Bauen mit vorgefertigten Elementen ist die Reduktion der organisatorischen und produzierenden Prozesse aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades. Während der Bauherr bei der Umsetzung eines Bauprojektes in überwiegend handwerklicher Bauweise laut Meinung einiger Experten mit der Koordinierung und der Anordnung der mitwirkenden Gewerke konfrontiert ist, so werden bei Projekten, die in einer industriell vorproduzierten Bauweise umgesetzt werden, die Bauleistungen der beteiligten Subunternehmer oftmals als Generalunternehmer angeboten.³⁴⁰

Die Produktion von Prototypen, wie es auch die HBV-Decken als Fertigteil sind, ermöglicht außerdem die Bemusterung im Maßstab 1:1, wodurch die Gestaltung und die Qualität des Produkts in der tatsächlichen Größe veranschaulicht werden kann.

Sowohl die Planung als auch die Bauphase sind bei großvolumigen Bauvorhaben meist sehr komplex und werden von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Durch die vereinheitlichte und strukturierte Planung des Produktionsprozesses und der Verlegung der Fertigung ins Werk, kann unter optimalen Bedingungen die Einhaltung der Kosten und die der Terminplanung sichergestellt werden.³⁴¹

Durch den hohen Automatisierungsgrad können sowohl die Zeiten für die Montage als auch die gesamte Bauzeit eines Bauvorhabens reduziert werden. Dies hat zur Folge, dass der Realisierungszeitpunkt genau vorher bestimmt und der Verkaufs- bzw. Vermietungszeitpunkt einer Immobilie exakt geplant werden kann.

6.4 Ausblick – Holzbausysteme und HBV-Decken

Potentielle Bauherren in Österreich stehen dem Bauen in Massiv-Holzbaubauweise aufgrund von baurechtlichen und bautechnischen Rahmenbedingungen, gesetzlichen Bauvorschriften und Unsicherheiten die Interpretation von Richtlinien und Vorschriften betreffend, zum Teil noch zögerlich gegenüber. Dennoch besteht derzeit ein hohes wissenschaftliches Engagement durch Holzbauunternehmen, Architekten und Planer die Forschung auf diesem Gebiet voranzutreiben. Großvolumige Wohnbauten sind in den vergangenen Jahren bereits in Brettsperrholz-Bauweise realisiert worden. Aufgrund der Vorteile wie deutlich kürzere Bauzeiten und trockene Ausführungsmöglichkeiten, beschäftigen sich Hersteller und Forscher damit, kostengünstige Systeme, wie zum Beispiel ein im Werk vorgefertigtes Verbunddeckensystem zu erarbeiten und zu produzieren. Der

³³⁹ Vgl. ROZYNSKI, D. K., P.; : Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau. Forschungsarbeit. S. 31

³⁴⁰ Vgl. HINTERSTEINER, K.: Kennzeichen und Aspekte des industriellen Bauens - Anwendbarkeit im Holzbau. Masterarbeit. S. 225

³⁴¹ Vgl. ROZYNSKI, D. K., P.; : Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau. Forschungsarbeit. S. 31

hohe Vorfertigungsgrad von Produkten aus Holz und Beton, welche als gesamtes System zu verstehen sind, trägt dazu bei, dass mittlerweile Komplettsystemlösungen angeboten werden können. HBV-Konstruktionen haben sich sowohl bei Geschoßdecken mit großen Spannweiten und hoher Tragfähigkeit im Altbau, als auch bei Neubauten bewährt.³⁴² Auch bei Fußgänger- und Straßenbrücken haben Praxiserprobungen gezeigt, dass in diesem Anwendungsbereich wirtschaftliche HBV-Lösungen möglich sein können. Es ist festzuhalten, dass die Entwicklung auf dem Gebiet der Holz-Beton-Hybridbauweise mit Blick auf die noch laufenden Forschungen bei weitem noch nicht als abgeschlossen angesehen werden kann.³⁴³ Bei komplexen Bauvorhaben erfordert der Bau mit vorgefertigten Holzelementen eine exakte Planungs- und Vorbereitungsphase, bevor diese im Werk gefertigt werden können. Unter diesen Voraussetzungen besteht die Möglichkeit, dass der Massiv-Holzbau und im weiteren Sinne die Holz-Beton-Verbundbauweise als Weiterentwicklung dieser Bauweise in Zukunft eine weitreichende Steigerung des Marktanteils erlangt.

6.5 Ausblick – Kalkulation und Verfahrensvergleiche

Neben den Kosten und den hier betrachteten Unterscheidungskriterien gibt es eine Vielzahl von weiteren wirtschaftlichen Entscheidungskriterien, die bei der Wahl des HBV-Deckensystems entscheidend sein können. Darunter fallen neben der Bauzeit und den involvierten Arbeitskräften, vor allem Themen wie die Ästhetik oder die Nachhaltigkeit. Die Wiederverwertung nach Nutzungsende, die CO₂-Bilanz von Gebäuden und dessen Life-Cycle-Costs gewinnen momentan immer mehr an Bedeutung und können die Investitionsentscheidung eines Bauherrn stark beeinflussen. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es daher, die Eignung dieser beiden HBV-Deckensysteme als Ortbeton- und als Fertigteilver variante hinsichtlich dieser sekundären Betrachtungspunkte zu überprüfen, gegenüberzustellen und die Basis für zukünftige Kalkulationen dieser beiden HBV-Deckensysteme zu bilden. Somit kann diese zurzeit noch eher alternative Deckenbauweise hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Eignung umfassend bewertet werden.

Es sei erwähnt, dass die Gewerke übergreifende Herstellung von HBV-Deckenelementen, Holz- und Massivbau, einer sorgfältigen Abstimmung in der Planung und in der Ausführung bedarf. Jedoch vereint dieser Bauweise eine Vielzahl von Vorteilen miteinander, die ihren Einsatz bei großvolumigen Holzwohnbauten mit größeren Spannweiten, bei geringeren Deckenstärken mit gutem Schall- und Brandschutz, rechtfertigen. Verglichen mit der mineralischen Bauweise verursacht die Holz-Massivbauweise generell höhere Kosten, jedoch können diese unter Einhaltung bestimmter Regeln in der Planung und durch innovative Gestaltung der Grundrisse dem Holzbau einen Vorteil einbringen. Um im mehrgeschossigen Wohnungsbau beispielsweise mit der Stahlbetonweise konkurrieren

³⁴² Vgl. STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 21

³⁴³ STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. S. 21

zu können, könnte eine Möglichkeit darin bestehen, den Vorfertigungsgrad der Elemente zu steigern. Durch vorgefertigte HBV-Deckenelemente mit bereits ausgehärteten Beton kann die Bauzeit wesentlich verkürzt und der Bauablauf erleichtert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Integration von bereits im Werk eingebauten Installations- und Elektrosystemen. Der aktuelle Stand der Forschung in Österreich zeigt, dass dieser Vorteil bis dato noch eher selten genutzt wird. Das Pilot-Projekt des HBV-Deckensystems als Fertigteilvariante, welches im Rahmen dieser Arbeit analysiert wurde, soll als Referenzprojekt für künftige Bauvorhaben dieser Bauweise dienen. Die geringere Anzahl an Gewerken birgt allerdings nach Ansicht des Verfassers ein bis dato noch wenig erkanntes Potenzial, da die künftig sicher immer komplexer werdenden Bauvorhaben, welche sich nicht nur ausschließlich auf die Rohbaukonstruktion, sondern vor allem auch auf die gebäudetechnische Ausstattung fokussieren werden, ähnlich wie bereits heute immer öfter auftretende große Leistungsverluste aufgrund fehlerhafter und nicht ausreichender Koordination und Kommunikation untereinander beinhalten. Ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung und Optimierung kann dabei die Erhöhung durch einen off-site Vorfertigungsgrad mit sich bringen, wobei hier das XC-Element von MMK hohe Leistungsfähigkeit aufweist. Sowohl durch die Schaffung von normierten Standards und innovativen Bausystemen im Bereich von komplett vorgefertigten Holz-Beton-Verbunddeckenelementen, als auch durch die Reduzierung der Bauzeit, der involvierten Arbeitskräfte und den damit verbundenen Lohnstunden, kann aus Sicht des Verfassers der Sprung vom Prototypen zum Massenprodukt gelingen.

Auch im Bereich des ressourcenoptimierten und nachhaltigen Bauens, wird der Holzbau, nicht nur aufgrund seiner positiven und nachhaltigen Eigenschaften, sondern auch durch die enge Zusammenarbeit zwischen Planern, Architekten und Bauingenieuren mit den ausführenden Holzbauunternehmen, eine wesentliche Rolle im Bauwesen einnehmen.

Literaturverzeichnis

AIGNER, M.: Aufwandswerte für Stahlbetonarbeiten - Ein kritischer Vergleich von Literaturangaben. Diplomarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2003.

BATHON, L. BATHON., O: Holz-Beton-Verbund-Verkehrsbrücken. In: Hrsg.: Fachhochschule Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen. Institut für Baustoffe und Konstruktion. 2008.

BATHON, L. BATHON., O: Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau. In: Hrsg.: Deutsche Bauzeitschrift, 2008.

BATHON, L. BATHON., O: Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau – Aktueller Stand der Technik. In: Hrsg.: Fachhochschule Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, Institut für Baustoffe und Konstruktion. 2009.

BATHON, T., BATHON, L.: Wood-Concrete-Composite Systems. 2005.

BAUMGART, R.: Massivbau. In: Hrsg.: Hochschule Darmstadt, 2012.

BERNER, F., KOCHENDÖRFER, B., SCHACH, R.: Grundlagen der Baubetriebslehre 2. 1. Auflage. B.G. Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden. 2008.

BLÖMEKE, M.: Die Baustellenlogistik als neues Dienstleistungsfeld im Schlüsselfertigbau. Universität Dortmund: Fakultät für Bauwesen, Lehrstuhl Baubetrieb. 2001.

BOGENSBERGER, T., SCHICKHOFER, G.: Brettsperrholz - Forschung & Entwicklung, Nachweisverfahren, Einsatzmöglichkeiten und Transfer. holz.bau Forschungs-GmbH, Österreich, 2010.

BOGUSCH, N.: Holzwerkstoffe und Holzschädlinge. In: Hrsg.: 2005.

BUNDESINNUNG BAU, ÖSTERREICHISCHER GEWERKSCHAFTSBUND: Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe - Beilage, Lohnordnung. Volume. 2015.

BUNDESINNUNG HOLZBAU, ÖSTERREICHISCHER GEWERKSCHAFTSBUND: Kollektivvertrag für Arbeiter des Zimmermeistergewerbes - Beilage, Lohnordnung. Volume. 2015.

SCHLAGBAUER, D.: Arbeitsbelastung und Arbeitsleistungskurven“ - Auswertung empirischer Untersuchungen der Tätigkeiten im Baumeistergewerbe. In: Tagungsband 21. Assistententreffen der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik 2010.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: Zulassung. S. Volume. Berlin. 2012.

DIN EN 15301-1: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten, 2010-01.

DREES, G., SPRANZ, D.: Handbuch der Arbeitsvorbereitung in Bauunternehmen. Wiesbaden [u.a.]. Bau-Verl, 1976.

DUSCHEL, M., PLETTENBACHER, W.: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb: praktische Methoden und Lösungen für die optimale Vorbereitung und Steuerung von Bauvorhaben. Wien. Linde, 2013.

EDER, W.: Bauablaufanalyse von großvolumigen Holzwohnbauten mit speziellem Fokus auf Aufwands- und Leistungswertermittlung. Masterarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2014.

FEIX, J., WALKNER, R.: Vorlesungsskriptum: Betonbau 1. Innsbruck. Universität Innsbruck, 2009.

GIRMSCHIED, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. Berlin. Springer, 2010.

GIRMSCHIED, G.: Angebots- und Ausführungsmanagement - prozessorientiert erfolgsorientierte Unternehmensführung. Berlin Springer, 2015.

GIRMSCHIED, G. H., E: Industrielles Bauen – Fertigungstechnologie oder Managementkonzept? 75/2000.

HECK, D., Bauer, B: Baubetriebslehre - VU Skriptum. Technical University of Graz. 2014.

HINTERSTEININGER, K.: Kennzeichen und Aspekte des industriellen Bauens - Anwendbarkeit im Holzbau. Masterarbeit. Graz. Technische Universität Graz, 2015.

HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg, 2007.

HOLSCHMACHER, K.: Holz-Beton-Verbundbauweise. Tagungsbericht Holzbauforum Leibzig.

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

KAUFMANN, H.: Der andere Bauprozess. In: Zuschnitt. Hrsg.: 6/2013.

KESSEL, M.: Innovativer Holzsystembau durch optimierte Fertigungs- und integrierte Planungsmethoden. Endbericht.

KNAACK, U., CHUNG-KLATTE, S., HASSELBACH, R.: Systembau: Prinzipien der Konstruktion. 1. Aufl. Basel. Birkhäuser, 2009.

KREUZINGER, H., MESTEK, P., WINTER, S.: Holzbau der Zukunft. Teilprojekt 15. Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen. 2009.

KÜSTNER, G.: Die Ablauforganisation von Baustellen, ZTV-Verlag, Frankfurt / Main, Ausgabe: 1989.

LANG, A.: Ein Verfahren zur Bewertung von Bauablaufstörungen und zur Projektsteuerung. Masterarbeit. Düsseldorf. VDI-Verl, 1988.

LENNARTSSON, M.: Modularity in Industrialised Timber Housing. Luleå. Universitetstryckeriet, Luleå, 2009.

MERZ, K.: Raumzellenbauweise. Bercht. In:

NIEMZ, P.: Physik des Holzes. Institut für Baustoffe ETH Zürich, 2005.

OBERNDORFER, W., JODL, H. G., AUSTRIAN STANDARDS, I.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft: interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens. 208. Wien. Austrian Standards plus Publ, 2010.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 2061 -
Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm. Volume. ÖNORMEN &
nationale Regelwerke, Austrian Standards Institute, 1999-09-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4701 -
Betonbauwerke - EUROCODE - nahe Berechnung, Bemessung und
konstruktive Durchbildung. Volume. ÖNORMEN & nationale Regelwerke,
Austrian Standards Institute, 2002-11-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 2 -
Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten. Volume.
ÖNORMEN & nationale Regelwerke, Austrian Standards Institute, 2011-04-
01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 3 -
Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 3: Objekt- und Nutzungstypologie.
Volume. ÖNORMEN & nationale Regelwerke, Austrian Standards Institute,
2011-07-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 16351 -
Holzbauwerke - Brettsper Holz - Anforderungen. Volume. ÖNORMEN &
nationale Regelwerke, Austrian Standards Institute, 2012-01-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 4 -
Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 4: Berechnung von
Gebäudelebenszykluskosten. Volume. ÖNORMEN & nationale Regelwerke,
Austrian Standards Institute, 2014-04-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 4707 -
Bewehrungsstahl - Anforderungen, Klassifizierung und
Konformitätsnachweis. Volume. ÖNORMEN & nationale Regelwerke,
Austrian Standards Institute, 2014-07-01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM EN 206 - Beton -
Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Volume.
ÖNORMEN & nationale Regelwerke, Austrian Standards Institute, 2014-07-
01.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1801 - 1 -
Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung. Volume.
ÖNORMEN & nationale Regelwerke, Austrian Standards Institute, 2015-10-
15.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT: ÖNORM B 1995-1-1,
Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1:
Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau - Nationale
Festlegungen, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen zur
ÖNORM EN 1995-1-1, Austrian Standard Institute, 2010-08-15.

PAUSER, A.: Beton im Hochbau: Handbuch für den konstruktiven Vorentwurf.
Düsseldorf. Verl. Bau + Technik, 1998.

PFATTNER, M.: Holz-Beton-Verbundsysteme im Ingenieurholzbau-
Gegenüberstellung der Verbundlösungen und Einsatz als
Verstärkungsmaßnahme für Holzdecken im Bestand. Masterarbeit. Graz.
Technische Universität Graz, 2007

PROHOLZ, A.: Zuschnitt 45. In: März, 2012.

PROHOLZ, A.: Zuschnitt 50. In: Juni, 2013.

PROHOLZ, A.: Zuschnitt 54. In: Juni, 2014.

REFA, V. f. A.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Band 1, 7.Aufl. München. Hanser, 1984.

REFA, V. f. A.: REFA in der Baupraxis. [Von] Gerhard Berg [u.a.]. (Hrsg. v. REFA Verband f. Arbeitsstudien u. Betriebsorganisation e. V., Darmstadt, Fachausschuss Bauwesen ... T. 1-4 - 1. Grundlagen. [Von] Gerhard Berg. - 2. Datenermittlung. [Von] Gerhard Kuenstner - 3. Arbeitsgestaltung. [Von] Gerhard Kuenstner. - 4. Lohngestaltung. [Von] (Heinz) Kassel- (Franz) Sprenger. Frankfurt. Ztv-Verl, 1984.

REFA, V. f. A.: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Band 2, 7.Aufl. München. Hanser, 1992.

REINHARDT, H.-W.: Ingenieurbaustoffe. Berlin. Ernst, 2010.

RIEDIGER, H.-G., STEINMETZGER, R.: Rationalisierung im Baubetrieb: Möglichkeiten der REFA-Methodenlehre. In: Wiss. Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar (46). 2000.

RINAS, T.: Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte im individuellen Fertigteiltbau. Entwicklung eines Geschäftsmodells. Doktorarbeit. Masterarbeit. Zürich. ETH Zürich, 2011.

RINGHOFER, A., SCHICKHOFER, G. : Timber-in-Town – current examples for residential buildings in CLT and tasks for the future.

ROTH, H., NISCHER, P.: Betontechnologie für die Praxis: Arbeitsunterlagen für Lehre, Planung und Ausführung nach den bestehenden ÖNORMEN. 5. Wien. 1983.

ROZYNSKI, D. K., P; : Vom industrialisierten Einfamilienhaus zum verdichteten Wohnungsbau. Forschungsarbeit. Stuttgart. Fraunhofer IRB Verlag, 2008.

SCHICKHOFER, G.: BSP Handbuch, Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz.

SCHICKHOFER, G.: Die Holzmassivbauweise am Beispiel von Brettsperrholz. Artikel für die Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft - pro:Holz. Volume.

SCHICKHOFER, G.: Vorlesungsskriptum: Holzbau - Nachweisführung für Konstruktionen in Holz. Graz. Technische Universität Graz, 2009.

SCHICKHOFER, G.: Vorlesungsskriptum: Holzbau - Der Roh- und Werkstoff Holz. Graz. Technische Universität Graz, 2014.

SCHLAGBAUER, D.: Arbeitsbelastung und Arbeitsleistungskurven – Auswertung empirischer Untersuchungen der Tätigkeiten im Baumeistergewerbe. In.: Tagungsband 21. Assistententreffen der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik. 2010.

SCHLAGBAUER, D.: Entscheidungsgrundlagen für die Arbeitszeitgestaltung, Doktorarbeit. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft Projektentwicklung und Projektmanagement. TU Graz, 2011.

SCHNITTICH, C.: Vorfertigung - Hightech und Handarbeit. In: Detail, Zeitschrift für Architektur und Bauteil, Vorfertigung.

SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen. 1978.

SPRING, A.: Holz. Das fünfte Element. München. 1999.

STAIB, G., DÖRRHÖFER, A., ROSENTHAL, M.: Elemente + Systeme modulares Bauen ; Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. Basel Birkhäuser, 2008.

STEINBRECHER, D., RUG, W.: 17. Brandenburgischer Bauingenieurtag, BBIT 2010. Cottbus. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2010.

STORAENSO: Stora Enso Building and Living Solutions - Rohbaukonstruktion.

THIEL, A.: Hebesysteme in BSP.

TICOMTEC: Newsletter 19. In: Juni, 2015.

Linkverzeichnis

http://www.ticomtec.de/hbv/decken_balken.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

<http://www.ebawe.de/>. Datum des Zugriffs: 09.09.2015.

<http://andersonanderson.com/2006/01/01/chameleon-house/>. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

http://www.swg-produktion.de/fileadmin/Bilder/Produkte/FT-Verbinder/Betondecke_verschrauben.png. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

http://galerie.proholzschweiz.ch/main.php?g2_itemId=5573. Datum des Zugriffs: 08.07.2015.

<https://www.bauwion.de/detailwissen/114-holz-beton-verbunddecken#mehrueber>. Datum des Zugriffs: 21.07.2015.

http://www.ticomtec.de/hbv/decken_rippen.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

http://www.ticomtec.de/hbv/decken_hohlkasten.htm. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

<http://www.oldtimer-markt.de/ratgeber/technik-lexikon/holz-naturbaustoff>. Datum des Zugriffs: 07.09.2015.

<http://www.brettstapel.de/produkte/brettstapel-elemente/hbv-decke>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

<http://www.nextroom.at/building.php?id=36153>. Datum des Zugriffs: 06.07.2015.

http://www.hermann-kaufmann.at/index.php?pid=2&kid=11&prjnr=10_21&lg=en. Datum des Zugriffs: 14.07.2015.

<http://www.detail.de/inspiration/verwaltungsgebaeude-in-dornbirn-106081.html>. Datum des Zugriffs: 08.07.2015.

<http://www.nextroom.at/building.php?id=36153>. Datum des Zugriffs: 06.07.2015.

<http://www.brettstapel.de/produkte/brettstapel-elemente/plusminus-20-nsi>. Datum des Zugriffs: 07.07.2015.

<http://www.proholz.at/zuschnitt/45/holz-beton-verbunddecke/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

<http://www.proholz.at/zuschnitt/50/die-logik-der-vorfertigung/>. Datum des Zugriffs: 13.07.2015.

<http://www.erne.net/de/leistungen/systeme/verbundbauholzverbundbauweise/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

<http://www.bauforum.at/bauzeitung/villa-kalkhuetten-58680>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

<http://www.erne.net/de/leistungen/systeme/verbundbauholzverbundbauweise/>. Datum des Zugriffs: 23.07.2015.

<http://www.com-ing.com/x-to-fix/TCC.html>. Datum des Zugriffs: 06.07.2015.

http://www.ticomtec.de/hbv/decken_vario.htm. Datum des Zugriffs:
23.07.2015.

[http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=.](http://www.wohnen.at/neubau.asp?link=5&type=) Datum des Zugriffs:
28.07.2015.

<http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/Archiv/>. Datum des Zugriffs:
27.07.2015.

<http://www.kirchdorfer.at/de>. Datum des Zugriffs. Datum
des Zugriffs: 20.10.2015.

<http://www.kulmerbau.at/>. Datum des Zugriffs: 24.10.2015.

<http://www.mmk.co.at/>: Datum des Zugriffs: 26.10.2015.

Anhang 1 – K - Blätter

6.6 K3-Blatt für Arbeiten in überwiegender Holzbauweise

MITTELLOHNPREIS	<input type="checkbox"/>	Firma:	FORMBLATT K 3 NEU		
		<i>Technische Universität Graz</i>	institut für baubetrieb projektentwicklung bauwirtschaft projektmanagement		
REGIELOHNPREIS	<input type="checkbox"/>	Arbeitszeitmodell: Normalarbeitszeit	Erstellt am:	Seite:	
		<i>lange / kurze Woche</i>	09.10.2015	1	
GEHALTPREIS	<input type="checkbox"/>		Preisbasis laut Angebotsunterlagen		
			Sep.15		
Gewerk: Holzbau		FÜR MONTAGE <input checked="" type="checkbox"/>	Währung: €		
Angebot Nr.:		FÜR VORFERTIGUNG <input type="checkbox"/>			
Beschäftigungsgruppe laut KV.:		Kalkulierte Beschäftigte	Anzahl:		
KV-Gruppe:		Kalkulierte Wochenarbeits-Zeit,	h:		
KV-Lohn:		Aufzahlung für Mehrarbeit:			
Anteil in %:	%h /h /%h			
		%	Betrag		
A	Kollektivvertraglicher MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT	100,00	12,86		
B	Umlage unproduktives Personal % von A		0,00		
C	Aufzahlungen aus Zusatzkollektivverträgen % von A + B (A + B = 12,86)		0,78		
D	Überkollektivvertraglicher Mehrlohn % von A + B		0,81		
E	Aufzahlung für Mehrarbeit % von A + B		0,39		
F	Aufzahlung für Erschwernisse % von A + B		0,00		
G	Andere abgabenpflichtige Lohnbestandteile % von A + B				
H	MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT (% = Betrag H * 100 / Betrag A) (Betrag = A bis G)		14,13		
I	Andere nicht abgabenpflichtige Lohnbestandteile % von H		2,40		
J	Direkte Lohnnebenkosten % von H		3,80		
K	Umgelegte Lohnnebenkosten % von H		12,54		
L	Andere lohngebundene Kosten % von H		1,94		
M	MITTELLOHN - REGIELOHN - GEHALT - KOSTEN (% = M * 100 / Betrag A) (Betrag = H bis L)		34,80		
Gesamtzuschlag in % auf:		Gerät	Material	Fremdl.	Lohn / Gehalt
N	Geschäftsgemeinkosten				4
O	Bauzinsen				1
P	Wagnis				2
Q	Gewinn				3
R					
S	Summe (%) N bis R				10
T	Gesamtzuschlag: S*100/(100-S) %				11,11 (% auf M)
U	MITTELLOHN-REGIELOHN-GEHALT-PREIS (% = U * 100 / A) (Betrag = M + T)				38,67
In Sonderfällen: Umlage der Baustellen-Gemeinkosten auf Leistungsstunden					
auf MLP - RLP - GP (Baustellen-Gemeinkosten / h = Betrag in V) bzw. in Prozent vom Mittellohn					
V	Umgelegt sind:				
W	MLP - RLP - GP mit Umlage der Gemeinkosten (% = W * 100 / A) (Betrag = U + V)				
In Sonderfällen: Umlage auf Preisanteile in %					
		Lohn	Sonstiges		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
X	UMLAGEPROZENTSATZ	Summe 1 bis 6	0	0	



KALKULIERTE MANNSCHAFT				institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung projektmanagement		TU Graz		HILFSBLATT 1	
Baustelle: Paulasgasse								Datum 10.09.2015	
KV-Gruppe 1	Arbeitsnehmer Bezeichnung	%	Anzahl	KV-Lohn Währung (€)		Überkollektivvertraglicher Mehrlohn			
				je Std.	Betrag	% von KV-Lohn	je Std.	Betrag	
				5	6	7	8	9	
1	Vorarbeiter (Holzbaupolier)	20	1	13,67	13,67	10	1,37	1,37	
2	Facharbeiter	60	3	12,76	38,28	5	0,64	1,91	
3	angelernter Arbeiter	20	1	12,33	12,33	5	0,62	0,62	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
A Lohnsumme produktives Personal			5	XXXXX	64,28	XXXX	XXXX	3,90	
	unproduktives Personal	Hilfspolier	XX	GU Polier bei Massivbau, VA Holzbau als FA					
		Lehrling	XX	Lehrling ist bereits Geselle -> angel. Arbeiter					
B Lohnsumme unproduktives Personal					0,00			0,00	
C Lohnsumme einschl. unproduktives Personal					64,28			3,90	
Kollektivvertraglicher Mittelohn					A6:A4	K 3 Zeile A		12,86	
Umlage unproduktives Personal					B6:A4	K 3 Zeile B		0,00	
Überkollektivvertragliche Mehrlöhne					C9:A4	K 3 Zeile D		0,78	

AUFZÄHLUNGEN FÜR MEHRARBEIT AUFZÄHLUNGEN FÜR ERSCHWERNISSE				HILFSBLATT H2A NEU			
Baustelle: Paulasgasse				institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement 			
				Datum:			
	Aufzahlung für Mehrarbeit	Anzahl der Arb.-Std. 1	Anzahl der Verr.-Std. 2	% Aufzählg. 3	Faktor 4	Summe % 1(2)x3x4 5	% je Arb.-Std. 6
A	Normalarbeitszeit/*	39	xxxxxxxxxxxxxx				
B1	Überstunden/*		xxxxxxxxxxxxxx				
B2	Überstunden/*		xxxxxxxxxxxxxx				
C1	Aufzahlung/* für Gutstunden	xxxxxxx	0,58	50	1,1	31,90	
C2	Aufzahlung/* für	xxxxxxx					
C3	Aufzahlung/* für	xxxxxxx					
D	Mehrarbeit						
E	Summe Aufzahlung für Mehrarbeit in %	39,58				31,90	0,81
							K3 Zeile E
	Aufzahlung für Erschwernisse	% der Zeit 7	% des Arbeiterstandes 8	% des KV Lohnes 9	7x8x9 100x100 10		
F	Aufsicht	100,00	20	15	3		
G							
H							
I							
J	Summe Aufzahlung für Erschwernisse in %	Summe F10 bis I10				3,00	
							K3 Zeile F

Nebenrechnung

Neues Arbeitszeitmodell

lange/kurze Woche

20 Wo Bauzeit Holzbau lt. Bauzeitplan von Kaufmann Bausysteme, Stand 19.02.2015

10 Wo lang 45 Std. -> +6 Gutstunden

10 Wo kurz 36 Std. -> -3 Gutstunden

+ 3 Gutstunden / 2 Wo -> 1,5 Gutstunden / Wo

-> 1,5 x 20 = 30 Gutstund < 90 Gutstunden / Jahr

ok

30 Std / 52 Wo = 0,58 -> 0,58 Gutstunden / Wo

39,58 Std / Wo

Baudauer - 5 Mo

5 * 4,33 = 25,98 Wo -> 2 / 25,98 * 100 = 7,7 %

Iteration Faktor H2A

erste Annahme: 1,1

-> 14,13 / 12,86 = 1,1

zweite Annahme 1,1

Baudauer gesamt:		[Mo]	[Wo]	[T]	[Dek]	HILFSBLATT 2B NEU										
		5	20	140		institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement 										
AZM Lange Woche	Dauer:		10			Datum: <input type="text"/>										
AZM Kurze Woche	Dauer:		10			Baustelle: <input type="text"/>										
AZM Restliche Zeit	Dauer:					Anmerkung: * 20 Bezugsdauer (z.B.: Woche, Dekade)										
AZM 39h + 1h MA	Dauer:															
AZM Dekade	Dauer:															
Tägliche Arbeitszeit	Mo	Di	M	Do	Fr						Sa	So	Summe*	Anzahl Tage Taggeld groß [t/Woche]	Anzahl Tage Taggeld mittel [t/Woche]	Anzahl Tage Taggeld klein [t/Woche]
[h]													[h]			
verwendetes AZM:																
Lange Woche		9	9	9	9	9		45	5		5					
Kurze Woche		9	9	9	9			36	4		4					
Restliche Zeit																
39h + 1h MA																
Dekade																
SUMME:																
Σ Dauer [*] * Anzahl Tage Taggeld [t/*] = Anzahl Tage mit Anspruch [t]									90		90					
Denstreivergütungen		% d. Beleg- schaft v. prod. Arb.		Betrag Währung [....€....]		Anzahl der Arbeitstage mit Anspruch [t]		Anz.d.Arbeits- tage mit Anspruch* [t*]		Ausfallzeit		Tatsächlicher Anspruch (14-15) [t*]		Betrag**		
				11 tats.Betrag		13		14		15 [%]		16		17 [€*] 18		
M	Taggeld klein	<i>Alle Arbeiter bekommen großes Taggeld, da sie aus der Südsteiermark mehr als 100 km entfernt sind</i>														
N	Taggeld mittel															
O	Taggeld groß	100	26,40	26,40	90,00	4,50	20,00	3,60	0,00	95,04						
P	Übernachtungsgeld	<i>Firma zahlt allen die Übernachtung im Quartier</i>														
Q	Fahrtkostenvergütung	<i>die Firma stellt einen Firmenbus zur Fahrt von der Südsteiermark nach Wien - retour zur Verfügung</i>														
R	Heinfahrten	mit Firmenbus		Je Fahrt: alle		Wochen										
S	Heinfahrten			Je Fahrt: alle		Wochen										
T	An- und Rückreise	mit Firmenbus		Je Fahrt: alle		Wochen										
U																
V	Summe M17 bis U17 bis U16										je *	0,00	95,04			
W	Zuschlag für unproduktives Personal										0 % v. V	0,00	0,00			
X	Summe V17 + W17, V18 + W18										je *	0,00	95,04			
Y	SUMME SONDERERSTATTUNGEN JE MITTELLOHNSTUNDE X17:E1; X18:E1										39,58 je Std.	0,00	2,40			
												K3 Zeile G	K3 Zeile I			

ANDERE LOHNGEBUNDENE KOSTEN				HILFSBLATT 3				
Baustelle: Paulasgasse		institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement					Datum: _____	
ZUSCHLAGSATZ für lohngebundene Kosten	direkte	umgelegte	auf	auf	auf	auf	auf	
	Lohnnebenkosten 1	Lohnnebenkosten 2	Lohn 3	Gehalt 4	Stoffe (Sonstiges) 5	Gerät 6	Fremdleistung 7	
A	Lohnnebenkosten	26,90	88,77			XXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX
B	Kommunalabgabe			3,00		XXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX
C	Haftpflichtversicherung			2,70				
D	Kleingerät und Kleingerüst			5,00				
E	Nebenstoffe			1,00				
F	Lohnverrechnung			1,00		XXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX
G	Sonstige allgemeine Nebenkosten			1,00				
H							
I	Summe B bis H			13,70				

Umgelegte Lohnnebenkosten:	
MAF, FZF, MLF in Abhängigkeit vom Arbeitszeitmodell	
MAF = Normalarbeitszeit/Ges. Stunden Pro Woche	MAF = 1,00
FZF = Normalarbeitszeit/Kollektivertragliche Arbeitszeit	FZF = 1,01
MLF = KV-Mittellohn+Umlage unprod. Personal / Mittellohn (K3 Zelle C / H)	MLF = 0,91
KVAZ = Kollektivertragliche Arbeitszeit (39 Std./Wo)	
NAZ = Betriebliche Normalarbeitszeit (H2A Neu Zelle A1)	
GES = Gesamtstunden / Wo (H2A NEU E1)	
Hochmaierformel	
$\Sigma (\text{USK } 1 * \text{MAF} * \text{FZF}) + (\text{USK } 2 * \text{MLF} * \text{FZF}) + (\text{USK } 3 * \text{MAF} * \text{MLF})$	Umgelegte Lohnnebenkosten: 87,88 %
USK 1 = 18,64 %	
USK 2 = 18,40 %	
USK 3 = 57,10 %	

Direkte Lohnnebenkosten:	
Höchstbeitragsgrundlage	4 530,00 €
(K3 Zelle H * H2A NEU Zelle A1 * 4,33) =	2 420,82 €
abgeminderter Prozentsatz	26,90 %
SVMOL > 4.530	ok

DLNK	FLAF
26,9	4,5

wenn DLNK < 4.530 € dann keine Abminderung des % Satzes
sonst Interpolation (ausg. FLAF)

KALKULIERTE MANSCHAFT				institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung projektmanagement		TU Graz		HILFSBLATT 1	
Baustelle: Paulasgasse								Datum 10.09.2015	
KV-Gruppe 1	Bezeichnung	%	Anzahl	KV-Lohn Währung (€)		Überkollektivvertraglicher Mehrlohn			
				je Std.	Betrag	% von KV-Lohn	je Std.	Betrag	
2	3	4	5	6	7	8	9		
1	II. a) Vorarbeiter	14	1	14,77	14,77	10	1,48	1,48	
2	II. b) Facharbeiter	14	4	13,45	53,80	5	0,67	2,69	
3	III. d) Angelernte Arbeiter	71	2	12,51	25,02	5	0,63	1,25	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
A Lohnsumme produktives Personal			7	XXXXX	93,59	XXXX	XXXX	5,42	
	unproduktives Personal	Hilfspolier	XX						
		Lehrling	XX						
B Lohnsumme unproduktives Personal					0,00			0,00	
C Lohnsumme einschl. unproduktives Personal					93,59			5,42	
Kollektivvertraglicher Mittellohn				A6:A4	K 3 Zeile A			13,37	
Umlage unproduktives Personal				B6:A4	K 3 Zeile B			0,00	
Überkollektivvertragliche Mehrlöhne				C9:A4	K 3 Zeile D			0,77	

AUFZÄHLUNGEN FÜR MEHRARBEIT AUFZÄHLUNGEN FÜR ERSCHWERNISSE				HILFSBLATT H2A NEU			
Baustelle: Paulasgasse				institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung projektmanagement 			
				Datum:			
	Aufzahlung für Mehrarbeit	Anzahl der Arb.-Std. 1	Anzahl der Verr.-Std. 2	% Aufzählg. 3	Faktor 4	Summe % 1(2)x3x4 5	% je Arb.-Std. 6
A	Normalarbeitszeit/*	39	xxxxxxxxxxxxxxx				
B1	Überstunden/*		xxxxxxxxxxxxxxx				
B2	Überstunden/*		xxxxxxxxxxxxxxx				
C1	Aufzahlung/* für Gutstunden	xxxxxxx	1,5	50	1,1	82,50	
C2	Aufzahlung/* für	xxxxxxx					
C3	Aufzahlung/* für	xxxxxxx					
D	Mehrarbeit						
E	Summe Aufzahlung für Mehrarbeit in %	40,5				82,50	2,04
							K3 Zeile E
	Aufzahlung für Erschwernisse	% der Zeit 7	% des Arbeiterstandes 8	% des KV Lohnes 9	7x8x9 100x100 10		
F	es werden keine Erschwernisse angenommen						
G							
H							
I							
J	Summe Aufzahlung für Erschwernisse in %	Summe F10 bis I10				0,00	
							K3 Zeile F

Nebenrechnung

Neues Arbeitszeitmodell

lange/kurze Woche

52 Wo

26 Wo lang 45 Std. -> +6 Gutstunden

26 Wo kurz 36 Std. -> -3 Gutstunden

+ 3 Gutstunden / 2 Wo -> 1,5 Gutstunden / Wo

-> 1,5 x 52 = 78 Gutstund < 90 Gutstunden / Jahr

ok

78 Std / 52 Wo = 1,50 -> 1,5 Gutstunden / Wo

40,5 Std / Wo

Baudauer - 12 Mo

12 * 4,33 = 51,96 Wo -> 2 / 51,96 * 100 = 3,85 %

Iteration Faktor H2A

erste Annahme: 1,1

-> 14,15 / 12,86 = 1,1

zweite Annahme 1,1

Baudauer gesamt:		[Mo]	[Wo]	[T]	[Dek]	HILFSBLATT 2B NEU													
AZM Lange Woche	Dauer:		26			institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement 													
AZM Kurze Woche	Dauer:		26																
AZM Restliche Zeit	Dauer:																		
AZM 39h + 1h MA	Dauer:																		
AZM Dekade	Dauer:																		
Tägliche Arbeitszeit		Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Summe*	Anzahl Tage Taggeld groß [t/Woche]	Anzahl Tage Taggeld mittel [t/Woche]	Anzahl Tage Taggeld klein [t/Woche]	Datum: <input type="text"/>						
verwendetes AZM:													Baustelle: <input type="text"/>						
Lange Woche		9	9	9	9	9			45	5		5	Anmerkung: * 52 Bezugsdauer (z.B.: Woche, Dekade)						
Kurze Woche		9	9	9	9				36	4		4							
Restliche Zeit																			
39h + 1h MA																			
Dekade																			
SUMME:										234		234							
Σ Dauer [*] * Anzahl Tage Taggeld [t*] = Anzahl Tage mit Anspruch [t]										234		234							
Dienstverergütungen		% d. Belegschaft v. prod. Arb.		Betrag Währung [....€....]		Anzahl der Arbeitstage mit Anspruch [t]		Anz.d.Arbeits-tage mit Anspruch* [t*]		Ausfallzeit [%]		Tatsächlicher Anspruch (14-15) [t*]		Betrag* abgabepfl. nicht abgabepfl. [€*] [€*]					
		11		tats. Betrag		t.KV		13		14		15		16		17		18	
M	Taggeld klein	<i>Alle Arbeiter bekommen großes Taggeld, da sie aus der Südsteiermark mehr als 100 km entfernt sind</i>																	
N	Taggeld mittel																		
O	Taggeld groß	100	26,40	26,40	234,00	4,50	20,00	3,60	0,00	95,04									
P	Übernachtungsgeld	<i>Firma zahlt allen die Übernachtung im Quartier</i>																	
Q	Fahrtkostenvergütung	<i>die Firma stellt einen Firmenbus zur Fahrt von der Südsteiermark nach Wien - retour zur Verfügung</i>																	
R	Heimfahrten	<i>mit Firmenbus</i>																	
S	Heimfahrten																		
T	An- und Rückreise	<i>mit Firmenbus</i>																	
U																			
V	Summe M17 bis U17 bis U16											je *	0,00	95,04					
W	Zuschlag für unproduktives Personal											0 % v. V	0,00	0,00					
X	Summe V17 + W17, V18 + W18											je *	0,00	95,04					
Y	SUMME SONDERERSTATTUNGEN JE MITTELLOHNSTUNDE X17:E1; X18:E1											40,5 je Std.	0,00	2,35					
												K3 Zeile G	K3 Zeile I						

ANDERE LOHNGEBUNDENE KOSTEN				HILFSBLATT 3				
Baustelle: Paulasgasse		institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement			TU Graz		Datum: _____	
ZUSCHLAGSATZ für lohngebundene Kosten	direkte Lohnneben- kosten 1	umgelegte Lohnneben- kosten 2	auf Lohn 3	auf Gehalt 4	auf Stoffe (Sonstiges) 5	auf Gerät 6	auf Fremd- leistung 7	
A	Lohnnebenkosten	26,90	88,77			XXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX
B	Kommunalabgabe			3,00		XXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX
C	Haftpflichtversicherung			2,70				
D	Kleingerät und Kleingerüst			5,00				
E	Nebenstoffe			1,00				
F	Lohnverrechnung			1,00		XXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXXXX
G	Sonstige allgemeine Nebenkosten			1,00				
H							
I	Summe B bis H			13,70				
Umgelegte Lohnnebenkosten:								
MAF, FZF, MLF in Abhängigkeit vom Arbeitszeitmodell								
MAF = Normalarbeitszeit/Ges.Stunden Pro Woche				MAF =	1,00			
FZF = Normalarbeitszeit/Kollektivvertragliche Arbeitszeit				FZF =	1,04			
MLF = KV-Mittellohn+Umlage unprod. Personal / Mittellohn (K3 Zelle C / H)				MLF =	0,93			
KVAZ = Kollektivvertragliche Arbeitszeit (39 Std./Wo) NAZ = Betriebliche Normalarbeitszeit (H2A Neu Zelle A1) GES = Gesamtstunden / Wo (H2A NEU E1)								
Hochmaierformel								
Σ (USK 1 * MAF * FZF) =				Umgelegte Lohnnebenkosten:	90,03 %			
(USK 2 * MLF * FZF)								
(USK 3 * MAF * MLF)								
USK 1 =	18,64	%						
USK 2 =	18,40	%						
USK 3 =	57,10	%						
Direkte Lohnnebenkosten:								
Höchstbeitragsgrundlage		4 530,00	€	DLNK	FLAF			
				26,9	4,5			
(K3 ZelleH * H2A NEU Zelle A1 * 4,33) =		2 481,37	€					
abgeminderter Prozentsatz				wenn DLNK < 4.530 € dann keine Abminderung des % Satzes				
SVMOL > 4.530	ok	26,90	%	sonst Interpolation (ausg. FLAF)				

6.8 K4-Blatt Bewehrung

Materialpreise				institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung projektmanagement						TU Graz		Gesamtzuschlag:		Formblatt K4			
Verfasser		Alexander Leitnerbauer		Firma:						Währung		Datum		09.10.2015			
AngebotsNr.:										Preisbasis		Seite					
Lfd. Nr.	Materialbezeichnung	Einheit	Preis ab Lieferer	An-transport zum Bau	Materialkosten frei Bau			Ladearbeiten und Manipulation		Verlust	Materialkosten			Materialpreis			
					Betrag/EH	Betrag/EH	4+5	€/h	h/EH		Betrag/EH	%	Betrag/EH	Lohn	Sonst.	Gesamt	Lohn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Baustahlgitter CQS 60	to	-	-	802,40	35,50	0,50	17,75	5,00	L S	17,75	842,52	860,27	17,75	842,52	860,27	
2										L S							
3										L S							
4										L S							
5										L S							
6										L S							
7										L S							
8										L S							
9										L S							
10										L S							

6.9 K6-Blatt Deckenstütze

Lfd. Nr.	Anzahl	Nr. der Baugeräteleiste	Mittlerer Neuwert	Monatssatz		Verrechnungssfr	Gerätekosten		Summe		Gewicht		Bauartik.	Verfasser	Angebots Nr.	FORMBLATT K6	
				Einzel (e)	Insgesamt (i)		Abschreibung u. Verzinsung	Reparatur	Masch.-Leist.	Einz.	insgs.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Allfälliger Übertrag aus K 6A Seite 1																	
1	1	Deckenstütze Alu 480	U.1.00.4548	A&V	2,70	2,70	1,00	2,70				0,02	0,02				
				Rep	1,80	1,80		1,80									
2				A&V													
				Rep													
3				A&V													
				Rep													
4				A&V													
				Rep													
5				A&V													
				Rep													
6				A&V													
				Rep													
7				A&V													
				Rep													
8				A&V													
				Rep													
A Summen:					224,00			2,70	1,80				0,0				
B				118,70	%	GHPi-Index		3,20	2,14								
C Abschreibung und Verzinsung:				A ₉	3,20	x	60,00	%									
D Reparatur:				A ₉	2	x	60,00	% dav.	50,00	% Lohn	50,00	% Stoff					
E Gerätekosten C + D								3,20		0,64		0,64					
F Gesamtzuschlag					% auf Lohn		% auf Stoff		% auf Gerät	0,64		0,64				1,92	
G GERÄTEPREIS					Σ G14 + G 15 + G16			3,20									
H Mittelpreis je Monat:				G / Baudauer in Monaten:	1,00	Mo		3,20	0,64	€/mo	0,64	€/mo	1,92	€/mo			
I Mittelpreis je Monat:								Lohn	0,64	€/mo	Sonstiges	2,56	€/mo				



6.11 K6E-Blatt Turmdrehkran

BAUGERÄTE-BETRIEBSKOSTEN				institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement		TU Graz		Formblatt K6E		
Baustelle:		Paulasgasse		Datum:		09.10.2015		Seite		
Angebot Nr.:		Verfasser:		Alexander Leitenbauer		Preisbasis:		1		
A	ÖBGL-Nr.:	C.010.0224		Gerät:						
	Nutzl.: Ln =			Masse:				mittl. NW:		
B										
							A+V		Reparatur	
Stk	ÖBGL - Nr	Bezeichnung	kW	Masse	Mittl.NW.	%	€	%	€	
1	C.010.0224	Turmdrehkran (45kW) mit Laufkatzausleger (12,5 kW)	67,50	32.000	400 000,00	2,10	8 400,00	1,10	4 400,00	
C			Summe :	67,50	32 to	400 000,0	8 400,0	1,1	4400,00	
D			GHP - Index	118,70%		474 800,0	9 970,8		5 222,8	
E			Abminderung A+V und REP	60,00%	80,00%		5 982,5		4 178,2	
Aufteilung Reparatur nach Lohn / Stoff							60,00%	40,00%		
Kosteneinteilung je Einheit						LohnStd	Lohn S	Stoff S	Gerät S	
F		Beistellkosten je Monat					2 506,9	1 671,3	5 982,5	
G		Beistellkosten je Stunde		169,0	h/mon		14,83	9,89	35,40	
H		Bedienung			incl. Wartung	1,10				
I		Betriebsstoffe		0,2	€/h	0,40			5,40	
J		Sonstige Kosten, Verschleißteile							0,50	
K		Mittellohnkosten		38	€/Std					
L		Gerätekosten je Stunde		Summe: F bis J		0,40	41,80	14,83	15,79	35,40
M		Gerätekosten je Verrechnungseinheit		116,58	LN: m²/h		0,36	0,13	0,14	0,30
N		Werte aus K3 - Blatt					GZ Lohn	GZ Stoff	GZ Gerät	
O		Gerätepreis je Stunde				41,80	14,83	15,79	35,40	
P		Preis (Lohn + Sonstiges) je Stunde				56,63		51,19		
Q		Preis pro Stunde				107,82				
R		Preis pro Einheit				0,92				

Anhang 2 – Aufwandswerte

Im Anhang werden die detaillierten Ergebnisse der Aufwandswerteermittlung angeführt. Die ermittelten Aufwandswerte der jeweiligen Tätigkeiten bzw. Leistungen, welche in der Tabelle als AW_i beschrieben sind, werden für jedes Geschoss und für beide HBV-Systeme, jenes als Ortbeton- und jenes als Fertigteilvariante ausgegeben.

Die AW_i -Positionen³⁴⁴, welche die Positionen für die ermittelten Aufwandswerte beschreiben, setzen sich aus folgenden Tätigkeiten zusammen:

Aufwandswerte für die Montage der BSP-Deckenelemente

AW_i – Verlegen der Deckenelemente

- Deckenelement anhängen
- Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren
- Deckenelement einheben
- Ausrichten/Justieren

AW_i – Verschrauben der Deckenelemente

- Erstverschraubung Decke auf Wand
- Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)
- Endverschraubung Deckenelemente
- Montage Metalllaschen (Ausnageln)

AW_i – Stoßfuge

- abkleben der Fugen
- Zuschnitt / Vermessung Falzbrett
- Falzbrett einlegen und vernageln

AW_i – Rand- und Nacharbeiten

- Hebelaschen ausschäumen
- Herstellen Schalentkoppelung zur Betonwand
- luftdichte Abklebung bei Betonwand
- luftdichte Verklebung Decke an Außenwand
- Demontage Absturzsicherung Decke ü. EG

³⁴⁴ AW_i -Positionen stehen hier sowohl für AW_{Brutto} als auch AW_{Netto}

Zusätzliche Aufwandswerte für die Herstellung der Rohdecke in Ortbeton

AW_i – Bewehrungsarbeiten

- Luftdichtes Abkleben der Ränder
- Herrichten und Verlegen der Stahlmattenbewehrung

AW_i – Betonierarbeiten

- Vorbereiten / Unterstellen
- Einbringen des Betons
- Verdichten
- Nachbehandeln

Aufwandswerte für die Montage der HBV-Fertigteildeckenelemente

AW_i – Verlegen der Deckenelemente

- Deckenelement anhängen
- Dämmstreifen herstellen / zuschneiden / fixieren
- Deckenelement einheben
- Ausrichten/Justieren

AW_i – Verschrauben der Deckenelemente

- Erstverschraubung Decke auf Wand
- Einrichten Feinjustierung (Schaleisen, Kettenzug)
- Endverschraubung Deckenelemente
- Montage Metalllaschen (Ausnageln)

AW_i – Rand- und Nacharbeiten

- Hebelaschen ausschäumen
- Herstellen Schalentkoppelung zur Betonwand
- luftdichte Abklebung bei Betonwand
- luftdichte Verklebung Decke an Außenwand
- Demontage Absturzsicherung Decke ü. EG

Zusätzliche Aufwandswerte für die Herstellung der Rohdecke als Fertigteil

AW_i – Estricharbeiten

- Einbringen der Kiesschüttung zwischen den Stoßfugen

Gesamtaufwandswerte

AW_i – Gesamtaufwandswert für die Montage der BSP-Decke

AW_i – Gesamtaufwandswert für die Montage der HBV-Decke

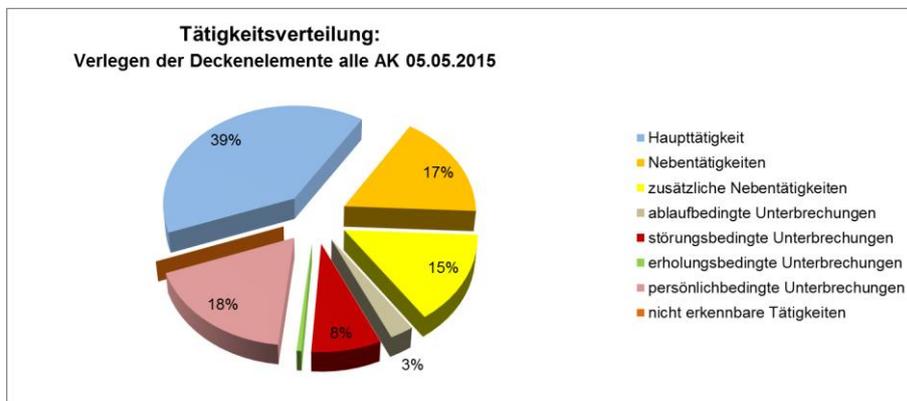
**AW_i – Gesamtaufwandswert für die Herstellung der HBV-Decke in
Ortbeton**

**AW_i – Gesamtaufwandswert für die Herstellung der HBV-Decke als
Fertigteil**

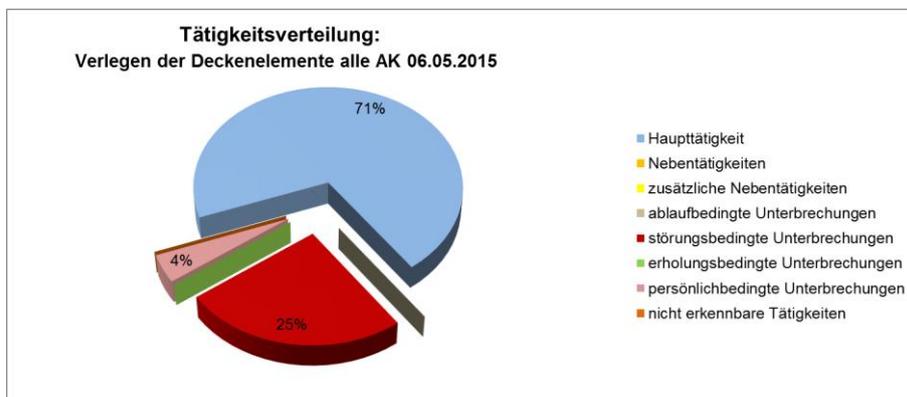
6.11.1 Ortbetonvariante

Für die einzeln angeführten Positionen, im Erdgeschoss und im 1. Obergeschoss, ist eine Analyse nach Tätigkeiten, Unterbrechungen und nicht erkennbaren Tätigkeiten für die Variante in Ortbeton angeführt.

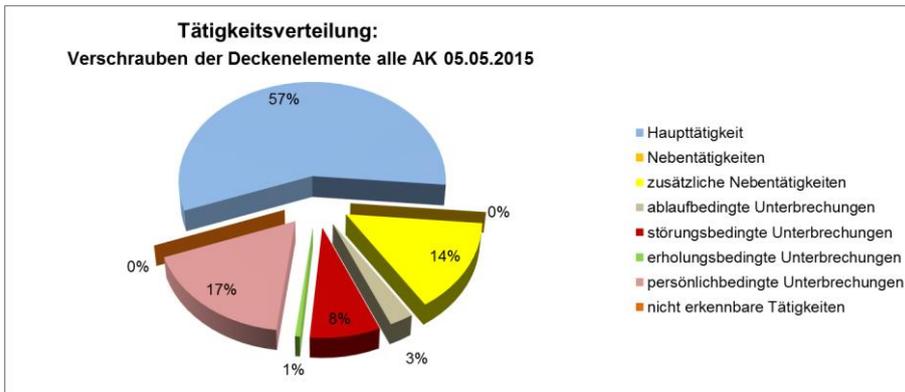
Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit: Verlegen der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Haupttätigkeit	270	4,50	39%	218,30	AW netto	0,02
Nebentätigkeiten +	115	1,92	17%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	100	1,67	15%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	18,75	0,31	3%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	8%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	3,75	0,06	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	121,25	2,02	18%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	413,75	6,90	61%	218,30	AW zusätzl.	0,03
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	683,75	11,40			AW brutto	0,05



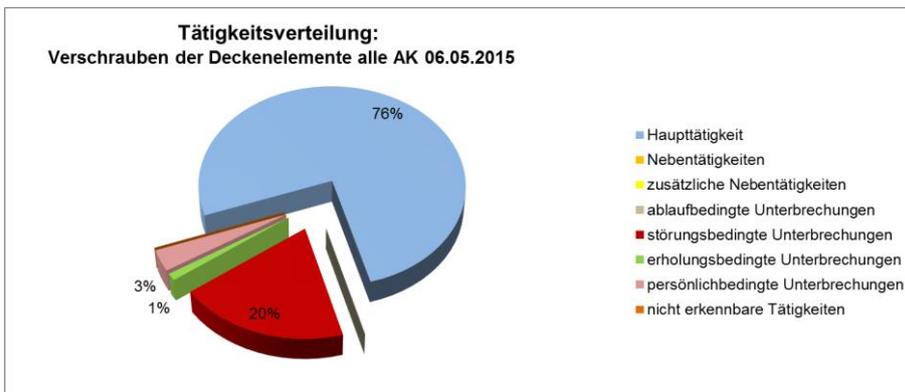
Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit: Verlegen der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Haupttätigkeit	245	4,08	71%	218,30	AW netto	0,02
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	87,5	1,46	25%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	4%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	102,5	1,71	29%	218,30	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	347,5	5,79			AW brutto	0,03



Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit: Verschrauben der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	395	6,58	57%	178,86	AW netto	0,04
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	100	1,67	14%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	18,75	0,31	3%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	8%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	3,75	0,06	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	121,25	2,02	17%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	298,75	4,98	43%	178,86	AW zusätzl.	0,03
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 05.05.2015	693,75	11,56			AW brutto	0,06



Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit: Verschrauben der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	345	5,75	76%	178,86	AW netto	0,03
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	87,5	1,46	19%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	5	0,08	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	3%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	107,5	1,79	24%	178,86	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 06.05.2015	452,5	7,54			AW brutto	0,04



Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit:	Nacharbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		1680	28,00	100%	178,86	AW brutto	0,16

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit:	Nacharbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		1680	28,00	100%	178,86	AW brutto	0,16

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit:	Stoßfuge alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		600	10,00	100%	178,86	AW brutto	0,06

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit:	Stoßfuge alle Aks	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		600	10,00	100%	178,86	AW brutto	0,06

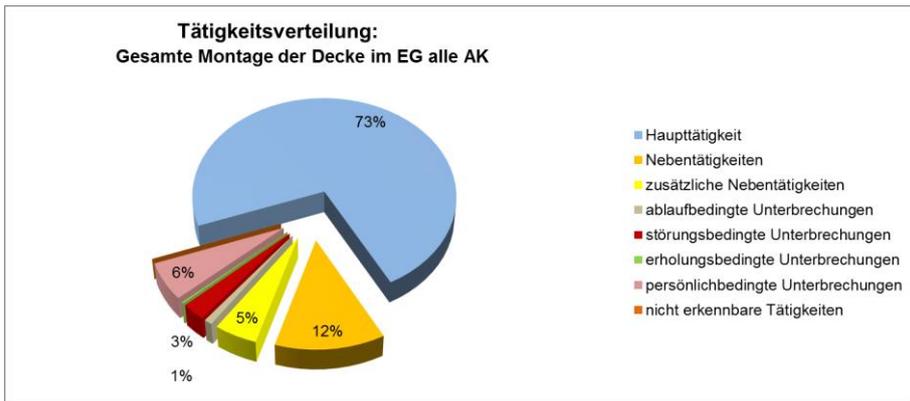
Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit:	Bewehrungsarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [t]	AW	AW [Std/t]
Tätigkeit		1377,6	22,96	100%	1,15	AW brutto	19,91

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit:	Bewehrungsarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [t]	AW	AW [Std/t]
Tätigkeit		1377,6	22,96	100%	1,15	AW brutto	19,91

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit:	Betonierarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ³]	AW	AW [Std/m ³]
Tätigkeit		575	9,58	100%	19,21	AW brutto	0,50

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit:	Betonierarbeiten alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ³]	AW	AW [Std/m ³]
Tätigkeit		575	9,58	100%	19,21	AW brutto	0,50

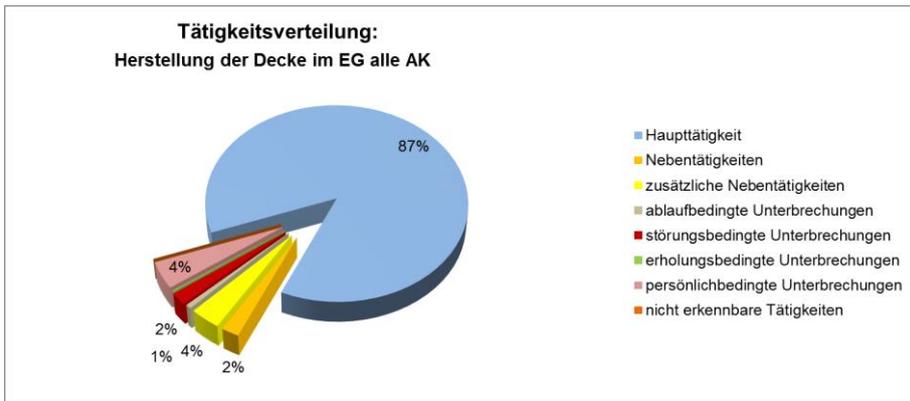
Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2945	49,08	73%	218,30	AW netto	0,22
Nebentätigkeiten +	510	8,50	13%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	200	3,33	5%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	37,5	0,63	1%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	110	1,83	3%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	0%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	242,5	4,04	6%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	1107,5	18,46	27%	218,30	AW zusätzl.	0,08
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	4052,5	67,54			AW brutto	0,31



Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2870	47,83	93%	218,30	AW netto	0,22
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	175	2,92	6%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	5	0,08	0%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	210	3,50	7%	218,30	AW zusätzl.	0,02
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	3080	51,33			AW brutto	0,24



Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit:	Herstellung der Decke im EG alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	4897,6	81,63	87%	218,30	AW netto	0,37
	Nebentätigkeiten +	115	1,92	2%			
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	200	3,33	4%			
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	37,5	0,63	1%			
	störungsbedingte Unterbrechungen +	110	1,83	2%			
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	0%			
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	242,5	4,04	4%			
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
	Σ [min]	712,5	11,88	13%	218,30	AW zusätzl.	0,05
	Σ [min] Herstellung der Decke im EG alle AK	5610,1	93,50			AW brutto	0,43

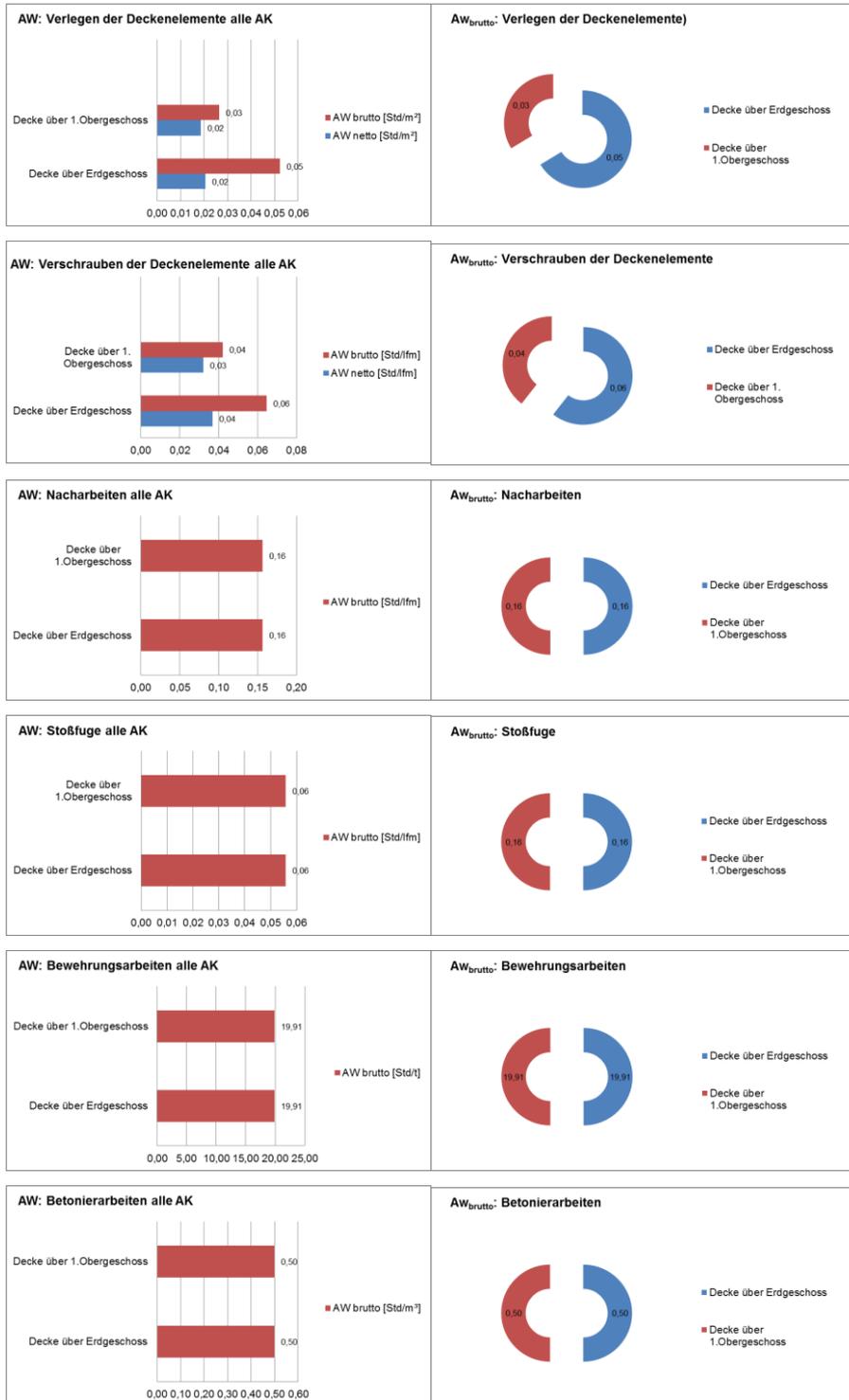


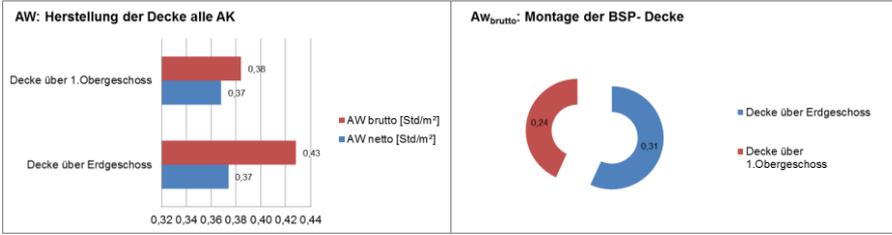
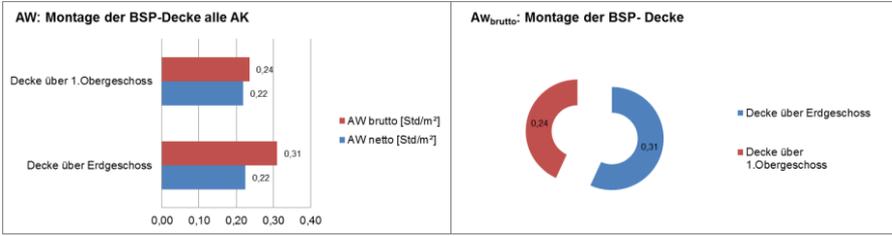
Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit:	Herstellung der Decke im 1.OG alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	4822,6	80,38	96%	218,30	AW netto	0,37
	Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
	störungsbedingte Unterbrechungen +	175	2,92	3%			
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	5	0,08	0%			
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%			
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
	Σ [min]	210	3,50	4%	218,30	AW zusätzl.	0,02
	Σ [min] Herstellung der Decke im 1.OG alle AK	5032,6	83,88			AW brutto	0,38



6.11.2 Grafische Darstellung der ermittelten Aufwandswerte

Die folgenden Grafiken zeigen zusammenfassend die ermittelten Aufwandswerte für die Variante in Ortbeton im Zuge der Baustellenanalyse

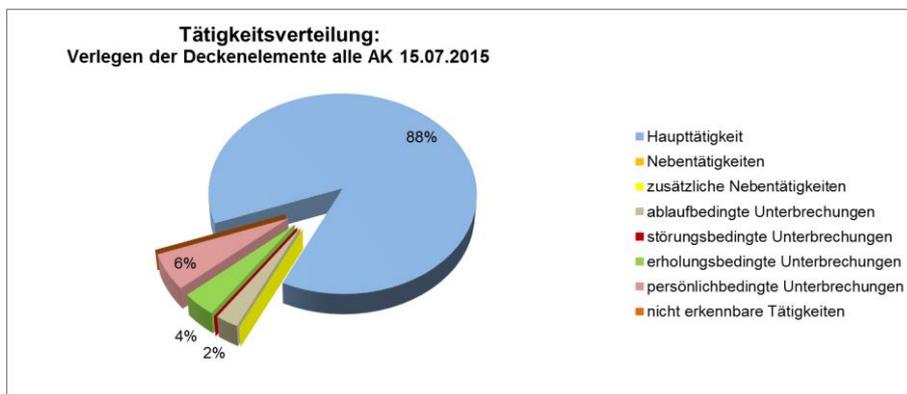




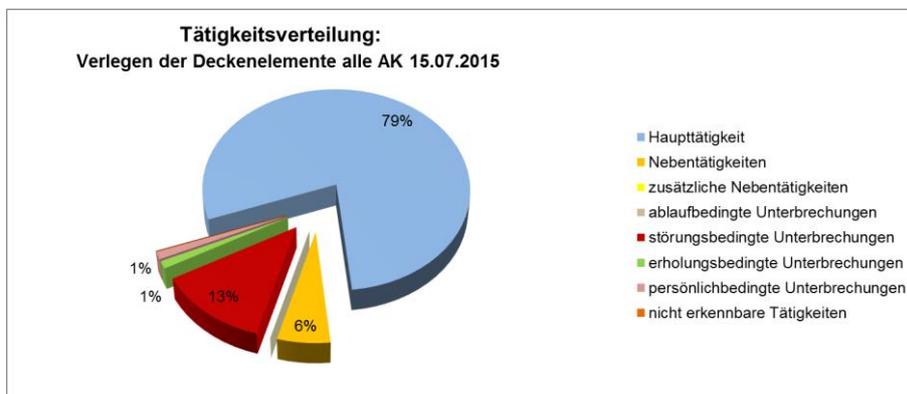
6.11.3 Fertigteilvariante

Für die einzeln angeführten Positionen, im Erdgeschoss und im 1.Obergeschoss, ist eine Analyse nach Tätigkeiten, Unterbrechungen und nicht erkennbaren Tätigkeiten für die Variante als Fertigteil angeführt.

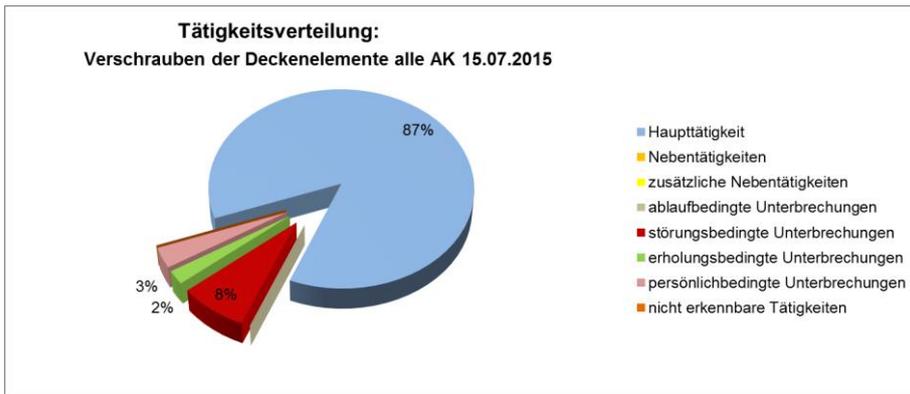
Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Verlegen der Deckenelemente alle AK 15.07.2015						
Haupttätigkeit	340	5,67	88%	164,10	AW netto	0,03
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	3%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	4%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	22,5	0,38	6%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	47,5	0,79	12%	164,10	AW zusätzl.	0,00
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK 15.07.2015	387,5	6,46			AW brutto	0,04



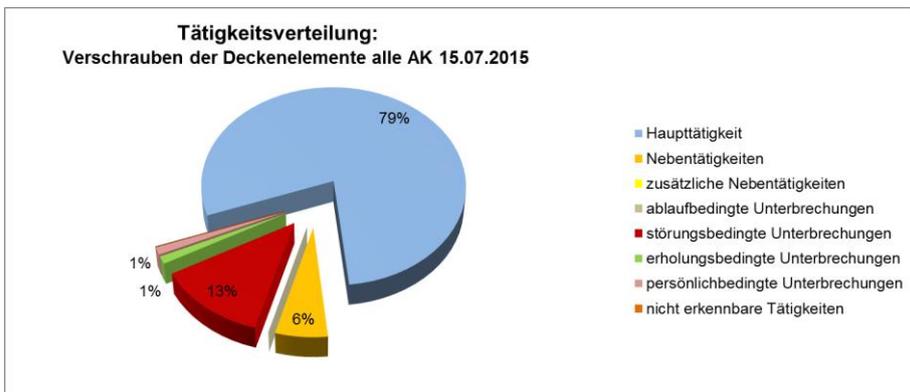
Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Verlegen der Deckenelemente alle AK17.07.2015						
Haupttätigkeit	495	8,25	79%	218,50	AW netto	0,04
Nebentätigkeiten +	37,5	0,63	6%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	80	1,33	13%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	132,5	2,21	21%	218,50	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verlegen der Deckenelemente alle AK17.07.2015	627,5	10,46			AW brutto	0,05



Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit: Verschrauben der Deckenelemente alle AK 15.07.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	605	10,08	87%	160,55	AW netto	0,06
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	8%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	2%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	22,5	0,38	3%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	92,5	1,54	13%	160,55	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 15.07.2015	697,5	11,63			AW brutto	0,07



Beurteilung nach REFA						
Decke über 1. Obergeschoss						
Tätigkeit: Verschrauben der Deckenelemente alle AK 17.07.2015	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Haupttätigkeit	495	8,25	79%	178,86	AW netto	0,05
Nebentätigkeiten +	37,5	0,63	6%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	80	1,33	13%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	7,5	0,13	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	132,5	2,21	21%	178,86	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Verschrauben der Deckenelemente alle AK 17.07.2015	627,5	10,46			AW brutto	0,06



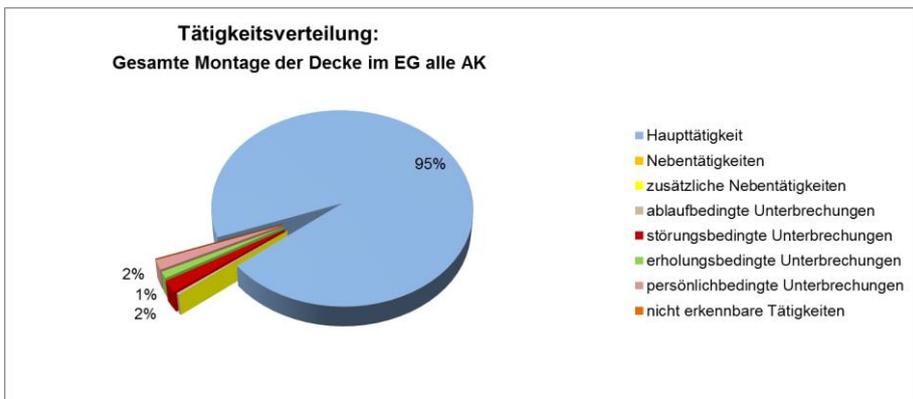
Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Nacharbeiten alle AK		Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		1680	28,00	100%	160,55	AW brutto	0,17

Beurteilung nach REFA							
Decke über 1.Obergeschoss							
Tätigkeit: Nacharbeiten alle AK		Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [lfm]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		1680	28,00	100%	178,86	AW brutto	0,16

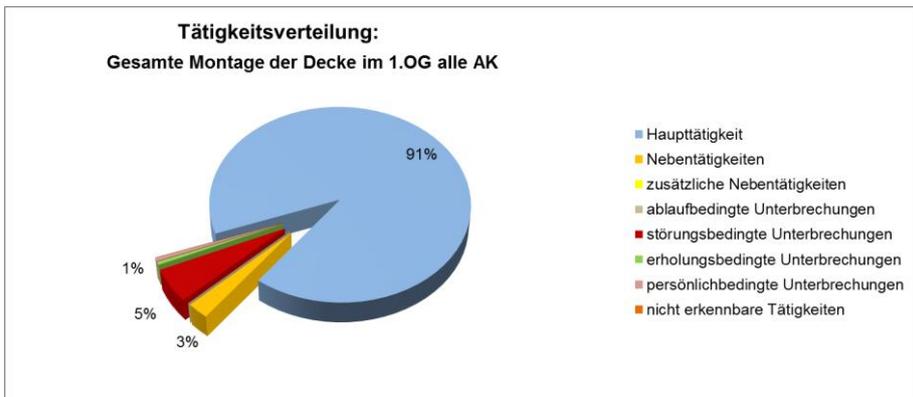
Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Arbeiten Estrichleger (Kiesschüttung)		Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		240	4,00	100%	218,50	AW brutto	0,02

Beurteilung nach REFA							
Decke über Erdgeschoss							
Tätigkeit: Arbeiten Estrichleger (Kiesschüttung)		Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/lfm]
Tätigkeit		240	4,00	100%	218,50	AW brutto	0,02

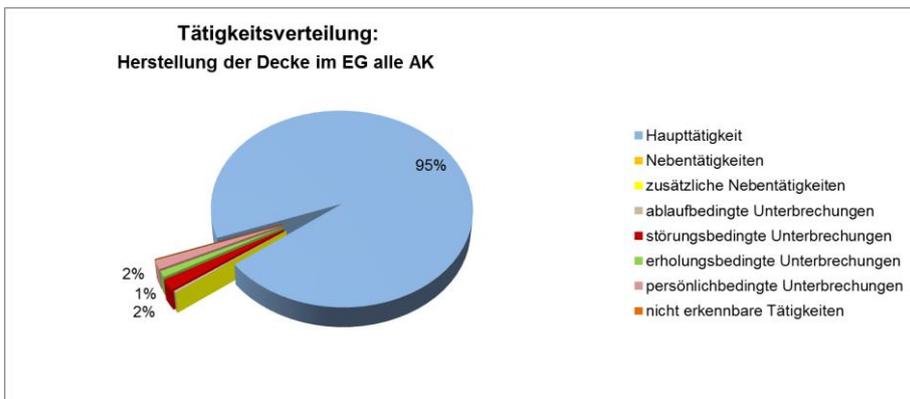
Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2625	43,75	95%	164,10	AW netto	0,27
Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	2%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	45	0,75	2%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	140	2,33	5%	164,10	AW zusätzl.	0,01
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	2765	46,08			AW brutto	0,28



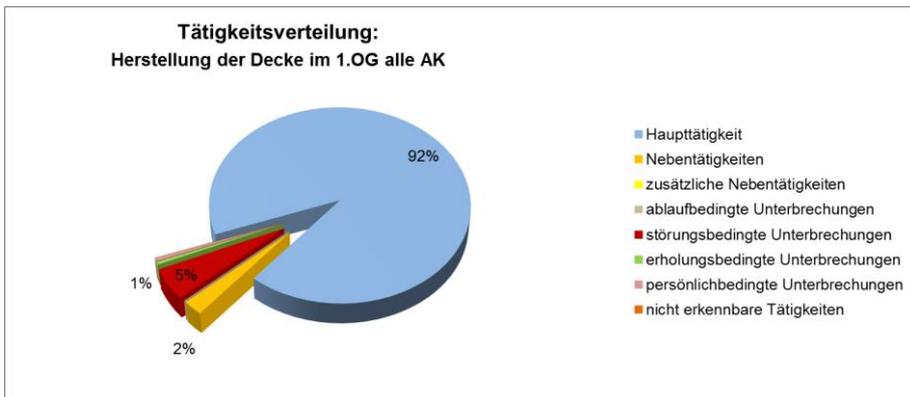
Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW	AW [Std/m ²]
Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK						
Haupttätigkeit	2670	44,50	91%	218,30	AW netto	0,20
Nebentätigkeiten +	75	1,25	3%			
zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%			
ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%			
störungsbedingte Unterbrechungen +	160	2,67	5%			
erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	1%			
persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	1%			
nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%			
Σ [min]	265	4,42	9%	218,30	AW zusätzl.	0,02
Σ [min] Gesamte Montage der Deckenelemente alle AK	2935	48,92			AW brutto	0,22



Beurteilung nach REFA						
Decke über Erdgeschoss						
Tätigkeit:	Herstellung der Decke im EG alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	2865	47,75	95%	164,10	AW netto 0,29
	Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	10	0,17	0%		
	störungsbedingte Unterbrechungen +	55	0,92	2%		
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	30	0,50	1%		
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	45	0,75	1%		
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%		
	Σ [min]	140	2,33	5%	164,10	AW zusätzl. 0,01
	Σ [min] Herstellung der Decke im EG alle AK	3005	50,08			AW brutto 0,31

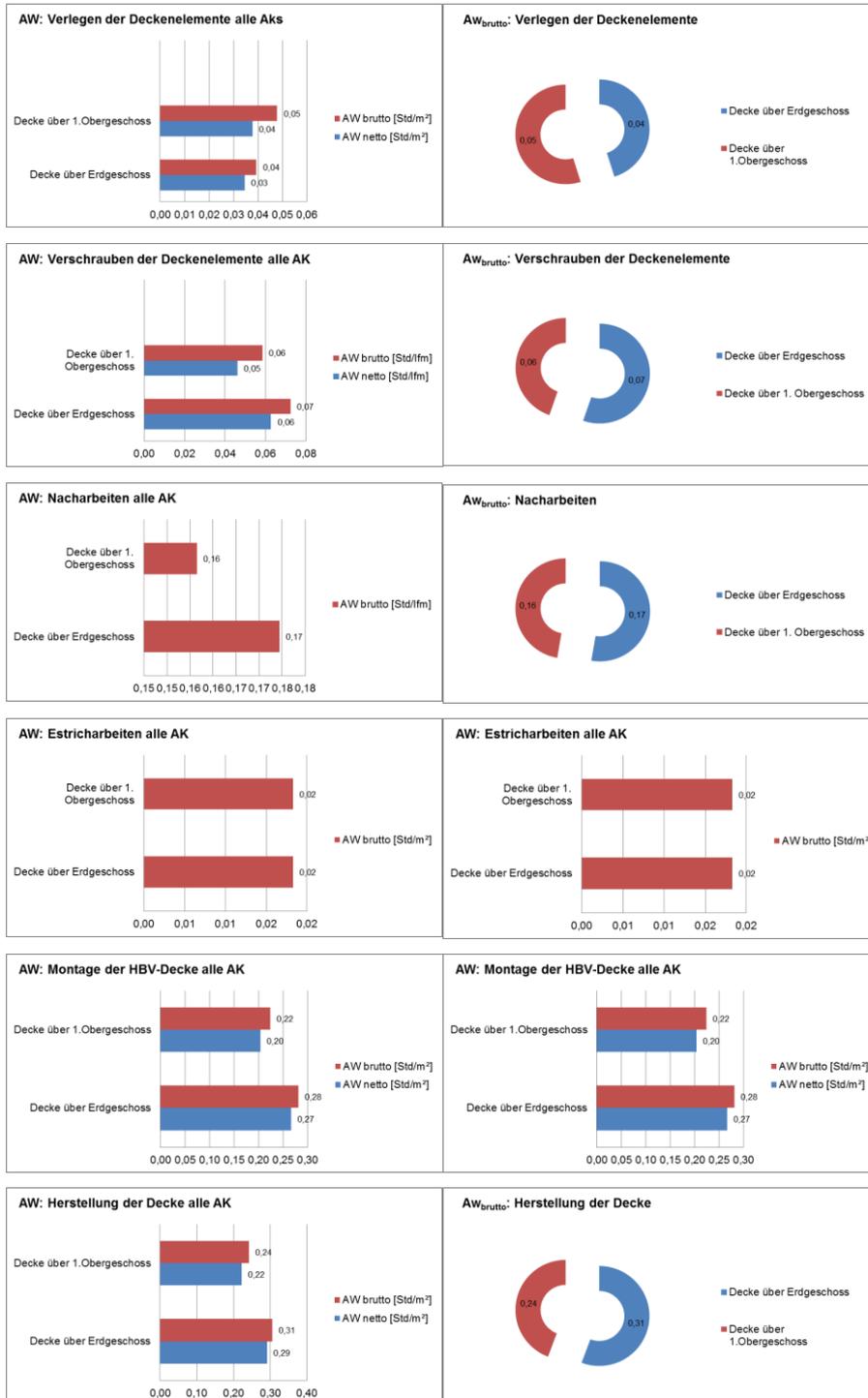


Beurteilung nach REFA						
Decke über 1.Obergeschoss						
Tätigkeit:	Herstellung der Decke im 1.OG alle AK	Σ [min]	Σ [Std]	Verteilung [%]	BE [m ²]	AW [Std/m ²]
	Haupttätigkeit	2910	48,50	92%	218,30	AW netto 0,22
	Nebentätigkeiten +	75	1,25	2%		
	zusätzliche Nebentätigkeiten +	0	0,00	0%		
	ablaufbedingte Unterbrechungen +	0	0,00	0%		
	störungsbedingte Unterbrechungen +	160	2,67	5%		
	erholungsbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	0%		
	persönlichbedingte Unterbrechungen +	15	0,25	0%		
	nicht erkennbare Tätigkeiten =	0	0,00	0%		
	Σ [min]	265	4,42	8%	218,30	AW zusätzl. 0,02
	Σ [min] Herstellung der Decke im 1.OG alle AK	3175	52,92			AW brutto 0,24



6.11.4 Grafische Darstellung der ermittelten Aufwandswerte

Die folgenden Grafiken zeigen zusammenfassend die ermittelten Aufwandswerte für die Variante als Fertigteil im Zuge der Baustellenanalyse



6.11.5 Tabellarische Übersicht aller Aufwandswerte

Aufwandswerte im Überblick		AW _{Netto} Tatsächlich alle AK	BE	AW _{Brutto} Tatsächlich alle AK	BE	AW _{Brutto} Interpretiert alle AK	BE	
Ortbetonvariante	Montage der Deckenelemente	Verlegen der Deckenelemente EG	Std/m ²	0,02	Std/m ²	0,03	Std/m ²	
		Verlegen der Deckenelemente 1.OG	Std/m ²	0,02	Std/m ²	0,03	Std/m ²	
		Verschrauben der Deckenelemente EG	Std/lfm	0,04	Std/lfm	0,06	Std/lfm	
		Verschrauben der Deckenelemente 1.OG	Std/lfm	0,03	Std/lfm	0,04	Std/lfm	
		Arbeiten an der Stoßfuge EG	Std/lfm	0,06	Std/lfm	0,06	keine Interpretation	
		Arbeiten an der Stoßfuge 1.OG	Std/lfm	0,06	Std/lfm	0,06	keine Interpretation	
		Rand- und Nacharbeiten EG	Std/lfm	0,16	Std/lfm	0,16	Std/lfm	
		Rand- und Nacharbeiten 1.OG	Std/lfm	0,16	Std/lfm	0,16	Std/lfm	
		Gesamtaufwandswert Montage EG	Std/m ²	0,22	Std/m ²	0,31	Std/m ²	0,24
		Gesamtaufwandswert Montage 1.OG	Std/m ²	0,22	Std/m ²	0,24	Std/m ²	0,19
Geweik: Bewehrung	Bewehrungsarbeiten EG	Std/lo	19,91	Std/lo	19,91	keine Interpretation		
	Bewehrungsarbeiten 1.OG	Std/lo	19,91	Std/lo	19,91	keine Interpretation		
Geweik: Beton	Betonierarbeiten EG	Std/m ³	0,5	Std/m ³	0,5	keine Interpretation		
	Betonierarbeiten 1.OG	Std/m ³	0,5	Std/m ³	0,5	keine Interpretation		
Gesamtaufwandswert Herstellung Decke	Gesamtaufwandswert Herstellung Decke EG	Std/m ²	0,37	Std/m ²	0,43	Std/m ²		
	Gesamtaufwandswert Herstellung Decke 1.OG	Std/m ²	0,37	Std/m ²	0,38	Std/m ²		
Fertigteilvariante	Montage der Deckenelemente	Verlegen der Deckenelemente EG	Std/m ²	0,03	Std/m ²	0,04	Std/m ²	
		Verlegen der Deckenelemente 1.OG	Std/m ²	0,04	Std/m ²	0,05	Std/m ²	
		Verschrauben der Deckenelemente EG	Std/lfm	0,06	Std/lfm	0,07	Std/lfm	
		Verschrauben der Deckenelemente 1.OG	Std/lfm	0,05	Std/lfm	0,06	Std/lfm	
		Rand- und Nacharbeiten EG	Std/lfm	0,17	Std/lfm	0,17	Std/lfm	
		Rand- und Nacharbeiten 1.OG	Std/lfm	0,16	Std/lfm	0,16	Std/lfm	
		Gesamtaufwandswert Montage EG	Std/m ²	0,27	Std/m ²	0,28	Std/m ²	
		Gesamtaufwandswert Montage 1.OG	Std/m ²	0,2	Std/m ²	0,21	Std/m ²	
		Kiesschüttung EG	Std/m ²	0,02	Std/m ²	0,02	keine Interpretation	
		Kiesschüttung 1.OG	Std/m ²	0,02	Std/m ²	0,02	keine Interpretation	
Gesamtaufwandswert Herstellung Decke	Gesamtaufwandswert Herstellung Decke EG	Std/m ²	0,29	Std/m ²	0,3	Std/m ²		
	Gesamtaufwandswert Herstellung Decke 1.OG	Std/m ²	0,22	Std/m ²	0,23	Std/m ²		