



## DIPLOMARBEIT

# **Vergleich von mineralischen Massiv- mit Holz- und Holzmischbauweisen bei Planung und Realisierung von großvolumigen Bauten**

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen  
Grades eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung von**

**Em.o.Univ.Prof.Dipl.-Ing. Wolfgang Winter**

e259/2 Fachgebiet für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau  
Institut für Architekturwissenschaften

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Ing. Mario David Mittendorfer, BSc**

Matr.Nr.: 0507610

Mairwiesweg 13

4814 Neukirchen bei Altmünster

Neukirchen, am 22.02.2018

## Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Arbeit kann als Gegenüberstellung der traditionellen, mineralischen Bauweise mit dem Holzbau, insbesondere dem mehrgeschossigen Bau gesehen werden. Dabei wird herausgearbeitet, unter welchen Voraussetzungen der Holzbau in seinen Ausprägungen als Massiv- oder Leichtbau mit dem traditionellen Bau konkurrieren kann, ohne die zwar wünschenswerten Aspekte Ökologie und Nachhaltigkeit in den Vordergrund zu stellen. Die Antwort ist in der Anwendung moderner Methoden des Managements bzw. angepasster Formen der Organisation zu finden. Der Hauptteil dieser Arbeit liegt im analytischen Bereich mit einer qualitativen Inhaltsanalyse durch Experteninterviews und deren Auswertung.

Einleitend werden wesentliche Eigenschaften des Baustoffes Holz, sein chemischer und makroskopischer Aufbau, die Festigkeit und der Brandwiderstand, seine Eigenschaften als Werkstoff und letztendlich die Ökologie des nachwachsenden Baustoffes behandelt. Es folgen die Darstellungen von Holz als fundamentaler Baustoff menschlicher Baukultur, der vorgeschichtlichen Bauweisen als Flecht- und Pfahlbauten, der Palisadenbauten oder der Ausführungen in Pfostenbauweise als grundlegende Annäherung an das Thema. Weiterleitend geht es um die Grundtypen traditioneller und aktueller Bauweisen: dem Blockbau, dem Fachwerk- bzw. Riegelbau, dem Ständer- bzw. Rippenbau bis hin zum Skelett- und Rahmenbau. Nicht zuletzt wird der Massivholzbau als Holzbau der Neuzeit bei mehrgeschossigen Gebäuden dargestellt.

Wie einleitend erwähnt, wird die Projektorganisation allgemein und im Holzbau als zentrale Maßnahme zur Konkurrenzfähigkeit von Holzbauten thematisiert, bevor es um die Grundlagen der empirischen Erhebung und Analyse geht. Schwerpunkte an dieser Stelle bilden das Interview, die Auswahl der Interviewpartner, das Ziel der empirischen Forschung und letztendlich das Experteninterview angewandt und ausgeführt als Erhebungsmethode dieser Arbeit. Die zusammenfassende Inhaltsanalyse folgt der Methode von Philipp Mayring.

Die Ergebnisse der Analyse sind in den Abschnitten: Projektphasen, Prozesse und Vergabereformen zusammengefasst. Sie finden sich im Lean Management, angewandt auf das Bauwesen wieder und führen letztendlich zur Lean Construction sowie zur Baustelle 4.0.

### **Schlüsselwörter:**

Mehrgeschossiger Holzbau, Massivholzbau, Schnittstellen, Ablauforganisation, Systemanalyse, Lean Construction Management, Building Information Modeling (BIM)

## Abstract

This thesis can be seen as a comparison of the traditional, mineral constructing of multi storey buildings with the new multi storey timber constructions. It will be elaborated under which conditions the timber constructions (in its manifestations as solid or lightweight construction) can compete with the conventional built buildings, without emphasizing the aspects of ecology and sustainability. The answer can be found in the application of modern methods of management or adapted forms of organization. The main part of this work lies in the analytical area with a qualitative content analysis through expert interviews and their evaluation.

The thesis starts with essential characteristics of the building material wood, its chemical and macroscopic structure, its strength and fire resistance, its characteristics as a building material and the ecology of wood itself. Subsequent are the depictions of wood as a fundamental building material of human building culture, the prehistoric construction and ongoing the basic types of traditional and current constructions as a basic approach to the subject – building with wood. Last but not least, the solid wood construction is presented as a timber construction of modern times in multi-storey buildings.

As mentioned in the introduction, the project organization in general and specially in timber construction is discussed as a central measure for the competitiveness of timber structures, before the fundamentals of empirical inquiry and analysis are treated. The focus here is on the interview itself, the selection of the interviewees, the goal of the empirical research and finally the expert interview which got applied and carried as method of this work. The analysis to it follows the methods of Philipp Mayring.

The results of the analysis are summarized in the sections: Project Phases, Processes and Types of Contracting. They can be found in lean management, applied to the construction industry and ultimately lead to lean construction and construction site 4.0.

### **Keywords:**

multi storey timber construction, solid wood construction, process interfaces, process organization, system analysis, lean construction management, building information modeling (BIM)

## Danksagung

Eine Diplomarbeit ist das wissenschaftliche Erstlingswerk eines jeden Akademikers und diese Phase ist gekennzeichnet durch unzählige Eindrücke, tiefgründigem Beschäftigen mit ausgewählten Themen und manchmal auch durch schlaflose Nächte. Diese spannende Zeit meines Studiums liegt nun hinter mir und ich möchte mich an dieser Stelle bei allen bedanken die mich dabei begleitet haben.

Großer Danke gilt dabei meinem Betreuer Em.o.Univ.Prof.Dipl.-Ing. Wolfgang Winter für sein stätiges Einbringen an neuen Anregungen durch gezielte Fragen und seiner großen Geduld mich bei meinem Vorhaben bis zum Schluss zu unterstützen.

Aufrichtiger Dank geht weiters an Mag.Dr. Alfred Grausgruber und Dipl.-Ing.(FH) Jens Koch für die fachliche Unterstützung und die motivierenden Gespräche.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen Interviewpartnern. Ihre Bereitschaft mir ihre Zeit und Erfahrungen zur Verfügung zu stellen, hat meine Diplomarbeit überhaupt erst möglich gemacht.

Meinem Freundeskreis möchte ich herzlichst dafür danken, dass er stets offene Ohren für mich hatte, mir mentale Stärke gab und mich in anstrengenden Phasen dazu brachten meinen Weitblick zu behalten und einfach ablenkten.

Tiefst verbundener Dank gilt meiner Familie, die mich Zeit meines Studiums tatkräftig unterstützt hat, immer bedingungslos an meiner Seite stand und auf die ich selbst in schwersten Zeiten zählen konnte.

Widmen möchte ich meine Diplomarbeit meiner Tochter Julia Marie, die mir durch ihre Geburt und ihr Heranwachsen, neben der Gedankenwelt des wissenschaftlichen Arbeitens, das Wunder der Natur vor Augen hielt und mich daran teilhaben ließ.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzzusammenfassung .....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>4</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>8</b>
<b>Bildquellenverzeichnis .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>10</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>12</b>
<b>2 Holz im Bau.....</b>	<b>13</b>
2.1 Der Baustoff Holz .....	13
2.1.1 Eigenschaften.....	13
2.1.2 Chemischer Aufbau .....	16
2.1.3 Makroskopischer Aufbau .....	17
2.1.4 Festigkeit von Holz .....	18
2.1.5 Brandwiderstand von Holz .....	19
2.1.6 Holzwerkstoffe.....	20
2.1.7 Ökologie.....	24
2.2 Geschichtliche Entwicklung .....	27
2.3 Vorgeschichtliche Bauweisen .....	31
2.3.1 Flecht- und Pfahlbauten .....	31
2.3.2 Palisadenbau.....	31
2.3.3 Pfostenbauweise .....	31
2.4 Traditionelle und heutige Bauweisen.....	32
2.4.1 Blockbau.....	33
2.4.2 Fachwerkbau/Riegelbau .....	33
2.4.3 Ständerbau/Rippenbau .....	34
2.4.4 Skelettbau .....	34
2.4.5 Rahmenbau.....	35
2.4.6 Massivholzbau.....	35
2.5 Holzbaukultur der Neuzeit .....	37
2.5.1 Entwicklung von großformatigen Platten .....	38
<b>3 Bauen in Wien.....</b>	<b>40</b>
3.1 Qualitätssicherung des Wiener Wohnbaus.....	40

3.2	Verfahren des Bauträgerwettbewerbes.....	41
3.3	Beurteilung und Bewertung .....	41
3.4	Sicherstellung.....	42
<b>4</b>	<b>Projektorganisation.....</b>	<b>43</b>
4.1	Projektorganisation im Bauwesen.....	43
4.2	Die Projektorganisation im Holzbau .....	43
<b>5</b>	<b>Methode der empirischen Analyse .....</b>	<b>45</b>
5.1	Aufbau der Analyse .....	46
5.2	Interviewte Personen .....	47
5.3	Empirie Allgemein .....	48
5.4	Ziele empirischer Forschung .....	48
5.5	Das Interview in der Sozialforschung .....	49
5.5.1	Interviewtypen .....	49
5.6	Experteninterview als Erhebungsmethode .....	50
5.7	Auswertung – qualitative Inhaltsanalyse .....	51
5.7.1	Aufbereitung des Materials .....	52
5.7.2	Zusammenfassende Inhaltsanalyse nach Philipp Mayring .....	53
<b>6</b>	<b>Ergebnisse der Analyse .....</b>	<b>56</b>
6.1	Projektphasen .....	56
6.1.1	Ausschreibung .....	56
6.1.2	Bauteilproduktion und industrielle Fertigung.....	57
6.1.3	Durchführung .....	58
6.1.4	Planung und Entwicklung .....	59
6.2	Prozesse .....	62
6.2.1	Arbeitsteilung .....	62
6.2.2	Gewohnheiten und Tradition.....	62
6.2.3	Koordination und Kommunikation.....	63
6.2.4	Logistik (Materialfluss / -lager).....	64
6.2.5	Projektmanagement und Abläufe.....	64
6.2.6	Zeitmanagement .....	65
6.3	Vergabeform .....	66
6.3.1	ARGE.....	67
6.3.2	Einzelgewerke .....	67
6.3.3	GU68	
6.3.4	Teil-GU.....	69
6.4	Arbeitskonditionen.....	70
6.5	Ausführungsmethoden .....	71
6.6	Brandschutz.....	72

---

6.7	Einsatzgebiete/-möglichkeiten .....	73
6.8	Gesetze, Verordnungen und Behörden.....	74
6.9	Kosten und Ökonomie.....	75
6.10	Marktsituierung.....	79
6.11	Optimierung und Anregungen.....	81
6.12	Qualität und Wertung .....	83
6.13	Schnitt-/Problemstellen und Verantwortlichkeiten .....	84
6.14	Wettbewerb .....	85
6.15	Wissen und Erfahrung .....	85
<b>7</b>	<b>Lean Management .....</b>	<b>87</b>
7.1	Definition .....	87
7.2	Lean Management im Bauwesen.....	89
7.2.1	Baustelle 4.0 .....	90
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>94</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>98</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>101</b>
10.1	Leitfaden zum Experteninterview .....	101

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Formveränderung von Holz .....	15
Abbildung 2: Aufbau eines Baumstammes .....	18
Abbildung 3: Festigkeiten von Holzarten .....	19
Abbildung 4: Verkohlung der Holzoberfläche .....	20
Abbildung 5: Einteilung der Holzwerkstoffe .....	21
Abbildung 6: Einteilung Vollholzwerkstoffe .....	21
Abbildung 7: Strukturaufbau Werkstoffe auf Furnierbasis .....	22
Abbildung 8: Einteilung Spanwerkstoffe .....	23
Abbildung 9: Einteilung Faserwerkstoffe .....	23
Abbildung 10: Beispiel Verbundwerkstoff-Platte.....	24
Abbildung 11: Photosynthese.....	25
Abbildung 12: Natürlicher Kreislauf.....	26
Abbildung 13: Waldfläche Österreich.....	26
Abbildung 14: Entwicklung der Holzbauweisen.....	27
Abbildung 15: Ständerbau (links), Rähmbau (rechts).....	28
Abbildung 16: General Panel System – Konrad Wachsmann Walter Gropius .....	29
Abbildung 17: Geschichte der Materialanwendung .....	30
Abbildung 18: Grundtypen der Holzbausysteme .....	32
Abbildung 19: Entwicklung des Blockbaus .....	33
Abbildung 20: Gegenüberstellung Leicht- und Massivbauweise.....	35
Abbildung 21: Wandsystem Holzmassivbau .....	36
Abbildung 22: Mehrgeschossiger Wohnbau - Wagramer Straße.....	37
Abbildung 23: Brettsperrholz .....	38
Abbildung 24: Brettstapelholz.....	39
Abbildung 25: Vergleich der Bauphasen .....	44
Abbildung 26: Prozess der qualitativen Forschung.....	45
Abbildung 27: Prinzip der qualitativen Inhaltsanalyse .....	52
Abbildung 28: Ablaufmodell zusammenfassende Inhaltanalyse .....	53
Abbildung 29: Codesystem der Analyse .....	56
Abbildung 30: Grundsäulen des Lean Managements.....	87
Abbildung 31: Ebenen des Lean Management .....	88
Abbildung 32: Auswirkungen Lean Management .....	89
Abbildung 33: Index der Arbeitsproduktivität 1964 - 2012 .....	89
Abbildung 34: Lean Construction Management .....	91
Abbildung 35: Planungsprozess ohne BIM .....	93
Abbildung 36: Planungsprozess mit BIM .....	93
Abbildung 37: Leitfaden Seite 1 .....	101
Abbildung 38: Leitfaden Seite 2.....	102
Abbildung 39: Leitfaden Seite 3.....	103
Abbildung 40: Leitfaden Seite 4.....	104
Abbildung 41: Leitfaden Seite 5.....	105



## Bildquellenverzeichnis

- Abbildung 1 (online: Okt.2017) - [https://orgelbau.files.wordpress.com/2013/05/skripteholzkunde-neu\\_html\\_m4e650def.jpg](https://orgelbau.files.wordpress.com/2013/05/skripteholzkunde-neu_html_m4e650def.jpg)
- Abbildung 2 (online: Nov.2017) - <http://www.sdw-nrw.de/cms/upload/Waldwissen/Stamm1.jpg>
- Abbildung 3 [1, p. 184]
- Abbildung 4 [2, p. 246]
- Abbildung 5 [3, p. 17]
- Abbildung 6 [3, p. 17]
- Abbildung 7 [3, p. 19]
- Abbildung 8 [3, p. 20]
- Abbildung 9 [3, p. 21]
- Abbildung 10 [3, p. 22]
- Abbildung 11 (online: Okt.2017) - [http://www.forstbw.de/fileadmin/forstbw\\_images/gif/HAF/Photosynthese.jpg](http://www.forstbw.de/fileadmin/forstbw_images/gif/HAF/Photosynthese.jpg)
- Abbildung 12 (online: Okt.2017) - [http://www.lignum.ch/uploads/RTEmagicC\\_Kreislauf\\_CO2.jpg.jpg](http://www.lignum.ch/uploads/RTEmagicC_Kreislauf_CO2.jpg.jpg)
- Abbildung 13 (online: Dez.2017) - [http://images.slideplayer.org/33/10503233/slides/slide\\_3.jpg](http://images.slideplayer.org/33/10503233/slides/slide_3.jpg)
- Abbildung 14 [4, p. 3]
- Abbildung 15 (online: Sep.2013) - <http://www.isb-wehner.de/umgebende/images/varianten.jpg>
- Abbildung 16 (online: Sep.2017) - [http://images.lib.ncsu.edu/des/Size2/NCSULIB-1-NA/1430/108871.jpg?userid=1&username=admin&resolution=2&server-type=JVA&cid=1&iid=NCSULIB&vaid=NA&usergroup=Design\\_Library-1-Admin&profileid=1](http://images.lib.ncsu.edu/des/Size2/NCSULIB-1-NA/1430/108871.jpg?userid=1&username=admin&resolution=2&server-type=JVA&cid=1&iid=NCSULIB&vaid=NA&usergroup=Design_Library-1-Admin&profileid=1)
- Abbildung 17 (online: Sep.2017) - [http://www.forstbw.de/fileadmin/\\_processed\\_/b/2/csm\\_130318\\_1\\_Kapitel\\_Bild\\_0001\\_1e17817a79.jpg](http://www.forstbw.de/fileadmin/_processed_/b/2/csm_130318_1_Kapitel_Bild_0001_1e17817a79.jpg)
- Abbildung 18 [5, p. 3]
- Abbildung 19 [6, p. 53]
- Abbildung 20 [7, p. 111]
- Abbildung 21 (online: Okt.2017) - [http://www.rigips.at/lms/holzbau/vorschau/AW/AW02\\_3D.jpg](http://www.rigips.at/lms/holzbau/vorschau/AW/AW02_3D.jpg)
- Abbildung 22 (online: Dez.2017) - <http://www.proholz.at/typo3temp/pics-/396249a582.jpg>
- Abbildung 23 (online: Dez.2017) - [http://www.mm-holz.com/fileadmin/user\\_upload/Holz\\_Crosslam.png](http://www.mm-holz.com/fileadmin/user_upload/Holz_Crosslam.png)
- Abbildung 24 (online: Dez.2017) - <http://www.bauenmitholz.de/files/smthumb-naildata/800x600/9/5/6/4/4/2326210.jpg>
- Abbildung 25 [6, p. 25]
- Abbildung 26 Mario D. Mittendorfer
- Abbildung 27 [8, p. 194]
- Abbildung 28 [9, p. 55]
- Abbildung 29 Mario D. Mittendorfer
- Abbildung 30 (online: Jan.2018) - [https://www.kraus-und-partner.de/media/images/d0de2ed0/leanmanagementsauelen\\_2.jpg](https://www.kraus-und-partner.de/media/images/d0de2ed0/leanmanagementsauelen_2.jpg)
- Abbildung 31 (online: Jan.2018) - [https://www.tcw.de/uploads/html/consulting/beratung/produktion/images/218\\_Lean\\_3\\_gr.jpg](https://www.tcw.de/uploads/html/consulting/beratung/produktion/images/218_Lean_3_gr.jpg)
- Abbildung 32 (online: Jan.2018) - <https://www.produktion.de/files/upload/post//2016/04/117696/lean-management-produktivitaet.jpg>
- Abbildung 33 (online: Jan.2018) - [http://www.tsp.at/typo3temp/pics/Arbeitsproduktivita\\_\\_t\\_edd5943dc2.jpg](http://www.tsp.at/typo3temp/pics/Arbeitsproduktivita__t_edd5943dc2.jpg)
- Abbildung 34 (online: Feb.2018) - [https://www.dreso.com/fileadmin/\\_processed\\_/a/0/csm\\_LCM-Grafik\\_dt\\_b5135a505d.jpg](https://www.dreso.com/fileadmin/_processed_/a/0/csm_LCM-Grafik_dt_b5135a505d.jpg)
- Abbildung 35 (online: Feb.2018) - [http://www.architektur-online.com/wp-content/uploads/2017/11/Ne-metschek\\_Allplan\\_Prozesskette\\_mit\\_BIM\\_2.jpg](http://www.architektur-online.com/wp-content/uploads/2017/11/Ne-metschek_Allplan_Prozesskette_mit_BIM_2.jpg)
- Abbildung 36 (online: Feb.2018) - [http://www.architektur-online.com/wp-content/uploads/2017/11/Ne-metschek\\_Allplan\\_Prozesskette\\_ohne\\_BIM\\_1.jpg](http://www.architektur-online.com/wp-content/uploads/2017/11/Ne-metschek_Allplan_Prozesskette_ohne_BIM_1.jpg)
- Abbildung 37 Mario D. Mittendorfer
- Abbildung 38 Mario D. Mittendorfer
- Abbildung 39 Mario D. Mittendorfer
- Abbildung 40 Mario D. Mittendorfer
- Abbildung 41 Mario D. Mittendorfer

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich von Zugfestigkeit und Reißlängen – vgl. [10] .....	14
Tabelle 2: Chemische Elemente von Holz – vgl. [10] .....	16
Tabelle 3: Chemische Bestandteile von Holz – vgl. [10].....	16
Tabelle 4: Wald- und Holznutzung 2001 Mitteleuropa – vgl. [6, p. 19] .....	27
Tabelle 5: Aufbau Interview/Leitfaden .....	46
Tabelle 6: Interviewformen - vgl. [15, p. 365].....	49
Tabelle 7: Vergleich Vergabeformen.....	66
Tabelle 8: Projektorganisation Lean Construction Managements – vgl [25] .....	92

## Abkürzungsverzeichnis

mm	Millimeter
ca.	Circa
BSP	Brettsperrholz
z.B.:	Zum Beispiel
vgl.	Vergleiche
uvm.	und viele mehr
Jhd.	Jahrhundert
GU	Generalunternehmer
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
LC	Lean Construction
BIM	Building Information Modeling
CAD	computer-aided design
CAM	computer-aided manufacturing

# 1 Einleitung

Die Holzbauweise hat in den letzten Jahrzehnten an großem Interesse gewonnen. Holz kann nicht nur für den Bau von Einfamilienhäusern verwendet werden, vielmehr hat sich der Baustoff Holz in den letzten Jahren stark bei großvolumigen Bauten etabliert. Neue Konstruktions- und Produktionstechnologien und letztendlich die Veränderungen der Baubestimmungen erlauben mittlerweile den Einsatz des nachwachsenden Rohstoffs in mehrgeschossigen Bauten als Tragstruktur. Die damals im Handwerk erstellten Einzelteile werden heute durch Industrieroboter in rationellen Prozessketten in der Fabrik gefertigt. Die entstehenden Bauteile haben ein hohes Maß an Qualität, sind passgenau und können auf der Baustelle in sehr kurzer Zeit zu einem Ganzen zusammengesetzt werden. Dadurch ergeben sich im Planungs- und im Bauprozess zwangsläufig neue Sachlagen mit denen sich beteiligte Ausführende ungeplant konfrontiert sehen.

Beispielgebende Gebäude wurden in ganz Österreich, unter Verwendung des nachwachsenden Baustoffes, in unterschiedlichen Holzbauweisen und selbst in zeitgemäßer Architektur errichtet.

In dieser Masterarbeit sollen die neuen bzw. veränderten Organisationsformen, der Abläufe und Schnittstellen empirisch erhoben, dokumentiert und analysiert werden. Als Grundlage dazu wurden Experteninterviews mit erfahrenen Bauherren, Planern und Ausführenden durchgeführt. Das Ziel davon ist, ein besseres Verständnis für die Prozesse in der Planung und Ausführung von mehrgeschossigen Holz- und Holzmischbauten zu bekommen, um daraus Ansätze für ein optimiertes Management für großvolumige Holzbauten zu entwickeln. Mit anderen Worten: „Kann ein Holz- oder Holzmischbau im mehrgeschossigen Wohnbau mit einer herkömmlichen Massivbauweise konkurrieren?“

Wegen engem Bezug und Interesse an diesem Thema, wurde diese Masterarbeit mit freundlicher Unterstützung von Saint-Gobain Rigips Austria GmbH und der Binderholz Bausysteme GmbH durchgeführt.

## 2 Holz im Bau

### 2.1 Der Baustoff Holz

Holz ist nicht gleich Holz. Die Natur bringt eine Vielzahl unterschiedlicher Sorten zum Vorschein und jede Art hat Ihre besonderen Eigenschaften. Somit sind manche Holzsorten besser und manche schlechter für gewisse Aufgaben geeignet. Hölzer aus der Familie des Weichholzes, wie z.B.: Fichte und Tanne, werden bevorzugt für den Holzhausbau verwendet. An stärker bewitterten Bereichen werden Harthölzer, wie zum Beispiel die Lärche, in Form von schützenden Fassaden eingesetzt. Für strapazierte Bodenbeläge eignet sich wiederum Eiche oder Ahorn sehr gut und im Möbelbau greift man auf edle heimische Hölzer vom Nuss- oder Kirschbaum zurück. Eine Weiterentwicklung des Baustoffes Holz stellen die heute vielfach verwendeten Holzwerkstoffe (siehe Punkt 2.1.6) dar. Diese finden in konstruktiver, isolierender und auch verkleidender Form Anwendung.

Durch die Stabförmigkeit des Stammes und den guten physikalischen Eigenschaften des Holzes war das Material schon in den Anfängen der Menschheit (siehe Punkt 2.2) für das Bauen von großem Interesse und ist durch technische Weiterentwicklungen bis heute interessant für Bauingenieure.

#### 2.1.1 Eigenschaften

Der Baustoff Holz ist ein Verbundwerkstoff der mit Cellulosefasern bewehrt ist und einen hohen Anteil an Hohlräumen aufweist. Kurz gesagt, Holz ist ein „High-Tech“ Produkt aus der Natur welches annähernd die gleiche Druckfestigkeit wie Beton hat und dazu auch noch Zugkräfte aufnehmen kann.

Holz ist ein natürlicher anisotroper Baustoff, welcher je nach Klima, den verfügbaren Nährstoffen im Boden und der Lage, unterschiedlich wächst. Dadurch ergeben sich auch verschiedene Gewichte, Festigkeiten, Maserungen und Eigenschaften. Holz hat dabei eine Vielzahl an positiven Eigenschaften, speziell auch im Bereich der Bauphysik. Es besitzt z.B. eine geringe Wärmeleitfähigkeit ( $\hat{=}$  gute Wärmedämmung) und gleichzeitig reguliert das Holz selbstständig die Luftfeuchtigkeit in einem Raum auf ein für den Menschen angenehmes Niveau. Seine Oberflächen werden als warm empfunden, aktuelle Studien sprechen sogar von einer Aufwertung der Lebensqualität und von nachgewiesenen positiven Einflüssen auf das Wohlbefinden durch das Material Holz.

Es zeichnet sich auch durch seine hohe mechanische Festigkeit, bei einem verhältnismäßig geringen Gewicht aus. Somit kann Holz vielseitig für Konstruktionen eingesetzt werden, von weitgespannten Tragwerken bis hin zum mehrgeschossigen Bau. Betrachtet man seine

Reißlänge kann man seine Stärken sehr schnell aus dem Verhältnis Festigkeit zu Dichte erkennen (siehe Tabelle 1).

Werkstoff	Zugfestigkeit (N/mm)	Reißlänge (km)
Stahldraht	2450	32,0
Baustahl	360	4,7
Kupferdraht	200	2,4
Flachs	590	40,0
Zellstofffaser (Nadelholz)	440	35,0
Nadelholz	49 bis 147	11 bis 30
Laubholz	20 bis 255	7 bis 30

Tabelle 1: Vergleich von Zugfestigkeit und Reißlängen – vgl. [10]

Trotz all seiner Widerstandsfähigkeit auf Druck, Zug und Biegung ist Holz ein leicht zu bearbeitender Werkstoff. Durch Sägen, Fräsen, Stemmen, Bohren uvm. kann Holz in fast beliebige Formen gebracht werden und durch bearbeiten der Oberflächen mittels Hobeln, Schleifen, Beizen, Ölen uvm. veredelt werden. Dabei ist sein Einsatz nicht nur auf Vollholz eingeschränkt, sondern Leimholz, Sperrholz, Spanplatten uvm. ermöglichen eine große Vielfalt (siehe Punkt 2.1.6).

Schon in der menschlichen Baugeschichte (siehe Punkt 2.2) war Holz eines der ersten und über eine lange Zeit hinweg das wichtigste Grundmaterial für tragende Konstruktionen. Eine große Rolle spielte dabei sicherlich die gute Verfügbarkeit sowie die oben erwähnten Eigenschaften der Wärmeleitung, Festigkeit und eben die relativ einfache Bearbeitbarkeit.

Holz ist nicht magnetisch und leitet keine Elektrizität. Dies kann für Bauwerke einen riesen Vorteil darstellen, wenn z.B. eine störungsfreie Umgebung für sensible Messgeräte errichtet werden soll. In den Anfängen des Rundfunks machte man sich diese Eigenschaften zu Nutze. Darum baute man die damals noch notwendigen hohen Türme für die Antennen aus Holz.

Selbst gegen chemische Belastungen ist Holz stark im Nehmen und war daher früher einer der wichtigsten Rohstoffe für Behälter und Leitungen in der chemischen Industrie. Auch heute wird Holz da eingesetzt, wo in Gebäuden eine chemisch hohe Belastung der Atmosphäre herrscht. So z.B.: in Hallenbädern und bei Salzlagerplätzen der Straßenmeisterei.

Als eines seiner unvoreilhaftigen Eigenschaften wird das Quellen und Schwinden bei Luftfeuchte- und Temperaturwechsel angesehen. Im Sprachgebrauch bezeichnet man dies als „arbeiten“ des Holzes. Durch die äußeren Einflüsse kann Holz sein Volumen unterschiedlich stark verändern. Da Holz ein anisotroper Werkstoff ist, geschieht dies in axialer („Faserrichtung“), radialer (parallel zu den Holzstrahlen) und tangentialer (parallel zu den Jahresringen) Richtung.

- Axialrichtung ca. 0,3%
- Radialrichtung ca. 5,0%
- Tangentialrichtung ca. 10,0%

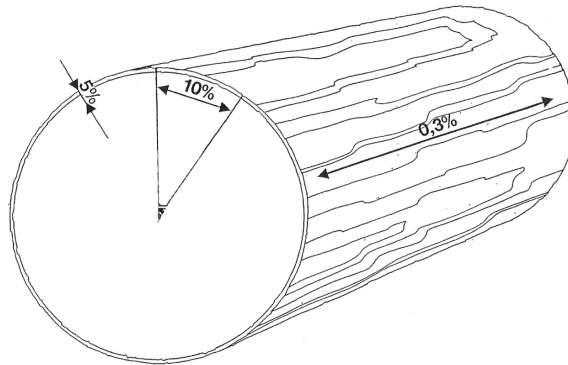


Abbildung 1: Formveränderung von Holz

Diese Volumsveränderungen können im Holz selbst Spannungen erzeugen und in weiterer Folge zu Rissen führen. Speziell bei schnellem Trocknen besteht ein hohes Risiko der Rissbildung. Wer Holzlagerplätze kennt und sich über die Berechnungsanlagen wundert, diese sind eben zur Gewährleistung einer langsamen Trocknung des Holzes von innen nach außen.

Die Brennbarkeit ist für das Bauen wohl die negativste Eigenschaft aber trotzdem ein Teil des Baustoffes Holz. Sein Brandverhalten wird in Punkt 2.1.4 genauer beschrieben.

- Kraftaufnahme
- Zersetzung durch Feuchte und Luft

All diese Verhalten hat Holz seinem Aufbau und seiner inneren Struktur zu verdanken.  
vgl. [11]

### 2.1.2 Chemischer Aufbau

Der chemische Aufbau von Holz, also die vorhandenen chemischen Substanzen, sind bei unterschiedlichen Baumarten und selbst bei den unterschiedlichen Bestandteilen eines Baumes (Stamm, Äste oder Wurzeln) weitgehend gleich. Ausgehen kann man von den folgenden Elementen:

Chemisches Element	Anteil
Kohlenstoff	ca. 50%
Sauerstoff	ca. 43%
Wasserstoff	ca. 6%
Stickstoff und Mineralien	ca. 1%

Tabelle 2: Chemische Elemente von Holz – vgl. [10]

Aus diesen Elementen fügt die Natur die Grundstruktur des Baumes zusammen. Hier wiederum unterscheidet man die chemischen Bestandteile aus denen die Holzsubstanz besteht:

Chemisches Bestandteil	Anteil
Zellulose	ca. 40 – 50%
Lignin	ca. 20 – 30%
Hemicellulose	ca. 25 – 40%
Extraktstoffe	ca. 1 – 10%
Mineralien	ca. 0,2 – 0,8%

Tabelle 3: Chemische Bestandteile von Holz – vgl. [10]

Cellulose ist einer der beiden Hauptbestandteile von Holz und dabei eine hoch komplexe Substanz welche bis heute noch nicht künstlich erzeugt werden kann. Im Holz bildet es das eigentliche Zellgerüst, stellt die Gerüstsubstanz der Holzzellwände dar und dient hauptsächlich der Aufnahme von Zugkräften. Vereinfacht kann man seine Aufgabe mit der von Bewehrungsstahl im Stahlbeton vergleichen.

Lignin, der zweite große Bestandteil von Holz, stellt das Bindemittel für den festen Verbund der Cellulose dar. Es dient zur Aufnahme von Druckkräften, indem es die Holzzellwände einhüllt.

Polyose ist vereinfacht gesehen das Bindemittel der beiden Struktur bildenden Substanzen Cellulose und Lignin.

Unter Sonstige zählen Stoffe wie z.B.: Harze, Fette, Öle, Gerbstoffe, uvm. und beeinflussen durch ihren prozentuellen Anteil im Holz z.B.: die Färbung, den Geruch, die Widerstandsfähigkeit gegen Pilzbefall und Insekten, uvm. der unterschiedlichen Holzarten. vgl. [11]



### 2.1.3 Makroskopischer Aufbau

Auch ohne Mikroskop sind die unterschiedlichen Teile eines Holzkörpers gut zu unterscheiden. Betrachtet man Holz bloß mit freiem Auge, kann man in der Regel fast alle der folgenden Gewebeteile erkennen:

- Markröhre
- Kernholz
- Splintholz
- Kambium
- Bast
- Borke
- Jahresringe

Die Markröhre ist ein wichtiger Bestandteil der Jungpflanze welche ihm die Wasserleitung im ersten Jahr ermöglicht. Danach stirbt dieses Gewebe ab und wird vom Holzkörper des wachsenden Baumes umschlossen. Durch seine Weichheit und seine abweichende Färbung zum Rest des Holzes, wird dies „Kernröhre“ im Holzgewerbe oft als Holzfehler angesehen.

Das Kernholz ist der nicht mehr wasserleitende, abgestorbene Teil im inneren eines Baumes. Es dient ausschließlich nur mehr der Festigkeit des Stammes und ist häufig dunkler gefärbt als das äußere Splintholz. Meist hat das Kernholz eine größere Widerstandskraft gegen Pilzbefall und Insekten.

Das Splintholz ist der für die Wasserleitung zuständige Teil eines Baumes. Es transportiert die notwendige Feuchtigkeit von den Wurzeln bis hoch in die Krone. Dieses Holz ist immer hell und besteht aus lebenden Holzzellen. Da in diesen Zellen Nähr- und Reservestoffe vorhanden sind, ist es am anfälligsten auf Pilz- und Insektenbefall.

Das Kambium ist das teilungsfähige Wuchsgewebe eines Baumes, welches mit freiem Auge nicht erkennbar ist. Es überzieht ihn von der Wurzel bis in die Krone mit einer dünnen Hülle, bildet hin zum Inneren Holzzellen und nach außen Bastzellen. Somit ist das Kambium für das Wachsen in der Dicke zuständig.

Der Bast besteht aus Baströhrchen/-fasern und leitet die, durch die Photosynthese erzielten, assimilierten Nährstoffe aus den Blättern, von der Krone nach unten in den Stamm und die Wurzeln. Durch seinen Reichtum an Zucker ist der Bast für den Befall von Insekten, wie z.B.: dem Borkenkäfer, besonders gefährdet.

Die Borke ist die ganz außenliegende Schutzschicht des Baumes. Es handelt sich dabei um abgestorbene und verkorkte Zellen die den Baum vor UV-Strahlung, Hitze, Bewitterung, Insekten, Pilze sowie vor mechanischen Beschädigungen schützt. Jede Holzart erzeugt

eine sehr charakteristische Struktur der Borke und ist darum für uns Menschen zur Wiedererkennung sehr wertvoll. Bast und Borke zusammen werden weiters als „Rinde“ bezeichnet.

Die Jahresringe sind ringförmige Schichten die das Wachstum eines Baumes widerspiegeln. Es handelt sich dabei um mehr oder weniger dichtes Holz, das bedingt durch die Jahreszeiten entsteht und sich durch unterschiedliche Färbung im Holz abzeichnet. Man unterscheidet pro Jahresring das hellere Frühholz (wächst von März bis Juni) und das dunklere Spätholz (wächst von Juli bis September). Anhand dieser Ringe eines Baumes kann man u.a. sein Alter feststellen. vgl. [11]

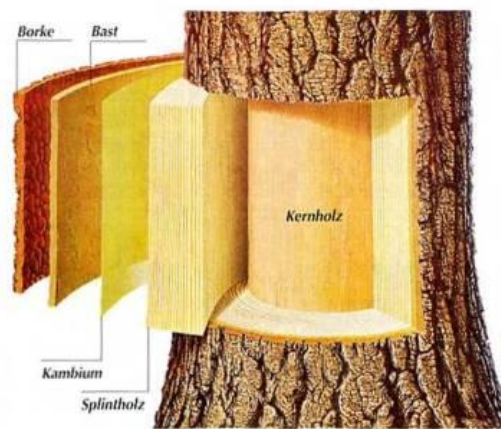


Abbildung 2: Aufbau eines Baumstammes

#### 2.1.4 Festigkeit von Holz

Begriffsbestimmung: Unter Festigkeit wird der innere Widerstand des Holzes gegen Verformung und Bruch durch äußere Kräfte verstanden. vgl. [10]

Jede Holzart weist unterschiedlich große Festigkeiten gegen die darauf einwirkenden unterschiedlichen Belastungsarten auf. Grundsätzlich kann man einen Zusammenhang zwischen Dichte der Holzart und seiner Festigkeit feststellen. Je dichter also das Holz gewachsen ist ( $\hat{=}$  Rohdichte), desto höher ist seine Festigkeit. Zusätzlich hängt die Festigkeit von der Dauer und Richtung der Belastung, von der Temperatur, der Holzfeuchte und der Holzart ab.

Unterschiedlich groß sind die Festigkeiten von Holz auf Zug, Druck, Biegung und Scherung. Zum Beispiel ist die Zugfestigkeit von Holz fast doppelt so hoch wie die Druckfestigkeit.

	N/mm <sup>2</sup> E-Modul // Faser	Dichten g/cm <sup>3</sup>	Druckfestigkeit $\sigma_D$ N/mm <sup>2</sup>		Zugfestigkeit $\sigma_Z$ N/mm <sup>2</sup>		Biegefestigkeit $\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	Scherfestigkeit $\tau$ N/mm <sup>2</sup>
			//	$\perp$	//	$\perp$		
Fichte	11.000	0,45	43	5,8	90	2,7	66	6,7
Kiefer	12.000	0,50	47	7,7	104	3,0	87	10,0
Eiche	13.000	0,65	54	11,0	90	4,0	91	11,0

Abbildung 3: Festigkeiten von Holzarten

Dazu ist zu beobachten, dass die zulässigen Spannungen lt. Österreichischer Holzbaunorm für Bauholz immer viel kleiner sind als die eigentliche Festigkeit des Werkstoffes selbst. Das ist damit zu erklären, dass Holz kein homogener Werkstoff ist und daher Sicherheiten eingeplant werden. Natürliche Störungen im Material wie z.B.: Äste sind Grund dafür und selbst die Feuchtigkeit des Holzes beeinflusst. vgl. [11]

### 2.1.5 Brandwiderstand von Holz

Vollholz und Holzwerkstoffe können unter Brandeinwirkung zu brennen beginnen und werden somit auch als „brennbar“ eingestuft. Die Brennbarkeitswerte sind dabei abhängig von der Rohdichte, der Holzart, der Holzfeuchte und aber auch von der Form des Querschnittes. Von „leicht entzündbar“ sollte man bei Holz aber nicht sprechen. So benötigt Vollholz eine Oberflächentemperatur über 400 °C bis es sich überhaupt entzündet. Bei direkter Flammeneinwirkung, auf z.B.: Sichtholzflächen in einem Raum, muss ebenfalls eine Oberflächentemperatur von mehr als 300 °C und das über einen längeren Zeitraum hinweg gegeben sein, bevor eine Entzündung stattfindet. Diese Eigenschaften können durch Verwenden von speziellen Anstrichen oder Imprägnierungen mit brandverzögernden Salzen sogar noch verbessert werden.

Im Fall eines Brandes findet eine Ausbreitung des Feuers an der Oberfläche des Baustoffes Holz statt und abhängig von der eigentlichen Brandsituation, der Verfügbarkeit von Sauerstoff, sowie der Form und Größe des Holzbauteiles entwickelt sich der Brand fort. In einer Vollbrandsituation weist dann Holz einige positive Brandverhalten auf. Die dem Feuer ausgesetzten Oberflächen entzünden sich zwar, erzeugen aber durch den Abbrand gleichzeitig eine brandverzögernde, wärmeisolierende Schicht aus Kohle (siehe Abbildung 4).

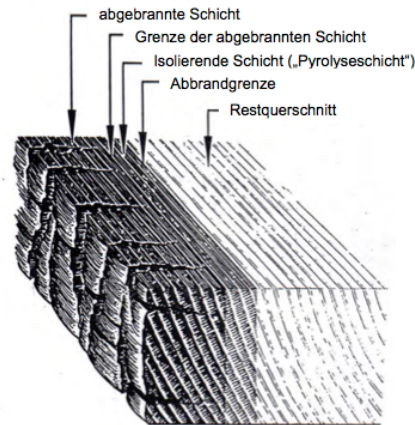


Abbildung 4: Verkohlung der Holzoberfläche

Zusätzlich zur schützenden Kohleschicht ist Holz ein schlechter Wärmeleiter an und für sich. Das hat den nächsten positiven Effekt, dass nach nur wenigen Zentimetern der Temperaturanstieg gering ist, der Kernbereich (der tragende Bereich) somit kühl bleibt und damit seine physikalischen Eigenschaften unverändert bleiben. Seine Tragfähigkeit wird somit nur durch die Querschnittsverkleinerung der abgebrannten Oberfläche geschwächt.

Am Beispiel einer Trennwand zeigt sich das Verhalten der geringen Wärmeleitung als sehr positiv, insofern als dass die Oberflächen der angrenzenden Räume ebenso kühl bleiben und die Gefahr des Brandüberschlages geringer ist. Zusätzlich reagiert Holz auf den Wärmeeinfluss kaum mit Dehnungen, wie es viele andere Baustoffe tun und reduziert damit die Gefahr des plötzlichen Zusammenbruchs auf ein Minimum.

Das Brandverhalten des Baustoffes Holz und von Holzwerkstoffen ist sehr gut berechenbar. Viele Versuche in Brennkammern haben einen linearen Zusammenhang zwischen der Zeit und der Tiefe des Abbrandes feststellen lassen. Somit kann gezielt, durch entsprechende Überdimensionierung der tragenden Holzkonstruktionen, den verschiedenen Brandschutzniveaus entsprochen und die Tragfähigkeit aufrechterhalten werden. vgl. [2]

### 2.1.6 Holzwerkstoffe

Holzwerkstoffe erweitern, wie im Punkt 2.1.1 schon erwähnt, den Anwendungsbereich des Werkstoffes Holz enorm. Sie beruhen auf dem einfachen Prinzip das Holz zuerst zu zerlegen und danach zielgeleitet, durch seine Materialeigenschaften, kontrolliert neu zusammen zu fügen. Damit können homogene Produkte erzielt werden die genau bestimmten Eigenschaften folgen und die Inhomogenität des Holzes ausgleichen.

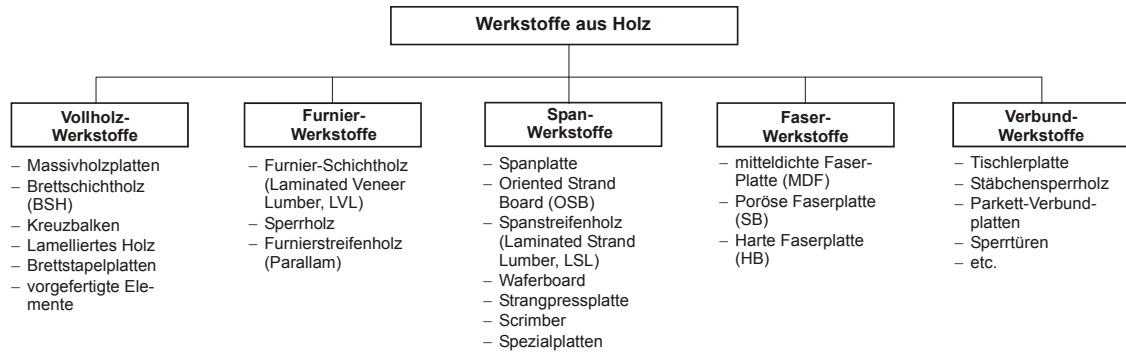


Abbildung 5: Einteilung der Holzwerkstoffe

Sie entstehen durch das Auflösen des Holzes in sein Gefüge und das je nach Holzwerkstoffprodukt bis zu einem bestimmten Grad und in einer bestimmten Art. Danach wird dies wieder zusammengeführt, hauptsächlich durch Zugabe von chemischen Bindemittel/Klebstoffen oder durch mechanische Verbindungsmittel.

Vollholz oder auch Massivholz ist der grundlegende Holzwerkstoff der durch Quer- oder Längsschnitte direkt aus dem Rohholz gewonnen wird. Der Zuschnitt in Balken oder Bretter ist für viele Konstruktionen aus Holz die Grundlage. Durch die in Punkt 2.1.4 beschriebenen Eigenschaften haben diese jedoch Grenzen in ihrer Anwendung. Massivholzplatten sind die flächige Anwendung von vielen zusammengefügt Holzprofilen (meist Bretter). Sie werden je nach Produkt mit einander vernagelt, gedübelt, geklebt oder über Schwalbenschwanzverbindungen mit einander verbunden. Zum Einsatz kommen dabei heimische Hölzer wie Fichte, Lärche, Buche, Ahorn, Erle und Birke. Riesen Vorteil der neuen Zusammensetzung einzelner Profile ist die dabei entstehende Glättung der technischen Werte des sonst anisotropen Rohstoffes. Eingeteilt werden sie wie in Abbildung 6 dargestellt.

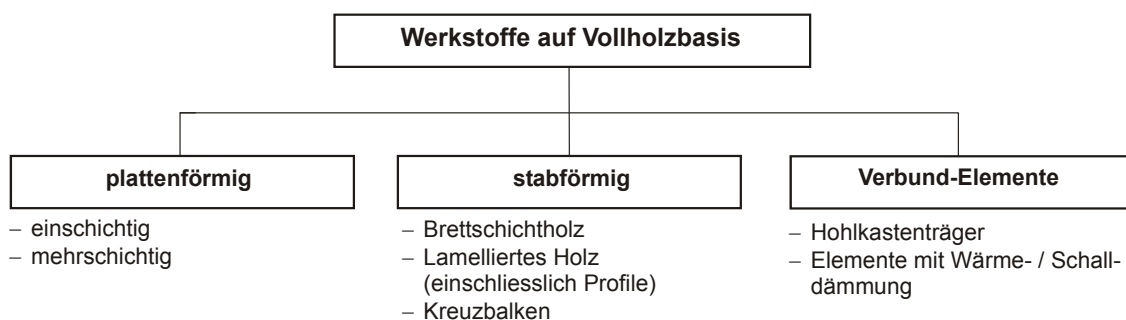


Abbildung 6: Einteilung Vollholzwerkstoffe

Werkstoffe aus Furnieren sind die am längsten bekannten, die schon damals vor über 4000 Jahren von den Ägyptern genutzt wurden. Es handelt sich dabei um nicht viel mehr als um einen schichtweise aufgebauten Holzwerkstoff aus Furnieren. Seine Eigenschaften werden beeinflusst durch die Dicke der Furnierschichten, den unterschiedlichen Eigenschaften des

verwendeten Leimes und seiner Verdichtung im Herstellungsprozess. Heutige Technologien in der Verarbeitung erzeugen ein großes Sortiment für die unterschiedlichsten Ansprüche und machen diesen Werkstoff zu einer Art „Alleskönner“ der aus unserem Alltag kaum mehr wegzudenken ist. Anwendung findet dieses Material im Sport, dort wo Leichtigkeit, Festigkeit und Elastizität vom Material gefragt ist, wie z.B.: bei Skateboards, Snowboards, Ski,... Unerlässlich ist es auch im modernen Möbelbau für z.B.: großflächige aber stabile Anwendungen oder in Formsperrholz das für Designer fast grenzenlose Vielfältigkeit ermöglicht. Selbst im Fahrzeugbau, für Boote, Schiffe und Flugzeuge oder ganz simpel für Verpackungen findet dieser Werkstoff Anwendung.

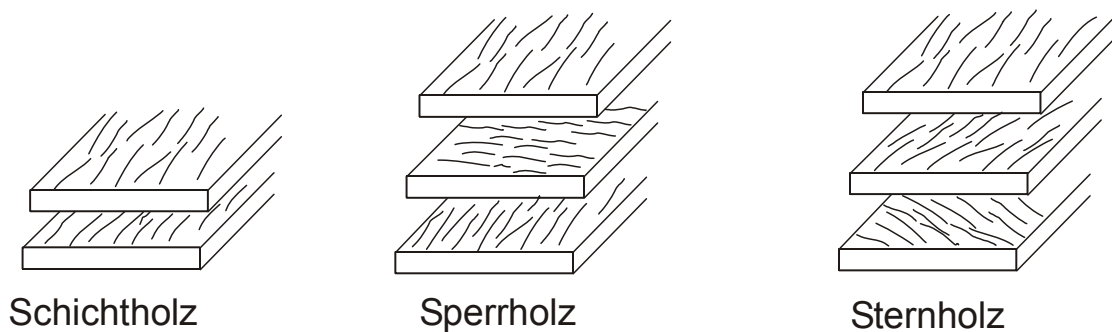


Abbildung 7: Strukturaufbau Werkstoffe auf Furnierbasis

Werkstoffe aus Spänen bekamen Mitte des letzten Jahrhunderts ihren Aufschwung und sind heute weltweit der dominierende Holzwerkstoff. Ausgangsmaterial dafür ist Restholz aus der Holzindustrie oder direkt aus der Beforstung. Tatsächlich wird durch diesen Werkstoff der wertvolle Rohstoff Holz bis zum letzten Span ausgenutzt. Anwendung finden Spanplatten, besonders am Bau, fast überall. Möbel werden damit hergestellt, sie wirken als Trägerplatte für z.B.: Furniere, Beschichtungen, Anstriche, uvm., werden für Fußboden-, Wand- und Deckenaufbauten verwendet und können dabei, je nach Produkt, gegen Schallübertragung, Entzündung oder Feuchtigkeit wirken. Eine Weiterentwicklung der Spanplatten sind die Oriented Strand Board (OSB) Platten die speziell im Bauwesen, durch ihre guten technischen Werte, große Anwendung finden. Deren Klassifizierung geschieht nach Herstellungsverfahren, Oberflächenbeschaffenheit, Form, Größe der Späne, Plattenaufbau, Verwendungszwecke und eingeteilt werden sie wie in Abbildung 8 dargestellt.

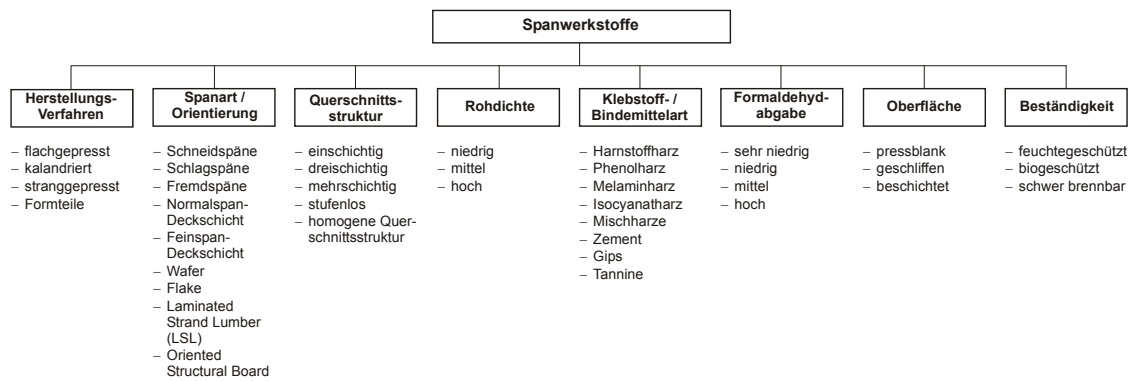


Abbildung 8: Einteilung Spanwerkstoffe

Auf Holzfasern basierende Platten werden in Form von Weich oder Hartfaserplatten hergestellt. Sie sind leicht, preiswert, ökologisch und haben für die Nutzung als Baumaterial die positive Eigenschaft der Diffusionsoffenheit. Dämmplatten aus Holzfasern werden unter anderem mittels der Medium Density Fiberboard (MDF)-Technologie in einer Dichte von  $150 \text{ kg/m}^3$  industriell gefertigt und weisen dadurch gute Druckfestigkeiten auf. Eingesetzt werden sie als Dach-, Wand- und Bodendämmungen im Inneren oder auch als Außendämmungen. High Density Fiberboard (HDF)-Platten werden hingegen bevorzugt für den Möbelbau, als Leisten oder als Trägerschicht für Laminat-Fußbodenbeläge eingesetzt. Seine sehr dichte und homogene Struktur, eben ohne Einschränkungen von Ästen oder Faserrichtungen, sind in diesem Bereich von großem Wert. Einteilung finden sie wie in Abbildung 9 dargestellt.

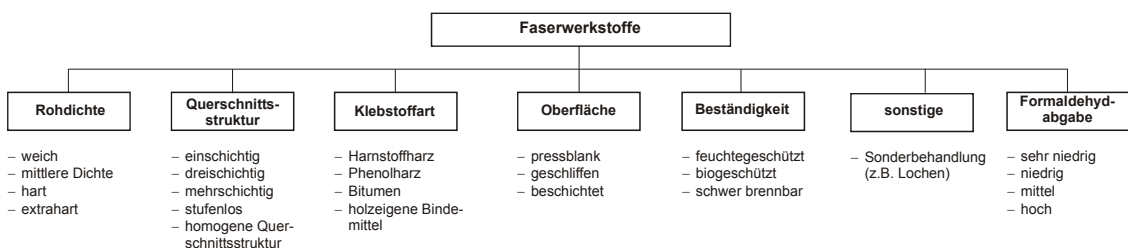


Abbildung 9: Einteilung Faserwerkstoffe

Bei Verbundwerkstoffen handelt sich um Platten mit unterschiedlichsten Kombinationen aus verschiedenen Absperrdeck- und Mittellagen. Meist sind die Decklagen aus widerstandsfähigen, festen Materialien die eine Sperrfunktion gegenüber dem Kern gewährleisten und die Mittellagen bestehen aus leichten Stütz-/Füllmaterialien wie z.B.: druckfeste Papierwaben, Schaumstoff, ... (siehe Abbildung 10). Ihren hauptsächlichen Anwendungsbereich finden die Verbundwerkstoffe bei Tischlerplatten und Türblättern.

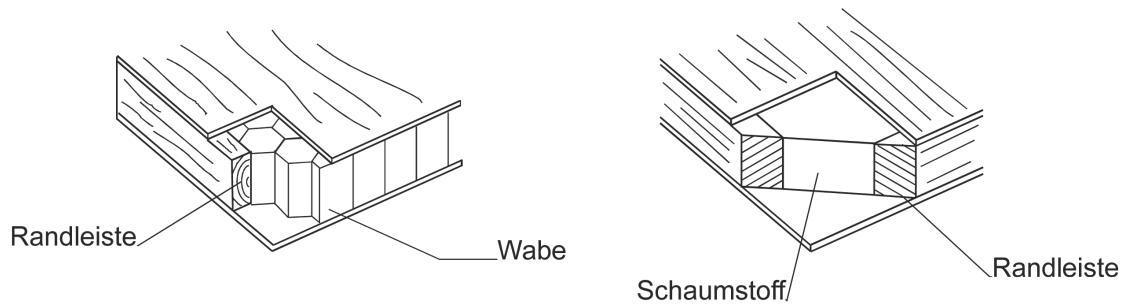


Abbildung 10: Beispiel Verbundwerkstoff-Platte

Weitere Anwendungsbereiche sind der Möbelbau, Böden, Platten für den Innenausbau, der Boots-/Schiffsbau oder im Fahrzeugbereich für Campinganhänger, LKW-Aufbauten uvm. Positive Eigenschaft ist ihr leichtes Gewicht und speziell bei den Tischlerplatten seine hohe Maßhaltigkeit. vgl. [3]

### 2.1.7 Ökologie

Im Bauwesen wird jährlich eine große Masse an Rohstoffen und Energie verbraucht und katapultiert sich somit von selbst in den Fokus aus den Blickwinkeln der Nachhaltigkeit, Energie- und Ressourceneffizienz. Europaweit gilt als Ziel Emissionen zu reduzieren, mit Energie vernünftig zu wirtschaften, kurzum, umweltschonender zu Handeln. Um dies erreichen zu können, bedarf es auch im Bauwesen oder generell im Baugedanken (inkl. Planung – Materialwahl) einiger großen Änderungen. Möglichkeiten wie die vermehrte Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, die damit verbundene, langjährige Speicherung von Kohlenstoff, die Ausnutzung von erneuerbaren Energien und die Reduzierung des Energieverbrauches bei Erstellung und dem späteren Abbau und Entsorgung eines Gebäudes bieten sich dafür an. Holz bietet sich dafür als leistungsstarker Baustoff aus der Natur an und hat einige positive Einflüsse auf den ökologischen Kreislauf der Erde. Allgemein akzeptiert ist, dass ein sorgsamer Umgang mit den Ressourcen der Erde notwendig ist, um eine nachhaltige Entwicklung für die Zukunft sicherstellen zu können.

Der Begriff der nachhaltigen Entwicklung, wurde in den letzten Jahren zu einem Art Modewort, welches in den unterschiedlichsten Weisen definiert wird. Das Prinzip der Nachhaltigkeit selbst stammt ursprünglich jedoch aus der Forstwirtschaft und basiert auf den Grundsatz nur so viel Holz aus dem Wald zu nehmen, wie es denn auch nachwächst. Sprich, man lebt von den Zinsen der Natur. Nach diesem Grundsatz nimmt das vorhandene Potenzial nie ab und er bewährt sich schon lange nicht nur mehr in der Forstwirtschaft, sondern hat das globale Denken beeinflusst.

Der Wald ist unser Holzproduzent. Dabei nehmen Bäume das für den Menschen höchst giftige Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Atmosphäre auf und erzeugen über die Photosynthese,



mit Hilfe der Sonne und Wasser, unser Holz. Das „Abfallprodukt“ dieser natürlichen Holzproduktion ist der für uns lebensnotwendige Sauerstoff ( $O_2$ ). Eine z.B.: 25 Meter hohe Buche produziert pro Tag so viel Sauerstoff wie drei Menschen zum Atmen benötigen.



Abbildung 11: Photosynthese

Neben dem positiven Effekt der Sauerstoffproduktion bindet Holz Kohlendioxid ( $CO_2$ ). Somit ergibt sich pro Kubikmeter verbauten Holz eine Einsparung von einer Tonne  $CO_2$ -Emission die ansonsten in die Atmosphäre gelangen würden. Diese Tonne  $CO_2$  speichert Holz direkt beim Wachstum des Baumes. Wird Holz also für langlebige Produkte wie im Baubereich verwendet, verlängert man die Speicherung um ein Vielfaches und trägt zusätzlich zum Klimaschutz bei. Zudem macht jeder geschlagene und verbaute Baum Platz für neue Bäume. Würde er nicht gefällt werden, stirbt er mit der Zeit und bei seiner Verrottung entsteht wieder genau so viel  $CO_2$  wie er gebunden hatte.

Selbst seine Verbrennung läuft  $CO_2$  neutral ab und löst gleichzeitig bei der Wärmegewinnung fossile Energiequellen ab. Als Beispiel entspricht der Heizwert eines Kubikmeters trockenen Buchenholzes dem von ca. 300 Liter Heizöl.

Zur Herstellung von Produkten allgemein, genauso wie für Bauteile, benötigt man Rohstoffe. Dabei sollten die Punkte Nachhaltigkeit und Verfügbarkeit eine zunehmende Rolle bei der Wahl des Rohstoffes spielen.

Da Holz sehr energieschonend gewonnen werden kann, die Verarbeitung verhältnismäßig leicht ist und selbst die Abfälle der Bearbeitung sehr gut wiederverwendet werden können, ist es so ein zukunftssträchtiger Baustoff mit hohem Potenzial. Selbst die Möglichkeit, Holzteile die nicht mehr von Nutzen sind, wieder in den natürlichen Kreislauf rückführen zu können ist einzigartig.

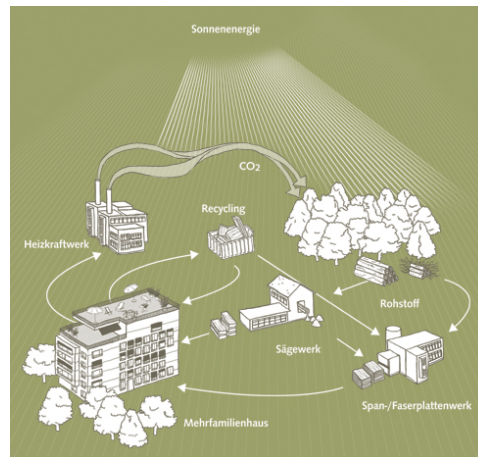


Abbildung 12: Natürlicher Kreislauf

Der Wald ist der Startpunkt für den Kreislauf des Holzes. Er erfüllt neben der Produktion von Holz eine Vielzahl von Funktionen, welche für uns und unsere nachhaltige Entwicklung von großer Bedeutung sind. Die Nutzung von Holz und die dafür notwendige Forstwirtschaft beeinflussen nicht nur die Gesundheit unserer Wälder und Landschaften sondern auch die Qualität des Rohstoffes Holz.

*„Der Wald ist unser Schicksal!*

*Ihn schützen und pflegen heißt:*

*Dem Leben dienen.*

*Das Leben stirbt, wo der Wald stirbt!“*

*(Adalbert Stifter)*

Wenn man will kann man den Wald im Kreislauf von Holz als Kapital ansehen und bei gutem Wirtschaften/guter Bewirtschaftung wirft er sogar noch Zinsen ab. Zusätzlich sollte man sich die prozentuellen Anteile an Waldflächen pro Fläche eines Landes vor Augen halten und erkennen welches Potenzial darin steckt. vgl. [6]

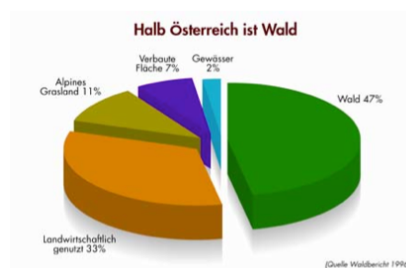


Abbildung 13: Waldfläche Österreich

	Waldfläche in % der Landesfläche	Waldfläche ha/Kopf der Bevölkerung	Holzvorrat im Wald m³/ha	Holzzuwachs m³/ha/J.	Holznutzung m³/ha/J. (in %des Holzzuwachses)	Holzverbrauch m³/J./Kopf (2001)
Deutschland	30%	0.13	271	5.9	4.4 (=75%)	0.23
Österreich	47%	0.50	286	6.6	5.2 (=79%)	0.62
Frankreich	24%	0.25	140	5.3	3.9 (=74%)	0.18
Italien	22%	0.15	169	4.1	1.8 (=44%)	0.10
Schweiz	31%	0.18	354	9.2	5.1 (=55%)	0.21

Tabelle 4: Wald- und Holznutzung 2001 Mitteleuropa – vgl. [6, p. 19]

## 2.2 Geschichtliche Entwicklung

Das Bauen mit Holz ist fester Bestandteil der menschlichen Kultur- und Baugeschichte. Beginnend mit dem Gebrauch von Werkzeugen in den Anfängen der Menschheit, über die Blüte des Handwerks im Mittelalter, den ingenieurmäßigen Entwicklungen in der Renaissance, bis zu den heutigen High-Tech-Entwicklungen. Das traditionelle Bauen war immer direkt verbunden mit den klassischen Hand-Werkzeugen welche zur Verfügung standen. Somit folgte die Entwicklung des Holzbaus stets auch der Entwicklung der Werkzeuge.

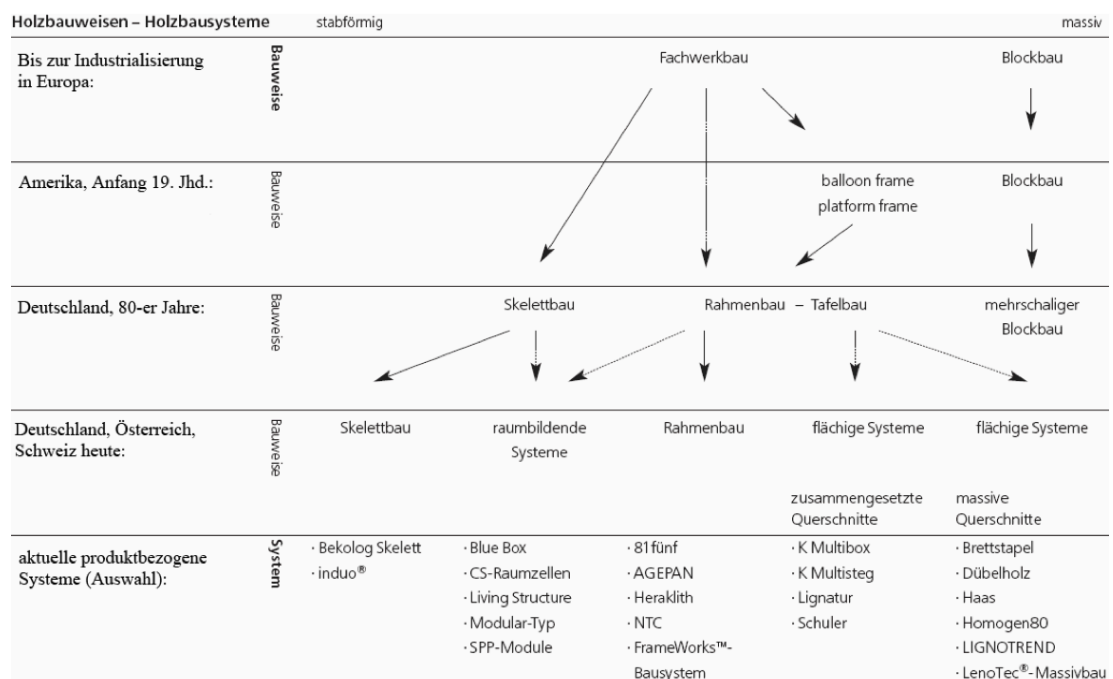


Abbildung 14: Entwicklung der Holzbauweisen

Schon in der Steinzeit errichteten Menschen primitive Bauwerke aus Holz, die ihnen Schutz vor Wetter und anderen Gefahren boten. Erst die Erfindung des Beils ermöglichte ihnen die

Bearbeitung von Holz und so auch die Herstellung von Pfählen, Palisaden (siehe Punkt 2.3.1; 2.3.2) und einfachen Blockhäusern (siehe Punkt 2.4.1). Ab diesem Zeitpunkt wurde Holz zum Baustoff. Den nächsten Entwicklungsschritt brachte die Säge und die, in der Spätantike aufkommende Sägemühle. Sie machten Balken, Bretter und Kanthölzer wirtschaftlicher und das Bauen mit Holz viel einfacher. Neue technische Möglichkeiten ergaben sich, die möglichen Konstruktionen erweiterten sich und der Beruf des Zimmermannes entwickelte sich. Der Grundstein des Fachwerkbaus war damit gelegt. Zuerst kam der Ständerbau/Geschossbau und ab 1600 als Weiterentwicklung der Rähmbau/Stockwerkbau (siehe Abbildung 15).

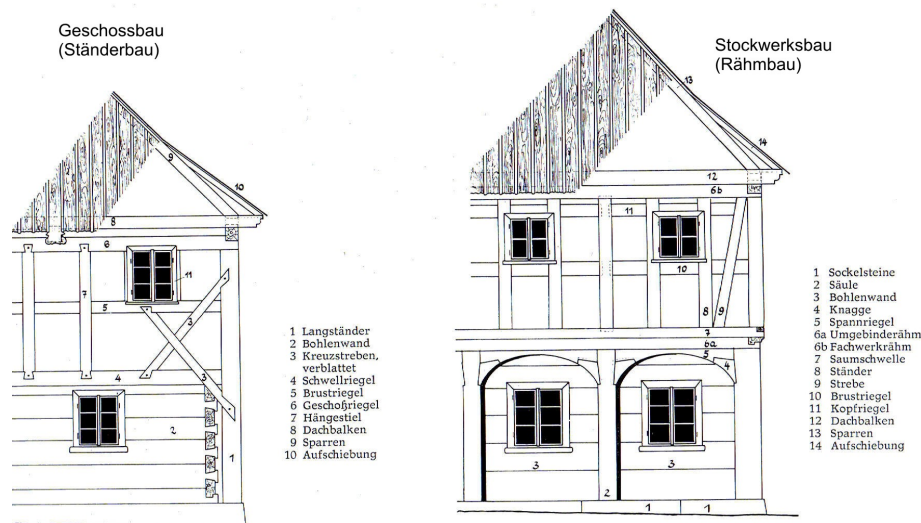


Abbildung 15: Ständerbau (links), Rähmbau (rechts)

Während sich der Fachwerkbau in vielen Teilen Europas als vorherrschende Bauweise weiterentwickelt, bleibt der Blockbau in den alpenländischen Gebieten bis spät in die Neuzeit gebräuchlich. Im europäischen Mittelalter fielen leider ganze Städte oder Stadtteile dem Feuer zum Opfer. So entwickelten sich aus Brandschutzgründen mehr und mehr städtische Bauordnungen die den Holzbau oder generell den Baustoff Holz benachteiligen. Nichtsdestotrotz wurden zu Beginn des 19.Jhd fast alle Häuser aus Holz oder in einer Mischbauweise ausgeführt. Erst im späten 19.Jhd, mit dem Aufstieg des Bürgertums und dessen neuen Wertigkeiten, wurde der Holzbau nachhaltig gemindert. Das Holzhaus wurde belanglos zum Zeichen für Armut und wer in einem solchen wohnte, war nicht Teil des Bürgertums. Das gemauerte Haus wurde zum Statussymbol der Mittel-/Oberschicht und entwickelte sich zur vorherrschenden Gebäudeart. Gleichzeitig wurde dem Holzbau die fälschliche Meinung der Vergänglichkeit, der qualitativen Minderwertigkeit zugeteilt und durch nachträgliches Verputzen, sein Aussehen an das Gemauerte angeglichen. Auch die damaligen Architekten beschäftigten sich nun vermehrt mit formalen Aspekten des Bauens und Stein/Ziegel wurde zum bevorzugten Baumaterial. Damit einhergehend verlor der Holzbau an Bedeutung.

Am nordamerikanischen Kontinent entwickelte sich die Baukultur ganz anders. In den so holzreichen Gebieten der heutigen USA und Kanada stieg die Bevölkerungszahl rasant an. Es wurden schnell errichtbare und günstige Wohnhäuser gebraucht wozu sich der Rahmenbau als gute Lösung anbot. Schon ca. 1650 errichtete man hier die ersten Häuser in Rahmenbauweise (Timber Frame). Es handelte sich dabei um ein tragendes Gerüst aus Holz welches mit Brettern verplankt wurde. Die Verplankung diente einerseits der Aussteifung der Konstruktion und andererseits als raumabschließende Außenhaut. Ab 1800 erlangte diese Bauweise immer mehr an Bedeutung. Grund war die von England ausgehende Industrialisierung der Metallindustrie, welche Nägel zu einem Massenprodukt und somit um vieles günstiger machte. In Folge dessen entwickelten sich auch neue, auf die „Timber Frame“-Bauweise basierende, Systeme des Bauens. Um 1850 wurde die „Balloon Frame“ und die „Platform Frame“-Bauweise (siehe Punkt 2.4.3) entwickelt, welche sich beide gut für Standardisierungen und die Vorfertigung eignen. Der weltbekannte Architekt Frank Lloyd Wright war dabei Vorreiter für die Konzipierung vorgefertigter Häuser. 1942 wurde dieser Schritt, von dem in die USA emigrierten Konrad Wachsmann, in Zusammenarbeit mit dem deutschen Bauhaus-Gründer Walter Gropius, gemacht, indem er das „General Panel System“ entwickelte, welches ausschließlich auf vorgefertigten Elementen basiert.

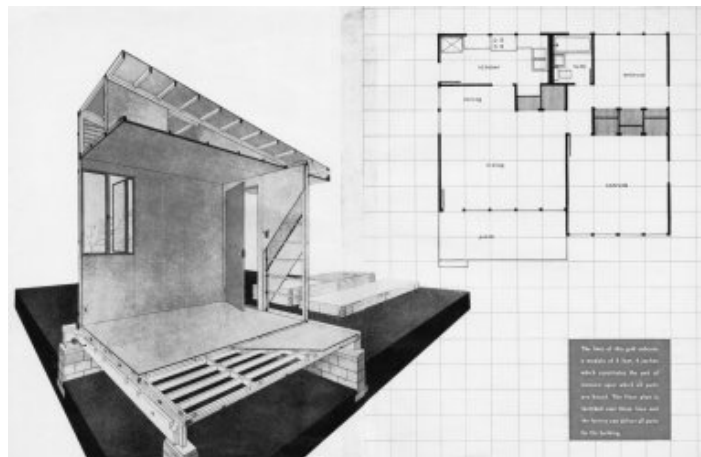


Abbildung 16: General Panel System – Konrad Wachsmann Walter Gropius

Die, während der zweiten Hälfte des 18. Jhd in England beginnende, europäische Industrialisierung prägte das mittel- und nordeuropäische Bauen sehr stark und nachhaltig. Für den Holzbau brach die neue Epoche des ingenieurmäßigen Bauens an. Weg vom handwerklichen, empirischen hin zum konstruierten, analysierten Bauen. Das ingenieurmäßige Bauen steigerte die Leistungsfähigkeit von Holzkonstruktionen wodurch plötzlich große Spannweiten keine Herausforderungen mehr waren.

Die neuen Produktionstechnologien der Industrialisierung, brachten logisch auch neue Möglichkeiten. Die mehr und mehr verfügbaren, neuen Materialien wie z.B.: Eisen, Stahl,

Beton und Kunststoffe, boten den Architekten plötzlich spannende neue Gestaltungsmöglichkeiten und neue Baumethoden. Auch Forschung, Entwicklung und Lehre fokussierten sich auf diese und förderten sie damit zusätzlich. Gleichzeitig erfuhren Städte, geprägt durch die steigende Zahl an Arbeitskräften in den Fabriken, einen raschen Anstieg der Bevölkerung. Eine Flut an neuen Gebäuden wurde daher gebaut und das „neue“ Bauen verdrängte die traditionellen Bauweisen (vgl. dazu Abbildung 17). Somit gelangte der Holzbau mehr und mehr ins Hintertreffen und entwickelte sich zu einer Art regionalem Phänomen.

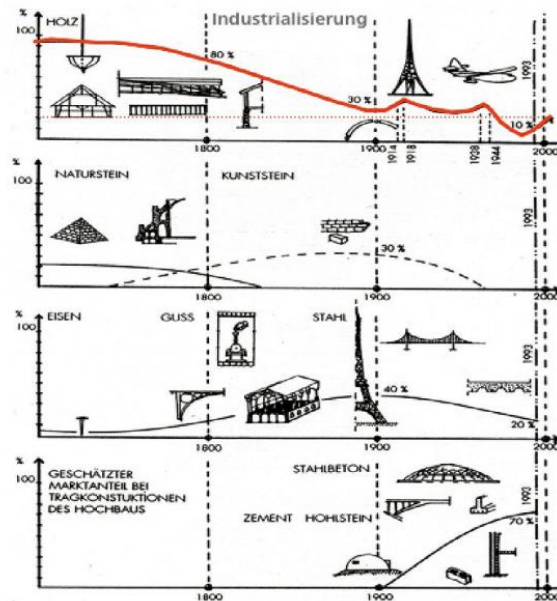


Abbildung 17: Geschichte der Materialanwendung

Einen Aufschwung erfuhr die Holzbauweise in den ökonomisch schwierigen Zeiten. Die Krisenzeiten während der beiden Weltkriege (1. Weltkrieg 1914-1918 und 2. Weltkrieg 1939-1945; siehe dazu Abbildung 17) machten den Holzbau wieder gefragt durch den naheliegenden Gedanken der Nutzung von heimischen, fast unerschöpflichen Rohstoffen. Den nächsten Aufschwung hat der Holzbau einer Förderungsinitiative der 80er und 90er Jahre zu verdanken. In diesem Zeitraum wurde bewusst, zur Stärkung des Baustoffes Holz, in Forschung und Entwicklung investiert. Neue, der Zeit viel mehr entsprechende, Werkstoffe (siehe Punkt 2.1.6), Verbindungsmittel, Arbeitsmethoden, und Transportgeräte wurden dadurch entwickelt und Ausbildungsprogramme mit zuverlässigen, technischen Informationen, Planungs- und Berechnungshilfen für Planer und Ausführende angeboten. Dadurch steigerte sich nicht nur die Qualität der ausgeführten Holzbauten, sondern auch der Betrachtungswinkel auf das Bauen mit Holz wurde wieder ins rechte Licht gerückt. Der Holzbau konnte sein „Alpenstil“-Image mehr und mehr ablegen und Dank Architekten wie Peter Zumthor und Herzog + De Meuron den Schwung zur Moderne schaffen. Letztendlich setzte sich diese positive Entwicklung bis zu den heute gültigen neuen Brandschutzvorschriften,

die das mehrgeschossige/großvolumige Bauen mit Holz erlaubt, fort und erobert mit modernstem Systembau die Städte und Vorstädte. vgl. [6, p. 9ff]

## **2.3 Vorgeschichtliche Bauweisen**

### **2.3.1 Flecht- und Pfahlbauten**

Die Flecht-/Pfahlbauten waren die ersten Typen des vorgeschichtlichen Bauens. Das Flechthaus bestand aus in die Erde eingegrabenen Pfosten, den dazwischen eingespannten Flächwänden und einem mit Gräsern gedecktes Dach. Da diese hüttenartigen Bauten keine Fundamente hatten, stellte das Vermodern der tragenden Pfosten ein großes Problem dar.

Der Pfahlbau war der zweite Typ dieser frühen Behausungen. Er stand vermehrt im Wasser um Schutz vor Raubtieren und feindlichen Nachbarn zu leisten. An seichten oder sumpfigen Stellen der Gewässer, wurden paarweise Pfähle in den Boden gerammt, mit Querhölzern versehen und so eine vom Boden abgehobene Wohnfläche hergestellt. Die Häuser an sich weisen die gleiche Konstruktionsart wie der Flechtbau auf. Die Außenhaut wird durch geflochtene und mit Lehm verputzte Wände und einem mit Gräser, Stroh oder Reisig gedecktem Dach gebildet. Der Aufbau der Pfahlbauten legte den Grundstein für die heute noch angewandte Riegelbauweise. vgl. [2]

### **2.3.2 Palisadenbau**

Die Außenwand des Palisadenbaus besteht aus unterschiedlich langen, jeweils so tief in die Erde eingegrabenen Spaltbohlen, dass deren Oberkante eine Ebene bildet. Um Spalten zwischen den Bohlen zu vermeiden, wurden sie bearbeitet und sich überlappend aufgestellt. Auf den Bohlen lagert sich das Dach gleichmäßig ab, welches mit Schilf oder Stroh gedeckt wurde. vgl. [2]

### **2.3.3 Pfostenbauweise**

Bei der Pfostenbauweise werden die konstruktiven Pfosten bis zu einem Meter in den Boden eingegraben und die Zwischenräume, wie schon beim Pfahlbau, mit lehmverputzten Flechtwänden oder mit Blockbohlen ausgefüllt.

Diese Bauweise war typisch für die Erbauung der, aus der Geschichte gut bekannten, Langhäuser. Diese erreichten in ihrer einschiffigen Struktur Ausmaße von bis zu 80m Länge und Breiten von bis zu 7m. Ihre Nutzung ging von Wohn-/Wohnstallhäuser über teilweise



in die Erde vertieften Grubenhütten als Werkstätten oder Vorratsspeicher bis hin zu Versammlungsstätten wie Kirchen.

Wie schon bei den Flecht- und Palisadenhäusern, ist ein großer Nachteil dieser Bauweise die Fäulnis der eingegrabenen tragenden Struktur. Keine dieser frühen Bauweisen verfügte über ein Fundament welche die Feuchte vom tragenden Holz abhielt, jedoch wurden bewusst spezielle, wasserresistentere Hölzer verwendet. Dadurch ergab sich eine maximale Lebensdauer dieser Bauten von maximal 20 bis 30 Jahren.

Durch seine Struktur wird die Pfostenbauweise als Vorläufer der Fachwerkbauweise (siehe Punkt 2.4) gesehen, welche sich ab dem 12. Jahrhundert behauptete. vgl. [2]

## 2.4 Traditionelle und heutige Bauweisen

Die unterschiedlichen Holzbauweisen kann man aus dem Blickwinkel ihrer geschichtlichen Entwicklung, ihrer geografischen Verbreitungen oder ihrer technischen Eigenschaften betrachten. In dem folgenden Kapitel liegt der Fokus der Unterscheidungen auf den technischen Aspekten.

Die Grundtypen der Holzbauweise sind in Abbildung 18 dargestellt und werden in den folgenden Unterpunkten näher beschrieben.

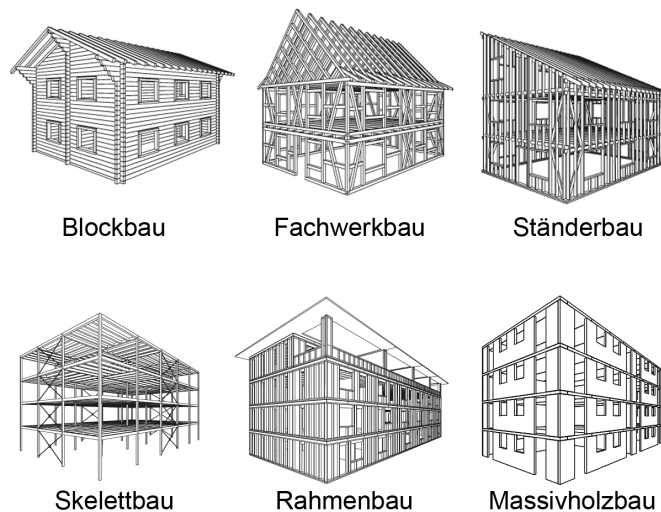


Abbildung 18: Grundtypen der Holzbausysteme

Aktuell kommen vorwiegend nur die Rahmenbauweise, die Skelettbauweise und die Holzmassivbauweise zum Einsatz.



### 2.4.1 Blockbau

Der Blockbau ist die urtümliche Bauweise von Europa und ist besonders verbreitet im Alpenraum und in Skandinavien. Hauptsächlich wurde sie bei Wohnbauten aber doch auch bei zB.: bei Brücken oder Kirchen angewendet.

Auch heute findet die Blockbauweise noch Anwendung aber mit weiterentwickelten mehrschichtigen Gebäudehüllen. In seinen Anfängen bestanden die Außenwände aus, mit der Hand behauenen, lediglich übereinander gelegten Baumstämmen. Der Fortschritt der Werkzeuge und der Bearbeitungsmöglichkeiten ist in der Entwicklung des Blockbaues gut ablesbar (siehe Abbildung 19).

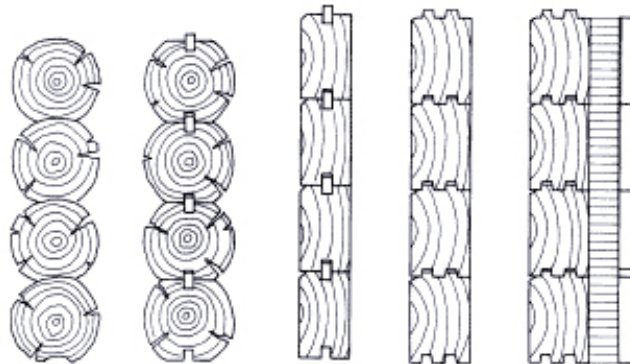


Abbildung 19: Entwicklung des Blockbaus

Die Wände des Blockbaues werden durch das Übereinanderlegen von Stämmen, Balken und Bohlen erzeugt und für deren Stabilität an den Wandschnittkanten mit einander verkämmt. Die Vertikallasten werden dabei über die liegenden Hölzer abgeleitet und die Aussteifung der Konstruktion wird von den querliegenden Innenwänden übernommen. Typisch für diese Bauweise sind die hohen Setzmaße, die bei der Planung und Ausführung beachtet werden müssen. vgl. [6, p. 50ff]

### 2.4.2 Fachwerkbau/Riegelbau

Der Fachwerkbau mit seinen sichtbaren Holzrippen ist die traditionelle Bauweise in Europa. Entwickelt wurde sie schon im Mittelalter, da der Baustoff Holz und die Grundstücksflächen in den Städten sparsamer eingesetzt werden mussten. Durch das Auflösen der Wandscheiben in ein Konstruktionssystem konnte Holz eingespart werden und es ermöglichte vier- oder sogar mehrgeschossig zu bauen.

Die Wände eines Fachwerkhouses bilden ein tragendes, geschosshohes Konstruktionsgerippe aus Massivholzstäben. Im Gegensatz zum Blockbau, wo noch die komplette Wand-

scheibe tragend wirkt, werden nun alle statisch wirksamen Kräfte über ein System an Stäben abgeleitet und die Zwischenräume mit Füllmaterialien verschlossen. Das Gewicht dieser Füllungen und die der Ausbaumaterialien wirken zusätzlich zur Stabilisierung gegen Windkräfte. Typisch für diese Bauweise ist der Einsatz von Zapfen und Versatz als Verbindungen da diese durch das Konstruktionssystem relativ wenig belastet werden. vgl. [6, p. 54ff]

### 2.4.3 Ständerbau/Rippenbau

Die Ständerbauweise oder auch Rippenbauweise genannt, wurde um ca. 1850 in den USA unter den Namen „Balloon Frame“ und „Platform Frame“ entwickelt. Selbst heute ist die Platform Frame Bauweise in den USA eine der häufigst angewandten Methode für ein- bis zweigeschossige Gebäude. Erst um ca. 1930 kam der „Gerippebau“, welcher sich an dem Platform Frame sein Vorbild nahm, auch in Europa zur Anwendung.

Die Wände des Ständerbaues bestehen aus eng aneinandergestellten, vertikalen Ständern welche die gesamte Gebäudehöhe durchlaufen. Als großen Unterschied zur Fachwerkbauweise, wird dabei die Aussteifung über eine außen aufgebrachte, schräge oder horizontale Verschalung oder durch Holzwerkstoffplatten erzielt. Die Deckenträger werden von einer stehenden Stegbohle, welche in einer Ausnehmung der vertikalen Ständer befestigt ist, getragen. Typisch für diese Bauweise sind die relativ schlanken und gleichzeitig langen Querschnitte der tragenden Konstruktion und die sich dadurch ergebenden engen Stützenabstände. vgl. [6, p. 60f]

### 2.4.4 Skelettbau

Der Holzskelettbau leitet seinen Namen vom Tragskelett ab und ist eine Weiterentwicklung des Fachwerkbaus. Er besteht primär aus senkrechten Stützen und waagrechten Trägern, aufgeteilt auf ein großes Rastermaß. Seine nichttragenden Wände bestehen meist aus einer äußeren und inneren Verkleidung, der dazwischenliegenden Dämmschicht, Dampfbremse und Windsperre. Dabei können die Außen- und Innenwände beliebig zwischen die tragende Konstruktion eingebaut werden und im großen Gegensatz zur Holzrahmenbauweise (siehe Punkt 2.4.5), wirken sie nicht zur Aussteifung des Gebäudes. Die Windlasten werden hier von diagonalen Holzstreben oder Stahlstangen, oder auch durch massiv ausgebildete Kerne wie das Stiegenhaus abgetragen. Somit ergibt sich eine klare Trennung zwischen der Funktion Tragen und Raumabschließen.

Da die Wände, bei dieser Bauweise, keine tragenden Funktionen übernehmen müssen, können sie beliebig außerhalb des Stützenrasters angeordnet werden. Grundriss können

somit geschossweise frei gestaltet werden und selbst ein nachträgliches Verändern ist relativ einfach. Typisch für diese Bauweise ist das sichtbar bleiben des Holzskelettes im Inneren. vgl. [6, p. 86ff]

### 2.4.5 Rahmenbau

Der Holzrahmenbau ist eine Weiterentwicklung der, ca. 1850 in den USA, entwickelten Platform Frame Bauweise und wurde in den letzten Jahrzehnten an die europäischen Anforderungen angepasst. Grundsätzlich gehört er in die Kategorie der Ständerbauweise (siehe Punkt 2.4.3), wird aber im Gegensatz dazu stockwerksweise aufgebaut. Seine tragende Konstruktion besteht aus plattenförmigen Elementen, mittragenden Rahmen und einer aussteifenden Beplankung. Dabei übernehmen die stabförmigen Rippen die Vertikallasten aus den Geschossdecken, Dach, usw. und die Beplankung ist zuständig für die Stabilität und die horizontalen Windlasten.

Der tragende Rahmen wird bevorzugt aus kleinformatischen Massivhölzern (Kanthölzer) und die Beplankung meist aus Holzwerkstoffplatten hergestellt. Die Zwischenräume der Rahmen werden mit Wärmedämmung gefüllt und je nach Anforderung mit Dampfbremsen, Windbremsen, Gipsplatten und wetterfesten Fassaden verkleidet. Durch diesen Aufbau bleiben Rahmenkonstruktionen schlank und sein Gewicht gering. Vorzugsweise werden die Elemente in Hallen vorgefertigt und in nur wenigen Tagen auf der Baustelle montiert. vgl. [6, p. 62ff]

### 2.4.6 Massivholzbau

Der Ursprung des Massivholzbaues liegt in der urtümlichen Blockbauweise. Der markante Unterschied zu den anderen Holzbauweisen ist der durchgängig aus Holz bestehende, tragende Kern der Bauteile. Somit wird die, im Holz-Leichtbau üblicherweise in der Ebene der tragenden Struktur liegende, Dämmschicht klar von der Konstruktion getrennt.

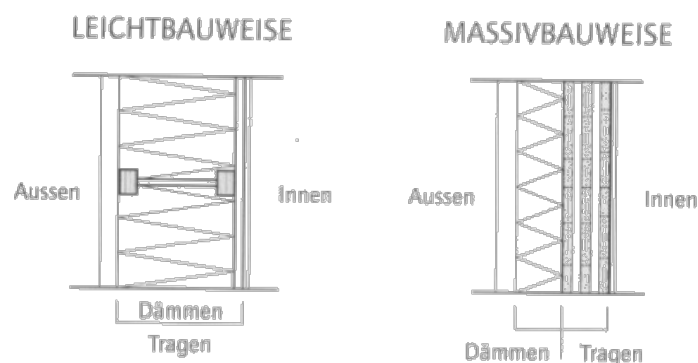


Abbildung 20: Gegenüberstellung Leicht- und Massivbauweise

Die heutigen industriellen Fertigungen ermöglichen großflächig tragende und zugleich raumabschließende Elemente für Wände, Decken und Dächer aus Holz herzustellen. Diese Bauteile bestehen hauptsächlich aus neu zusammengesetzten Brettern, die miteinander verleimt, kreuzweise verleimt, gedübelt oder genagelt sind. Ausgangsmaterial ist dafür das Holz der Stammrandzonen eines Baumes, welches für viele andere Anwendungen ungeeignet ist aber für gewöhnlich die besten Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit und Steifigkeit aufweist. Diese Kerne aus Massivholz wirken als flächiges Tragsystem und leiten einwirkende Kräfte als Scheibe ab.

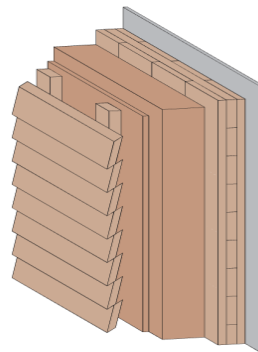


Abbildung 21: Wandsystem Holzmassivbau

Innovative Holzbauunternehmen entwickelten in den letzten Jahren dazu richtungsweisende Bausysteme. Dabei wird bei Wänden die Wärmedämmung meist außen aufgebracht und durch eine Holz- oder Putzfassade geschützt (siehe Abbildung 21). Innen verkleidet man die Wände mit Gipsbauplatten oder lässt sie sichtbar. Die Decken erhalten an der Oberseite meist einen Estrich und ihre Unterseite wird lediglich verkleidet oder auch sichtbar gelassen. Typisch für die Holzmassivbauweisen ist die einfache Möglichkeit der Vorfertigung, eine rasche Montage und hohe Tragfähigkeit. vgl. [6, p. 112ff]

## 2.5 Holzbaukultur der Neuzeit

Derzeit erleben die Städte eine erstaunlich positive Entwicklung. Die Zerstörungen aus dem Krieg sind so gut wie nicht mehr vorhanden, die Bausünden aus der Wiederaufbauzeit weitestgehend geheilt und sie erleben eine florierende Reurbanisierung. Von der einst vorhandenen „Flucht aufs Land“ kann nicht mehr die Rede sein. Die Ballungsräume werden beliebter Lebensraum und damit steigt auch der Druck auf sie. Die leistbaren Wohnungsangebote für die unterschiedlichen sozialen Schichten wurden in den vergangenen Jahren zur Mangelware. Die ökonomischen und ökologischen Herausforderungen für die Städte sind dadurch mittlerweile so groß wie nie zuvor.

Der Holzbau von heute hat so gut wie nichts mehr mit den zuvor erklärten historischen und traditionellen Bauweisen (siehe Punkt 2.3 und 2.4) zutun. Auch von Bauten für sozial Schwächere oder Bauten für ländliche Gebiete kann keineswegs mehr die Rede sein. Weiters beschränkt sich der Holzbau schon lange nicht mehr auf Einfamilienwohnhäuser oder weit gespannte Hallenkonstruktionen. Vielmehr hat er sich komplexen technischen Entwicklungen unterzogen, war und ist Basis für neue Konstruktionsweisen und zeigt sich heute, durch das bessere Verständnis für den Baustoff, in zeitgemäßer Architektur. Das Bauen mit Holz hat sich vom reinen Handwerk über rationelle Fertigungsprozesse in der Werkstatt hin zu effizienten Industrialisierungen in Form von Halbfabrikaten entwickelt. Aus den tradierten Zimmereien wurden Großbetriebe die mit EDV-gesteuerten Planungsprozessen automatisierte Präzisionswerkzeuge steuern. Sie produzieren, statt mit Hand gefertigte Einzelteile, Bauteile deren Anforderungen und Ansprüche an Qualität vorab bekannt sind. Diese werden dann am Bauplatz in geringer Zeit und mit hohem Maß an Genauigkeit zum großen Ganzen zusammenfügt. vgl. [6, p. 11ff]

Diese positive Entwicklung, im Bauen mit Holz und die Notwendigkeit an zusätzlichen Wohnungen, führte zur aktuellen Entwicklung des urbanen mehrgeschossigen Holzbaues. Erkenntnisse aus Versuchsprojekten, eine Vielzahl an Forschungsarbeiten und selbst eine Novellierung von Gesetzen und Richtlinien war dafür jedoch notwendig. Somit dürfen heute in Österreich Gebäude mit einem Fluchtniveau von bis zu 22 Metern in Holzbauweise gebaut werden. Das österreichische Pionierprojekt dazu ist der Wohnbau in der Wagramer Straße, 1220 Wien.



Abbildung 22: Mehrgeschossiger Wohnbau - Wagramer Straße

Der von Schluder Architektur geplante Bauteil A des Projektes Wagramer Straße, ist der erste 7-Geschosser welcher in Massivholzkonstruktion aus Brettsperrholz (siehe Punkt 2.5.1- Brettsperrholz) in Österreich errichtet wurde. Das Sockelgeschoss wurde jedoch, wie es die Wiener Bauordnung für Holzbauten über vier Geschosse vorschreibt, aus Stahlbeton errichtet.

## 2.5.1 Entwicklung von großformatigen Platten

### Brettsperrholz

Bei dieser Entwicklung handelt es sich um sehr formstabile Massivholzelemente in großen Formaten und ist in die Holzmassivbauweise (siehe Punkt 2.4.6) einzuordnen. Grundlegend basieren die BSP-Elemente auf dem gleichen Herstellungsprinzip wie die Furnierwerkstoffe (siehe Punkt 2.1.6), dem schichtweisen Aufbau. Mindestens drei Lagen aus Brettern werden dazu kreuzweise oder diagonal miteinander verleimt oder verdübelt. Dadurch wird das „Arbeiten“ (siehe Punkt 2.1.1) des Holzes auf einen unmaßgeblichen Wert reduziert und machte das Produkt Brettsperrholz zu einem sehr gut einsetzbaren Baustoff. Die Bretterlagen bestehen hauptsächlich aus heimischen Nadelhölzern Fichte, Kiefer, Lärche oder Tanne. Je nach den statischen und brandschutztechnischen Anforderungen können die Anzahl und die Dicke der Brettschichten angepasst werden. Die einzelnen Elemente werden dann vor Ort zu einem Tragwerk miteinander verbunden. vgl. [2, p. 65ff]



Abbildung 23: Brettsperrholz

### Brettschicht-/stapelholz

Das Brettstapelholz erinnert stark an den urtümlichen Blockbau, nur mit vertikaler Ausrichtung. Seine flächigen Elemente bestehen aus stumpf gestoßenen oder mit einander verzinkten, hochkant nebeneinander gestellten Brettern, Bohlen oder Kanthölzern. Diese werden durch Hartholzdübel, Nägel oder durch Verleimen zu Platten zusammengefügt. Großer

Vorteil der Brettstapelelemente gegenüber dem herkömmlichen Blockbau ist das stark reduzierte Quell- und Schwindverhalten. Jeder Aufbau weist jedoch unterschiedliche Eigenschaften dazu auf. So schwindet ein gedübeltes Element in jeder einzelnen Brettlamelle für sich und ein genageltes Element hingegen als Ganzes. vgl. [2, p. 50ff]

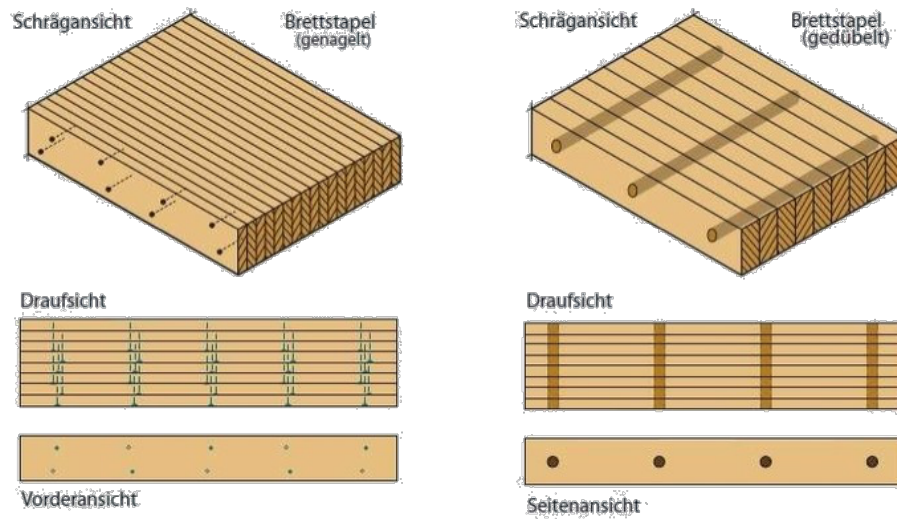


Abbildung 24: Brettstapelholz

## 3 Bauen in Wien

Die Stadt Wien ist eigener Erfahrungen und veröffentlichten Rankings nach, eine Stadt mit sehr hoher Lebensqualität. Grund dafür sind sicherlich das gute öffentliche Verkehrsnetz, der große Anteil an Grünanlagen, die guten Ausbildungsmöglichkeiten, die Fülle an Kunst und Kultur, uvm. Für meine Arbeit aber viel interessanter ist die fortschrittliche Umgangsweise mit dem tatsächlichen Lebensraum der Wiener – dem Wohnbau in Wien.

### 3.1 Qualitätssicherung des Wiener Wohnbaus

Im Jahre 1984 wurde zur Sicherung der Wohnqualität in Wien, auf den Beschluss des Wiener Gemeinderates, der „wohnfonds\_wien“ gegründet. Dessen Aufgaben liegen bei:

- Liegenschaftsmanagement, Projektentwicklung und Qualitätssicherung für den sozialen Wohnbau
- Vorbereitung und Durchführung von Stadterneuerungsmaßnahmen, insbesondere Beratung, Koordination und Kontrolle der geförderten Wohnhaussanierung sowie Entwicklung von Blocksanierungen

Durch dessen Tätigkeit wurden bisher 40 öffentliche Bauträgerwettbewerbsverfahren mit einem Volumen von ca. 15.800 Wohneinheiten durchgeführt und vom Grundstücksbeirat insgesamt mehr als 1.400 Projekte beurteilt, wodurch zusätzlich 60.000 Wohneinheiten (Stand 2012) zur Förderung empfohlen wurden.

Eines der Instrumente zur Qualitätssicherung sind die öffentlich abgehaltenen Bauträgerwettbewerbe. Gewerbliche und gemeinnützige Bauträger, Architekten und Sonderfachleute stehen dabei in Konkurrenz zueinander um mit ihren Projektteams Realisierungskonzepte zu entwickeln. Die Siegerprojekte werden von einer fachkundigen Jury ermittelt wobei die Beurteilungskriterien auf:

- Soziale Nachhaltigkeit
- Architektur
- Ökologie
- Ökonomie

liegen. Ziel ist es leistbares Wohnen, Qualitätsstandards und innovative Projekte zu erreichen. vgl. [12]



## 3.2 Verfahren des Bauträgerwettbewerbes

Das Verfahren des Bauträgerwettbewerbes kommt für geförderte Wohnbauvorhaben ab einer Größe von ca. 200 bis 300 Wohneinheiten zum Einsatz und ist ein öffentlich ausgelobtes Verfahren. Die öffentliche Auslobung des ein- oder mehrstufigen Wettbewerbes erfolgt durch entsprechende Veröffentlichung im Amtsblatt, im Internet, etc. und durchläuft zuvor einer Suche nach Interessenten.

Der Bauträgerwettbewerb dient zur Ermittlung von Liegenschaftskäufern, welche die besten Realisierungskonzepte für einen ausgeschriebenen Bauplatz erstellen.

Ziel des Verfahrens ist die Qualitätssicherung im geförderten Wohnungsneubau und die Qualitätskontrolle vor Zusicherung von Fördermitteln. vgl. [12]

## 3.3 Beurteilung und Bewertung

Die Vorprüfung der eingereichten Wettbewerbsbeiträge erfolgt durch ein externes Ziviltechnikerbüro und wenn erforderlich durch beigezogene Sonderfachleute. Dabei befasst man sich mit nachfolgenden Punkten

- Einhaltung der formalen Bedingungen
- Vollständigkeit der eingereichten Unterlagen
- Einhaltung der Ausschreibungsvorgaben und der Vorgaben des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes
- Überprüfung der Angaben des Datenblattes

Die zusammenfassenden Ergebnisse der Vorprüfung werden den Beurteilungsgremien in Form eines schriftlichen Vorprüfberichtes vorgelegt.

Die Beurteilung und Bewertung der Beiträge erfolgt durch eine Fachjury. Diese besteht aus Experten aus den Fachbereichen Architektur, Städtebau, Ökologie, Ökonomie, Wohnrecht, Wohnbauförderung sowie Bauträgervertreter, Vertreter der Stadt Wien und des „wohnfonds\_wien“.

Wie schon im Punkt 3.1 erwähnt, liegt das Hauptaugenmerk bei der Beurteilung und Bewertung der Projekte auf

- Soziale Nachhaltigkeit
- Architektur
- Ökologie
- Ökonomie

wobei die Gesamtqualität und speziell die Ausgewogenheit der vier Hauptaugenmerke im Vordergrund stehen.

Nach Beurteilung der Projekte durch das Beurteilungsgremium, werden dem Auslober Empfehlungen vermittelt. Von diesen Empfehlungen kann der Auslober, durch sachliche Begründung, abweichen aber auch das Beurteilungsgremium kann von einer Empfehlung absehen, wenn unter den teilnehmenden Projekten keines den gestellten Anforderungen entspricht. Ebenso steht die Entscheidung alleinig dem Auslober zu, ein dingliches Recht (Grundstücksverkauf, Einräumen eines Baurechtes) zu vergeben. vgl. [12]

### **3.4 Sicherstellung**

Die Sicherstellung der Wettbewerbsangebote und -inhalte wird durch die Verpflichtung zur Realisierung gewährleistet. Das Siegerprojektteam verpflichtet sich mit dem Kauf des Grundstückes dazu und akzeptieren es somit als Geschäftsgrundlage.

Weiters sind die in den Wettbewerbsbeiträgen vorgelegten Inhalte und Daten des Projektes wie: Kostenanbot, ökologisches Anbot, Planung, soziale Nachhaltigkeit und der Bauzeitplan, verbindliche Zusagen des siegreichen Projektteams. Die tatsächliche Umsetzung wird im Rahmen der Förderungsabwicklung (durch MA25, MA50) und durch den Auslober selbst kontrolliert. Bei nicht Einhalten der Vorgaben oder bei starken Abweichungen vom Ursprungsprojekt, werden durch Pönalezahlungen, der Ausschluss von künftigen Wettbewerbsverfahren und im schlimmsten Fall durch eine Rückabwicklung des Grundstücksverkaufes sanktioniert. vgl. [12]

## 4 Projektorganisation

### 4.1 Projektorganisation im Bauwesen

Projektorganisation baut einerseits auf den Aufbau (die Struktur) und andererseits auf die Abläufe (die Prozesse) auf. Für die vorliegende Arbeit ist das Schaffen von Schnittstellen zwischen den Projektphasen von besonderer Bedeutung, denn auf sie wirken Fertigungsmethoden und damit verbundene Materialeigenschaften. Im Gegensatz zur Organisation kontinuierlicher Prozesse in der industriellen Fertigung bzw. in der Werkstattfertigung, wechseln die Rahmenbedingungen bei Bauprojekten, bedingt durch individuelle Umgebungsparameter der jeweiligen Baustelle, wie z.B. Baurecht, Logistik, Geologie, Witterungseinflüsse und klimatische Verhältnisse. Für die Projektorganisation im Bauwesen gilt demnach:

- Der Detaillierungsgrad der Planung sinkt, bei gleichzeitiger Verschiebung des Planungszeitpunktes in die Phasen der Fertigung, zu permanenten Planadaptierungen.
- Die Gliederung, die Schnittstellen und Reihenfolge einzelner Ausführungsschritte unterscheiden sich von Projekt zu Projekt.
- Standards bzw. Methoden der Projektorganisation weichen vergleichsweise häufig improvisierten Ad-hoc-Entscheidungen. Die Konsequenzen daraus sind mangelnde Kosten- und Zeitkontrolle.

### 4.2 Die Projektorganisation im Holzbau

Josef Kolb stellt in seinem Werk „Holzbau mit System - Tragkonstruktion und Schichtaufbau der Bauteile“ den Vorteil des Holzbaues, gegenüber traditionellem Mauerwerksbau bzw. Betonbau auch in Bezug auf die Projektorganisation dar. Einleitend wird der Systemgedanke im Holzbau hervorgehoben, welcher über den Rahmen- und Skelettbau hinausgeht und mit spezifischen Systemlösungen des Holzbaues begründet.

*„Nebst den Systemen für Tragwerke gilt dies ebenso für die Gebäudehülle, die durch Systemlösungen zu einem geschlossenen Funktionsträger geworden ist, ferner auch für Geschossdecken oder innen liegende Trennwände“*  
[6, p. 21]

Es kommt zu einer Aufgaben-vor-Verlagerung in den Entwurf und die Konstruktion, zu „einem wechselseitigen Prozess zwischen Entwerfen und Konstruieren“ [6, p. 24]. Die Ideen

des Entwurfes zeigen ihre Machbarkeit umgehend in der Konstruktion, in der Abgestimmtheit des Grundrisses und Schnittes, dem Einhalten von Systemhöhen und Dimensionen, dem Bilden von Rastern und der frühzeitigen Berücksichtigung der Installationsführung.

Die Teile und Module von Holzbauten werden zunehmend industriell bzw. mit den Methoden der Werkstattfertigung erzeugt. Die überwiegende Mehrzahl an Entscheidungen wird auf hohem Detaillierungsgrad in den frühen Planungsprozess verlagert. Der Plan wird bei steigender Planungssicherheit konsolidiert und verdichtet.

Das Ergebnis stellt Kolb, wie nachfolgend dargestellt beispielhaft in einem Vergleich der Planungs-, Produktions- und Montageabläufe zwischen dem Holzbau und üblichem Beton- und Mauerwerksbau dar. Die Durchlaufzeit des Projektes wird namhaft verringert, eine größtmögliche Sicherheit bezüglich der Einhaltung von Zeitplänen und Kosten erreicht. vgl. [6]

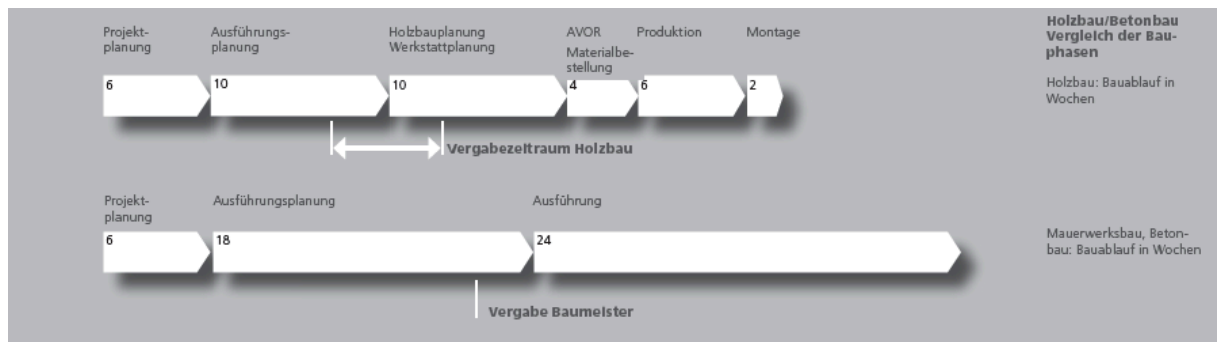


Abbildung 25: Vergleich der Bauphasen

## 5 Methode der empirischen Analyse

Um Antworten auf meine Forschungsfrage zu bekommen, verwende ich in dieser Arbeit die Methoden der empirischen Sozialforschung. Dabei kennt die Forschung viele unterschiedliche Wege um zu Erkenntnissen zu kommen. Auf der einer Seite stehen die quantitativen und auf der anderen Seite die qualitativen Methoden. Die quantitative Forschung arbeitet mit standardisierten Befragungen und wird mittels statistischen Methoden ausgewertet. Im Gegensatz dazu arbeitet die qualitative Forschung mit unstandardisierten Daten (aus z.B.: Gruppendiskussionen, Interviews, schriftliche Befragungen, Beobachtungen, ...) wodurch die Realität hervorgehoben und durch Kategorie basierende Interpretation der Aussagen ausgewertet wird.

Als die vielversprechendste Methode, um an die gewünschten Daten für meine Vorhaben zu gelangen, stellte sich das Experteninterview (siehe Punkt 5.6) als am geeignetsten dar. Ich bewege mich somit in dem Bereich der qualitativen Sozialforschung. Dabei werden die Einzelinterviews als leitfadengestützte Gespräche geführt die den Charakter einer offenen, teil-strukturierten Befragung aufweisen. Unter „offen“ ist hier die Möglichkeit für den Befragten zu verstehen, sich frei äußern zu können und Aussagen zum jeweiligen Thema zu treffen die ihm als wichtig erscheinen. Mit „teil-strukturiert“ (siehe Punkt 5.5.1) ist lediglich ein Gesprächsleitfaden gemeint, der Themenbereiche und Fragen beinhaltet, die auf jeden Fall angesprochen werden sollen. Ziel ist es nicht, vorhandene Hypothesen zu testen, sondern über die qualitative Forschung Hypothesen zu generieren. vgl. [13]

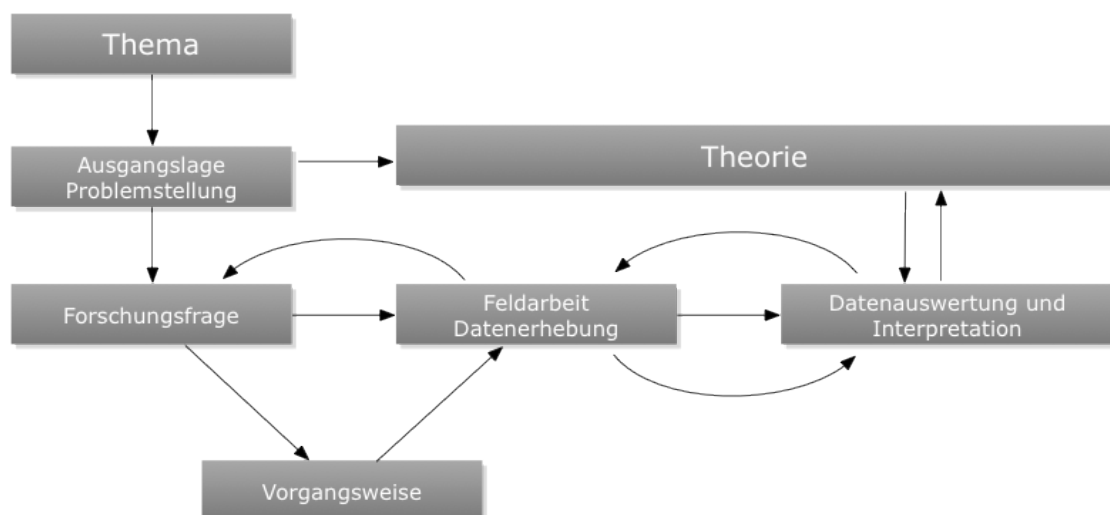


Abbildung 26: Prozess der qualitativen Forschung

## 5.1 Aufbau der Analyse

Wie in der Einleitung des 1. Kapitels erwähnt und in Punkt 5.6 beschrieben, baut diese Arbeit auf leitfadengestützte Experteninterviews auf. Der dafür erstellte Leitfaden und die Interviewsituation werden nachfolgend erläutert und dargestellt.

Der Aufbau des Interviews gliedert sich in zwei und der Leitfaden in fünf Teile:

Aufbau	
Interview	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Informationen</li> <li>• Themenbezogenes Gespräch</li> </ul>
Leitfaden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragen zur Person</li> <li>• Eröffnungsfragen</li> <li>• Schnittstellen und Organisation</li> <li>• Kosten und Planung</li> <li>• Ausblick und Rückblick</li> </ul>

Tabelle 5: Aufbau Interview/Leitfaden

Zu Beginn des Interviews stellte ich mich als Interviewender vor und erklärte kurz den Hintergrund und die Ziele meines Vorhabens. Danach wurde, zur Klärung der Interviewsituation selbst, der Befragte über die vorhergesehene Dauer, den Aufbau, die Absicht der Audioaufnahmen des Interviews und die anonyme Verarbeitung der Daten aufgeklärt. Des Weiteren gab ich ihm vorab die Möglichkeit Fragen an mich zu stellen. Erst dann, nach seiner Zustimmung, wurde die Aufnahme gestartet und mit dem Interview begonnen.

Gestartet wurde das Interview anhand des Leitfadens mit den Fragen zur Person. Danach wurde das Gespräch, durch Eröffnungsfragen, dem Thema angenähert und gestützt durch den Leitfaden geführt.

Um die Informationen aus dem Gespräch generieren und auswerten zu können (siehe Punkt 5.7), zeichnete der Audiorecorder während der gesamten Interviewzeit auf. In seiner Handhabung musste ich daher geübt sein und die einwandfreie Funktion während der Aufnahme kontrollierte ich regelmäßig.

Zum Schluss wurde der Experte noch gefragt, ob aus seiner Sicht, eine wichtige Frage zum Thema ungestellt oder sogar ein wichtiger Themenbereich von mir ausgelassen wurde. Seine Verbesserungsvorschläge habe ich dankend angenommen, notiert und in späterer Folge bearbeitet oder in die Befragung eingearbeitet.

## 5.2 Interviewte Personen

Für die Interviews wurden für mein Forschungsfeld interessante Personen (Experten – vgl. Punkt 5.6) aus den, für die Studie festgelegten, drei Kategorien

- Bauherr
- Planer
- Ausführende

ausgewählt, gelistet und anschließend kontaktiert. Die Kontaktaufnahme erfolgte zuerst schriftlich, um auf das Thema und die Ziele der Arbeit aufmerksam zu machen und gleichzeitig um einen Bezug bei den späteren Telefonaten aufbauen zu können. Der telefonische Kontakt diente dann dazu, das Interesse an einer Befragung auszuloten, die potenziellen Befragten direkt um einen Interviewtermin zu bitten, für eventuell noch offene Fragen bereit zu stehen und im besten Fall, um gleich ein Treffen zu vereinbaren.

Dankenswerterweise haben sich folgende Personen für meine Studie Zeit genommen und haben durch das Vermitteln ihres Wissens und ihrer Erfahrung, meine Arbeit erst möglich gemacht:

- Ing. Wilhelm Zechner (Sozialbau AG)
- Ing. Michael Pech (Österreichisches Siedlungswerk)
- Dipl.-Ing. Michael Schluder (Schluder Architektur)
- Dipl.-Ing. Harald Eder (Hagmüller Architekten)
- Dipl.-Ing. Johannes Kaufmann (Johannes Kaufmann Architektur)
- Dipl.-Ing. Michael Berger (Team GMI)
- Dipl.-Ing. Hannes Stangl (Projektbau)
- Bmstr. Ing. Werner Scharf (ARWAG)
- Dipl.-Ing. Hans-Christian Obermayr (Obermayr Holzkonstruktionen)
- Ing. Klaus Freischlager (Aichinger Hoch-, Tief- und Holzbau)
- Ing. Bernd Höfferl, MSc (ELK Fertighaus AG)
- Friedrich Schachner (Schachnerhaus)
- Ing. Christian Jeitler (VARIO-BAU)
- Dipl.-Ing. Robert A. Jöbstl (Haas Fertigbau Holzbauwerke GmbH)

Die Einteilung der Befragten in die drei Kategorien fand statt, um bei der Analyse mehrere Blickwinkel auf das Themenfeld zu erlangen. Damit sollte gewährleistet werden ein Berufsgruppen unabhängiges Bild der Situation zu bekommen bzw. auch um die unterschiedlichen Schwerpunkte herauszufinden und miteinander vergleichen zu können. Pro Kategorie

wurden 3 Experten zum Forschungsthema interviewt. Im weiteren Verlauf der Studie weitete ich die Befragung in schriftlicher Form aus.

### 5.3 Empirie Allgemein

Das Wort Empirie leitet sich von dem griechischen Wort „empeiria“ ab und bedeutet Erfahrung. Als Begriff kann man es als eine philosophische Strömung (Empirismus) und als Alltags- und Wissenschaftsverständnis verstehen. In beiden Fällen, also in der Empirie und im Empirismus, werden Erkenntnisse nur durch Beobachtung oder anders bezeichnet durch erlebte Erfahrungen erzielt. Im Grunde wird dabei nicht zwischen den alltäglichen und wissenschaftlichen Erfahrungen unterschieden. Nur die Systematik beim Erlangen und die Ziele, mit den erlangten Erkenntnissen, sind unterschiedlich. Im Alltag sammelt man seine Erfahrungen situationsbedingt, welche im direkten Bezug auf ein konkretes Handeln stehen und nur einem selbst dienen. Die Wissenschaft hingegen arbeitet erkenntnisorientiert. Ihr Hauptaugenmerk liegt dabei darauf, dass jegliche erworbenen Erkenntnisse auf den gemachten Erfahrungen basieren. Sie will über Verallgemeinerungen Theorien ableiten, diese durch z.B.: Experimente überprüfen und als Forschungsergebnisse publizieren. Somit unterliegen sie auch strengen wissenschaftlichen Regeln. vgl. [14]

### 5.4 Ziele empirischer Forschung

*„Empirische Wissenschaft soll nicht „Glaubenssicherheit“ vermitteln, sondern die Welt – so wie sie ist – beschreiben und erklären, soll die Augen für den kritischen Blick auf die Realität öffnen“ [15, p. 15]*

Ziel ist es, die Welt zu erläutern und realgetreu darzustellen. In der empirischen Forschung werden aus Beobachtungen Theorien gebildet, überprüft und zu Aussagen über die Realität formuliert. Kurz, sie will Aussagen oder besser Erkenntnisse über reale Tatsachen bekommen. Das Ziel, neue Erkenntnisse zu erzielen, beschränkt sich jedoch nicht nur auf die empirische Forschung, sondern stellt ein grundlegendes Ziel jeglicher Wissenschaft dar. So vielseitig wie Wissenschaften sind, genau so unterschiedlich sind deren Methoden und Vorgehensweisen um ihre Erkenntnisse zu gewinnen. Als Beispiel ist das empirische Vorgehen eines Wissenschaftlers, dass er von beobachteten Einzelfällen auf allgemein gültige Erkenntnisse schließt. Dem gegenüber arbeitet der Theoretiker von allgemein gültigen Aussagen aus in Richtung des Spezifischen. vgl. [14]



## 5.5 Das Interview in der Sozialforschung

*„Jedes Interview ist Kommunikation, und zwar wechselseitige, und aber auch ein Prozess. Jedes Interview ist Interaktion und Kooperation. Das „Interview“ als fertiger Text ist gerade das Produkt des „Interviews“ als gemeinsamem Interaktionsprozess, von Erzählperson und interviewender Person gemeinsam erzeugt – das gilt für jeden Interviewtypus. (...) Interviews sind immer beeinflusst, es fragt sich nur wie. Es geht darum, diesen Einfluss kompetent, reflektiert, kontrolliert und auf eine der Interviewform und dem Forschungsgegenstand angemessenen Weise zu gestalten.“ [16, p. 12]*

In der Sozialforschung sind Interviews eine sehr verbreitete Methode um Forschungsmaterial zu erheben. Einerseits werden sie in der qualitativen Forschung als eigenständige und spezielle Verfahren eingesetzt. Andererseits dienen sie als Grundlage in der quantitativen Forschung zur Vorbereitung einer standardisierten Erhebung. Denn stehen nur wenige Informationen für eine Forschungsfrage zur Verfügung oder zum erforschenden Gebiet existiert nur wenig bis keine Literatur, gilt es als unmöglich einen geeigneten Fragebogen dafür zu erstellen. Genau hier liegen die Stärken der qualitativen Forschung, da ihr Ziel mehr in Richtung Hypothesenfindung und Theorienbildung geht vgl. [9, p. 22ff]

### 5.5.1 Interviewtypen

Unterschieden werden hier drei Typen der Interviewform, das wenig-strukturierte, das teil-strukturierte und das stark-strukturierte Interview. Abhängig davon, in wie weit bei einem Interview der Frageninhalt, Reihenfolge der Fragen und die Antwortmöglichkeiten vorgegeben sind, wird zwischen diesen unterschieden (siehe Tabelle 6: Interview)

Interviewform	Eigenschaften
wenig-strukturiert	nur Stichworte oder Themen vorgegeben
teil-strukturiert	Fragen sind vorgegeben, Reihenfolge und Antwortmöglichkeiten sind frei
stark-strukturiert	Fragen, Reihenfolge und Antwortmöglichkeiten sind bis auf wenige offene Fragen vorgegeben

Tabelle 6: Interviewformen - vgl. [15, p. 365]

Fälschlicherweise wird auch häufig der Begriff „unstrukturiert“ als Beschreibung der Interviewform verwendet. Da aber keine Gesprächsform besteht, die völlig ohne Struktur funktioniert, ist von diesem Begriff abzuraten.

„Leitfadeninterview“ ist somit der Überbegriff dieser drei Typen. Die Durchführung basiert auf einem zuvor vom Interviewenden erstellten Leitfaden, der je nach Art mehr oder weniger in die Struktur des Gespräches eingreift.

Die qualitative empirische Sozialforschung arbeitet hauptsächlich mit der wenig- und mit der teil-strukturierten Methode. Hierbei wird der Gesprächsfluss hauptsächlich vom Befragten gesteuert und der Interviewer nimmt mehr die Rolle eines freundlichen, interessierten, engagierten Gesprächspartners ein, der es versteht auf die Themen des Befragten einzugehen. Er versucht über diesen Weg eine möglichst lockere Atmosphäre zu schaffen und somit an viele, unbeeinflusste Informationen zu kommen. Dadurch kann der Befragte von selbst auf abgezielte Themenbereiche zu sprechen kommen und es wäre ein Fehler ihn davon abzuhalten. Die interviewende Person muss daher jedoch sehr konzentriert arbeiten und sicherstellen, dass alle wichtigen Fragen besprochen wurden. vgl. [14]

## 5.6 Experteninterview als Erhebungsmethode

Der Begriff „Experte“ und somit die Begrifflichkeit des Experteninterviews, lässt viel Spielraum in seiner Definition. Darüber findet sich auch in der sozialwissenschaftlichen Literatur keine völlige Einigkeit.

*„Bei dem Wort „Experte“ denken wir zuerst an Menschen, die über besonderes Wissen verfügen, das sie auf Anfrage weitergeben oder für die Lösung besonderer Probleme einsetzen. Uns fallen Wissenschaftler (...). Auch spezialisierte, erfahrene Politiker (...).“ [8, p. 9]*

*„Die naheliegende Interpretation des Begriffs „Experteninterview“ wäre deshalb die des Interviews mit Angehörigen solcher Eliten, die aufgrund ihrer Position über besondere Informationen verfügen“ [8, p. 9]*

Kurz gesagt, Experten sind Menschen, die über ein spezielles Wissen verfügen.

Dieses Expertenwissen wird von den Personen meist durch ihre Ausbildungen, über Forschung oder auch im Selbststudium erworben. Ebenso wird spezielles Wissen in sozialen Kontexten als Expertise verstanden. Als Beispiel dafür, gelten unmittelbare Beteiligte eines Unternehmens oder einer Organisation als Experten. Denn diese verfügen durch ihre Positionen und sich dadurch ergebenden Blickwinkel, über jeweiliges, wertvolles Wissen.

Daher werden Experteninterviews zu einem ganz bestimmten Zweck eingesetzt und die Befragten gelten dabei als Repräsentanten einer fachkundigen Gruppe. Ziel der Untersuchungen ist es, an das Wissen der Experten zu gelangen.

*„Die Experten sind ein Medium, durch das der Sozialwissenschaftler Wissen über einen ihn interessierenden Sachverhalt erlangen will. Sie sind also nicht das „Objekt“ unserer Untersuchung, der eigentliche Fokus unseres Interesses, sondern sie sind bzw. waren „Zeugen“ der uns interessierenden Prozesse. Die Gedankenwelt, die Einstellungen und Gefühle der Experten interessieren uns nur insofern, als sie die Darstellung beeinflussen, die die Experten von dem uns interessierenden Gegenstand geben“ [8, p. 10]*

Das Interview selbst ist jedoch keine eigenständige Art, sondern gliedert sich in die Gruppe der Leitfadeninterviews (vgl. Punkt 5.5.1) ein. Der einzige Unterschied liegt dabei in der speziellen Zielgruppe – den Experten. Die Durchführung erfolgt dabei mit einem Interviewleitfaden, der zwar themenfokussiert und –leitend ist, aber nicht die Antwortmöglichkeiten einschränkt. Um überhaupt ein Experteninterview führen zu können, muss die interviewende Person gut in das Thema eingearbeitet sein. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass der Experte nicht in die Tiefe des Themas eindringt, sondern nur eine Art Einführung gibt, um sein Gegenüber nicht zu überfordern. Dabei liegt es am Interviewenden seine Fragen gezielt zu stellen, Interesse an und Verständnis über die Antworten zu signalisieren. Nur so kann eine zufriedenstellende Zahl an aussagekräftigen Informationen generiert werden. vgl. [8]

## **5.7 Auswertung – qualitative Inhaltsanalyse**

Das für die Auswertung zu Grunde liegende Material, sind die während des Interviews gesprochenen Worte, die Mimik und Gestik. Abhängig vom Themenbereich und Art der Analyse, ist die Körpersprache des Befragten von hohem oder geringem Interesse. Als Beispiel möge man sich ein Interview im Rahmen der Psychologie vorstellen. Hier spielt das Verhalten einer Person bei der Befragung eine große Rolle. Dem gegenüber möchte ich eine Expertenbefragung (siehe Punkt 5.6) stellen, welche in meiner Arbeit Anwendung fand. Hier liegt das Hauptaugenmerk nicht auf der Person selbst, sondern vielmehr auf dem jeweiligen Wissen, wobei die Befragten als Repräsentanten einer fachkundigen Gruppe gelten.

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse gilt das zuvor erläuterte Material als Träger der gesuchten Daten. Man extrahiert daraus die Rohdaten, bereitet sie entsprechend auf und wertet diese dann aus (siehe Abbildung 27). Somit wird eine neue Informationsbasis geschaffen, welche nur die wesentlichen Informationen enthält, um die Untersuchungsfrage beantworten zu können. Diese Extraktion unterliegt einem vorüberlegten Suchraster und wirkt sich daher strukturierend auf die neue Informationsbasis aus. Die sich ergebende Struktur basiert auf den konzipierten Untersuchungsvariablen und erlaubt somit die Beantwortung der Forschungsfrage. vgl. [8]

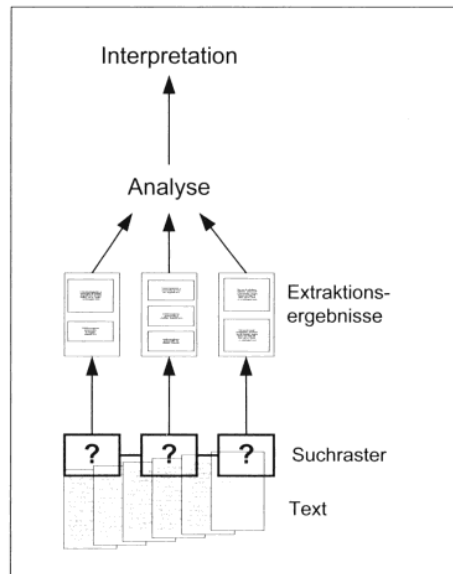


Abbildung 27: Prinzip der qualitativen Inhaltsanalyse

### 5.7.1 Aufbereitung des Materials

Nach Abschluss der Interviews müssen die aufgezeichneten Interviews in eine anonymisierte Textform gebracht werden. Diese Tätigkeit bezeichnet sich als Transkribieren und wird in der Wissenschaft üblicherweise auf das vollständige Gespräch angewandt. Dadurch wird die notwendige Nachvollziehbar-/Prüfbarkeit der Studie gewährleistet.

Wie schon in Absatz 5.7 erwähnt, gibt es bei der Transkription Abhängigkeiten und Regeln im Umgang mit den para- und nonverbalen Teilen eines Interviews. In Basistranskriptionen liest man in der Regel einen von Dialekten geglätteten Text. Dieser wird lediglich durch Kennzeichen längerer Denkpausen, Lachen, Seufzen, etc. und durch wichtige externe Einflüsse erweitert. Bei einer Feintranskription wird hingegen auch auf den Tonhöhenverlauf, die Nebenakzente, die Sprechlautstärke und -geschwindigkeit eingegangen. Die genaue Art der Transkription ist dann nötig, wenn die folgende Analyse, nicht nur auf den semantischen Inhalt des Gespräches abzielt. Über die Regeln für die Transkription, muss man sich daher vor Beginn Gedanken machen.

Die Auswahl der Transkriptionsregeln, die Qualität der Aufnahme, die Geübtheit in der Dateneingabe, die Art wie ein Interviewpartner spricht u.v.m. haben direkten Zusammenhang mit dem Zeitaufwand der Transkription. So kann man für eine leichte Basistranskription unter optimalen Voraussetzungen das 5- bis 10fache der Interviewdauer einrechnen. Es kann sich jedoch bis hin zum 30fachen Zeitaufwand steigern. Dabei darf man die Intensität dieser Arbeit nicht unterschätzen.

Speziell für die Transkription entwickelte Computerprogramme unterstützen und erleichtern den Prozess. Gearbeitet wird basierend auf dem „Rich Text Format“ (Dateiendung: „.rtf“) welches einen plattformunabhängigen Austausch ermöglicht. Dazu stehen unter anderem

eigenständige Applikationen zur Verfügung, welche zur leichteren Bedienung mit Tastenkombinationen oder mit externen USB-Fußschaltern arbeiten. Sie verknüpfen automatisch die dem Transskript zu Grunde liegende Audiodatei über Zeitmarker mit dem getippten Text und unterteilt diesen in durchnummerierte Absätze. All dies ist für die spätere Auswertung und noch weiter für die, aus wissenschaftlicher Sicht erforderliche, Nachvollziehbarkeit notwendig. Viele zur Auswertung eingesetzten „QDA“ Applikationen beinhalten diese zuvor erwähnten Möglichkeiten und ermöglichen somit ein Arbeiten von Beginn bis zum Ende in einem in sich abgestimmten, stabilen System. vgl. [17]

### 5.7.2 Zusammenfassende Inhaltsanalyse nach Philipp Mayring

*„Ziel der Analyse ist es, das Material so zu reduzieren, dass die wesentlichen Inhalte erhalten bleiben, durch Abstraktion einen überschaubaren Corpus zu schaffen, der immer noch Abbild des Grundmaterials ist.“ [9, p. 53]*

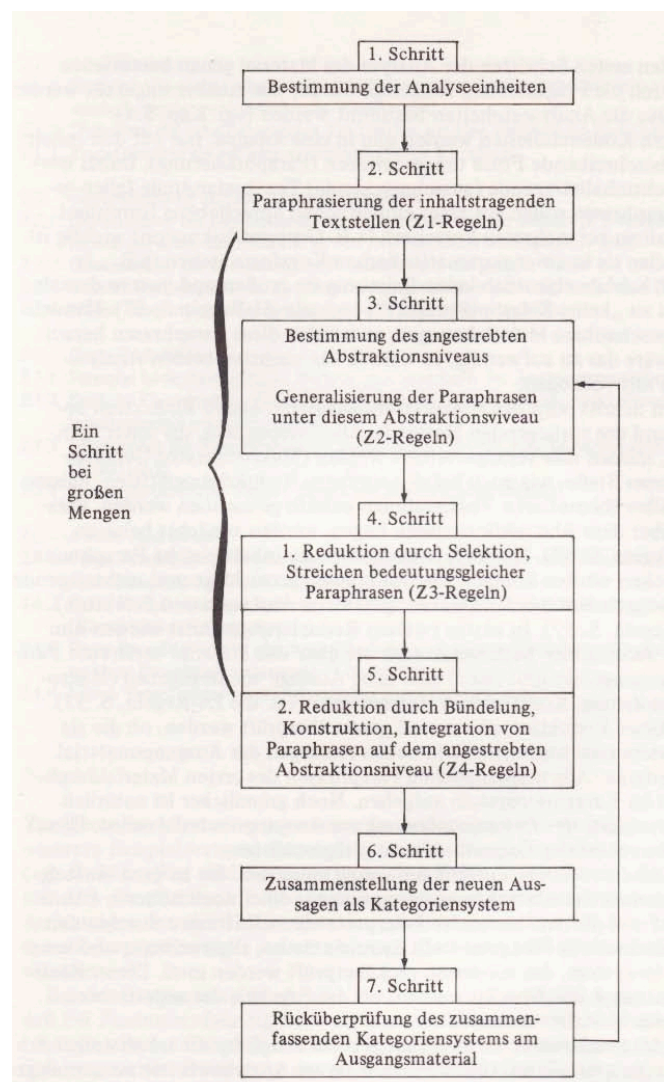


Abbildung 28: Ablaufmodell zusammenfassende Inhaltsanalyse

Laut Philipp Mayring ist die Zusammenfassung eine Möglichkeit der Interpretation und er erstellte dazu ein Ablaufmodell (siehe Abbildung 28). Der erste Schritt dieses Modelles ist die „Paraphrasierung“, die den folgenden Regeln folgt:

- Nicht oder wenig inhaltstragende Textbestandteile wie ausschmückende, wiederholende und verdeutlichende Wendungen werden gestrichen
- Inhaltstragende Textbestandteile werden auf eine einheitliche Sprachebene übersetzt
- Paraphrasen werden auf eine grammatikalische Kurzform umgewandelt

Als zweiten Schritt sieht Mayrings Ablauf die „Generalisierung“ vor. Dabei werden die Paraphrasen auf ein gemeinsames Abstraktionsniveau gebracht um einen direkten Bezug auf die untersuchte Fragenstellung herstellen zu können. Die folgenden Regeln sind dabei zu beachten:

- Die Gegenstände der Paraphrasen sind auf die Abstraktionsebene zu generalisieren, sodass die alten Gegenstände in den neu formulierten enthalten sind
- Die Satzaussagen sind auf gleiche Weise wie Punkt oben zu generalisieren
- Paraphrasen, die über dem Abstraktionsniveau liegen, werden belassen
- In Zweifelsfällen werden theoretische Vorannahmen zu Hilfe genommen

Aus den ersten beiden Schritten ergeben sich teilweise inhaltsgleiche Paraphrasen. Diese werden im nächsten Schritt, durch eine „Erste Reduktion“, weggekürzt. Vorgegangen wird dabei nach folgenden Regeln:

- Bedeutungsgleiche Paraphrasen innerhalb der Auswertungseinheiten werden gestrichen
- Nicht wesentlich inhaltstragende Paraphrasen im neuen Abstraktionsniveau werden gestrichen
- Nur inhaltstragende, zentral wichtig erscheinende Paraphrasen werden selektiert und übernommen
- Bei Zweifelsfällen werden theoretische Vorannahmen zu Hilfe genommen

Eine Zusammenfassung bzw. Komprimierung des Textmaterials wurde erreicht und wird nun einer „Zweiten Reduktion“ unterzogen. Wiederum sind dabei nachstehende Regeln zu beachten:

- Paraphrasen mit gleichem oder ähnlichem Gegenstand und ähnlicher Aussage werden zusammengefasst (Bündelung)

- Paraphrasen mit mehreren Aussagen werden zu einem Gegenstand zusammengefasst (Konstruktion/Integration)
- Paraphrasen mit gleichem oder ähnlichem Gegenstand und verschiedenen Aussagen werden zusammengefasst (Konstruktion/Integration)
- Bei Zweifelsfällen werden theoretische Vorannahmen zu Hilfe genommen

Die aus der Analyse entstandenen, komprimierten Aussagen, können als Kategoriensystem verstanden werden. Die neuen Aussagen aus der ersten Paraphrasierung müssen jedoch genau überprüft werden, ob sie denn das Ausgangsmaterial noch repräsentieren. Ist dem nicht so, muss das Ablaufmodell erneut durchlaufen werden, ansonsten sieht Mayring die Auswertung nach der zusammenfassenden Inhaltsanalyse an dieser Stelle als abgeschlossen.

Im nächsten Schritt werden die erlangten Kategoriensysteme zur Interpretation der Fragestellung verwendet und die Aussagen der einzelnen Interviews analysiert und untereinander verglichen. vgl. [9, p. 54ff]

## 6 Ergebnisse der Analyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus der Expertenbefragung dargestellt. Diese werden nach Themenblöcken beschrieben und folgen dem in Abbildung 29 gezeigten Codesystem der empirischen Umfrage. Diese Strukturierung war die Grundlage der Befragung und bildet damit die Einteilung der Ergebnisse.

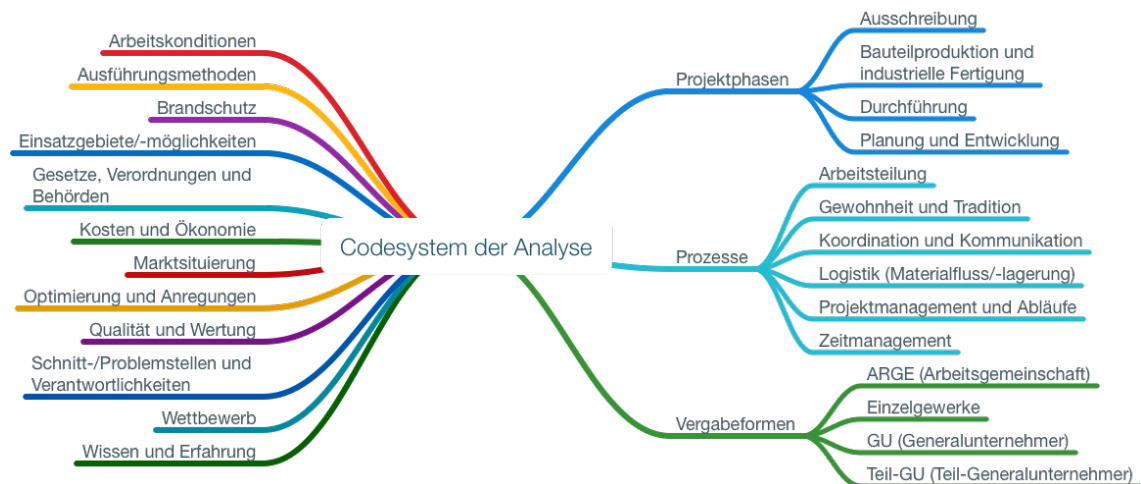


Abbildung 29: Codesystem der Analyse

An dieser Stelle möchte ich noch anmerken, dass die Reihung der Kapitel der alphabetischen Sortierung der Codes und nicht einem Projektablauf folgt.

### 6.1 Projektphasen

#### 6.1.1 Ausschreibung

Der großvolumige Holzbau befindet sich derzeit in Pilotprojektstatus, somit stellen sich Funktionalausschreibungen wegen der Mindererfahrung in der Projektabwicklung als problematisch dar. Aufgrund des großen Kostenspielraumes und bis sich in diesem Feld eine breitere Erfahrung gebildet hat, wäre daher eine andere Vergabeform von großem Vorteil. Dennoch ist Funktionalausschreibung derzeit die Hauptausschreibungsform für Großprojekte. Bei den dabei ausführenden Unternehmen handelt es sich um Generalunternehmer, die ihren Stamm meist im mineralischen Bau haben und dort in ihrer Ausführung spezialisiert sind. Aus der Sicht einiger Experten wäre es wünschenswert, den Holzbauunternehmer als Generalunternehmer zu positionieren, da sein Leistungsanteil in diesem Fall wesentlich größer und sein Fachwissen dazu erforderlich ist. Ein Problem dazu stellt aber die



wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der vielen kleinen österreichischen Zimmereibetriebe dar. Diese wären für Großprojekte zu schwach als Generalunternehmer.

Eine weitere Herausforderung im Bereich der Ausschreibung stellt die präzise Vorplanung dar. Durch sie ist schon in der sehr frühen Planungsphase grundlegendes Expertenwissen erforderlich, um nicht im weiteren Projektverlauf durch teure Nachträge erhebliche Mehrkosten zu verursachen. Eine Einzelgewerksausschreibung kann diesem Problem entgegenwirken, da eine solche Vergabe Kostenspielräume offen lässt. Diese Ausschreibungsform hat allerdings den großen Nachteil die Schnittstellenproblematik zwischen den Gewerken zum Risiko des Bauherren zu machen. Weiters bringt dies einen erhöhten Arbeitsaufwand der ÖBA (örtliche Bauaufsicht) im Bereich Schnittstellenüberprüfung, Leistungs-/ Gefahrgrenzen mit sich.

### 6.1.2 Bauteilproduktion und industrielle Fertigung

Aus Sicht der Experten liegt das große Potenzial des Holzbaus in der industriellen Vorfertigung.

Folgende Vorteile bringt die industrielle Fertigung für ein Holzbauprojekt:

- Kosteneinsparung auf der Baustelle durch reduzierten Arbeitskraftbedarf
- Höhere Qualität durch die Kontrollmöglichkeiten in der Produktion
- Steigerung der Präzision in der Ausführung
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit eines Projektes aufgrund der standardisierten Bauteilproduktion
- Qualitativ hochwertige Auflösung von Schnittstellen durch Integrierung in den industriellen Ablaufprozess
- Reduktion von Schnittstellen in der Projektabwicklung aufgrund der Vorfertigung
- Minimierung von Risiken durch kontrollierbaren Ablauf (z.B. Stehzeiten, Wettereinflüsse, ...)

*„Der Holzbau hat alle Trümpfe in der Hand – der mögliche hohe Vorfertigungsgrad bei leichten Elementen und damit günstigen Transport erlauben einen hohen Industrialisierungsgrad, der sich auch in der Qualität widerspiegelt.“ [Ausführend 05]*

Jeder industrielle Prozess beinhaltet Qualitätsmanagement, folglich ist der hohe Industrialisierungsgrad positiv für den Holzbau und bietet Optimierungspotenzial im Ablauf, das bisher noch bei weitem nicht ausgeschöpft wird. Eine weitere Verbesserung würde eine Re-

duktion bzw. Standardisierung der Holzbauprodukte auf eine überschaubare Einheit darstellen. Im industrialisierten Ablauf ist auch die Lieferung und der hohe Anspruch an die Logistik der Bauteile zu beachten.

Eine Eigenheit, welche die Vorfertigung mit sich bringt ist die teilweise Verlagerung der Vorfinanzierungskosten hin zum ausführenden Unternehmen. Ebenso werden durch die Maßgenauigkeit der Industrie neue Ansprüche an die für Untergeschosse, Liftschächte und Sockelgeschoss heute noch notwendige Mineral-Massivbaubranche gestellt.

Die neuen Ausführungsstrukturen, die sich durch das industrielle Fertigen und das reine Zusammenfügen der Bauteile auf der Baustelle ergeben, erzeugen Kosteneffizienz. Die Potenziale der neuen Strukturen werden aus Sicht der Experten derzeit aber leider bei weitem noch nicht ausgenutzt. Die Baupraxis weist derzeit nur geringe Vorfertigung auf, die eigentlich eine große Erleichterung darstellen könnte.

### **6.1.3 Durchführung**

Derzeit liegt die Durchführung für großvolumige Bauten vor allem bei aus dem mineralischen Bau stammenden Generalunternehmern. Dabei sind Holzbauer derzeit als Sub-Unternehmer beauftragt, tragen aber 50-60% des Gewerkeumfangs. Der Holzbauer, ein ehemaliges Nebengewerk, wird implizit dadurch zum Hauptgewerk und dies führt im gewohnten Projektprozess, speziell bei der Durchführung, zu Problemen. Die traditionellen Arbeitsweisen der mineralischen Massivbauunternehmen sind abgestimmt auf und rechnen bei Bedarf mit der Möglichkeit der flexiblen Nachbesserung. Dies ist im vorelementierten Holzbau aber kaum mehr möglich. Eine Verbesserung würden Holzbau-Generalunternehmer für großvolumige Holzbauten darstellen.

Neben organisatorischen Herausforderungen, gibt es diese auch stellenweise für die Ausführung selbst:

- Es gibt wenige standardisierte und geprüfte Produkte am Markt (z.B. Wanddurchführungen), die gerade für den großvolumigen Bau von hoher Wichtigkeit sind.
- Die hohen Brandschutzansprüche im mehrgeschossigen Holzbau erzeugen deutlichen Mehraufwand in der Ausführung.
- Die Bewitterungsempfindlichkeit bei der Rohbaumontage erfordert zusätzliche Arbeitsschritte, die einen Mehraufwand darstellen. Diese können jedoch durch die großen Einsparungen in der industriellen Produktion vernachlässigt werden.
- Holzbetonverbundkonstruktionen können nur in einer Fertigungsstraße wirtschaftlich produziert werden.

Ein wesentlicher Vorteil der industriell gefertigten Holzbauteile ergibt sich durch die verhältnismäßig geringen Lasten. Speziell bei Lieferung, Montage, etc. vereinfacht dies die Durchführung erheblich.

#### 6.1.4 Planung und Entwicklung

In der Phase der Planung und Entwicklung ist ein Umdenken der Prozesse erforderlich. Im Optimalfall verlagert sich bei einem Holzbauprojekt der gesamte Planungsaufwand von der Ausführungs- in die Planungsphase und damit ins Vorfeld der Vorfertigung und Ausführung. Die angestrebte Vorfertigung ist der Grund für diese Veränderung des Ablaufes. Sie verlangt einen zeitlich früheren sowie höheren Detaillierungsgrad und Abschluss der Planung und verursacht so gefühlt einen Mehraufwand. Diesen Eindruck kann man erklären durch die Konzentrierung des gesamten Planungsaufwandes der traditionell gewohnten Leistungsstufen auf die, für die industrielle Fertigung notwendige, Vorplanung. Bezahlt macht sich dieses intensive Beschäftigen im Vorfeld zu einem späteren Zeitpunkt durch reduzierten Arbeitsaufwand in den folgenden Projektphasen.

*Der Planungsaufwand bleibt immer der gleiche – eventuell sogar im Gegenteil, wenn bis zur Steckdose am Schreibtisch richtig geplant wurde, bedarf es keiner zeitaufwändigen Baustellenbegehungen. [Ausführend 05]*

Bei Umplanungen trägt dieses Vorgehen jedoch, durch den schon im frühen Stadium sehr fortgeschrittenen Planungsstand, das Risiko des großen Mehraufwandes. Das hat zwei Auswirkungen, einerseits ist das Zusammenwirken von Planer, Statiker und Bauphysiker schon früh in der Planungsphase von hoher Bedeutung.

*In der Holzbauweise bzw. Holzmischbauweise ist mit Sicherheit die effiziente Planung der wichtigste Punkt, d.h. es müssen zeitgerecht die richtigen Entscheidungen getroffen werden und die entsprechenden Themen wie Installation, Statik, Bauphysik aufeinander abgestimmt werden. [Ausführend 03]*

Andererseits wirkt sich die Prozessänderung der Planung auch auf den Auftraggeber aus. Von ihm werden schon zu einem sehr frühen Stand des Projekts bindende Entscheidungen verlangt. Dies kann teilweise zu Überforderungen und Enttäuschungen führen.

*Es werden viele Fragen zu einem früheren Zeitpunkt gestellt, wobei ein hohes Hineindenken in das Projekt in der Planungsphase vom Auftraggeber notwendig ist. [Ausführend 03]*

Neben den bisher genannten Anforderungen an einen geänderten Projektablauf, stellen fehlende Produktstandards eine große Herausforderung für die Projektentwicklung dar. Als

Beispiel können die Brettstapelelemente der verschiedenen Hersteller mit deren produktspezifischen Maßen herangezogen werden. Hier existieren derzeit keine Standards für die tatsächlichen Endmaße und stellen somit für die erforderliche exakte Planung und Entwicklung ein Problem dar.

*Die Abgrenzung der Planung zwischen Architekten und ausführenden Unternehmen muss klar erfolgen. Es muss in Zukunft ein System entwickelt werden, das die Planung nicht zu früh auf ein ausführendes Unternehmen festlegt. [Ausführend 03]*

Aufgrund fehlender Normierung von Holzbauprodukten sieht derzeit jeder Hersteller eigene Maße vor. Daraus ergibt sich theoretisch, dass derzeit die Planungen eines Projektes auf einen konkreten Hersteller angepasst sein müsste und nach der Ausschreibung und der Vergabe eventuell noch einmal überarbeitet werden müsste, um die individuellen Bemessungen des gewählten Herstellers zu berücksichtigen. Die Festlegung auf ein bestimmtes System ist jedoch bei großvolumigen Bauten durch die öffentliche Ausschreibungspflicht untersagt und würde den Wettbewerb zwischen den Herstellern und den ausführenden Unternehmen schädigen. Somit kommt es derzeit fast zwangsläufig immer zu nachträglichem Planungsaufwand.

*Wie kann aus der Vielfalt an Produkten im Holzbau eine überschaubare Einheit erzeugt werden? [Planer 03]*

Um eine Verbesserung dieser Situation möglich zu machen, sollten sich alle Hersteller gemeinsam die oberhalb zitierte Frage stellen. Eine Antwort würde die Arbeit der Planer und Entwickler erleichtern, weil ein überschaubares Produktspektrum mit klaren Anforderungen entsteht und folglich zu einer breiteren Anwendung der Holzbauweise führen.

*Dem Architekten muss ein „Werkzeugkasten“ in die Hand gegeben werden, der Klarheit über die Stärken und Eigenschaften des verwendeten Baustoffes enthält. Wenn diese Eigenschaften klar sind, kann technisch, wirtschaftlich und gestalterisch optimal entschieden werden. [Ausführend 03]*

Gerade der Holzbau bedarf nämlich einer spezifischen Herangehensweise. Nicht nur die oben erwähnten Änderungen im Planungsablauf sind von großer Bedeutung, viel mehr sollte sogar schon ab dem Entwurf bewusst mit dem Material Holz entwickelt werden. Denn technische Eigenschaften des Grundmaterials führen zu eigenen Rastermaßen um wirtschaftlich bauen zu können, unterschiedliche Holzbau-Konstruktionssysteme eignen sich besser bzw. schlechter für die benötigten Grundrisstypen oder es nehmen ganz einfache industrielle Vorgaben, wie zum Beispiel maximale Bauteilabmessungen, Einfluss. All das beeinflusst die Struktur eines solchen Gebäudes und weitergehend auch seine Gestaltung. Ein lediglich nachträgliches Ändern der Materialität auf Holz eines in mineralischer Bauweise

angedachten Entwurfes kann somit niemals kosteneffizient ausgeführt werden. Dafür ist gerade beim Holzbau eine straighte Architektursprache und eine gewisse Serialität von großem Vorteil was sich aus dem Arbeiten mit flächigen Bauteilen oder dem Einsatz von sich wiederholenden Modulen ergibt.

*...Modulhaft. Und von dem lebt der Holzbau. [Bauherr 01]*

Die modulhafte Planung stellt ein großes Potenzial des Holzbaus dar. Durch die wiederkehrenden Elemente wird nicht nur in der Produktion und Ausführung an Kosten eingespart, auch der Planungsaufwand verringert sich dadurch.

*Ein qualitativ hochwertiger Holzbau mit hohem Vorfertigungsgrad kann nur über fachübergreifende Gesamtplanung erfolgen, da Themen wie Elektroinstallation, Lüftungsbau, Heizung, Sanitär, Statik, Bauphysik, Kostenoptimierung in einem frühen Projektstadium zusammengeführt werden müssen.*

[Ausführend 03]

Was früher erst auf der Baustelle entschieden wurde, muss beim heutigen Holzbau schon lange vor der industriellen Fertigung der Wand-, Decken- und Dachelemente festgelegt werden. Dafür ist eine Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachplaner im frühen Stadium notwendig. Neben der fachübergreifenden Planung muss weiters großer Wert auf die Genauigkeit beim Planen gelegt werden, da speziell ab Gebäudeklasse 5 und seine einhergehenden hohen Anforderungen im Bereich des Brandschutzes, nachträgliche Änderungen in der Ausführung nur mit hohem Aufwand möglich sind. Eine zusätzliche Erschwernis stellen die hohen Brandschutzanforderungen und die dafür noch fehlenden standardisierten und geprüften Produkte für etwaige Abschottungen etc. dar.

*...der Detailaufwand höher ist, weil man nicht auf jahrzehntelange Details zurückgreifen kann, sondern jede Ecke neu erfunden wird. [Ausführend 07]*

Die Mindererfahrung im Umgang mit dem Material Holz ist sowohl auf der Planer als auch der ausführenden Seite vorhanden. Gefühlt wird dadurch der Planungsaufwand im Holzbau höher bei jedoch gleichen Leistungsfaktoren für den Architekten. Zusätzlich wirkt der vorzeitige Planungsbedarf, speziell durch die Änderung zum gewohnten Planablauf, als Mehraufwand. Tatsächlicher Planungsmehraufwand entsteht bei Änderungen im Projekt im fortgeschrittenen Planungsprozess durch den erforderlichen frühen, hohen Detaillierungsgrad der Planung. Die Werkplanung kann ebenso als tatsächlicher Planungsmehraufwand angesehen werden. Diese wird jedoch meist von den ausführenden Holzbaufirmen zur Gänze übernommen.

## 6.2 Prozesse

### 6.2.1 Arbeitsteilung

Aus der Studie heraus haben sich nur wenige Änderungen zur gewohnten Arbeitsaufteilung abgezeichnet. Ein wesentlicher Unterschied liegt darin, dass Teile des Planungsaufwandes vom Architekten auf das ausführende Unternehmen übergehen, da hierfür ein tiefgehendes von der Produktion abhängiges Fachwissen erforderlich ist. Die Holzbaufirmen sind hier für die firmeninterne Werkplanung zuständig welche als Weiterführung der Detailplanung des Architekten gesehen werden kann. In nur wenigen Fällen bleibt die Werkplanung beim Architekten und das allerdings nur, wenn dieser Erfahrung im Holzbau mit sich bringt.

### 6.2.2 Gewohnheiten und Tradition

Prinzipiell funktioniert der Holzbau in seinem Projektablauf anders als die Massivbauweise. Hauptänderungspunkt dabei ist die, wie zuvor erwähnt, komplett vorgezogene Planungsphase vor die Durchführungsphase. Aber nicht nur die Planer, sondern auch Auftraggeber und ausführende Firmen müssten ihre gewohnten Vorgangsweisen umstellen. Speziell negativ wirken sich die Gewohnheiten von Auftraggeber und Auftragnehmer in der Projektorganisation aus. Sie bewirken sogar eine Art Hemmnis gegenüber der andersartigen Bauweise des Holzbaus.

*Der Holzbau funktioniert anders. Das würde zum einen Einschulung bedürfen, plus Engagement. [Ausführend 01]*

Wie im obenstehenden Zitat veranschaulicht wären für einen optimalen Ablauf der Holzbauweise spezialisierte Einschulungen der Ausführenden und gleichzeitig erhöhtes Engagement bzw. Motivation der Auftraggeber in Richtung Fortschritt und Entwicklung erforderlich.

Leider wird derzeit häufig in der Ausführung nach den traditionellen Schemen gearbeitet, d.h. die meisten Arbeiten vor Ort zu verrichten. Viele dieser gewohnten Abläufe wirken sich jedoch sehr negativ für den Holzbau aus, weil dieser dadurch unwirtschaftlich wird. Wie in Punkt 6.1 – Bauteilproduktion und industrielle Fertigung erwähnt, liegt einer der wesentlichen Vorteile des Holzbaus in der Vorfertigung, die durch die Gewohnheit der Ausführenden nicht wahrgenommen werden. Eine Umstellung der Arbeitsweisen der ausführenden Seite wäre daher dringend vonnöten.

*...ausführende Firmen müssen sich auf Holzbau einstellen, komplett anderes Arbeiten als im Massivbau! [Ausführend 04]*

Ein weiterer großer Nachteil den die Holzbauweise aus den Gewohnheiten der Baubranche erfährt ergibt sich durch die Eingespieltheit des Immobilienmarktes auf die Massivbauweise und deren Abläufe.

*Verkauf erfolgt erst in der Errichtungsphase, dann kommen Änderungswünsche der Mieter und Käufer! [Ausführend 04]*

Da die Holzbauweise die abgeschlossene Planung vor Ausführung verlangt, ist das bisherige Vorgehen der Immobilienbranche nicht für den Holzbau anwendbar. Dies zeigt wiederum wie weitreichend Änderungen für einen optimalen Ablauf eines Holzbaus vonnöten sind.

### 6.2.3 Koordination und Kommunikation

Ähnlich wie beim Planungsaufwand kommt es durch die Veränderung der Projektstruktur auch bei der Koordination zu einer Änderung. Gefühlt ergibt sich eventuell sogar ein Mehraufwand in der Koordination. Die Mindererfahrung im Projektablauf und die sich durch die kürzere Projektzeit ergebende Steuerungsphase sind Grund für diesen Eindruck.

*Das wird aber, glaube ich, damit zusammenhängen, dass der Holzbau einfach viel schneller ist und die Zeit, in der zu koordinieren ist und in der gebaut wird, kürzer ist. Das heißt, wenn ich gleiche Zeit investiere, dann ist es in einem kürzen Zeitintervall einfach intensiver. Und das führt vielleicht zu dem Eindruck. [Ausführend 01]*

Tatsächlich bringt die Holzbauweise gesehen auf die gesamte Projektlaufzeit keinen direkten Koordinationsmehraufwand mit sich. Notwendig ist dafür jedoch das Einhalten der spezifischen Projektorganisation für den Holzbau und das Arbeiten mit hohem Vorfertigungsgrad.

*Schwierig ist eine Koordination, wenn nicht ins Team integrierte Fremdfirmen für unterschiedliche Gewerke herangezogen werden wie das im herkömmlichen Bauablauf üblich ist. [Ausführend 03]*

Speziell wie schon im Punkt 6.1 – Bauteilproduktion und industrielle Fertigung erwähnt, löst die industrielle Fertigung die Koordinationssaufwände zwischen den einzelnen Gewerken durch optimierte werksinterne Prozesse. Mehraufwand würde durch den traditionell gewohnten Ablauf des Bauens vor Ort und dem damit verbundenen Aufwand der Leitung und Abstimmung der unterschiedlichsten Firmen entstehen.

Ein weiterer großer Vorteil des Holzfertigteilbaus liegt in der Reduzierung der Schnittstellen vor Ort. Grob gesehen gibt es hier nur wenige Schnittstellen zu den mineralisch, massiven Bauteilen (z.B. Kellerdecke), die restliche Koordination liegt intern beim Ausführenden.

Einen höheren Aufwand in der Koordination bringen die heikleren Bauteilaufbauten und der sich dadurch ergebende verschachtelte Ablauf des Aufbaus für Ausbaugewerke mit sich. Aber auch dieser Mehraufwand wird auf Gesamtsicht im Projekt durch die industrielle Produktion oder durch eine Teil-GU Fertigung ausgeglichen werden.

Die Studie zeigte weiters einen erheblichen Unterschied im Koordinationsaufwand zwischen Misch- und reinem Holzbau auf. Einen geringeren Aufwand weist die reine Holzbauweise auf, da hier das Bauwerk aus einer Hand gefertigt wird. Im Gegensatz dazu ergibt sich durch das Zusammenwirken verschiedener Gewerke und den sich daraus ergebenden zusätzlichen Schnittstellen ein Mehraufwand in der Holzmischbauweise.

#### **6.2.4 Logistik (Materialfluss / -lager)**

Die im Holzbau vorteilhafte Vorelementierung bringt einen erhöhten Anspruch an die Logistik mit sich. Die organisierte Lieferung ist dazu Voraussetzung für einen reibungslosen Fortschritt im Bauablauf. Als Beispiel wurde von den Interviewten die Anlieferung der Brettsperrholzelemente auf die Baustelle genannt. Treten hier Probleme auf, kommt es zu Stehzeiten bzw. aufwändigen Entladungsarbeiten.

*Sehr gefährlich ist zum Beispiel, wenn Bauteile falsch verladen sind. Die Decken kommen ja auf einem Sattelschlepper und wenn jetzt die Deckenbauteile, die man sofort braucht, dann ganz unten geladen sind, dann kann man den ganzen LKW entladen, wo auch immer hin. [Ausführend 02]*

Ein positiver Nebeneffekt der optimierten Logistik ist die mögliche Einsparung von Platzbedarf auf der Baustelle. Dies kann gerade im Zielgebiet des mehrgeschossigen Holzbaus, dem innerstädtischen Raum, von großem Vorteil sein. Statt der üblichen Baustelleneinrichtung wird hier viel mehr die kurzfristige Zwischenlagerung vor Ort zum Thema.

#### **6.2.5 Projektmanagement und Abläufe**

Durch den im Holzbau hohen Grad an Vorfertigung entstehen spezifische Anforderungen an Projektablauf. Wie schon im Punkt 6.1 – Planung und Entwicklung erwähnt, ist für einen wirtschaftlichen Holzbau die Planung ins Vorfeld des Bauens zu verschieben und somit den traditionellen Ablauf zu verändern. Anders als im mineralischen Massiv- oder Leichtbau kann der Baufortschritt nicht als Anforderung an den Stand der Planung gesetzt werden.



*Es ist [...] ein Prozessumdenken notwendig, da die Planung zu einem früheren Zeitpunkt abgeschlossen werden muss und die herkömmliche Vorgehensweise "Das entscheiden wir dann irgendwann auf der Baustelle" nicht möglich ist. [Ausführend 03]*

Die Veränderungen, die der Holzbau im Projektablauf bewirken, haben auch direkte Auswirkungen auf den Massivbau. Diese drücken sich mit der Anforderung an Fertigstellung vor Baustart des Holzbaus aus.

Somit ergeben sich hauptsächlich Änderungen zeitlicher Natur. Die Projektorganisation, sprich die an einem Bau Beteiligten, ist im Wesentlichen gleich, bedarf aber dem Wissensschwerpunkt Holzbau.

Trotz ähnlicher Organisation, entstehen andere Abläufe im Bauprozess.

*Teil des Baumanagements ist entwickelt worden, für mich, so nach dem 2. Weltkrieg. Also Mitte des 20. Jhd bis heute aufbauend. Dieser ist, wenn man sich das in der Geschichte ansieht, geprägt vom Stahlbeton-, Stahl- und Ziegelbau. Aber nicht vom Holz und das Holz hat aber eine ganz andere Systematik. Im Bauablauf, in allem. [Planer 01]*

Das Baumanagement im Holzbau bedarf eigener Strukturen, um effizient und konkurrenzfähig zu sein. Die Entwicklung des Baumanagements ist geschichtlich von anderen Materialien geprägt und auf diese optimiert. Die neue Materialität Holz wird jedoch im angewandten Projektmanagement nicht beachtet, es wird weiterhin mit den alten Strukturen gearbeitet. Als Konsequenz daraus ist eine baldige Entwicklung von eigenen Prozessstrukturen in der Bauabwicklung erforderlich.

*Der Holzbau kann und muss [...] gegenüber klassischen Leichtbauweisen oder klassischen Massivbauweisen punkten - damit einhergehend ist eine gänzlich andere Projektorganisation notwendig. [Ausführend 05]*

## 6.2.6 Zeitmanagement

Alle Interviewpartner waren sich einig, dass der Holzbau Zeitersparnis mit sich bringt. Diese fällt jedoch in der Theorie größer aus als in der tatsächlichen Umsetzung. Speziell Mischbauweisen reduzieren die Zeiteinsparung durch aufwändige Vorortarbeiten drastisch. Ein Potenzial für die Einsparung sehen sie weiters in folgenden Punkten:

- Genaue Planung vorab
- Witterungsgeschützte Vorfertigung
- Temperaturunabhängige Montage

- Schnelle konstruktive Errichtung
- Wegfall von Austrocknungszeiten
- Hohes Maß an industrieller Vorfertigung
- Unterstellen von Bauteilen fällt weg

Die Projektlaufzeit wird negativ beeinflusst durch den traditionellen Ausbau vor Ort. Derzeit ist dies noch gang und gäbe und arbeitet direkt gegen den Vorteil, den der Holzbau mit sich bringt – die Vorfertigung. Ebenso stellt vor Ort gefertigte Holzbetonverbundkonstruktion ein erhebliches Manko dar. Es hat sich herausgestellt, dass diese lediglich in industrieller Fertigung kosten- und zeiteffizient umgesetzt werden kann.

Selbst die Art der Vergabe kann Einfluss auf den Zeitfaktor nehmen. Bei Beauftragung eines ausführenden Generalunternehmers liegt dessen Interesse oftmals entgegen einer Zeiteinsparung. Die längere Bauzeit stellt für einen Generalunternehmer wegen der tageweisen Zentralregion, die er für die Baustelleneinrichtung verrechnet, Einkommen dar.

Für das Zeitmanagement wichtig ist das Einrechnen von mehr Zeit für die Projektentwicklung vor Baubeginn. Wie im Punkt 6.1 – Planung und Entwicklung beschrieben, ist dies kein Mehraufwand an sich, sondern abgeleitet von der Veränderung in der Projektstruktur, die der Holzbau mit sich bringt.

Ein zeitlicher Mehraufwand ergibt sich in der Planungsphase jedoch durch die Mindererfahrung. Für Architekten, Statiker und ausführende Unternehmen hat sich im Bereich des Holzbaus noch kein eingespieltes System der Zusammenarbeit entwickelt.

### 6.3 Vergabeform

Bauprojekte bringen immer Risiken mit sich welche der Bauherr durch die gewählte Vergabeform und somit der spezifischen Projektorganisation steuert. Die Risikoschwerpunkte liegen dabei in der Sicherung der Qualität, der Kostensicherheit, im Schnittstellenrisiko, sowie in klarer Gewährleistungsverantwortlichkeit. Je nach Vergabeform können diese Risiken auf Bauherrenseite vermindert oder sogar auf die Ausführenden übertragen werden. Die Größe, Art und Komplexität eines Bauvorhabens spielen bei der Wahl eine wesentliche Rolle. vgl. [18, p. 4ff]

	Organisation	Qualitätsausführung	Preissicherheit	Gewährleistung
Einzelgewerke	Bei Auftraggeber	Verteilt	Nein	Verteilt
ARGE	Zentral	Zentral	Nein	Verteilt
GU	Zentral	Zentral	Ja	Zentral
Teil-GU	Zentral für Projektteil	Zentral für Projektteil	Ja für Projektteil	Zentral für Projektteil

Tabelle 7: Vergleich Vergabeformen

Die grundsätzlichen Vor- und Nachteile der verschiedenen Vergabeformen bestehen beim Holzbau gleich wie auch im Massivbau. Spezielle Anforderungen im Ablauf des Holzbaus begünstigen Gesamtvergabeformen mehr als Einzelvergaben.

### 6.3.1 ARGE

In der Praxis haben die Experten bei der Vergabe nach ARGE Vorteile gegenüber der GU-Vergabe festgestellt. Bei dieser Art der Projektvergabe bleiben die Eingriffsmöglichkeiten bzw. Entscheidungsmöglichkeiten bei der Wahl der Fachfirmen für den Auftraggeber erhalten, der Aufwand der Organisation zwischen den Gewerken wird jedoch von der ARGE übernommen. Damit sinkt das Schnittstellenrisiko für den Auftraggeber erheblich. Wünschenswert aus Sicht der Befragten wäre eine spezielle Holzbau Arbeitsgemeinschaft für Großbauprojekte anstelle der derzeit dominierenden Generalunternehmen.

*Darum sage ich, Schulterchluss. Gemeinsam seid ihr viel stärker als wenn jeder gegen jeden kämpft. [Bauherr 01]*

Einen generellen Vorteil stellen fixe Arbeitsgemeinschaften aufgrund ihrer Eingespieltheit zwischen den ausführenden Teams dar. Von dem Hand in Hand arbeiten könnte auch der Holzbau sehr profitieren.

### 6.3.2 Einzelgewerke

Die Einzelvergabe eignet sich vor allem für Pilot- und Versuchsprojekte. Da der großvolumige Bau mit Holz sich noch vermehrt in diesem Stadium befindet, ist diese Vergabeform derzeit aus Sicht der Experten gut geeignet. Die großen Eingriffsmöglichkeiten in der Auswahl und Projektsteuerung durch Planer und Auftraggeber stellen dabei den wesentlichen Vorteil dar und sind aufgrund der noch vorhandenen Mindererfahrung (vgl. Kapitel 6.15 Wissen und Erfahrung) auch wichtig.

*Die Vergabe in Einzelgewerken/ klar, es hat jeder sein einzelnes Gewerk, jeder schaut, dass er es optimiert, schaut aber nicht, dass er es an den Schnittstellen optimiert. Sondern, es wird geschaut, wo kann ich aus meinem Gewerk das Optimum, in Bezug auf die Kosten, herausholen. [Ausführend 02]*

Der Nachteil, den die Einzelvergabe mit sich bringt, ist gleichzeitig der damit verbundene Mehraufwand in der Koordination der Gewerke. Dieser Zusatzaufwand muss letztendlich durch den Architekten und Auftraggeber abgedeckt werden und birgt dabei Risikopotenzial für Fehler. Umso wichtiger wird dadurch die Detailplanung des Projektes und erschwert

durch den Planungsmehraufwand eine Gesamtoptimierung. Gleichzeitig ist diese Vergabeform die einzige, die das Eingreifen in jegliche Schnittstellen erlaubt. Mit viel Holzbauerfahrung, bezogen auf Materialeigenschaften und Projektstruktur könnten hier große Potenziale ausgeschöpft werden. Das Risiko bei Fehlentscheidungen bleibt dabei jedoch auf Seiten des Auftraggebers.

Im Punkt Kosten/Preise gingen die Meinungen der befragten Experten auseinander. Manche bezeichneten die Vergabe in Einzelgewerke als kostentreibend durch die oben erwähnten Mehraufwände. Aus deren Sicht bestünde zwar die Möglichkeit einen günstigeren Preis bei der Herstellung in dieser Vergabeform erreichen zu können, diese Einsparung würde aber durch die aufwändige Projektsteuerung getilgt oder eben sogar überschritten werden.

Die Auswahlmöglichkeit bei dieser Vergabeform stellt einen großen zusätzlichen Vorteil dar. Architekten und Auftraggeber haben so die Chance die bestgeeigneten Fachfirmen zu suchen und können somit die Qualität des Projektes stark beeinflussen.

### 6.3.3 GU

Die GU-Vergabe ist derzeit die Standardvergabeform für Wohnbauten. Ein heutiger Generalunternehmer ist kaum mehr zu vergleichen mit den damaligen Baumeisterbetrieben, die als solche arbeiteten. Heute sind sie spezialisiert auf die Gesamtorganisation eines Unternehmens und seinen Beauftragungen. Kaum werden noch Eigenleistungen dabei beim Bau erbracht abgesehen von der Organisation. Die größten Vorteile für den Bauherren bei einer GU-Vergabe stellen die reduzierten Schnittstellenrisiken und die damit verbundenen Gewährleistungsprobleme dar. Es ist somit die sicherste und bequemste Ausführungsart und daher bei Großprojekten, aufgrund ihrer großen Komplexität, sehr beliebt. Aus Sicht der Befragten sehen Architekten die Vergabe nach GU als negativ an. Das Bestreben eines Generalunternehmers so kostengünstig wie möglich zu bauen, um höchstmögliche Wertschöpfung aus jedem einzelnen Projekt zu erzielen, steht so im direkten Gegensatz zum hohen Qualitätsanspruch der Architekten.

*Themen wie zum Beispiel schalltechnischer Natur, Anbindung an den Massivbau, Toleranzen die vorkommen sind egalisiert und treten dann nicht irgendwo als Mehrkostenforderungen dann später, für den Bauherren in weiterer Folge, auf. [Ausführend 02]*

Das Thema Kosten ist wie bei jedem Bauprojekt ein großes Thema. Hier bringt die Vergabe nach GU den großen Vorteil der Kostensicherheit aus einer Hand mit sich. Die Sonderstellung eines solchen Großbeauftragten kann weiters auch bedeuten, dass er durch seine Stellung im Baugewerbe mit besseren Konditionen rechnen kann. Dies wird unter Umständen durch günstigere Gesamtangebote an den Bauherrn weitergegeben und würde einen

Vorteil der ausgelagerten Kostenkontrolle bedeuten. Verloren geht dabei jedoch das Potenzial der Kostenoptimierung für den Bauherrn.

Die derzeit als GU auftretenden Unternehmen haben ihren Stamm im mineralischen Massivbau und bis jetzt dort ihre größte Wertschöpfung erzielt. Sie haben sich sozusagen auf dieses Feld ausgerichtet, bieten ihre Leistungen jedoch auch für den Holzbau an. Um aber die erforderlichen Holzbautätigkeiten durchführen zu können, bedarf ein traditioneller GU die Mitwirkung von Holzbaufirmen als Sub-Unternehmen. Dieses neue und vom Leistungsaufwand sehr große Gewerk bedeutet für ihn erhöhten Koordinationsaufwand und verringert gleichzeitig seine Wertschöpfung. Um effizient mit den neuen Strukturen arbeiten zu können, müsste sich der GU im Inneren neu aufstellen.

Die Alternative wäre es Holzbaubetriebe als GU einzusetzen, welche aber derzeit am Markt Mangelware sind. Diese Entwicklung ist aus Sicht der Experten wünschenswert und fast zwingend notwendig um den mehrgeschossigen Holzbau effizient realisieren zu können.

*...es gibt schon ein paar Große, aber die haben sich auf ein spezielles System spezialisiert und weichen von dem nicht mehr ab und sind dann nicht flexibel genug, sich wieder auf neue Dinge einzustellen. [Ausführend 07]*

Die Mindererfahrung mit den externen Gewerken stellt für ein Holzbauunternehmen als GU eine große Herausforderung dar. Gegengleich zum Baumeister-GU müsste er Sub-Unternehmen für den mineralischen Massivbauteil beschäftigen und steht somit vor den gleichen Problemen. Ein Lösungsansatz hierfür wäre die Aufteilung in Teil-GUs.

#### **6.3.4 Teil-GU**

Wie im vorigen Kapitel (siehe Kapitel 6.3.3 GU) beschrieben, stellt die Vergabe als Teil-GU eine gute Lösungsmöglichkeit zur Optimierung von Holzmischbauprojekten dar. Die Aufteilung in zwei gleichberechtigte Teilbereiche (Holzbau und mineralischer Massivbau) reduziert strukturelle Probleme im Vergleich zur GU-Vergabe.

*Es macht vielleicht Sinn, die eine oder andere Ausschreibung nicht gewerkeweise zu machen sondern in Teil-GU-Ausschreibungen zu machen, um Vorteil lukrieren zu können. [Ausführend 01]*

Dabei ergeben sich zwar Schnittstellenaufwände für den Bauherren, im Vergleich zur Einzelvergabe reduzieren sich diese jedoch auf die zwei Hauptgewerke. Dieser Mehraufwand wird laut den Befragten durch die Wahlmöglichkeit der wichtigsten Unternehmen gerechtfertigt und ermöglicht es so dem Bauherren einzugreifen.

*Ich sehe das eher so, dass der Teil-Generalunternehmer das mittelfristige Ziel sein sollte, von den Holzbauern in Österreich. Damit man sagt, der Holzbauer hat die Gebäudehülle im Griff. [Ausführend 02]*

Eine Kernaussage der Befragung zum Thema Teil-GU Vergabe ist, dass die Holzbauer für den Bereich bis zur Gebäudehülle und maximal bis zum Trockenausbau als Generalunternehmer auftreten sollen. Dies wäre für den derzeitigen Stand der Entwicklung eine optimale Herangehensweise.

## 6.4 Arbeitskonditionen

Alle befragten Experten waren sich einig, dass das Material Holz, durch seine speziellen Eigenschaften und den damit einhergehenden Anforderungen an seinen Umgang, große Vorteile und nur wenige Nachteile mit sich bringt. Grundsätzlich kann das relativ leichte Bearbeiten als Haupterleichterung angesehen werden. Die damit verbundene Präzision und Mängelfreiheit der Bauteile stellen in weiterer Hinsicht, wie z.B. bei den Versetzarbeiten bzw. generell für Folgegewerke, eine große Erleichterung dar. Bauteilabmessungen können bei der Ausführung sehr genau eingehalten werden, wodurch Spaltmaße zwischen den Einzelelementen und somit die Rohbaumaßabweichungen auf ein Minimum reduziert werden können. Öffnungen sind so maßhaltig ausführbar, dass speziell Fenster- und Türenbauer sogar die Möglichkeit haben nach Planmaßen zu fertigen. Sollten dennoch kleine Anpassungen erforderlich sein, ist dies im Vergleich zum Massivbau sehr einfach möglich (Motorsäge statt Schremmen bzw. kostenintensive Kernbohrungen).

*Der Innenausbau hat es von den Toleranzen, die am Bau auftreten leichter, weil das Gewerk des Holzbaues sehr maßgerecht ist. [Ausführend 02]*

Zusätzlich zu der Maßgenauigkeit stellt das verhältnismäßig geringe Gewicht von Holzbauteilen einen großen Vorteil dar. Das Handling beim Versetzen wird für die Arbeiter vor Ort erleichtert und die geringere notwendige maximal zulässige Traglast von Baukränen spart dadurch Geld.

Neben dem Gewichtsvorteil bringt die Holzbauweise eine geringere Lärm- und Staubbelastung mit sich. Davon profitieren nicht nur die Ausführenden selbst, sondern speziell im innerstädtischen Bereich werden auch die Nachbarn dadurch mit weniger Baustellenemissionen belastet.

Durch die Vorelementierung im Holzbau und die damit verbundene kürzere Bauzeit ergibt sich schneller eine schützende Hülle. Speziell in den kalten Jahreszeiten wird früher ein witterungsgeschütztes Arbeiten möglich und durch die Materialeigenschaften von Holz ein wärmer anmutendes Baustellenklima für die Ausführenden hergestellt.

Mehraufwand bedeutet es jedoch die schützende Hülle vor Bewitterung zu schützen. In der Rohbauphase müssen zusätzliche Vorkehrungen, vor allem bei Einsatz von Sichtholzflächen, zum Schutz vor Feuchtigkeit getroffen werden bzw. ist der Dachdecker gefordert rasch einen dichten Gebäudeabschluss zu gewährleisten. Langfristiges Einwirken von Wasser auf die Holzbauteile würde negative Auswirkungen verursachen. Dies stellt auch höhere Ansprüche im Bereich der Installationsarbeiten. Unbemerkte langanhaltende Undichtheit einer Wasserinstallation kann bei einem Holzbau großen Schaden anrichten. Ein sorgfältiger Umgang und erhöhtes Augenmerk auf Qualität bei der Verlegung und Wartung von wasserführenden Leitungen ist daher dringend notwendig.

*Unsere aktuellen Bauweisen und (Nicht-)Wartungsintervalle führen eigentlich zwangsläufig zu Wasserschäden, da es kein definiertes Sanierungsintervall für Wasser- und Heizungsleitungen gibt - bei kleinen Schäden führt das durch längere Einwirkzeit zu höheren Schäden. [Ausführend 05]*

Wie in so vielen Punkten verursacht das Thema Brandschutz im Holzbau, und im Speziellen bei der Gebäudeklasse 5, Mehraufwand. Seine hohen Ansprüche fordern kostenintensive Detaillösungen im Bereich der Brandabschottungen und verlangen im Vergleich zur mineralischen Massivbauweise zusätzliche Arbeitsschritte.

Im Vergleich zum reinen Holzbau ergeben sich in der Holzmischbauweise bzw. beim Übergang von Massivbau zu Holzbau Arbeitsmehraufwände. Durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Materialitäten sind zusätzliche Maßnahmen zu treffen. Spezieller Augenmerk ist auf die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten bei der konstruktiven Verbindung zweier solcher Bauteile zu legen.

## **6.5 Ausführungsmethoden**

Bei der Befragung hat sich zum Punkt wie derzeit mit Holz gebaut wird eine sehr spannende Aussage herauskristallisiert. Oftmals wurde von den Experten kritisiert, dass unsere derzeitigen Holzbauprojekte leider nur sehr schwer bis gar nicht als solche erkennbar sind. Ohne Vorwissen sind fertige Projekte aus Holz kaum von einem mineralisch-massiven zu unterscheiden und verabsäumen so die Möglichkeit auf den neuen, zukunftssträchtigen Baustoff aufmerksam zu machen. Durch die fehlende Sichtbarkeit des Baustoffs an sich, muss die Öffentlichkeitsarbeit mit viel Aufwand durch Berichte und Werbung betrieben werden.

Der aktuelle großvolumige Holzbau wird derzeit in Mischbauweise ausgeführt. Im Vergleich zur reinen Holzbauweise führt diese jedoch zu zusätzlichen Problemstellen. Die unterschiedlichen Materialien und deren Eigenschaften bedürfen in Verbindung spezieller Auf-

merksamkeit in Ausführung und Planung. Neue Schnittstellen zwischen den Gewerken entstehen dabei und bergen automatisch Risiken wegen Mindererfahrung. (vgl. Kapitel 6.15 Wissen und Erfahrung)

Neben der Frage reiner Holzbau oder Holzmischbau ergab die Analyse eine zusätzliche Frage, die man sich stellen sollte. Trotz der aktuellen Tendenzen im mehrgeschossigen Holzbau sollte bei jedem Projekt die Bauweise (Leicht-oder Massivbau) hinterfragt werden. Nicht jede Bauweise ist für jedes Projekt optimal nutzbar. Nur die Änderung der statischen Struktur kann gewaltiges Kosteneinsparungspotenzial bieten.

*Für mich ist ein Thema, im mehrgeschossigen Wohnbau, dass über die Bauweisen zu wenig geredet wird. Also über die möglichen Bauweisen. Zurzeit herrscht einfach ein Brettsper Holzhyype der aber der Kostensituation im mehrgeschossigen Wohnbau eher abträglich ist. [Ausführend 01]*

Auch wenn die Leichtbauweise in manchen Fällen Optimierungspotenzial darstellt, ist sie durch ihren Aufbau hinsichtlich der maximalen Belastbarkeit eingeschränkter. Hier bieten die neu entwickelten flächigen Bauteile aus Holz einen riesen Fortschritt. Sie können so hohe Lasten abtragen, dass die aktuell notwendige Geschossigkeit damit abgedeckt werden kann.

*Die Bauweise jetzt, ist die flächige Bauweise, die Brettsper Holzbauweise, hat uns den mehrgeschossigen Holzbau eröffnet. [Ausführend 02]*

Die technischen Entwicklungen derzeit sind für den mehrgeschossigen Wohnbau jedoch noch nicht zur Gänze ausgereift. Aktuelle Projekte befinden sich daher in einer Art Pilotprojektstatus. Tendenziell geht der Holzbau dabei immer mehr in Richtung Industrialisierung und um Fortschritte in der Entwicklung lukrieren zu können bedarf es diesen Weg weiter zu verfolgen. Die flächigen Holzbauteile sind durch ihre industrielle Herstellung für sich richtungsweisend. Der Grundgedanke soll weg vom prototypischen Bauen hin zur industriellen Serie gelenkt werden.

## **6.6 Brandschutz**

Das Thema des Brandschutzes ist ein heikles Kapitel beim Holzbau und beinhaltet viele verschiedene Sichtweisen. Die Sicherheit in Bauwerken ist immer wichtig, bedarf aber angemessener Auslegung. Derzeit liegen im Holzbau sehr hohe Anforderungen an den Brandschutz vor und missachten dabei auch noch die Grundeigenschaften von Holz (siehe Kapitel 2.1.5 Brandwiderstand von Holz), wie z.B. den bleibenden tragenden Kern im Abbrandfall.



*Der wirkliche Fortschritt für die Holzmassivbauweise wäre, dass man über den reinen Abbrand des Holzes bauen darf. [Ausführend 02]*

Die befragten Experten sind geschlossen der Meinung, dass die derzeitigen Brandschutzbestimmungen einer Überarbeitung bedürfen und spezielle Regelungen für die einzelnen Baumaterialien herauszuarbeiten sind. Für die Überarbeitung spricht außerdem die Anpassung unserer heutigen Standards in der Brandbekämpfung, im speziellen die Einarbeitung und Berücksichtigung der Einsatzpläne unserer Berufsfeuerwehren. In städtischen Gebieten kann durch ihren Fortschritt der letzten Jahre mit einer frühzeitigen Bekämpfung von Bränden gerechnet werden und könnte damit den notwendigen Brandwiderstand des Gebäudes reduzieren. Auch die Anpassung des Gebäudeschutzes an das Realbrandverhalten von Wohnungen würde erhebliche Änderungen in den Vorschriften bewirken.

## **6.7 Einsatzgebiete/-möglichkeiten**

Die Befragung hat in diesem Punkt u.a. darauf abgezielt neben dem aktuellen Einsatzbereich, des mehrgeschossigen Wohnbaus, Möglichkeiten und Potenziale herauszufinden. Als Ergebnis wurden temporäre Bauten und Erweiterungen von den meisten der Befragten genannt. Hier könnte der Holzbau durch seine Serialität, seiner hohen Vorfertigung und der Wiederverwendbarkeit punkten. Bezogen auf die Erweiterungen ist das verhältnismäßig geringere Gewicht von großem Vorteil und ist somit für das städtische vertikale Ausdehnen im Bestand (z.B. Dachgeschossausbau) von großem Interesse. Das Potenzial des Holzbaues ist dabei noch lange nicht ausgeschöpft und aufgrund unserer derzeit noch geringen Erfahrung mit den Einsatzmöglichkeiten des Baustoffs Holz durch keine Grenzen eingeschränkt. Bevorzugte und richtungsweisende Einsatzgebiete werden sich entwickeln.

*Soll der Holzbau ein wenig mehr Bedeutung haben als in der Vergangenheit, dann muss ich den Werkstoff Holz dort einsetzen wo er wirklich am besten seine Eigenschaften ausspielen kann. [Bauherr 01]*

Der mehrgeschossige Wohnbau ist dabei eine mögliche Richtung in dem sich der Holzbau positiv einbringen kann. Die wachsenden Städte erzeugen den Bedarf an mehr Wohnraum im urbanen Raum und genau hier kann der Holzbau mit seiner schnellen und emissionsreduzierten Bauweise seine Vorteile voll ausspielen. Bei der Nachverdichtung der Städte werden dadurch angrenzende Bewohner durch die kürzere Bauzeit und durch die industrielle Vorfertigung mit ihrer reinen Montage vor Ort erheblich geschont.

*Wobei ich die derzeitige Höhenrallye sehr skeptisch sehe. Denn man sollte sich Geschoss für Geschoss vortasten und nicht auf einmal an 20 oder 30 Geschosse denken. [Ausführend 01]*

Durch die aktuell gegebenen Rahmenbedingungen wird der mehrgeschossige Holzbau von den Experten in seiner Geschossigkeit begrenzt als optimal angesehen. 4 bis 4,5 Geschosse wurden als effizienter Richtwert dafür genannt. Bei diesen mittelgroßen Projektmaßen könne der Holzbau derzeit seine größte Ausbreitung im Markt erzielen. Neue künftige Potenziale stehen durch die stetige Entwicklung des Holzbaus im Bereich des Wohn- und Bürobaus bereit.

## 6.8 Gesetze, Verordnungen und Behörden

In Österreich herrschen derzeit keine einheitlichen Bestimmungen und Verordnungen im Bauwesen. Bundesländerweise gibt es Unterschiede, diese wirken sich erschwerend auf den Projektablauf aus und stellen in weiterer Folge einen Mehraufwand dar.

Wie in Kapitel 6.6 Brandschutz beschrieben, verursachen die sehr hohen Anforderungen der Gebäudeklasse 5 neben den erwähnten Mehrkosten einen erhöhten Arbeitsaufwand und stehen teilweise im Gegensatz zu möglichen Optimierungspotenzialen für den Holzbau.

*Bundesvergabegesetz (...) sehr schlecht, weil es praktisch zur Gänze Varianten und Alternativen ausschließt und damit die Intelligenz sämtlicher ausführenden Professionisten negiert und nur darauf vertraut, dass der Planer und der Statiker und der Bauherr selbst das Beste wissen, wie sie es optimal machen. [Ausführend 01]*

Neben den bautechnischen Bestimmungen schränken auch rechtliche Vorgaben das Optimierungspotenzial ein. Die Experten sehen Überarbeitungsbedarf für manche Verordnungen, da sie eine Benachteiligung des Baustoffes Holz gegenüber traditionell, mineralischer Baustoffe sehen.

*Bauträger (...) sagen: "Holzbau ist für uns, unter diesen Rahmenbedingungen, kein Thema mehr in der Zukunft." [Planer 02]*

Neben der Benachteiligung des Baustoffes Holz durch manche Verordnungen ist die Skepsis der öffentlichen Stellen eine weitere Hürde. Sie benachteiligen teils unbewusst aus der Gewohnheit heraus die neue Bauform. In Wien allerdings herrscht eine recht positive Einstellung dem Holzbau gegenüber. Politik und Behörden schaffen freundliche Voraussetzungen für den Holzbau und treten ihm mit erhöhter Akzeptanz entgegen.

## 6.9 Kosten und Ökonomie

Holz ist ein hochwertiges Naturprodukt und hat seinen Preis. Kosten sind daher für den Holzbau ein wichtiges Thema. Durch die erhöhten Grundmaterialkosten und den noch kleineren Strukturen des Vertriebs sind die Experten der Meinung, der Holzbau sei bei den konstruktiven Rohbaukosten etwas höher. Sie sprechen bei den generellen Mehrkosten eines Projektes im Mittel von 5-6%, welche durch die Errichtung in Holz, die Zahlen eines mineralischen Massivbaus überschreiten. Genauer betrachtet sprechen sie von unterschiedlichen Mehrkosten durch die Gebäudeklassen. Die Gebäudeklasse 5 der OIB-Richtlinien verursache sogar 10-12%, die Gebäudeklasse 4 hingegen 3-4% an Mehrkosten. Dieser Sprung ergibt sich dabei hauptsächlich durch die höheren Ansprüche an den Brandschutz der Gebäudeklasse 5. Grundlegende Optimierungen eines Projektes sehen die befragten Experten als erforderlich, um die Gleichpreisigkeit in Zukunft erreichen zu können. Diese Tendenzen sind in den aktuellen Bauvorhaben schon eindeutig zu erkennen.

Als kostentreibende Einflussfaktoren stehen neben den oben erwähnten Aspekten folgende:

- Planung und Entwicklung
- Serialität und Vorfertigung von Bauteilen
- Brandschutz
- Ansprüche an das Gebäude
- Produzentenverbreitung/ -situierung
- Produkte am Markt
- Bauzeit
- Abwicklung der Ausführung
- Minderererfahrung

Das Ausmaß der Beeinflussung ist jedoch sehr unterschiedlich und wird in den folgenden Punkten näher beschrieben.

### Planung und Entwicklung

In der Entwurfs- und Planungsphase besteht die größte Möglichkeit Kosten vorab zu beeinflussen. Diese legen die groben Projektkosten fest.

*Also effiziente Grundrisse, effiziente Gebäudekubaturen, schon von vornherein (...)* [Planer 04]

Das architektonische und dafür gewählte statische Konzept sind die Grundlage eines Gebäudes und somit Entscheidungsträger für die Kostenentwicklung. Eine nachträgliche Änderung des konstruktiven Systems im fortgeschrittenen Projekt wirkt stark kostentreibend.

*Da gibt es ohnehin dieses alt bekannte Diagramm, wo auf der einen Seite die Zeit und auf der anderen Seite die Kostenbeeinflussbarkeit/ Also, je weiter das Bauvorhaben fortgeschritten ist, desto weniger kann ich die Kosten noch beeinflussen. Im Entwurf kann ich noch am allermeisten beeinflussen. [Ausführend 01]*

Werden hier die spezifischen Eigenschaften von Holz und Holzbauprodukten nicht von Anfang an berücksichtigt, wirkt sich dies stark kostentreibend aus. Optimiertes Vorgehen in dieser Entwicklungsphase kann sogar soweit Einfluss nehmen, dass die oben erwähnten Materialmehrkosten egalisiert und die Gleichpreisigkeit mit einer Ausführung in mineralisch-massiver Bauweise erreicht werden kann.

Wie im Kapitel 6.1.4 Planung und Entwicklung beschrieben ist der frühzeitige Abschluss der Planung für einen effizienten Holzbau zwingend erforderlich. Schlechte und nicht detaillierte Vorplanung bedeutet hier gleich Mehrkosten. Gegenteilig ermöglicht ein frühzeitiger Abschluss Spielraum für Kostenermittlung und wirkt sich damit positiv auf die Gesamtkosten aus. Das Risiko der Unwirtschaftlichkeit eines Holzbauprojektes kann so auf ein Minimum reduziert und Kostensicherheit gewährleistet werden.

### **Serialität und Vorfertigung von Bauteilen**

Die Wirtschaftlichkeit vom Holzbau hängt direkt vom Einsatz von Systemen/ Modulen ab. Immer wiederkehrende industriell gefertigte Elemente wirken sich stark kostensenkend aus. Nicht nur der positive Effekt immer gleichbleibender Ausführungsschritte bei der Montage stellt einen Vorteil dar, sowie die serielle Fertigung bei der Produktion der Einzelemente verringert Kosten. Die fortschreitende Technologisierung in der Bauteilproduktion basiert auf sich wiederholenden Teilen. Auch das Ausnutzen der maximal möglichen Größen der Bauteilelemente birgt Einsparungspotenzial in den Errichtungskosten.

Industrielle Vorfertigung bringt den weiteren Vorteil des kontrollierten Umfelds mit sich. Im Gegenteil zur Herstellung vor Ort auf der Baustelle wird hier in einer geschützten Umgebung produziert und gearbeitet. Die Wetterabhängigkeit entfällt komplett, ergibt somit eine bessere Planbarkeit im Ablauf und spart dadurch Kosten.

Die Standardisierung von Produkten stellt weitere Potenziale in der Kostenreduktion dar. Die unabhängige Planbarkeit eines Projektes ist damit direkt verbunden und der Wettbewerb zwischen den Herstellern senkt die Preise.

## **Brandschutz**

Im Allgemeinen stellen die Gebäudeklassen und deren Verordnungen einen Kostenfaktor dar und wie im Punkt Brandschutz (Seite 77) beschrieben verursacht speziell die Gebäudeklasse 5 mit ihren Anforderungen an den Brandschutz im Holzbau stark erhöhte Kosten. Damit wird dies als maßgeblicher Mehrkostenfaktor gesehen. Von den Experten erwähnt wurden die zusätzlich notwendigen Verkleidungen der Holzkonstruktion und im Detail die bei Durchdringungen welche sich auf die Kosten steigernd auswirken.

Die Gebäudeklasse 5 ist durch ihre Geschossigkeit Hauptinteresse für den geförderten Wohnbau. Seine schon mehrmals beschriebenen hohen Auflagen und damit verbundenen Mehrkosten stellen eine Herausforderung für die Förderung von Wohnbauten dar. Die Quadratmeterpreise sind nur durch Nutzen von Potenzialen von Beginn an auf die geforderten förderbaren Grenzen unterzubringen. Als Möglichkeit einer sinnvollen Kosteneinsparung wurde hier das Herabsetzen des Brandwiderstandes von 90 auf 60 Minuten in den Brandschutzbestimmungen erwähnt. Vergleiche dazu Brandschutz (Seite 77).

## **Ansprüche an das Gebäude**

Die Ansprüche leiten sich nicht nur aus den Wünschen des Auftraggebers ab, sondern einer der Hauptfaktoren und somit Kostenfaktor stellen die Gegebenheiten, Eigenschaften und Auflagen des Grundstückes dar. In weiterer Folge kann durch die Konzipierung des Projektes maßgeblicher Richtwert für die zu erwartenden Baukosten abgeleitet werden. Als Beispiel wurde dazu angeführt ein Projekt mit 10.000 m<sup>2</sup> Nettotonutzfläche welches entweder mit hundert 100 m<sup>2</sup> Wohnungen oder mit zweihundert 50 m<sup>2</sup> Wohnungen geplant werden kann, wobei sich in der zweiten Variante die doppelte Anzahl an Sanitärzellen ergibt und allein dies einen Mehrkostenfaktor darstellt. Weiters beeinflusst das Konzept eines Gebäudes das Verhältnis von umbautem Raum zu Nettotonutzfläche und wirkt dadurch kostenentscheidend.

Wie oben erwähnt stellen die Ansprüche an das Gebäude und dessen Qualität einen großen Beeinflussungsfaktor für die Kostenentwicklung dar. Diese Entscheidungen werden hauptsächlich vom Auftraggeber aber auch durch den Entwurf des Architekten getroffen und stellen die Qualitätsanforderungen an das Gebäude dar.

## **Produzentenverbreitung/ -situierung**

Wie in allen Branchen in unserer Wirtschaft gibt der Markt die Preise vor. Viele Produzenten bedeuten hohen Wettbewerb und das ergibt dabei günstige Preise. Derzeit ist die Marktsituation an spezifischen Holzbauunternehmen mit einer eher geringen Zahl zu beschreiben. Die direkte Konkurrenz ist dadurch nur wenig vorhanden, was zu erhöhten Preisen von

Holzbauteilen am Markt führt. Auch die ungleichmäßige geografische Verteilung bzw. teilweise Konzentrierung der Hersteller im Westen Österreichs schafft ein Ungleichgewicht am Markt. Zusätzlich ergeben sich dadurch höhere Transportkosten speziell zu den im Osten Österreichs liegenden urbanen Ballungszentren als künftigen Entwicklungsmarkt für den mehrgeschossigen Holzbau.

Wünschenswert ist hier ein Wachstum an Anbietern von Holzbauprodukten einhergehend mit der Entwicklung und Ausbreitung des Holzbaus in Österreich und damit verbunden eine erhoffte Preisregulierung durch den Markt selbst.

### **Produkte am Markt**

Im Bereich der Holzbauteilproduktion existieren derzeit keine Standardisierungen bzw. Normierungen. Jeder Hersteller am Markt bietet Produkte mit sich aus deren Produktion ergebenden Maßen an. Diese Individualität stellt jedoch für eine optimale Projektentwicklung Komplikationen dar. Es kann nicht von planerischer Seite aus von Grund auf optimal entwickelt werden da sonst eine Festlegung auf einen bestimmten Hersteller stattfinden würde und wirkt sich somit kostentreibend auf das Projekt aus. Wie schon im Punkt 6.1.4 Planung und Entwicklung beschrieben ist das Beachten von Standardmaßen schon in der Entwurfsphase von großem Vorteil und wirkt sich positiv auf die Kosten aus.

Als kostentreibend wurde weiters eine aufwendige Werkstoffproduktion der Holzbauteile angeführt.

### **Bauzeit**

Die Bauzeit eines Bauprojekts stellt einen großen Kostenfaktor im Projektprozess dar. Anfallende Kosten für z.B. die Baustelleneinrichtung, Anmietung von Lagerflächen im innerstädtischen Bereich auf öffentlichem Gut, etc. reduzieren sich stark durch die kürzere Bauzeit, die der Holzbau mit sich bringt.

*Kostenersparnis wird vor allem im städtischen Bereich erzielt, da weniger öffentlicher Raum für die Baustelleneinrichtung für kürzere Zeiten beansprucht werden muss. [Ausführend 05]*

Für den Auftraggeber hat die reduzierte Durchlaufzeit den großen Vorteil Kosten bei der Vorfinanzierung einsparen zu können bzw. bei gewinnbringenden Gewerbebauten (z.B. Hotel, Shoppingcenter, ...) die frühzeitige Startmöglichkeit der Einnahmen.

## **Abwicklung der Ausführung**

Eine zentrale Aussage zu diesem Punkt war, dass Ausführende die Projektkosten nicht mehr beeinflussen, sondern nur noch optimieren können.

Mehrkosten können in der Zeit der Ausführung hauptsächlich durch Stehzeiten entstehen. Meistens sind diese durch Fehler oder Produktionsverzug von Vorgewerken verursacht und wirken stark kostentreibend.

## **Mindererfahrung**

Im modernen Holzbau besteht Mindererfahrung im gesamten Projektprozess, auf Seiten der Planer und der Ausführenden. Dadurch ergeben sich erhöhte Kosten. Auf ausführender Seite werden aus Sicht mancher Wagniszuschläge vermutet, aber aus der Sicht anderer Experten als unwahrscheinlich angesehen da eine wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit dadurch verloren ginge. Das fehlende Vorwissen der Planer wirkt sich ebenso kostentreibend aus, vergleiche dazu 6.15 Wissen und Erfahrung.

## **6.10 Marktsituierung**

Der derzeitige Trend, dass sich der Baustoff Holz am Markt etabliert und sich in Richtung mehrgeschossiger Holzbau entwickelt, wurde von allen Befragten als sehr positive und wünschenswert erwähnt. Auch ihre Einschätzung für die künftige Marktentwicklung des Holz-/Holzmischbaues war durchwegs mit viel Potenzial gesehen. Die Pilotprojekte der vergangenen Jahre haben zu dieser Entwicklung stark beigetragen. Langsam aber stetig wurden dadurch Erfahrungen gesammelt und gute Arbeit auch im Bewusstsein der Öffentlichkeit geleistet. Lange war es eher nur in Fachkreisen bekannt welche Potenziale im Holzbau stecken und ergab so eine geringere Nachfrage. Der positive Trend durch die Pilotprojekte ist laut den Experten jedoch mit Vorsicht zu genießen. Negativerfahrungen mit solchen Projekten können grundlegende Meinungen schaffen und so die Zukunft stark beeinflussen. Trotz aller Hürden und Risiken wurde mir eine positive Zukunft für die Holz-/Holzmischbauweise und eine starke Konkurrenz zur traditionellen, mineralischen Massivbauweise prognostiziert. Besonders seien es motivierte Architekten und Holzbauer welche diese Entwicklung vorantreiben werden. Sie erkennen die noch nicht genutzten Potenziale/Möglichkeiten und stehen somit dem mehrgeschossigen Holzbau besonders positiv gegenüber.

Die grundsätzliche Akzeptanz dem Holzbau gegenüber ist jedoch von regionalen Unterschieden geprägt. Von Westen nach Osten nimmt diese ab. Vermutlich spielt die Tradition im Bauen dabei eine große Rolle. Wo im Westen von Österreich stets noch vermehrt mit dem Baustoff Holz gebaut wurde und man somit vertrauter damit ist, kann heute auch ein

höherer Marktanteil erkannt werden. Die gebietsweise geschichtliche Entwicklung hat somit Einfluss auf die heutige Marktsituierung. Regional kann eine erhöhte Akzeptanz bei den öffentlichen Stellen und deren Bearbeitern bis hin zu günstigeren Verordnungen erkannt werden. Gerade die gesetzlichen Rahmenbedingungen wurden als Haupteinflussfaktor für den geringen Marktanteil erwähnt. Daneben war die Holzbautradition durch neue Entwicklungen in anderen Bauweisen ins Hintertreffen gelangt. Die Industrie hatte ihren Fokus für Jahrzehnte in anderen Bereichen des Bauens und so blieb die technische Entwicklung im Holzbau zurück. Die neu entwickelten Systeme hatten durch ihre moderne, technische Ausgereiftheit den großen Vorteil der Bequemlichkeit gegenüber der traditionellen Holzbauweise.

*Anwender konnten auf normierte, standardisierte Systeme aus dem mineralischen Bau zurückgreifen. [Planer 02]*

Diese Entwicklung in der Vergangenheit brachte gleichzeitig mit sich, dass auch der Fokus in der Ausbildung hin zu mineralischen Bauweisen ging, die Verbreitung von neu gebauten Holzbauten stetig sank und uns zu dem heutigen, geringen Marktanteil brachte. Erst in den letzten Jahren wurde das Bewusstsein für den modernen Holzbau bei den Konstrukteuren und Planern wieder in der Ausbildung geschärft und Fokus auf den Baustoff Holz gelegt.

Traditionen und traditionelle Denkweisen bei den Auftraggebern und bei den Ausführenden wurden als ein weiterer Einflussfaktor für die derzeit noch geringere Marktdurchdringung erwähnt. Im großvolumigen Bau haben in den letzten Jahrzehnten fast ausschließlich die mineralischen Bauweisen ihre Anwendung gefunden. Eine Umstellung in diesem Bereich ist durch die Behäbigkeit des Gewohnten und erschwert durch fehlende politische Unterstützung in vielen Regionen von Österreich nicht ohne weiteres möglich.

*Vor allem aber sind Bauträger nicht von der Wertbeständigkeit überzeugt - wie auch Versicherungen und Immobilienbewerter. [Ausführend 05]*

Ungerechtfertigt wird dem Baustoff Holz eine minderwertige Performance unterstellt. Speziell die Materialbeständigkeit auf lange Zeit wird von den Investoren fälschlich angezweifelt. Sie befürchten eine geringere Wertbeständigkeit ihrer Investition durch die geänderte Materialität und dies schafft eine gewisse Schwellenangst. Ergänzend zählten die Befragten die Angst vor den Themen des Brand- und Schallschutzes als Grund für das Misstrauen bei vielen Auftraggebern auf.

Auch im behördlichen Bereich stößt die neue Baumaterialität auf Skepsis. Wie schon im Punkt 6.2.2 Gewohnheiten und Tradition erwähnt, bringt der Holzbau auch im Bereich der Administrative neue Fragen mit sich. Eine Art Schwellenangst durch die Mindererfahrung im Umgang der Behörden mit diesem Thema erwähnten die Experten als Zusatzfaktor für den derzeit noch geringeren Marktanteil. Weiters fehle es ihnen an Pioniergedanke neue Wege einzuschlagen und nicht genutzte Möglichkeiten auszuloten. Als zusätzlichen Faktor



wurden die erschwerenden Vorschriften der unterschiedlichen Bauordnungen genannt (vgl. 6.8 Gesetze, Verordnungen und Behörden).

In Bezug auf die hohen Brandschutzanforderungen der Behörden erwähnten die Experten eine Möglichkeit die Marktverbreitung zu steigern. Diese wäre eine Überarbeitung der Vorschriften in Richtung Reduktion oder sogar Entfallen lassen der Kapselung und somit Steigerung der Wirtschaftlichkeit eines Holzbaus. Die Mehrkosten seien aus deren Sicht ein weiterer Hauptgrund für den noch immer reduzierten Einsatz vom Baustoff Holz im großvolumigen Bau.

*Ich sehe eine ähnliche Entwicklung wie im Automobilbau voraus. Auch in diesem Bereich wurden früher beliebige Karosserien, mit beliebigen Motoren, mit beliebigen Inneneinrichtungen kombiniert. Dieser Weg ist zwar höchst individuell, die Ergebnisse bleiben allerdings immer im Prototypenstadium und sind wirtschaftlich nicht leistbar. [Ausführend 03]*

Alle Befragten waren sich einig, die Zukunft des Holzbaus liegt in der Vorfertigung (siehe dazu Punkt Serialität und Vorfertigung von Bauteilen (Seite 76) und Kapitel 6.1.2 Bauteilproduktion und industrielle Fertigung). Um am Markt stärker auftreten zu können, ist eine gewisse Wirtschaftlichkeit erforderlich. Speziell im Holzbau bieten sich dafür Serialität, Modularität, bis hin zu entwickelten Bausystemen an. Nur so sei der Schritt aus dem Prototypstadium der Einzelprojekte möglich.

## 6.11 Optimierung und Anregungen

Hohes Potenzial für Optimierungen sehen die Experten geschlossen in der Form der Vergabe eines Holzbaus. Eine klare Trennung in der Ausführung zwischen den mineralischen Bauaufgaben und dem Holzbauteil wäre eine Verbesserung zur derzeitigen Situation. Hinsichtlich der Frage in welcher Art vergeben werden soll, trennten sich die Meinungen. Manche sprachen sich für die Ausführung in Form von einer gleichberechtigten Arbeitsgemeinschaft aus, andere wiederum befürworteten die Teil-GU Vergabe (vgl. Kapitel 6.3 - Vergabeform) wobei das zuständige Holzbauunternehmen zusätzliche Gewerksleistungen übernehmen sollte. Beide dieser Formen entsprechen durch ihre klar definierten Schnittstellen stark den Bedürfnissen eines Holzbaues und unterscheiden sich vor allem in der Frage der Gewährleistung und der Preissicherheit.

Durch fixe Partner wird die Grundlage für das Entwickeln eines optimierten Systems generiert und kann damit stark Kosten reduzieren. Diese Art des Bauens, das Nutzen von Systemen, wurde von den Befragten als erstrebenswert für den Holzbau gesehen. Ein erster beginnender Schritt in diese Richtung würde laut ihnen auch die Standardisierung von zer-

tifizierten Aufbauten und Details darstellen und zusätzlich wäre die Einführung von Produktstandards dabei sehr hilfreich (vgl. Kapitel 6.1.4 - Planung und Entwicklung). Die Anwendung eines für den Holzbau spezifischen Projektablaufes wäre dadurch stark vereinfacht und birgt hohes Optimierungspotenzial für einen wirtschaftlichen Holzbau.

Die vorhin erwähnte spezifische Projektorganisation beinhaltet laut Experten die frühe Verbindung von Planern und Ausführenden mit holzbauspezifischem Fachwissen. Wie im Kapitel 6.1.4 - Planung und Entwicklung ausführlich beschrieben, werden bei einem Holzbau im frühen Projektstadium grundlegende Entscheidungen getroffen und bieten daher enormes Optimierungspotenzial. Zum Beispiel ist die Wahl des konstruktiven Systems großer Einflussfaktor und wird schon in der Entwurfsphase festgelegt. Bewusste frühzeitige Entscheidungen sind somit Schlüssel für eine effiziente Planung im Holzbau. Dies ist jedoch nur möglich, wenn Architekten, Tragwerksplaner und Ausführende von Beginn an Hand in Hand als Projektteam arbeiten. Weiters in der Planungsphase zu beachten ist, dass es zu keinen Doppelplanungen kommt. Wie in Kapitel 6.2.1 - Arbeitsteilung beschrieben, muss es klar definierte Zuständigkeiten in der Planung geben und stellt somit Optimierungspotenzial hinsichtlich der Planungskosten dar. Auch erwähnt wurde die Möglichkeit die einzelnen Leistungsstufen der Planung getrennt zur Detailplanung zu vergeben und so noch mehr einsparen zu können.

Folgende andere Optimierungspotenziale wurden erwähnt:

- Die Berücksichtigung des Abbrandes in den Brandschutzbestimmungen.
- Die Kombination von aktivem und passivem Brandschutz als Schutzmaßnahmen.
- Aus dem Bereich der Logistik – das Einrichten eines lokalen Zwischenlagers auf der Baustelle als Puffer für einen reibungslosen Ablauf bei der Errichtung.

Den größtmöglichen Effekt sahen die meisten Befragten jedoch in der Öffentlichkeitsarbeit. Erst durch das richtige Bild in der Gesellschaft hat der Holzbau die Chance sich handfest zu etablieren. Dafür ist es notwendig von Seiten der Holzbaubranche eine einheitliche Richtung einzuschlagen und gemeinsam das Produkt Holz so positiv wie möglich zu vermarkten.

*Die Holzlobby sollte einen Schulterschluss machen, damit das Thema besser entwickelt und in den Gremien, bei den Behörden mit einer einheitlichen Sprache gesprochen werden kann. Momentan zu viele Einzelkämpfer.*

[Planer 03]

## 6.12 Qualität und Wertung

Der Baustoff Holz bringt durch seine Materialität hervorragende Eigenschaften für das Bauen mit sich. Neben seiner hohen Festigkeit und Belastbarkeit wirkt es sich positiv auf das Klima und die Befindlichkeit in Räumen aus. Dieser Mehrwert der erhöhten räumlichen Qualität wurde stets als einzigartig positiv erwähnt und hoch bewertet. Neben seiner Eigenschaft das Raumklima stabil zu halten, bieten sichtbare Holzflächen eine für den Menschen durchwegs angenehme Haptik und Optik und wird zusätzlich als angenehm warmes, hochwertiges Material wahrgenommen. Durch die Reihen stellt der Einsatz von Holz eine Verbesserung der gewohnten Lebensqualität dar.

Neben den räumlichen Qualitäten sind die Experten der Meinung auch die Bauqualität erfährt durch den Holzbau im Vergleich zum traditionellen, mineralischen Bau eine Aufwertung.

*Wenn ich die klassische Ziegelwand nehme, mit Vollwärmeschutz, ja, was ist dann zutun mit dem Vollwärmeschutz in 20 bis 30 Jahren? Siehe deren Verwertung. Das wird überhaupt nicht bewertet. Wenn man das bewertet vom Holzbau für sich, die Entsorgungskosten/ wird nicht bewertet. Das sind aber Kosten die vorhanden sind und die werden uns alle treffen. [Ausführend 02]*

Betrachtet man einen ganzen Gebäudelebenszyklus bringt das Bauen mit Holz nicht nur seine Vorteile bei der Herstellung zur Geltung, sondern erzeugt auch in später Hinsicht, durch seine Wiederverwertbarkeit, einen riesen ökologischen Vorteil. Holzbauprojekte sind im hohen Maße recyclebar und können sogar rückbaubar bzw. wiederverwendbar geplant und gebaut sein.

Durch den Einsatz von Holz beim Bauen wird ein großer Schritt in Richtung ökologisches und nachhaltiges Denken gemacht. Leider hinken in Österreich die öffentlichen Bewertungen wie z.B. Förderungen dem noch weit hinter her. Diese betrachten und bewerten überwiegend nur den Beginn eines Gebäudelebenszyklus und nehmen dabei hauptsächlich die Errichtungskosten als Bewertungsfaktor. Laut den befragten Experten wurde in manchen Ländern Europas schon das Bewusstsein in dieser Hinsicht geweckt und eine eigenständige Bewertung für Holzbauten geschaffen. Auch wenn dem in Österreich derzeit noch nicht so ist, liegt der ökologische Vorteil ganz klar als Trumpf für die Zukunft in der Hand des Holzbaues.

### 6.13 Schnitt-/Problemstellen und Verantwortlichkeiten

Ein Holzbau ist anders, er benötigt eigens auf ihn optimierte Abläufe um seine Vorteile zur Gänze ausspielen zu können und trotzdem generiert er laut den Experten keine neuen Schnittstellen. Lediglich findet in diesem Thema eine Umstrukturierung statt, sprich es treffen nun Gewerke verstärkt auf einander die zuvor meist nur wenig mit einander zu tun hatten. Zusätzlich ändert sich noch die Verantwortlichkeit der Gewerke – hier wird ein ehemaliges Nebengewerk zu einem Hauptgewerk und bekommt damit verbunden mehr Verantwortung. Neben den Holzbauunternehmen trifft dies auch auf den Brettsperrholzlieferanten zu. Verzögerungen in der Produktion und in der Logistik der Produkte erzeugen Stillstand in der Ausführung und direkt damit verbunden Mehrkosten. Dieser Verantwortung müssen sie sich auch bewusst sein.

Ein wichtiger Punkt zum Thema Schnittstellen ergibt sich schon in der Planungsphase wie in Kapitel 6.2.1 - Arbeitsteilung beschrieben. Die im Holzbau notwendige Werkplanung muss klar vom Planungsaufwand des Architekten getrennt gehalten werden. Da diese Grenzen in der Praxis jedoch sehr leicht verschwimmen, stellt dieser Übergang eine Risikostelle dar. Leicht wird der Planungsaufwand durch die Motivation der Architekten übernommen bzw. zu fortgeschritten bearbeitet und es kann dadurch zu einer doppelten Planung kommen. Die Erfahrung im Umgang der Architekten mit den Holzbauern bzw. generell mit dem Holzbau wird diese Überschneidung früher oder später jedoch stark reduzieren.

Laut Experten hat auch die Wahl der Bauweise Einfluss auf das Thema Schnittstellen. Vergleicht man einen reinen Holzbau-Rohbau mit einem Holzmisch-Rohbau stellt die Homogenität im Baustoff eine große Erleichterung dar. Der reine Holzbau trennt die Verantwortlichkeiten klar in Massiv- und Holzbau, lediglich der Übergang vom mineralisch massiven Unterbau zum aufgesetzten Holzbau stellt eine Schnittstelle dar. Die Reduktion der Übergänge ist gleichzusetzen mit einer Reduktion der Risikostellen. In der Holzmischbauweise entstehen Schnittstellen zwischen Baumeister und Zimmermeister an vielen Punkten. Dies kann zu Mehraufwand in der Organisation und schlussendlich zu Mehrkosten für den Bauherren führen.

Dieser Übergang vom Betonbau zum Holzbau wurde von den Befragten speziell noch einmal hervorgehoben. Die unterschiedlichen Genauigkeitsansprüche /-möglichkeiten in der Ausführung waren dabei das Thema. Wo im Holzbau eine Maßgenauigkeit von Millimetern Grundlage ist, erreicht der Betonbau diese nur schwer im Bereich von Zentimetern. Zusätzlich stellen die unterschiedlichen Materialeigenschaften /-verhalten wie Ausdehnungskoeffizient eine Herausforderung im Übergang dar. Themen der Statik, Bauphysik und schalltechnischer Natur sind in der Verbindung der zwei Bauweisen verstärkt zu berücksichtigen und werden als Risikostelle angesehen.

Als weiterer Risikopunkt wurde mir das Eindringen von Feuchtigkeit schon ab der Rohbauphase genannt. Schon während der Errichtung des Rohbaus kann Einwirken von Feuchtigkeit durch Regen im Holzbau größeren Schaden als bei einem herkömmlichen mineralisch massiven Rohbau anrichten. Wie im Kapitel 6.4 - Arbeitsbedingungen beschrieben, ist es bei einem Holzbau rasch notwendig Dichtheit herzustellen und dies gilt somit als Risikostelle. Auch auf die Qualität der Dachdecker- und Spenglerarbeiten muss Bewusstsein gelegt werden, da auch unbemerkter, geringer Wassereintritt auf Dauer erheblichen Schaden an der Grundstruktur eines Holzbaus anrichten kann. Im speziellen wurden hier die Abdichtungen an den Übergängen von Terrassenflächen zur Holzaußenwand als Beispiel genannt. Neben der grundsätzlichen Gefahr durch die Feuchtigkeit gilt die gewohnte Nebensächlichkeit der Bewitterung bei den Ausführenden als Problem. Arbeitet ein Projekt mit Sichtholzflächen, ist mit besonderer Vorsicht vorzugehen. Neben den Schäden durch eingedrungenes Wasser stellt hier die Beschädigung durch nicht sachgerechte Behandlung beim Innenausbau ein Risiko dar.

Die Brennbarkeit des Baustoffes Holz und die hohen Brandschutzanforderungen an den Holzbau schaffen generell erhöhte Schnittstellenanforderungen. Speziell erwähnt wurden von den Experten Durchbrüche/-führungen mit ihrer notwendig korrekten Anbindung.

## 6.14 Wettbewerb

Die Ausschreibung von Bauträgerwettbewerben ist derzeitiger Standard für geförderte Großbauprojekte in Wien. In ihrer aktuellen Form sind sie jedoch für ein Holzbauprojekt eher ungeeignet. Die initiale Entwicklung von Holzbauprojekten benötigt eine längere Bearbeitungszeit als in diesem Wettbewerbsverfahren durchschnittlich zur Verfügung steht. Dies ist auf eine längere Einarbeitungszeit in das Thema Holzbau, seinen einhergehenden Spezifika und fehlende Erfahrungswerte zurückzuführen. Weiters sieht diese Wettbewerbsform eine Vielzahl an entwickelten Grundrissen als ein positives Bewertungskriterium. Ein kosteneffizienter Holzbau braucht jedoch Serialität in seiner Struktur, z.B. gleiche Achsabstände. Um hier variable Grundrissformen zu ermöglichen, ist es erforderlich modulhafte Grundrisstypen zu entwickeln und dies beansprucht mehr Zeit.

Abhilfe könnte man sich leicht durch ein spezifisches Wettbewerbsverfahren für den Holzbau schaffen.

## 6.15 Wissen und Erfahrung

Aus der Befragung ergaben sich die fehlenden Erfahrungswerte im Holzbau eindeutig als Problemstellung. Diese reichen von den Auftraggebern, der Planung, der Prozessstruktur

über die Hersteller bis hin zur Ausführung und stellen damit eine grundlegende Hemmschwelle für neue Holzbauprojekte dar. Als Ergebnis blicken wir auf einen aktuell geringen Marktanteil in der österreichischen Baulandschaft. Pionierprojekte versuchen diesem Trend entgegenzuwirken in dem sie neue Maßstäbe setzen, sich bewusst den offenen Themen stellen und durch die daraus entstehenden Erfahrungen Nährboden für eine Weiterentwicklung bieten.

*Die Industrie und Planung muss gemeinsam an der Weiterentwicklung arbeiten.* [Planer 03]

Fachspezifisches Wissen ist schon in der Planungsphase von großer Bedeutung, um einen effizienten Holzbau zu errichten. Vom Entwurf weg sind die Materialeigenschaften zu berücksichtigen und in das Konzept einzuarbeiten. Dabei gilt es in der Planung, neben den holzeigenen Konstruktionsmöglichkeiten, schon Themen wie Luftdichtheit, Feuchtigkeitsabdichtung, Brand- und Schallschutz optimiert zu berücksichtigen. Dies bedarf nicht nur fachlicher Kompetenz des Architekten, sondern stellt diese Anforderungen auch an beteiligte Statiker und Bauphysiker. Als Ansprechpartner für diese, ist kompetentes Wissen auf Herstellerseite dringend erforderlich. Ein konsequentes Planen mit den holzspezifischen Aspekten kann die Kosten für ein Projekt erheblich reduzieren.

*Viel Know-how produkttechnisch, bauphysikalisch und brandschutztechnisch ist Grundvoraussetzung sowie handwerkliches Verständnis.* [Planer 03]

Auch für die Ausführenden stellt die Mindererfahrung eine Schwierigkeit dar, da die geänderte Materialität neue, ungewohnte Ansprüche an die Bauleute vor Ort mit sich bringt. Eine grundlegende Erfahrung mit dem Holzbau ist daher beim Ausführenden wichtig, um für einen reibungslosen Ablauf zu sorgen. Durch die fehlende Holzbautradition, vor allem im Osten Österreichs und im Gegensatz zu eingespielten Massivbauprojekten, führt dies zu einem gefühlten Mehraufwand auf Seiten der Ausführenden. In manchen Fällen erzwingt die Mindererfahrung sogar eine genauere Planung. Zusätzlichen Aufwand bedeutet die ausstündige Erfahrung mit und fehlende Struktur für die Bauteil-/Fertigteilherstellung. Genau dieser Aspekt bildet jedoch für einen effizienten Holzbau die Grundlage, da dieser vorwiegend aus vorgefertigten Elementen besteht. Der Entwicklungsprozess in diesem Bereich und die Verfügbarkeit von geprüften Standarddetails stehen erst am Anfang.

## 7 Lean Management

### 7.1 Definition

Ihren Ursprung hat die Methodik des Lean Management in der Automobilproduktion, wo starke Arbeitsteilung bis hin zur leistungsorientierten Bezahlung der Mitarbeiter (Akkordlohn) eine, im Sinne der Wirtschaftlichkeit und um Massenproduktion erreichen zu können, notwendige Rationalisierung und hohe Standardisierung ermöglicht hat. vgl. [19]

Das Lean Management ist auch bekannt als „schlankes Management“ und zielt darauf ab, jegliche Prozesse eines Unternehmens nur auf die notwendigsten Tätigkeiten zu reduzieren und somit das volle Potenzial der Wertschöpfungskette eines Unternehmens zu nutzen. Kurz gesagt, ein System für z.B. eine Produktion zu finden, mit dem möglichst wenig verschwendet oder einfach jeder unnötige Arbeitsschritt vermieden wird. Dabei besteht es aus einem Bündel von Theorien und Maßnahmen für eine effektive und effiziente Planung, Ausführung und Kontrolle. Nur durch permanente Berücksichtigung und konsequente Integration in ein Unternehmen kann es jedoch seine volle Wirkung erzielen.

Gleichzeitig zu den Optimierungen der internen Strukturen und Abläufe, sind jedoch auch die Ansprüche der Kunden wichtig und werden vom Lean Management berücksichtigt. Dabei gilt es die Kundenansprüche (schnelle Verfügbarkeit, günstiger Preis, hohe Qualität und mögliche Produktpassung oder Individualität) mit den Ansprüchen des Anbieters (hoher Profit und Wettbewerbsfähigkeit) optimal zu verbinden. vgl [20]

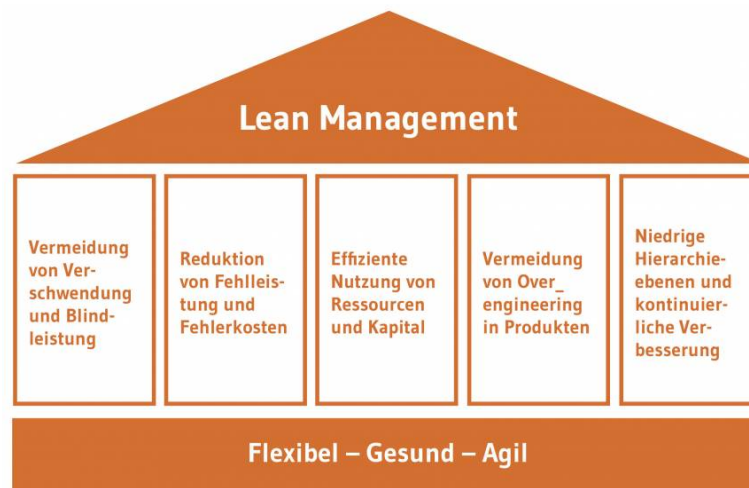


Abbildung 30: Grundsäulen des Lean Managements

Die oben abgebildete Grafik stellt die tragenden Säulen der Methodik dar. Damit diese Ergebnisse auch erreicht werden können, wird als Grundlage für Lean Management eine flexible Unternehmenskultur vorausgesetzt. Neben Tools und Standards ist zur Realisierung

auch die Einstellung der handelnden Personen ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist. Es kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn in Unternehmen eine Kultur herrscht, die Fehler zulässt und daraus lernt und die Rahmenbedingungen aus der Unternehmensorganisation bis hin zum Arbeitsschritt jedes Mitarbeiters heruntergebrochen werden. vgl. [21]

Für Unternehmen bedeutet dies:

- Lean Management: Schaffen von Standards im Unternehmen
- Lean Production: Umsetzung der Standards durch Einsatz von Expertenteams und laufend abgestimmten Handlungen.
- Teamarbeit: Zusammenarbeit statt Abgrenzung im Fachbereich.

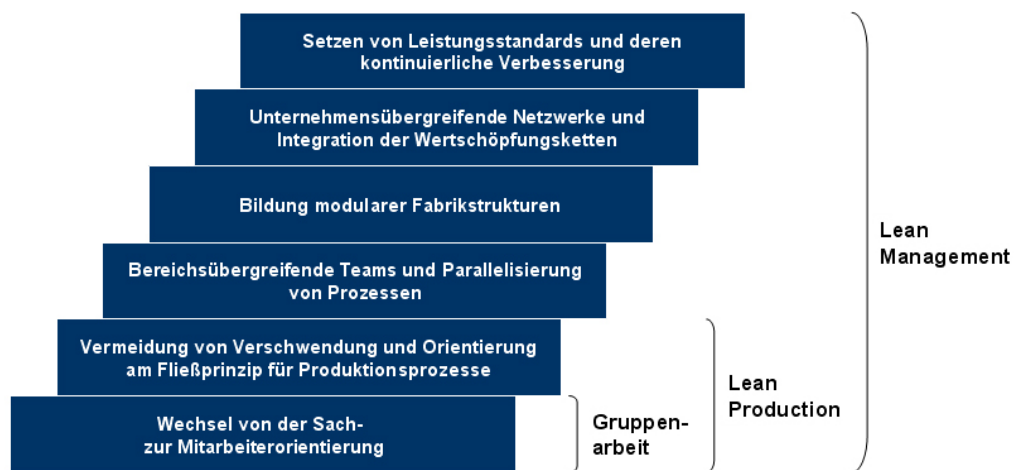


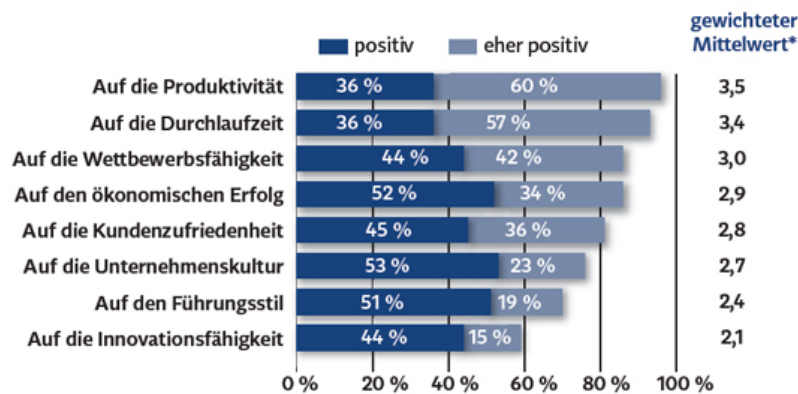
Abbildung 31: Ebenen des Lean Management

Bis heute hat sich Lean Management bereits in der verarbeitenden Industrie, vor allem in den Bereichen Produktion und Logistik, bewährt und positiv auf die Produktivität, Durchlaufzeit, Wettbewerbsfähigkeit und den wirtschaftlichen Erfolg ausgewirkt.



### Wie hat sich Lean Management bisher in Ihrem Unternehmen ausgewirkt?

Antworten eher positiv/positiv



\*Mittelwert 0 – gar nicht 1 – negativ 2 – eher negativ 3 – eher positiv 4 – positiv

96 % von 1350 befragten Firmen berichten, dass sich Lean Management positiv oder eher positiv auf die Produktivität auswirkt.

Bild: Staufen / Produktion

Abbildung 32: Auswirkungen Lean Management

Aufgrund von steigender Komplexität in Hochbauprojekten, z.B. durch die steigende Zahl der unterschiedlichen Projektbeteiligten, Kosten- und Zeitdruck, gilt es nun auch aus diesen Ansätzen zu lernen und sie in die Projektorganisation einfließen zu lassen. vgl. [22]

## 7.2 Lean Management im Bauwesen

Sieht man sich die Arbeitsproduktivität im Zeitraum von 1964 bis 2012 der Bauindustrie im Vergleich zur produzierenden Industrie an, kann man einen eindeutigen Trend erkennen. Eine Steigerung von über 150% können die industrialisierten Produktionen in diesem Zeitraum aufweisen, das Baugewerbe hingegen machte in diesem Zeitraum ein Minus von 19% (siehe Abbildung 33).

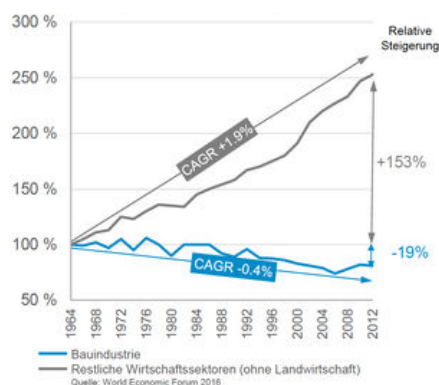


Abbildung 33: Index der Arbeitsproduktivität 1964 - 2012

Aus ökonomischer Sicht konnte das Bauwesen somit nicht mit industrialisierten Wirtschaftsbranchen mithalten. Wesentliche Gründe dafür, im Vergleich zu den produzierenden Industrien, ist das nicht mehr zeitgemäße Produktionsmanagement auf der Baustelle, die steigende Anzahl der Projektpartner, Zeit- und Kostendruck, Medienbrüche und unterschiedliche Kommunikationswege, verschiedene Software-Tools und deren spezifischen Dateiformate, die geringe Automatisierung in der Fertigung, uvm. Heutige Bauprojekte wurden dadurch immer komplexer und prägen den Alltag der Baubranche.

Wie bereits erwähnt haben es aber andere Wirtschaftszweige geschafft durch standardisierte Projekt-/Arbeitsabläufe effizienter zu werden, während die Baubranche hier noch etwas hinterherhinkt.

### **7.2.1 Baustelle 4.0**

Ein wesentlicher Unterschied im Vergleich zu industriellen Fertigungsabläufen besteht im Bauwesen jedoch darin, dass kein Bauwerk wie das Andere ist. Dennoch lassen sich für die Baustelle der Zukunft - „Baustelle 4.0“ Erkenntnisse aus der sogenannten „vierten industriellen Revolution“, der „Industrie 4.0“, übertragen. Im Kern baut diese darauf gewohnte Prozesse aufzubrechen, veraltete Tools zu ersetzen und durch Digitalisierung bzw. Vernetzung Projektbeteiligte zu verbinden.

Viele Architekten bzw. Bauunternehmer nutzen im Alltag bereits digitale Werkzeuge allerdings sind diese in den meisten Fällen nicht kompatibel und erfordern so Mehrfacheingaben der Daten durch die Projektpartner. Das kostet Zeit und ist eine Fehlerquelle, die einfach umgangen werden kann.

Aktuelle Lösungsansätze für diese breit gefächerten Herausforderungen stecken vor allem im Bereich „Lean Construction“ hinsichtlich flexibler Projektorganisation und weiters im „Building Information Modeling“(BIM) in Bezug auf den Einfluss der Digitalisierung auf die Baubranche durch die Nutzung einheitlicher Bauwerksmodelle, die durch kooperative Planung entstehen. vgl. [23]

## **Lean Construction**

Erst ab Mitte der 90er Jahre fanden, in angepasster Form, die Methoden und Prinzipien des Lean Managements auch im Bauwesen seine Anwendung, unter dem englischen Begriff Lean Construction (LC) oder im deutschen Sprachgebrauch unter dem Begriff Lean Management im Bauwesen (LMB). Ziel im projektorientierten Bauwesen ist es dabei, Verschwendung in Bezug auf Material und Zeit (z.B.: Wartezeiten, zu große Lagermengen, unnötige Transporte, Nacharbeiten, etc.) zu eliminieren und damit den Wert auf ein Maximum zu steigern. Der Grundgedanke von Baustellen-Projektmanagement verändert sich dadurch zu Produktionsmanagement auf der Baustelle. Im Vergleich aber zu stationären

Industrien mit Massenproduktionen, steht eine Baustelle vor ganz anderen Gegebenheiten, der Herausforderung durch immer neue Orte, also einer Art Unikatsituation von Projekt zu Projekt. vgl. [24]

Mit dem Lean Construction Management wurden Erfahrungen aus der agilen Software Entwicklung mit jenen aus dem Ursprung des Lean Managements in der Autoindustrie verbunden, um zielorientiert auf die oben genannten Herausforderungen eingehen zu können. Mit dieser Methode wird der Ablauf der Bauausführung bis ins Detail definiert, damit die Umsetzung auf der Baustelle dann flexibel gesteuert werden kann.

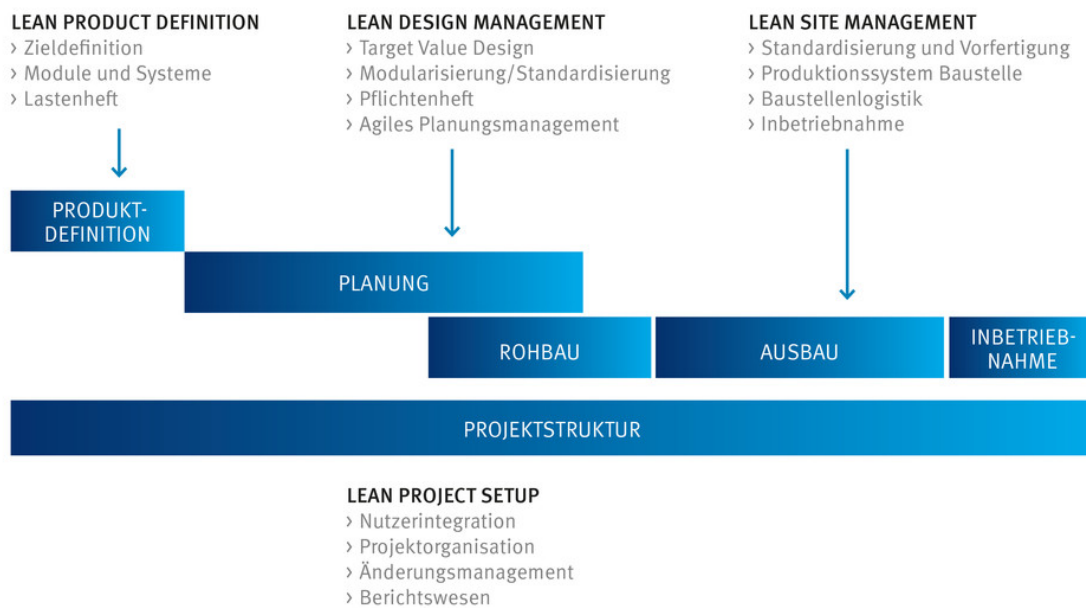


Abbildung 34: Lean Construction Management

Zum Projektstart wird durch den verantwortlichen Projektmanager eine Projektstruktur (Lean Project Setup) festgelegt, die neben grundlegenden Rahmenbedingungen, wie die Rolle aller Projektbeteiligten oder der Projektorganisation, auch ein klares Vorgehen hinsichtlich Änderungen und das Berichtswesen zwischen den Partner festlegt. Wie schon zuvor beschrieben (siehe Absatz 7.2) sind Kommunikationsstränge bei Teamarbeit und flexiblen Strukturen ein wesentlicher Erfolgsfaktor und müssen festgelegt werden, um paralleles Arbeiten und Effizienzsteigerung zu ermöglichen.

Die Projektorganisation an sich teilt sich in folgende Bereiche:

Verantwortungsbereich	Beteiligte	Vorgehen	Ergebnis
Lean Product Definition	Bauleitung Bauherr	Zieldefinition Produktbeschreibung	Lastenheft
Lean Design Management	Bauleitung mit Einbindung der Partner	Planung des Projektes (zeitlich, gestalterisch und technisch)	Pflichtenheft Laufendes agiles Projektmanagement
Lean Site Management	Alle Partner	Standardisierung und Vorfertigung Produktionssystem Baustelle schaffen Logistik und Koordination	Errichtung bis zur Inbetriebnahme

Tabelle 8: Projektorganisation Lean Construction Managements – vgl. [25]

Die „Lean-Kultur“ unterstützt so die Bauabläufe entlang der Wertschöpfungskette entlang vier wesentlicher Prinzipien:

1. Fluss-Prinzip: Zügiger Informations- und Materialfluss, Keine Störungen und Puffer.
2. Takt-Prinzip: Alle Prozessbeteiligten arbeiten im Takt des führenden Prozesses oder Engpasses.
3. Zieh-Prinzip: Ein Prozess zieht nur so viel Information oder Material ab, wie verarbeitet werden kann.
4. Nullfehler-Prinzip: Ziel ist ein fehlerfreies Produkt durch eine fehlerfreie Produktion

vgl. [25]

Erfahrungsberichte von Unternehmen, die ihre Projekte mit dem Einsatz von Lean Construction umgesetzt haben, nennen als wesentliche Vorteile u.a. rechtzeitige Identifizierung von Risiken und verbesserte Kommunikation wodurch es im Endeffekt zur Einhaltung der Termin-, Kosten und Qualitätsziele sowie einer Steigerung der Effizienz bei gleichzeitig verbesserter Qualität kommt. vgl. [26]

## **BIM (Building Information Modeling)**

BIM kann als Versuch gesehen werden, eine branchenübergreifende Standardisierung in der Bauplanung einzuführen/zu forcieren. Kern seiner Methode ist die einheitliche Definition eines Bauwerkes durch die Erstellung eines digitalen dreidimensionalen Abbildes (3D-Modell). Dieses Abbild wird durch einen kooperativen Planungsprozess aller Planer (Architekt, Tragwerksplaner, Elektroplaner, Haustechnikplaner...) sukzessive erstellt, mit geometrischen Informationen (Bauteilkörper) und Informationen zu Eigenschaften bzw. Verhalten (z.B.: Material, Oberfläche bzw. Brandschutzklasse, Schallabsorptionsgrad) angereichert

und verknüpft. Diese Informationen dienen dann als Grundlage für die Realisierung des Bauwerkes, sind aber auch in Folge für den Betrieb und die Entstandhaltung von großem Nutzen. Werden zusätzlich die Faktoren Zeit und Kosten eingeführt, spricht man sogar von vier- bzw. fünfdimensionalen Modellen (4D bzw. 5D-Modelle). Diese bieten zudem im Bauprozess eine erhöhte Termin- und Kostensicherheit.



Abbildung 35: Planungsprozess ohne BIM

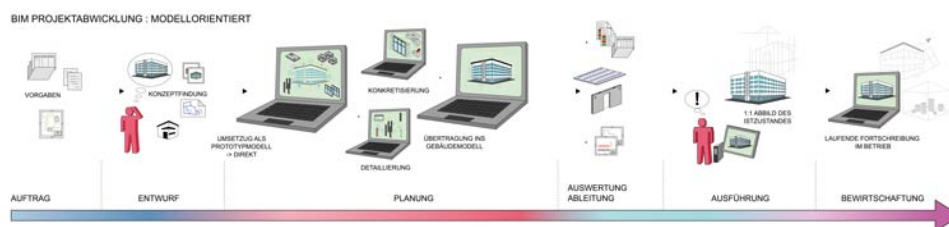


Abbildung 36: Planungsprozess mit BIM

Um wertschöpfend mit der BIM Methode planen zu können, bedarf es klarer vertraglicher Regelungen in der Zusammenarbeit der Planer (Leistungsbild), einer engen Kooperation und Teamorientierung im Planungsprozess. Denn erst durch die regelmäßige Zusammenführung aller Teilmodelle (Planungen der Fach-/Subplaner) und gegenseitigen Überprüfung/Gegenprüfung können die Vorteile der BIM Methode ausgeschöpft werden. Dieser Schritt hin zum kooperativen, partnerschaftlichen Arbeiten im Planungs- und Bauprozess kann als „Kulturwandel“ bezeichnet werden und verlangt nach neuen Rollen und Funktionen um reibungslos zu funktionieren. Dieses System ist von Beginn eines Projektes anzudenken, wie bereits erwähnt in den Verträgen mit den kooperierenden Firmen festzuhalten, also in der Ausschreibung und Vergabe zu berücksichtigen und folgt somit ganz dem Gedanken der „Lean Product Definition“ und dem „Lean Design Management“ (siehe Abbildung 34).

Eine weitere Voraussetzung für ein reibungsloses Arbeiten mit BIM ist, dass alle Modelldaten der Beteiligten untereinander reibungslos kompatibel sind. Dafür würde sich der sogenannte „Industry Foundation Classes“ (IFC) Standard anbieten und ist im Bereich des Hochbaues bereits weit entwickelt, Softwarehersteller sind derzeit jedoch nicht daran gebunden und verursachen durch Eigenentwicklungen im Datenformat zusätzliche unnötige Herausforderungen für unsere Baubranche. vgl. [25]

## 8 Schlussfolgerungen

Der moderne Holzbau arbeitet strukturell anders als unsere gewohnte Bauweise in mineralisch Massiv. Durch seinen Einsatz von Bauteilen mit hohem Vorfertigungsgrad, deren Fertigung in industriellen Einrichtungen und weg vom Produzieren auf der Baustelle, ist eine Anpassung der Projektstruktur notwendig um wirtschaftlich und dadurch wettbewerbsfähig zu sein. Die traditionellen Bauweisen haben jedoch jahrzehntelang unsere Abläufe von Bauprojekten und sogar die dazugehörigen gesetzlichen Rahmenbedingungen geprägt. Die meisten unserer derzeitigen Strukturen im Bauwesen sind auf „das Produzieren Vorort“ hin ausgerichtet und optimiert.

Durch eine Holzbau-spezifische Projektorganisation kann sehr effizient mit dem Baustoff Holz gearbeitet und weiter sogar Zeitersparnis im Projektablauf erzielt werden. Dabei gilt es, aber weg von den gewohnten Projektstrukturen zu gehen. Der heute übliche Projektablauf mit seinen völlig getrennten Bereichen der Planungs-, Ausschreibungs- und Ausführungsphase, stellt für den Holzbau eine große Hürde dar. Holzbau-spezifisches Wissen, die Berücksichtigung einiger spezifischer Holzbau-Faktoren für die Fertigung der Bauelemente, deren Transport und Montage gelten als Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit im modernen Holzbau und bedürfen früher Berücksichtigung schon in der Planungsphase.

### Planung

Für die Vorfertigung bedarf es Fachwissen zum Holzbau und früher Auseinandersetzung mit den Holzbau-spezifischen Prozessen. Schon in der Konzept- und Entwurfsphase sind also Holzbaukompetenzen notwendig um die Wirtschaftlichkeit durch die Vorelementierung voll ausnützen zu können. Die Wahl der optimalen Tragkonstruktion und seine Teilung in produktionsgerechte Holzbauelemente nehmen dabei einen großen Einfluss auf die Konzeptionierung und weiter auf das Aussehen des Projektes. Geht man im Vorfertigungsgedanken noch einen Schritt weiter, hin zu Raumzellen, beeinflussen sogar die Transportwege zur und die Platzangebote auf der Baustelle das Gebäudekonzept und müssen im Entwurfsstadium berücksichtigt werden.

Wie im Kapitel einleitend erwähnt, folgen derzeitige Planungs- und Bauprozesse aber den traditionellen Abläufen, welche über die Zeit sogar zu geltenden, gesetzlichen Rahmenbedingungen wurden. Die daraus entstandene wirtschaftliche Trennung von Planung und Ausführung durch unsere Vergabeformen steht im Gegensatz eben genau zu dieser kooperativen, übergreifenden Zusammenarbeit in der Planungsphase.

Erst nach der kompletten Entwicklung und Planung eines Holzbauprojektes durch das Planungsteam Architekt und Ingenieur wird durch das Ausschreibungs-/Vergabeverfahren der ausführende Holzbauspezialist als Projektpartner festgelegt. Sein spezifisches Fachwissen fließt somit erst zu einem sehr späten Zeitpunkt in das Projekt ein, bietet dadurch kaum

mehr Möglichkeiten einer Optimierung des Bauvorhabens bzw. verursacht durch eventuell notwendige Änderungen eine Bauzeitverzögerung und sogar einen Planungsmehraufwand durch Mehrfachplanung und Plananpassungen.

Ein möglicher Lösungsansatz könnte die Zusammenarbeit von Architekt, Ingenieure und ausführender Holzbaufirma als von Anfang an kooperierendes Planungsteam sein. Dadurch könnte das volle Potenzial der verschiedenen Holzbauweisen ausgeschöpft werden und führt somit gleichzeitig zu erhöhter Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit. Basiert diese Zusammenarbeit zusätzlich noch auf den Grundsätzen der „Baustelle 4.0“ kann der künftige Holzbau als Vorreiter für modernes Bauen gesehen werden. Das BIM (Building Information Modeling) Planungsmodell ist dafür die optimale Lösung für kooperierendes Planen. Es kann direkt den Übergang von CAD (Ausführungsplanung) zu CAM (Produktionsplanung) darstellen und verhindert dadurch Zeitverlust durch Mehrfachplanung, Fehlerquellen, etc. und bietet viele weitere Vorteile in der Projektorganisation wie z. B. automatisierte Massen- und Mengenermittlungen, Stücklisten, Ressourcenplanung, Kostenverfolgung, etc. (siehe Kapitel 7.2).

Im Idealfall werden in Zukunft moderne Holzbauprojekte direkt auf die Produktion abgestimmt und von einem Planungsteam aus Architekt, Ingenieure und Holzbauspezialisten, unter Nutzung neuester kooperativer Planungstools, in einer Art Gesamtkonzept geplant.

## **Ausschreibung**

Die zuvor genannte Zusammenarbeit von Architekt, Ingenieure und ausführender Holzbaufirma als von Anfang an kooperierendes Planungsteam ist in unseren derzeitigen, auf die traditionellen Bauweisen eingespielten Projektstrukturen, nicht vorgesehen bzw. wird bei öffentlichen Auftraggebern sogar gesetzlich untersagt. Diese wirtschaftliche Trennung von Planung und Ausführung durch unsere Vergaberichtlinien steht somit im Gegensatz zur, für den Holzbau aber wichtigen, kooperativen Zusammenarbeit schon in der Planungsphase. Auch wenn der Wunsch von Seiten des Architekten besteht ein Holzbauunternehmen bezüglich projektspezifischer Detaillösungen zur Beratung heranzuziehen, bzw. er wirtschaftliche Optimierungspotenziale ausschöpfen möchte, ist dies in den bestehenden Strukturen nicht möglich. Dazu kommt, dass das Holzbauunternehmen nicht gerne sein spezifisches Know-how zu früh preisgibt, da zu diesem Zeitpunkt noch keine Zuschlagsgarantie für die Ausführung des Projektes vorliegt. Es ist daher dringend eine Anpassung dieser Rahmenbedingung an die Bedürfnisse der holzbauspezifischen Projektstruktur erforderlich, wobei dies sicher einfacher bei privat finanzierten Projekten möglich ist als bei Aufträgen aus öffentlicher Hand.

In Bezug auf Vergabeformen hat sich die Einzelvergabe aufgrund notwendiger Vorfertigung als am wenigsten effizient erwiesen. Der traditionelle Ablauf mittels Kooperation der einzelnen Firmen auf der Baustelle und „dem Produzieren vor Ort“ ist bei Holzbauprojekten, wie

gesagt wegen seiner notwendigen Vorfertigung, nicht wirtschaftlich. Die Vorfertigung ist der unerlässliche Schritt hin zur industriellen Fertigung der Bauelemente im Produktionsbereich des ausführenden Holzbauunternehmens. Bei großvolumigen Holzbauprojekten liegt weiters das größte Bauvolumen aller Gewerke bei dem ausführenden Holzbauunternehmen. Somit wäre es empfehlenswert, dass dieses als Generalunternehmer bzw. als Teilgeneralunternehmer auftritt und die Schnittstellen seiner lokalen Vorfertigung intern koordiniert. Dieser Schritt weg vom Dasein als Nebengewerk, hin zur leitenden Funktion und die Übernahme der Verantwortung als Generalunternehmer scheint aber eine Hürde zu sein.

Ein Lösungsansatz wäre hier eine ARGE (Arbeitsgemeinschaft) zwischen dem ausführenden Holzbauunternehmen und den Gewerken mit direkten Schnittstellen hinsichtlich der Gebäudehülle und dem Ziel der hohen Vorfertigung vor der eigentlichen Montage. Die ARGE ist dafür die geeignete Organisationsform, denn sie lässt mehrere Unternehmen zeitlich begrenzt nach Außen gemeinsam aufzutreten und nach innen mit hohem Verbindlichkeitsgrad kooperieren. Haftung und Risiko lasten dadurch nicht auf nur einem Unternehmen. Die Ausbaugewerke inklusive Keller wären in einer gesonderten ARGE zu organisieren. Dabei ist die exakte Definition von Verantwortlichkeiten und Übergabepunkten, sprich Schnittstellendefinition, enorm wichtig um einen reibungslosen Projektablauf gewährleisten zu können.

## **Ausführung**

Die Ausführungsphase im modernen Holzbau bringt einen für seine Wirtschaftlichkeit zwingend notwendigen Schritt mit sich: die Vorfertigung. Wo im traditionellen Bauen mit vielen verschiedenen Firmen vor Ort auf der Baustelle produziert wird, verlagert sich beim modernen Holzbau ein großer Teil „der Produktion“ zur industriellen Vorfertigung an zentraler Stelle und weiter in Richtung Baustelle 4.0 (siehe Kapitel 7.2.1). Sein großes Potenzial liegt dabei in der Unabhängigkeit von Witterung und Jahreszeiten sowie im Mehrgewinn in Qualität und Quantität welche die industrielle Fertigung mit sich bringt. Gleichzeitig ist aber die Holzbaukultur traditionell kleiner strukturiert und hat klassisch ein geringeres Auftragsvolumen. So sind die meisten heimischen Holzbauunternehmer mit den neu aufkommenden, großen Kapazitäten und Ansprüchen technisch, als meist auch flächenmäßig überfordert. Optimierte moderne Großprojekte aus Holz arbeiten mit Bauteildimensionen über deren Ausführungsmöglichkeiten, werden alleine dadurch zum Ausschlusskriterium bzw. zieht eine negative Beeinflussung des Gesamtprojektes, durch notwendige Struktur- und Plananpassungen nach sich. Auch die Überforderung in der neuen Rolle als Hauptakteur unter den Gewerken ist dabei nicht zu vernachlässigen. Beim Aufstieg von einem Nebengewerk zu einem Hauptgewerk ergeben sich neue Ansprüche an deren wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und wie zuvor erwähnt, Anforderungen eine Managementfunktion im Bauprozess



oder sogar die Funktion eines Generalunternehmers einzunehmen. Längerfristig ist es sicher möglich, die neuen Funktionen abzudecken, wenn die Auftragslage das wirtschaftliche Polster dazu bietet.

## **Projektstruktur**

Für ein modernes Holzbauprojekt sind weitreichende Änderungen vom traditionellen Bauprozess notwendig um wirtschaftlich bauen zu können. Neben der vorgelagerten Planung vor die Ausführung sind Projektteams aus Planung, Management und Ausführung von großem Vorteil. Aus den Ansprüchen des modernen Holzbaues an eine optimale Projektstruktur und der besagten Teambildung entstehende Vorgehensweisen, welche den Theorien des Lean Construction Managements entsprechen (siehe Punkt Lean Construction (Seite: 90))

Die zentrale Vorabentwicklung eines Projektes folgt den Strukturen der produzierenden Industrie und kann als Vorbild für die Bauindustrie gesehen werden. Moderne industrielle Fertigung ist in hohem Maße durchstrukturiert und weitestgehend automatisiert. Sie nutzt die Methoden digitaler Planung, Organisation sowie Ausführung und folgt demnach den Prinzipien des Lean Managements (siehe Kapitel 7 Lean Management). "Lean" kann dabei als Übergang zur "schlanken" Abwicklung von Holzbauprojekten gesehen werden wobei diese Strukturen von Anfang an eines Projektes verfolgt und lückenlos zu Ende gebracht werden müssen. Geschieht dies weiters unter dem Einsatz des BIM-Modells (siehe Punkt BIM (Building Information Modeling) (Seite 92)) für die kooperative Planung und Steuerung, kann das volle Potenzial der Holzbauweise ausgeschöpft und damit Vorreiter der modernen Baukultur werden.

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] C. Riccabona, Baukonstruktionslehre 1, 5. Auflage Hrsg., Wien: Manz, 1994.
- [2] Leonardo da Vinci Pilot Projekt, „Handbuch 1 - Tragwerke aus Holz,“ [Online]. Available: [http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/Handbuch1\\_German.pdf](http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/Handbuch1_German.pdf). [Zugriff am Dez. 2018].
- [3] P. Niemz, „ETH Zürich,“ [Online]. Available: [http://www.ifb.ethz.ch/education/bachelor\\_werkstoffe1/2011FS/Werkstoffe1\\_Holz2011.pdf](http://www.ifb.ethz.ch/education/bachelor_werkstoffe1/2011FS/Werkstoffe1_Holz2011.pdf). [Zugriff am Nov. 2017].
- [4] Holzbau Schmidtke GmbH, „Holzbau Schmidtke,“ [Online]. Available: [http://www.holzbau-schmidtke.de/downloads/IDH\\_Holzbausys.pdf](http://www.holzbau-schmidtke.de/downloads/IDH_Holzbausys.pdf). [Zugriff am Sep. 2017].
- [5] Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, [Online]. Available: [https://www.lignum.ch/uploads/media/Ansichtsexemplar\\_Lignatec.pdf](https://www.lignum.ch/uploads/media/Ansichtsexemplar_Lignatec.pdf). [Zugriff am Okt. 2017].
- [6] J. Kolb, Holzbau Mit System: Tragkonstruktion und Schichtaufbau der Bauteile, Berlin: Springer, 2007.
- [7] K. P. Schober, Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich - Holzskelett- und Holzmassivbauweise, Wien: pro:Holz Austria, 2002.
- [8] J. Gläser und G. Laudel, Experteninterviews und Qualitative Inhaltsanalyse, 4. Auflage Hrsg., Wiesbaden: VS Verlag, 2010.
- [9] P. Mayring, Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken, 2. Auflage Hrsg., Weinheim: Deutscher Studien-Verlag, 1990.
- [10] Wikipedia, „Wikipedia - Die freie Enzyklopädie,“ [Online]. Available: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). [Zugriff am Dez. 2017].
- [11] I. Burgert, „ETH Zürich,“ [Online]. Available: [https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ifb/ifb-dam/homepage-lfB/Education/bsc\\_courses/bsc-materials-l/documents/2016\\_Werkstoffel-Teil2\\_Holz\\_und\\_Holzwerkstoffe.pdf](https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ifb/ifb-dam/homepage-lfB/Education/bsc_courses/bsc-materials-l/documents/2016_Werkstoffel-Teil2_Holz_und_Holzwerkstoffe.pdf). [Zugriff am Dez. 2017].
- [12] Wohnfonds Wien, „Fonds für Wohnbau und Stadterneuerung,“ [Online]. Available: <http://www.wohnfonds.wien.at/>. [Zugriff am Nov. 2017].

- [13] P. Mayring, Einführung in die qualitative Sozialforschung, 5. Auflage Hrsg., Weinheim: Beltz, 2002.
- [14] Universität Augsburg, „Qualitative Sozialforschung,“ [Online]. Available: <http://qsf.e-learning.imb-uni-augsburg.de>. [Zugriff am Feb. 2018].
- [15] H. Kromrey, Empirische Sozialforschung - Modelle und Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung, Stuttgart: UTB, 2009.
- [16] C. Helfferich, Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews, 4. Auflage Hrsg., Berlin: Springer, 2011.
- [17] T. Pehl und T. Dresing, „Ihr Ratgeber für digitale Aufnahme und Transkription,“ [Online]. Available: <https://www.audiotranskription.de/>. [Zugriff am Dez. 2017].
- [18] ETH Zürich, „Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement,“ [Online]. Available: [http://www.ibi.ethz.ch/bb/education/skript\\_PA.pdf](http://www.ibi.ethz.ch/bb/education/skript_PA.pdf). [Zugriff am Aug. 2013].
- [19] Vorest AG, „Lean-Managementmethode.de,“ [Online]. Available: <http://lean-managementmethode.de/lean/automobilindustrie/>. [Zugriff am Jan. 2018].
- [20] K.-I. Voigt, „Gabler Wirtschaftslexikon,“ [Online]. Available: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54609/lean-management-v6.html> . [Zugriff am Jan. 2018].
- [21] Kraus und Partner, „Kraus und Partner,“ [Online]. Available: <https://www.kraus-und-partner.de/lean-management>. [Zugriff am Jan. 2018].
- [22] G. Knüpffer, „Produktion,“ [Online]. Available: <https://www.produktion.de/nachrichten/unternehmen-maerkte/lean-hilft-bei-uebergang-zu-industrie-4-0-398.html>. [Zugriff am Jan. 2018].
- [23] M. Behaneck, „Architektur-Online.com,“ [Online]. Available: <http://www.architektur-online.com/kolumnen/edv/baustelle-4-0-erst-digital-dann-real-bauen>. [Zugriff am Jan. 2018].
- [24] A. Heidemann, „Karlsruher Institut für Technologie,“ [Online]. Available: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000020380/1709398>. [Zugriff am Jan. 2018].
- [25] Strabag SE, „Strabag.at,“ [Online]. Available: [http://www.strabag.at/databases/internet/\\_public/files.nsf/SearchView/6E22F7B926254387C1257A2400361C5C/\\$File/STRABAG\\_Inform\\_23\\_deutsch\\_LOW.pdf?OpenElement](http://www.strabag.at/databases/internet/_public/files.nsf/SearchView/6E22F7B926254387C1257A2400361C5C/$File/STRABAG_Inform_23_deutsch_LOW.pdf?OpenElement). [Zugriff am Jan. 2018].

- 
- [26] Drees & Sommer, „Dreso.com,“ [Online]. Available: <https://www.dreso.com/de/leistungen/lean-construction-management/>. [Zugriff am Jan. 2018].
- [27] D. Bösenberg und H. Metzen, Lean Management: Vorsprung durch schlanke Konzepte, 4.Auflage Hrsg., Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1993.
- [28] J. L. Moro, Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail Band 1 Grundlagen, Berlin: Springer, 2009.
- [29] F. Graf-Götz und H. Glatz, Organisation gestalten: neue Wege und Konzepte für Organisationsentwicklung und Selbstmanagement, Weinheim ; Basel ; Berlin: Beltz, 2003.

## 10 Anhang

### 10.1 Leitfaden zum Experteninterview

# Expertenbefragung

---

## Allgemeine Informationen:

*Vielen Dank für die Gelegenheit zum Interview.*

Ich bin Mario Mittendorfer. Ich studiere Architektur an der TU Wien und beschäftige mich im Rahmen meiner Diplomarbeit mit Schnittstellen in Bauprozessen, im Speziellen bei mehrgeschossiger Holz- und Holzmischbauweisen. Zurzeit arbeite ich an dem Schwerpunkt der Schnittstellen in Bauprozessen und habe vor, herkömmliche Bauweisen mit Holz- und Holzmischbauweisen zu vergleichen. Hierzu führe ich einige Experteninterviews durch.

Das Interview wird ca. 45min – 1 Stunde dauern.

Zur Durchführung des Interviews möchte ich einige Erläuterungen geben:

- Weil ich alle Befragten im Prinzip dasselbe fragen muss, mögen Ihnen meine Fragen nicht zu Ihrer speziellen Situation passend erscheinen, ich bitte das im Voraus zu entschuldigen.
- Ich werde den Digitalrekorder mitlaufen lassen - dies dient der Nachvollziehbarkeit der empirischen Studie.
- Alle Ergebnisse werden selbstverständlich vertraulich behandelt und in anonymisierter Weise verarbeitet!

Die Fragen sind wie folgt gegliedert:

- Zuerst ein paar Fragen ZUR PERSON
- SCHNITTSTELLEN UND ORGANISATION
- KOSTEN UND PLANUNG
- AUSBLICK UND RÜCKBLICK

## Fragen

---

**Datum:**

**Ort:**

Durchgeführt von:

Mitschrift:

### ZUR PERSON

- Alter:
- Gegenwärtige Position / Funktion:
- Akademische Laufbahn (kurz):
- Berufliche Laufbahn (kurz):
- Mitgearbeitete Projekte:

### ERÖFFNUNGSFRAGE

- Durch die Veränderung der rechtlichen Grundlagen, ist es heute möglich, mehrgeschossige Gebäude in Holz auszuführen. Wie sehen Sie diese Entwicklung?
- Die Ausführung von mehrgeschossigen Gebäuden /Gebäuden höherer Gebäudeklasse hat sich bisher in Österreich noch nicht etabliert. Welche Ursachen, abgesehen vom Brandschutz, sehen Sie dafür verantwortlich?

Die leitende Forschungsfrage lautet:

**Kann ein Holz- oder Holzmischbau im mehrgeschossigen Wohnbau mit einer herkömmlichen Massivbauweise konkurrieren?**

Anders Formuliert:

*Kann durch ein besseres Verständnis und adaptierten Strukturen ein Holz- oder Holzmischbau mit einer herkömmlichen (Massiv-) Bauweise vor allem hinsichtlich der Herstellungskosten konkurrieren?*

## 1) SCHNITTSTELLEN UND ORGANISATION

Der Bau eines mehrgeschossigen Wohnbaus ist eine organisatorische Herausforderung. Ich möchte zunächst die Projektorganisation, Schnittstellen bzw. die Koordination und Verantwortung einzelner Gewerke beleuchten.

- Meine erste Hypothese lautet: „Das Bauen von Holz- bzw. Holzmischbauten benötigt andere Projektorganisationen als das Bauen mit herkömmlichen (Massiv-) Bauweisen“. Können Sie dieser Hypothese zustimmen? Bitte erklären Sie warum Sie das so sehen.
- Ist der Koordinationsaufwand der Gewerke bei Holz-, Holzmisch- und herkömmlichen (Massiv-) Bauweisen unterschiedlich groß? In welcher Hinsicht?
- Wie verändert die Holz- bzw. Holzmischbauweise bewährte Abläufe herkömmlicher Bauweisen und welche Schwierigkeiten sind damit verbunden?
- Nennen Sie Beispiele von Gewerken, die bei Holz- bzw. Holzmischbauweise vereinfachte/erschwerete Arbeitskonditionen vorfinden.
- Kann man sagen, dass es bezüglich der Verantwortlichkeiten für bestimmte Bereiche der Baustelle, Unterschiede gibt zwischen Holz-, Holzmisch- und herkömmlichen (Massiv-) Bauweisen? Welche Schnittstellen sind im Bauprozess besonders risikoreich?
- Das BVergG (Bundesvergabegesetz) lässt für öffentliche Auftraggeber die gemeinsame als auch die getrennte Vergabe von Leistungen zu. Was sind die Auswirkungen auf Organisation und Kosten, bei einer Vergabe von Leistungen entsprechend der Gewerbebranche und Fachrichtungen im Vergleich zu einer für Generalunternehmer und Teil-Generalunternehmer (Gesamtvergabe) adaptierten Ausschreibung?

## 2) KOSTEN UND PLANUNG

Im zweiten Teil der Befragung würde ich gerne auf die Kosten (und Verursacher) sowie mögliches Einsparungspotenzial eingehen.

- Welche Faktoren im Bauprozess beeinflussen die Errichtungskosten/ Projektkosten eines mehrgeschossigen Gebäudes im Wesentlichen negativ/positiv? Nennen Sie bitte Beispiele.
  - Gibt es Optimierungspotenzial? Wenn ja, wo und wie hoch schätzen Sie dieses?
  - Sind Wagniszuschläge bei Holz- bzw. Holzmischbauweisen höher? Wenn ja, wie viel, warum?
- Meine zweite Hypothese lautet: „Im Vergleich zur herkömmlichen (Massiv-) Bauweise können allein durch die zeitlichen Ersparnisse bei der Errichtung eines mehrgeschossigen Gebäudes aus Holz Kosten eingespart werden.“ Würden Sie dem zustimmen? Warum? Warum nicht?
- Meine dritte Hypothese lautet: „Durch die unterschiedlichen Eigenschaften des Rohbaumaterials, sind Architekten gefordert Wissen diesbezüglich schon in der Entwurfsphase zu berücksichtigen. Je früher Planer dieses Wissen einsetzen, desto eher wird sich das positiv auf die Kosten und Abwicklung auswirken.“ Würden Sie dem zustimmen? Warum? Warum nicht?
- Vorfertigung erfordert eine möglichst vollständige Planung vor Baubeginn. Impliziert das einen größeren Planungsaufwand für den Architekten? Welcher Aspekt hat den größten Einfluss auf den Mehraufwand?
- Haben Sie Erfahrungen mit guter/mangelhafter Vorplanung und den daraus positiv/negativ beeinflussten Folgekosten und schildern Sie diese bitte?



### 3) AUSBLICK UND RÜCKBLICK

Jetzt möchte ich abschließend einen kleinen Ausblick und Rückblick mit Ihnen machen.

- Wie schätzen Sie die Zukunft der Holz- und Holzgemischtbauten gegenüber der herkömmlichen (Massiv-) Bauweisen ein?
- Sehen Sie in Hinblick auf Gebäudezertifizierung und/oder räumliche Qualitäten besondere Einsatzmöglichkeiten des Baustoffes Holz und Warum?
  - Nennen Sie auch andere Bereiche, die einen negative/positiven Einfluss haben auf den Einsatz des Baustoffes Holz.
- Nehmen wir an, in nächster Zukunft würde die Nachfrage an mehrgeschossigen Holzbauten enorm steigen. Welche betrieblichen Entscheidungen würden Sie treffen?
- Sollte es Ihrer Meinung nach eigene Generalunternehmer für den Holzbau geben? Wenn ja, sind die österreichischen Holzbaubetriebe nicht zu klein für solche Bauvorhaben?
- Nehmen wir an, Sie könnten morgen wieder ein Projekt projektieren. Wie würden Sie vorgehen, wenn es in Holz- oder Holzgemischtbauweise errichtet werden soll.

### SCHLUSS

Bevor wir schließen, möchte ich gern wissen, ob aus Ihrer Sicht eine wichtige Frage ungestellt blieb? Ist Ihnen während des Interviews z.B. irgendein offener Punkt aufgefallen, den ich beachten sollte?

Zum Schluss möchte ich mich ganz herzlich für die Zeit bedanken, die Sie mir zur Verfügung gestellt haben!

*Danke*