



Technische Universität München  
Fakultät für Architektur

# **Analysemodell für das vorgefertigte Bauen mit Holz**

## **Lösungsansatz zur Einschätzung und zum Umgang mit Komplexität**

Argumentarium – Entwicklung – Anwendung

Sonja Geier

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Architektur der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Prüfer der Dissertation:

Prof. Dipl.-Ing. Florian Musso

1. Prof. Dipl.-Ing. Hermann Kaufmann

2. Prof. Dr.-Ing. Peter Schwehr

Die Dissertation wurde am 06.12.2017 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Architektur am 06.04.2018 angenommen.

## **Danksagung**

Eine Dissertation stellt eine eigenständig verfasste wissenschaftliche Arbeit dar und dennoch wird sie erst möglich, wenn viele unterstützende Kräfte im Hintergrund über Jahre hinweg dazu beitragen. Mein Dank richtet sich an alle, die mich in den Jahren bis zur Fertigstellung der Dissertation wohlwollend begleitet haben:

Meine Betreuer

Prof. Dipl. Ing. Hermann Kaufmann

Prof. Dr.-Ing. Peter Schwehr

Das leanWOOD-Projektteam

Stefan Zöllig, Wolfgang Huß, Sandra Schuster, Manfred Stieglmeier, Frank Lattke

Alle Kolleginnen und Kollegen am Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Meinen Partner

Thomas Emmenegger

Meine Eltern

Gertrud und Walter Hold

## **Impressum**

Text, Layout und Titelbild: Sonja Geier

Die Arbeit einschließlich aller ihrer Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Texte, Zitate und Abbildungen Dritter sind entsprechend gekennzeichnet.

Korrektur: Dr. Manfred Ecker

Übersetzung Summary: Mag. Georgette Hauzenberger

## **Vorwort**

Die Arbeit ist eine Dissertation zur Vorlage an der Fakultät für Architektur der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs.

Die Arbeit fokussiert auf die Erarbeitung der wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Fragestellungen, die transparente Ableitung des Lösungsansatzes und den Ausblick auf die Anwendung in der Praxis. Der Charakter einer Dissertation ist nicht geeignet, Handlungsempfehlungen für die Praxis anzubieten.

Das in der Arbeit entwickelte Analysemodell ist ein erster Schritt zur systematischen und typologischen Strukturierung des vorgefertigten Bauens mit Holz. Architektonische, funktionale und konstruktive Aspekte werden disziplinübergreifend in Bezug auf die projektspezifischen Anforderungen bewertet. Damit können Rückschlüsse auf die resultierende Komplexität in der Planung und Umsetzung gezogen werden. Ziel ist, den Informationsaustausch und das Wissensmanagement in der interdisziplinären Zusammenarbeit zu unterstützen.

Die vorliegende Dissertation ist somit eine Grundlage für Folgeprojekte, die den erarbeiteten Lösungsansatz des Analysemodells für die Praxisanwendung aufbereiten.

## Summary

Der Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden unterscheidet sich vom traditionellen Bauen durch niedrigere Vorfertigungsgrade in wesentlichen Bereichen:

- › im Erstellungsprozess («Produktion») des Gebäudes, der sich zu einem Großteil von der Baustelle in die Produktionshalle verlagert;
- › in den Planungsprozessen, die dieser Produktion vorgelagert sind und durch die Vorfertigung nun Leistungen und Entscheidungen zu einem früheren Zeitpunkt detaillierter aufnehmen müssen.

Die Entwicklungen im Technologiesektor, zum Beispiel in der Automatisierung der Fertigungsprozesse, und auch die zunehmende Digitalisierung in der Steuerung bis hin zur Roboterfertigung haben die Marktanteile des Holzbaus in den letzten Jahren deutlich gesteigert.<sup>1</sup> In der täglichen Planungspraxis ist der vorgefertigte Holzbau mit vielen Unzulänglichkeiten konfrontiert:<sup>2</sup>

- › einem erhöhten Planungsaufwand durch Reibungsverluste zwischen Architektur- und Fachplanungen der unterschiedlichen Disziplinen;
- › Fehl- und Doppelplanungen durch verspätete Entscheidungen oder Missverständnisse in der disziplinübergreifenden Kommunikation.

Damit bleibt ein großes Potenzial zur Optimierung von Gestaltung, Konstruktion und Wirtschaftlichkeit ungenutzt. Bisherige Lösungsansätze – inspiriert unter anderem durch das Gedankengut des Lean Management – basieren auf der Idee des plan- und kontrollierbaren Prozessverlaufs und der Vermeidung von Ressourcen. Für das Bauwesen bietet das Prinzip der Lean Construction dazu Methoden an. Diese Methoden konnten sich jedoch in der realen Umsetzung, zumindest im europäischen Raum, noch nicht umfassend durchsetzen.

Das WoodWisdom-Net-Projekt leanWOOD<sup>3</sup> hatte sich, basierend auf dem Lean-Gedankengut, das Ziel gesetzt, Lösungsstrategien zur Beseitigung der Unzulänglichkeiten in Planungsprozessen zum vorgefertigtem Holzbau aufzuzeigen und konkrete Empfehlungen zur Verbesserung des Planungsablaufes innerhalb der derzeitigen Rahmenbedingungen vorzuschlagen.

Zahlreiche Interview- und Diskussionsbeiträge aus dem Projekt leanWOOD machen unterschiedliche Planungskulturen in Holzbau und Massivbau für die Unzulänglichkeiten verantwortlich. Worin diese Unterschiede der Planungskulturen im Detail bestehen, konnte aber selten präzisiert werden. Vielmehr wurde der vorgefertigte Holzbau als «komplex» bezeichnet und für eine Vielzahl der Unzulänglichkeiten verantwortlich gemacht. Diese Komplexität wurde zumeist den technisch-konstruktiven Aspekten zugeordnet, aber auch hier nicht näher spezifiziert. Diese ungeklärten Unterschiede in der Planungskultur und die wenig klare Spezifikation der tatsächlichen Komplexität

---

<sup>1</sup> Siehe Kapitel 1.3.2

<sup>2</sup> Siehe Kapitel 1.1

<sup>3</sup> Das Projekt leanWOOD wurde im WoodWisdom-Net-Research-Program unter der Koordination der TU München, Lehrstuhl Prof. Hermann Kaufmann mit dem Titel «Innovative lean processes and cooperation models for planning, production and maintenance of urban timber buildings» von Juni 2014 bis Mai 2017 durchgeführt.

zeigen, dass grundsätzliche Fragestellungen zur Kausalität der Unzulänglichkeiten in den Planungsprozessen für vorgefertigten Holzbau noch ungeklärt sind.

Im *Argumentarium* dieser Arbeit wird das Scheitern der bisherigen Lean-Ansätze im Bauwesen analysiert, die Frage nach der Spezifikation der Komplexität durch eine Situationsanalyse nach Clarke mit Erkenntnissen aus der Literatur behandelt und die Begrifflichkeit der Planungskultur der Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen untersucht.

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die Spezifikation der Komplexität, der unterschiedlichen Wahrnehmung, Bedeutungszuweisung und Wissensverarbeitung bei Informationsprozessen in interdisziplinären Teams belegen die Notwendigkeit, neue Denkansätze und Methoden für die Koordination und Zusammenarbeit von Projektteams und auch für das Management in Projekten mit vorgefertigtem Holzbau zu entwickeln. Die Eindeutigkeit der Informationsvermittlung und die übereinstimmende Bedeutungszuweisung im interdisziplinären Informationsaustausch und Wissensaufbau müssen unterstützt werden. Nur so kann Missverständnissen in der interdisziplinären Zusammenarbeit sowie in der Experten-Laien-Kommunikation mit der Bauherrschaft und damit Reibungsverlusten, Fehl- oder Doppelplanungen oder verspäteten Entscheidungen vorgebeugt werden.

Die *Entwicklung* eines Kriterienkatalogs zur Ermöglichung einer Vermittlung bedingt, dass die funktionalen und technischen Vorgaben sowie die Aspekte des Design- und Konstruktionsprozesses und der Umsetzung beschreib- und erfassbar gemacht werden können. Diese werden hinsichtlich ihrer Ausprägung einer geringeren oder höheren Komplexität zugeordnet. Gemeinsam mit einer projektspezifischen Systemdarstellung im Analysemodell wird die Basis für einen eindeutigen Informationsaustausch zwischen den unterschiedlichen Disziplinen und mit der Bauherrschaft geschaffen.

Das *Anwendungsszenario* für den entwickelten Kriterienkatalog und das Analysemodell ist primär der Einsatz im strategischen Projektsupport zur gezielten qualitäts-, termin- und kostenorientierten Koordination der Zusammenarbeit und Kommunikation in Projekten zum vorgefertigten Holzbau. Das Modell unterstützt als flexibles Instrument die interdisziplinäre Expertenkommunikation und die Laienkommunikation mit dem Bauherrn. Die transparente Abbildung versetzt auch alle Beteiligten im Projektteam in die Lage, durch das Verstehen übergeordneter Prämissen projektspezifisch angemessen agieren und entscheiden zu können. Bei geringfügigen Adaptionen des Kriterienkatalogs sind auch weitere Anwendungsbereiche möglich.

Das Analysemodell ist ein erster Schritt zur systematischen und typologischen Strukturierung des vorgefertigten Bauens mit Holz. Architektonische, funktionale, technische und konstruktive Aspekte werden disziplinübergreifend zusammengeführt. Dadurch kann schon in frühen Planungsphasen das Potenzial des vorgefertigten Holzbaus mit Holz als hochwertigem und nachhaltigem Baustoff genutzt werden. Die Typologisierung im Rahmen des Analysemodells kann bei einer Weiterentwicklung und Verknüpfung mit bestehenden Datenbanken oder Elementartenkatalogen dafür genutzt werden, Kostenschätzungen in frühen Planungsphasen aufzubauen.

## Summary<sup>4</sup>

The analysis model developed in this study is a first step towards the systematic and typological structuring of prefabricated timber construction. Architectural, functional and construction aspects are evaluated in an interdisciplinary manner in relation to project-specific requirements. In this way conclusions can be drawn about the resulting complexity during the planning and implementation. The goal is to support the exchange of information and knowledge management in interdisciplinary co-operation.

Timber construction with high levels of prefabrication differs from traditional construction with lower degrees of pre-fabrication in significant areas:

- › In the process of creating («production») the building, which shifts in the main from the construction site to the production hall,
- › In the planning processes upstream of production, which have to deal with services and decisions in more detail at an earlier point of time due to the prefabrication.

Developments in the technology sector, such as for example the automation of production processes as well as the increasing digitalisation of control systems through to robot production, have significantly increased the share of timber construction in recent years. In daily planning practice prefabricated timber construction faces numerous shortcomings:

- › Higher planning efforts as a result of friction losses between architectural and expert planning from the different disciplines.
- › Workaround planning and double planning as a result of late decisions or misunderstandings in interdisciplinary communication.

Thus a great potential to optimise design, construction and economic efficiency is not put to use. Previous solution approaches, inspired among other things by lean management's body of thought, are based on the idea of a plannable and controllable process sequence and the avoidance of (saving of) resources. For construction, the principle of Lean Construction offers methods for this. As yet, however, these methods have not been able to assert themselves in a comprehensive manner in terms of real implementation, at least in the European area.

The WoodWisdom-Net-Project leanWOOD had set itself the goal to present solution strategies to eliminate the shortcomings in the planning processes for prefabricated wood construction based on the body of thought of lean management and to suggest concrete recommendations to improve the planning procedure within the current framework conditions.

Numerous interviews and contributions to discussions originating from the leanWOOD project assign the shortcomings of the differences in planning culture to pre-fabricated timber construction in comparison to non prefabricated solid construction. However, specifying what this difference in planning culture actually is in detail, was rarely possible. Rather pre-fabricated timber construction was designated as «complex» and made responsible for a wide range of shortcomings. This complexity was mostly assigned to the technical-construction aspects but was not specified in any

---

<sup>4</sup> Übersetzung: Mag. Georgette Hauzenberger

greater detail here either. These unclarified differences in planning culture and the less clear specification concerning the actual complexity show that basic questions concerning the causality of the shortcomings in the planning processes for pre-fabricated wood construction are still unclarified.

In the set of arguments surrounding this study the failure of previous Lean approaches in construction is analysed, the question concerning the specification of the complexity is dealt with by means of a situation analysis according to Clarke using findings from literature and the terminology of the planning culture of interdisciplinary cooperation is examined.

The knowledge gained from this in relation to the specification of the complexity and the different perceptions, the interpretation of meaning and processing of knowledge in information processes in interdisciplinary teams, highlight the need for new intellectual approaches and methods for the coordination and co-operation of project teams as well as the management in projects with pre-fabricated wood construction. The unambiguity of the imparting of information and the consistent interpretation of meaning in the interdisciplinary exchange of information and building of knowledge must be supported. This is the only way that misunderstandings in interdisciplinary cooperation and expert-layman communication with the builder-owner can be prevented and thus also friction losses, bad or double planning or delayed decisions.

The development of a catalogue of criteria, as a method of communication and mediation, makes it possible to describe and record the functional and technical specifications and the aspects of the design and construction process and implementation. These are assigned to a lesser or greater complexity in terms of design. Together with a project-specific system presentation in the analysis model, the basis is established for a clear exchange of information, between the different disciplines and with the owner-builder.

The application scenarios for the established catalogue of criteria and the analysis model are primarily for use as strategic support partners for the purposeful, quality, deadline and cost oriented coordination of cooperation and communication in projects with pre-fabricated wood construction. In its capacity as a flexible instrument the model supports interdisciplinary communication among experts and the layman communication with the builder-owner. Depicting this in a transparent manner allows everyone involved in the project team to be able to act and decide in an appropriate way specific to the project as a result of understanding overriding objectives. If there are only slight adaptations of the catalogue of criteria, other areas of application are possible.

The analysis model is the first step towards the systematic and typological structuring of pre-fabricated construction with wood. Architectural, functional, technical and construction aspects are brought together in an interdisciplinary manner. In this way in the early planning phases the potential of pre-fabricated timber construction, as a high-quality and sustainable construction material, can be made use of. The typology as a result of the analysis model can be made use of when further developing and linking to existing data banks or catalogues of types of elements, to establish cost estimates in the early planning phases.

## WoodWisdom-Net-Projekt leanWOOD

Das Projekt leanWOOD wurde im Rahmen des WoodWisdom-Net Research Programme 2013-2016 unter der Koordination der TU München, Lehrstuhl Prof. Hermann Kaufmann mit dem Titel *«Innovative lean processes and cooperation models for planning, production and maintenance of urban timber buildings»* von Juni 2014 bis Mai 2017 durchgeführt.\*

\* Die Schweizer Beteiligung wurde von der KTI-Kommission für Technologie und Innovation und Schweizer Wirtschaftspartnern finanziert und unterstützt. Im Schweizer Team kooperierten, koordiniert vom Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) der Hochschule Luzern – Technik & Architektur: Uffer AG (Savognin), Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG, Makiol Wiederkehr AG (Beinwil am See), kämpfen für architektur ag (Zürich).

Im Rahmen des Projektes leanWOOD wurden 54 Interviews und 9 Diskussionsrunden und Workshops abgehalten (siehe Liste in Anhang 1). Die Analysen und Erkenntnisse wurden im «lean WOOD Final Report»<sup>5</sup> in sieben Büchern als Forschungsbericht zusammengefasst.

- › Buch 1: leanWOOD – Definition, Herausforderungen, Motivation | General definition
- › Buch 2: Rahmenbedingungen und Praxispiegel | Existing framework conditions
- › Buch 3: Ausbildung | Education
- › Buch 4: Prozess | Process
- › Buch 5: Holzbauplanung | Timber planning
- › Buch 6: Modelle der Kooperation | Cooperation models
- › Buch 7: Ressourcen | Resources

Die sieben Bücher des leanWOOD Final Report stehen als Download zur Verfügung.

- › [www.hslu.ch/cctp-projekte](http://www.hslu.ch/cctp-projekte)
- › [www.holz.ar.tum.de/leanwood/home](http://www.holz.ar.tum.de/leanwood/home)

Die Ergebnisse des schweizerischen leanWOOD-Konsortiums wurden in zwei Publikationen zusammengefasst.

- › leanWOOD – Planen und Kooperieren im vorgefertigten Holzbau. Schlussdokumentation
- › leanWOOD – Best Practice im vorgefertigten Holzbau. Fallbeispiele Schweiz

Diese stehen auf der Website des CCTP zur Verfügung: [www.hslu.ch/cctp-projekte](http://www.hslu.ch/cctp-projekte).

Die Schlussdokumentation liegt zusätzlich als gedruckte Ausgabe vor.

---

<sup>5</sup> leanWOOD 2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einführung und Themenübersicht.....</b>	<b>12</b>
1.1.	Einführung in das Thema – E2ReBuild und leanWOOD .....	12
1.2.	Forschungslücke und Fragestellungen .....	14
1.3.	Betrachtungspereimeter .....	16
1.3.1.	Unterscheidung Holzbau – Massivbau .....	16
1.3.2.	Exemplarische Untersuchung des vorgefertigten Holzbaus .....	17
1.4.	Ziele der Dissertation.....	19
1.5.	Inhalte und Themendiagramm zur Dissertation.....	19
<b>2.</b>	<b>Industrialisiertes Bauen und Vorfertigung.....</b>	<b>22</b>
2.1.	Begriffserläuterungen zum industrialisierten Bauen und zur Vorfertigung im historischen Kontext.....	22
2.2.	Industrialisierungsschritte im Bauwesen .....	26
2.3.	Industrialisierung und Vorfertigung im Holzbau.....	28
2.4.	Industrialisierung und Individualisierung.....	33
2.5.	Definition Vorfertigung und Vorfertigungsgrad.....	35
2.6.	Merkmale von vorgefertigten Bauweisen.....	38
<b>3.</b>	<b>Situationsanalyse .....</b>	<b>41</b>
3.1.	Analyse der leanWOOD-Fallbeispiele .....	41
3.1.1.	Fallbeispiele leanWOOD in der Übersicht.....	41
3.1.2.	Auswertung in der Kriterienmatrix .....	43
3.1.3.	Auswertung des Aufwands im Planungsprozess.....	46
3.1.4.	Auswertung der Interviews .....	49
3.1.5.	Zusammenführen der Situationsanalyse – Erkenntnisse .....	62
3.2.	Schlussfolgerungen und Handlungsbedarf.....	63
<b>4.</b>	<b>Diskurs in den Themenfeldern .....</b>	<b>65</b>
4.1.	Steigerung Effizienz und Qualität durch Prozessoptimierung.....	65
4.1.1.	Lösungsmöglichkeiten durch Lean-Ansätze .....	65
4.1.2.	Lean Production und Lean Management.....	66
4.1.3.	Visual Management.....	70
4.1.4.	Lean Construction.....	72
4.1.5.	Scheitern von Lean-Methoden.....	74
4.1.6.	Lean als systemischer Ansatz.....	76
4.1.7.	Systemische Analyse des vorgefertigten Holzbaus .....	80
4.1.8.	Zusammenfassung und Fazit .....	100

4.2.	Komplexität .....	104
4.2.1.	Definition von Komplexität im Allgemeinen .....	104
4.2.2.	Transformation des Bauens durch individualisierte Vorfertigung .....	105
4.2.3.	Thesen zur Komplexität im Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden .....	108
4.2.4.	Vergleich der Thesen zur Komplexität mit Erfahrungen aus der Praxis .....	111
4.2.5.	Komplexität im vorgefertigten Bauen mit Holz .....	113
4.2.6.	Paradigmenwechsel im Management in komplexen Systemen .....	114
4.2.7.	Zusammenfassung und Fazit .....	119
4.3.	Planungskultur .....	120
4.3.1.	Begriffsdefinition Planungskultur .....	120
4.3.2.	Interdisziplinäre Zusammenarbeit .....	123
4.3.3.	Informationsprozesse und Wissensaustausch .....	125
4.3.4.	Zusammenfassung und Fazit .....	130
4.4.	Zusammenfassende Schlussfolgerungen .....	132
<b>5.</b>	<b>Analysemodell für das vorgefertigte Bauen mit Holz .....</b>	<b>134</b>
5.1.	Weiterentwicklung der Kriterienmatrix .....	134
5.2.	Kategorien und Kriterien im Analysemodell .....	135
5.3.	Darstellung im Analysemodell .....	136
5.3.1.	Abbildung von verhandelbaren und nicht verhandelbaren Vorgaben .....	137
5.3.2.	Abbildung von Referenzprofilen .....	137
<b>6.</b>	<b>Anwendungsszenarien .....</b>	<b>138</b>
6.1.	Strategischer Projektsupport .....	139
6.2.	Angebotslegung von Holzbauunternehmen .....	143
6.3.	Potenzial und weiterer Entwicklungsbedarf .....	144
6.3.1.	Potenzial .....	144
6.3.2.	Weiterer Entwicklungsbedarf .....	146
6.4.	Zukünftiger Forschungsbedarf .....	147
<b>7.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>148</b>
<b>8.</b>	<b>Diagrammverzeichnis .....</b>	<b>151</b>
<b>9.</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>152</b>
<b>10.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>153</b>

**Anhang A: Forschungsstrategie und methodische Vorgehensweise**

**Anhang B: Kriterienkatalog Analysemodell**

**Anhang C: Interviews, Diskussionsrunden und Workshops**

# 1. Einführung und Themenübersicht

*«Mit dem Beharren auf der Planungskultur des Massivbaues, versperren wir uns der Innovation. Wäre nicht jetzt der richtige Zeitpunkt über neue Arbeitsweisen und Geschäftsmodelle nachzudenken?»<sup>6</sup>*

Die Forderung auf dem leanWOOD-D-A-CH-Workshop im Juni 2015 in Flums steht stellvertretend für viele Stimmen von Akteuren aus dem Holzbau. Technologische Fortschritte haben den vorgefertigten Holzbau in den letzten 20 Jahren stark verändert. Hingegen sind Planungskultur und Projektablaufe aber nahezu unverändert geblieben. Dieses Spannungsverhältnis fordert viele Beteiligte im Rahmen der Umsetzung von Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden. Die hieraus resultierenden Probleme wurden in einigen Forschungsprojekten bereits identifiziert. Umfassende Lösungsansätze fehlen jedoch bislang.

## 1.1. Einführung in das Thema – E2ReBuild und leanWOOD

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes E2ReBuild (2011-2014) wurden in sechs europäischen Ländern sieben Sanierungen mit vorgefertigten Holzelementsystemen während ihrer Umsetzung wissenschaftlich begleitet.<sup>7</sup> Im Rahmen von E2ReBuild wurden Schwierigkeiten und Herausforderungen, denen unterschiedliche Projektteams in Deutschland, Finnland, Schweden, Niederlande, Frankreich, Großbritannien gegenüberstanden, identifiziert. Dabei war festzustellen, dass der vorgefertigte Holzbau in der Umsetzung noch mit einer Vielzahl an Unzulänglichkeiten in den der Produktion vorgelagerten Planungsprozessen konfrontiert ist.<sup>8</sup> Folgende Probleme der praktischen Umsetzung wurden im Projekt E2ReBuild dabei unter anderem identifiziert.

- › Fehlendes Know-how in Planungsphasen vor der Vergabe<sup>9</sup>
- › Informationsverlust von der Planungs- zur Ausführungsphase<sup>9</sup>
- › Interessenskonflikte der beteiligten Disziplinen<sup>9</sup>
- › Unterschiedliche Zeitschienen im Planungsfortschritt der Disziplinen<sup>9</sup>
- › Leistungen der Ausführungsplanung werden zu spät abgerufen<sup>10</sup>
- › Kommunikationsschwächen<sup>11</sup>

Die in E2ReBuild untersuchten Demonstrationsprojekte gaben damit ein erstes Indiz für anstehende Probleme in Planung und Umsetzung von vorgefertigtem Holzbau. Diese Demonstrationsprojekte repräsentierten aber nur einen Ausschnitt von Projekten im vorgefertigten Holzbau. Mittlerweile wurden europaweit und insbesondere in Deutschland, Österreich und der Schweiz viele weitere Projekte mit vorgefertigtem Holzbau realisiert. Die in E2ReBuild identifizierten Probleme anhand aktueller Projekte näher zu untersuchen und dabei in enger Zusammenarbeit mit der Praxis Lösungsansätze zu entwickeln, war der Ausgangspunkt des WoodWisdom-Net-Projekts leanWOOD.

---

<sup>6</sup> Huß et al. 2015, S. 26

<sup>7</sup> [www.e2rebuild.eu](http://www.e2rebuild.eu)

<sup>8</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a, S. 3

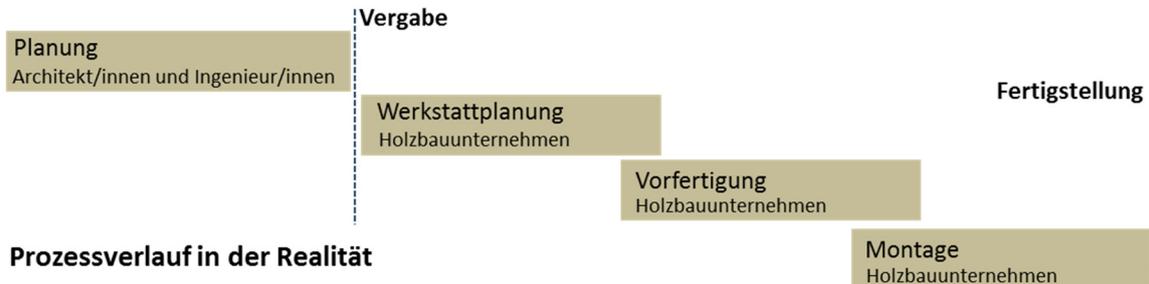
<sup>9</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a, S. 3; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a, 58–59; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013b; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013c; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter

<sup>10</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a, S. 67

<sup>11</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a, S. 66

Abbildung 1 zeigt die Ausgangssituation für das Projekt leanWOOD. Die Gegenüberstellung eines «theoretisch idealen» Projektverlaufs entsprechend den normativ definierten Planungsphasen<sup>12</sup> und eines «realen» Prozessverlaufs aus der Praxis.

### Prozessverlauf in der Theorie



### Prozessverlauf in der Realität

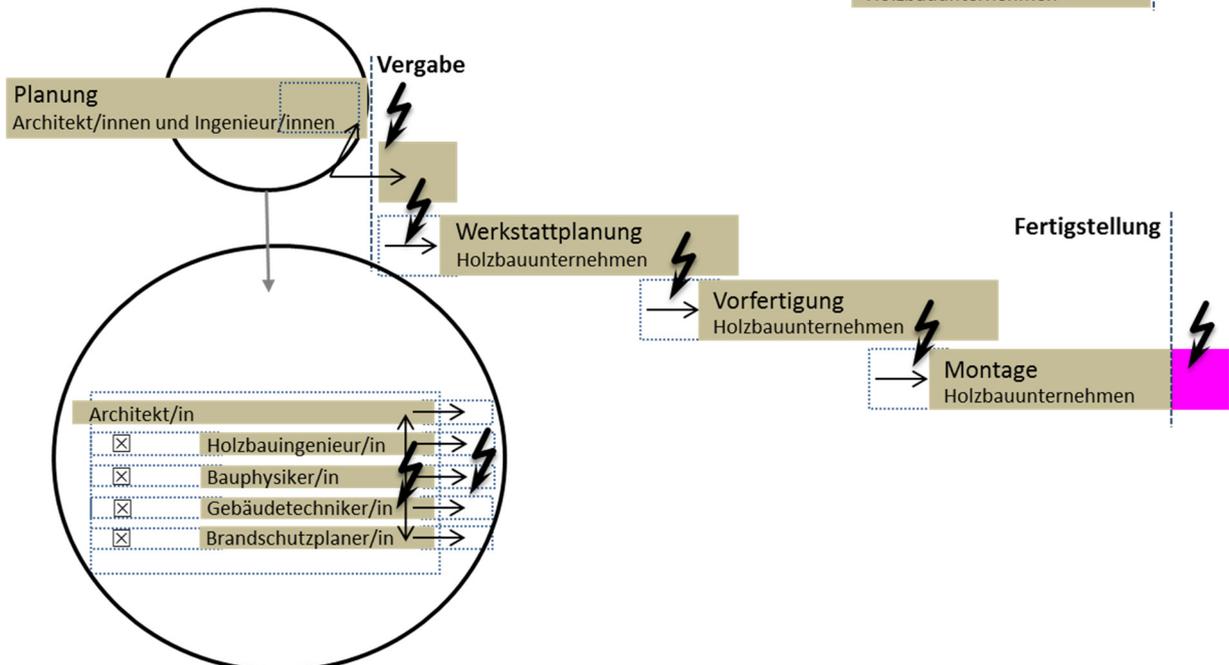


Abbildung 1: Gegenüberstellung theoretisch idealer und tatsächlich realer Prozessablauf im vorgefertigten Bauen mit Holz. Die Grafik skizziert die Ausgangslage für das Projekt leanWOOD. Grafik nach: Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013b, Folie 25; Geier 2016a, S. 24; Geier 2016c, Folie 6; Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017, S. 133; Geier 2017, S. 52–53.

Die Darstellung des «realen» Projektverlaufs (in Abbildung 1) zeigt, dass in den untersuchten Projekten der Übergang von der Planungs- zur Ausführungsphase kritisch für den weiteren Projektverlauf war. Oft wurde im Zuge der Vergabe ein Unternehmensvorschlag eingebracht, der alternative Lösungen oder Verbesserungsvorschläge zur ausgeschriebenen Lösung beinhaltete. Die Folge waren oft unvergütete Umplanungen («Re-Design»<sup>13</sup>), die den vorausgegangenen Planungsaufwand teilweise zunichtemachten und auch die vorangegangene Planung in ein kritisches Licht rückten. Damit

<sup>12</sup> Wie zum Beispiel die Phasen nach SIA 112:2014 in der Schweiz, HOAI 2013 in Deutschland oder LM.VM.2014 in Österreich. Diese werden detailliert in Geier und Keikut 2017a, Kapitel 4 erläutert.

<sup>13</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013b, Folie 25

war der weitere Projektverlauf bis zum Produktionsbeginn und in Konsequenz bis zum Fertigstellungstermin permanent unter Zeitdruck, da der Endtermin («Fertigstellung») zumeist schon fixiert war.<sup>14</sup>

Auch die Interessenskonflikte zwischen den einzelnen Disziplinen<sup>9</sup> und die unterschiedlichen Zeitschienen im Planungsfortschritt waren für die Arbeit in leanWOOD von Interesse.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass in Projekten mit vorgefertigtem Holzbau die dem Produktionsprozess vorgelagerten Planungsprozesse (siehe Abbildung 1) großes Potenzial für die Optimierung in Bezug auf Planungsqualität, Prozessverlauf und interdisziplinärer Zusammenarbeit aufweisen.

Das WoodWisdom-Net-Projekt leanWOOD analysierte eine Vielzahl an Problemen im Detail und zielte auf die Erarbeitung einer Basis für neue praxisorientierte Konzepte von Planungsprozessen sowie Vergabe- und Kooperationsmodellen im vorgefertigten Holzbau.<sup>15</sup>

## 1.2. Forschungslücke und Fragestellungen

Für viele Unzulänglichkeiten,<sup>16</sup> mit denen die Beteiligten in der Umsetzung des vorgefertigten Holzbaues konfrontiert sind, wurden im Projekt leanWOOD konkrete Umsetzungshilfen und Handlungsanleitungen für die Praxis entwickelt.<sup>17</sup> Diese tragen zur Verbesserung der täglichen Praxis des vorgefertigten Holzbaues bei. Planende erhalten dadurch Hilfestellung für die Bewältigung dieser Unzulänglichkeiten. Die Hilfestellungen sind konkrete Arbeitshilfen, gehen aber nicht weiter auf die Ursache der Schwierigkeiten und Missstände ein oder hinterfragen aktuelle Praktiken in der Planungskultur der interdisziplinären Zusammenarbeit. Zudem gibt es weitere dringende Fragestellungen, die außerhalb des Projektrahmens von leanWOOD liegen. Deren Analyse und Beantwortung stellen aber einen wesentlichen Beitrag für zukünftig neue Denkansätze im vorgefertigten Bauen mit Holz dar.

Die **ERSTE FRAGE** ist verbunden mit der ursprünglichen Idee des Projektes leanWOOD, dass Lean-Ansätze einen Lösungsansatz für die identifizierten Reibungsverluste, Fehl- oder Doppelplanungen in den vorgelagerten Planungsprozessen des vorgefertigten Holzbaues anbieten können.<sup>18</sup> Dieser Lösungsansatz wurde sehr ambivalent im leanWOOD-Projektteam und mit externen Expert/innen diskutiert. Einerseits legen viele produzierende Betriebe, vor allem in der Industrie, die erfolgreichen Ansätze der Implementierung von Lean Production in der Automobilindustrie den Umstrukturierungen in den eigenen Betrieben zugrunde.<sup>19</sup> Zudem haben sich, ausgehend vom Lean Management,

<sup>14</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013b, Folie 25; Geier und Huß 2016, 1.2; Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017, S. 133

<sup>15</sup> Huß und Stieglmeier 2017a

<sup>16</sup> Geier 2017, S. 6; 8; 22; 50 *«In der täglichen Praxis ist der vorgefertigte Holzbau jedoch noch mit vielen Hemmnissen konfrontiert: Vergabemodelle, die auf der Tradition konventioneller Massivbauweisen beruhen, fehlende Holzbaukompetenz und mangelnde integrative Planungsprozesse in frühen Phasen, mangelnde Synchronisation von Planungsabläufen und -fortschritten, Vergabekriterien, die den Preis- statt den Qualitätswettbewerb priorisieren, Kooperationsmodelle, die durch Interessenskonflikte und gegenseitige Schuldzuweisungen gekennzeichnet sind [...]»*

<sup>17</sup> leanWOOD 2017; siehe auch S. 9

<sup>18</sup> leanWOOD Full proposal vom 15.09.2013:

› *«WP1 Lean Workflow» – «Learn lean processes from other industry sectors [...]»*

› *«leanWOOD – progress beyond the State-of-the-art*

*Lean manufacturing is a production management practice that focuses on reducing waste and to improve customer value. Since the early 1990, 'Lean' has been developed throughout the whole value chain (design, production, service etc.) in many industries.*

*Against the background of an increasing complexity of building design, leanWOOD tackles process innovation at the interface of design and production, architects, engineers, timber manufacturers and end-users.»*

<sup>19</sup> Siehe Kapitel 2.3

die Lean-Methoden auch in anderen Anwendungsgebieten, beispielsweise mit Lean Construction im Bauwesen, weiterentwickelt.<sup>20</sup> Andererseits sind nicht nur in der Literatur, sondern auch in der täglichen Praxis Vorbehalte gegenüber einseitigen Rationalisierungsbestrebungen, die auf den Lean-Methoden basieren, identifizierbar.<sup>21</sup>

Im Projekt leanWOOD konnte diese Ambivalenz nicht wissenschaftlich-theoretisch analysiert werden. Das Projekt fokussierte vielmehr praktische Lösungsansätze für Lean-Prozesse.<sup>22</sup> Damit bleibt aber eine Verständnisfrage unbeantwortet: **Wie soll ein geeignetes Modell zur Übertragung des Lean-Ansatzes auf den vorgefertigten Holzbau konzipiert sein?** Erst mit diesem Verständnis ist es möglich, Lösungsansätze im Sinne von Lean abzuleiten.

Die **ZWEITE FRAGE** ist verbunden mit der in den leanWOOD-Interviews und -Workshops immer wieder aufgestellten Behauptung «Holzbau ist komplex».<sup>23</sup> Diese Komplexität wurde immer wieder für die Unzulänglichkeiten in den vorgelagerten Planungsprozessen verantwortlich gemacht. Hinsichtlich der Antwort auf die Frage, worin diese Komplexität begründet ist, gab es im Projekt leanWOOD jedoch wenig Übereinstimmung – je nach Disziplin des Fachplanenden oder Unternehmens wurden andere Begründungen angeführt.<sup>24</sup> Die anhand der leanWOOD-Fallbeispiele entwickelte Kriterienmatrix<sup>25</sup> listete die vielfältigen Meinungen und Sichtweisen zu den Schwierigkeiten und Herausforderungen in der Praxis. Es fehlt jedoch an einer theoretisch-wissenschaftlich abgesicherten Grundlage, die eine Begründung und Spezifikation der Komplexität im vorgefertigten Holzbau wiedergibt. Erst auf Grundlage einer solchen Antwort können Lösungsansätze für die in der Praxis erarbeitet werden.

Die **DRITTE FRAGE** ist verbunden mit der Entwicklung eines neuen Lösungsansatzes. Ziel ist es, die Qualität der Planungsprozesse im vorgefertigten Holzbau grundlegend zu verbessern. Im Projekt leanWOOD wurde dafür der Begriff «*holzbaugerechte Planungskultur*»<sup>26</sup> verwendet. Welche Aspekte diese holzbaugerechte Planungskultur beinhaltet bzw. worin der Unterschied zu einer nicht-holzbaugerechten Planungskultur besteht, wurde in leanWOOD anhand methodischer Ansätze definiert.<sup>27</sup> Dass interdisziplinäre Zusammenarbeit wichtig ist, wird immer wieder erwähnt. Die Interviews in leanWOOD mit Planenden und Unternehmen zeigen aber, dass diese in der Realität oftmals vernachlässigt wird. Zu sehr ist man mit der Problemlösung der technisch-konstruktiven Fragestellungen beschäftigt. Mit dem Begriff der Planungskultur wird die bisher technisch-konstruktive und methodisch-rationale Perspektive des Forschungsfelds «Planungsprozesse im vorgefertigten Holzbau» auf sozial- und kognitionswissenschaftliche Betrachtungsfelder erweitert.<sup>28</sup> In Konsequenz stellt sich daher die **Frage, wie zukünftig eine interdisziplinäre Planungskultur unterstützt werden muss, um einen neuen Umgang mit der Komplexität im vorgefertigten Holzbau zu erreichen.**

---

<sup>20</sup> Siehe Kapitel 4.1.4

<sup>21</sup> Schütte, Gisela «*Wenn das Mitarbeiter-Wissen weggespart wird*», Die Welt 05.10.1999; Berner, Winfried «*Freiräume: Wider falsch verstandenes Lean Management und ‚Total Efficiency‘*», <https://www.umsetzungsberatung.de/geschaeftsleitung/freiraeume.php>; Abgerufen am 29.04.2017; 11:00

<sup>22</sup> leanWOOD Full proposal vom 15.09.2013: «*The main objective of the project proposal is to optimise timber construction with a strong focus on the development of practicable solutions in lean processes.*»

<sup>23</sup> Eine Auswahl der diesbezüglichen Zitate ist im Kapitel 3.1.4.8 ab S. 60 angeführt.

<sup>24</sup> Geier 2016d, S. 10

<sup>25</sup> Siehe Kapitel 3.1.2

<sup>26</sup> lean WOOD Full proposal 15.09.2013, Task 5.2 Scientific dissemination:

«*The scope is target group oriented promotion activities ([...] to follow up strategies for a new planning culture in timber construction.*»

<sup>27</sup> Geier 2017: «*Holzbaugerechte Vergabe- und Kooperationsmodelle*», «*Holzbaugerechte Planungsprozesse*»

<sup>28</sup> Siehe Kapitel 4.3.4

## 1.3. Betrachtungsperimeter

### 1.3.1. Unterscheidung Holzbau – Massivbau

Das eingangs erwähnte Zitat zum Beharren auf der Planungskultur des klassischen Massivbaus<sup>29</sup> ist repräsentativ für Diskussionen, die in Workshops und Interviews im Projekt leanWOOD unter dem Titel «*Was unterscheidet den Holzbau vom Massivbau?*» geführt wurden.

Mit einer Antwort auf diese Frage, so die Annahme, sollten sich unter anderem auch Antworten ableiten lassen, die zu Lösungen für die eingangs geschilderten Schwierigkeiten im vorgefertigten Holzbau führen. Bei weiteren Diskussionen zu dieser Arbeit wurde festgestellt, dass die Frage nach dem Unterschied zwar wesentlich ist, aber dass es nicht um «Holzbau» versus «Massivbau» geht.

In der Praxis des Bauwesens wird vielfach Holzbau (und auch Stahlbau) mit Skelettbau verknüpft, während der Massivbau mit Mauerwerk und Stahlbeton in Verbindung gebracht wird. Dies ist auch in manchen einschlägigen Fachbüchern nachzulesen: «*Im Bauwesen unterscheidet man grundsätzlich zwischen massiven Konstruktionen wie Mauerwerks- und Betonbau und stabförmigen Konstruktionen wie Stahlskelett- und Holzfachwerksbau.*»<sup>30</sup> Obgleich dies der üblichen Praxis entspricht, ist der Skelettbau per definitionem mit dem Primär- und Sekundärtragsystem und dem davon unabhängigen Einbau der den Raum bildenden Wände definiert,<sup>31</sup> also unabhängig vom Material. Geht man von der grundsätzlichen Tragwerksstruktur, die aus den Stämmen des Rohstoffes Holz hergestellt wird, aus, ist der Holzbau als Stabbauweise<sup>32</sup> zu bezeichnen.<sup>33</sup>

Mit **Massivbau** in Holz wurde jahrhundertlang der Blockbau verbunden, der hauptsächlich in den waldreichen nördlichen Regionen Europas vorkam.<sup>34</sup> Geradwüchsige, lange Stämme waren für den Blockbau notwendig,<sup>35</sup> die Aussteifung durch die kammartige Verschränkung erforderte eine orthogonale mögliche einfache Grundrissausbildung.<sup>35</sup> Ein Setzmaß von 2-4 Zentimeter pro Geschoss erforderte beispielsweise hohes handwerkliches Können in der Ausbildung von Fenstern, Türen und den flexiblen Anschlüssen für Kamine.<sup>36</sup>

Mit der **Skelettbauweise** in Holz (die sich aus dem Fachwerkbau entwickelte) kann das Setzmaß erheblich reduziert werden (nur Schwelle und Rahmen sind quer zur Faser druckbelastet). Dabei werden Raum bildende Wände vom Skelett entkoppelt. Dies ist auch die bislang übliche Bauweise im Holzbau des 20. Jahrhunderts.<sup>37</sup>

Der Massivbau erlangt im Holzbau erst wieder mit der industriellen Fertigung durch tragende Wandelemente aus massivem Brettsperrholz oder Brettstapelholz<sup>37</sup> größere Bedeutung. «*Damit kehrt sich der Holzbau mehr und mehr von der Stabbauweise zur Massivbauweise.*»<sup>37</sup> Bauen im vorgefertigten Holzbau entwickelt sich damit zum Bauen mit Flächenelementen.<sup>38</sup>

---

<sup>29</sup> Siehe Einleitung Kapitel 1: «*Mit dem Beharren auf der Planungskultur des Massivbaues, versperren wir uns der Innovation? [...]*»

<sup>30</sup> Staib et al. 2008, S. 41

<sup>31</sup> Steiger 2013, S. 44

<sup>32</sup> Aufgrund der «*Logik der stabförmigen Fügung und Systematik des Gefüges.*» Steiger 2013, S. 29, 2013, S. 49

<sup>33</sup> Steiger 2013, S. 48

<sup>34</sup> Steiger 2013, S. 31

<sup>35</sup> Steiger 2013, S. 32

<sup>36</sup> Steiger 2013, S. 34–35

<sup>37</sup> Steiger 2013, S. 38; Steiger 2013, S. 44

<sup>38</sup> Zitat Arch. Hermann Kaufmann am 19.07.2017 in Schwarzach (Vorarlberg). Der Begriff «Flächenelemente» bezieht sich auf Brettsperrholzprodukte.

Die aus der Historie entstandene Gegensätzlichkeit betonende Begriffspaarung «Holzbau versus Massivbau» beginnt sich also durch die Etablierung von Brettsperrholzprodukten (und deren industrielle Fertigung) aufzulösen. Das handwerklich dominierte Zimmermannsgewerk und die traditionell verankerten, üblichen Bauweisen werden abgelöst. Bis vor wenigen Jahren war das Zimmermannsgewerk überwiegend mit Holzkonstruktionen für Dach- und Deckenkonstruktionen für Gebäude geringer Höhe befasst.<sup>39</sup> Heute kommen immer mehr großflächige, vorgefertigte Holzelemente oder Raummodule in Rahmen- oder Massivbauweise zum Einsatz.<sup>40</sup>

Die eingangs erwähnten Schwierigkeiten<sup>41</sup> sind daher nicht allgemein dem Holzbau als Stabbauweise (als Gegensatz zum Massivbau) zuzuordnen, sondern betreffen Beispiele und Projekte, die vorgefertigte Elemente aus dem industrialisierten Holzbau zum Einsatz brachten. Vorfertigung ist aber nicht nur im Holzbau möglich, sondern ist auch ein Thema für andere Baumaterialien.<sup>42</sup> Dass sowohl im Mauerwerksbau und insbesondere im Betonbau ebenfalls sehr hohe Vorfertigungsgrade realisiert werden können, wird von Rinas 2012 oder Rinas und Girmscheid 2012 für den Betonfertigteiltbau sehr ausführlich dokumentiert. Die individuelle Fertigung von Stahlbeton hätte noch Ausbaupotenzial in der Schweiz,<sup>43</sup> es gibt Literatur und Forschungsprojekte, die auf neue Vertriebskonzepte fokussieren.<sup>44</sup> Im Stahlbau sind es vornehmlich Brückenkonstruktionen, die vorgefertigt werden, aber auch Elemente im Stahl-Leichtbau (wie Sandwichkonstruktionen aus Stahlblechen mit Dämmstofffüllungen) sind am Markt.<sup>45</sup>

Aus diesem Grund können die eingangs genannten Unzulänglichkeiten und Schwierigkeiten<sup>46</sup> im vorgefertigten Holzbau nicht grundsätzlich als materialspezifisch oder holzspezifisch gesehen werden. Der Fokus richtet sich in dieser Arbeit nicht auf das Baumaterial Holz, sondern auf den Umstand, dass dieser mit hohen Vorfertigungsgraden umgesetzt wird. In weiterer Folge wird für diese Arbeit sinngemäß die Unterscheidung von hohen und niedrigen Vorfertigungsgraden adressiert und das vorgefertigte Bauen mit Holz im Detail analysiert. Inwieweit die Erkenntnisse in Bezug auf die Charakteristik der Vorfertigung im Holzbau in weiterer Folge auf die Vorfertigung mit anderen Materialien übertragen werden können, ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

### 1.3.2. Exemplarische Untersuchung des vorgefertigten Holzbaus

Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden ist einer der technologischen Vorreiter<sup>47</sup> und kommt immer öfter bei Großprojekten zum Einsatz (siehe Abbildung 2). Diese Zahlen belegen den positiven Trend: Während sich die Zahl der bewilligten Großprojekte insgesamt nur um 22 Prozent erhöht, steigt der Anteil von Großprojekten mit Holz in der Tragkonstruktion oder der Fassade um 57 Prozent bzw. 62 Prozent an.

---

<sup>39</sup> Cheret et al. 2014, S. 11

<sup>40</sup> Kolb 2010, S. 40

<sup>41</sup> Siehe Kapitel 1.1 auf S. 12

<sup>42</sup> In der Publikation von Staib et al. 2008 werden z. B. Stahl-, Holz- und Betonskelettsysteme, das Bauen mit Paneelen in Stahl, Holz, Beton und Ziegel, Raumzellensysteme aus Stahl, Holz und Beton sowie Fassaden und Schalen aus Glas, Naturstein und Kunststoff erläutert. Peter Rahm 2010 beschreibt die Vorfabrikation von Bauelementen aus Holz, Beton und Stahl.

<sup>43</sup> Peter Rahm 2010, S. 33

<sup>44</sup> Rinas und Girmscheid 2010; Rinas 2012; Rinas und Girmscheid 2012

<sup>45</sup> Peter Rahm 2010, S. 36

<sup>46</sup> Siehe Kapitel 1.1

<sup>47</sup> Siehe Kapitel 2.3

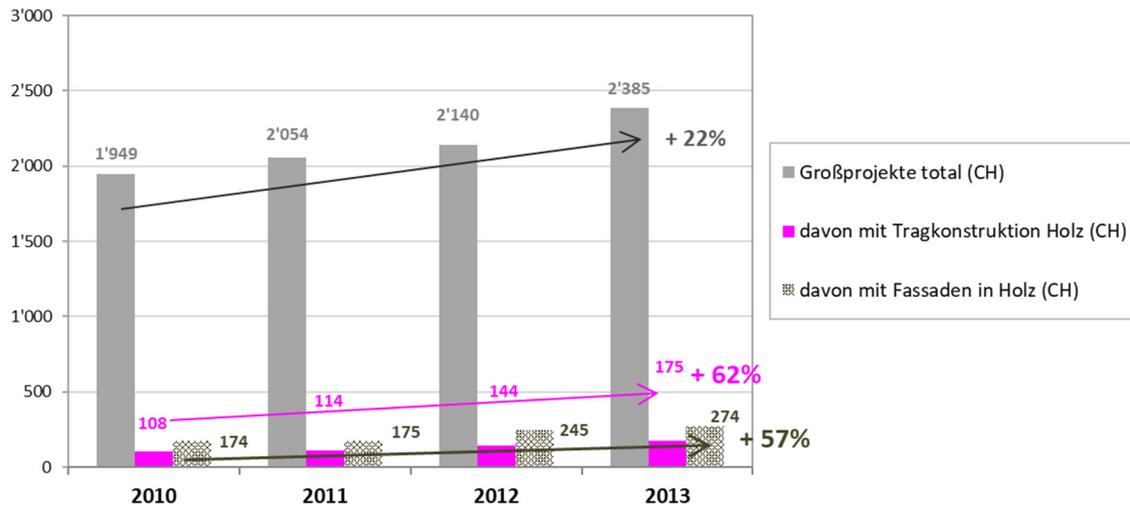


Abbildung 2: Baubewilligte Großprojekte in der Schweiz 2010-2013 nach der Anzahl der Projekte. Neubauer-Letsch et al. 2014, S. 15.

Der Einsatz von Holz in Großprojekten ist allerdings nur sinnvoll in Zusammenhang mit der Vorfertigung. Dies ist in aktuellen Beispielen sichtbar: Beispielsweise wurden für den Hybridbau der Wohn- und Gewerbesiedlung Kalkbreite in Zürich 6.800 m<sup>2</sup> Außenwand als Holzbauelemente geliefert und montiert (siehe Abbildungsserie 3). Die Montagezeit betrug lediglich vier Monate. Lagerflächen vor Ort waren durch die innerstädtische Lage nicht gegeben.<sup>48</sup> Ohne einen hohen Vorfertigungsgrad wäre diese Konstruktion nicht realisierbar gewesen.

Der Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden bietet somit eine gute Grundlage für die Untersuchung von Planungsprozessen und der Planungskultur beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden.



Abbildungsserie 3: Montage der Holzelemente in der Wohn- und Gewerbesiedlung Kalkbreite Zürich. Bilder: Müller Sigrist Architekten (links und Mitte), Pavatex SA (rechts).

<sup>48</sup> Geier 2016b, S. 26

## 1.4. Ziele der Dissertation

Anhand der eingangs geschilderten Fragestellungen und der Präzisierung der Betrachtungsparameter werden folgende zwei Hauptziele der Dissertation definiert.

- 1) Analyse von Fragestellungen aus der Praxis von Planungsprozessen beim vorgefertigten Bauen mit Holz durch:
  - › Erstellen eines Modells zur Übertragung von Lean-Ansätzen auf den vorgefertigten Holzbau;
  - › Identifizieren der Ursachen und Spezifikation der Komplexität im vorgefertigten Holzbau.
- 2) Entwicklung eines Lösungsansatzes zur Verbesserung des Informationsaustauschs und Wissensaufbaus in interdisziplinären Projektteams auf Grundlage von Erfahrungen im Umgang mit der Komplexität aus Vorprojekten.

## 1.5. Inhalte und Themendiagramm zur Dissertation

Die Dissertation beschäftigt sich mit den Ursachen der Unzulänglichkeiten und Schwierigkeiten, die sich durch das vorgefertigte Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden ergeben. Die Ableitung der Lösungsansätze erfolgt in einem Argumentarium. Daraus werden der Kriterienkatalog und das Analysemodell entwickelt und mittels Anwendungsszenarien näher erläutert.

In **KAPITEL 1** wird in das Thema eingeführt und das Vorwissen zur Fragestellung wiedergegeben. Dabei erfolgt auch eine Abgrenzung zwischen den Arbeiten im Projekt leanWOOD und der Dissertation. Die gewählte Forschungsstrategie dazu wird in Anhang A nachvollziehbar entwickelt und das Forschungsdesign erläutert.

In **KAPITEL 2** wird die Industrialisierung im Bauen behandelt. Dabei werden Begriffsdefinitionen im historischen Kontext und aus der aktuellen Diskussion erläutert und im Kontext der Entwicklungsschritte in der produzierenden Industrie betrachtet. Hier wird die Industrialisierung als ein Schritt zur Steigerung der Produktivität betrachtet. In weiterer Folge werden die Begriffe der Vorfertigung und der Individualisierung in der industriellen Fertigung sowie der aktuelle Stand der Technologie im vorgefertigten Holzbau erläutert. Abschließend werden die Merkmale des Bauens mit hohen Vorfertigungsgraden und die Unterschiede zu den Prozessen im klassischen Massivbau mit niedrigen Vorfertigungsgraden herausgearbeitet.

In **KAPITEL 3** werden die leanWOOD-Fallbeispiele durch eine Situationsanalyse vertieft untersucht. Das Ergebnis ist die Beschreibung von Phänomenen, die in der Praxis beobachtet wurden und bislang nicht ausführlich in wissenschaftlichen Grundlagen verankert sind. Durch das beobachtende Vorgehen dieser Situationsanalyse wird die Chance genutzt, neue Erkenntnisse zu gewinnen, die bei einem Top-down-Verfahren (Theoriegenese und Überprüfung in der Praxis) nicht identifiziert werden können. Die Zusammenfassung und Schlussfolgerungen aus Kapitel 3 zeigen den Änderungsdruck auf und identifizieren den Handlungsbedarf – in Bezug auf die Steigerung der Effizienz und die Qualität in Planungsprozessen, der erforderlichen Spezifikation der Komplexität und neuen Denkansätze für den Informationsaustausch und das Wissensmanagement in der interdisziplinären Zusammenarbeit.

In **KAPITEL 4** werden die Erkenntnisse der Situationsanalyse in den Diskurs mit wissenschaftstheoretischen Erkenntnissen gestellt. Die Strukturierung erfolgt dabei durch die identifizierten Handlungsfelder.

In **KAPITEL 4.1** werden die Lean-Ansätze im Bauwesen untersucht. Das Scheitern der Lean-Implementierung in vielen anderen Anwendungsgebieten (wie der Lean Construction) wird untersucht und die Erkenntnis des systemischen Ansatzes von Lean Management nach Zollondz 2013<sup>49</sup> ausgeführt. Anhand des systemischen, kategorialen Modells nach Zollondz als Untersuchungsraaster wird eine Perspektive zur Übertragung der Lean-Ansätze auf den vorgefertigten Holzbau entwickelt. Das Ergebnis dieser Übertragung ist eine Systemdarstellung der Wechselwirkungen von Wertschöpfung, Qualität, Zeit und Kosten.

In **KAPITEL 4.2** wird der Begriff der Komplexität im vorgefertigten Holzbau im ersten Schritt anhand einer Literaturrecherche näher untersucht. Als Grundlage wird der Unterschied von «komplex» und «kompliziert» erläutert. Im zweiten Schritt werden die Erkenntnisse aus der Literatur mit den beobachteten Phänomenen aus den leanWOOD-Fallbeispielen verglichen. Daraus werden die Ursachen und die nähere Spezifikation der Komplexität im vorgefertigten Holzbau abgeleitet. In der weiteren Literaturrecherche werden die Erkenntnisse zur Komplexitätsdiskussion in der Lean Construction diskutiert. Die Schlussfolgerung ist, dass das isolierte Übertragen von Lean aus der Produktion das Scheitern in der Praxis des Bauens begründet. In weiterer Folge wird ausgeführt, dass es daher neue Denkansätze in der Organisation und im Management von (Holzbau-) Projekten braucht.

In **KAPITEL 4.3** wird die Planungskultur als Grundlage für die Zusammenarbeit von Projektteams untersucht. In den Ausführungen zu diesem Kapitel werden die Begriffe der Planungskultur und der interdisziplinären Zusammenarbeit im Kontext des vorgefertigten Bauens mit Holz geschärft. Anhand sogenannter kognitiver Agenten und mentaler Modelle werden die Informationsprozesse und der Wissensaufbau in einem Projektteam erläutert.

In **KAPITEL 5** werden die Entwicklung und der Aufbau des Kriterienkatalogs und des Analysemodells erläutert. Die Einteilung in Kategorien und die Ausprägung der Komplexitätsgrade werden beschrieben, Chancen und Grenzen der Funktionalität diskutiert und die Visualisierung im Analysemodell illustriert. Der ausführliche Kriterienkatalog befindet sich in Anhang B.

In **KAPITEL 6** wird die Funktionalität des Analysemodells anhand von Anwendungsszenarien beschrieben. Wesentlich dabei ist das Verständnis, dass es sich um ein flexibles Modell handelt, das an jede Anwendung angepasst werden kann. Abschließend werden das Potenzial des Kriterienkatalogs und des Analysemodells und mögliche Weiterentwicklungen aufgezeigt: Die Verknüpfung mit bestehenden Katalogen oder Datenbanken könnte dazu beitragen, Unsicherheiten beim vorgefertigten Holzbau in frühen Planungsphasen abzubauen. Eine Schlussfolgerung aus dieser Dissertation ist die Erkenntnis, dass ein neuer Umgang mit Komplexität und auch Entwicklungen zur Industrie 4.0 neue Denkansätze im Bauprojektmanagement einfordern. An diesem Punkt wird auch der weitere Forschungsbedarf gesehen, da das Auflösen klassischer Führungsstrukturen mit aktuellen normativen und gesetzlichen Rahmenbedingungen im Widerspruch steht.

---

<sup>49</sup> Zollondz 2013 entwirft ein kategoriales Modell des systemischen Ansatzes von Lean. Siehe Kapitel 4.1.7

## Analysemodell im vorgefertigten Bauen mit Holz

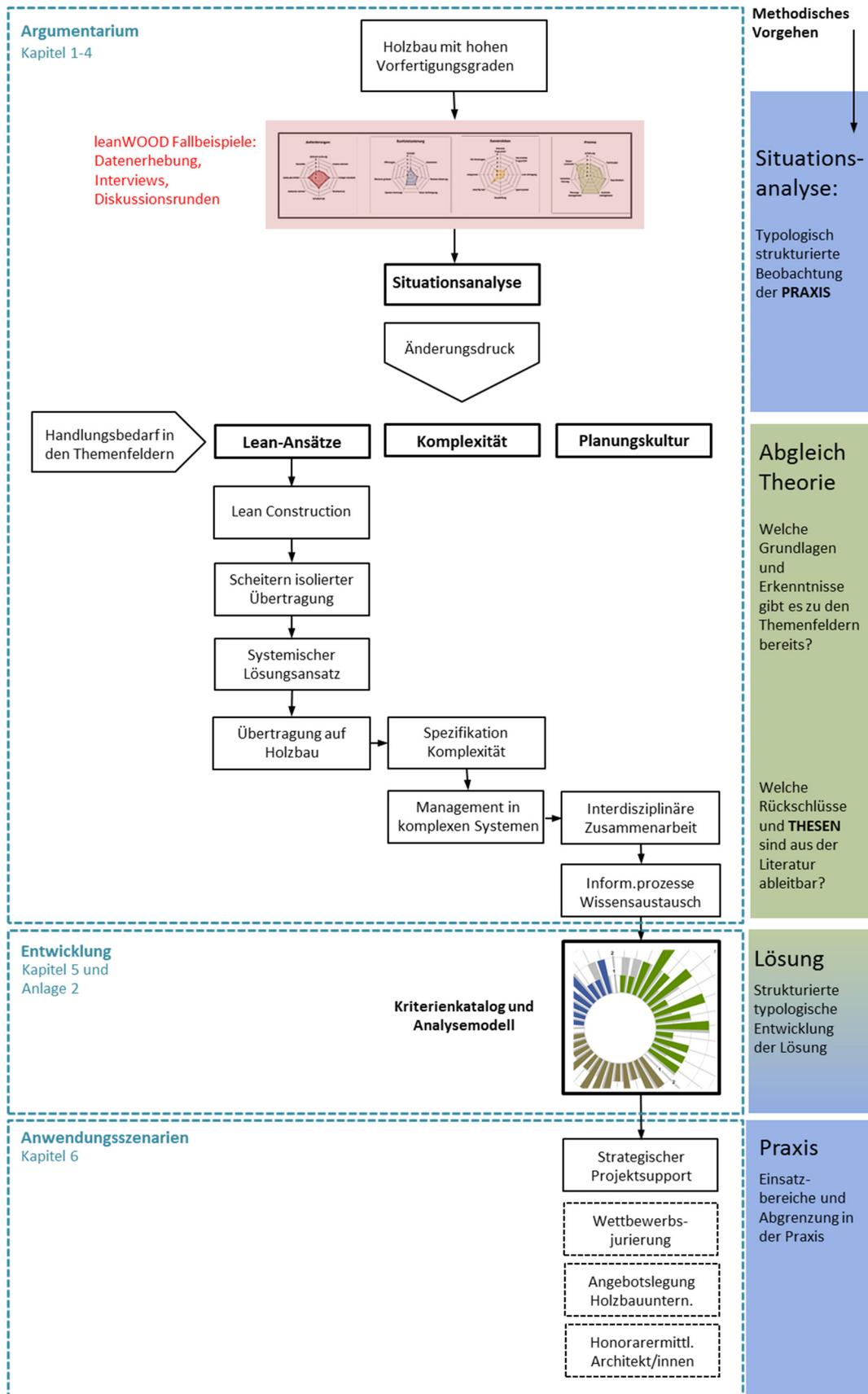


Abbildung 4: Themendiagramm der Dissertation.

## 2. Industrialisiertes Bauen und Vorfertigung

### 2.1. Begriffserläuterungen zum industrialisierten Bauen und zur Vorfertigung im historischen Kontext

Industrialisiertes Bauen, Vorfertigung, modulares Bauen etc. – viele solcher Begriffe werden zur technologischen Weiterentwicklung im Bauwesen genannt, vor allem mit dem Ziel der Kostensenkung, der Verkürzung von Umsetzungszeiträumen und auch der Qualitätssteigerung. Die Begrifflichkeiten zur Industrialisierung sind in ihrer Verwendung in der Literatur nicht immer klar oder eindeutig definiert. Testa 1972 war der Erste, der einen Versuch der Strukturierung unterschiedlicher Begriffe und ihrer Historie unternahm (siehe Abbildung 7).

Den Beginn der Industrialisierung im Bauen sieht Testa 1972 mit Errichtung des Crystal Palace 1851. Joseph Paxton's Vision war, dass *«das Produzieren und Zusammensetzen der vorgefertigten Teile gleichsam wie eine Maschine funktionieren»* sollte.<sup>50</sup> Die weiteren Entwicklungen sind getrieben von technologischen Innovationen bei Gusseisen und Stahlbeton sowie bei Maschinen.<sup>51</sup>



Abbildung 5: Weissenhofsiedlung Stuttgart. J.J.P. Oud. Aufnahme zwischen 1927 und 1929, Fotograf unbekannt. Quelle: Collection Centre Canadien d'Architecture, Montréal, Numéro d'objet: PH1980:1015:397.

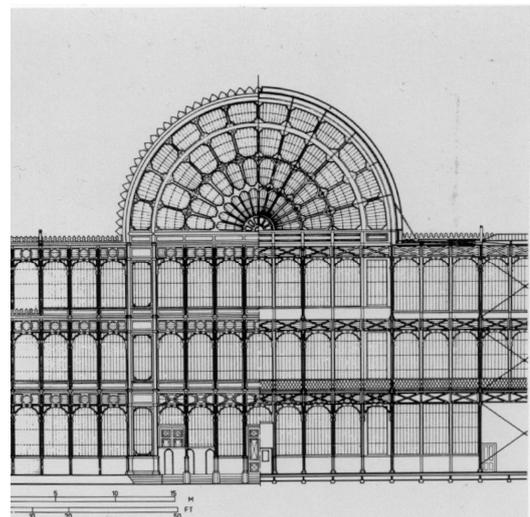


Abbildung 6: Crystal Palace von Joseph Paxton. Merin, Gili (2013). AD Classics. © Wikimedia Commons.<sup>52</sup>

Bezahlbarer Wohnungsbau war immer wieder Anlass zur Suche nach kostengünstigen Baumethoden, um einen großen Bedarf an Wohnungen in kurzer Zeit abzudecken.<sup>53</sup> Einen großen Einfluss

<sup>50</sup> Kohlmaier, Georg; von Sartory, Barna: Das Glashaus – ein Bautyp des 19. Jahrhunderts. München 1988, S. 415, zitiert in: Staib et al. 2008, S. 20

<sup>51</sup> Testa 1972, S. 23

<sup>52</sup> Licensed under: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>; Retrieved from: [www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton/51d47845b3fc4beae10001b9-ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton-image](http://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton/51d47845b3fc4beae10001b9-ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton-image)

<sup>53</sup> Beginnend mit dem Zustrom in die Städte im 19. Jh und insbesondere mit dem Wiederaufbau nach den Weltkriegen: Staib et al. 2008, S. 21;

übte die Automobilindustrie auf diesen Wunsch aus.<sup>54</sup> Henry Ford beauftragte Anfang des 20. Jahrhunderts Frederick Winslow Taylor<sup>55</sup> mit der Optimierung der Abläufe seiner Automobilproduktion. Taylor und Ford etablierten eine detaillierte Zeitnehmung von Arbeitsabläufen und penible Kontrolle der Arbeitenden und Vorgänge und verwendeten die entsprechenden Auswertungen als Grundlage für die Effizienzsteigerung in der Produktion.<sup>56</sup> «Die Idee, Häuser wie Autos herzustellen, wurde zum Wunschbild. Rationalisierung, Standardisierung, Typisierung und Normierung sollten maßgebend für die Architektur werden», so die Forderung von Architekturschaffenden zu Beginn des 20. Jahrhunderts.<sup>57</sup> Industrielle Vorfertigung, Typisierung neue Montagetechnologien sollten «schnelleres, billigeres [...] Bauen»<sup>58</sup> ermöglichen.

Hans Schmidt spricht 1928 von der Notwendigkeit des «neuen Bauens» (Schmidt 1928) und sieht eine rückständige Bauwirtschaft als Ursache für «ungenügende oder unwirtschaftliche Befriedigung unserer Wohnbedürfnisse».<sup>59</sup> Die Lösung sieht er im industrialisierten Bauen, das fünf Grundsätzen folgen muss: «Zweckmässige Verwendung von Material, einfache Bauvorgänge, technische Klarheit, Standardisierung der Wohnform, örtlich zusammengefasste Produktion».<sup>60</sup> Er beschreibt die Umsetzung des industrialisierten Bauens u. a. am Beispiel der Siedlung Weißenhof in Stuttgart als einen «bewussten Versuch der Übertragung fabrikmäßigen Bauens auf den Wohnbau».<sup>61</sup> Auch Schmidt 1928 verbindet das industrialisierte Bauen unter anderem mit wirtschaftlichem Bauen durch einfache und übersichtliche Bauvorgänge, die genau festgelegt werden müssen.<sup>62</sup>

Der Wunsch nach dem günstiger finanzierbaren Eigenheim im Grünen führte zur Entwicklung der Fertigteilhausindustrie, die sich nach den Weltkriegen stark entwickelte.<sup>63</sup> Holz war hier in der historischen Entwicklung im Vorteil. Ziegel, Beton und Stahl waren in den Anfangsjahren weniger verfügbar.<sup>64</sup>

Kelly 1951 analysiert die Geschichte der vorgefertigten Häuser sehr detailliert. Er beschreibt die Entwicklungen in den USA, beginnend vor 1900 bis in die 1950er Jahre und wirft auch einen Blick über die Grenzen auf die Entwicklungen in den europäischen Ländern. Die große Verbreitung in den 1930-40er Jahren sieht er im Zusammentreffen von sozialen, wirtschaftlichen und technischen Faktoren begründet.<sup>65</sup>

- › Soziale Faktoren:  
 Versuch der privatwirtschaftlichen Industrie, günstig finanzierbares Wohnen für die unteren Einkommenschichten zur Verfügung zu stellen  
 Wirtschaftlich unsichere Zeiten mit hoher Mobilität durch Arbeitsplatzfluktuationen<sup>66</sup>

---

<sup>54</sup> Testa 1972, S. 21

<sup>55</sup> Frederick Taylor (1856-1915) war amerikanischer Ingenieur und Begründer des Taylorismus. ([https://de.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](https://de.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor)). Er beschrieb mit dem Prinzip des «Scientific Management» wie eine Effizienzsteigerung von Arbeitsabläufen erreicht werden kann. Borgert und Oltmann 2015, S. 241

<sup>56</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 169–171

<sup>57</sup> Staib et al. 2008, S. 23

<sup>58</sup> Kelly 1951, S. 32–33

<sup>59</sup> Schmidt 1928, S. 34

<sup>60</sup> Schmidt 1928, S. 35–36

<sup>61</sup> Schmidt 1928, S. 37

<sup>62</sup> Schmidt 1928, S. 35

<sup>63</sup> Kelly 1951, S. 30

<sup>64</sup> Staib et al. 2008, S. 23

<sup>65</sup> Kelly 1951, S. 28–29

<sup>66</sup> Kelly 1951, S. 30

- › Technische Faktoren:  
Fortschritte in der Sperrholzindustrie, neue Klebtechnologien, Innovationen in der Herstellung von Plattenmaterial aus Holzabfällen oder minderen Holzqualitäten, Gips, Metall, etc.<sup>67</sup>
- › Ökonomische Faktoren:  
Zeit der Depression, verbunden mit der Suche nach neuen Beschäftigungsformen und Investitionsmöglichkeiten.<sup>68</sup>

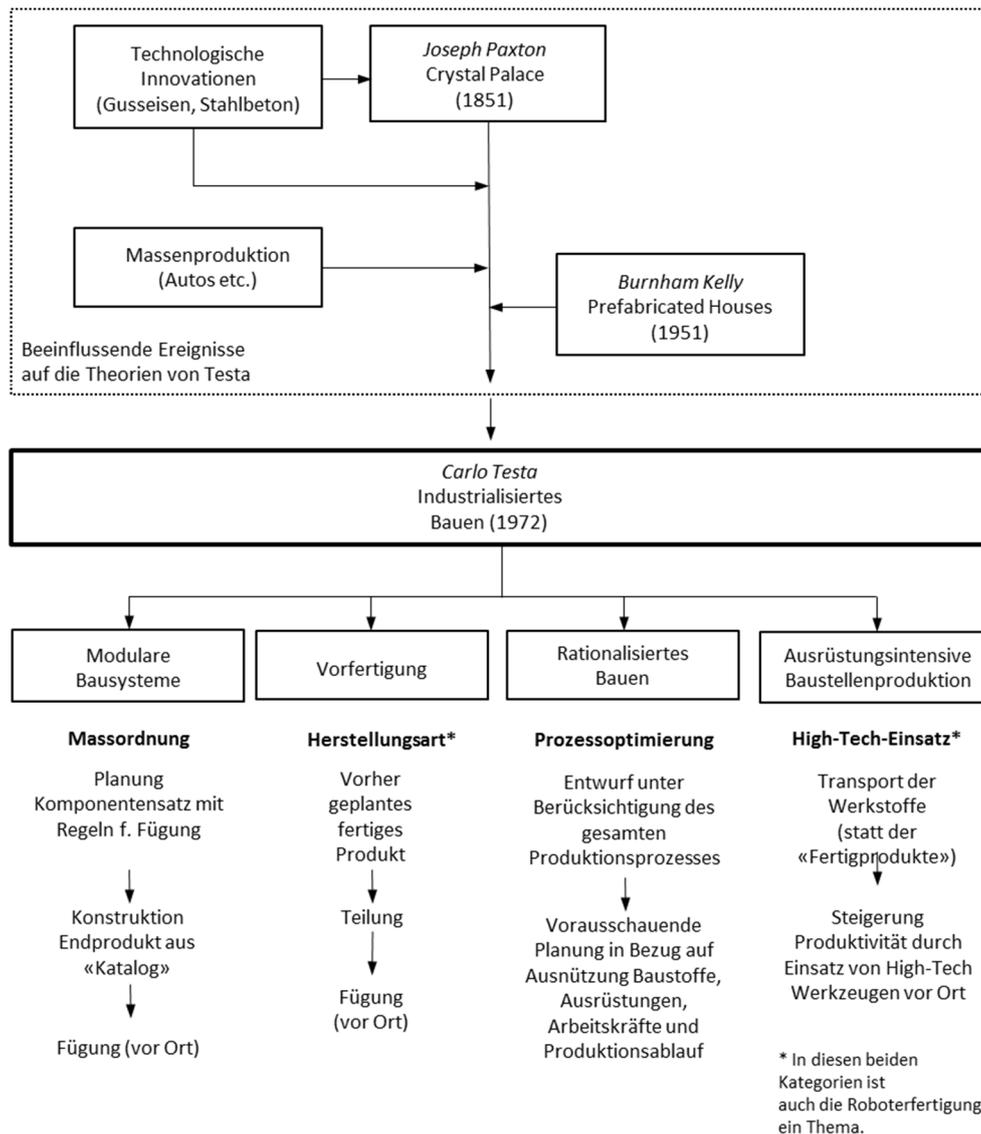


Abbildung 7: Übersicht über die Begrifflichkeiten im industrialisierten Bauen.  
Eigene Darstellung nach Erläuterungen Testa 1972, S. 9–14, 21 und 23; Die Definitionen «Prozessoptimierung» und «High-Tech-Einsatz» sind abgeleitet aus den Beschreibungen von Testa, werden von ihm aber explizit in dieser Form nicht genannt.

<sup>67</sup> Kelly 1951, S. 30–31

<sup>68</sup> Kelly 1951, S. 29

Abbildung 7 zeigt die historischen Einflüsse zum Begriff der Industrialisierung im Bauen und die Begriffsdefinition, wie sie von Testa 1972 vorgenommen wurden. Industrialisiertes Bauen definiert er in Konsequenz als:

«[...] Prozess, der mit Hilfe von technischen Entwicklungen, organisatorischen Konzepten und Methoden und investiertem Kapital dazu dient, die Produktivität zu steigern und die Leistung zu verbessern.»<sup>69</sup>

Die Ziele des industrialisierten Bauens definiert Testa 1972 in der «Steigerung der Produktion und Leistung».<sup>70</sup> Die vier genannten Anwendungsarten «Modulare Bausysteme», «Vorfertigung», «Rationalisiertes Bauen» und «Ausrüstungsintensive Baustellenproduktion» sind exemplarisch und schließen neue Anwendungsarten nicht aus.<sup>71</sup>

Wesentlich bei Testa 1972 ist die Unterscheidung von «Modularen Bausystemen» und «Vorfertigung», die er (zu seiner Zeit) als konträre Prinzipien sieht (siehe Abbildung 7).

- › Das modulare Bauen stellt eine Maßordnung auf, nach der allgemein entwickelte Komponenten gemäß einem vorbestimmten System gefügt werden.
- › Bei der Vorfertigung wird ein Produkt (Gebäude) geplant und für die Fertigung und Umsetzung in Teile zerlegt. Diese werden produziert und vor Ort zusammengesetzt. Er weist aber darauf hin, dass diese Vorfertigung nicht zwingend in einer Produktionsstätte erfolgen muss, sondern auch vor Ort erfolgen kann.

Das «Rationalisierte Bauen» und die «Ausrüstungsintensive Baustellenproduktion» beschreibt Testa 1972 als Anwendungsarten. Das rationalisierte Bauen beginnt bei der Architektur, die bereits im Entwurf auf die Produktion Rücksicht nehmen sollte. Ein Bemühen, das in den weiteren Arbeitsschritten kontinuierlich fortgesetzt werden muss, um Baustoffe, Ausrüstungen, Arbeitskräfte und Produktionsabläufe in Bezug auf Herstellungsdauer, Kosten und Qualität zu verbessern.<sup>70</sup> Testa 1972 beschreibt damit eine Prozessoptimierung, wenn er es auch nicht explizit als Begriff erwähnt. Das ausrüstungsintensive Bauen als ein weiteres Anwendungsgebiet im industrialisierten Bauen wird durch den Einsatz «hochgezüchteter Werkzeuge» erreicht, mit denen man auf der Baustelle leicht vollständige Gebäude errichten kann.<sup>70</sup> Der Begriff «hochgezüchtet» wirkt knappe 50 Jahre nach der Veröffentlichung der Publikation von Testa nicht ungewohnt. Nach den Berichten über Gebäude aus dem 3D-Drucker<sup>72</sup> oder Roboterfertigung ist das Thema des Hightech-Einsatzes vor Ort, um kosten-, zeit- und abfallsparende Verfahren zum Standard zu machen,<sup>73</sup> sehr aktuell.

Die Industrialisierung wird laut Testa 1972 im Wesentlichen getrieben:

- › vom Wunsch Profit zu generieren,
- › adäquaten Wohnraum zur Verfügung zu stellen oder auch
- › eigene «intellektuelle Anschauungen» durchzusetzen.

Letztgenannte bezeichnet er als typische Motivation industrialisierter Unternehmen.<sup>74</sup>

---

<sup>69</sup> Testa 1972, S. 9

<sup>70</sup> Testa 1972, S. 15

<sup>71</sup> Testa 1972, S. 10

<sup>72</sup> «Erstes Haus aus dem 3D-Drucker»; FAZ Immobilien – Video 25.05.2016; 13:28; Online verfügbar unter: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/immobilien/video-erstes-haus-aus-dem-3d-drucker-14252216.html>

<sup>73</sup> «Das erste Bürogebäude aus dem 3D-Drucker steht in Dubai»; [www.ingenieur.de](http://www.ingenieur.de); 27.05.2016, 13:29; Online verfügbar unter: <http://www.ingenieur.de/Themen/3D-Druck/Das-Buerogebaeude-3D-Drucker-steht-in-Dubai>

<sup>74</sup> Testa 1972, S. 49

Eine Begrifflichkeit fehlt in den Ausführungen von Testa 1972: die Standardisierung. Schmidt 1928 bezeichnet die *«Standardisierung der Wohnformen»*<sup>75</sup> als Notwendigkeit für industrialisiertes Bauen. Rinas 2012 sieht die Standardisierung von Prozessen und Produkten als Chance, Ressourcen einzusparen sowie Lernkuren oder einen Verbundeffekt<sup>76</sup> zu erreichen.<sup>77</sup> Girmscheid 2014 definiert Standardisierung neben Systematisierung, Flexibilisierung, Mechanisierung und Automatisierung, Prozessorientierung und Rationalisierung als Element der industriellen Bauproduktion.<sup>78</sup> Die Publikationen von Girmscheid beschäftigen sich im Wesentlichen mit dem Beton-Fertigteilbau.<sup>79</sup> Das Potenzial im industriellen Bauen identifiziert er in der Wirtschaftlichkeit durch die Erhöhung der wertschöpfenden Tätigkeiten in den Leistungserstellungsprozessen und in den unterstützenden Prozessen innerhalb der Unternehmen.<sup>80</sup> Standardisierung birgt aus seiner Sicht ein zweifaches Potenzial.

- › In der Standardisierung von *Bauteilen* sieht er die Chance der Flexibilität im architektonischen Gestaltungsspielraum<sup>81</sup> bei gleichzeitiger wirtschaftlicher Produktion.<sup>82</sup>
- › In der Standardisierung der *Prozesse* sieht er das Potenzial *«die Komplexität der Herstellprozesse zu reduzieren, so dass Ausführungsmängel verringert werden und sich die mit der Wiederholung von Tätigkeiten verbundenen Vorteile (z. B. geringere Einarbeitung und höhere Auslastung von Spezialmaschinen) ergeben.»*<sup>83</sup>

## 2.2. Industrialisierungsschritte im Bauwesen

Die Industrialisierung im Bauen kann auch mit den Schritten der Industriellen Revolution im Allgemeinen verglichen werden (siehe Abbildung 8). Die Anfänge der Industrialisierung im Bauwesen sind getrieben von der Einführung von Kraftmaschinen aller Art (Dampfkraft, Motor etc.), die die Arbeit auf der Baustelle erleichtern (1. Industrielle Revolution). In der 2. Industriellen Revolution kommen Fortschritte durch die Arbeitsteilung hinzu. Wie im Kap. 2.1 erwähnt, werden in dieser Zeit große Fortschritte in der industriellen Produktion von Baustoffen (Stahlbeton, Gusseisen etc.) und Baumaterialien (Plattenmaterial) erzielt.

Die 3. Industrielle Revolution im Bauwesen wird durch die Innovationen in der Automatisierung der Komponentenproduktion getrieben. Die Anwendung von Komponenten definiert Testa 1972 als *«Montage von Baustoffen und Teilen mit einer spezifischen Funktion (wie zum Beispiel ein Fenster, Wandpaneele etc.)»*<sup>84</sup> Die Herausforderung in der Industrialisierung wird seiner Meinung nach bis in die 1950er Jahre in der Koordination der Dimensionierung der Elemente und in der Lösung der *«Fuge»* gesehen.<sup>85</sup>

---

<sup>75</sup> Wie schon auf in Kapitel 2.1 erwähnt

<sup>76</sup> *«Ein Verbundeffekt bedeutet, dass bei Zunahme der Produktvielfalt durch einen Verbundeffekt Synergien im Unternehmen oder effiziente Produktion erzielt werden können».* In: Frantzke, Anton: Grundlagen der Volkswirtschaftslehre. Mikroökonomische Theorie und Aufgaben des Staates in der Marktwirtschaft, Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1999, S. 356

<sup>77</sup> Rinas 2012, S. 2

<sup>78</sup> Girmscheid 2014, S. 7

<sup>79</sup> Girmscheid 2000; Girmscheid 2004; Rinas und Girmscheid; Rinas und Girmscheid 2012; Girmscheid 2014

<sup>80</sup> Girmscheid 2014, S. XXXVIII

<sup>81</sup> Girmscheid 2014, S. 7 und S. 15

<sup>82</sup> Girmscheid 2014, S. 11

<sup>83</sup> Girmscheid 2014, S. 11

<sup>84</sup> Testa 1972, S. 195–196

<sup>85</sup> Testa 1972, S. 23

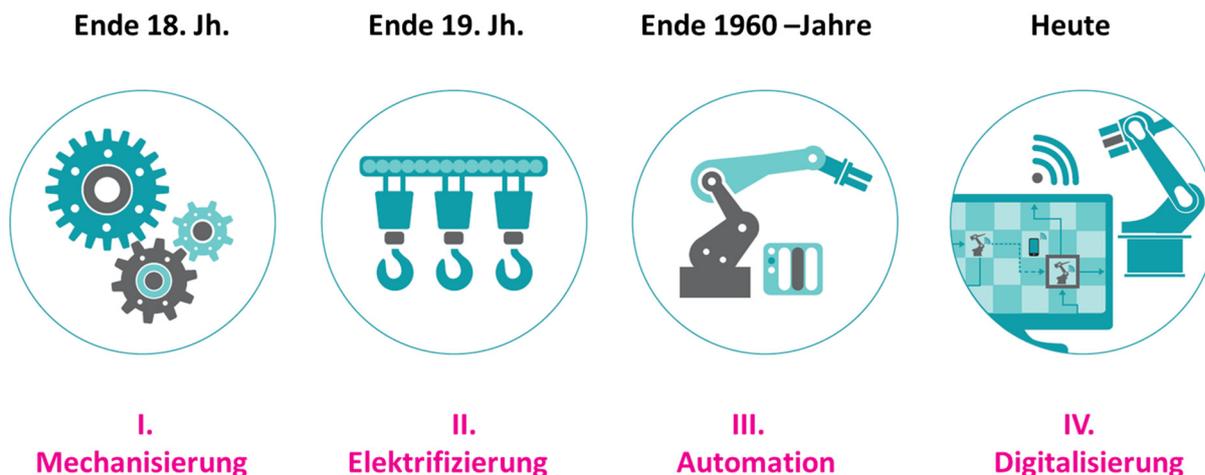


Abbildung 8: Die vier Stufen der industriellen Revolution. Quelle: CCTP nach: sonntagszeitung.ch; 01.02.2015, S. 45.

Bis in die frühen 1970er Jahre war der Bedarf nach bezahlbarem Wohnraum, auch bedingt durch die Zerstörungen des Krieges, ein Treiber für die standardisierten Elemente (insbesondere Betonfertigteilelemente) aus der industriellen Massenproduktion.<sup>86</sup> Doch in den 1970er Jahren verliert die Industrialisierung (als Begriff in der öffentlichen Diskussion) die Bedeutung. Der zunehmende Wunsch nach Individualisierung und architektonisch anspruchsvollem Lebensraum verdrängte die uniforme Massenproduktion von Trag- und Fassadenkonstruktionen.<sup>87</sup> Industrialisiertes Bauen wurde nahezu auf die Produktion von gestalterisch weniger bedeutenden Betonelementen zurückgedrängt.<sup>88</sup>

Auch Möller 2011 sieht an diesem Punkt die Industrialisierung im Bauen gescheitert: Der fehlende Massenkonsum von Bauwerken in Kombination mit der individualistisch geprägten Konsumgesellschaft und fehlende Größen- und Qualitätsstandards sind unter anderem Gründe für den Bedeutungsverlust des Begriffs «Industrialisierung im Bauen».<sup>89</sup>

Möller 2011 sieht den (seiner Meinung nach) zweiten Wendepunkt im industrialisierten Bauen in der Digitalisierung des Entwurfs- und Planungsprozesses. Er nennt als Meilensteine unter anderem die Anwendung der Methode der «*Finiten Elemente (FEM)*» (1960-62)<sup>90</sup> und die 3D-Planungssoftware CATIA<sup>91</sup>, die Frank O. Gehry für den Entwurf des Guggenheim Museums in Bilbao verwendete.<sup>92</sup>

Die Digitalisierung in diesen Beispielen führt im ersten Schritt weg von der Idee der Zielsetzung, die in den Anfängen des 20. Jahrhunderts ein Grund für die Entwicklung des industrialisierten Bauens war: nämlich günstig finanzierbare Wohn- und Gewerberäume zu erschaffen. Die Digitalisierung

<sup>86</sup> Rinas 2012, S. 1

<sup>87</sup> Rinas 2012, S. 4

<sup>88</sup> Rinas 2012, S. 4

<sup>89</sup> Möller 2011, S. 3

<sup>90</sup> Mit der FEM-Methode kann die Lastabtragung und Verformung komplexer Bauteile ermittelt werden (Möller 2011, S. 3)

<sup>91</sup> CATIA – Computer Aided Three Dimensional Interactive Application (Möller 2011, S. 4)

<sup>92</sup> Möller 2011, S. 3–4

vereinfacht zwar den Entwurfs- und Planungsprozess, führt aber zu aufwendigen Formen und Konstruktionen, die bisher mittels analoger Hilfsmittel nicht geplant werden konnten. Auch Schittich 2012 stellt infrage, ob mit den neuen Methoden das Bauen «*besser und günstiger*» wird. Vielmehr wird damit ein «*enormer Aufwand*» für «*spektakuläre Projekte*» betrieben.<sup>93</sup>

Dazu empfiehlt Möller 2011, dass aus «*technischer und finanzieller Sicht die Reduzierung auf möglichst wenige unterschiedliche Produktionsprozesse für viele unterschiedliche Teile empfehlenswert ist*», doch dies hat nur Gültigkeit bis zum «*nächsten Wendepunkt im Bauen*».<sup>94</sup>

Die 4. Industrielle Revolution, die Vernetzung der bisher isoliert und autark agierenden digitalen Modelle in Planung und Umsetzung von Gebäuden, ist das Ziel der aktuellen Bestrebungen der «Industrie 4.0».<sup>95</sup> Diese basiert auf intelligenten vernetzten Systemen, sogenannten cyber-physischen Systemen (CPS). Entlang der Wertschöpfungskette eines Produkts werden Materialbestellungen, Bearbeitungsvorgänge und die Auslieferung automatisch und selbstständig gesteuert.<sup>96</sup> Grundlage dafür ist der flächendeckende Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie, die eine dezentrale Steuerung über mobile Kommunikation und Echtzeitsensorik ermöglicht.<sup>97</sup> Die «*Fabrik der Zukunft*», wie sie Wahlster 2015 definiert, ist ein Netzwerk von kommunizierenden intelligenten Objekten, durch die das «*Internet der Dinge*» in die Fabriken Einzug hält.<sup>98</sup> Damit können kostengünstig individuelle Wünsche in der auf Serienproduktion ausgerichteten Fertigung berücksichtigt werden.<sup>99</sup> Diese Entwicklungen könnten dieser «*nächste Wendepunkt*» sein, den Möller 2011 anspricht. Vielleicht schließt sich damit der Kreis, dass die Industrialisierung wieder zu ihren ursprünglichen Zielsetzungen beitragen kann.

### 2.3. Industrialisierung und Vorfertigung im Holzbau

Holz war bis ins 19. Jahrhundert ein dominierender Baustoff: Gründe dafür waren die Verfügbarkeit und auch die leichte (manuelle) Bearbeitbarkeit.<sup>100</sup> Zu Beginn des 20. Jahrhunderts, als die Massenproduktion aufkam, wurde Holz durch Guss, Stahl und Beton verdrängt. Cheret et al. 2014 sehen in der Zeit der beginnenden Industrialisierung bis zu deren Ende ein «*Zwischentief*» für Holz (in Bezug auf Marktanteile gegenüber anderen Baustoffen). Die Ursachen sind vielfältig. Die Inhomogenität und Schwankungsbreite der physikalischen und chemischen Eigenschaften machte Holz zu dieser Zeit als Baustoff (gegenüber den «*neuen Materialien*») Gusseisen, Stahlbeton etc. unattraktiv für die Serienfertigung.<sup>101</sup> Winter 2008 führt auch die Holzknappheit durch die intensive Nutzung von Holz einerseits und vor allem fehlende Wiederaufforstung andererseits an.<sup>102</sup>

Ein weiterer Grund liegt im Bereich des Brandschutzes und dem Sicherheitsstreben. Aufgrund immer wiederkehrender Brände in den größer werdenden Städten im Mittelalter hat sich der Brandschutz

---

<sup>93</sup> Schittich 2012, S. 590

<sup>94</sup> Möller 2011, S. 6

<sup>95</sup> Interner Vortrag Stefan Kaufmann (Geschäftsführer Leonard Obermeyer Center) am 24.03.2017, TU München

<sup>96</sup> Ganschar et al. 2013, S. 22

<sup>97</sup> Ganschar et al. 2013, S. 2

<sup>98</sup> Wahlster 2015, Folie 3

<sup>99</sup> Wahlster 2015, Folie 14

<sup>100</sup> Cheret et al. 2014, S. 9

<sup>101</sup> Cheret et al. 2014, S. 9–10

<sup>102</sup> Winter 2008, S. 88

vom «*Weistum*» (13.-15. Jahrhundert) über den Charakter als «*Satzungsrecht*» (16.-18. Jahrhundert) hin zum «*Gebotsrecht*» (19.-20. Jahrhundert) entwickelt.<sup>103</sup> Die Weltkriege erhöhten auch das Bedürfnis nach nicht brennbaren, schweren monolithischen Bauweisen, die dem Bedürfnis nach Zuflucht eher entsprachen.<sup>102</sup> Dementsprechend sind auch viele Bauordnungen noch immer sehr restriktiv, was den Einsatz von Holz in mehrgeschossigen Gebäuden betrifft.<sup>102</sup> Cheret et al. 2014 führen aber auch die Trägheit der Zimmermannszunft an, sich den neuen Bauaufgaben des 20. Jahrhunderts anzupassen.<sup>104</sup>

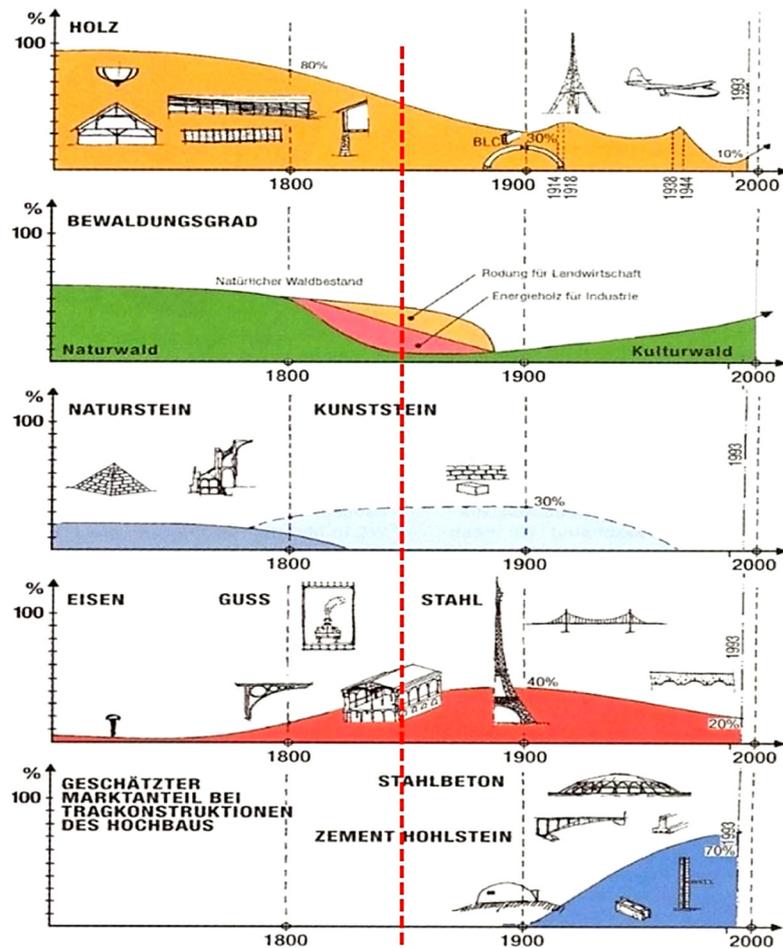


Abbildung 9: Marktanteile von Beton, Stahl, Kunststein und Holz bei Tragkonstruktionen des Hochbaus.  
Vortragsfolie zur Verfügung gestellt von Em. o. Univ. Prof. DDI Prof. Wolfgang Winter, TU Wien, ITI. cop. 1997<sup>105</sup>.

Dennoch konnte Holz nach dem Zweiten Weltkrieg im Einfamilienhausbereich wieder Marktanteile gewinnen. Dies ist begründet durch die Entwicklungen im Fertighaussektor in den 1950er Jahren,<sup>106</sup> die sich bis 2006 beispielsweise in Österreich auf über 20 Prozent ausweiteten.<sup>107</sup>

<sup>103</sup> Heilmann 2015, Kurzfassung

<sup>104</sup> Cheret et al. 2014, S. 9–10

<sup>105</sup> Die Grafik hat freundlicherweise zur Verfügung gestellt: Em.o.Univ. Prof. DDI Wolfgang Winter, E-Mail vom 21.11.2017. Erstveröffentlichung der Grafik: Winter, Wolfgang (1997). *Mauern oder Zimmern?* In: *architektur* 05/1997.

<sup>106</sup> Winter 2008, S. 89

<sup>107</sup> Winter 2008, S. 90

Der zunehmende Einsatz von Holz im industrialisierten Bauen am Übergang zum 21. Jahrhundert ist durch ein Zusammentreffen von ökologischen, technologischen und materialtechnischen Faktoren bedingt.

› Ökologische Faktoren

Mit den Entwicklungen zur Verlangsamung des Klimawandels erlangen CO<sub>2</sub>-neutrales und energieeffizientes Bauen Bedeutung in der öffentlichen Wahrnehmung und in politischen Programmen. Bayern und die Steiermark werden aufgrund politischer Willenserklärungen zu Vorreitern beim Einsatz von Holz im mehrgeschossigen Wohnbau.<sup>108</sup> In Vorarlberg ist moderne Holzbauarchitektur ein Zeichen der Eigenständigkeit, sie entwickelte sich anfänglich ohne politische Förderprogramme. Erst 2007 wird der ökologische Wohnbau gezielt gefördert.<sup>109</sup>

› Technologische Faktoren

- › Entwicklungen im Material- und Komponentensektor, (inkl. der Verbindungstechnologie)
- › Entwicklungen in der Fertigungstechnologie

Die Grundlagen für die Entwicklungen im *Material- und Komponentensektor* wurden von Otto Hetzer (Holzleimbau)<sup>110</sup> und Konrad Wachsmann (Holzbausystem)<sup>111</sup> schon Anfang des 20. Jahrhunderts geschaffen. Der Durchbruch wurde erst mit der Brettstapeldecke und dem Brettsperrholz als neuen plattenförmigen Baustoffen ermöglicht, die bisherige Schwachstellen wie die Linearität und Anisotropie<sup>112</sup> hinter sich lassen. Die Zulassung von «Kreuzlagenholz (KLH)»<sup>113</sup> im Jahr 1998 in Österreich stellt einen Meilenstein in der Entwicklung des industrialisierten Holzbaus dar.<sup>114</sup> Auch die güteüberwachten Leimverbindungen für Holztragwerke und die Einführung neuer Verbindungstechniken (Knotenbleche, Nagelplatten, Dübel mit Schraubbolzen etc.) zählen zu den Errungenschaften der letzten zwanzig Jahre im Holzbau.<sup>115</sup>

---

<sup>108</sup> Winter 2008, S. 90–91

<sup>109</sup> Winter 2008, S. 92–93

<sup>110</sup> Keppler 2008, S. 17–20

<sup>111</sup> Keppler 2008, S. 20–21

<sup>112</sup> Holz hat durch die Wuchsrichtung seiner Fasern Eigenschaften, die sich nach Richtung zur oder quer zur Faser ändern. Dies ist in vielen Bereichen (wie z. B. der statischen Dimensionierung) zu berücksichtigen (Kolb 2010, S. 33).

<sup>113</sup> KLH steht für «KreuzLagenHolz» (andere Bezeichnungen sind auch BSP, CLT, X-LAM, Cross-Lam). KLH besteht aus übereinandergestapelten Fichtenlamellen, die mittels formaldehydfreien Klebstoffs unter einem hohen Pressdruck zu großformatigen Bauelementen verleimt werden». Definition für KLH auf: [www.klh.at](http://www.klh.at).

<sup>114</sup> Krötsch und Huß 2016, S. 6

<sup>115</sup> Jeska et al. 2015, S. 6



Abbildung 10: Portalbearbeitungszentrum Hundegger PBA-3. Bild: Hans Hundegger AG.



Abbildung 11: Fertigungslinie für Massiv-Holz-Wandelemente zur kreuzlagigen Verpressung. Die weitere Verarbeitung erfolgt dann bspw. in Portalbearbeitungsanlagen. Bild: Hans Hundegger AG.

Ein bedeutender Schritt für die Entwicklungen in der *Fertigungstechnologie* im Holzbau wurde 1984 von der schwedischen Firma Burma gesetzt: Sie brachte die erste CNC-gesteuerte Abbundanlage<sup>116</sup> für Zimmereien auf den Markt. Den Durchbruch brachte aber die Hundegger P8, die 1986 von Hans Hundegger eingeführt wurde. Das Nachfolgemodell K2 dominiert bis heute den Markt. Die weiteren Entwicklungen zu Portalbearbeitungsanlagen (PBA) und Multifunktionsbrücken ermöglichen die Bearbeitung von Großformatplatten und Klebe-, Schraub- und Angelverbindungen im Elementbau.<sup>117</sup> Eine weitere Errungenschaft in der Fertigungstechnologie ist die maschinelle und berührungslose Sortierung des Holzes nach Festigkeitsklassen, die sich mit den ersten Sortiermaschinen in den 1970er Jahren, aus den USA und Australien kommend, in Europa verbreitete.<sup>118</sup> Die Vorteile gegenüber der jahrhundertlang praktizierten visuellen Sortierung sind höhere Sortiergeschwindigkeiten, gesicherte Werkstoffkennzahlen und damit bessere Materialausnutzung und wirtschaftlichere Dimensionierung.<sup>119</sup>

#### › Materialtechnische Faktoren

Die Einschränkungen, die den Einsatz von Holz lange Zeit bremsten, konnten durch die Entwicklungen im ökologischen und technologischen Bereich größtenteils aufgehoben werden. Neue Holzwerkstoffe und Plattenmaterialien weisen nahezu isotropes Verhalten auf.<sup>120</sup> Die hohen ökologischen Anforderungen können durch die günstigen wärmetechnischen Eigenschaften und den Charakter des nachwachsenden Baustoffes im Vergleich zu anderen Baustoffen leicht erfüllt werden.<sup>121</sup> Das geringe Gewicht und die leichte und saubere Bearbeitbarkeit erweisen sich für die industrielle und automatisierte Produktion von Komponenten als ideal.<sup>122</sup>

Während Testa 1972, wie in Abbildung 7 dargestellt, noch klar zwischen der Industrialisierung<sup>123</sup> und ihren unterschiedlichen Erscheinungsformen wie Vorfertigung, modulare Bausysteme, rationalisiertes Bauen etc. unterscheidet, werden die Begrifflichkeiten «Vorfertigung, Bauen in Serie oder im

<sup>116</sup> CNC – Computerized Numerical Control (Schindler 2009, S. 190)

<sup>117</sup> Schindler 2009, S. 194

<sup>118</sup> Stapel und Rais 2010, S. 20

<sup>119</sup> Tschagova 17.10.2002

<sup>120</sup> Jeska et al. 2015, S. 6

<sup>121</sup> Jeska et al. 2015, S. 6

<sup>122</sup> Rinas 2012, S. 20

<sup>123</sup> Die Industrialisierung ist ein Prozess, der mit Hilfe von technischen Entwicklungen, organisatorischen Konzepten und Methoden und investiertem Kapital dazu dient, die Produktivität zu steigern und die Leistung zu verbessern. Testa 1972, S. 9

*System*» im Holzbau heute nicht immer so klar unterschieden,<sup>124</sup> wie Christian Schittich im Editorial von Detail 6/2012 erläutert. «Vorfertigung», «Systembau» und «modulares Bauen» verschmelzen seiner Meinung nach immer mehr. Dieses Verschmelzen ist mit den neuen technologischen Möglichkeiten durch die beginnende Entwicklung der 4. Industriellen Revolution verknüpft.

Diese ist im Holzbau bereits in Pilotprojekten und auch in einigen Holzbauunternehmen Realität. So berichtet Krieg 2015 auf dem Internationalen Holzbauforum 2015 in Garmisch-Partenkirchen von den Forschungsprojekten an der Universität Stuttgart, die die robotische Fertigung im Holzbau weiterentwickeln und mit dem Forstpavillon auf der Landesgartenschau gemeinsam mit einem Holzbaubetrieb umsetzen.<sup>125</sup> Er erläutert auch den Unterschied der robotischen Fertigung gegenüber den bisherigen computergesteuerten Fertigungsmethoden. Der Industrieroboter (vergleichbar mit den Robotern der Autoindustrie) ist durch die Steuerungssoftware und den «Effektor» (das Werkzeug) flexibler und vielseitiger einsetzbar als die prozessgesteuerten CNC-Maschinen, die nur wiederholte Arbeitsschritte ausführen können.<sup>126</sup>

Zahlreiche Forschungsprojekte in der Schweiz befassen sich ebenfalls mit dem Einsatz von Robotern im Holzbau zur Vorfertigung komplexer Bauteile oder Tragwerke. Beispielsweise das Nationale Forschungsprogramm NFP66 «*Roboter-gestützte Assemblierung komplexer Holztragwerke (2012-2017)*»<sup>127</sup> oder das «*Robotic Fabrication Laboratory (2010-2016)*»<sup>128</sup> an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH Zürich, das als Forschungsplattform für die großmaßstäbliche digitale Fertigung eingerichtet wurde.

Auch in der Praxis von großen Holzbauunternehmen ist der Einsatz von Robotern für die Vorfertigung bereits Realität. Thomas Wehrle, Vize-Direktor der Erne Gruppe am, zeigt auf dem Internationalen Holzbauforum 2015 in Garmisch-Partenkirchen die digitale, robotergesteuerte Fertigung seiner Unternehmensgruppe, die in der Serienfertigung auf die «*Stückzahl 1*»<sup>129</sup> gehen kann.



Abbildung 12: Schwalbenschwanzfräsung an der Hundegger K2i. Bild: Hans Hundegger AG.



Abbildung 13: Portalroboter. Bild: Erne AG Holzbau, Laufenburg.

<sup>124</sup> Schittich 2012, Editorial

<sup>125</sup> Krieg 2015, S. 9

<sup>126</sup> Krieg 2015, S. 5

<sup>127</sup> [www.nfp66.ch/de](http://www.nfp66.ch/de); abgefragt am 17.11.2017, 10:01

<sup>128</sup> [www.gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/d/forschung/186.html](http://www.gramaziokohler.arch.ethz.ch/web/d/forschung/186.html), abgefragt am 17.11.2017, 10:02

<sup>129</sup> Thomas Wehrle 2015

Neben einzelnen technologischen Pionieren im vorgefertigten Holzbau ist auch eine große Zahl der Holzbauunternehmen in der Vorfertigung tätig, doch der Stand der Automatisierung der Produktionslinie ist sehr unterschiedlich. In vielen Betrieben wird auch noch handwerklich vorgefertigt.<sup>130</sup> Vorfertigung im Holzbau definiert die Methode des Zusammenbauens. Zumeist erfolgt dies in der Abbundhalle der Betriebe<sup>131</sup> und damit ortsunabhängig von der Baustelle.

## 2.4. Industrialisierung und Individualisierung

Betrachtet man die Anfänge der Industrialisierung und ihre Ergebnisse (siehe die Siedlung Weißenhof<sup>132</sup>), war Individualität nicht das Ziel der historischen Bestrebungen zur Industrialisierung im Bauen. Peter Behrens sprach 1918 *«Vom sparsamen Bauen»* durch einheitliche Masse und Formen in der industriellen Massenproduktion von Bauteilen.<sup>133</sup> Rasche und kostengünstige Erstellung von Wohnraum war die Herausforderung im Siedlungsbau in der Zeit des Wiederaufbaues nach den Weltkriegern. Dies sollte daher mit *«reduzierten Elementvariationen»* erreicht werden.<sup>134</sup> Die serienmäßige Herstellung großer Stückzahlen einheitlicher Teile versprach kostengünstiges Bauen. Das Resultat waren uniforme Fassaden- und Tragkonstruktionen für den Massenwohnungsbau. Die meisten Systeme, die entstanden, waren jedoch *«starre Systeme»*, die in sich abgeschlossen wenig Spielraum für Veränderung anboten.<sup>135</sup>

Die Euphorie über die neuen technologischen Möglichkeiten flachte ab, als die Monotonie und die Einschränkungen dieser Systeme für die Nutzenden mit der fortschreitenden Individualisierung anderer Lebensbereiche nicht Schritt halten konnten. Die Produktvielfalt der Massenmärkte und die massiven Wohlstandssteigerungen waren ab den 1980er Jahren für einen Individualisierungsschub verantwortlich, sie ermöglichen jedem Einzelnen, aus einer großen Palette an Produkten das individuell passende Produkt, Auto etc. auszusuchen.<sup>136</sup>

In England entstanden in den 1960er Jahren unzählige Systeme unter dem politischen Programm *«Industrialized Building»*, die aufgrund mangelnder Flexibilität jedoch wenig erfolgreich waren.<sup>137</sup> Der niederländische Architekt John Habraken spricht vom Unvermögen *«[...] das Unvorhergesehene einzubeziehen»*.<sup>138</sup>

Die Vorfertigung verliert im Wohnungsbau immer mehr ihre Bedeutung. Sie zieht sich auf *«gestalterisch unbedeutende, repetitive Elemente»* im Betonfertigteilebau zurück, zum Beispiel auf Kanalschächte, -rohre und Deckenelemente. Diese *«uniformen»* Teile können gut in *«hohen Stückzahlen»*

---

<sup>130</sup> Arch. Hermann Kaufmann im Gespräch am 19.07.2017 in Schwarzach (Vorarlberg).

<sup>131</sup> Vorfertigung kann in der Definition nach Testa 1972 auch vor Ort erfolgen (siehe Abbildung 7 auf S. 24). Im Holzbau ist dies aufgrund der Wasser- und Feuchteempfindlichkeit des Materials weniger sinnvoll. Es gibt allerdings Firmen, die für große Bauvorhaben leerstehende Hallen in der Nähe der Baustelle mieten und temporäre Produktionshallen einrichten. Die Vorfertigung ist dabei weniger handwerklich dominiert, da kein aufwendiger Maschinenpark zur Verfügung steht (Xavier Jaffray von XI Développement im Interview am 05.11.2015 via Skype. Interview geführt von Sonja Geier, Wolfgang Huß).

<sup>132</sup> Siehe Abbildung 5

<sup>133</sup> Behrens und Fries 1918

<sup>134</sup> Rinas 2012, S. 1

<sup>135</sup> Staib et al. 2008, S. 34

<sup>136</sup> Ewinger et al. 2016, S. 6, 12

<sup>137</sup> Staib et al. 2008, S. 35

<sup>138</sup> Habraken 2000, S. 25

produziert werden.<sup>139</sup> Industrialisierung, das «*Synonym für Fortschritt*», wird von den Architekturschaffenden in den 1970er Jahren immer mehr kritisiert.<sup>140</sup> Günter Behnisch distanziert sich 1967 vom industrialisierten Bauen: «*Architektur sollte wieder von Ort, Material und Funktion bestimmt werden*».<sup>140</sup>

Damit beginnt auch die Suche nach neuen Möglichkeiten im industriellen Bauen. Habraken beispielsweise entwirft ein Konstruktionssystem, das auf «*Trägern*» basiert und einen weitgehenden Ausbau durch die Nutzenden ermöglicht.<sup>141</sup>

Die Architektur im Siedlungsbau distanziert sich immer mehr von der Industrialisierung.<sup>142</sup> Im Gegensatz dazu ist die fortschreitende Industrialisierung in der produzierenden Industrie weiterhin einer der Treiber für die Individualisierung in der Gesellschaft.<sup>143</sup> Die Digitalisierung und das Internet der Dinge (in Analogie zur Fabrik 4.0) sorgen nun aus ihrer Sicht für den nächsten Individualisierungsschub – der Massenmarkt transformiert zum «*Customized Market*», der «*personalisierte Produkte*»<sup>144</sup> anbietet.

Im Bauwesen eröffneten sich durch die technologischen Weiterentwicklungen im vorgefertigten Holzbau neue Perspektiven.<sup>145</sup> «*Die heutigen Systeme haben nicht mehr viel mit den früheren gemein, bei denen es darum ging, möglichst viele gleiche Teile zu produzieren. Aus den zahlreichen unterschiedlichen Einflüssen und Bedingungen (Energie-, Klimatechnik, Materialeffizienz usw.) und aus den neuen technischen Möglichkeiten hinsichtlich Planung, Produktion und Montage ist nicht nur jedes ein Individuum geworden, sondern die Individualisierung setzt sich innerhalb eines Systems fort. Das Bauwerk ist zu einem komplexen Gefüge verschiedener Systeme geworden.*»<sup>146</sup>

Der vorgefertigte Holzbau agiert in diesem «*Customized Market*» bereits teilweise. Mit der Roboterfertigung sind dementsprechend ausgestattete Holzbaubetriebe in der Lage, eine «*individuelle Einzelfertigung (Mass Customization)*»<sup>147</sup> anzubieten. Rinas 2012 sieht hier, bedingt durch die leichte Verarbeitbarkeit und Materialvorteile, den vorgefertigten Holzbau als Vorreiter.<sup>148</sup>

Viele Holzbauunternehmen sind noch nicht auf diesem technologischen Stand der Roboterfertigung in Serie, dennoch bieten die heutigen Produktionsstraßen ein hohes Maß an individueller Serienfertigung. Hector Egger Holzbau ([www.hector-egger.ch](http://www.hector-egger.ch)) beispielsweise setzt in der Elementproduktion auf Multifunktionsbrücken, die eine große Anzahl an Bearbeitungsschritten digital gesteuert ausführt.<sup>149</sup> Blumer-Lehmann ([www.blumer-lehmann.ch](http://www.blumer-lehmann.ch)) setzen in der Produktion von Tragwerken unter anderem auf 5-achsige vollautomatisch gesteuerte CNC-Abbundanlagen.<sup>150</sup>

---

<sup>139</sup> Rinas 2012, S. 4

<sup>140</sup> Staib et al. 2008, S. 37

<sup>141</sup> Habraken 2000, S. 42–47

<sup>142</sup> Staib et al. 2008, S. 37

<sup>143</sup> Ewinger et al. 2016, S. 6

<sup>144</sup> Ewinger et al. 2016, S. 12

<sup>145</sup> Siehe Kapitel 2.3 ab S. 28

<sup>146</sup> Staib et al. 2008, S. 37

<sup>147</sup> Rinas 2012, S. 4

<sup>148</sup> Rinas 2012, S. 20

<sup>149</sup> <http://www.hector-egger.ch/?pageID=55&lng=de>; abgerufen am 20.04.2017, 11:27

<sup>150</sup> <http://www.blumer-lehmann.ch/holzbau/free-forms/produktion/>; abgerufen am 20.04.2017, 11:28

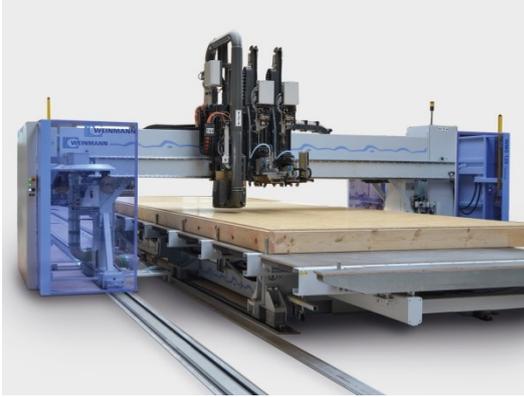


Abbildung 14: Multifunktionsbrücke WMS 150 von Weinmann. Bild: WEINMANN Holzbausystemtechnik GmbH.



Abbildung 15: 5-achsige CNC-gesteuerte Abbundanlage Lignamatic. Bild: Archiv Krüsi Maschinenbau AG.

Immer wieder wird darauf hingewiesen, dass das industrialisierte Bauen nicht mit der Massenproduktion in der Automobilindustrie verglichen werden kann. Die Automobilindustrie setzt auf eine Palette an Modellen des gleichen Typs, die in gewissen Bereichen verändert werden können (Farbe, Ausstattungsdetails etc.). In dem Sinne, dass sich der vorgefertigte Holzbau von der Automobilindustrie unterscheidet, argumentiert auch Thomas Wehrle von Erne Holzbau in seinem Vortrag am Internationalen Holzbauforum 2015 in Garmisch-Partenkirchen: *«Der Holzbau unterscheidet sich in zwei Dingen vom Automobilbau: in der Individualität und in der Stückzahl 1»*.<sup>151</sup>

Mit den Möglichkeiten, individuell auf Kundenwünsche einzugehen, bietet die Vorfertigung die Möglichkeit, die Vorteile der Industrialisierung durch die Serienfertigung auf die *«Unikatfertigung»*<sup>152</sup> eines Gebäudes zu übertragen.

## 2.5. Definition Vorfertigung und Vorfertigungsgrad

Vorfertigung ist grundsätzlich materialneutral und auch unabhängig von der Bauweise (Massivbau – Skelettbau) zu sehen.<sup>153</sup> Daher wird für die Vorfertigung folgende Definition als Grundlage für die weiteren Ausführungen zugrunde gelegt.

In der Vorfertigung werden individuelle Gebäude aus Bauteilen unterschiedlicher Art zusammengesetzt. Die Fertigung dieser Bauteile erfolgt witterungsgeschützt in der Produktionshalle durch industrielle, vernetzte Prozesse, die unter Berücksichtigung der Funktionalität und Angemessenheit hohe Wirtschaftlichkeit und Gestaltung ermöglichen.

Die Vorfertigung unterscheidet sich somit vom baustellenbezogenen Herstellungsprozess durch die Fertigung in der Halle. Die Fertigung in der Halle ist unter anderem bedingt durch die Notwendigkeit

<sup>151</sup> Thomas Wehrle 2015, S. 4

<sup>152</sup> Heidemann 2011, S. 13

<sup>153</sup> Wie in Kapitel 2.1 ab S. 22 und Kapitel 2.2 ab S. 26 erläutert.

entsprechender Hebewerkzeuge für die Produktion der zumeist großformatigen Elemente.<sup>154</sup> Der Vorteil besteht in der besseren Qualitätssicherung in der Produktion und auch in der höheren Unabhängigkeit von Wetter und Witterungseinflüssen. Mit steigendem Vorfertigungsgrad sinken die Arbeiten für das Zusammensetzen der Bauteile und die notwendigen Komplettierungsarbeiten vor Ort.

Staub et al. 2008 definieren den Vorfertigungsgrad, bezogen auf das Gebäude, «als das Verhältnis von vorgefertigter Bauleistung zur gesamten Bauleistung».<sup>155</sup> Sie spezifizieren auch den Vorfertigungsgrad für unterschiedliche Bauweisen oder Bauvorhaben, wie in Tabelle 1 exemplarisch angeführt.

Tabelle 1: Beispiele für unterschiedliche Vorfertigungsgrade. Staub et al. 2008, S. 40, Tabelle B2

Bauweise/Bauvorhaben/Bauverfahren	Vorfertigungsgrad
Rationalisierter Wohnungsbau	25-35 %
Industrialisierte Baustellenverfahren	20-30 %
Marktüblicher Fertigbau (Stahlbeton, Stahl, Holz)	40-60 %
Fertighäuser (Holzgrosstafeln)	50-80 %
Raumzellen, Sanitärzellen (Stahlbeton, Stahl, Holz)	60-90 %
Mobile Raumzellen (Stahl, Holz), Container	95-100 %
Pkw-Fertigung (im Vergleich)	100 %

Der rationalisierte Wohnungsbau hat einen nicht sehr hohen Vorfertigungsgrad (25-35 Prozent). Die serienmäßige Herstellung von Bauelementen für Tragsysteme (wie zum Beispiel die Großtafelbauweise in Stahlbeton) ermöglichte eine schnelle Montage vor Ort. Die erforderlichen Hebewerkzeuge für die schweren Betonteile können durch die Größe der Bauvorhaben (im Massenwohnungsbau) wirtschaftlich eingesetzt werden konnten.<sup>156</sup> Ausbau oder fertige Oberflächen sind in dieser Bauweise noch nicht inkludiert.

Mit dem sukzessiven Wandel durch neue Baumaschinen und Werkzeuge änderte sich historisch auch der Baubetrieb vor Ort. Allein der Ersatz handwerklicher Methoden vor Ort reichte nicht aus, um den Vorfertigungsgrad signifikant zu erhöhen (20-30 Prozent).<sup>157</sup>

Erst in Kombination mit in Serie gefertigten Bauelementen, die auf eine einfache Fügung vor Ort ausgerichtet sind, können der Aufwand vor Ort und damit der Vorfertigungsgrad erhöht werden (40-60 Prozent). Hier hat sich bis heute eine Vielzahl an unterschiedlichen Systemen weiterentwickelt (in Stahlbeton, Stahl oder auch Holz).

<sup>154</sup> Stellungnahme Arch. Hermann Kaufmann im E-Mail vom 17.11.2017.

<sup>155</sup> Staub et al. 2008, S. 41

<sup>156</sup> Staub et al. 2008, S. 120

<sup>157</sup> Zur Zeit des Beginns der Industrialisierung

Mit dem Einbau von Fenstern und nahezu fertigen Oberflächen kann, wie es bei Fertigteilhäusern im Einfamilienhausbereich<sup>158</sup> schon von früh praktiziert wurde, bereits ein Vorfertigungsgrad von bis 80 Prozent erreicht werden.

Mit Raumzellen steigt der Vorfertigungsgrad auf bis zu 90 Prozent. Die räumliche Fügung der Tafelbauweise zur Zelle mit fertigen Oberflächen und gegebenenfalls Fußböden sowie die Integration von Fenstern, Türen und auch gebäudetechnischen Komponenten reduzieren die Ausbaurbeiten vor Ort. Einige Architekturbüros und Holzbauunternehmen haben sich im Raumzellenbau bereits betätigt, Erfahrungen gesammelt und neue Geschäftsfelder erschlossen. Als Beispiel kann der Zubau des Hotels Post in Bezau genannt werden. Der Hotelzubau wurde im Jahr 1998 in nur 4 Monaten Bauzeit umgesetzt. Dies war nur durch die komplette Vorfertigung inklusive der Inneneinrichtung möglich.<sup>159</sup>

Mobile Raumzellen oder auch Containergebäude basieren auf Raumzellen, die für temporäre Nutzungen eingesetzt werden. Der Vorfertigungsgrad ist abhängig von der Notwendigkeit der Vorbereitung des Untergrundes, der Fügung zu größeren Einheiten vor Ort und der Ausstattung. In Form von Stahl sind Baustellencontainer seit Langem bekannt und werden mittlerweile auch als Ausweichräumlichkeiten bei Sanierungen oder Umbauten (von Schulen, Büros) verwendet oder auch aktuell als Flüchtlingsunterkünfte.<sup>160</sup>

Die Übersicht in Tabelle 1 zeigt, dass es im Bauwesen (im Vergleich zur Automobilindustrie) die nahezu 100-prozentige Vorfertigung im Sinne der zuvor angeführten Diskussion nicht real geben kann. Nur bei mobilen Raumzellen gibt es die Möglichkeit ohne Vor- oder Nachbereitung vor Ort vorzufertigen.

Für den vorgefertigten Holzbau wurden im Zuge der Analyse der leanWOOD-Fallbeispiele fünf Stufen identifiziert, die die Höhe des Vorfertigungsgrades definieren (siehe Abbildung 16).

<b>Sehr gering</b>	Sehr geringer Vorfertigungsgrad, der einen hohen Aufwand vor Ort verursacht, wie Stabelemente oder Kleinstmodule mit einseitiger Beplankung.
<b>Gering</b>	Geringer Vorfertigungsgrad, der Komplettierungsarbeiten vor Ort benötigt. Die Flächen- oder Raumelemente sind Rohbauelemente mit einseitiger Beplankung.
<b>Durchschnittlich</b>	Durchschnittlicher Vorfertigungsgrad durch geschlossene Flächenelemente, die beidseitig beplankt geliefert werden und geringfügiger Komplettierungsarbeiten vor Ort bedürfen.
<b>Hoch</b>	Hoher Vorfertigungsgrad mit geschlossenen Flächenelementen, die beidseitig beplankt (mit fertigen Oberflächen) geliefert werden und Einbauteile oder Installationsführungen beinhalten.
<b>Sehr hoch</b>	Sehr hoher Vorfertigungsgrad durch Raumzellenbauweise mit geschlossenen Elementen, die Einbauteile, Installationsführungen, fertige Oberflächen und Fußbodenaufbauten sowie die Inneneinrichtung enthalten.

*Abbildung 16: Einteilung Vorfertigungsgrade im Projekt leanWOOD.  
Die Einteilung wurde anhand der analysierten Fallbeispiele vorgenommen. Quelle: Geier et al. 2017c, S. 8–10.*

<sup>158</sup> Siehe auch Kapitel 2.1

<sup>159</sup> <http://www.mkp-ing.com/projekte/wohnen-buro-hotel/hotel-post-zubau-bezau-a>; Abgefragt am 17.11.2017, 10:00

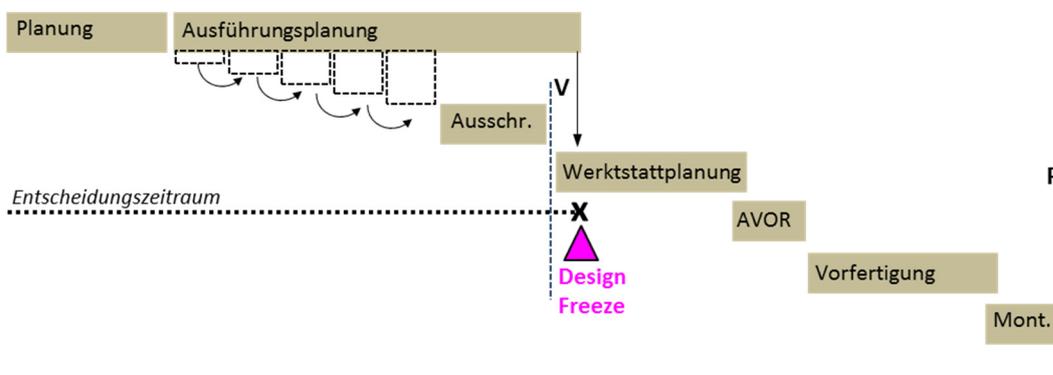
<sup>160</sup> Dazu wurden zum Beispiel im Prolog I – Architektur-Forum am 22. Internationalen Holzbau-Forum IHF 2016 Projekte aus Vorarlberg und Hannover vorgestellt.

## 2.6. Merkmale von vorgefertigten Bauweisen

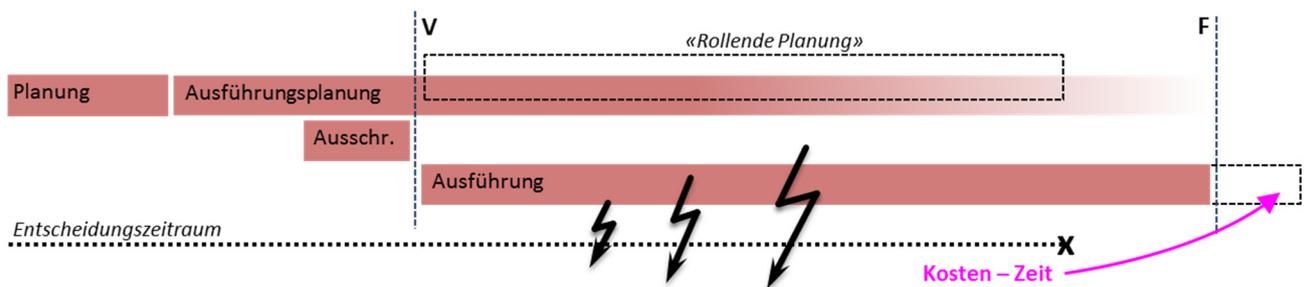
Krieg 2015 spricht von einem «Paradigmenwechsel» beim Bauen durch computerbasierte Prozesse, der vom Entwurf über die Planung bis hin zum Bauen selbst stattfinden muss. Konkret spricht er dabei den bisher «strikt hierarchisch gegliederten Entwurfsprozess an». Zukünftig müssen seiner Einschätzung nach die unterschiedlichen Disziplinen viel früher in der Planung verknüpft werden.<sup>161</sup>

Kolb 2010<sup>162</sup> stellt den heutigen Holzbau der herkömmlichen Vorgehensweise im Mauerwerks- und Betonbau gegenüber. Dabei erläutert er die Verlagerung der zeitlichen Abläufe im Planungs- und Ausführungsprozess: Leistungen, die beim Bauen mit niedrigeren Vorfertigungsgraden erst in der Ausführungsphase notwendig sind, müssen beim vorgefertigten Bauen spätestens in den Anfängen der Produktionsplanung stattfinden.

### Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden



### Konventioneller Massivbau mit niedrigeren Vorfertigungsgraden



- Ausschr. Ausschreibung
- V Vergabe
- AVOR Arbeitsvorbereitung
- Mont. Montage
- F Fertigstellung

Abbildung 17: Gegenüberstellung der Planungs- und Bauphasen bei hohen und niedrigen Vorfertigungsgraden.

<sup>161</sup> Krieg 2015, S. 3

<sup>162</sup> Kolb 2010, S. 25

Zöllig 2016 erläutert, dass beim Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden eine strukturierte Detaillierung in der Planung stattfinden muss («vom Groben ins Feine»)<sup>163</sup>. Auf Basis architektonischer und technischer Konzepte findet in der Ausführungsplanung schrittweise die weitere architektonische Detaillierung in Bezug auf die architektonische Definition und konstruktive Ausbildung statt. Daraus resultiert aber die Anforderung der stufenweisen Planung. Entscheidungsfenster müssen für die Detaillierung in der nächsten Stufe früher «geschlossen»<sup>163</sup> werden. Der Entscheidungszeitraum endet beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden aber früher als beim konventionellen Bauen. Hier ist die Option zur Anpassung von Details (durch die rollende Planung) oft noch gegeben, allerdings selten kostenneutral: Entweder fallen dabei Regieleistungen an, oder Alternativen und Möglichkeitsräume müssen über sehr lange Zeit in Planungs- und Ausführungsphasen mitgezogen werden und resultieren in suboptimalen Lösungen.

Ein wesentlicher Meilenstein im Zuge der Produktionsplanung für die Vorfertigung ist der sogenannte «Design Freeze»<sup>164</sup>. Nach diesem Zeitpunkt finden nur mehr die technischen Detaillierungen statt. Änderungen, die beschlossene Entscheidungen betreffen, können nicht mehr kostenneutral durchgeführt werden und verursachen einen verzögerten Vorfertigungsbeginn.

In der Praxis wird von holzbauerfahrenen Architekturbüros oder durch den Einbezug eines Holzbauingenieurbüros oft auch eine Detaillierung des technischen Konzeptes in den frühen Planungsphasen (vor Ausschreibung und Vergabe) durchgeführt. Damit wird ein noch größerer Teil der technischen Detaillierung in diesen frühen Planungsphasen transferiert. Wenn das Know-how entsprechend gegeben ist, bietet diese Vorgehensweise große Vorteile, weil die Ausführungsqualität bereits sehr detailliert festgelegt ist. Sie birgt aber auch das Risiko der Doppelplanung. Das Architekturdetail muss durch das Holzbauunternehmen zumeist im Zuge der Produktionsplanung nochmals gezeichnet werden, um Bauteile, Verbindungsmittel, Einbauteile oder dergleichen für die Produktion zu definieren.

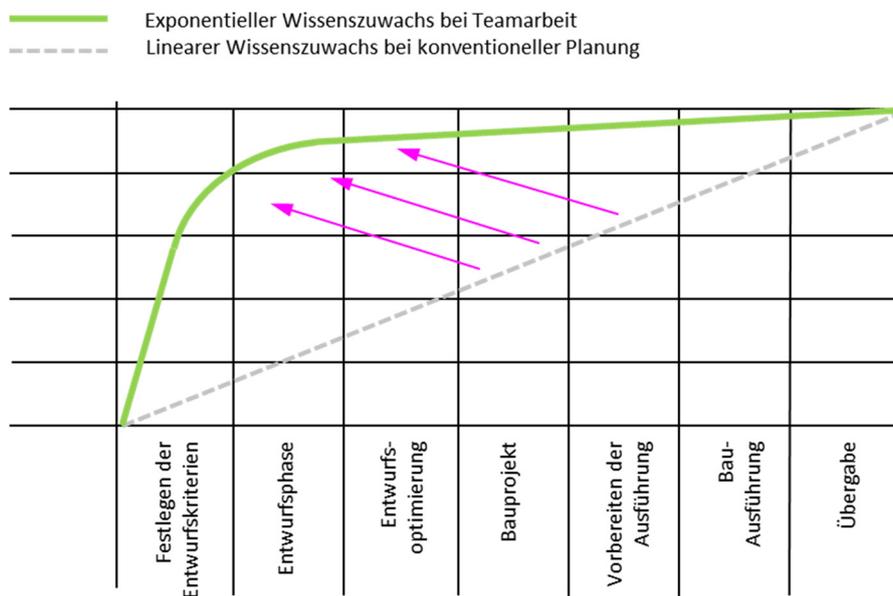


Abbildung 18: Wissenzuwachs in der Planung. Eigene Darstellung nach Kolb 2010, S. 27. (Ergänzung Phase Bauprojekt und Visualisierung der Entwicklungsrichtung bei hohen Vorfertigungsgraden).

<sup>163</sup> Zöllig 2016

<sup>164</sup> Lattke et al. 2013, S. 25; Geier 2017, S. 51

Auch Schankula 2012 erläutert die Herausforderung für vorgefertigtes Bauen mit Holz: Hohe Vorfertigungsgrade benötigen höhere Planungsdisziplin und -kontrolle. Kolb 2010 vergleicht in dem Zusammenhang den Wissenszuwachs bei unterschiedlichen Planungsdisziplinen (siehe Abbildung 18).

Elemente, die auf die Baustelle geliefert werden, sind nicht mehr veränder- oder anpassbar. Deren Detaillierung muss vor der Produktion abgeschlossen sein. Diese Leistungsverschiebung ist Abbildung 17 abgebildet. Der notwendige höhere Detaillierungsgrad, der durch einen höheren Wissensstand in einer früheren Phase gegeben ist, wird in Abbildung 18 illustriert.

Ungewohnt für Architekturbüros ist auch die Verlagerung der Bauüberwachung von der Baustelle in das Büro durch die Notwendigkeit der Planprüfung und -freigabe der Werkstattplanung.<sup>165</sup> Damit verschieben sich Leistungen aus der ursprünglichen Bauphase in die Zeit vor der Produktion. «Die Leistungen beim vorgefertigten Bauen mit Holz verschieben sich in frühere Projektphasen», bekräftigt auch Odilo Schoch in seinem Vortrag auf der Swissbau 2016<sup>166</sup>.

Die Unterschiede zwischen Bauweisen mit hohen und niedrigen Vorfertigungsgraden werden in Tabelle 2 detailliert gelistet.

Tabelle 2: Gegenüberstellung von Planungscharakteristiken bei unterschiedlichen Vorfertigungsgraden

Hoher Vorfertigungsgrad		Niedriger Vorfertigungsgrad	
	Strukturierte Detaillierung des Planungsfortschrittes Lösungsentwicklung (vom «Groben ins Feine»)		«Rollende» Planung, die oftmals baubegleitend Detaillierungen nach deren Ausführung dokumentarisch erfasst
	Entscheidungsfindung stufenweise bis zum «Design Freeze»		Entscheidungsfreiräume bleiben in Teilbereichen ggfs. bis zur Ausführung vor Ort offen
	Hohe Fachkompetenz in Bezug auf technische Detaillierung, produktionstechnische Umsetzung und Logistik in früheren Projektphasen		Detailentscheidungen können teilweise auch noch vor Ort auf der Baustelle getroffen werden.
	Hoher Kommunikations- und Koordinationsaufwand zwischen allen an der Planung und Ausführung Beteiligten		Kommunikation und Koordination beziehen sich auf Schnittstellen zwischen den einzelnen Gewerken.

Die Gegenüberstellung zeigt sehr hohe Anforderungen an die Planung und Ausführung von vorgefertigten Bauweisen im Allgemeinen, was auch zu einem höheren Planungsaufwand in früheren Projektphasen führt (Leistungsverschiebung).

Die Vorteile von Bauweisen mit niedrigeren Vorfertigungsgraden sind die Entscheidungsfreiräume, die länger offenbleiben können, und der niedrigere Aufwand hinsichtlich der Koordination einer Vielzahl an Beteiligten in frühen Projektphasen.

Demgegenüber stehen die Vorteile der Vorfertigung. Dies ist zum Beispiel die kürzere Bauzeit insgesamt und insbesondere vor Ort, die zu reduzierten Belastungen beim Bauen im urbanen Raum führen; oder auch die verbesserte Qualitätssicherung durch die Produktion unter kontrollierten Bedingungen in der Fabrik.

<sup>165</sup> Schankula 2012, S. 665

<sup>166</sup> Vortrag Dr. Odilo Schoch auf der Fokusveranstaltung «leanWOOD» am 13.01.2016 an der Swissbau in Basel unter dem Titel «Verlagerte Architektenleistungen – Risiken und Mehrwerte?»

### 3. Situationsanalyse

#### 3.1. Analyse der leanWOOD-Fallbeispiele

##### 3.1.1. Fallbeispiele leanWOOD in der Übersicht<sup>167</sup>

Neubau Wohn- und Gewerbesiedlung Kalkbreite Zürich		Fertigstellung 2014
	<p>Nutzung: Wohnen und Gewerbe Geschossfläche: 22.903 m<sup>2</sup></p> <p>Konstruktion: Hybridbau mit Außenwänden als selbsttragende Holzrahmenbauelemente Zeitrahen Gesamtprojekt: 72 Monate Montage Holzbau: 6 Monate Bauzeit gesamt: 31 Monate</p> <p>Quelle: Geier und Keikut (2017b), S. 40-45 Bild: Müller Sigrist Architekten; Visualisierung raumgleiter GmbH</p>	<p>Architektur: Müller Sigrist Architekten</p> <p>Bauträgerschaft: Genossenschaft Kalkbreite</p> <p>Holzbauingenieurbüro: Makiol Wiederkehr AG</p> <p>Holzbauunternehmen: Baltensperger AG Holzbau</p>
Aufstockung Wohn- und Gewerbehaus rauti-huus Zürich		Fertigstellung 2015
	<p>Nutzung: Wohnen und Gewerbe Geschossfläche: 6.754 m<sup>2</sup></p> <p>Konstruktion: Wände und Decken Holzelementbau, Wohnungstrennwände Brettschichtholz BSH mit Vorsatzschale Zeitrahen Gesamtprojekt: 58 Monate Montage Holzbau: 1 Monat Bauzeit gesamt: 16.5 Monate</p> <p>Quelle: Geier und Keikut (2017b), S. 22-27 Visualisierung: spillmann echsle architekten</p>	<p>Architektur: spillmann echsle architekten</p> <p>Bauherrschaft: Zurimo "B" Immobilien AG</p> <p>Holzbauingenieurbüro: Timbatec Ingenieure f. Holzbau AG</p> <p>Holzbauunternehmen: Zehnder Holzbau AG</p>
Neubau Apartmenthäuser Ual da Flex Savognin		Fertigstellung 2014
	<p>Nutzung: Wohnen Geschossfläche: 2.621 m<sup>2</sup></p> <p>Konstruktion: Hybridbau mit Stahlbeton-Treppenkern, Wänden in Holzrahmenbau und Holzbetonverbunddecken, Flachdach als Kastenelementdecke ausgeführt. Zeitrahen Gesamtprojekt: 46 Monate Montage Holzbau: 4 Monate Bauzeit gesamt: 19 Monate</p> <p>Quelle: Geier und Keikut (2017b), S. 34-39 Bild: Uffer Holzbau AG</p>	<p>Architektur: Nüesch und Partner Architekten</p> <p>Bauherrschaft: Ual da Flex AG</p> <p>Holzbauplanung: Uffer AG</p> <p>Holzbauunternehmen: Uffer Holzbau AG</p>

<sup>167</sup> Die Tabelle der Fallbeispiele ist eine Zusammenfassung der Informationen und Daten aus der Dokumentation des leanWOOD Final Reports (Geier et al. 2017c) und der Dokumentation der Schweizer Fallbeispiele (Geier und Keikut 2017b).

<b>Neubau Mehrfamilienwohnhäuser Brüggliacker Zürich</b>		Fertigstellung 2014
	<p>Nutzung: Wohnen Geschossfläche: 13.367 m<sup>2</sup></p> <p>Konstruktion: Hybridbau mit tragenden Außenwänden in Holzrahmenbau und integrierten Brettschichtholz-Stützen</p> <p>Zeitrahen Gesamtprojekt: 69 Monate Montage Holzbau: 21 Monate Bauzeit gesamt: 32 Monate</p> <p>Quelle: Geier und Keikut (2017b), S. 28-33 Bild: Roland Bernath</p>	<p>Architektur: BS+EMI Architekten-partner AG</p> <p>Bauherrschaft: BAHOGE Wohnbaugenossenschaft</p> <p>Holzbauingenieurbüro: Timbatec Ingenieure f. Holzbau AG</p> <p>Holzbauunternehmen: Baltensperger AG Holzbau</p>
<b>Aufstockung Mehrfamilienhaus Saumackerstrasse Zürich</b>		Fertigstellung 2015
	<p>Nutzung: Mehrfamilienwohnhaus Geschossfläche: 3.210 m<sup>2</sup></p> <p>Konstruktion: Dachkonstruktion in Elementbauweise mit Hohlkastenelementen</p> <p>Zeitrahen Gesamtprojekt: 45 Monate Montage Holzbau: 3 Monate Bauzeit gesamt: 7 Monate</p> <p>Quelle: Geier und Keikut (2017b), S. 10-15 Bild: kämpfen für architektur ag, Fotograf: R. Rötheli</p>	<p>Architektur: kämpfen für architektur ag</p> <p>Bauherrschaft: Stiftung PWG</p> <p>Holzbauingenieurbüro: Timbatec Ingenieure f. Holzbau AG</p> <p>Holzbauunternehmen: Holzbau Artho AG Burch Holzbautechnik AG</p>
<b>Umnutzung und Aufstockung Station 595 Zürich</b>		Fertigstellung 2014
	<p>Nutzung: Mehrfamilienwohnhaus Geschossfläche: 7.950 m<sup>2</sup></p> <p>Konstruktion: Aufstockung in Holzrahmenbau, Hohlkastendecke</p> <p>Zeitrahen Gesamtprojekt: 50 Monate Montage Holzbau: 1 + 4 Monate Bauzeit gesamt: 14 Monate</p> <p>Quelle: Geier und Keikut (2017b), S. 16-21 Bild: Guagliardi Ruoss dipl. arch. eth swb</p>	<p>Architektur: Guagliardi Ruoss dipl. arch. eth swb</p> <p>Bauherrschaft: Mobimo AG</p> <p>Holzbauingenieurbüro: Makiol Wiederkehr AG</p> <p>Holzbauunternehmen: Hector Egger Holzbau AG</p>

Die Fallbeispiele Sanierung und Aufstockung Mehrfamilienwohnhaus Salvatorstrasse und Sanierung Mehrfamilienwohnhaus Birmensdorferstrasse wurden im Projekt leanWOOD in der gleichen Art und Weise, wie die anderen Fallbeispiele analysiert und ausgewertet. Sie sind in der leanWOOD-Broschüre zu den Fallbeispielen und auch im leanWOOD Final Report nicht erfasst, da es sich um Projekte handelt, deren Fertigstellungsdatum schon länger zurückliegt. Mit der Sanierung der Saumackerstrasse steht ein vergleichbares Projekt aktuellen Datums zur Verfügung.

### 3.1.2. Auswertung in der Kriterienmatrix<sup>168</sup>

Eine Summe von 30 organisatorischen und technischen Herausforderungen wurde in der Auswertung der Interviews zu den Fallbeispielen identifiziert, die als Kriterien gelistet werden. Zur besseren Übersicht wurden diese in vier Kategorien unterteilt (siehe Tabelle 3).

Anforderungen	Konfektionierung	Konstruktion	Prozess
Größenordnung	Kontext	Primäres Tragsystem	Erfahrung
Kostenrahmen	Geometrie	Sekundäres Tragsystem	Terminplan
Energiestandard	Standardisierung	Lastabtragung	Koordination
Brandschutz	Vorfertigungsgrad	Spannweiten	Qualitätsmanagement
Schallschutz	Systemtrennung	Aussteifung	Planungsmanagement
Gebäudetechnik	Elementgrößen	Oberflächen	Vernetzte Planung
Gebäudehöhen	Öffnungen	Integration	Datenaustausch
Baustelle		Verbindungen	

*Tabelle 3: Übersicht Kriterien in Bezug auf technische und organisatorische Herausforderungen im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden. Quelle: leanWOOD (siehe Fußnote).*

Zusätzlich wurde jedes der Kriterien in Bezug auf den jeweils verbundenen Schwierigkeitsgrad klassifiziert und die Ausprägung in jedem Schwierigkeitsgrad definiert.

Schwierigkeitsgrad der Herausforderung	
1	Sehr gering
2	Gering
3	Durchschnittlich
4	Hoch
5	Sehr hoch

*Tabelle 4: Kategorisierung der Kriterien nach Schwierigkeitsgraden*

Für die Auswertung wurde eine grafische Darstellung mit vier Spinnendiagrammen (je Kategorie ein Diagramm) erarbeitet. Exemplarisch sind zwei der Fallbeispiele in Abbildung 19 und Abbildung 20 dargestellt.

<sup>168</sup> Quellen: Geier und Huß 2016; Geier 2016d; Geier et al. 2017a, S. 67–69 (Kriterienmatrix im Allgemeinen). In Geier und Huß 2016 wird die Auswertung mittels Kriterienmatrix von drei Fallstudien (Kalkbreite, Ual da Flex und Europäische Schule) im Detail vorgestellt. In Geier 2016d werden in Kapitel 4.1 die Methodik der Analyse, die grundlegenden Erkenntnisse und die visuelle Darstellung anhand von vier Spinnendiagrammen erläutert. Weitere Veröffentlichungen in: Geier und Keikut 2017b, S. 8–9; Geier 2017, S. 45–47.

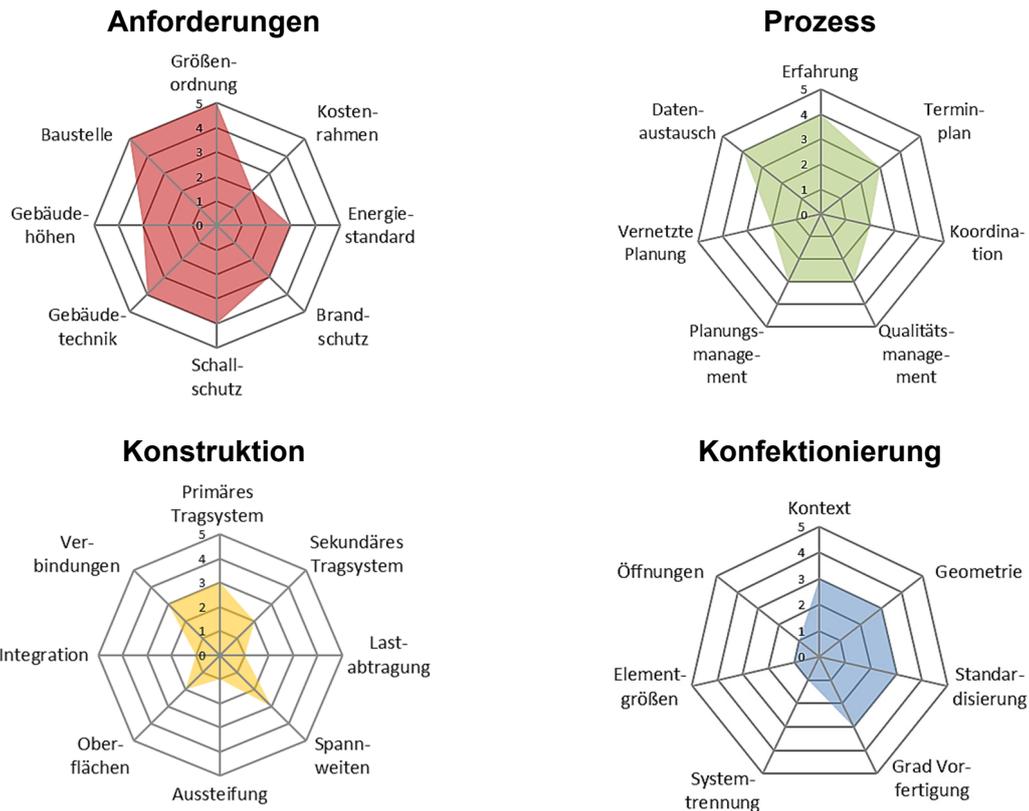


Abbildung 19: Evaluierung Wohn- und Gewerbesiedlung Kalkbreite in Zürich. Quelle: Geier 2016 d, S. 11, Geier und Keikut 2017b, S. 40–45.

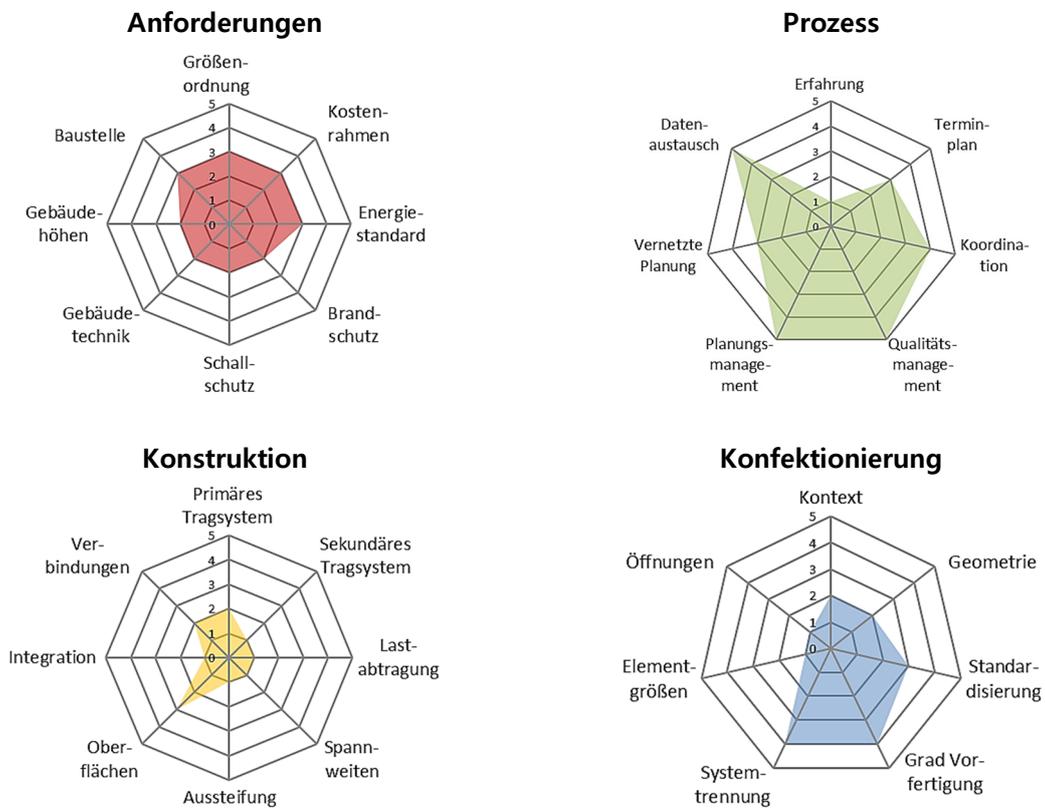


Abbildung 20: Evaluierung MFH Saumackerstrasse in Zürich. Quelle: Geier 2016 d, S. 11, Geier und Keikut 2017b, S. 10–15.

Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen, dass in der Kategorie «Prozess» die interviewten Akteure hohe Herausforderungen sahen.<sup>169</sup> Die Ergebnisse in der Kategorie «Anforderungen» zeigen auch große Herausforderungen. Diese waren zumeist durch den Kontext oder den Bauherren gegeben und nicht «*verhandelbar*».<sup>170</sup> Zum Beispiel waren diese Herausforderungen in der Kalkbreite in Zürich durch den städtebaulichen Kontext (die innerstädtische Lage in einem hoch frequentiertem Verkehrsknotenpunkt), die Größenordnung des Projektes und den erforderlichen Brand- und Schallschutz durch die Nutzung gegeben.<sup>171</sup>

Man sieht in Abbildung 19 und Abbildung 20, dass auf die hohen Anforderungen aber mit «einfacher» Konfektionierung (blaue Spinnendiagramme mit niedrigen Schwierigkeitsbewertungen) und «sehr einfacher» Konstruktion (gelbe Spinnendiagramme mit ebenfalls niedrigen Schwierigkeitsbewertungen) seitens der Projektteams reagiert wurde. Die Schwierigkeiten konnten also durch geeignete Strategien in der technisch-konstruktiven Umsetzung gemeistert werden.

Die Auswertungen dieser beiden ausgewählten und aller weiteren schweizerischen und deutschen Fallbeispiele sind im leanWOOD Final Report<sup>172</sup> nachzulesen. In allen sieht man die ähnlichen Muster, wie sie oben beschrieben wurden: Die Schwierigkeitsgrade liegen jeweils in der Kategorie «Prozess» und nicht in der Konfektionierung oder der Konstruktion.

Daher wurde die Kategorie «Prozess» im Rahmen dieser Arbeit genauer untersucht. Dazu ist die detaillierte Beschreibung der sieben Kriterien in der Kategorie «Prozess» in Tabelle 5 aufgeführt.

*Tabelle 5: Übersicht Kriterien zur Bewertung der Schwierigkeiten in der Kategorie «Prozess».*  
*Quelle: Geier et al. 2017c.*

<b>Erfahrung</b>	Anzahl der beteiligten Planenden, die in mind. 3 Referenzprojekten bereits großvolumigen, vorgefertigten Holzbau umgesetzt haben.
<b>Terminplan</b>	Spielraum in den Terminplänen, um entweder unvorhergesehene Ereignisse aufzunehmen oder wegen des Bedarfs an besonderen Maßnahmen für die fristgerechte Umsetzung
<b>Koordination</b>	Gemeinsame zentrale Koordinationsstelle in Bezug auf Planung und Ausführung, Moderation Entscheidungsfindung und Schnittstellenmanagement
<b>Qualitätsmanagement</b>	Systematisches projektbezogenes Qualitätsmanagement und entsprechende Qualitätssicherung in den Betrieben der relevanten Planenden und Unternehmen (Architektur-, Holzbauingenieur- und Gebäudetechnikplanungsbüro, Bau- und Holzbauunternehmen)
<b>Planungsmanagement</b>	Projektbezogenes Planungsmanagement mit Planlieferprogramm, Vereinbarung der Planungssequenzen, Definition von Verantwortlichkeiten
<b>Vernetzte Planung</b>	Kooperative Konzeption der Planung ab früheren oder späteren Projektphasen
<b>Datenaustausch</b>	Daten- und Informationsaustausch über getrennte CAD-Systeme, Nutzung gemeinsamer Projektserver für Ablage oder Zusammenarbeit

Für diese Auswertung wurden alle acht schweizerischen Fallbeispiele und sechs deutsche Fallbeispiele überlagert. Diese Überlagerung ist in Abbildung 21 dargestellt.

<sup>169</sup> Geier 2016d, S. 11; Geier und Huß 2016, 4.1

<sup>170</sup> Als «verhandelbare» Anforderungen werden Entscheidungsspielräume des Auftraggebers bezeichnet, die einen Ermessensspielraum für die Höhe der Anforderung bieten. Dies können Ausstattungsstandards oder gebäudetechnische Ausrüstungen über das (gesetzlich) erforderliche Ausmaß sein.

<sup>171</sup> Geier et al. 2017c, S. 10–13

<sup>172</sup> Geier et al. 2017c

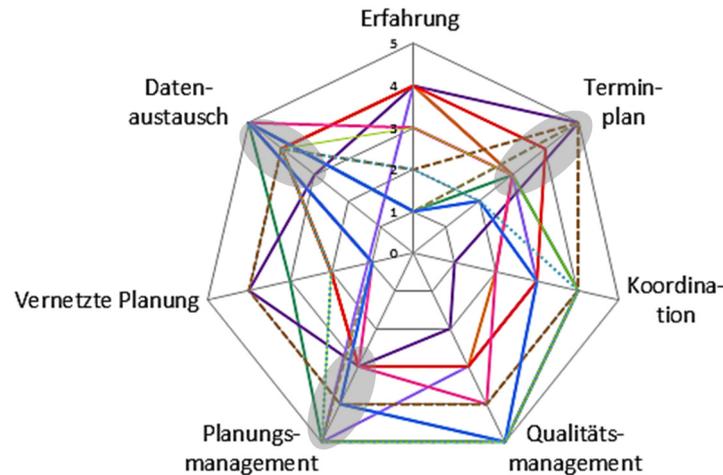


Abbildung 21: Überlagerung der Auswertung der leanWOOD-Fallbeispiele. Datenquelle: Geier et al. 2017c, eigene Auswertung.

Die Auswertung in Abbildung 21 zeigt zwar keine eindeutigen Spitzen on den Schwierigkeitsgraden einzelner Kriterien, aber es sind Tendenzen sichtbar: In den Kriterien «Terminplan», «Datenaustausch» und «Planungsmanagement» sind die Schwierigkeitsgrade tendenziell höher (3-5). Im Kriterium «Erfahrung» hingegen sind die Schwierigkeitsgrade tendenziell niedriger (1-4).

Zusammenfassend muss nach Auswertung der Spinnendiagramme festgestellt werden: Höhere Schwierigkeitsgrade wurden in den analysierten leanWOOD-Projekten nicht in der Kategorie «Konstruktion» oder in der Kategorie «Konfektionierung» identifiziert, sondern in der Kategorie «Prozess». Somit lag die große Herausforderung in der Projektabwicklung und nicht in der (Holzbau-) Konstruktion.<sup>173</sup>

### 3.1.3. Auswertung des Aufwands im Planungsprozess<sup>174</sup>

Im Zuge der Auswertung des Planungsaufwandes im Projekt leanWOOD wurden folgende Disziplinen phasenweise erhoben und ausgewertet.

- › Architekturbüro
- › Holzbauingenieurbüro
- › Wenn vorhanden: Baumanagement, Generalunternehmen

Der Stundenaufwand, der in der aktuellen SIA 102:2014 für Architektenleistungen empfohlen wird, wurde dem tatsächlichen Stundenaufwand gegenübergestellt. Die Darstellung erfolgte aufgrund des Datenschutzes anonymisiert.

<sup>173</sup> Geier 2016d, S. 11; Geier und Huß 2016, 4.1

<sup>174</sup> Das folgende Kapitel basiert auf Informationen aus:

- › *leanWOOD Final Report*, insbesondere Geier et al. 2017a und Geier et al. 2017c
- › Geier und Huß 2016, sowie Geier 2016d

Stunden

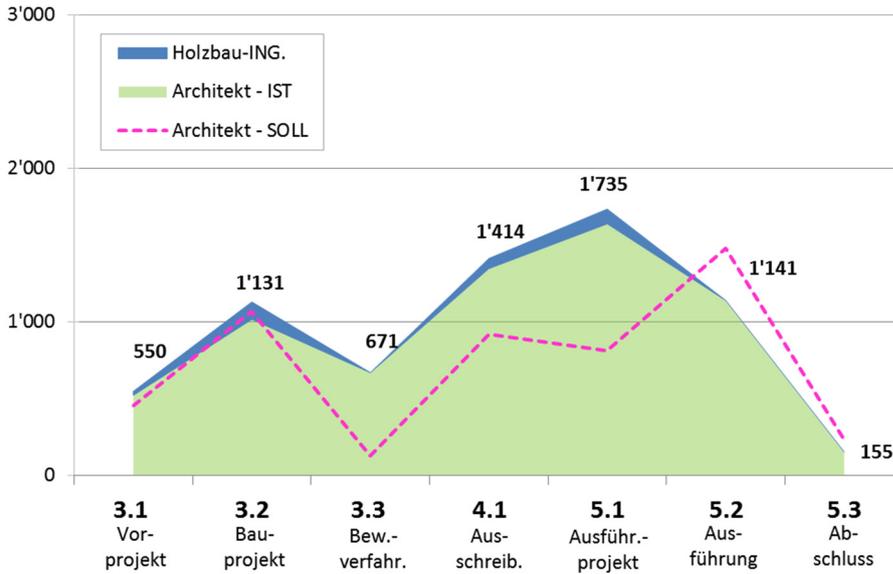


Diagramm 1:

Stundenauswertung nach den SIA-Phasen einer Sanierung und

Aufstockung. Quelle: lean-WOOD; interner Arbeitsbericht<sup>175</sup>.

Stunden

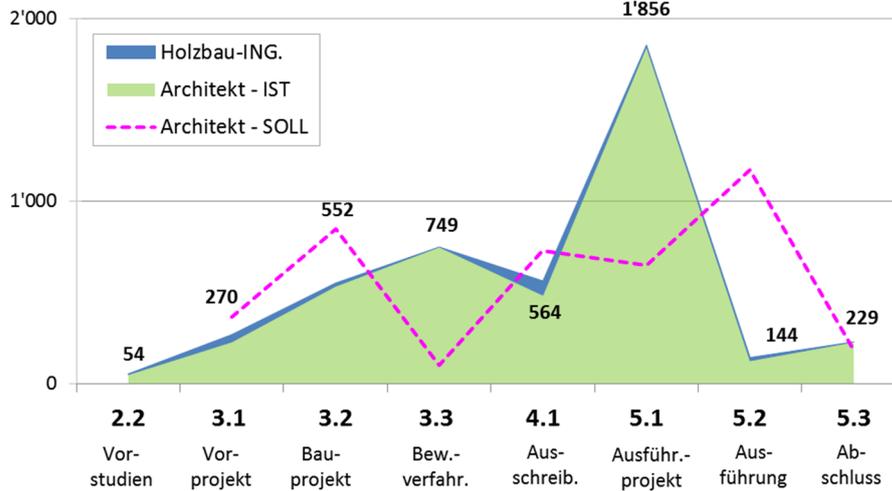


Diagramm 2:

Stundenauswertung nach den SIA-Phasen einer Sanierung und

Aufstockung. Quelle: lean-WOOD; interner Arbeitsbericht<sup>175</sup>.

Stunden

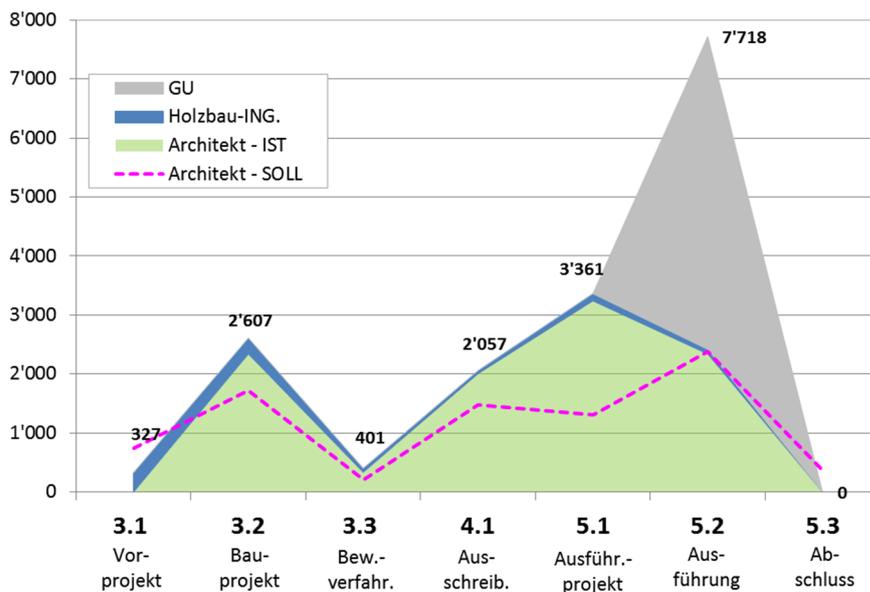


Diagramm 3:

Stundenauswertung nach den SIA-Phasen einer Sanierung und

Aufstockung. Quelle: lean-WOOD; interner Arbeitsbericht<sup>175</sup>.

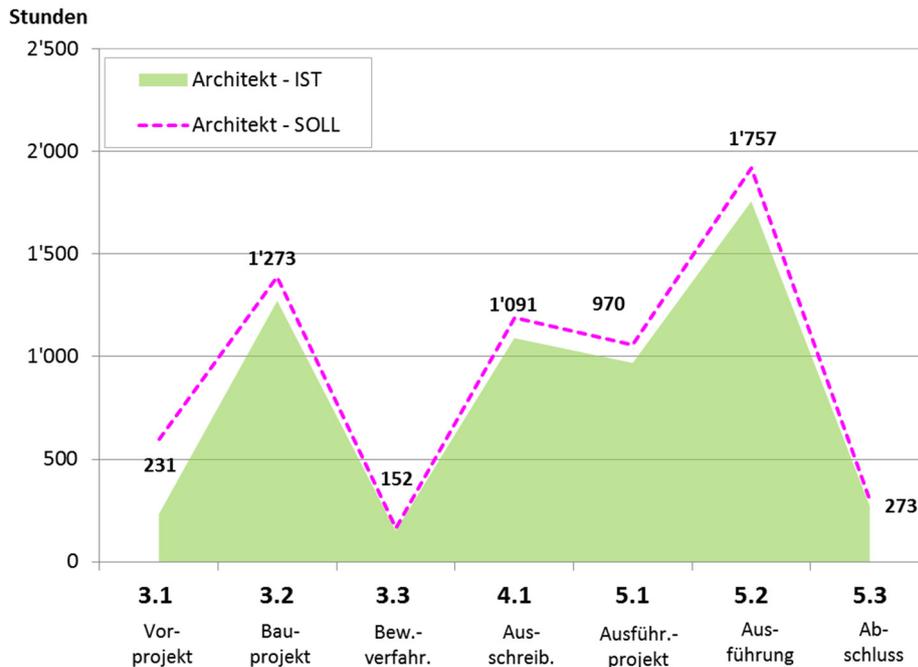


Diagramm 4:

Stundenauswertung nach den SIA-Phasen eines Neubaus.

Quelle: leanWOOD; interner Arbeitsbericht<sup>175</sup>.

In Diagramm 1 bis Diagramm 3 zeigt sich ein Muster, das in der Auswertung aller anderen Projekte, ausgenommen das Projekt in Diagramm 4, zu beobachten ist. In den frühen Planungsphasen vor der Baubewilligung ist der Planungsaufwand sehr gering und entspricht im Großen und Ganzen dem von der SIA empfohlenen Aufwand für Architekt/innen. Der Aufwand nach der Baubewilligung im Zuge der detaillierten technischen Planung (für die Ausschreibungspläne in SIA Phase 4.1 und das Ausführungsprojekt in Phase SIA 5.1) überschreitet diese Empfehlung bei Weitem.<sup>175</sup>

Der Aufwand in SIA-Phase 5.2 Ausführung ist in Diagramm 1 und Diagramm 2 unter dem empfohlenen Wert. Diagramm 3 muss differenziert betrachtet werden. Der ausgewiesene Aufwand des Generalunternehmens in SIA Phase 5.1 bis 5.2 muss zum größten Teil als Aufwand gesehen werden, der üblicherweise von Architekt/innen erledigt wird, wenn diese die Gesamtleitung des Projektes innehaben.<sup>175</sup>

Diagramm 4 zeigt einen Projektaufwand, der in jeder Phase unter den empfohlenen Werten liegt.<sup>175</sup> Dies ist auf die enge Kooperation zwischen dem Architekturbüro und dem Holzbauunternehmen in der Phase des Bauprojektes und der Ausführungsplanung zurückzuführen. Es wurden die bewährten Details des Unternehmens dem Architekturbüro in den ersten Planungsphasen des Bauprojektes zur Verfügung gestellt. Die Ausführungsplanung wurde mit der Produktionsplanung gekoppelt. Das Architekturbüro konnte sich in der Ausführungsplanung auf gestalterische Festlegungen konzentrieren.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass bei den untersuchten Projekten der Planungsaufwand in frühen Projektphasen gering ist und zumeist unter den empfohlenen Richtwerten der SIA 102:2014 «Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten» liegt. Im Gegenzug ist in der technischen Planung in sieben von acht analysierten Beispielen ein Mehraufwand festzustellen. Die Gründe dafür sollen unter anderem durch die Auswertung der Interviews näher beleuchtet werden.

<sup>175</sup> Die Diagramme wurden in den internen Workshops in leanWOOD mit dem Projektteam und geladenen externen Expert/innen diskutiert:

- › Geier, Sonja (2016): *Vom Holzbau-Totalunternehmer zum Holz-Bauteam – alternative Vergabe- und Kooperationsmodelle*. Vortrag, Poster und Workshop mit Uffer AG und Lignatur. Chur, 24.1.2017
- › Geier, Sonja (2016): *Auswertung Schweizer Fallbeispiele. Alternative Vergabe- und Kooperationsmodelle. Komplexität in Holzbau-projekten*. Vortrag, Poster und Workshop im Expertenkreis. Zürich Dübendorf, 27.1.2017

### 3.1.4. Auswertung der Interviews<sup>176</sup>

Das Primärdatenmaterial zu den Interviews wurde im Projekt leanWOOD durch die im Anhang C aufgeführten Interviews, Diskussionsrunden und Workshops erhoben und transkribiert. Im Projekt fand eine Auswertung zu den Themen der Vergabe- und Kooperationsmodelle,<sup>177</sup> der Rolle des Holzbauingenieurbüros<sup>178</sup> und der Prozessoptimierung<sup>179</sup> statt.

Für die Situationsanalyse im Rahmen dieser Dissertation wurde das Primärdatenmaterial sequenziell zu Phänomenen, wie den Entfaltungs- und Störmechanismen<sup>180</sup> analysiert und in Gruppen eingeordnet. Anschließend werden diese Phänomene zu übergeordneten Themen geformt.<sup>181</sup>

#### 3.1.4.1. Leistungsverzögerung und fehlendes Wissen in frühen Phasen

Die Auswertungen des Planungsaufwands zeigten<sup>182</sup> eine Senke im Aufwand in frühen Phasen vor der Baueinreichung und eine Spitze in der technischen Planung nach der Baubewilligung. Dies wird auch immer in den Interviews betont. Ein Holzbauingenieur berichtet aus seiner Erfahrung zu den Hintergründen und Auswirkungen:

*«[...] man [der Bauherr, Anm. Verf.] will eigentlich auf der Projektierungsseite bis zum Zeitpunkt der Baubewilligung möglichst wenig Geld ausgeben, weil es ja sein könnte, dass das Projekt so nicht bewilligungsfähig ist. Daher lässt man die Fachplaner oft möglichst lange außen vor. Und wenn dann das Go kommt, dann holt man uns erst dazu und es kommen die Überraschungen.»<sup>183</sup>*

Die Leistungsverzögerung verdrängt auch Probleme von früheren in spätere Phasen, eine frühzeitige gemeinsame Planung könnte dazu beitragen, Fehler frühzeitig zu vermeiden:

*«Wir stoßen ja auch erst auf das Problem, wenn wir am Zeichnen sind. Manche Sachen sehen wir auch früher – da können wir auch früher intervenieren. Vor allem wenn wir im Planerteam dabei sind. Da wird über die Probleme geredet, und wir können die Probleme sehen und erkennen. Und da kann man sich dort auch schon einbringen. Aber wenn man nicht im Planerteam ist, dann merke ich erst, was alles fehlt, wenn ich es selbst zeichne.»<sup>184</sup>*

Architekt/innen sehen in der Leistungsverzögerung auch Auswirkungen, die als Spätfolge zu Schwierigkeiten in der Produktionsplanung des Holzbauunternehmens führen. Sie sind in der Rolle, als Letzte in der Planungskette alles für die Produktionsplanung zusammenzuführen und dafür auch die Verantwortung übernehmen zu müssen.

*«Die Schwierigkeit für den Holzbau-Unternehmer entsteht dadurch, dass er zwei Planungen bekommt:*

- › Eine Planung mit den Verbindungsmitteln vom Holzbauingenieur (1:5),
- › Eine Planung mit Anschlussdetails vom Architekten (1:5).

*Er [der Unternehmer, Anm. Verf.] muss es im Griff haben, dass es dann zusammenpasst. Grundsätzlich haben wir [die Architekten, Anm. Verf.] schon versucht, alles detailliert aufzunehmen. Aber das bedeutet auch, Verantwortung zu übernehmen für das, was von uns gezeichnet wurde. Eigentlich*

<sup>176</sup> Die Interviews wurden im Rahmen des Projektes leanWOOD durchgeführt.

<sup>177</sup> In: Geier et al. 2017a und Geier und Keikut 2017a

<sup>178</sup> In: Geier et al. 2017b und Geier und Keikut 2017a

<sup>179</sup> In: Geier et al. 2017a; Geier und Keikut 2017a und

<sup>180</sup> Vergleiche die «sequenzielle Analyse der Entfaltungs- und Störmechanismen» im narrativen Interview im Anhang A auf S. 11 und die Auswertung in Tabelle 6 auf S. 62

<sup>181</sup> Vergleiche den Begriff der «Gesamtformung» im narrativen Interview im Anhang A auf S. 12

<sup>182</sup> Siehe Kap. 3.1.3

<sup>183</sup> Interview mit Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) am 25.02.2016 in Zürich; auch: Geier und Keikut 2017a, S. 25

<sup>184</sup> Interview Peter Sinniger (Hector Egger AG) 08.06.2016, Laufenburg

wäre es eine Entlastung, wenn man schon früher mit dem Unternehmer zusammen schaffen könnte.»<sup>185</sup>

Es wäre, laut diesen Aussagen also wesentlich, zum richtigen Zeitpunkt den richtigen Planenden in das Projekt zu integrieren, um spätere kostenintensive Überraschungen zu vermeiden. Auch aus Sicht eines Architekten wird dies so eingeschätzt.

«Wesentlich wäre es, bei der Zusammenstellung des Planungsteams zu entscheiden, zu welchem Zeitpunkt welche Kompetenz im Projektteam erforderlich ist. Nur mit Kompetenz zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort kann die beste Leistung erbracht werden.»<sup>186</sup>

Den Vorteil, Leistungen nicht in spätere Projektphasen zu verschieben, bestätigt auch der Holzbauingenieur der Siedlung Brüggläcker.

«In einem Projekt wurde sehr viel in die Vorprojektphase investiert. In der Vorprojektphase haben wir rote Zahlen geschrieben. Die frühe Detaillierung hat aber dazu geführt, dass das restliche Projekt ohne Änderungen durchgeführt wurde und der Mehraufwand sich sehr leicht kompensieren ließ. Das Projekt ist aus unserer Sicht positiv zu bilanzieren.»<sup>187</sup>

Die Interviews untermauern die Erkenntnis, dass beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden ein höherer Detaillierungsgrad in früheren Phasen notwendig ist.<sup>188</sup> Wird dies nicht berücksichtigt, werden Probleme verschleppt. Dies ist unter anderem Ursache für spätere Umplanungen oder Fehlerquellen in der Produktionsplanung. Die Leistungsverzögerung oder zu späte Detaillierung stellt daher einen Störmechanismus dar, den es auch auf normativer Seite zu beheben gilt.

### 3.1.4.2. Termindruck und Pufferzeit

Termindruck war eine ebenfalls sehr häufig genannte Schwierigkeit in den leanWOOD-Interviews. Insbesondere der Druck nach Vorliegen der Baubewilligung bis zur Fertigstellung und zum Bezug des Gebäudes wird hier adressiert. In der Planung sollen zu diesem Zeitpunkt die Details disziplinenübergreifend abgestimmt werden. Doch oft ist der Druck so groß, dass selbst die einfachste Kontrolle manchmal unmöglich wird.

«Das ist das Perfide gewesen – das Qualitätssicherungsbeauftragte Büro hat jeden und alles hinterfragt, aber das Zeitmanagement für die Planung wurde nie hinterfragt!», so ein Holzbauingenieur im Interview. Auf die Nachfrage, wo Abstriche gemacht werden mussten oder was hätte besser gelöst werden können, meint er: «Schwierig. Es gibt ein besseres Gefühl, wenn man besser kontrollieren kann. Wir haben sicher nichts Schlechtes geplant – aber so bleibt die Ungewissheit, weil man nichts ein zweites Mal ansehen konnte.»<sup>189</sup>

Auch bezüglich des Bauvorhabens des Schmuttertalgymnasiums in Diedorf berichtet der Projektleiter der Bauherrschaft.

«[...] Das größte Problem im Planungsprozess – das ist jetzt eine Rückbetrachtung – war, dass man bei diesem großen und komplexen Bauvorhaben im konstruktiven vorgefertigten Holzbau viel mehr Planungszeit gebraucht hätte. Eigentlich hätten wir ein Jahr länger planen sollen, vor allem, um die Forschungsschwerpunkte noch intensiver im Planungsteam abstimmen zu können. Diese Möglichkeit bestand aber aufgrund der zeitlichen Rahmenbedingungen nicht.»<sup>190</sup>

<sup>185</sup> Interview This Keller (BS+EMI Architekten Architektenpartner AG) 02.04.2015, Zürich

<sup>186</sup> Interview mit Frank Lattke am 13.10.2016, Skype

<sup>187</sup> Interview mit Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) am 25.02.2016 in Zürich

<sup>188</sup> Siehe auch Kapitel 2.6 auf S. 38

<sup>189</sup> Interview mit Stefan Schlegel (Makiol Wiederkehr AG) am 07.04.2016, Beinwil am See

<sup>190</sup> Huß et al. 2016b, S. 9

Die Erkenntnis aus der Analyse des Bauvorhabens aus Sicht des Architekten war folgende Schlussfolgerung.

*«Der hohe Zeitdruck beeinflusste die Effizienz der Planungsabläufe. Die Arbeit musste auf wesentlich mehr Personen als geplant aufgeteilt werden, parallele Arbeiten waren nicht zu vermeiden. Die schiere Anzahl Hunderter Werk- und Detailpläne war schwer zu bewältigen.»<sup>191</sup>*

*«Über den Faktor Zeit haben wir noch nicht gesprochen, was mich etwas wundert: Wir haben aus Architekteninterviews häufig gelernt, dass zu wenig Planungszeit ein wichtiger Grund für ineffektive Prozesse ist: Die Schritte können nicht nacheinander in sinnvoller Reihenfolge abgeschlossen werden. Es erfolgt eine Zersplitterung der Planung, das Änderungsmanagement explodiert, da Änderungen bei verschiedenen Akteuren parallel nachgezogen werden. Muss nicht hier am Anfang des Projektes die Notwendigkeit einer auskömmlichen Planungszeit deutlicher kommuniziert werden?»<sup>192</sup>*

Die Frage ist, ob in der Vorfertigung Termindruck eine besondere Schwierigkeit darstellt oder ob dies nicht ein allgemeines Phänomen im Bauen ist. Grundsätzlich muss es als allgemeines Phänomen gesehen werden. Betrachtet man aber die Notwendigkeit des Abschlusses der Planungsleistungen vor Beginn der Produktionsplanung<sup>193</sup>, findet in dieser Phase eine zusätzliche Komprimierung von Leistungen statt. Beim Bauen mit niedrigen Vorfertigungsgraden kann vieles auch noch zu einem späteren Zeitpunkt (vor Ort zum Beispiel) erfolgen (wie beispielsweise Durchbrüche oder Auslässe für mittlere und kleinere Leitungsführungen). In der Vorfertigung muss unabhängig von der Größe die Position und Größe vor Beginn der Produktionsplanung definiert werden. Dies betrifft auch viele Ausstattungsdetails (zum Beispiel die exakte Lage eines Gerätes einer Anlage). Diese frühe Fixierung bedingt auch die notwendige Entscheidung seitens der Bauherrschaft, die damit ebenfalls in dieser Phase damit eingefordert werden muss. Das heißt, es findet nicht nur eine Komprimierung der Leistungen statt, sondern auch eine der Entscheidungen (Erhöhung der Entscheidungsdichte) und fordert somit auch die Kommunikation zwischen Architekt und Bauherr in dieser Phase (erhöhte Anforderung an Experten-Laien-Kommunikation).

Auch in der Literatur wird dies vielfach erwähnt: Kolb 2010 verweist auf die Tatsache, dass *«massgebende Entscheidungen»* von der Baustelle in den Zeitraum vor der Fertigung verschoben werden.<sup>194</sup> Der *«Atlas mehrgeschossiger Holzbau»* verweist ebenfalls auf die Tatsache, dass aufgrund der Vorfertigung *«Entscheidungen zu einem früheren Zeitpunkt getroffen»* werden müssen.<sup>195</sup>

Im Gegensatz dazu wurde in den Interviews aber auch immer wieder von der enormen Zeiteinsparung berichtet, die durch Vorfertigung im Vergleich zum Bauen mit niedrigen Vorfertigungsgraden möglich wird.

*«Der große Vorteil des vorgefertigten Holzbaues – man ist schnell. [Arch. Harald Echsle berichtet über ein Bauvorhaben, Anm. Verf.] Wir machen es mit Holz. Weil wir in vier Monaten Bauzeit 10 Millionen umsetzen und die ganze Gebäudehülle sanieren müssen. [...] Eigentlich wollte man betonieren, das geht nicht. Es ginge, aber nicht in dieser Zeit.»<sup>196</sup>*

---

<sup>191</sup> Huß et al. 2016b, S. 8

<sup>192</sup> Statement Wolfgang Huß am D-A-CH-Workshop am 25.06.2015 in Flums. Huß et al. 2015, S. 20

<sup>193</sup> Wie es auch nach Kolb 2010 in der Abbildung 17 auf S.38 dargestellt wird.

<sup>194</sup> Kolb 2010, S. 25

<sup>195</sup> Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017, S. 131

<sup>196</sup> Interview Harald Echsle, Frank Keikut (spillmann echsle architekten) am 21.05.2015, Zürich (siehe auch Geier und Keikut 2017a, S. 53)

Auch in der Literatur wird immer wieder die Schnelligkeit vor allem der Realisierungsphase in der Vorfertigung als großer Vorteil hervorgehoben.<sup>197</sup> Auch das leanWOOD-Fallbeispiel der Europäischen Schule in Frankfurt beweist, dass mit Vorfertigung Umsetzungszeiten erreicht werden können, die mit niedrigeren Vorfertigungsgraden nicht möglich sind.<sup>198</sup>

Wie oben ausgeführt, wird dies nur durch ein vermeintliches «Mehr» an Aufwand in der Phase vor der Fertigung möglich. Betrachtet man diesbezüglich wieder die Grafik in Abbildung 17 mit der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Planungsphasen, muss man feststellen, dass grundsätzlich nur eine Leistungsverschiebung stattfindet (von der Entscheidung vor Ort in die Planung vor der Fertigung).

Fakt ist damit aber die Aggregation von Leistungen in den Phasen vor der Fertigung. Dass danach eine Erleichterung durch die in frühere Phasen verschobenen Leistungen vor Ort erfolgt, sieht man in den Auswertungen der Stundenaufwendungen.<sup>199</sup>

Ein wenig beeinflussbarer Faktor sind unvorhergesehene Ereignisse, die einen Terminplan ebenfalls unter Druck bringen können. Auch diese werden in den Interviews immer wieder genannt.

*«Im Winter 2012/2013 hat es sehr früh einen Wintereinbruch und einen sehr starken Winter mit tiefen Temperaturen gegeben. Der Baumeister hat in diesem Winter sehr viel Verzug bekommen. Dadurch konnten wir im Frühling 2013 die Elementmontage erst viel später beginnen.»<sup>200</sup>*

Auf die Nachfrage, ob zu wenig Reserve eingeplant war, antwortet der Bauleiter des Holzbauunternehmens.

*«Man hat es schon von Beginn an gewusst, dass es nur funktioniert, wenn alles zu 100 % klappt und nichts dazwischenkommt. Das war eigentlich allen bewusst. Schlussendlich haben wir die Fassade im Frühjahr 2014 fertiggestellt, und das war auch kein Problem für den Bezug. Die Bezugstermine haben wir problemlos einhalten können. Vielleicht wollte da die Bauleitung einfach auch zu viel.»<sup>200</sup>*

Die notwendige Pufferzeit für unvorhergesehene Ereignisse kann nicht nur für die Vorfertigung als relevant bezeichnet werden. Wetter und sonstige Ereignisse betreffen das Bauen im Allgemeinen. Dennoch brachte die Verzögerung der Elementmontage im obigen Zitat den Holzbauunternehmer in logistische Schwierigkeiten, weil er die Produktionslinie nicht stoppen konnte und die Lagerflächen<sup>201</sup> für die große Anzahl an Elementen zu begrenzt waren.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die Schnelligkeit vor Ort ein großer Vorteil der Vorfertigung ist, aber eine Aggregation der Leistungen vor der Fertigung verursacht. Diese können durch den geringeren Aufwand vor Ort kompensiert werden. Großer Zeitdruck in der Planungsphase für Vorfertigung ist allerdings ein Störmechanismus, da alle Details sorgfältig disziplinübergreifend abgestimmt werden müssen, um eine einwandfreie Planung für die Vorfertigung vorzubereiten.

### **3.1.4.3. Zunahme an Fachplanenden aus unterschiedlichen Disziplinen**

Seitens der Behörden werden im Baubewilligungsverfahren immer mehr Nachweise gefordert, z. B. bezüglich der Bauphysik, des Energieverbrauchs, des Schallschutzes, des Brandschutzes usw. Gerade

<sup>197</sup> Rinas 2012, S. 11; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a, S. 67; Müller et al. 2015, S. 44, 61; Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017, S. 131

<sup>198</sup> Geier und Huß 2016, 3.3; Geier et al. 2017c, S. 40–43

<sup>199</sup> Siehe Kapitel 3.1.3 in den Diagrammen auf den S. 47 bis 48.

<sup>200</sup> Interview Rolf Wagner (Baltensperger Holzbau) am 02.11.2015 in Seuzach

<sup>201</sup> Die Lagerung musste, bedingt durch die bereits eingebaute Dämmung und das Holz, witterungsgeschützt erfolgen.

im Brandschutz wurde durch die BSV 2015<sup>202</sup> und die Anforderung eines «QS Verantwortlichen»<sup>203</sup> für den Brandschutz ein weiterer Player in das Projektteam eingebracht. Die detaillierte Nachweisführung mittels geeigneter Software kann zumeist nur mit «externer» Hilfe (einem Fachplanenden) gelöst werden, so Architekt Beat Kämpfen im Interview. Er spricht von einem «Zertifizierungswahn» und einer aufwendiger werdenden Koordination der unterschiedlichen Disziplinen in Planung, Entwurf und Vorplanung. Architekt/innen werden seiner Ansicht zufolge damit zunehmend abhängiger vom Detailwissen der Fachplanenden.<sup>204</sup> Diese Veränderung wird auch von Architekt Harald Echsle erwähnt.

*«Die Veränderungen machen es nicht einfacher. Wir wünschen uns mehr De-Regulierung. Vor allem, weil die Bauprozesse immer schneller werden, man muss immer schneller bauen, billiger bauen, standardisierter bauen. [...] Das zunehmende Absichern in allen Bereichen durch die Behörden ist extrem schwierig geworden. Es schluckt vor allem auf der Planerseite so viele Ressourcen, die natürlich auf der SIA-Honorarseite nicht abgedeckt oder abgebildet sind. Seit dem 1.1.2015 [Einführung der BSV 2015, Anm. Verf.] hat es Vereinfachungen im Holzbau gegeben. Das stimmt – taktisch gesehen. Aber der koordinative Aufwand seitens des Architekten als Generalplaner [oder auch Gesamtleiter, Anm. Verf.] ist explodiert – man kann sagen: Faktor 10. [...] Das bedeutet, wir müssen noch mehr Fachplaner koordinieren. Eigentlich begleiten wir den Fachplaner und nicht er uns. Ich glaube, das ganze Spezialistentum ist für Architekten, die keine Ahnung haben. Da laufen beide schön nebeneinander. Sobald etwas komplizierter wird, muss jemand die Leute koordinieren und es bleibt nur der Architekt, der dieses Grundverständnis auch hat. Aber es ist halt ein großer Aufwand [...]»<sup>205</sup>*

Die Äußerungen in den Interviews zur Zunahme der Fachplanenden verweisen auf eine grundsätzliche Schwierigkeit. Allerdings gelten beispielsweise die BSV 2015 nicht nur für den Holzbau, sondern auch für Bauten aller Art, unabhängig von der Materialisierung. Auch die Nachweisführungen, insbesondere im Energie- und Nachhaltigkeitsbereich und in der Bauphysik müssen unabhängig von der Materialisierung oder dem Vorfertigungsgrad erbracht werden. Daher ist die Zunahme der Fachplaner kein Störmechanismus, der mit der Vorfertigung oder dem Holzbau alleine verknüpft werden kann.

#### **3.1.4.4. Vielfältigkeit der technischen Möglichkeiten und Standardisierung**

Holzbauingenieur Stefan Schlegel verweist auf die Vielfältigkeit des Holzbaues mit hohen Vorfertigungsgraden:<sup>206</sup>

*«Der Vorteil der Produktvielfalt im Holzbau ist, dass man auf unterschiedliche Fragestellungen besser reagieren kann; und dass gewisse Schichten auch mehrere Funktionen haben. Der Massivbau im Rohkonstrukt, der ist relativ einfach und auch übersichtlich. Erst was man dann innen und außen macht, ist individuell. Aber beim vorgefertigten Holzbau fließt alles mehr ineinander. Der Holzbauingenieur kümmert sich z. B. auch um das Fensterdetail. Oder um die innere Beplankung. Den Betoningenieur, wenn er seinen Rohbau konzipiert, muss das nicht kümmern, und auch nicht, wie es*

<sup>202</sup> Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) 2017: Brandschutzrichtlinie BSV 2015

<sup>203</sup> QS-Verantwortlicher – der Qualitätssicherungsverantwortliche für den Brandschutz ist eine Art Prüferingenieur für den Brandschutz, der mit den BSV 2015 erstmals nicht nur für den Holzbau, sondern unabhängig von der Materialisierung in Abhängigkeit von Gebäudegröße, Nutzung, Personenbelegung und zu erwartender Brandlast das Einhalten der Schutzziele des Brandschutzes sichern muss.

<sup>204</sup> Interview Beat Kämpfen, Sigrun Rottensteiner, Jo Wiebel (kämpfen für architektur ag) am 21.02.2015 in Zürich.

<sup>205</sup> Interview Harald Echsle (spillmann echsle architekten), am 21.05.201 in Zürich

<sup>206</sup> Die Unterscheidung zwischen Holzbau und Massivbau ist in der Praxis von Holzbauunternehmen und -ingenieurbüros sehr gebräuchlich; siehe dazu Erläuterungen in Kapitel 1.3.1

*der Maurer vor Ort ausführt. Im Holzbau ist das Feld viel breiter. Wir Holzbauingenieure gehen in den Schallschutz und in die Bauphysik hinein. Alles verschmilzt einfach viel mehr.»<sup>207</sup>*

Er verweist damit darauf, dass die Aufbauten im Holzbau zur Funktionserfüllung (vor allem im Bereich Brandschutz, Schallschutz) weitaus mehr Schichten aufweisen als bei vergleichbaren Massivbauten (Rohbauelemente für Holzdecken im Vergleich zu Stahlbetondecken). Die Lösungen dazu, die Aufbauten, die Anspruchsprofilen gerecht werden, werden oft anlassbezogen in den Unternehmen entwickelt, geprüft und durch jahrelangen Einsatz in der eigenen Praxis weiterentwickelt und optimiert.

Ein Grund sind auch die kapitalintensiven Produktionsstraßen, die sich jeder Betrieb maßgeschneidert für seine Bedürfnisse einrichtet und die, neben den Zuliefernetzwerken,<sup>208</sup> die Diversifikation der produzierenden Holzbaubetriebe begründen:

*«Jede Zimmerei hat ihre eigene Königsdisziplin. Und sie haben auch Bereiche, wo sie nicht so gut sind. Damit kann man [der Holzbauingenieur, Anm. Verf.] sagen, für diese Aufgabestellung würde ich diesen, diesen und diesen empfehlen und für eine andere Aufgabenstellung sind es dann vielleicht die anderen.»<sup>209</sup>*

*«Man kann fünf Holzbauer hinstellen, und jeder macht es anders. Aber man kann nicht sagen, die eine Lösung ist besser als die andere, wenn es am Schluss gleich aussieht.»<sup>210</sup>*

Die mangelnde Standardisierung ist europaweit noch ein Problem, wie eine Analyse von Details im vorgefertigten Holzbau von Cronhjort et al. 2016 belegt. Kein Detail der vier untersuchten lean-WOOD-Fallbeispiele entsprach einem Detail aus einer der bislang europaweit verfügbaren Datenbanken.<sup>211</sup> Die Studie zeigt, dass bislang wenige Standardaufbauten aus dem «Lehrbuch» verwendet werden, die Standardisierung ist im Holzbau noch im Anfangsstadium.<sup>212</sup> Zwar stellte die Plattform «dataholz.at» der Holzforschung Austria online einen Bauteilkatalog zur Verfügung, der mittlerweile zu «dataholz.com» mutiert, in vier Sprachen zur Verfügung steht.<sup>213</sup> Unterschiedliche nationale Gesetzgebungen verhindern hier aber ein grenzüberschreitendes Denken: Für die Anwendung in Deutschland wird aktuell an der «dataholz.de» gearbeitet,<sup>212</sup> um die Aufbauten auch im Kontext der deutschen Rahmenbedingungen anwendbar zu gestalten.<sup>214</sup>

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass Standardisierung (wie schon in Kap. 2.1 auf S. 26 erläutert), ein wesentliches Element im Bauen ist. Diese sollte damit auch im vorgefertigten Holzbau vorangetrieben werden. Die Vielfalt des Materials im Holzbau und seine leichte Bearbeitbarkeit haben einerseits die Fortschritte in der Vorfertigung bedingt, bedeuten gleichzeitig aber eine Herausforderung in der Standardisierung. Die Produktvielfalt und die Vielfältigkeit der Bearbeitungsmöglichkeiten erschweren Bestrebungen, diese auf einige wenige Aufbauten, Details, Fügungs- und Verbindungsarten zu reduzieren.

---

<sup>207</sup> Interview mit Stefan Schlegel (Makiol Wiederkehr AG) am 06.11.2015 in Beinwil am See

<sup>208</sup> Huß et al. 2016a, S. 3

<sup>209</sup> Interview mit Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) am 25.02.2016 in Zürich

<sup>210</sup> Interview Martin Bühlmann (Bühlmann AG) am 20.04.2016 in Dietikon

<sup>211</sup> Cronhjort et al. 2016, S. 10

<sup>212</sup> Huß et al. 2016a, S. 3

<sup>213</sup> [www.dataholz.com/de/](http://www.dataholz.com/de/)

<sup>214</sup> Huß und Stieglmeier 2017b, Kap. 2.3

### 3.1.4.5. Mangelnde zeitliche und inhaltliche Synchronisation unterschiedlicher Disziplinen

Ungenügende zeitliche und inhaltliche Synchronisation von Fachplanenden wurde in den lean-WOOD-Interviews ebenfalls sehr oft bemängelt – wenn zum Beispiel Durchbrüche nachträglich geändert werden (müssen) und die Elemente schon produziert oder gar versetzt sind. Die Interviewten forderten, dass bei Vorfertigung Leitungsführungen und Durchbrüche schon früher in einem höheren Detaillierungsgrad fixiert werden sollten.

*«Im Holzbau ist es so, dass für die Ausschreibung die Details beinahe Ausführungsstand haben muss [müssen, Anm. d. Verf.]. Beim Bauingenieur genügt für die Ausschreibung ein wesentlich geringerer Detaillierungsgrad.»*<sup>215</sup>

Ein Holzbauunternehmer berichtet aus seiner Praxis.

*«Holzbau ist anders als Massivbau, da muss man alles vorausdenken und vorausplanen, und da stehen immer viele an, oder? Für die Haustechnik ist es noch zu früh, sie sollten schon die Leitungen planen, aber sie haben noch keine Ahnung. Wir sollten zum Beispiel schon in 1-2 Wochen die Planung haben und sie beginnen erst mit dem Vorprojekt. Das ist meistens viel zu spät.»*<sup>216</sup>

Ein Holzbauingenieur sieht ein Missverstehen in den unterschiedlichen Herangehensweisen und Detailtiefen im Planungsfortschritt.

*«[...] das Grobkonzept vom Haustechnikplaner war vor der Ausführung zu 70 Prozent durchgedacht, und die schwierigen 30 Prozent sollten im Zuge der Ausführung gelöst werden. Als dann der Unternehmer ins Spiel kam, war zudem der Wissenstransfer vom Brandschutz her ungenügend. Er hat dann für sich den einfachsten Weg gewählt, indem er in den Korridor raus, dann nach hinten und von dort wieder rauf und wieder in die obere Wohnung rein ist. Und damit hat dann das Brandschutzkonzept nicht mehr gestimmt, weil durch das Queren eines Brandabschnittes mit Lüftungsleitungen neue Anforderungen gelten.»*<sup>217</sup>

Ein anderer sieht das Spannungsverhältnis zwischen den unterschiedlichen Planungsfortschritten und –tiefen ähnlich.

*«Wir als Holzbauplaner warten schon lange darauf, dass uns andere Fachplaner früher ihre Informationen liefern. Oft muss man noch in der Ausführungsphase Anpassungen vornehmen, weil erst dann konkrete Angaben geliefert werden.»*<sup>218</sup>

Immer wieder ist es die Schnittstelle zwischen Architekturplanung, Gebäudetechnik und konstruktivem Holzbau.

*«Die Pläne des Architekten enthalten häufig nicht die relevanten Informationen. Holzständer in Rahmenbauwänden sind beispielsweise eingezeichnet, die HLSE<sup>219</sup>-Durchdringungen sind nicht durchgängig erfasst.»*<sup>220</sup>

Die Leidtragenden sind dabei letztendlich meistens die Holzbauunternehmen.

*«We receive the projects in a planning stage of about an 80 percent, and we have to do the remaining 20 percent. The difficulty is that the 80-20 percent applies perfectly to this case. The 80 percent we receive accounts for 20 percent of the effort, while the remaining 20 percent requires 80 percent of it, and to solve in a couple of weeks and with the complete costs risk.»*<sup>221</sup>

<sup>215</sup> Interview Stefan Schlegel (Makiol Wiederkehr) am 06.11.2015 in Beinwil am See; (siehe auch Geier und Keikut 2017a, S. 31)

<sup>216</sup> Interview Rolf Wagner (Baltensperger Holzbau) am 02.11.2015, Telefonkonferenz

<sup>217</sup> Interview mit Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) am 25.02.2016 in Zürich

<sup>218</sup> Interview mit Stefan Grüter (Pirmin Jung Ingenieure) am 05.04.2016 in Rain

<sup>219</sup> HLSE – Heizung-Lüftung-Sanitär-Elektro [Anmerkung Verf.]

<sup>220</sup> Statement Marco Affolter (Makiol Wiederkehr AG) am DACH-Workshop 25.06.2015 in Flums (in: Huß et al. 2015, S. 17)

<sup>221</sup> Statement Sebastian Hernandez-Maetschl am DACH-Workshop 25.06.2015 in Flums (in: Huß et al. 2015, S. 24)

Auch am D-A-CH-Workshop in Flums kommen die Holzbauunternehmen zum Schluss:

*«Gebäudetechnik und Tragwerksgeometrie sind häufig nicht zu Ende koordiniert.»*<sup>222</sup>

Ein Architekt sieht die Holzbauplanenden als Taktgebende in der Planung: «Wahrscheinlich ist es so, dass man die anderen Beteiligten <nötigen> muss, ihre Phasentreue [zu] verlassen und bereitwillig zu sein, in der gleichen Geschwindigkeit, in der gleichen Tiefe zu planen, wie das ein Holzbauingenieur macht. Für ihn ist es normal, er weiß um die Schwierigkeiten, weiß, wie genau er planen muss, eigentlich gibt er die Taktung vor.»<sup>223</sup>

Dass dieses <nötigen> auch Vorteile haben kann, unterstreicht ein Holzbauingenieur: «Ein <pro-aktives> Vorgehen bzw. <pro-aktives> Führen ist der Schlüssel für erfolgreiche Projekte. Entscheidend ist es, Details möglichst früh einbringen zu können, z. B. als Holzbauingenieur Aufbauten dem Bauphysiker vorzuschlagen; dann wird doppeltes Planen vermieden. Am besten wäre eine gesamte <pro-aktive Vorgehenskette>, die für alle ausstehenden Entscheidungen gelten [gilt, Anm. d. Verf.] – nicht auf Entscheidungen zu warten, sondern diese einzufordern (ob vom Bauherrn, von Detailplanen etc.).»<sup>224</sup>

Ein Holzbauingenieur verweist auf einen positiven Effekt, wenn die Abstimmung der relevanten Inhalte zwischen den einzelnen Disziplinen rechtzeitig erfolgen kann.

*«Man bemerkt, es braucht doch eine größere Durchdringung [die Leitungsführung eines Gebäudetechnikers, Anm. d. Verf.] oder Aussparung, welche die Statik wieder beeinflusst. Wenn man diese Abstimmungen schon im Vorfeld (vorherigen Planungsphasen) klären kann, dann ist es auch für die Bauherrschaft ein Kosten-Nutzen-Benefit.»*<sup>225</sup>

Diese Aussagen zeigen die unterschiedlichen Herangehensweisen in der Planung in Bezug auf den Fortschritt und die Detailtiefe<sup>226</sup> der Planung. Beim Bauen mit niedrigen Vorfertigungsgraden kann vieles noch vor Ort entschieden werden, zum Beispiel hinsichtlich der Leitungsführungen und Durchbrüche. Dies ist in der Vorfertigung nicht möglich. Während der Holzbau bereits eine abgeschlossene Planung vorliegen hat und einen «Design Freeze» erfordert, um mit der Produktionsplanung zu beginnen, sind andere Gewerke noch in der frühen Konzeptionsphase. Die Folge sind Um- und damit Doppelplanungen, die die zeitlichen Verzögerungen und den unnötigen Planungsaufwand bedingen. Die disziplinär unterschiedlichen Planungstiefen und Detaillierungsgrade stellen somit einen wesentlichen Störfaktor in der Planung des vorgefertigten Holzbaus dar.

### 3.1.4.6. Unterschiedliche Planungs- und Realisierungssequenzen der Disziplinen

Nicht nur die unterschiedlichen Planungssequenzen der Disziplinen sind ein Störfaktor für einen reibungslosen Planungsverlauf. Konkret wurde in den leanWOOD-Fallbeispielen auch von unterschiedlichen Sequenzierungen im Planungsfortschritt berichtet. Exemplarisch können die unterschiedlichen Sequenzen im Planungsfortschritt anhand eines Hybridbaus erläutert werden. Ein Holzbauunternehmen berichtet über die unterschiedliche Vorgehensweise in der Planung, die durch unterschiedliches Vorgehen vor Ort im Zuge der Montage bedingt ist.

*«Die große Herausforderung war die etappierte Planung. Wenn ich von etappierter Planung spreche, hat die Planung von Architekt und Bauingenieur nicht mit unserer Ausführung, Produktion und Werkstattplanung übereingestimmt. Der Baumeister hat von Grund auf ja geschossweise gearbeitet, und somit auch die ganze Fachplanung, und wir mussten die Fassade ja dann etappenweise über*

<sup>222</sup> Ergebnisdokumentation D-A-CH-Workshop in Flums (in: Huß et al. 2015, S. 6, internes leanWOOD Arbeitsdokument)

<sup>223</sup> Interview Frank Keikut (spillman echsle architekten) 13.05.2015, Zürich

<sup>224</sup> Interview Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) 24.02.2015, Zürich

<sup>225</sup> Interview mit Stefan Grüter (Pirmin Jung Ingenieure) am 05.04.2016 in Rain

<sup>226</sup> Geier 2017, S. 51

die ganzen Geschosse fertigstellen. Wir haben etappenweise über alle Geschosse gearbeitet, und die anderen haben geschossweise geplant. Als wir mit der Planung Mitte April begonnen haben, waren sie erst bei zwei Geschossen und wir hätten die Fassade über alle Geschosse etappenweise planen sollen. Das hat nicht funktioniert, und wir mussten dann auch geschossweise planen. Und mussten so Elemente planen und produzieren, die wir erst in den letzten Etappen benötigt haben», so Rolf Wagner von Baltensperger Holzbau.<sup>227</sup>

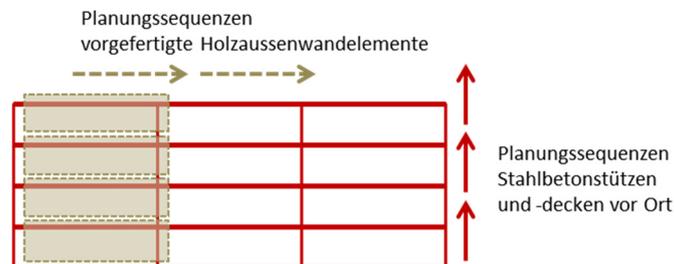


Abbildung 22: Unterschiedliche Planungssequenzen im Hybridbau.

Analysiert man die Aussage des Holzbauunternehmers, muss man feststellen, dass sich in jeder Disziplin die Abfolge der Realisierungssequenz auch in der Abfolge Planung widerspiegelt. Jedes Gewerk ordnet die Abfolge der Schritte in der Planung (bzw. in der Abfolge der zeichnerischen Darstellung und Detaillierung) wie die Reihenfolge in der Errichtung und Montage vor Ort stattfindet. Beim Bauen mit generell niedrigen Vorfertigungsgraden ist dies in der Regel der geschossweise Fortschritt. Die unterschiedlichen Planungs- und Realisierungssequenzen sind also analog zu den unterschiedlichen Planungstiefen der einzelnen Disziplinen ebenfalls ein Störmechanismus.

### 3.1.4.7. Fehlen von Know-how und Erfahrung

«Nicht weil es schwer ist, wagen wir es nicht, sondern weil wir es nicht wagen, ist es schwer.» (Zitat Lucius Annaeus Seneca <sup>228</sup>)

Das Wissen im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden ist noch nicht «Common Knowledge» bei Planenden und unsicheres Terrain: «Im Massivbau wissen viele genau, wie es geht, sind im Umgang mit Holz aber unsicher»,<sup>229</sup> so Paul Schär, CEO der Hector Holzbau AG.

Dies wird auch in den leanWOOD-Interviews deutlich, wenn Architekten vom Unsicherheitsgrad beim Bauen mit Holz sprechen, wie Marius Brunswiler vom Architekturbüro Nüesch bestätigt. «Konventionelle Details können aus der Schublade gezogen werden. Man weiß, es ist so und muss nicht mehr viel ändern. Beim Bauen mit Holz gibt es mehr Unsicherheiten.» <sup>230</sup>

Auch ein Holzbauunternehmer äußert seine Erfahrungen am leanWOOD-D-A-CH Workshop in Flums: «Die Prinzipien des Holzbaues müssen schon im Entwurf berücksichtigt werden. Hier gibt [es] große Unterschiede in der Qualifikation der Planer.» <sup>231</sup>

Doch die Erfahrung fehlt nicht oft nicht im Wissen um die holzbautechnischen Details. «[...] oft geht der Architekt zu früh in die Detaillierung und Tragwerksplanung», ist die Meinung eines Holzbauingenieurs. «Es gibt schon Fälle, wo das Architekturbüro bereits sehr viele Details in einer frühen Projektphase gezeichnet hatte, die in dieser Detaillierungsform noch nie notwendig gewesen wären.

<sup>227</sup> Interview mit Rolf Wagner (Baltensperger Holzbau) am 02.11.2015 in einer Telefonkonferenz

<sup>228</sup> In: Borgert und Oltmann 2015, S. 27

<sup>229</sup> Brunner und Dietrich 2012, S. 33

<sup>230</sup> Interview mit Marius Brunswiler (Nüesch Architekten) am 01.10.2015, Volketswil (siehe auch Geier et al. 2017a, S. 8)

<sup>231</sup> Enrico Uffer (Uffer Holzbau AG) im D-A-CH Expertenworkshop am 25.06.2015, Flums (in: Huß et al. 2015, S. 16)

*Nach Abstimmung des Tragwerkskonzeptes und der Aufbauten änderten sich die Decken- und Wandstärken, und es mussten nahezu alle Pläne komplett neu gezeichnet werden.»<sup>232</sup>*

*«Architekten liefern zu viel und das Falsche. Es gibt erfahrene Architekten, da klappt es ..., doch vielen fehlt das statische Verständnis – große Fenster und wenig Sturz; und die Details sind meist schon durchgezeichnet.»* So berichtet der Bauleiter eines Holzbauunternehmers.<sup>233</sup>

Im Fall ungenügender Details bleiben vor allem bei Ausschreibungen Interpretationsspielräume für Unternehmen, die auch zum eigenen Vorteil genutzt werden. Die Argumente gegenüber dem Bauherrn sind Kosten- und Zeitersparnis.<sup>234</sup> Man erhofft sich damit oftmals einen Vorteil gegenüber dem Mitbewerbenden.<sup>235</sup> Die Auswirkungen sind die bereits erwähnten Umplanungen (Re-Design)<sup>236</sup> nach der Vergabe, die den weiteren Verlauf zusätzlich unter Druck setzen.

Die Auswertung der Kriterienmatrix<sup>237</sup> zeigt aber einen vermeintlichen Gegensatz zu diesen Interviewaussagen. In den untersuchten Fallbeispielen bedeutete das Kriterium der mangelnden Erfahrung («Erfahrung» im Spinnendiagramm «Prozess») im Vergleich zu den anderen Prozesskriterien die geringste Herausforderung. Der vermeintliche Widerspruch erklärt sich aber aus der Tatsache, welche Architekten und Planer sich (zurzeit) mit dem vorgefertigten Holzbau beschäftigen. Das heißt, dass momentan hauptsächlich Architekten mit sehr viel Erfahrung im vorgefertigten Holzbau für einen Großteil der umgesetzten Projekte verantwortlich zeichnen.

Doch fehlende Erfahrung und große Unsicherheiten induzieren nicht zwingend auch einen schlechten Projektverlauf. Die nähere Analyse der leanWOOD-Fallbeispiele zeigte, dass von acht schweizerischen und sechs deutschen Fallbeispielen (insgesamt 14 Projekte) in drei Projekten das Architekturbüro keine oder wenig Erfahrung im vorgefertigten Holzbau hatten: Das waren die Europäische Schule in Frankfurt, die Apartmentanlage Ual da Flex in Savognin und die Siedlung Brüggläcker in Zürich. In der vertieften Analyse der leanWOOD-Interviews zeigte sich, dass diese drei Projekte für die Realisierung des vorgefertigten Holzbaues das fehlende Wissen sehr gut durch strategische Maßnahmen kompensieren konnten:

- › In der *Siedlung Brüggläcker* wurde das Holzbauingenieurbüro schon in der Vorprojektphase in das Team integriert, ferner sind Konzeptstudien für unterschiedliche Tragkonstruktionen entwickelt und evaluiert worden. In der weiteren Folge wurde ein Mitarbeiter als Projektleitung eingesetzt, der aus einer Zimmereifamilie stammte. Wesentlich ist laut Architekt Peter Baumberger auch die Haltung des Büros, dass alle Bereiche des Bauens (also auch Kostenmanagement und Bauleitung) integrativ zusammengehören und betrachtet werden. Deswegen integriert das Büro die unterschiedlichen Leute ins Team und fördert den informellen Austausch als wesentlichen Baustein des Wissensmanagements. Auch das Planungsmanagement wird spezifisch auf die Anforderungen des individuellen Projektes abgestimmt, deswegen funktionieren die Abläufe in der Planung ihrer Projekte so zufriedenstellend, so Peter Baumberger im Interview weiter.<sup>238</sup>
- › In der *Europäischen Schule* in Frankfurt war der Zeitdruck zur Errichtung des ursprünglich temporär geplanten Gebäudes sehr hoch (15 Monate für Planung, Ausschreibung und Rea-

<sup>232</sup> Interview Andreas Burgherr (Timbatec) am 24.02.2015 in Zürich

<sup>233</sup> Interview Peter Niederberger (Uffer Holzbau) am 21.08.2015 im Telefoninterview

<sup>234</sup> Interview Rolf Wagner (Baltensperger Holzbau) am 10.04.2015 in Seuzach

<sup>235</sup> Gespräch Töna Rauch am 13.04.2016 in Horw

<sup>236</sup> Re-Design – siehe Kapitel 1.1 ab S. 12

<sup>237</sup> Siehe Kapitel 3.1.2 ab S. 43

<sup>238</sup> Zusammenfassung aus: Geier et al. 2017c, S. 22–25; Interview Peter Baumberger (BS-EMI Architekten) am 02.04.2015 in Zürich

lisierung). Die Idee des Architekturbüros war, diesem Zeitdruck mit Raummodulen in Holzbaweise zu begegnen. Das Büro hatte aber keine Erfahrung im vorgefertigten Holzbau. Daher wurden die architektonischen Details in Leitdetails fixiert, während mittels einer funktionalen europaweiten Ausschreibung ein Holzbau-Generalunternehmen für die Ausführung ermittelt werden konnte. Dieses übernahm die Ausführungsplanung, während das Architekturbüro die künstlerische Leitung während der Umsetzung behielt. Das Projekt war auch für das Büro NKBAK Architekten der Anfang zu weiteren Projekten im großvolumigen vorgefertigten Holzbau.<sup>239</sup>

- › Bei der Errichtung der *Appartementhäuser Ual da Flex* in Savognin hatte das Architekturbüro zuvor schon erste Erfahrungen im Holzbau in einer Siedlung gesammelt, aber das Wissen um unterschiedliche Konstruktionsmöglichkeiten war noch nicht vorhanden, wie Architekt und Projektleiter Marius Brunschwiler im Interview erläutert.<sup>240</sup> Dass das Projekt für alle Seiten sehr zufriedenstellend durchgeführt und abgeschlossen werden konnte,<sup>241</sup> war der frühen Kooperation zwischen Holzbau-Unternehmer und Architekt zu verdanken. Bereits in der Vorentwurfsphase wurden vom Holzbau-Unternehmer die Aufbauten und Leitdetails festgelegt. Im Weiteren wurde auf Basis der Bauprojektpläne und architektonischer Leitdetails auch die Ausführungsplanung vom Holzbauunternehmen durchgeführt. Dadurch konnten Doppelspurigkeiten mit der Produktionsplanung vermieden werden. Die Auswertung des Stundenaufwandes in der Planung zeigt hier das einzige Projekt in der leanWOOD-Analyse, bei dem der Aufwand von beiden Seiten als angemessen bezeichnet wurde.<sup>242</sup>

In allen anderen Projekten waren Architekten mit langjährigen Erfahrungen (Tom Kaden, Frank Lattke, Florian Nagler) oder Pioniere des vorgefertigten Holzbaus (Hermann Kaufmann, Beat Kämpfen) tätig.

Dass Bauherrschaften auch Architekturbüros mit Erfahrungen bewusst auswählen, zeigt das Zitat eines Vertreters einer gemeinnützigen Baugenossenschaft.

*«Wir haben zwei verschiedene Architekten angefragt, von denen bekannt war, dass sie Erfahrung im vorgefertigten Holzbau haben. Damit wurde das Feld schon etwas kleiner, und so sind wir dann auf Beat Kämpfen gekommen, der ja ein ausgewiesener Fachmann ist.»<sup>243</sup>*

Holzbau wird also momentan vorzugsweise von erfahrenen Holzbauarchitekturbüros geplant. Wie die leanWOOD-Fallbeispiele zeigen, planen zunehmend mehr Architekturbüros, auch solche mit weniger Erfahrung, Holzbau. Dies zeigt, dass das Problem nicht an der Unerfahrenheit oder dem fehlenden Know-how liegt, sondern daran, wie mit der Unerfahrenheit im Projekt umgegangen wird, und dass es Strategien gibt, diese Unerfahrenheit zu kompensieren.

Die negativen Auswirkungen des falschen Umgangs mit Unerfahrenheit in der Planung des vorgefertigten Holzbaues sind Störmechanismen. Sie induzieren (ungewollte) Interpretationsspielräume in der Ausschreibung, die zu unerwünschten Unternehmensvorschlägen und Umplanungen sowie zu Zeitverzögerungen führen. Umso wichtiger ist es, zu erkennen, dass die richtige (auf das spezifische Projekt abgestimmte) Strategie oder Organisationsstruktur einen wesentlichen Entfaltungsmechanismus darstellt.

---

<sup>239</sup> Absatz zusammengefasst aus: Geier et al. 2017c, S. 40–43; Huß et al. 2016b, S. 10–11; Geier und Huß 2016, 3.3

<sup>240</sup> Siehe auch Zitat auf S. 57

<sup>241</sup> Enrico Uffer im Rahmen des Expertenworkshops 24.01.2017 in Chur; Interview Marius Brunschwiler (Nüesch Architekten) 01.10.2015, Volketswil

<sup>242</sup> Absatz zusammengefasst aus: Geier et al. 2017c, S. 18–21; Geier und Huß 2016, 3.2; Interview Marius Brunschwiler (Nüesch Architekten) 01.10.2015, Volketswil

<sup>243</sup> Interview Jürg Grob (Stiftung PWG) am 07.06.2016 in Zürich

### 3.1.4.8. Komplexität<sup>244</sup>

Die Umsetzung des Holzbaus wird immer wieder mit dem Attribut «komplex» belegt, wie zwei Zitate vom D-A-CH-Workshop in Flums<sup>245</sup> zeigen.

- › «Der Holzbau ist komplex und schwer zu standardisieren», so der Tragwerksplaner Konrad Merz.<sup>246</sup>
- › «Bei der Entwicklung der Grundrisse und der Konstruktion wird heute viel stärker versucht, individuelle Kundenwünsche zu erfüllen. Das führt zu technischer Komplexität», untermauert auch Stefan Müller von Müller Holzbau im Rahmen der gleichen Veranstaltung.<sup>247</sup>

In der Einführung zum Mikado Plus im Juli 2016 ist zu lesen, dass «Aufbau und Fügung der vielschichtigen Elemente [im Holzbau, Anm. Verf.] komplexer als beim relativ schichtenarmen Massivbau»<sup>248</sup> ist.

Auch der »Atlas Mehrgeschossiger Holzbau« beschreibt den Holzbau als «vielschichtiger und daher komplexer. Der Markt bietet eine fast überdifferenzierte Auswahl an Materialien mit entsprechend vielen Konstruktionsmöglichkeiten.»<sup>249</sup>

Dieser «übervolle Warenkorb» im vorgefertigten Holzbau ist ebenfalls eine Ursache von Komplexität im Holzbau.

«Damit ist die überbordende Vielfalt des Produktsortiments angesprochen. Plattenwerkstoffe in allen mm-Dicken, KVH<sup>250</sup> in allen Größen, Wärmedämmstoffe in 8-10 Wärmeleitgruppen etc. erschweren den Planungs- und Ausführungsprozess. Das ist alles nicht notwendig und eher von der Industrie gesteuert. Hier ist auch die Disziplin des Architekten und der anderen Planer gefragt, um die Komplexität möglichst gering zu halten.»<sup>251</sup>

Der Holzbauingenieur im leanWOOD-Fallbeispiel «rauti-huus» bezeichnet die große Anzahl an Lüftungsleitungen, die durch unterschiedliche Brandabschnitte führen, in Kombination mit der verwinkelten Geometrie der Wohnungen als komplex.<sup>252</sup>

Mit steigender Vielzahl an Variationen wird ebenfalls das Attribut «komplex» verbunden, so der Mitarbeiter des Architekturbüros des Projekts «rauti-huus».

«Sobald es kompliziert wird, verschachtelt und so weiter, ist es komplex. Wir hatten 35 verschiedene Wandtypen in diesem noch immer sehr großen Haus.»<sup>253</sup>

Im Gegensatz dazu bezeichnen Holzbauunternehmen in den leanWOOD-Interviews den vorgefertigten Holzbau selten als komplex, oft auch nicht einmal als kompliziert.

- › Marco Fehr von Zehnder Holzbau zeichnete verantwortlich für die Ausführung des Holzbaus in der Aufstockung zum «rauti-huus» in Zürich. Die dreifach räumlich verschränkten Grundrisse

<sup>244</sup> Die Begriffsdefinition zur Komplexität wird in Kapitel 4.2.1 vorgenommen, da an dieser Stelle auch der Abgleich mit der Theorie stattfindet. In der Situationsanalyse soll der Blickwinkel aus der Praxis beibehalten werden.

<sup>245</sup> leanWOOD D-A-CH Expertenworkshop in Flums am 25.06.2015 (siehe Huß et al. 2015)

<sup>246</sup> Huß et al. 2015, S. 14

<sup>247</sup> Statement Stefan Müller (Müller Holzbau) am D-A-CH Workshop am 25.06.2015 in Flums. In: Huß et al. 2015, S. 16

<sup>248</sup> Huß et al. 2016a, S. 4

<sup>249</sup> Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017, S. 130

<sup>250</sup> KVH – «Konstruktionsvollholz»

<sup>251</sup> Statement Arch. Johannes Kaufmann am D-A-CH-Workshop 25.06.2015 in Flums (in: Huß et al. 2015, S. 17)

<sup>252</sup> Siehe Zitat auf S. 55

<sup>253</sup> Interview Harald Echsle und Frank Keikut (spillmann echsle architekten) am 21.05.2015 in Zürich

forderten alle Beteiligten. Im Interview relativiert der Holzbauunternehmer die angebliche Komplexität des Holzbaus in diesem Projekt und spricht nicht von komplexen, sondern nur von komplizierten Herausforderungen im Holzbau: «... kompliziert wird es erst, bei frei geformten Trag- und Hüllstrukturen.»<sup>254</sup>

- › Dass dieses Argument auch firmenspezifisch zu sehen ist, vertritt Hugo Keller von Burch Holzbautechnik. «Ich könnte runde Messer in meine Fertigungsanlage integrieren, dann wären runde Formen kein Problem».<sup>255</sup> Dies belegen auch beispielsweise die sogenannten «Free Forms» der Firma Blumer Lehmann.<sup>256</sup>

Die Frage der Komplexität wird also in den Interviews sehr differenziert bewertet. Betrachtet man dazu die Auswertung der Kriterienmatrix<sup>257</sup> für die Kategorien «Konfektionierung» und «Konstruktion», zeigt sich, dass die Herausforderungen nicht mit diesen beiden Kategorien verknüpft sind. Dies untermauern auch die beiden letzten Aussagen der Holzbau-Unternehmer, die nicht von komplex, sondern nur von kompliziert und der Verfügbarkeit der Ausstattung oder Maschinen sprechen. Sie zeigen damit, dass die technischen Herausforderungen im vorgefertigten Holzbau grundsätzlich durch fachspezifische Kompetenz oder Technik gelöst werden können.

Dass dabei Disziplin und konzeptionelles Denken auch eine große Rolle spielen könnten, vermutet ein Holzbauingenieur.

*«Disziplin ist eine persönliche Eigenschaft. Dahinter steht das Denken in Konzepten. Wenn wir Architekten kennenlernen und dies[e] uns von ihren Gebäuden erzählen, wird mir schnell klar, ob der Architekt konzeptionell denkt oder nur das äußere Erscheinungsbild im Kopf hat. [...] Ich mache die Erfahrung, dass bei einem Bauwerk 100 – 200 verschiedene Punkte konzeptionell bewältigt werden müssen. Probleme, die in späten Planungsphasen oder auf der Baustelle [auftreten], rühren oft von fehlenden konzeptionellen Lösungen her. Uns fehlen auch noch der gemeinsame Wortschatz und die Grammatik für die Kommunikation von Konzepten.»*<sup>258</sup>

Aufgrund der Ausführungen kann kein abschließendes Resümee zur Komplexität im vorgefertigten Holzbau aus Sicht der ersten leanWOOD-Analysen formuliert werden. Die Allokation der Komplexität bedarf einer weiteren Betrachtung.

---

<sup>254</sup> Interview Marco Fehr (Zehnder Holzbau) am 15.02.2016 in Winterthur

<sup>255</sup> Gespräch mit Hugo Keller am 09.11.2016 an der EMPA in Dübendorf

<sup>256</sup> <http://www.blumer-lehmann.ch/holzbau/free-forms/uebersicht/>; abgerufen am 18.11.2017, 18:22

<sup>257</sup> Siehe Kapitel 3.1.2

<sup>258</sup> Statement Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure) am D-A-CH-Workshop am 25.06.2015 in Flums. In: Huß et al. 2015, S. 21, Geier und Keikut 2017a, S. 54

### 3.1.5. Zusammenführen der Situationsanalyse – Erkenntnisse

Tabelle 6: Übersicht Situationsanalyse: Zusammenführen der Erkenntnisse aus der Auswertung der leanWOOD-Interviews im Kontext der quantitativen Auswertung der Kriterienmatrix und des Stundenaufwands der Fallbeispiele.

Phänomen	Auswirkungen	Bewertung der Relevanz für die Vorfertigung	Entfaltungs-/ Störmechanismen
Leistungsverzögerung und fehlendes Wissen in frühen Phasen	Planungsaufwand und Einbezug Fachplanende werden vor Baubewilligung geringgehalten. Ungenügende integrative Konzeption in frühen Phasen führt zu vernachlässigtem Optimierungspotenzial oder zu Fehlplanungen.	Vorfertigung bedingt integrative Konzeptentwicklung in frühen Phasen.	Störmechanismus: Leistungsverzögerung
Termindruck und Pufferzeit	Zeitdruck verursacht parallele statt aufeinander aufbauende Planungstätigkeit und somit Fehl- und Doppelplanungen. Optimierungspotenzial geht verloren, Gefahr des Qualitätsverlustes.	Phänomen wäre grundsätzlich unabhängig von Vorfertigung. Leistungsverzögerung in der Vorfertigung verschärft jedoch Termindruck zusätzlich. Vorfertigung bietet aber die Chance, auf Termindruck mit kurzen Umsetzungszeiten zu reagieren.	Störmechanismus: Zeitdruck Entfaltungsmechan.: Geeignete Organisationsstruktur + Strategie
Zunahme an Fachplanende aus unterschiedlichen Disziplinen	Zusätzlicher Koordinationsaufwand des Architekturbüros durch die steigende Anzahl an Fachplanenden.	Phänomen unabhängig vom Vorfertigungsgrad (→ keine weitere Betrachtung im weiteren Verlauf dieser Arbeit)	-
Vielfältigkeit der technischen Möglichkeiten und fehlende Standardisierung	Große Handlungsspielräume in der technischen Planung durch fehlende Standardisierung und Unternehmensspezifika.	Standardisierung bietet auch unerfahrenen Architekturbüros Zugang zu vorgefertigtem Holzbau.	Entfaltungsmechan.: Geeignete Organisationsstruktur + Strategie
Mangelnde zeitliche und inhaltliche Synchronisation unterschiedlicher Fachdisziplinen	Unterschiedliche Planungstiefen und Fortschritte der einzelnen Disziplinen in den Projektphasen verursachen Missverständnisse, Wartezeiten, Doppel- und Fehlplanungen. Optimierungspotenzial geht verloren.	Synchronisierte Planungsentwicklung aller Disziplinen bis zum Design Freeze essenziell für Vorfertigung.	Störmechanismus: Unterschiedliche disziplinäre Herangehensweisen in Planung Entfaltungsmechan.: Geeignete Organisationsstruktur + Strategie
Unterschiedliche Planungsabfolgen der Fachdisziplinen	Sequenzen in der Planungsabfolge sind unterschiedlich. Planungen anderer Fachplanender werden verzögert (Warte- u. Stehzeiten).	Siehe oben.	Siehe oben.
Fehlen von Know-how und Erfahrung	Optimierungspotenzial geht verloren. Ungewollte Interpretationsspielräume induzieren Unternehmensvorschläge und damit Umplanungen und Zeitdruck.	Phänomen wäre grundsätzlich unabhängig von Vorfertigung. Vorfertigung bedingt aber hohes Detailwissen in frühen Projektphasen.	Entfaltungsmechan.: Geeignete Organisationsstruktur + Strategie
Komplexität	Ursachen und Spezifikationen der Komplexität im vorgefertigten Holzbau sind noch indifferent und brauchen Spezifizierung.	Weitere Betrachtung erforderlich, um Relevanz bewerten zu können.	Gesonderte Betrachtung Komplexität
Erhöhter Planungsaufwand	Aufwand in den Planungsphasen nach der Baubewilligung (technische Planung) ist höher als die Empfehlungen aus Honorarordnungen.	Konsequenz aus Leistungsverzögerung und aus fehlender interdisziplinärer Zusammenarbeit in frühen Phasen und unterschiedlichen disziplinären Herangehensweisen in der Planung.	Störmechanismus: Leistungsverzögerung Unterschiedliche disziplinäre Herangehensweisen in Planung

### 3.2. Schlussfolgerungen und Handlungsbedarf

Die Situationsanalyse in diesem Kapitel hat eine Reihe an Phänomenen anhand von Fallstudien und in narrativen Interviews und deren Auswirkungen untersucht. Dabei wurden die wesentlichen Entfaltungs- und Störmechanismen identifiziert. Die analysierten Phänomene können nicht isoliert voneinander betrachtet werden, sondern stehen in einem Wirkungsgefüge. Die für die Vorfertigung relevanten Phänomene aus

Tabelle 6 sind nun in Abbildung 23 zu diesem Wirkungsgefüge zusammengesetzt.

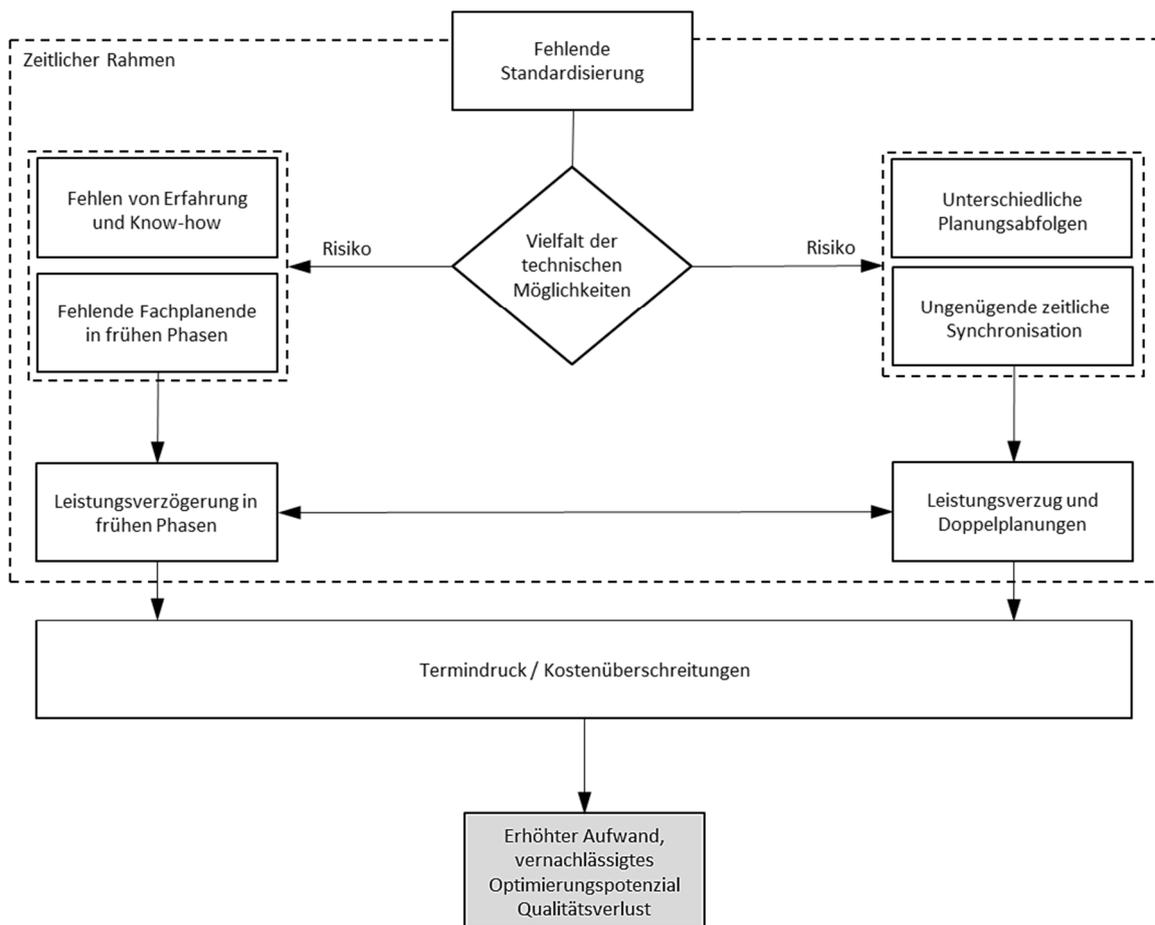


Abbildung 23: Wirkungsgefüge der Phänomene im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden

Die Vielfalt der technischen Möglichkeiten ist ein zentraler Aspekt im vorgefertigten Holzbau. Die fehlende Standardisierung und das Korsett aus Zeitplan und Kostenrahmen sind die wesentlichen Rahmenbedingungen. Werden Risiken wie fehlendes Know-how oder die Synchronisation von Planungsabfolgen vernachlässigt, führt dies unweigerlich zum Überschreiten des Zeitplanes und/oder Kostenrahmens. Die Auswirkungen («Symptome») sind erhöhter Aufwand, Qualitätsverlust und vernachlässigtes Optimierungspotenzial, was sich in suboptimalen Detaillösungen zeigt.

Aus diesem geschilderten Wirkungsgefüge lässt sich der Handlungsbedarf ableiten. Dieser ist in Abbildung 24 dargestellt.

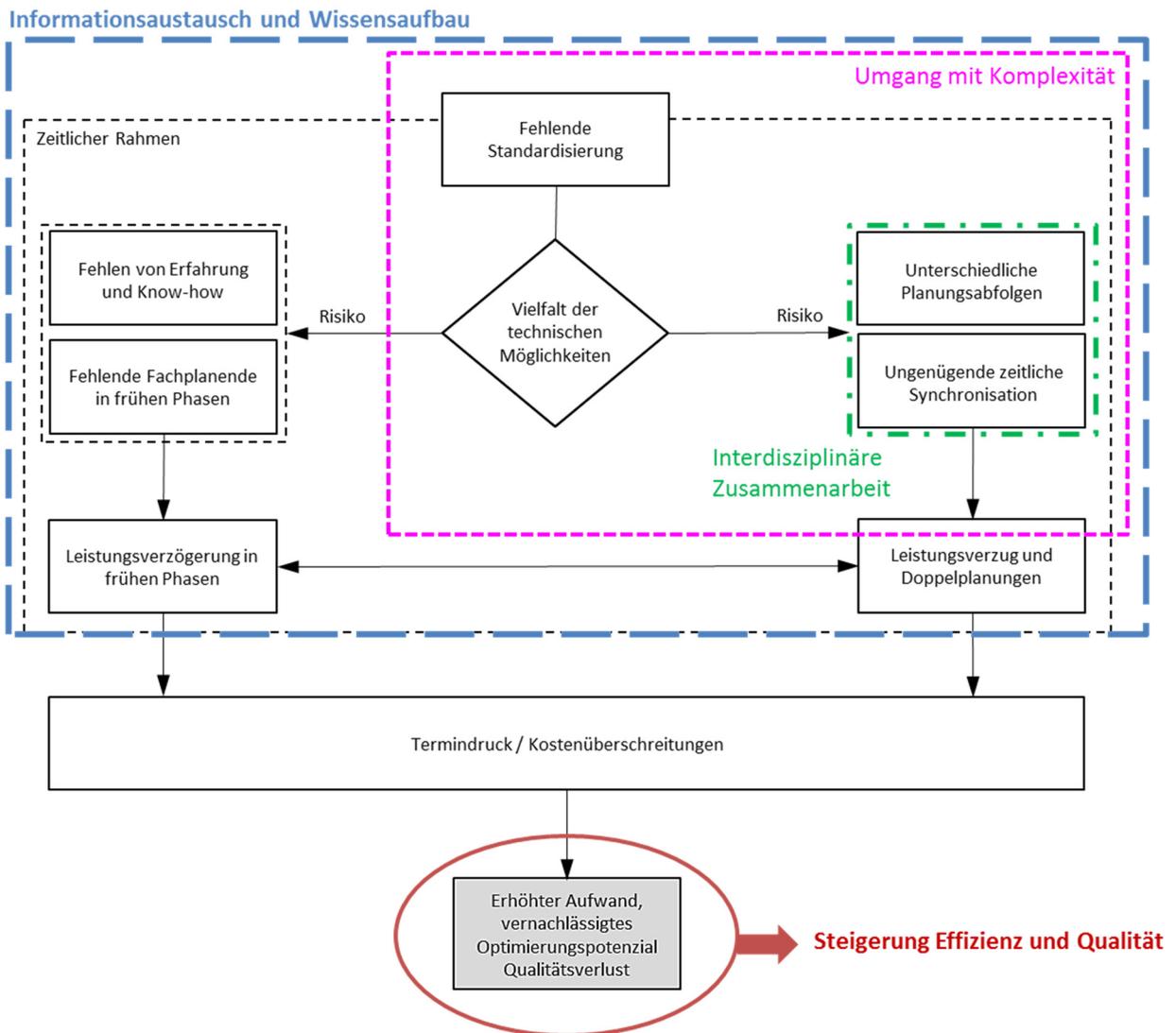


Abbildung 24: Ableitung Handlungsbedarf aus der Situationsanalyse.

Fasst man den Handlungsbedarf zusammen, kann man folgende Themenfelder und mögliche Lösungsansätze ableiten.

Tabelle 7: Zuordnung des Handlungsbedarfs zu Themenfeldern und möglichen Lösungsansätzen

Handlungsbedarf	Themenfeld	Lösungsansätze
Steigerung Effizienz in der Planung und Sicherung der Qualität in der Ausführung	Lean-Ansätze	Prozessoptimierung
Spezifikation der Komplexität	Komplexität	Ableiten der geeigneten Unterstützung für den Umgang mit Komplexität im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden
Verbesserung interdisziplinäre Zusammenarbeit	Planungskultur	Unterstützung der eindeutigen Informationsübermittlung und Bedeutungszuweisung

Die Lösungsansätze in diesen Themenfeldern werden im nächsten Kapitel im Detail diskutiert.

## 4. Diskurs in den Themenfeldern

Der identifizierte Handlungsbedarf in Bezug auf Steigerung von Effizienz und Qualität, die Spezifikation von Komplexität, die Verbesserung der interdisziplinären Zusammenarbeit und das Ableiten eines geeigneten Lösungsansatzes das Projektmanagement in Projekten des vorgefertigten Holzbaus soll nachfolgend im Zusammenhang mit Erkenntnissen aus der Literatur und sich widersprechenden Interviewaussagen untersucht werden.

### 4.1. Steigerung Effizienz und Qualität durch Prozessoptimierung

#### 4.1.1. Lösungsmöglichkeiten durch Lean-Ansätze

Der erhöhte Aufwand in der Planung ist eine unmittelbare Auswirkung aus den geschilderten Problemen in den Planungsprozessen, die für Architekturbüros und Fachplanende spürbar (und in der Nachkalkulation messbar) ist. Qualitätsverlust oder vernachlässigtes Optimierungspotenzial betrifft die Bauherrschaft, beide sind allerdings schwerer mess- oder quantifizierbar. Beide Auswirkungen sind Symptome, die immer wieder mit unterschiedlichen Mitteln oder Methoden bekämpft wurden. Dass die Vorfertigung im Bauen immer wieder von Entwicklungen in der Automobilindustrie beeinflusst wird, wurde schon mehrfach ausgeführt.<sup>259</sup> Die Faszination hinsichtlich der Herangehensweise, die zur Effizienzsteigerung in der industriellen Fertigung<sup>260</sup> führte, hat sich trotz des grundsätzlichen Bedeutungsverlustes der Vorfertigung im Bauen bis heute gehalten. Entsprechend redet Thomas Wehrle von Erne Holzbau darüber auf dem Internationalen Holzbauforum IHF 2015 in Garmisch-Partenkirchen.

*«Der Automobilbau steht für vollständige Automatisierung und Optimierung der Produktionsprozesse. Nichts dem Zufall überlassen, alle möglichen Szenarien und Abläufe digital simuliert und analysiert.»<sup>261</sup>*

Diese Faszination für die Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung im Automobilbau ist auch ein Grund, warum produzierende Betriebe in der Holzbaubranche die angewandten Methoden der Lean Production in ihre eigenen Produktionsabläufe übertragen, wie Karl Thomas Batz von Renggli Holzbau am VGQ-Technikertag 2014 in Dübendorf erläutert.<sup>262</sup> Andreas Heinzmann von Schuler Consulting bezeichnet die Einführung von Lean Production sogar als *«Überlebensstrategie für produzierende Unternehmen»*.<sup>263</sup>

Hinter dieser Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung durch Lean Production in produzierenden Betrieben steht seit den 1950er Jahren das Toyota-Produktionssystem (TPS), das mit den Veröffentlichungen des Forschungsprojektes des Massachusetts Institute of Technology MIT<sup>264</sup> in der westlichen Welt zuerst als Lean Production und in späterer Folge in anderen Anwendungsbereichen unter Lean Management bzw. vielen anderen Lean-Namenskreationen bekannt wurde.

---

<sup>259</sup> Testa 1972, S. 21

<sup>260</sup> Siehe Kapitel 2.4 ab S. 33

<sup>261</sup> Thomas Wehrle 2015, S. 4

<sup>262</sup> Der VGQ-Technikertag ist eine alljährliche Veranstaltung der Holzbaubranche, auf der aktuelle Themen und Innovationen vorgestellt werden ([www.vgq.ch](http://www.vgq.ch)). Vortrag Karl Thomas Batz siehe: Karl-Thomas Batz 2014

<sup>263</sup> Heinzmann 2015

<sup>264</sup> Womack et al. cop. 1990; Womack und Jones 1996

Inwieweit eine Übertragung der Lean-Ansätze geeignet ist, die Planungsprozesse beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden effizienter zu gestalten und die Qualität des gebauten Objektes zu sichern, soll in weiterer Folge untersucht werden.

#### 4.1.2. Lean Production und Lean Management

Die Idee der Lean Production beruht auf dem Toyota-Produktionssystem (TPS),<sup>265</sup> das in den 1950er Jahren von Taiichi Ohno für die Toyota Motor Company entwickelt wurde. Der Chefsingenieur von Toyota hatte die Produktionsanlagen von Henry Ford in Detroit intensiv studiert und für den japanischen Markt adaptiert.<sup>266</sup> Henry Ford setzte auf die Massenproduktion im «Fluss-Prinzip»,<sup>267</sup> eine kleine Modellpalette an Autos (für einen noch wenig differenzierten Markt), aber umfangreiche Lagerbestände. Die Produktion bei Toyota folgte zwar auch diesem «Fluss-Prinzip», änderte aber die treibende Kraft: Die Produktion sollte durch Kundenwünsche gezogen («Pull») und nicht vom Hersteller gepusht («Push») werden.<sup>268</sup> Die Modellpalette und der Produktionsprozess von Toyota wurden daher am Kundenbedürfnis (der Nachfrage) und an der Wertschöpfung für den Kunden ausgerichtet. Alle nicht wertschöpfenden Tätigkeiten, die keinen (Gegen-)Wert für den Kunden darstellten (die als «Verschwendung» deklariert wurden), wie administrativer Aufwand, unnötige Arbeitswege, zeit- und kostenintensive Lagerhaltungen oder Transportwege wurden eliminiert.<sup>269</sup> Das Produktionssystem von Toyota war im Westen bis in die 1970er Jahre nicht bekannt. Die europäische und amerikanische Automobilindustrie wurde erst neugierig, als sie von der japanischen Industrie überholt wurden. Zuerst wurde die «Statistische Qualitätsregelung»<sup>270</sup> als Ursache für den Erfolg angesehen, dann Qualitätszirkel mit entsprechenden Mitarbeitern.<sup>271</sup> Als das alles nichts half, wurden Erklärungen wie «Mentalitätsbesonderheiten, traditionell andere Formen der Sozialpartnerschaft oder geheimnisvolle Methoden»,<sup>272</sup> für den Erfolg verantwortlich gemacht.

Europa und Amerika versuchten, nachzuziehen und das Produktionssystem und das Managementsystem dahinter zu kopieren.<sup>273</sup> Fueglistaller et al. 2009 erläutern, dass die oberflächliche Übersetzung von «lean» mit «schlank, mager, kümmerlich» und die daraus abgeleitete Implementierung in den Produktionsbetrieben zumeist zu einer Fokussierung auf kostensenkende Maßnahmen und Personalabbau führten.<sup>274</sup> Der Grund liegt auch in der Namensgebung «lean», die auf den MIT<sup>275</sup>-Forscher John Krafcik zurückgeht: «Lean production is «lean» because it uses less of everything compared with mass production – half the human effort in the factory, half the manufacturing space, half the investment in tools, half the engineering hours to develop a new product in half the time. Also, it requires keeping far less than half the needed inventory on site, results in many fewer defects, and produces a greater and ever growing variety of products.»<sup>276</sup>

---

<sup>265</sup> Zollondz 2013, S. 119

<sup>266</sup> Womack et al. 2007

<sup>267</sup> Das Fluss-Prinzip bedeutet, dass die Produktionslinie auch bei Defekten nicht stoppen durfte. Fehler wurden am Ende der Produktion in ausgedehnten Re-Work Areas behoben. Womack et al. 2007, S. 55

<sup>268</sup> Begriffsdefinitionen siehe auch Tabelle 8

<sup>269</sup> Heidemann 2011, S. 5, Heidemann 2011, S. 9

<sup>270</sup> «Qualitätsregelung mithilfe statistischer Methoden» Definition auf [www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/vorles/mb/node87.html](http://www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/vorles/mb/node87.html)

<sup>271</sup> Kamiske 2005, S. 51

<sup>272</sup> DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität 2016, S. 6

<sup>273</sup> Dahm und Haindl 2008, S. 37

<sup>274</sup> Fueglistaller et al. 2009, S. 46

<sup>275</sup> MIT– Massachusetts Institute of Technology – Technische Hochschule in Cambridge (USA)

<sup>276</sup> Womack et al. 2007, S. 11

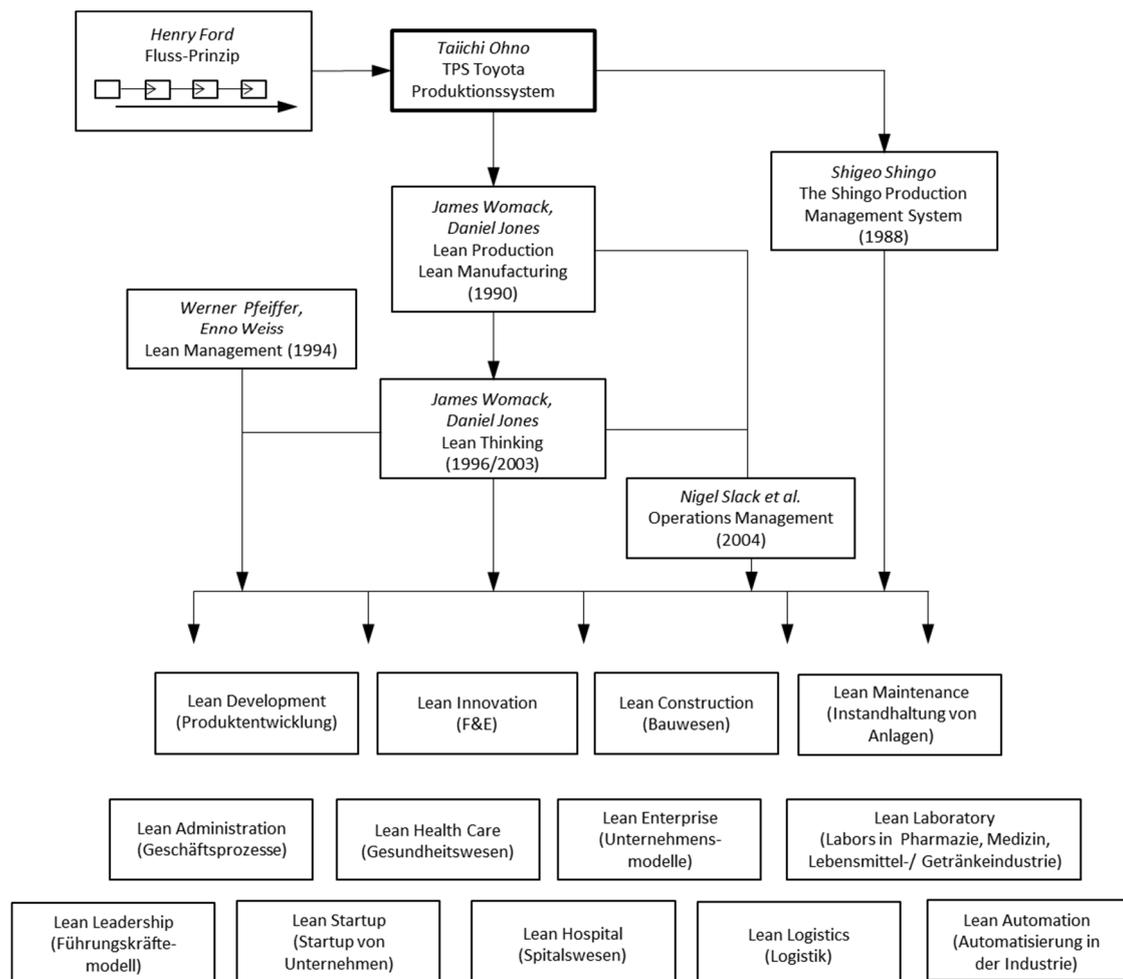


Abbildung 25: Übersicht über die Entwicklungsgeschichte unterschiedlicher Begrifflichkeiten von Lean. Nach den Publikationen von Pfeiffer und Weiss cop. 1994 und Womack und Jones 1996 hat der Begriff eine Vielzahl an Anwendungsgebieten durchdrungen. Die Übersicht der Urheber erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, im Umfeld der Weiterentwicklung von Lean gibt es zahlreiche Publikationen (siehe Auszug S. 68). Auch die erwähnten Begrifflichkeiten zeigen nur einen Ausschnitt aus einer Internetrecherche für diese Arbeit. Eine Zuordnung, wer der ursprüngliche geistige Urheber der jeweiligen Bezeichnungen für die Lean-Anwendungsgebiete ist, ist nicht immer möglich und auch nicht wesentlich für diese Arbeit – viele Begriffe werden zu Marketingzwecken von Unternehmen, Beratern oder Behörden verwendet. Die Ausnahme ist im Kontext dieser Arbeit der Begriff der Lean Construction – diese wird in Kap. 4.1.4 ab S. 72 näher erläutert.

Mit der von der amerikanischen Automobilindustrie im Rahmen des International Motor Vehicle Program (IMVP) an das MIT in Auftrag gegebenen Forschung und den 1990 erstmals publizierten Ergebnissen wurde also der Begriff «Lean Production im Westen geprägt».<sup>277</sup> In Japan hingegen und auch bei der Toyota Motor Company ist der Begriff «Lean» bis heute unbekannt.<sup>278</sup>

«Es lag am Management», so lautete die Erklärung für den Erfolg von Kamiske 2005, dessen Artikel in der QZ für Aufregung sorgte und den Europäern auch die Augen öffnete. Qualitätssicherung muss alle Unternehmensbereiche umfassen und sowohl vom Arbeiter an der Produktionsstraße bis zum Management alle gleichermaßen betreffen, so seine Schlussfolgerung.<sup>279</sup>

<sup>277</sup> Womack et al. cop. 1990

<sup>278</sup> Zollondz 2013, VII, Vorwort

<sup>279</sup> Kamiske 2005, S. 52

In der Zwischenzeit wurden aber viele der im TPS angewandten Werkzeuge und Methoden in den Westen transferiert. Pfeiffer und Weiss verstehen das TPS als Lean Management.<sup>280</sup> Dies war der Anfang für die Anwendung von «Lean-Methoden» und «-Werkzeugen» auf viele andere Anwendungsgebiete. Auch Slack et al. 2004 untermauern dies.

*«In terms of practice however, there is still a great deal of scope for applying these, now clearly articulated and tested, principles – especially beyond their traditional manufacturing roots [...]»*<sup>281</sup>

Man erklärte also die für die Produktion entwickelten Methoden und Werkzeuge (Tabelle 8) über eine Vielzahl an Bereichen als in der Praxis erfolgreich anwendbar: In allen nimmt die Intention, jegliche Verschwendung zu vermeiden,<sup>282</sup> eine wichtige Stellung ein. Eine Vielzahl an Publikationen beschäftigt sich mit Lean in allen Facetten, z. B. Liker 2007, Romberg 2010, Gorecki 2013, Gorecki und Pautsch 2013, Heidemann 2011 u. v. a. m. Sie haben weltweit nicht nur die Produktion, sondern auch das Managementwesen und viele andere Bereiche beeinflusst (siehe Abbildung 25).

*Tabelle 8: Übersicht Methoden und Werkzeuge des Lean Management. Die Liste stellt einen Auszug dar. Eine Vielzahl an weiteren Prinzipien, Methoden und Werkzeugen ist in den angeführten Literaturquellen zu finden.*

Bezeichnung	Beschreibung
Pull-Prinzip	Das Pull-Prinzip kennzeichnet eine bedarfsorientierte Fertigung, die «gezogen» (pull) und nicht «geschoben» (push) wird. Erst wenn der Kunde oder ein in der Fertigung ein nachfolgender Schritt ein Produkt anfordert, wird produziert. <sup>283</sup>
Kanban	Kanban ist die Umsetzung des Pull-Prinzips in der Prozesssteuerung zur Optimierung des Materialflusses – ähnlich einem Supermarkt: die Ware wird aufgefüllt, wenn im Regal eine Lücke durch Entnahmen des Konsumenten entsteht. <sup>284</sup>
Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP) «KAIZEN»	KAIZEN bedeutet die « <i>Verbesserung zum Guten</i> » und hat ihre Wurzeln in der Auffassung, dass Veränderung die Chance für Verbesserung ist. Der kontinuierliche Verbesserungsprozess KVP basiert auf permanenten Änderungen in kleinen Schritten und zielt auf die Erfahrungen der Mitarbeitenden im Produktions- und Arbeitsprozess, die ihre Ideen zur Verbesserung einbringen sollen, um den Prozess reibungsloser zu gestalten. <sup>285</sup>
Plan-Do-Act-Check (PDCA)	Der PDCA-Zirkel ist eng mit dem KVP verbunden und eine Qualitätsverbesserungstechnik. Es ist ein nie endender, zyklischer Prozess. Die «Do-Phase» wird dabei als «Probieren» verstanden, die Ergebnisse der «Act-Phase wieder an den Beginn «Plan» zur Verbesserung übergeben. <sup>286</sup> Laut Gorecki und Pautsch 2013 zwingt diese Technik die Beteiligten zu einer Systematik im Projektverlauf. Siehe auch Abbildung 32 auf Seite 77.
A3-Report	Der A3-Report ist eine methodische Vorgehensweise (die auf einem A3-Papier Platz haben sollte) und wird von Experten für die Analyse komplexer Herausforderungen benutzt, um eine Verbesserung (gem. PDCA) zu erzielen. <sup>287</sup>
8D-Report	Der 8D-Report ist ähnlich dem A3-Report, allerdings für Probleme, deren Ursachenermittlung aufwendiger ist und ein Team an Experten benötigt. <sup>288</sup>

<sup>280</sup> Obwohl in der Publikation hauptsächlich die Prinzipien der Lean Production beschrieben werden.

<sup>281</sup> Slack et al. 2004, S. 380

<sup>282</sup> DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität 2016, S. 2

<sup>283</sup> Gorecki 2013, S. 60

<sup>284</sup> Gorecki 2013, S. 60–66

<sup>285</sup> Gorecki 2013, S. 13–14; Zollondz 2013, S. 46

<sup>286</sup> Zollondz 2013, S. 13

<sup>287</sup> Gorecki 2013, S. 100

<sup>288</sup> Gorecki 2013, S. 101–102

Jidoka	Das Jidoka-Prinzip bedeutet den Stopp der Produktionsstraße, sobald ein Fehler auftritt. Das Band bzw. die Produktion läuft erst weiter, wenn der Fehler behoben ist. <sup>289</sup>
6W-Fragetechnik	Die 6W-Fragetechnik zielt auf das gründliche Hinterfragen von Ursachen aufgetretener Probleme. Ziel ist es, anstatt der Symptombekämpfung die «wahren» Ursachen hinter Problemen zu erkunden, die zumeist in vorgelagerten oder übergeordneten Prozessen auftreten. Die 6W sind die Fragen «Was, wer, wo, wann, warum und wie?» <sup>290</sup>
Poka Yoke	Poka Yoke ist eine Fehlervermeidungstechnik, um nicht nur Qualität des Produkts, sondern auch im Prozess zu verbessern. <sup>291</sup> Im Lean Management spricht man von der Vermeidung von «unbeabsichtigten» Fehlern. <sup>292</sup> Dies geschieht durch Maßnahmen an Produkten oder Werkzeugen, die verhindern, dass z. B. Anschlüsse falsch montiert werden, oder durch Maßnahmen, die auf mögliche Fehlerquellen hinweisen. Das System soll unbeabsichtigte Fehlhandlungen intuitiv vermeiden. <sup>293</sup>
5-S (oder auch 5-A)	Die 5-S-Methode konzentriert sich auf die Vermeidung von Verschwendung auf der Ebene der Arbeitsumgebung der Mitarbeitenden durch Standardisierung – je besser diese sich in einem neuen Umfeld oder an unterschiedlichen Arbeitsorten in der Fertigung zurechtfinden können, desto schneller, effizienter und fehlerfreier kann der Mitarbeitende agieren. <sup>294</sup> Ein wichtiger diesbezüglicher Ansatz für alle Bereiche ist das Visual Management (siehe Kapitel 4.1.3).

Erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist Shigeo Shingo (vgl auch Abbildung 25), der als Berater bei Toyota agierte<sup>295</sup> und unter anderem für die 10 Prinzipien der «operationalen Exzellenz»<sup>296</sup> verantwortlich zeichnete.<sup>297</sup> Er entwickelte das sogenannte «Shingo House», das die zentralen Begriffe des Lean Management und deren Bedeutung veranschaulicht (siehe Abbildung 26).<sup>298</sup>

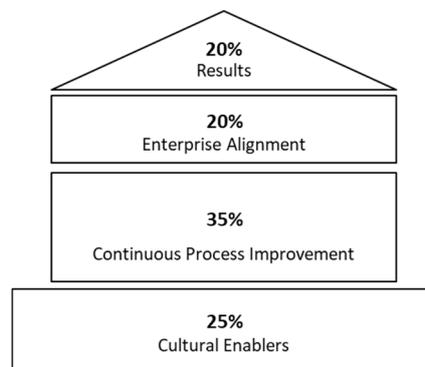


Abbildung 26: Das Shingo House mit den vier zentralen Managementbegriffen im Lean Management. Zollondz 2013, S. 183.

<sup>289</sup> Gorecki 2013, S. 13–14

<sup>290</sup> Gorecki 2013, S. 123–124

<sup>291</sup> Gorecki 2013, S. 86

<sup>292</sup> Bertelsen 2004, S. 18

<sup>293</sup> Zollondz 2013, S. 173

<sup>294</sup> Gorecki 2013, S. 73

<sup>295</sup> Zollondz 2013, S. 172

<sup>296</sup> «Operationale Exzellenz [...] Übertagende Praktiken in der Führung einer Organisation und beim Erzielen von Ergebnissen[...].» (Zollondz 2013, S. 183, 185)

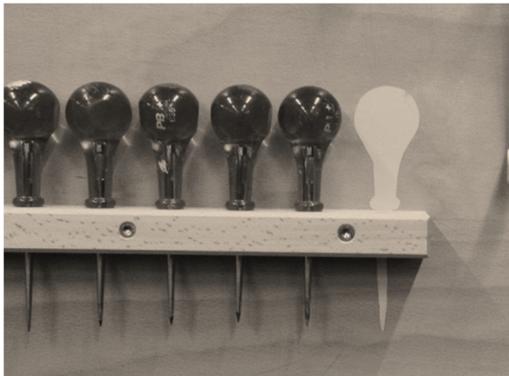
<sup>297</sup> Zollondz 2013, 183, 185

<sup>298</sup> Zollondz 2013, S. 183

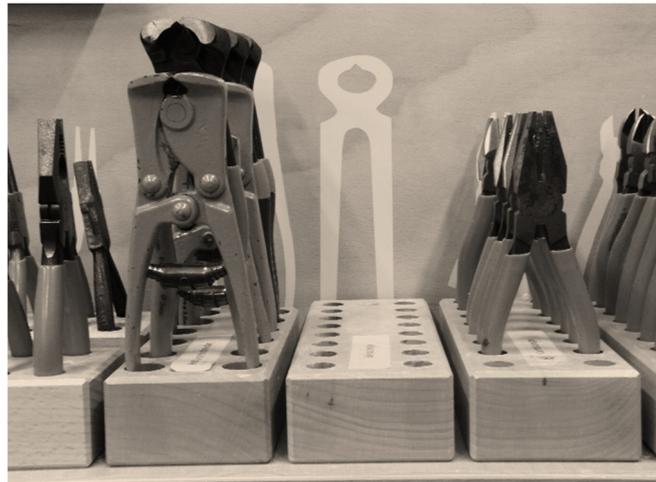
Shingo vertritt die Erkenntnis, dass Lean Management zu einem großen Teil (25 Prozent) auf sogenannten «*Cultural Enablers*» beruht. «*Diese Kultur kann aber nicht übertragen, sondern nur in einem Lernprozess erworben werden.*»<sup>299</sup> Für die Umsetzung von Lean Management, so seine Auffassung, müssen auch die kulturellen Faktoren eine Transformation erfahren.<sup>300</sup>

#### 4.1.3. Visual Management

In der Lean Production werden vielfach die Werkzeuge des Visual Management genutzt. Im Produktionsablauf sollen damit Verhaltensweisen bei der Bedienung von Werkzeugen und Maschinen gesteuert, Organisationsabläufe kommuniziert und Maßnahmen und Standards abgebildet werden. Visual Management stützt sich dabei auf die These, dass Informationen besser vermittelt werden können, wenn mehr als ein Wahrnehmungssinn des Menschen angesprochen.<sup>301</sup> Im Produktionsablauf ist Visual Management damit ein Werkzeug, um die Eigenverantwortung der Ausführenden zu stärken und die Schwachstellen der klassischen Kommunikationsmittel zu kompensieren.<sup>302</sup> Das Einhalten der geeigneten (richtigen) Prozessabläufe wird erleichtert, die Prozessqualität gesichert<sup>303</sup> und zudem neue Mitarbeitende ohne aufwendige Einführung in den richtigen Ablauf einfach und größtmöglich selbsterklärend integriert.<sup>304</sup>



Abbildungsserie 27: Beispiele für Visual Management in Schul-Werkstätten.



Tezel et al. 2008 untersuchten die Möglichkeiten, Visual Management auf das Bauwesen zu übertragen. Sie stützten sich dabei auch auf die Erkenntnisse von Saurin et al. 2006, die sich mit dem Sicherheitsmanagement in der Lean Production beschäftigten. Visual Management ist für «*Poka yoke*», die Vermeidung von «*unbeabsichtigten*» Fehlern (siehe auch Tabelle 8) ein wichtiger Aspekt.<sup>305</sup>

Sie weisen zwar darauf hin, dass Sicherheit im Produktionsprozess leichter als in Bauprozessen garantiert werden könne, weil die Prozesszyklen sich in kürzerem Zeitraum wiederholen.<sup>306</sup> Grundsätzlich verweisen sie aber auf die Vorteile des Einsatzes von visuellen Systemen im Bauwesen zur

<sup>299</sup> Zollondz 2013, S. 184

<sup>300</sup> Zollondz 2013, S. 187

<sup>301</sup> Tezel et al. 2008, S. 470

<sup>302</sup> Tezel et al. 2008, S. 470

<sup>303</sup> Tezel et al. 2008, S. 470

<sup>304</sup> Tezel et al. 2008, S. 470

<sup>305</sup> Tezel et al. 2008, S. 474

<sup>306</sup> Saurin et al. 2006, S. 493

Vermeidung von menschlichem Fehlverhalten.<sup>307</sup> Damit greifen sie auf die Erkenntnisse des «*Cognitive Systems Engineering (CSE)*» zurück, das erstmals von Hollnagel und Woods 1983 beschrieben wurde. Das Prinzip dabei ist die Einfachheit des Designs für das Funktionieren eines Werkzeuges. «*The strongest rule is what you see is what you do.*»<sup>308</sup>

Tezel et al. 2008 identifizieren den Unterschied zwischen der Produktionslinie in der Automobilindustrie und dem Bauwesen (Zykluswiederholung ist eine andere). Sie verweisen aber andererseits auf die Korrelation in Bezug auf den Projektcharakter von Automobilindustrie und Bauwesen, bei dem sich temporäre Herstellungsprozesse um ein Produkt anordnen. Diese Projekthaftigkeit sowohl in der Automobilindustrie als auch im Bauwesen verhindert den Aufbau langfristiger Beziehungen zwischen den Akteuren und Planungsbeteiligten. Dies führt aus der Sichtweise von Tezel et al. 2008 zu komplexen und auch unsicheren Systemen. Sie beziehen sich dabei, so ist es wohl zu deuten, auf die Arbeitsumgebung.<sup>309</sup>

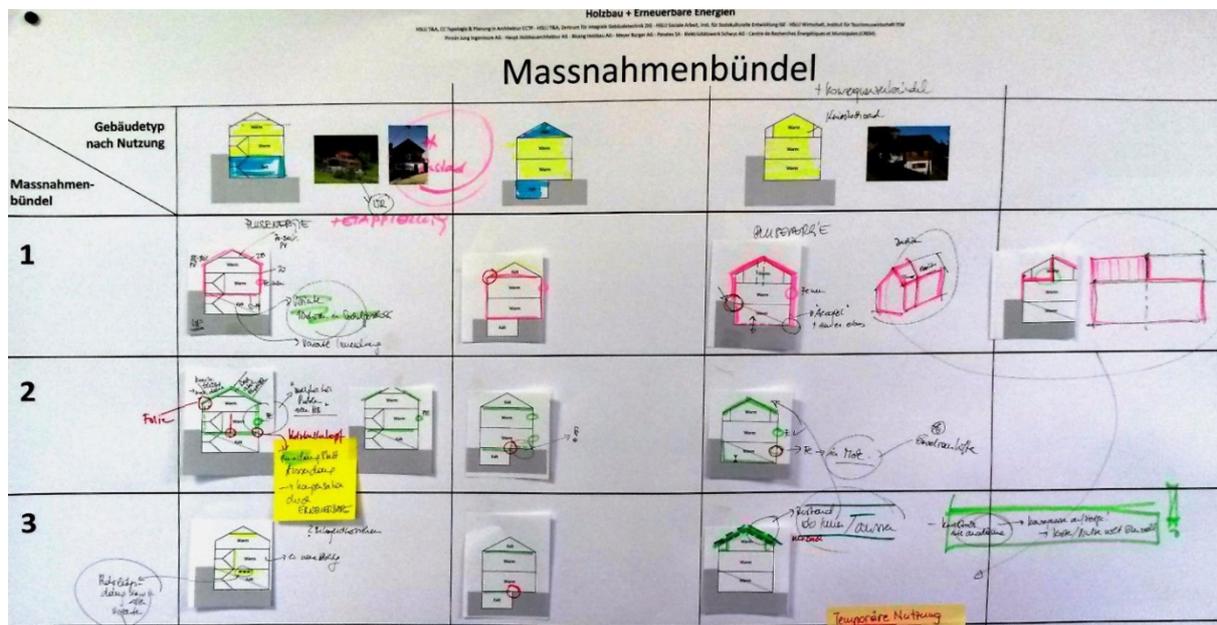


Abbildung 28: Verknüpfung von Informationen in konzeptionellen Planungsphasen.  
Bild: Projekt Holzbau & Erneuerbare – CCTP 2016.

Um mit dieser unsicheren Arbeitsumgebung umgehen zu können, müssen die Aktivitäten der Akteure in der Organisation besser auf die strategischen Ziele und Prozesse abgestimmt werden. Hier sehen Tezel et al. 2008 das Visual Management als einen Managementansatz, der ein fehlerfreies Ablaufen eines Prozesses verbessern kann.<sup>310</sup>

Grundsätzlich werden zwei grundlegende Funktionsbereiche im Visual Management unterschieden.

- › Darstellung von Informationen: das Bewusstmachen und Verknüpfen von Informationen durch die Visualisierung von Information (wie in Abbildung 28 dargestellt).
- › Handlungsleitung: Visuelle Darstellungen, die den richtigen Umgang, die richtige Ausführung von Aktivitäten und Handlungsketten anleiten (wie in Abbildungsserie 27 dargestellt).

Gorecki 2013 erläutert die Bedeutung von Visual Management als Werkzeug für besseres Informationsmanagement. Es stellt die essenzielle Basis für die Qualität von Entscheidungen dar. Nicht nur

<sup>307</sup> Saurin et al. 2006, S. 491; Fueglistaller et al. 2009, S. 46

<sup>308</sup> Saurin et al. 2006, S. 491

<sup>309</sup> Tezel et al. 2008, S. 469

<sup>310</sup> Tezel et al. 2008, S. 467

in der Produktion ist Visual Management unverzichtbar, er definiert es auch als das «Alltagswerkzeug» im Management.

Tezel et al. 2008 führen aber an, dass die Möglichkeiten zur Stimulation aller fünf menschlichen Sinne durch Visual Management bislang zu wenig Beachtung gefunden haben. Ihrer Ansicht nach können mittels Visual Management Informationen besser [fehlerfreier, Anm. Verf.] vermittelt und Schwachstellen der klassischen Kommunikation kompensiert werden.

#### 4.1.4. Lean Construction

Wie schon in Kap. 4.1.2 erwähnt, beeinflusste der Lean-Ansatz auch andere Branchen, unter anderem auch das Bauwesen. Die Übertragung des Lean-Ansatzes auf das Bauwesen wird unter anderem mit dem Begriff «Lean Management im Bauwesen» beschrieben, wie Heidemann 2011 ausführt.

*«Lean Management im Bauwesen ist ein Ansatz, um das gesamte Projekt gemeinschaftlich in Planung und Ausführung zu optimieren – unter Einbeziehung aller Projektbeteiligten zu einem möglichst frühen Zeitpunkt. Dabei steht die Kundenorientierung im Fokus. Der Auftraggeber und das Projektteam treffen gemeinsam Entscheidungen, finden Lösungen und vermeiden Risiken bzw. tragen diese gemeinsam.»<sup>311</sup>*

Etabliert hat sich aber eher der Begriff Lean Construction, der sich durch die Gründung des Lean Construction Institute (LCI) 1997 verbreitete. Ziel des Institutes ist es, die gebaute Umwelt durch die Implementierung des Lean-Ansatzes zu transformieren.<sup>312</sup>

Grundsätzlich zielt Lean Construction auf die Verbesserung des Flusses im Bauprojektlauf (in Analogie zum Fluss im Produktionsablauf). Koskela 2000<sup>313</sup> entwickelte dazu in seiner Dissertation «An exploration towards a production theory and its application to construction» das TVF-Prinzip, das die relevanten Aspekte aus der Produktion auf das Bauwesen übertrug. Diese sind in Tabelle 9 dargestellt.

<b>T</b>	Transformation	Transformation von Input- zu Output Gütern <sup>314</sup>
<b>V</b>	Value Generation	Wertschöpfung für die Bauherrschaft schaffen
<b>F</b>	Flow	Fluss-Prinzip in Analogie zu dem bewegten Werkstück in der Produktion

Tabelle 9: Drei Aspekte des TVF-Prinzips nach Koskela 2000. Koskela 2000, S. 3.

Auch Bertelsen 2004 beschreibt dieses Fluss-Prinzip für den gesamten Bauprojektverlauf. Er erläutert die Verschwendung in Bezug auf Wartezeiten und Transport während des Bauens, aber auch in Bezug auf den Informationsfluss im Planen.

Mit diesen Übertragungen der Prinzipien der Lean Production auf das Bauwesen wurden einige der Methoden direkt übernommen, andere neu entwickelt.<sup>315</sup>

<sup>311</sup> Heidemann 2011, S. 14

<sup>312</sup> <https://www.leanconstruction.org/>; «LCI Vision: Transform the Built Environment through Lean Implementation»

<sup>313</sup> Koskela 2000

<sup>314</sup> Die Definition des Wertschöpfungsprozesses in der Lean Production basiert auf der Transformation, die durch den Wertschöpfungsprozess entsteht und «aus einfachen oder auch komplexen Input-Gütern über verschiedene Wertschöpfungsstufen Output-Gütern» generiert. (Zollondz 2013 S. 32)

<sup>315</sup> Heidemann 2011, S. 12-14

Das Last Planner System™ (LPS)<sup>316</sup> und das Lean Project Delivery System (LPDS) sind zwei wesentliche Werkzeuge, die für das Lean Management im Bauwesen neu entwickelt wurden.

Das Last Planner System (LPS)<sup>TM</sup> baut wie die Produktion linear auf dem Fluss-Prinzip auf. Die Planungstätigkeiten, die im Projekt zu erledigen sind, werden wie ein Fertigungsstück im Produktionsfluss betrachtet. Jeder Arbeitsschritt muss an den Nachfolgenden ordnungsgemäß und Just-in-Time übergeben werden. Der Planende, der an den nächsten die eigenen Planungsergebnisse übergibt, wird Last Planner genannt. Wenn nun ein Schritt unvollständig oder fehlerhaft war, ist dieser nachfolgende Planer verpflichtet, den Ablauf anzuhalten.<sup>317</sup>

Wesentlich im LPS<sup>TM</sup> sind regelmäßige Besprechungen in sehr kurzen Zeitintervallen (täglich oder wöchentlich), an denen die tatsächlich planenden Mitarbeitenden teilnehmen und die einzelnen Planungsschritte abstimmen.<sup>318</sup> Voraussetzung dafür ist, dass diese zur Handlungspflicht auch Entscheidungskompetenz übertragen bekommen. Besprechungsteilnehmende müssen daher entscheidungsbefugt («*Autonation*») sein. Sie entwickeln gemeinsam (unter frühem Einbezug aller Gewerke) Zeitpläne und kontrollieren in regelmäßigen Sitzungen den Fortschritt.<sup>319</sup>

Die prolongierten Vorteile des LPS<sup>TM</sup> sind schnellere Durchlaufzeiten und höhere Zuverlässigkeit. Puffer, die sonst bei hierarchischer Zeitplanung in zu grob eingeteilten Zeitabschnitten überdimensioniert werden, sollen den Argumenten des LPS<sup>TM</sup> nach entfallen.<sup>320</sup>

Im Lean Project Delivery System (LPDS) werden die Methoden des LPS<sup>TM</sup> konsequent umgesetzt. Dabei wird das Projekt in fünf Phasen inklusive der Nutzungsphase unterteilt.<sup>321</sup>



Abbildung 29: Fünf Phasen des Lean Project Delivery System (LPDS). Ballard 2008, 5, Figure 3.

Heidemann 2011 nennt die wesentlichen «*Techniken zur Umsetzung des LPDS*».

- › *Einbindung von Downstream Player in Upstream-Entscheidungen*
- › *Treffen/Festlegen von Entscheidungen zum spätestmöglichen Zeitpunkt*
- › *Abstimmung der verschiedenen Interessen zur gemeinsamen Projektoptimierung*
- › *Gemeinsame Bestimmung, Einteilung und Festlegung von Puffern zur Minimierung von Schwankungen*<sup>322</sup>

Diese Techniken sind in allen Phasen deutlich erkennbar: In der ersten Phase, der Projektdefinition, werden nicht nur der Bauherrschaft und der Architekt, sondern auch alle späteren Projektbeteiligten und die Nutzenden in den Prozess eingebunden.<sup>323</sup>

<sup>316</sup> Eine Trademark™ des Lean Construction Institutes.

<sup>317</sup> In der Lean Production trägt jeder Arbeitende entlang der Produktion die Verantwortung (Japanisch «Jidoka»), diese anzuhalten, wenn ein Fehler detektiert wird. Siehe Tabelle 8.

<sup>318</sup> Hofacker 2010, S. 46

<sup>319</sup> Heidemann 2011, S. 14

<sup>320</sup> Hofacker 2010, S. 45–47

<sup>321</sup> Heidemann 2011, S. 16

<sup>322</sup> Heidemann 2011, S. 17–18

<sup>323</sup> Heidemann 2011, S. 16

Wesentlich in der zweiten Phase, der Lean-Planung, ist das sogenannte *«Set-based design»*, in dem Alternativen parallel betrachtet werden und zum spätestmöglichen Zeitpunkt die Entscheidung getroffen wird.<sup>324</sup>

*«In der dritten Phase», so Heidemann 2011 weiter, «der Lean-Lieferungs-Phase, werden mit Hilfe von Detailed-Engineering die einzelnen Produktelemente im Detail geplant, auch im Hinblick auf die spätere Logistik vor Ort. In diesen Prozess werden sowohl Produkt- und Planungsspezialisten als auch Endnutzer einbezogen. Kennzeichnend für den Lean Prozess ist, dass hier über die traditionellen Teams hinaus in interdisziplinären Teams gearbeitet wird. Idealerweise werden so bereits während der Planung alle späteren Nachunternehmer und Lieferanten, die eine Schlüsselfunktion im Projekt haben, eingebunden.»*<sup>325</sup>

In der vierten Phase, der Lean-Ausführung, werden für die Vorfertigung alle Werkzeuge und Methoden der Lean Production angewendet.<sup>326</sup> Der Kreis schließt sich durch *«Learning Loops»*<sup>327</sup> mit der Phase der Nutzung (bei Ballard 2008 als *«use»* bezeichnet).<sup>328</sup> Eine Konkretisierung dieser Phase findet bei Ballard nicht statt.

Der große Unterschied vom LPDS zur herkömmlichen Projektabwicklung ist die enge Kopplung der Verantwortlichkeiten an die Handlungsebenen. Dabei sind die Projektmitarbeitenden in die Entscheidungen zum Projektablauf eingebunden und können direkt organisationsübergreifend Arbeitsschritte auch ablauftechnisch mitentscheiden. Auch werden mit dem LPDS zu einem früheren Planungszeitpunkt Akteure aus späteren Planungs- und Ausführungsphasen miteinbezogen.<sup>329</sup>

#### 4.1.5. Scheitern von Lean-Methoden

Bei diesen Übertragungen des Lean-Ansatzes auf das Bauwesen wurden die methodischen Prinzipien und Leitsätze herausgelöst und für die Anwendung auf Bauprojekte aufbereitet: Tezel et al. (2008) weisen darauf hin, dass bisherige Bemühungen, *«Lean Thinking»* auf das Bauwesen zu übertragen, nur in der Adaptation der bewährten Methoden aus der Lean Production bestanden.

Bislang hielten sich auch die Erfolge in Grenzen. Lean Construction ist in Europa im Bauwesen wenig bekannt und umgesetzt.<sup>330</sup> Die USA sind bei der Anwendung des LPS™ nach 10 Jahren führend<sup>331</sup> in der Umsetzung von Lean Management im Bauwesen. In Europa sind diese Werkzeuge in der gängigen Baupraxis jedoch noch nicht weit verbreitet.<sup>332</sup> Heidemann 2011 führt zwar einige Bauprojekte an,<sup>333</sup> die in Deutschland unter Anwendung von Lean-Ansätzen realisiert wurden. Diese Projekte waren aber Pilotprojekte großer Baukonzerne, in denen einzelne ausgewählte Lean-Werkzeuge implementiert wurden (ibid). 2012 wurde im Magazin der Strabag von der Einführung von Lean Construction in ersten Verkehrsprojekten berichtet, weitere sollten laut dieser Berichterstattung folgen.<sup>334</sup> In der 2015 erschienenen Broschüre der Gruppe *«Zentrale Technik»*, die der Unterstützung der beiden Baukonzerne Strabag und Züblin dient, wird Lean bereits für Hoch- und Tiefbau als

---

<sup>324</sup> Heidemann 2011, S. 17

<sup>325</sup> Heidemann 2011, S. 17

<sup>326</sup> Heidemann 2011, S. 17

<sup>327</sup> Ballard 2008, 5, Figure 3

<sup>328</sup> Ballard 2008, 5, Figure 3

<sup>329</sup> Heidemann 2011, S. 15

<sup>330</sup> Heidemann 2011, S. 18

<sup>331</sup> Heidemann 2011, S. 51

<sup>332</sup> Heidemann 2011, S. 18

<sup>333</sup> Heidemann 2011, S. 18-20

<sup>334</sup> Inform – Magazin der Strabag AG: *«Lean – Mehr als schlank»*, S. 19

Grundlage für die Projektabwicklung angeführt. Welche Methoden zur Anwendung kommen, wird nicht im Detail erläutert.<sup>335</sup>

Doch selbst im angestammten Bereich der Produktion erwies sich die Implementierung der Lean-Methoden und -Werkzeuge nicht immer als erfolgreich. Das oberflächliche und kontextlose Umsetzen der Methoden und Werkzeuge in den Produktionsstätten des Westens fokussierte darauf, Kosten zu senken, Lager zu reduzieren und schneller zu produzieren, um den Kunden schneller zufriedenzustellen.<sup>336</sup> Dies führte, nach Zollondz 2013, vielfach zum Misserfolg. Möglicherweise lag es am falschen Verständnis: In den 1990er Jahren verstanden viele Firmen (und Beratungsunternehmen) unter «Lean» nichts anderes als «*Verschwendung vermeiden*» und implizierten damit Kostensenkung, Rationalisierung und Stellenabbau.<sup>337</sup>

Auch Fueglistaller et al. 2009 gehen konkret auf viele (ihrer Meinung nach halbherzige) Umsetzungen in den westlichen Produktionsbetrieben ein, die sich nur auf einzelne Teilbereiche des Unternehmens (z. B. die Fertigung) beziehen und nicht die Weiterentwicklung des gesamten Unternehmens anstreben.<sup>338</sup>

Sie propagieren, Lean zu implementieren, ist eine Kulturveränderung und kein Projektziel.<sup>339</sup> Der Ansatz muss auf allen Ebenen bis in die Geschäftsleitung Fuß fassen<sup>340</sup> und setzt neben der Prozessinnovation auch eine Kulturinnovation voraus.<sup>341</sup> Das Herunterbrechen von «Lean» auf einen Methodenkasten, von dem einzelne Elemente herausgepickt werden, ist laut Fueglistaller et al. 2009 zum Scheitern verurteilt.<sup>342</sup>

Das isolierte Übertragen von einzelnen Methoden und Werkzeugen führt also zu einem Scheitern oder zumindest nicht zum gewünschten Erfolg. Auch Zollondz 2013 erläutert ausführlich die Gründe für das vielfältige Scheitern von Betrieben, die den Lean-Methodenkasten als «*Verschlankeungsprogramm*» ohne Rücksicht auf den Unternehmenskontext<sup>343</sup> anwenden. Das «*Kopieren erfolgreicher Tools und Methoden*» scheitert, wenn die entsprechende «*Unternehmenskultur*» nicht gegeben ist, die aus der Motivation, Identifikation und Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter entsteht.<sup>344</sup> Damit können aber immer nur zwei Seiten des Spannungsdreiecks Kosten-Qualität-Zeit gelöst werden – zu Ungunsten des dritten Aspektes. Zollondz 2013 erläutert dazu die Handlungsgrundsätze des «*homo oeconomicus*» in der westlichen Auffassung: Die Qualität leidet sowohl unter Termin- als auch unter Kostendruck, oder eine Qualitätssteigerung führt automatisch zu höheren Kosten (siehe Abbildung 30).

---

<sup>335</sup> Züblin AG 2015, S. 26–27

<sup>336</sup> Zollondz 2013, S. 7–8

<sup>337</sup> Dahm und Haindl 2008, S. 38

<sup>338</sup> Fueglistaller et al. 2009, S. 46

<sup>339</sup> Fueglistaller et al. 2009, S. 47

<sup>340</sup> Fueglistaller et al. 2009, S. 47

<sup>341</sup> Fueglistaller et al. 2009, S. 47

<sup>342</sup> Fueglistaller et al. 2009, S. 49

<sup>343</sup> Zollondz 2013, S. 7

<sup>344</sup> Zollondz 2013, S. 241

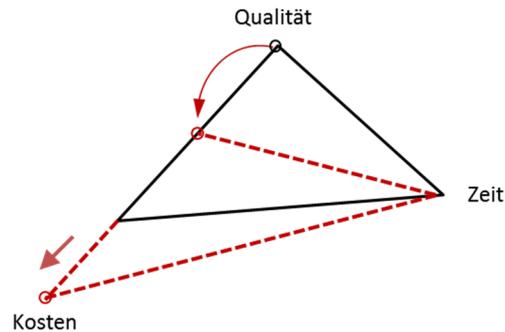


Abbildung 30: Spannungsdreieck Qualität – Kosten – Zeit. Zollondz 2013, S. 3–4. – Darstellung in Schwarz. Das Spannungsdreieck nach Zollondz ist dabei erweitert durch die Auswirkungen von zu hohem Kostendruck (beispielsweise), die zu Ungunsten eines der anderen Eckpunkte (Zeit oder Qualität) erfolgen – Darstellung in rot gestrichelten Linien.

Auch Kamiske 2005 führt an, dass durch «Kosten und Zeitdruck und die menschliche Unvollkommenheit» der Qualitätssicherung noch immer nicht die notwendige Bedeutung beigemessen wird und auch die systemische Umsetzung von Lean Management noch nicht im Bewusstsein verankert ist.<sup>345</sup>

#### 4.1.6. Lean als systemischer Ansatz

Auf die Bedeutung dieses systemischen Ansatzes weist Cho Fujio, der bis 2005 als CEO bei Toyota wirkte, hin.

«Worauf es aber ankommt, ist, dass die Elemente als System zusammenwirken.»<sup>346</sup>

Auch Zollondz 2013 erläutert, dass Unternehmen, die Lean ganzheitlich implementieren, durch «organisatorische Intelligenz» in der Lage sind, alle drei Faktoren aufeinander abzustimmen.<sup>347</sup> Der Erfolg von Lean Management beruhte entscheidend auf «Verantwortung und Entscheidungskompetenz».<sup>348</sup>

Um die irreführende Übersetzung des Toyota-Produktionssystems (TPS) mit Lean, also mit «schlank» aus der «Sackgasse» zu führen, entwirft Zollondz 2013 ein kategoriales Bild, das auf einer systemischen Analyse des Toyota-Produktionssystems (TPS) abzielt.<sup>349</sup> Damit sollen die Grundlagen für diese «organisatorische Intelligenz» geschaffen werden.<sup>350</sup>

Dieses kategoriale Grundgerüst beruht auf den Aspekten Qualität, Zeit, Raum, Kosten, Muda,<sup>351</sup> Wertschöpfung, Arbeit und Kultur (siehe Abbildung 31). «Raum, Qualität, Zeit und Kosten sind darauf ausgerichtet, Muda zu vermeiden. «Muda» ist im Kontext von Wertschöpfung zu sehen. Arbeit und Kultur sind die formbestimmenden Kategorien des Kontextes. Er spricht auch von der «Einbettung in die zu formende Organisationskultur» und der «Öffnung der Organisation zur Umwelt (offenes System)».<sup>352</sup>

<sup>345</sup> Er spricht aber auch den Part der «menschlichen Unvollkommenheit» an und weist damit schon die Bedeutung der persönlichen Fähigkeit des Einzelnen (der sog. Softskills) hin.

<sup>346</sup> Liker 2007, S. 57

<sup>347</sup> Zollondz 2013, S. 3–4

<sup>348</sup> Zollondz 2013, S. 335

<sup>349</sup> Zollondz 2013, S. 8–9

<sup>350</sup> Zollondz 2013, S. 3–4

<sup>351</sup> Muda ist der japanische Ausdruck für «Verschwendung».

<sup>352</sup> Zollondz 2013, S. 8–9



Abbildung 31: Kategoriales Grundgerüst des Lean Management. Bild: Zollondz 2013, S. 9.

Nachfolgend sollen die einzelnen Kategorien der systemischen Analyse nach Zollondz 2013 erläutert werden.

### Qualität

Zollondz 2013 spricht von «*verlangter Beschaffenheit*».<sup>353</sup> Qualität wird also immer in Bezug zu den Anforderungen definiert. Gleichzeitig definiert er Unterbegriffe der Qualität wie Anspruchsklasse, Beschaffenheit, Qualitätsforderung und Einheit. Die Einheit bezieht sich auf das betrachtete Objekt.<sup>354</sup> Die Anspruchsklassen oder Anspruchsgrade sind eine Art Rangindikator für Einheiten, die grundsätzlich dem gleichen Zweck dienen, aber anderen Anforderungen genügen (müssen). Als Beispiel nennt er ein Bahnticket erster oder zweiter Klasse.<sup>355</sup> Die Qualitätsforderung beschreibt er mit der «*Gesamtheit aller Einzelanforderungen an die Beschaffenheit.*»<sup>355</sup>

Er weist auch auf die Begriffe «Mangel» und «Fehler» hin: Während der Fehler eine «*Nicht-Konformität*», also eine «*Nicht-Erfüllung*» der Qualitätsanforderung darstellt, ist der Mangel ein «*Defekt*» und eine «*Nicht-Erfüllung*» von anwendungsorientierten Qualitätsforderungen».<sup>356</sup>

In weiterer Folge führt Zollondz (2013) auch den PCDA-Zyklus als Technik an, die dazu dient, Qualität zu verbessern. Dieser auch als «*kontinuierlicher Verbesserungsprozess KVP*» bekannte Zyklus besteht aus den Komponenten PCDA Plan – Do – Check – Act (siehe Abbildung 32).<sup>357</sup>

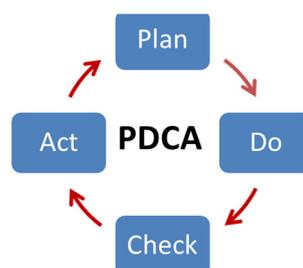


Abbildung 32: PDCA – Zyklus im Lean Management.

<sup>353</sup> Zollondz 2013, S. 11

<sup>354</sup> Zollondz 2013, S. 10

<sup>355</sup> Zollondz 2013, S. 10 und Zollondz 2013, S. 11

<sup>356</sup> Zollondz 2013, S. 11

<sup>357</sup> Zollondz 2013, S. 13; siehe auch Tabelle 8 auf S. 69

Zollondz 2013 schließt das Kapitel mit der Definition für Qualität als «*realisierte Beschaffenheit bezüglich der Qualitätsanforderung*».<sup>358</sup>

## Zeit

Zollondz 2013 verbindet den Zeitbegriff mit der Beschleunigung des Produktionsprozesses, der Transportlogistik (Just-in-Time-Anlieferung), der Arbeitszeit und dem Lebenszyklus eines Produktes.<sup>359</sup> Mit der Erläuterung des «*Time-to-Market-Begriffes*» setzt er den Begriff der Zeit auch in Bezug zur Wertschöpfung: Je kürzer die Zeit zwischen Produktentwicklung und Produktplatzierung am Markt ist, desto höher die Wertschöpfung für den Kunden.<sup>360</sup>

## Kosten

Zollondz 2013 erläutert die Kosten aus betriebswirtschaftlicher Sicht – als negativen Gegenpart zum Gewinn (der sich aus der Differenz zwischen Umsatz und den Kosten ergibt). Er erläutert den «*Break-even*»<sup>361</sup> und auch die betriebswirtschaftlichen Definitionen der unterschiedlichen Kostenarten (direkte Kosten – Gemeinkosten/variable Kosten – Fixkosten/primäre Kosten – sekundäre Kosten). Zudem verweist er auch auf die Bedeutung der Kostenrechnung als Instrument des strategischen Managements.<sup>362</sup> Letztendlich erklärt er den Begriff «*Target Costing*», der in den 1960er Jahren in Japan entwickelt wurde und darauf basiert, dass der Preis eines Produktes vom Markt bestimmt wird.<sup>363</sup>

## Wertschöpfung

Den Begriff «Wertschöpfung» bezieht Zollondz 2013 auf die Differenz zwischen den Input-Gütern und den Output-Gütern nach der Bearbeitung im Produktionsprozess.<sup>364</sup> Er erläutert zudem die vier Arten der Leistungserbringung: Nutzleistung, Stützleistung, Blindleistung und Fehlleistung. Nur die Nutzleistung trägt direkt zur Wertschöpfung eines Produktes bei. Stützleistungen sind notwendig um Nutzleistungen zu ermöglichen (z. B. Personaleinsatzplanung).<sup>365</sup> Dabei kommt er zur Erkenntnis, dass der Kunde nur bereit ist, das Ergebnis aus der Nutzleistung zu bezahlen.<sup>366</sup>

Grundsätzlich muss man daher einen Prozess in alle vier Leistungsarten zerlegen und deren Beitrag zur Wertschöpfung für den Kunden hinterfragen.<sup>366</sup> Optimierende Einflussmöglichkeiten sieht er nur langfristig – «*man muss möglichst früh, möglichst intensiv und möglichst interdisziplinär eingreifen.*»<sup>366</sup>

## Raum

Zollondz 2013 führt zur Kategorie des Raumes aus, dass «Raum» per se nicht gegeben ist, sondern «*geschaffen werden muss*».<sup>367</sup> Er definiert den Raum als «*positionale Relation zwischen bewegten*

---

<sup>358</sup> Zollondz 2013, S. 11

<sup>359</sup> Zollondz 2013, S. 14–21

<sup>360</sup> Zollondz 2013, S. 16

<sup>361</sup> Zollondz 2013, S. 25

<sup>362</sup> Zollondz 2013, S. 26

<sup>363</sup> Zollondz 2013, S. 27

<sup>364</sup> Zollondz 2013, S. 32

<sup>365</sup> Zollondz 2013, S. 31–32

<sup>366</sup> Zollondz 2013, S. 33

<sup>367</sup> Zollondz 2013, S. 23

Elementen»<sup>368</sup> und stellt fest, dass die «*Realität des Raumes relational*» ist.<sup>368</sup> Die Basis dazu sind «*geografische, sozioökonomische und organisatorische Merkmale*».<sup>364</sup>

Konkret führt er aus: «*Der entsprechende Verbund von Standorten und Materialströmen ergibt die räumliche Struktur des Logistiksystems der Unternehmung.*»<sup>369</sup> Er kritisiert Medientheoretiker wegen der Begriffsdefinition des Raumes: «*Wenn insbesondere Informations-, Kommunikations- und Transporttechnologien immer mehr Räume erschließen und das Verhältnis zum Ort lockern, dann heißt das nicht, dass nur noch die Zeit regiert und der Raum zum Verschwinden gebracht wird. Orte und Räume sind unersetzbare Basisbegriffe, die nicht territorial zu denken sind, sondern [...] relational.*»<sup>368</sup>

## Arbeit

Zollondz 2013 beschreibt die Kategorie der Arbeit sehr ausführlich und vergleicht dabei die europäische Perspektive mit der japanischen Einstellung gegenüber Arbeit. Das europäische Verständnis von Arbeit ist weitaus negativer besetzt: Dies zeigt sich unter anderem etymologisch. Die Wortstämme des deutschen Begriffes «Arbeit» gehen auf «*arm, mühselig und belastet*» zurück. Die französischen und spanischen Wurzeln auf «*foltern, plagen*» und die englischen und italienischen auf «*leiden*».<sup>370</sup> Arbeit war die Pflicht der Sklaven, und erst nach dem Mittelalter wurde diese zu einem «*Gottesdienst*» aufgewertet,<sup>371</sup> bis das Begriffsverständnis von Arbeit sich durch die Industrialisierung wieder wandelte: Die Handwerkszünfte wurden abgelöst durch die Industrialisierung, und diese verlangte die Anpassung der Arbeitskraft an die Fertigungsprozesse.<sup>371</sup>

Im Gegensatz dazu steht laut Zollondz 2013 die japanische Perspektive der Arbeit. Er schildert die Affinität der Japaner zur Gruppenarbeit, widerlegt aber den Mythos, dass dies inhärent sei, vielmehr entstehe diese durch «*Sozialisationsprozesse*» und werde durch «*Institutionalisierung von Unternehmen gepflegt*».<sup>372</sup>

Er zitiert Tominomori als Ursprung dieser These.<sup>372</sup> Dieser führt aus, dass die japanische Landwirtschaft auf einem ausgeklügelten Bewässerungssystem der Reisfelder basierte, das von natürlichen Niederschlägen abhängig war. Die schnellen klimatischen Wechsel konnten die Dorfgemeinschaften nur kooperativ bewältigen. Diese Gruppenorientierung, um eine Aufgabe gemeinsam bewältigen zu können, wurde von den Unternehmen nur übernommen und sodann sehr sorgfältig gepflegt.<sup>372</sup>

Eine Reihe weitere Quellen belegt dies, wie auch das japanische Wort «*Kaisha*», das übersetzt für «Unternehmen» steht, das «*soziales Beisammensein*» bedeutet.<sup>372</sup>

Taiichi Ohno, der Chefindingenieur der Toyota Motor Company, hat dieses Konzept der japanischen gruppenorientierten Kultur lediglich übernommen.<sup>372</sup>

## Muda

Zollondz 2013 definiert Muda mit «jegliche Art der Verschwendung» in Bezug auf Aktivitäten oder Ressourcenverbrauch, die nicht direkt zur Wertschöpfung beitragen (das heißt: nicht vom Kunden honoriert werden).<sup>373</sup> Gleichzeitig weist er auch auf die Begrifflichkeiten «Mura» und «Muri» hin. Mura und Muri werden in der Literatur seltener als «Muda» erwähnt. «Mura» bedeutet «*Unausgeglichenheit*» und bezeichnet «*fehlende oder nicht vollständige Harmonisierung der Kapazitäten*».

---

<sup>368</sup> Zollondz 2013, S. 24

<sup>369</sup> Zollondz 2013, S. 22

<sup>370</sup> Zollondz 2013, S. 36

<sup>371</sup> Zollondz 2013, S. 37

<sup>372</sup> Zollondz 2013, S. 39–40

<sup>373</sup> Zollondz 2013, S. 29

«Muri» steht für Überbelastung und verursacht Verluste durch fehlerhafte Vorgabezeiten oder schlechte Harmonisierung von Prozessen.<sup>374</sup>

## Kultur

Zollondz 2013 verbindet mit dem Begriff der Kultur die Organisationskultur in einem Unternehmen und zitiert für die Definition den amerikanischen Organisationspsychologen Edgar H. Schein: «*Organisationskultur wird als ein Muster gemeinsamer Grundprämissen verstanden, das die Gruppe bei der Bewältigung ihrer Probleme externer Anpassung und interner Integration erlernt hat, das sich bewährt hat und somit als bindend gilt; und das daher an neue Mitglieder als rational und emotional korrekter Ansatz für den Umgang mit Problemen weitergegeben wird.*»<sup>375</sup>

Im Gegensatz zu den fachlichen Kompetenzen sind hier für den Lern- und damit auch den Integrationsprozess der Mitarbeitenden in die Organisationskultur die sogenannten «Soft Skills» verantwortlich.<sup>376</sup> In weiterer Folge spricht Zollondz 2013 auch die «*Umgebungskultur*» an, die die Rahmenbedingungen für die Organisationskultur in rechtlicher, wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht bedingt.<sup>376</sup>

Zwei weitere Aspekte erscheinen in den Ausführungen von Zollondz 2013 wesentlich.

- › Erstens die von Edgar H. Schein definierten Ebenen der Organisationskultur, die sich, wie in der Theorie nach Sigmund Freud's Eisbergmodell, in 20 Prozent sichtbare und 80 Prozent unsichtbare Rituale und Kulturgüter gliedern. Dazu zählen Grundannahmen für Verhaltensrechtfertigung, Wahrnehmungen etc.<sup>377</sup>
- › Zweitens seine Ausführungen zur Verantwortlichkeit des Managements, insbesondere des obersten Managements in Bezug auf ihre Vorbildfunktion für den Wandel der Kultur.<sup>378</sup>

Zollondz führt auch ein Zitat von Christoph Deutschmann an:

*«Kultur beeinflusst Handeln nicht im Sinne des Verhältnisses von Ursache und Wirkung, sondern ermöglicht Handeln gerade dadurch, dass sie Alternativen und Spielräume eröffnet. Organisationskulturen lassen sich daher nicht von außen her installieren und auf den Unternehmenserfolg hin funktionalisieren. [...] Aber zielorientierte Veränderungen sind nur von «innen» heraus möglich. Das erfordert Geduld und vor allem Selbstreflexion der Beteiligten – Voraussetzungen, die in dem durch hierarchische Abhängigkeiten und Leistungsdruck geprägten Klima der Unternehmen nur selten gegeben sind.»*<sup>379</sup>

### 4.1.7. Systemische Analyse des vorgefertigten Holzbaus

Die isolierte Übertragung von Methoden und Werkzeugen ist, wie schon ausgeführt, wenig erfolgversprechend.<sup>380</sup> Mit dem kategorialen Denksystem zeigt Zollondz eine neue Perspektive auf, die auf einem systemischen Ansatz beruht und die aus seiner Sichtweise Einflussfaktoren (für die Lean Production) beschreibt. Sein Betrachtungsansatz dient als Impulsgeber, um eine geeignete Konzeption für die Übertragung von Lean-Ansätzen auf den vorgefertigten Holzbau zu entwickeln. In weiterer Folge wird daher der vorgefertigte Holzbau anhand des kategorialen Denksystems von Zollondz, das als Untersuchungsraaster dient, analysiert.

<sup>374</sup> Zollondz 2013, S. 28

<sup>375</sup> Zollondz 2013, S. 50

<sup>376</sup> Zollondz 2013, S. 51

<sup>377</sup> Zollondz 2013, S. 52–53

<sup>378</sup> Zollondz 2013, S. 55

<sup>379</sup> Christoph Deutschmann 2002 S. 138 ff – in: Zollondz 2013, S. 55

<sup>380</sup> Siehe Kapitel 4.1.5 «Scheitern von Lean-Methoden»

#### 4.1.7.1. Qualität

Die Qualität eines Gebäudes kann mit der «verlangten Beschaffenheit» gut beschrieben werden. «Verlangt» bezieht sich dabei auf zwei Arten von Vorgaben:

- › Die Vorgaben aus Normen und Gesetzen, die die Qualitätsanforderungen in Bezug auf erforderliche Sicherheit (Brandschutz, Erdbeben) und funktionale Anforderungen (wie Schallschutz, Energiestandard) oder Kontextualisierung bedingen (wie Ortsbildschutz, Höhenentwicklung etc.).
- › Vorgaben der Bauherrschaft an eine gewünschte Qualität in Bezug auf Funktionalität und Gestaltung.

Der Qualitätsbegriff definiert daher die Zielvorstellungen in Bezug auf die gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen und die individuellen Zielvorstellungen aus Sicht der Bauherrschaft. Beide gilt es durch die Umsetzung zu erreichen. Die Palette an Anforderungen kann sehr groß sein, wie die Fallbeispiele<sup>381</sup> gezeigt haben. Diese variieren aber von Projekt zu Projekt. Aus der Auswertung mittels der Kriterienmatrix<sup>382</sup> lassen sich folgende Vorgaben für eine Bauaufgabe ableiten.

*Tabelle 10: Vorgaben zur Qualität. Basierend auf funktionalen, normativen und gesetzlichen Vorgaben sowie Anforderungen und Wünschen der Bauherrschaft wird die gewünschte Beschaffenheit der Umsetzung definiert.*

<b>Nutzungsart</b>	Vorgaben aus der Nutzungsart des Bauwerks, die von einfachen Gebäuden für Lagerzwecke über Wohngebäude bis hin zu anspruchsvollen Gebäuden wie Spitätern, Labor- oder spezielle Gewerbenutzungen reichen können.
<b>Größenordnung</b>	Vorgaben zur Größenordnung des Bauwerks in Bezug auf die gesamte Geschossfläche.
<b>Nutzungsdauer</b>	Vorgaben zur Nutzungsdauer, die von temporären Gebäuden bis zu einer Erwartung der Lebensdauer von 25, 40, 80 und mehr Jahren reichen können.
<b>Umgebung</b>	Vorgaben bei Neubauten, die sich aus der Umgebung in Bezug auf Bodenbeschaffenheit, Hanglagen und Nachbargebäuden ergeben.
<b>Bestand</b>	Vorgaben aus dem Bestandsgebäude, das aufgrund seiner statischen Grundstruktur mehr oder weniger gut erweiterbar ist.
<b>Energiestandard</b>	Vorgaben zur Energieeffizienz des Gebäudes, die gegebenenfalls umfangreichere Auflagen zur Umsetzung verlangen.
<b>Nachhaltigkeitsstandard</b>	Vorgaben zur ökologischen Nachhaltigkeit, die die Baustoffauswahl für Sanierung und Neubau beeinflussen.
<b>Brandschutz</b>	Vorgaben aus normativen oder gesetzlich verankerten Brandschutzvorkehrungen, die im Zuge der Planung berücksichtigt werden müssen.
<b>Schallschutz</b>	Vorgaben zur Trennung von Nutzungseinheiten innerhalb des Gebäudes in Bezug auf Schallschutz.
<b>Erdbebensicherheit</b>	Vorgaben zur Erdbebensicherheit, die Überlegungen in Bezug auf die Konzeption des Tragsystems verlangen.
<b>Höhenentwicklung</b>	Freiraum oder Einschränkungen in Bezug auf die Höherentwicklung, die Auswirkungen auf Raum- und Deckenhöhen nach sich zieht.
<b>Gebäudetechnik</b>	Vorgaben zum Installationsgrad in der Gebäudetechnik, die sich aus der Funktionalität und dem Standard des Gebäudes ableiten.
<b>Ausstattung</b>	Vorgaben zur Ausstattung, die vom Mieterausbau, über durchschnittliche Objektstandards bis zum qualitativ hochwertigen Ausbau reichen können.

<sup>381</sup> Siehe Kapitel 3.1.1 und Kapitel 3.1.2

<sup>382</sup> Siehe Kapitel 3.1.2

<b>Gestaltung</b>	Vorgaben, die aus Ansprüchen der Bauherrschaft (Prestigeobjekt) oder dem Ortsbild- oder Denkmalschutz kommen können.
<b>Zeitlicher Rahmen</b>	Zeitlicher Rahmen zur Planung und Umsetzung der Bauaufgabe.

Der Erfüllungsgrad der einzelnen Vorgaben ist ein Gradmesser für die erzielte Wertschöpfung. Die exakte Definition dieser Vorgaben im Vorfeld als Zielgröße ist dafür die Grundvoraussetzung.

Die Auswertung der Fallbeispiele<sup>383</sup> hat auch gezeigt, dass dann, wenn die notwendigen Kompetenzen für spezifische Anforderungen im Projektteam nicht ausreichend abgedeckt sind, Fehlplanungen die Folge sind. Damit wird die Definition der «verlangten Beschaffenheit» durch die Qualitätsanforderungen auch zum Indikator für die erforderlichen Kompetenzen im Projekt.

#### 4.1.7.2. Zeit

Die Zeit beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden muss mit der gesamten Projektlaufzeit als Aggregation von Planungszeit, Produktionszeit und Zeit vor Ort (auf der Baustelle) definiert werden. In der Verfertigung wird immer die Schnelligkeit bei der Realisierung vor Ort als großer Vorteil erwähnt (siehe auch Kapitel 3.1.4.2).

Während der Projektlaufzeit findet eine Vernetzung oder Verlinkung der Zeitschienen der einzelnen Disziplinen statt. Je besser die Synchronisation der Zeitschienen der einzelnen Disziplinen erfolgen kann, desto kürzer wird die resultierende gesamte Projektlaufzeit. Die tatsächliche Zeit im vorgefertigten Holzbau ist auch abhängig von weiteren Faktoren. Einige können durch die Planung beeinflusst werden, und es kann auch Wechselwirkungen mit technischen oder gestalterischen Aspekten geben: Beispielsweise erschweren enge Zufahrtsradien die Zulieferung langer Elemente, und die Elementteilung muss eventuell verkleinert werden. Dadurch wird aber der Aufwand für das Fügen vor Ort aufwendiger.

Relevant ist es daher, alle Aspekte in der Planung zu berücksichtigen, damit der Vorteil der schnellen Bauweise durch Vorfertigung auch real genutzt werden kann. Zeit wird damit zu einem wichtigen Gradmesser in der Wertschöpfungsdefinition.

Setzt man hier Wertschöpfungsbetrachtungen an, die den Zeitraum zwischen dem Auftreten eines Bedürfnisses (Sanierungsbedarf, Bedarf zur Vergrößerung von Bestandsbauten oder Neubauten) bis zu Inbetriebnahme definiert, erhält man die Analogie zum «*Time-to-Market*-Begriff» in der Lean Production. Die Produktentwicklung beginnt hier mit der ersten Machbarkeitsstudie für die Bauherrschaft, das Ende ist die Inbetriebnahme oder der Bezug des fertigen Gebäudes. Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden ist hier im Vorteil, es verkürzt den Part vor Ort erheblich. Die Fügung auf der Baustelle kann weitaus schneller erfolgen, lange Austrocknungszeiten entfallen. Die Wertschöpfung für die Bauherrschaft durch eine frühere Bezugsmöglichkeit (verglichen mit dem Bauen mit niedrigeren Vorfertigungsgraden) ist durch die Mieteinnahmen in dieser Zeit oder kürzere Finanzierungszeiten gegeben. Auch bei Gewerbebauten ist die kürzere «*Time-to-Market*-Zeitspanne» von Relevanz: Produktionsstillstände oder Betriebsbeeinträchtigungen bei Umbauten sind weitaus kürzer. Die Zeit als «*Time-to-Market*-Begriff» verstanden, hat für Bauherren also Relevanz, wenn beispielsweise Einzugstermine bei Wohnbauten oder Eröffnungstermine von Gewerbebauten eingehalten werden müssen.

---

<sup>383</sup> Siehe Kapitel. 3.1.5

Bei einem Vergleich von Projektzeitplänen zweier leanWOOD-Fallbeispiele zeigen die kurzen Umsetzungszeiträume, die durch hohe Vorfertigungsgrade möglich sind (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34).

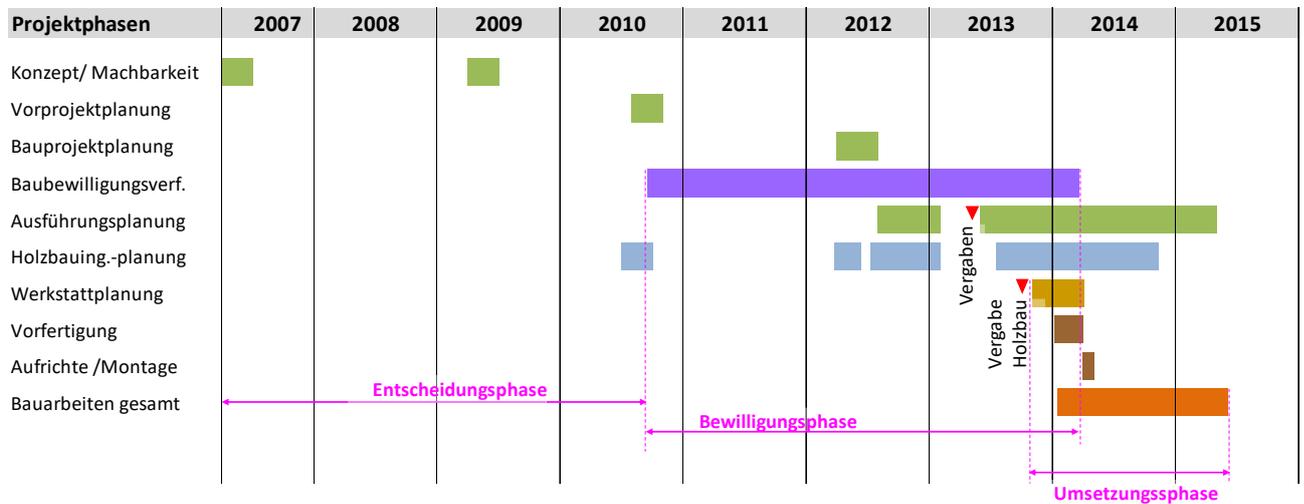


Abbildung 33: Projektzeitplan für eine Sanierung und Aufstockung mit langem Entscheidungszeitraum. Der Zeitraum von 2007 bis 2010 wurde für die Entscheidungsfindung in Anspruch genommen (grüne Balken). In Lila ist die Zeit für die Genehmigung abgebildet. Die Vergabe erfolgte in der zweiten Jahreshälfte 2013, in Braun sind die Elementproduktion und Montage dargestellt, der orange Balken zeigt die gesamte Bauzeit. Quelle: Geier et al. 2017c, S. 28–31; Geier und Keikut 2017b, S. 22–27.

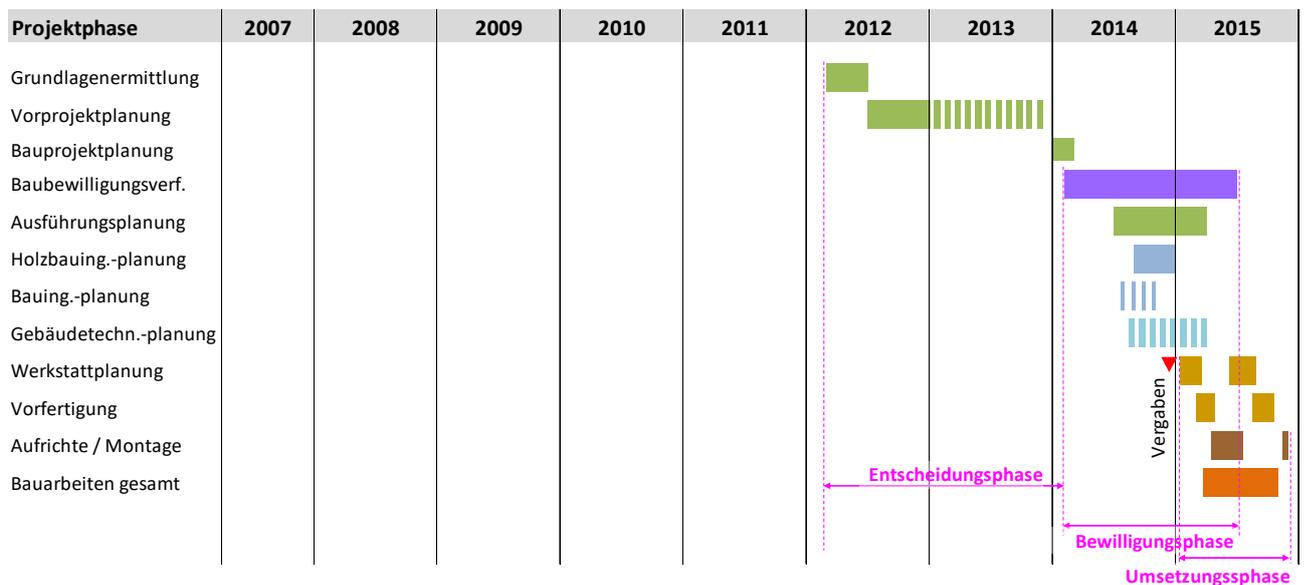


Abbildung 34: Projektzeitplan für eine Sanierung und Aufstockung mit kurzem Entscheidungszeitraum. Von 2012 bis Anfang 2014 wurde bereits geplant, die Entscheidungsfindung war mit der Baueingabe für das Bewilligungsverfahren abgeschlossen. Die Umsetzungsphase dauerte nur knapp ein Jahr. Quelle: Geier et al. 2017c, S. 20–23; Geier und Keikut 2017b, S. 10–15.

Hierbei sieht man auch, dass der überwiegende Teil der Projektlaufzeit für Entscheidungsfindung und Bewilligungsverfahren aufgewendet wird. Die eigentliche Umsetzungsphase vom Beginn der Vorfertigung bis zur Montage und Komplettierung macht einen verhältnismäßig kleinen Anteil an der Gesamtprojektlaufzeit aus. Dies zeigt die Bedeutung einer kürzeren Entscheidungsfindungsphase, will man «Time-to-Market» insgesamt verkürzen und einen Beitrag zur Wertschöpfung leisten. Zeit steht daher in einem engen Wirkungszusammenhang mit Entscheidungen. Professionelle

Entscheidungsmoderation, die für die rechtzeitige und richtige Entscheidung zum passenden Zeitpunkt im Prozess sorgt, ist dabei von wesentlicher Bedeutung für den Fortschritt in Planung und Umsetzung.

Der Zusammenhang von Entscheidungen und dem Zeitbegriff in der Verfertigung ist aber kontrovers. Der Design Freeze<sup>384</sup> definiert, wie bereits erläutert, den Zeitpunkt, ab dem es keine Möglichkeiten mehr zur Änderung in Plänen geben kann. Produktionsplanung, Arbeitsvorbereitung starten; die Arbeitsvorbereitungen und Bestellungen werden getätigt, um im Anschluss mit der Produktion zu beginnen. Jegliche Änderung nach dem Design-Freeze würde die Produktionsvorbereitung, Produktion oder bereits produzierte Teile betreffen. Damit müssen alle relevanten Schritte in der Planung bereits vor dem Design Freeze abgeschlossen sein, auch Planungsschritte, die bei einer «rollenden Planung» noch in der Umsetzungsphase getätigt werden. Eine ausreichende Zeitspanne für Entscheidungen, Planung und Synchronisation («Puffer») wird bei der Vorfertigung damit ebenso ein Einflussfaktor auf den Erfüllungsgrad der Wertschöpfung.

Aus der Perspektive der Bauherrschaft ist hier der Massivbau «gutmütiger» gegenüber Änderungen: die Lage und Anzahl von Steckdosen oder dergleichen kann noch vor Ort direkt auf der Baustelle entschieden werden. Das Potenzial zum schnellen und auch kostengünstigen Bauen durch Vorfertigung scheint durch einen reduzierten Entscheidungsspielraum «erkauft» werden zu müssen.

In der Diskussion mit Architekt/innen, die Erfahrung im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden haben, wird dies differenziert gesehen. Sie definieren den Spielraum der Flexibilität vielmehr bezüglich der Gestaltung des Systems oder des Gebäudes: Werden im ersten Entwurf bereits entscheidende Flexibilitätsaspekte berücksichtigt (Raumhöhe oder eigene Installationsebenen und konsequente Systemtrennung etc.), kann der «Entscheidungsspiel-Zeit-Raum» auch auf Jahre nach Fertigstellung ausgedehnt werden und ist nicht zwingendermaßen mit dem Design Freeze endgültig fixiert.

#### 4.1.7.3. Kosten

Für die Betrachtung der Kosten wird das Gebäude als ein Produkt\* verstanden, wobei der Erläuterung von König 2009 in der Lebenszyklusanalyse für Gebäude gefolgt wird.<sup>385</sup>

\* Auf die Diskussion zur Definition des Produkts in Bezug auf die Vorfertigung von Gebäuden wird in Kap. 4.2.2 ab Seite 105 näher eingegangen. Zur Betrachtung der Kosten wird nun das Gebäude als das «Endprodukt» definiert, das über einen längeren Zeitraum (in Abhängigkeit von der Nutzungs- und Errichtungsart) den Nutzenden zur Verfügung steht.

Die Analogie in dieser Betrachtung zur produzierenden Industrie für Verbrauchsprodukte des täglichen Bedarfs birgt das Risiko der alleinigen Betrachtung der reinen Herstellungskosten des Gebäudes. Doch auch bei Produkten des täglichen Bedarfs werden immer häufiger weitere Kosten bei der Investitionsentscheidung miteinbezogen – so der Kraftstoffverbrauch von Autos oder die Kosten für Patronen bei Druckern.

In Analogie dazu müssen bei einem Gebäude Betriebs-, Reinigungs-, Pflege- und Instandhaltungskosten sowie die Kosten für Entsorgung oder Rückbau in die Kostenbetrachtungen miteinbezogen werden (siehe Abbildung 35).

---

<sup>384</sup> Siehe Abbildung 22 auf S. 57, Geier 2017, S. 51

<sup>385</sup> König 2009, S. 15

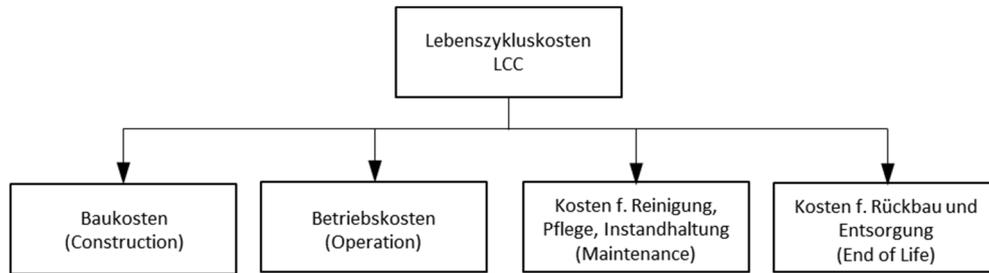


Abbildung 35: Lebenszykluskosten. König 2009, S. 61–62.

Die Betrachtung der Lebenszykluskosten LCC ist ein wichtiger Ansatzpunkt in Bezug auf Kostenwahrheit, wenn man die Analogie mit Produkten des täglichen Bedarfes heranzieht. In den Interviews zu den leanWOOD-Fallbeispielen zeigten sich dabei aber deutliche Unterschiede der Herangehensweise der Bauherren. Für viele ist die Betrachtung der Lebenszykluskosten unabdingbarer Teil der Betrachtung, für andere weniger, wie ein Vertreter einer gemeinnützigen Wohnbaugenossenschaft erläutert.

*«Die BAHOGE kann eine möglichst konsequente Verwendung von Holz in Bauprojekten nicht zuletzt deshalb umsetzen, weil für solche Zwecke ein Nachhaltigkeitsfonds geäuft wurde. Bei der Anwendung des Kostenmietmodells würden sonst die anfallenden Mietpreise, gerade bei Neubauprojekten teilweise so hoch ausfallen, dass wir einem der Hauptziele unserer Wohnbaugenossenschaft nicht mehr gerecht würden, nämlich preisgünstige Wohnungen zu erstellen».*<sup>386</sup>

Die Verankerung der Lebenszyklusbetrachtung in der Wahrnehmung aus Sicht der Bauherrschaften hat hier noch Aufholbedarf. Ein Vergleich in der Nachhaltigkeitsbewertung zeigt im Falle einer vergleichenden Bewertung nach dem SNBS-Standard<sup>387</sup> der Schweiz eine schlechtere Position des vorgefertigten Holzbaues gegenüber dem Massivbau.<sup>388</sup> Der Unterschied liegt hier nicht in der Materialisierung, sondern in der fehlenden Langzeiterfahrung im Systemholzbau, respektive in den dabei verwendeten Fügtechniken [hier wird von den Autoren der vorgefertigte Holzbau adressiert, Anm. Verf.].<sup>389</sup> Die Wirtschaftlichkeit wird bei fehlender Langzeiterfahrung also schlechter bewertet. Eine Rückfrage beim Autor der Studie<sup>390</sup> ergab die Rückmeldung, dass diese Thematik in den derzeitigen Überarbeitungen diskutiert wird.

Die Unsicherheit hinsichtlich der fehlenden Langzeiterfahrungen im vorgefertigten Holzbau ist in der Praxis hörbar, wie Vertreter von Bauherrschaften ausführen.

*«Noch fehlen in Bezug auf die Schallschutzproblematik teilweise die Erfahrungswerte. Da wir dazu verpflichtet sind, mit den vorhandenen Genossenschaftsmitteln sehr sorgsam umzugehen, greifen wir im Zweifelsfall eher auf bewährte Vorgehensweisen zurück, als dass wir neue Möglichkeiten ausprobieren, zu denen aussagekräftige Referenzen noch fehlen.»*<sup>391</sup>

Die beiden Zitate spiegeln den großen Stellenwert, den Kosten für Bauherrschaften haben, wider. Dies begründet sich teilweise auf rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Bauherren stehen in Bezug auf Kosten zumeist auch unter massivem Erklärungsbedarf, bedingt durch politische Verantwortung oder Verantwortung gegenüber Verwaltungsräten oder Aktionären. Der Preiswettbewerb dominiert somit die Vergabe von Bauleistungen.

<sup>386</sup> Stellungnahme Marco Stella (BAHOGE) am 10.07.2017 per Mail

<sup>387</sup> SNBS Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz; /www.nnbs.ch/standard-snbs/

<sup>388</sup> Auch hier findet die Unterscheidung Holzbau – Massivbau statt. Allerdings bezieht sich diese auf die tatsächliche Materialisierung der beiden verglichenen Mehrfamilienwohnhäuser in dieser Studie.

<sup>389</sup> Müller et al. 2015, S. 3

<sup>390</sup> Telefonat Daniel Müller (Pirmin Jung Ingenieure AG) am 05.04.2017; 13:00

<sup>391</sup> Siehe Fußnote 386

War das Kostenmanagement früher vermehrt noch bei den Architekten angesiedelt, ist die überwiegende Tendenz feststellbar, dass es an externe Kostenplanungsbüros ausgelagert wird.<sup>392</sup> Die Gründe dafür ist der Druck seitens der Bauherrschaften (und auch von der Normenseite), dass eine hohe Präzision für Kostenschätzungen in frühen Phasen verlangt wird,<sup>393</sup> obwohl noch viele Entscheidungen (z. B. in Bezug auf Materialisierung, Detaillierung) offen und nicht fixiert oder entschieden sind. Diese hohen Anforderungen an die Präzision in frühen Phasen und den damit notwendigen Aufwand zur peniblen Dokumentation und Pflege von Datenbanken in Rückkoppelung mit tatsächlich abgerechneten Kosten verlangen einen hohen Aufwand und auch die entsprechende Kompetenz. Viele Architekten sehen sich immer weniger in der Lage, dies in-house zu erledigen und/oder die damit verbundene Verantwortung zu tragen. Im vorgefertigten Holzbau ist es daher schwierig, geeignete Datenbanken aufzubauen, da jedes Element individuell für das jeweilige Projekt geplant und gefertigt wird und eine Vergleichbarkeit fast nicht gegeben ist, wie der Projektleiter eines Generalunternehmers erläutert.

*«Wenn wir den Holzelementbau nehmen. Hier können wir nicht Einheitspreise vergleichen, [..]. Das ist so individuell, da muss man sich dann Gedanken machen, [..].»<sup>394</sup>*

Trotz dieser Herausforderungen ist eine Gegenbewegung unter Architekten erkennbar: die bewusste Entscheidung, das Kostenmanagement im Haus abzuwickeln, um diese auch besser beeinflussen zu können:

*«Einer der Gründe, warum Planungen bei uns sehr effizient abgewickelt werden können, ist unser ganzheitlicher Ansatz, dass das Bauen und die Kosten bis zur Schlüsselübergabe eine Sache ist und in ein Büro gehört! Wir integrieren die verschiedenen Leute in unser Büro und fördern die informelle Kommunikation (beim Kaffee, Essen etc.). Die Mitarbeiter tauschen sich aus, und die Schnittstellen werden einfacher. Im Bauprojekt erarbeiten wir den Kostenvoranschlag – gemeinsam mit unseren Bauleitungsleuten im Haus, und von den Spezialisten (z. B.: dem Holzbauingenieur) bekommen wir zusätzlich präziserte Zahlen.»<sup>395</sup>*

Das Kostenmanagement eines Bauprojektes wird also immer wichtiger und nimmt mittlerweile eine strategische Position ein. Die hohe Individualität im vorgefertigten Bauen erschwert einfache Kostenvergleiche mittels Einheitspreisen, die ohne zusätzliche Informationen zum Projekt keine ausreichende Basis haben. Die Berücksichtigung erfordert ein hohes Maß an interdisziplinärer Zusammenarbeit.

#### **4.1.7.4. Wertschöpfung**

Folgt man der Wertschöpfungsdefinition nach Zollondz 2013, wird die Wertschöpfung rein aus der Perspektive der Bauherrschaft als Endkunde bewertet. Dabei wird der Aufwand (Errichtungskosten oder bestenfalls auch Lebenszykluskosten) dem erzielbaren Gegenwert durch die Nutzung gegenübergestellt. Dies entspricht auch den Erläuterungen nach König 2009 in der Lebenszyklusbetrachtung, die Kosten als Auszahlungen den Einnahmen und Erlösen gegenüberstellt und dabei den

<sup>392</sup> Die Beauftragung von externen Kostenplanenden ist eine häufig angewendete Vorgehensweise und hängt davon ab, ob diese Kompetenz im Architekturbüro vertreten ist oder nicht.

<sup>393</sup> Die SIA 102:2014 verlangt zum Beispiele eine Genauigkeit von +/- 15 Prozent im Zuge des Vorprojekts (Phase 3.1) und +/- 10 Prozent für Kostenvoranschläge im Bauprojekt (3.2). Dies ist noch vor der Baubewilligung und detaillierten Planung der Fall. In Analogie definiert die HOAI 2013 in Deutschland die Kostenschätzung mit +/- 20 Prozent bei der Vorplanung (Phase 2) und die Kostenberechnung mit +/- 10 Prozent bei der Entwurfsplanung (Phase 3).

<sup>394</sup> Interview Stephan Gruber (Corti Total Services AG) am 16.10.2015 in Winterthur

<sup>395</sup> Interview Peter Baumberger (BS+EMI Architektenpartner AG) am 02.04.2015 in Zürich

Zeitwert dieser Einzahlungen berücksichtigt.<sup>396</sup> Diese Art der Betrachtung der Wertschöpfung fokussiert die Betrachtung monetärer Größen<sup>397</sup> und auch der Systemgrenze des Gebäudes.

Die Rechnung kann laut Meinung von Bauherrschaften aber noch nicht direkt in der Nachkalkulation erstellt werden, sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt. Langfristig leistet gute Architektur einen wichtigen Beitrag zur Vermietbarkeit von Wohnungen und Büros.<sup>398</sup>

Damit spannt sich das Betrachtungsfeld der Wertschöpfung weiter auf. Das sehen auch öffentliche Auftraggeberschaften ähnlich, sie dehnen den Begriff der Gebäudearchitektur als Wert aus und beziehen ihn auch auf den städtebaulichen Kontext: *«[...] und wählen dann das städtebaulich beste Projekt aus.»*<sup>399</sup>

Auch von vielen Genossenschaften wird attestiert, wie wichtig Baukultur (in diesem Sinne Architektur) für sie ist. *«Unsere Baukultur zu bewahren ist uns ein großes Anliegen, aber auch, dass wir uns zu positionieren: Neben einer guten Baukultur auch preisgünstig zu bauen. Das bedeutet, dass wir unsere Planerwahl über Wettbewerbe vornehmen. Das war immer schon unsere Devise, auch bevor wir dem öffentlichen Beschaffungswesen unterstellt waren. Aber aus kulturellen Gründen und auch um die besten Resultate zu bekommen.»*<sup>400</sup>

Doch es gibt auch Genossenschaften, die das anders sehen und Architekturwettbewerbe als Nachteil und Risiko einschätzen.

*«Wettbewerbe haben den Nachteil, dass Sie nicht wissen, wen Sie bekommen. Dies birgt das Risiko von Mehrkosten, die sich nicht auf Mietkosten umlegen lassen. Wenn wir die Wahl haben, bevorzugen wir aus diesem Grund die Zusammenarbeit mit uns bekannten Architekten, die unsere Bedürfnisse genau kennen.»*<sup>401</sup>

In vielen Diskussionen kommt dieses Thema der Sicherheiten vor allem in Bezug auf die Kostensicherheit auf: *« [...] für uns ist schlussendlich die Kostensicherheit wichtig»*<sup>401</sup>, und auch eine Genossenschaft attestiert dem Thema «Kosten» eine große Bedeutung: *«Die Frage ist deshalb nicht, ob wir es als Unternehmen finanzieren können, sondern ob es für die Siedlungsabrechnung im Sinne der Kostenmiete tragbar ist.»*<sup>401</sup>

In den weiteren Diskussionen mit Bauherren erweitert sich der Betrachtungswinkel der Wertschöpfung vom reinen Kostenaspekt auf zusätzliche funktionale und ökologische Aspekte.

- › *«Es sind drei Aspekte, die wir betrachten: ökologische Nachhaltigkeit, Schallschutz und Kosten.»*<sup>401</sup>
- › *«Die Nutzung ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt für uns, der in Grundsätzen in unserer Organisation fixiert ist.»*<sup>400</sup>
- › *«Und die Stadt Zürich hat per Gesetz, per Abstimmung und per Gemeinderatsbeschlüsse[n] sehr ambitionierte ökologische Forderungen.»*<sup>400</sup>

Diese Analysen zeigen, dass für die Definition der Wertschöpfung eine sehr individuelle Perspektive eingenommen wird: Die Bauherrschaft definiert, wofür sie bereit ist zu zahlen. Diese Definition befindet sich dabei aber in Abhängigkeit von Politik, strategischer Unternehmensausrichtung und Leitbildern (je nach Art der Bauherrschaft). Damit erlangt aber die klare und unmissverständliche Kommunikation der Anforderungen im Vorfeld eine große Bedeutung – diese Anforderungen zeigen auf, wofür die Bauherrschaft als Kunde zu zahlen bereit ist.

---

<sup>396</sup> König 2009, S. 61–62

<sup>397</sup> König 2009, S. 70–71

<sup>398</sup> Name und Datum werden aus Datenschutzgründen nicht angeführt.

<sup>399</sup> Name und Datum werden aus Datenschutzgründen nicht angeführt.

<sup>400</sup> Interview Jürg Grob (Stiftung PWG) am 06.07.2016 in Zürich und in: Geier 2016d

<sup>401</sup> Stellungnahme Marco Stella (BAHOGE) am 10.07.2017 per E-Mail

*«Die Bestellerkompetenz ist einer der größten Hebel beim Bauen. Wie quantitativ und qualitativ bestellt wird, so verläuft danach das ganze Projekt. Das sehe ich bei allen Bauten wieder. Ich bin überzeugt davon, dass das Bauen nicht nur eine Architekturleistung ist, sondern ebenso sehr eine Bestellerleistung.»<sup>400</sup>*

Mit der Erkenntnis der Abhängigkeit der Wertschöpfung von der Definition der Zielvorstellung durch die Bauherrschaft (als «Bestellerleistung») wird der Wertschöpfungsprozess ein individuelles System verstanden. Das Profil der Bauherrschaft ist prägend für die Definition, die Präzision in der Kommunikation ist verantwortlich für die Passung der Implementierung dieser Anforderungen in die Planung. Damit ist die Wertschöpfung sehr eng an die in Kap. 4.1.7.1 erläuterte Definition der Qualität von Zollondz 2013 als «verlangte Beschaffenheit» geknüpft. Diese verlangte Beschaffenheit besteht aus gesetzlichen und normativen Anforderungen, die einzuhalten und daher nicht verhandelbar sind. Die Anforderungen aus Sicht der Bauherrschaft stellen gewünschte Eigenschaften dar, die mehr oder weniger verhandelbar sein können (beispielsweise erhöhter Schallschutz oder die Verwendung ökologischer hochwertiger Baustoffe etc.).

Die verlangte Beschaffenheit kann aber auch aus der Sicht der Planenden definiert werden, wie das Fallbeispiel der Aufstockung in der Saumackerstrasse zeigt – siehe Geier et al. 2017c, S. 26–31.



*Abbildung 36: Buchenholz-Balkonstruktion am MFH Saumackerstrasse in Zürich. Die konstruktiven Teile sind flexibel gefügt, um die Bewegung des Buchenholzes aufzunehmen. Der Vorgang in der Verfertigung erforderte neue Herangehensweisen in der Sägerei, beim Abbund und im Imprägnierwerk. Bild: kämpfen für architektur ag.*

Im Projekt zur Sanierung und Aufstockung in der Saumackerstrasse wurde die Bauherrschaft vom Architekten von der Umsetzung der Balkonkonstruktionen in Buche überzeugt. Eine Ausführungsvariante, die grundsätzlich als riskant bezeichnet werden kann. Es fehlte einerseits die Erfahrung für Buchenholz beim Einsatz im bewitterten Bereich, zudem gab es andererseits keine Säge- und Imprägnierwerke, die hier Erfahrungen in der Verarbeitung hatten. Die Bauherrschaft erklärte sich dennoch bereit, diese Ausführung zu unterstützen, wenn keine Mehrkosten auftreten. Sowohl das Architekturbüro als auch das Holzbauingenieurbüro und ebenso das Holzbauunternehmen hatten nach Fertigstellung einen erhöhten Stundenaufwand, der von der Bauherrschaft nicht bezahlt wurde. In den Interviews bestätigten alle drei allerdings den Erkenntnisgewinn in der

Ausführung einer neuen Technologie, die Reputation und die Chance, bei Folgeprojekten einen Vorteil gegenüber der Konkurrenz zu haben, als Wertschöpfung.<sup>402</sup>

Die Wertschöpfung kann in diesem Fallbeispiel nicht wie ein abgeschlossenes, einmaliges Ergebnis betrachtet werden, sondern beginnt mit der Idee zur gemeinsamen Entwicklung einer prototypischen Konstruktion und mündet in einer erhöhten Kompetenz der beteiligten Büros und Unternehmen hinsichtlich der Anwendung einer neuen Technologie. Die Wertschöpfung erweitert sich damit zu einem System, aus dem mehrere Beteiligte Vorteile schöpfen und von dem sie profitieren, nicht nur die Bauherrschaft. Der Mehrwert entsteht dabei auch aus der Motivation aller Beteiligten, zu dieser Wertschöpfung beizutragen und dabei eine höhere Qualität in der Planung und Umsetzung zu generieren, als monetär über die Honorarentschädigung und die Bauabrechnung abgegolten wird.

Die Perspektive, die Wertschöpfung nur auf die Bauherrschaft und rein monetär zu fokussieren, greift daher zu kurz, weil damit die Motivation aller Beteiligten, zur Wertschöpfung beizutragen, vernachlässigt wird. Ist diese positive Wertschöpfung jedoch für alle Beteiligten im System integriert, steigt die Motivation, sich für eine positive Entwicklungsrichtung zu engagieren.

Wertschöpfung stellt damit ein hochdynamisches Gebilde dar, das nicht nur bei der Bauherrschaft verortet werden kann, sondern, je nach Projekt und Verlauf, unterschiedliche Aspekte integriert. Wertschöpfung muss damit vielmehr als Wertschöpfungssystem für alle Beteiligten interpretiert werden. Je größer und langfristiger dieses Wertschöpfungssystem angelegt wird, desto größer wird das Potenzial, positive Iterationsschleifen in einem Planungsfortschritt zu erzielen.

#### 4.1.7.5. Ort und virtueller Raum (BIM)

Zollondz 2013 definiert Raum als «*Verbund von Standorten und Materialströmen*». Der Begriff des Raumes ist in der Architektur sehr gebräuchlich. Der Begriff bezieht sich auf Räume, die in der Architektur für die Funktionserfüllung geschaffen und gestaltet werden. Diese sind mehr oder weniger durch physische Bauteile begrenzt. Im Zuge der Digitalisierung entsteht auch ein virtueller Raum, der zwar keine physische Begrenzung hat, aber durch die Verwendung als Modell für die physische Umsetzung eine mathematische Begrenzung hat. Zwei Begriffe erscheinen daher für das vorgefertigte Bauen mit Holz als relevant: der Ort (als «*physischer Raum*») und der virtuelle Raum – siehe Abbildung 37. Dies soll nachfolgend begründet und diskutiert werden.

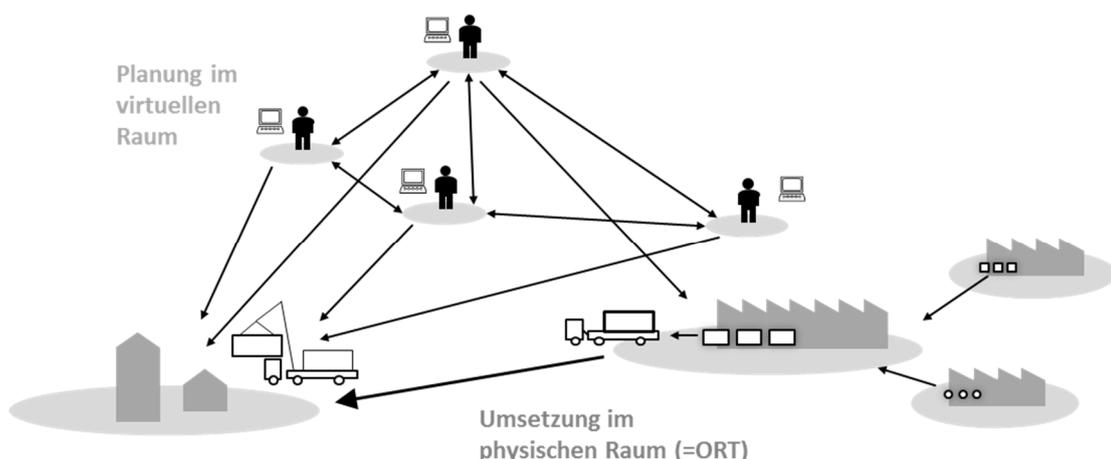


Abbildung 37: «*Virtueller Raum*» als Planungsraum und «*physischer Raum*» als Ort(e) der Umsetzung.

<sup>402</sup> Quellen: Interview Andreas Burgherr (Timbatec) am 25.02.2016 in Zürich, Interview Hugo Keller (Burch Holzbautechnik) am 11.03.2016 in Sarnen, Präsentation Projekt Saumackerstrasse Beat Kämpfen (kämpfen für architektur ag) am 19.01.2016 in Zürich

## Ort und Verortung

Mit der Verortung der Bauaufgabe werden viele Anforderungen an das Projekt vorgegeben. Der Ort der Umsetzung (Standort) beeinflusst die Lösungsentwicklung: Die anzuwendenden Gesetze werden definiert, und die aus dem Kontext abgeleiteten Anforderungen bestimmen die technisch-konstruktive, aber auch die gestalterische Ausbildung des Gebäudes. Für den vorgefertigten Holzbau ist dies oftmals einschneidender als vermutet. Im Brandschutz beispielsweise unterscheiden sich die konstruktiven Details eines Gebäudes in den einzelnen D-A-CH-Ländern derart, dass ein und dasselbe Gebäude nicht in allen drei Ländern baugleich (mit den gleichen Wandaufbauten beispielsweise) errichtet werden könnte, obgleich die Brandentstehung und Ausbreitung den gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten folgt.<sup>403</sup> Diese nationalen Unterschiede tragen unter anderem auch dazu bei, dass die Standardisierung im vorgefertigten Holzbau noch nicht sehr weit fortgeschritten ist.<sup>404</sup> Auch der Föderalismus der Gemeinden in der Schweiz in Bezug auf das öffentliche Beschaffungswesen zeigt den Einfluss des Ortes auf die Umsetzung von vorgefertigtem Holzbau: der Wunsch öffentliche Gebäude (wie Schule, Kindergärten, Verwaltungsgebäude etc.) in Holzbau auszuführen, wird sehr unterschiedlich in Ausschreibungsunterlagen abgebildet. Wie und in welcher Form die Forderung nach Holzbau dabei definiert wird, hängt wesentlich vom persönlichen Engagement und der Überzeugung der zuständigen Vertreter/innen der öffentlichen Hand ab.

Weitere Einflussfaktoren, die sich aus der Verortung des Gebäudes ableiten, sind zum Beispiel Gebäudehöhen, Denkmalschutz- oder Ortsbildschutzbestimmungen, Erdbebensicherheit etc., die Auswirkungen auf die konstruktiv-technische und gestalterische Lösungsfindung haben.

Die Baustelle als Ort der Umsetzung verliert zwar beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden grundsätzlich an Bedeutung durch die Verlagerung großer Teile des Bauprozesses in die Produktionshalle der Holzbaubetriebe. Für Betriebe in schlechten Lagen kann dies ein großer Vorteil sein – die geografische Lage des Betriebes ist weniger entscheidend für den Aufwand zur Errichtung eines Gebäudes; lange Anfahrtszeiten für Beschäftigte zwischen Baustelle und Betrieb entfallen.

## Virtueller Raum (BIM)

Mit den Möglichkeiten der digitalen Planung entsteht parallel zum physischen Ort der Produktion und des zukünftigen Gebäudes ein virtueller Raum, der (nahezu) unabhängig vom geografischen Ort ist. Der virtuelle Raumbegriff erlangt für das Bauen im Allgemeinen durch die sukzessive Einführung von BIM<sup>405</sup> immer mehr an Bedeutung. Im vorgefertigten Holzbau ist die Implementation von digitalen Planungsketten laut Aussagen von Holzbauingenieurbüros und Unternehmen schon weiter als in anderen Branchen vorangeschritten.

*«BIM ab Phase 5<sup>406</sup> – da sind wir im Holzbau sind sehr weit. Aber man muss auch noch überlegen: wie muss diese Planung dann laufen».*<sup>407</sup>

Im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden ist die Digitalisierung der Planungskette bereits in der Planungsrealität verankert. Mit der Notwendigkeit der Übergabe von Daten aus der CAD-Planung mittels CAM-Systemen<sup>408</sup> an die Maschinenansteuerung ist der Umgang mit parametrisierten Daten

<sup>403</sup> Diese Unterschiede begründen sich unter anderem durch unterschiedliche Sicherheits- bzw. Schutzziele und die entsprechenden Normen und Traditionen zur Nachweisführung.

<sup>404</sup> Siehe Kapitel 3.1.4.4 auf S. 53

<sup>405</sup> BIM – Building Information Modelling.

<sup>406</sup> Phase 5 bezieht sich auf die Projektphase 5 der SIA 112:2014 «Ausführung»

<sup>407</sup> Interview mit Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) am 25.02.2106 in Zürich

<sup>408</sup> CAM Computer Aided Manufacturing ist die rechnergestützte Fertigung, mittels CAM-Systemen werden Daten aus dem CAD für die Maschinensteuerung bereitgestellt. Dies erfolgte in den Anfängen noch mittels Lochkartensystemen, seit den 1990er Jahren geben CAM-

in einem Gebäudemodell tägliche Routine für viele Holzbauunternehmen und auch Holzbauingenieurbüros. Wie schon im Zitat angedeutet, wird die Verwendung von BIM als Softwareanwendung den Planungsprozess per se aber nicht automatisch verbessern, wie oft vermutet wird.<sup>409</sup> *«Organisationen und Arbeitsprozesse müssen angepasst werden»*,<sup>410</sup> so Sebastian Fuchs von TragWerk Consult.

Während viele Planende und Unternehmen, vor allem im vorgefertigten Holzbau, schon Erfahrungen in der Abwicklung durchgehend digitaler Prozessketten sammeln, sind nicht immer alle Planungsbeteiligten in einem Projektteam auf dem gleichen Technologisierungsstand. Unter den Architekturbüros gibt es zwar Pioniere,<sup>411</sup> aber in der aktuellen Praxis ist ein zentraler Projektserver ein noch immer sehr gebräuchliches Instrument für den Datenaustausch. Auf dem zentralen Projektserver werden aktualisierte Pläne als Download für alle Beteiligten zur Verfügung gestellt. Ein aktiver Datenaustausch ist nicht möglich. Notwendige Updates von Plänen bei Änderungen oder Planungsfortschritt fordern alle Planungsbeteiligten, permanent auf dem Laufenden zu bleiben.

Mit dem fortschreitenden Diffundieren von BIM in der Planungsrealität wird dieser unidirektionale Informationsaustausch sukzessive abgelöst werden.

In den D-A-CH-Ländern erhofft man sich für den Holzbau viel von der Einführung von BIM:

*«Wir als Holzbauplaner warten schon lange darauf, dass uns andere Fachplaner früher ihre Informationen liefern. Oft muss man noch in der Ausführungsphasen Anpassungen vornehmen, weil erst dann konkrete Angaben geliefert werden. Wenn man bemerkt, es braucht doch eine größere Durchdringung [die Leitungsführung eines Gebäudetechnikers, Anm. d. Verf.] oder Aussparung, hat das wiederum Einfluss auf die Statik. Wenn diese Abstimmungen schon im Vorfeld (vorherigen Planungsphasen) geklärt werden, dann ist es auch für die Bauherrschaft ein Kosten-Nutzen-Benefit. Diese frühe interdisziplinäre Zusammenarbeit mit allen am Bau beteiligten Planern ist ein Gedankengut der BIM-Arbeitsweise.*

*In Skandinavien oder Amerika funktioniert die BIM-Arbeitsweise schon lange. Jedoch arbeitet man da oft mit TU's oder GU's, welche mit den gleichen Fachplanern zusammenarbeiten. Daher sind mit diesen Unternehmen die Schnittstellen schon lange geklärt. In der Schweiz haben wir bei jedem Bauvorhaben neue Partner, jedes Mal beginnt man wieder von vorne. Solange keine standardisierten Abläufe und somit die Aufgaben der einzelnen am Bau beteiligten Planer und Entscheidungsträger definiert werden können, wird das interdisziplinäre Zusammenarbeiten eine Herausforderung sein. Die Softwareindustrie wird sich weiterentwickeln. Wenn man bedenkt, welcher Fortschritt in den letzten zehn Jahren zu beobachten ist, so bin ich überzeugt, in zehn Jahren planen und bauen wir anders.»*<sup>412</sup>

Wie dieses *«anders planen und bauen»* in der Praxis aussehen wird, ist noch nicht klar. Ob sich die Planung komplett vom physischen Raum lösen kann, ist umstritten. Zollondz 2013 kritisierte die Meinung der Medientheoretiker, die durch die neuen Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten den Raumbegriff in Auflösung sehen.<sup>413</sup> Philipp Zumbrennen von EURBAN<sup>414</sup> hat langjährige Erfahrung in der BIM-gestützten Abwicklung von Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden. Auch er ist überzeugt, dass Planung nicht isoliert im virtuellen Raum stattfinden kann.

---

Systeme Informationen wie Vorschubgeschwindigkeit, Drehzahl, Spannvorrichtung etc.) an CNC-gesteuerte Maschinen weiter. (Schindler 2009, S. 190)

<sup>409</sup> Hönig 2016

<sup>410</sup> Fuchs 2013

<sup>411</sup> [www.aardeplan.ch](http://www.aardeplan.ch);

<sup>412</sup> Interview mit Stefan Grüter (Pirmin Jung Ingenieure) am 05.04.2016 in Rain

<sup>413</sup> Zollondz 2013, S. 24

<sup>414</sup> <http://eurban.co.uk>

«Es ist nicht hilfreich, einen CAD-Planer in Tallyn zu beschäftigen, bei einer geringfügigen Änderung kann es sein, dass eine Arbeitsabfolge angepasst werden muss – aber niemand merkt es. Das heißt, es braucht trotzdem die direkte Besprechung zwischen den Planenden und nicht nur den elektronischen Datenaustausch – das beste BIM nützt nichts, wenn die Leute nicht miteinander reden!»<sup>415</sup>

Es muss geklärt werden, wer welche Informationen liefert, und auch, welche nicht gebraucht werden, so Zumbrunnen weiter. Auch Harald Echsle von spillmann echsle architekten berichtet vom Paradigmenwechsel in seinem Büro. Die Fachplanenden werden von ihm mittlerweile eher nach der geografischen Nähe sondiert: Trotz der vielfältigen digitalen Kommunikationswege sind die Teilnahme und der Austausch an regelmäßigen wöchentlichen Projektbesprechungen unverzichtbar.<sup>416</sup> Auch ein Holzbauingenieur untermauert, dass für Fachplanende der Weg zu einer Besprechung oft ein Tagesaufwand ist und der Beitrag oft aus deren eigener Perspektive minimal erscheint<sup>417</sup> – aber in der Gesamtheit für die Lösung von Detailfragen essenziell ist.

Zusammenfassend kann zum Begriff des Ortes und des virtuellen Planungsraumes gesagt werden, dass der Ort grundsätzlich durch die Vorfertigung an Einfluss verliert, wenn man den Blickwinkel auf die Produktion setzt. Diese kann stärker ortsunabhängig erfolgen. Planungsprozesse mit hohen Vorfertigungsgraden finden immer mehr im virtuellen Raum statt. Durch die zunehmende Digitalisierung wird damit eine Ortsunabhängigkeit in der Planung erlangt. Der geografische Ort hat aber dennoch eine hohe Relevanz. Die Praxis in der Anwendung von BIM zeigt nämlich, dass physische Treffen zur Abstimmung der Planungsinhalte eine höhere Bedeutung erlangen. Der virtuelle Planungsraum aller Beteiligten in Planung, Produktion und Ausführung in Relation zu deren geografischem Standort und der Bezug zur Baustelle stellen damit einen entscheidenden Einflussfaktor für einen optimierten Ablauf des Planungsprozesses dar.

#### 4.1.7.6. Arbeit

Unter Arbeit wird in Analogie zu Zollondz 2013 die Leistungserbringung der Architekt/innen und aller Fachplanenden für die Planungsleistungen und die Beaufsichtigung der Umsetzung vor Ort definiert. Die Arbeit steht in sehr engem Zusammenhang mit der Kategorie der Kosten,<sup>418</sup> da sie als Aufwand des Planungsteams in den Planungskosten abgebildet wird (siehe Abbildung 38).

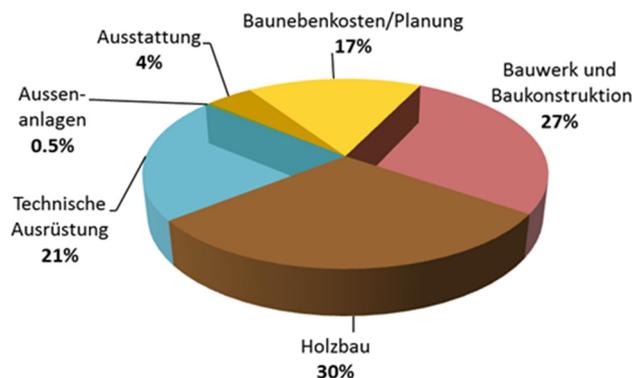


Abbildung 38: Prozentuale Verteilung der Kostenarten am Beispiel der Aufstockung rauti-huus. Quelle: Geier et al. 2017c, S. 28–31 und Geier und Keikut 2017b, S. 22–27.

<sup>415</sup> Zumbrunnen 2015, Folie 19

<sup>416</sup> Interview Harald Echsle und Manfred Keikut (spillmann echsle architekten) am 21.05.2015 in Zürich

<sup>417</sup> Interview Marco Affolter (Makiol Wiederkehr) am 07.04.2016 in Beinwil am See

<sup>418</sup> Siehe Kapitel 4.1.7.3

Arbeit im vorgefertigten Holzbau bedeutet also Planungsleistung bzw. Planungsaufwand. Dass es Projekte gibt, die entsprechend aufwendiger oder schwieriger sein können, ist in den Honorarordnungen für Planungsleistungen mit höheren oder niedrigeren Honorarvergütungen verknüpft.

Diese Honorarordnungen und somit die Vergütungen der Planungsleistungen sind beispielsweise in den Ländern des D-A-CH-Raums sehr unterschiedlich: In Deutschland ist die aktuelle Honorarordnung die HOAI 2013.<sup>419</sup> Hier sind die Honorarzonen I-V definiert. In der Schweiz gibt die SIA 102:2014<sup>420</sup> Auskunft, wie die Höhe der Honorare für Architekt/innen und Ingenieur/innen ermittelt werden kann.<sup>421</sup> Eine der Arten der Honorarermittlung<sup>422</sup> wird u. a. durch den Schwierigkeitsgrad von sieben Bauwerkskategorien<sup>423</sup> beeinflusst. Mit dem «Anpassungsfaktor (*r*)» gibt es in Kap. 7.8 der SIA 102 eine weitere Möglichkeit, die Grundleistungen des Honorars anzupassen, wenn lokale, organisatorische oder andere programmatische Einflüsse die Leistungserfüllung erschweren.<sup>424</sup> In Österreich ist seit 2010 die HIA 2010<sup>425</sup> zwar eine Richtlinie für die Honorarermittlung, gibt aber wenig konkrete Hilfestellung. Der Bedarf nach Leistungsbildern und Kalkulationshilfen war aber ungebrochen, und so wurde von der BAIK nach einer öffentlichen Ausschreibung die «LV.VM 2014 Leistungsmodelle. Vergütungsmodelle»<sup>426</sup> als unverbindliche Grundlage für Honorarermittlungen geschaffen, die in elektronischer Form öffentlich zur Verfügung stehen.<sup>427</sup> Die Ausführungen «Kommentar zum Leistungsbild Architektur»<sup>428</sup> bieten unter anderem zu den LV.VM 2014 Hilfestellung in der Bewertung von Projekten zur Ermittlung der Leistungsbilder und Honorargrundlagen an. Die Projektgröße wird dabei als diffuses Synonym für Anforderungen der aufgrund der physischen Größe definierten Schwierigkeitsklassen, der Komplexität und der Inhalte beschrieben.<sup>429</sup> Der Komplexitätsbegriff wird in der weiteren Ausführung mit der Projektorganisation verbunden.

Was in allen drei D-A-CH-Ländern noch sehr rudimentär vorhanden ist, aber für eine Aussage zur tatsächlichen Leistungserbringung bei der Planungsarbeit im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden wesentlich wäre, ist ein Abgleich mit Zahlen aus der Praxis. In der Schweiz gibt es zwar eine Rückkopplung mit der Praxis durch ein sog. «Benchmarking»,<sup>430</sup> das Gemeinkosten, Arbeitsstunden und betriebliche Kennzahlen von Architekturbüros erhebt (die Teilnahme an der Erhebung ist freiwillig). Die Produktivität der unterschiedlichen Planungsbüros wird dabei ermittelt aus den Anwesenheitsstunden der Mitarbeitenden im Verhältnis zu den auftragsbezogenen Stunden.<sup>431</sup>

Eine Art der Rückkopplung mit dem Schwierigkeitsgrad oder der Art der Bauaufgabe findet nur in der Datenerhebung der HIA in Österreich statt. Diese geht auch nicht auf projektspezifische Schwierigkeitsgrade ein. Vielmehr wird nach Projektarten unterschieden.<sup>432</sup> In der Erhebung für Wohn- und Bildungsbauten wird beispielsweise eine Abhängigkeit des Zeitaufwandes für die Planung mit der

<sup>419</sup> HOAI Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (Deutsche Bundesregierung 2013), § 35 (1) und (2) und §36 (1)

<sup>420</sup> SIA 102:2014 Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten (Ordnung)

<sup>421</sup> Die Honorare der Holzbauingenieur/innen sind hier allerdings nicht adressiert. Dies liegt an der fehlenden Integration des Holzbauingenieurwesens in die SIA.

<sup>422</sup> Ordnung, S. 36

<sup>423</sup> SIA 102:2014, Kapitel 7.6

<sup>424</sup> Ordnung, 50, Kapitel 7.8

<sup>425</sup> HIA Honorar Information Architekten. BAIK Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten 2010

<sup>426</sup> Bericht «Leistungs- und Vergütungsmodelle 2014» auf der Website der BAIK <http://wien.arching.at/service/honorareleistungen.html>; abgerufen am 05.01.2017, 14:51

<sup>427</sup> BAIK Telegramm vom Mai 2014 auf [https://www.arching.at/baik/news/baik-telegramm/archiv/idart\\_192-content.html#Mai2014](https://www.arching.at/baik/news/baik-telegramm/archiv/idart_192-content.html#Mai2014), abgerufen am 05.01.2017, 14:51

<sup>428</sup> Lechner 2015

<sup>429</sup> Lechner 2015, S. 297

<sup>430</sup> <https://benchmarking.sia.ch/engine>

<sup>431</sup> Kennzahlenerhebung SIA Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein 2016, S. 3

<sup>432</sup> BAIK Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten 2010, 148, Teil B, Modul 2

Bruttogeschossfläche identifiziert. Im Industrie- und Gewerbebau wird eine Abhängigkeit von Zeitaufwand und Kubatur gesehen.<sup>433</sup> Allerdings bezieht sich diese Datenerhebung nur auf Projekte, die nach der alten Honorarordnung HOA als «üblicher» Schwierigkeitsgrad eingestuft waren.<sup>434</sup> In der Dokumentation der Erhebung ist nicht nachvollziehbar, ob auch Projekte mit höheren Vorfertigungsgraden ausgewertet wurden.

Daher wurde im Rahmen des Projekts leanWOOD der Planungsaufwand unterschiedlicher Projekten anhand konkreter Fallbeispiele mit Bezug auf den internen Aufwand an Stunden erhoben und ausgewertet.<sup>435</sup> Diese Auswertung des Planungsaufwandes erfolgte auf Basis von tatsächlich geleisteten Stunden der einzelnen Mitarbeitenden im Projekt. Durch die zusätzlichen Informationen zu den aus der Auswertung der Schwierigkeiten im jeweiligen Projekt mit der Kriterienmatrix wird eine gute Basis geschaffen, den Zeitaufwand in der Planung in Relation zum Schwierigkeitsgrad zu setzen.

Die Situation hinsichtlich der Erhebung der Zahlen präsentierte sich sehr differenziert. In den Holzbauingenieurbüros werden die Stunden der Mitarbeitenden in den Projekten sehr präzise entweder und differenziert nach Projektphase oder Art der Aufgabe erhoben. In den Architekturbüros erfolgt die Aufzeichnung der Stunden weniger projekt- oder phasenorientiert. Eine Begründung liegt, laut Architekt Peter Baumberger, in der Tatsache, dass Architekturbüros, die über Wettbewerbe akquirieren, anders kalkulieren als Ingenieurbüros. Die kumulierten Kosten aller Wettbewerbsteilnahmen eines Architekturbüros müssen durch die Honorare eines gewonnenen Projekts abgedeckt werden können.<sup>436</sup> Ingenieurbüros können ihren tatsächlichen Aufwand zumeist direkt mit der Bauherrschaft oder dem Generalplanenden abrechnen.

Die Rückkoppelung der Stundenauswertung der leanWOOD-Fallbeispiele<sup>437</sup> mit der Auswertung der Schwierigkeiten, die sich aus der Kriterienmatrix<sup>438</sup> und den Interviews ergeben,<sup>439</sup> lässt folgende Schlussfolgerungen anhand der Fallbeispiele zu.

- › Wenn die technische Planung des Architekten mit der Planung des Holzbauunternehmens gut synchronisiert werden kann<sup>440</sup> und kooperativ stattfindet, korreliert auch der Stundenaufwand des Architekturschaffenden mit den Empfehlungen der Honorarrichtlinien.
- › Ein rechtzeitiges Einbeziehen und die projektspezifisch abgestimmte Kooperation von Fachplanenden reduzieren den Aufwand des Architekturbüros in der Phase der Ausführung vor Ort (SIA Phase 5.2).<sup>441</sup>
- › Die Aussagen aus den Interviews mit den Projektbeteiligten zeigen ein positives Resümee für die Planung in Bezug auf die Abstimmung zwischen den Planungsbeteiligten, dem Planungszeitraum und der Zufriedenheit mit dem Ergebnis in der Umsetzung. In beiden Fällen wurden die Schnittstellen zwischen den Akteuren zu «Verbindungsstellen». Im ersten Fall funktionierte der Informationsfluss und Wissensaustausch zwischen Architekturbüro und Holzbauunternehmen und im zweiten Fall zwischen Architektur- und Holzbauingenieurbüro mit wenig Reibungsverlusten.<sup>442</sup>

---

<sup>433</sup> BAIK Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten 2010, 140, Teil B Modul 2

<sup>434</sup> BAIK Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten 2010, 141, Teil B Modul 2

<sup>435</sup> Siehe Kapitel 3.1.3 auf S. 46

<sup>436</sup> Interview Peter Baumberger (BS+EMI Architektenpartner AG), Zürich, 02.04.2015

<sup>437</sup> Siehe Diagramme in Kapitel 3.1.3 ab S. 46

<sup>438</sup> Siehe Kapitel 3.1.2 ab S. 43

<sup>439</sup> Siehe Kapitel 3.1.4 ab S. 49

<sup>440</sup> Wie dies im Projekt in Diagramm 4 auf S. 48 der Fall ist.

<sup>441</sup> Wie in Diagramm 1 auf S. 47 dargestellt.

<sup>442</sup> Interviews mit Beat Kämpfen (kämpfen für architektur ag) am 25.1. und 24.2.2015, Peter Baumberger (BS+EMI Architektenpartner AG) am 2.4.2015, Marius Brunschwiler (Nüesch&Partner Architekten AG) am 1.10.2015, Enrico Uffer (Uffer AG) am 24.1.2017.

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich «gute» Planung auch in der Wertschöpfung für alle Beteiligten widerspiegelt. Es muss aber auch festgestellt werden, dass die Höhe des Aufwandes für Planungsleistungen im Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden mit sehr wenig konkreten Zahlen aus der Praxis hinterlegt ist.

Die Analysen in leanWOOD geben einen ersten Eindruck.<sup>443</sup> Grundsätzlich sieht man in diesen Auswertungen, dass durch Vorfertigung die erwähnte Leistungsverschiebung stattfindet: Ein Teil der technischen Planung, der sonst ausführungsbegleitend erfolgt, verlagert sich in die Produktionsplanung. Es kann vermutet werden, dass bei optimaler Synchronisation Doppelgleisigkeiten, Warte- und Stehzeiten vermieden werden und gegebenenfalls auch der Aufwand in der Ausführung vor Ort (Baubegleitung) sinkt. Dies sollte aber in der Praxis durch eine breit angelegte Datenerhebung und Auswertung überprüft werden, um das Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden auf gesicherte Leistungsgrundlagen für Planende stellen zu können.

#### 4.1.7.7. Muda, Mura und Muri

Dem grundsätzlichen Bestreben im Lean Management folgend, ist das oberste Ziel aller Aktivitäten Verschwendung jeglicher Art zu vermeiden. Dazu zählen Muda (die Verschwendung von Kapazitäten und Ressourcen), Mura (Verschwendung durch Unausgeglichenheit) und Muri (Verschwendung durch Überbelastung).<sup>444</sup>

Wird die Intention, Verschwendung zu vermeiden, allerdings einseitig betrieben, mündet dies in einseitigen Rationalisierungsbestrebungen.<sup>445</sup> Daher erscheint es wesentlich, nicht die Symptome zu bekämpfen, sondern die Ursache dieser Art der Verschwendung zu ergründen.

Erste Ansätze sind in der Auswertung der Stundenaufwände der leanWOOD-Fallbeispiele<sup>446</sup> in den zu sehen. Es gibt einen übermäßigen Ressourcenverbrauch in den Phasen des technischen Designs während der SIA-Phasen «4.1 Ausschreibungsplanung» und «5.1 Ausführungsplanung». Nach der Situationsanalyse<sup>447</sup> ist dieser Aufwand größtenteils auf Fehl- und Doppelplanungen unterschiedlicher Akteure zurückzuführen. Unnötige, oft negative Iterationsschleifen verursachen Stundenaufwand, der bei besserer und frühzeitiger Abstimmung vermieden werden kann.

Folgt man der Erkenntnis von Kamiske 2005 «*Es lag am Management*» (S. 67), müssen auch das Projektmanagement und die Entscheidungsprozesse hinsichtlich der Verschwendung untersucht werden. Bertelsen 2003a deklariert auch Management per se als Muda – da es nicht direkt zur Wertschöpfung beiträgt. Seine Schlussfolgerung für das Management von Bauprojekten ist daher, dass Management soweit wie möglich zu reduzieren, um gut laufende Prozesse so wenig wie möglich zu stören und die Verantwortung (und damit Entscheidungen) soweit wie möglich in die Nähe der ausführenden Ebene zu schieben und Selbstorganisation zu ermöglichen.<sup>448</sup>

Dies zeigt sich gut in den Überlegungen eines Holzbauunternehmers, der seine zur Entscheidung einer Offertlegung in Bezug auf das Team im geplanten Projekt erläutert.

*«Im Holzbau müssen Entscheidungen getroffen werden können. Da muss ich wissen: Wie entscheidungsfähig sind die Partner? Wir wissen, es gibt Büros, da kann nur einer entscheiden – und das ist der Chef, und die Mitarbeitenden dürfen nicht entscheiden. Das ist mühsam, mit solchen Partnern zu schaffen. Der, der das Projekt leitet, der es führt, der muss entscheiden können. Der weiß auch*

---

<sup>443</sup> Siehe Kapitel 3.1.3 ab S. 46

<sup>444</sup> Zollondz 2013, S. 9, siehe auch S. 80

<sup>445</sup> Siehe Kapitel 4.1.5, S. 76

<sup>446</sup> Siehe Diagramme in Kapitel 3.1.3 ab S. 46

<sup>447</sup> Siehe Zusammenfassung in

Tabelle 6 auf S. 62

<sup>448</sup> Bertelsen 2003a, S. 8

*in der Tiefe, worum es geht. Wenn das nur der Chef kann, weiß er gar nicht, was bisher passiert ist von Auftragsvergabe bis zu dem Moment, wo es um eine Entscheidung geht.»<sup>449</sup>*

Er streicht im Interview auch den Zusammenhang zwischen qualitativ hochwertigen Entscheidungen und Kosten hervor – Ressourcen können durch optimierte Planung in frühen Phasen geschont werden.

*«In der Vorprojektphase können sie 20 Prozent der Baukosten einsparen. In der Vergabephase vielleicht 10 Prozent. Diese 10-prozentige Einsparung kommt meist in der Ausführungsphase in Form von Regie und Nachträgen wieder retour. Aber damit man in der Vorprojektphase dabei ist, müssen Entscheidungen gefällt werden können. Und da muss ich wissen: Wie entscheidungsfähig sind die Partner?»<sup>449</sup>*

Eine weitere Quelle von unnötigem Ressourcenaufwand ist der bislang wenig umgesetzte interdisziplinäre Planungsansatz. Die unterschiedlich organisierten Disziplinen (Architekt/innen, Holzbau- und Gebäudetechnikbüros, Holzbauunternehmen) arbeiten oft sehr lange isoliert, bis man Informationen austauscht. Ein Holzbauingenieur erläutert seine Erfahrungen in der interdisziplinären Planung.

*«Das durchgängige, interdisziplinäre Zusammenspiel in der Planung – da ist die Schweiz noch weit entfernt. In der Holzbauproduktion und -planung wird schon seit Jahrzehnten interdisziplinär geplant. Nur können bislang die nötigen Informationen erst in der Ausführungsphase (Werkstattplanung) abgeholt werden.»<sup>450</sup>*

Tabelle 11 listet nun alle Phänomene aus der Situationsanalyse und ordnet Ihnen die Ursachen und Auswirkungen zu.

Tabelle 11: Zuordnung der Verschwendungsarten und deren Ursachen

Phänomen	Ursache der Verschwendung	Auswirkungen der Verschwendung
Leistungsverzögerung und fehlendes Wissen in frühen Phasen	Fehlendes Bewusstsein für phasenspezifisch notwendige Kompetenzen. Fehlende Harmonisierung.	Überbelastung und Zeitdruck in späteren Phasen
Vielfältigkeit der technischen Möglichkeiten und Standardisierung	Überforderung durch fehlende Standardisierung von Aufbauten, Konstruktionen, Prozessen.	Unnötiger Planungsaufwand
Mangelnde zeitliche und inhaltliche Synchronisation unterschiedlicher Disziplinen	Fehlendes Wissen über projektspezifisch notwendigen Detaillierungsgrad.	Doppel- und Fehlplanungen, Wartezeiten
Unterschiedliche Planungs- und Realisierungssequenzen der Disziplinen	Siehe oben	
Fehlen von Know-how und Erfahrung	Überforderung durch fehlende Standardisierung von Prozessen oder strukturelle Schwächen der Projektorganisationskultur, um fehlendes Know-how und Erfahrung zu kompensieren	Unnötiger Ressourcenaufwand Fehlleistungen Vernachlässigtes Optimierungspotenzial, Risiko von Qualitätsverlust, Bauschäden <sup>451</sup>

<sup>449</sup> Interview Peter Sinniger (Hector Egger AG) am 08.06.2008 in Laufenburg;

<sup>450</sup> Interview Stefan Grüter (Pirmin Jung Ingenieure) am 05.04.2016 in Rain

<sup>451</sup> Geier 2017, S. 52–53

Komplexität	Überforderung in der Erfassung/Abhandlung der projektspezifischen Anforderungen aus dem vorgefertigten Holzbau (unzureichend erfasst und/oder kommuniziert).	Doppel- und Fehlplanungen, Wartezeiten Vernachlässigtes Optimierungspotenzial, Risiko von Qualitätsverlust, Bauschäden <sup>451</sup>
Aufschieben von Entscheidungen	Fehlendes Bewusstsein für den Zeitpunkt von Entscheidungen Fehlendes Verständnis für Zusammenhänge und Wechselwirkungen bei (Entscheidungs-) Prozessen Fehlender Überblick über Prioritäten (nicht verhandelbare/verhandelbare) Aspekte Mangelnde Entscheidungsmoderation	Unnötiger Ressourcenaufwand Verzögerungen Fehlentscheidungen
Interdisziplinärer Planungsansatz wird ungenügend umgesetzt	Fehlende Harmonisierung und Überforderungen durch fehlenden Wissensaustausch mit den anderen Disziplinen; starre Projektorganisation, die nicht projektspezifisch angepasst reagieren kann	Interdisziplinärer Wissensaustausch findet unzureichend statt (Know-how-Verlust an den Schnittstellen). Vernachlässigtes Optimierungspotenzial, Risiko von Qualitätsverlust, Bauschäden <sup>451</sup>

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Arten der Verschwendung von Ressourcen im vorgefertigten Holzbau sind, wie man in der Tabelle 11 sieht) weitreichend. Die Hauptursachen sind in der Überforderung hinsichtlich der Erfassung der Projektspezifika und Ableitung bzw. Auswahl geeigneter technisch-konstruktiver Lösungen, dem mangelhaften Wissensaustausch im Fall spezifischer Anforderungen eines Projekts zwischen den Disziplinen und in Unzulänglichkeiten in der Projektorganisation (Koordination, Harmonisierung etc.) zu identifizieren.

#### 4.1.7.8. Kultur

Der temporäre Charakter eines Bauprojekts und die lose Bindung eines Projektteams, das immer wieder neu zusammengesetzt wird, erschweren den Vergleich mit der Organisationskultur eines Unternehmens, wie sie von Zollondz 2013 erläutert wird. Die Grundregeln sind sehr ähnlich: Es geht um die gemeinsame Bewältigung von Aufgabenstellungen durch interne Integration im Team.<sup>452</sup> Dieses Team muss nun jedes Mal die Grundprämissen der projektspezifischen Zusammenarbeit erst erlernen, selbst wenn es einfache informelle Verhaltenskodexe sind: Zuspätkommen oder Telefonieren während Besprechungen, Information bei Zeitverzug etc.

*«Es ist ja jedes Mal ein anderes Team. Und klar hat jeder seine Aufgabe, aber das ist ja wie in einer Mannschaft. Wenn die als Team funktionieren, müssen nicht alle Topleute sein. Wenn die alle top sind, aber nicht miteinander funktionieren, dann ist es keine gute Mannschaft. Und das spielt schon eine große Rolle.»<sup>453</sup>*

Einen großen Einfluss auf die Kultur der Zusammenarbeit im Team üben hierbei die Wahl des Vergabeverfahrens und auch die anschließende Regelung der vertraglichen Bindungen aus. Hierarchien und Weisungsrecht werden damit definiert, die Rolle der Koordination und damit die Verantwortlichkeit für die Etablierung notwendiger organisatorischer Strukturen zugewiesen. Im Projekt leanWOOD wurde dafür der Begriff «Kooperationsmodell» geprägt,<sup>454</sup> der auf Studien im Projekt

<sup>452</sup> Die interne Integration wird, nach dem Zitat von Edgar H. Schein, als zweite Determinante (neben der externen Anpassung) zur Bewältigung von Problemen durch eine Gruppe verstanden (siehe Kapitel 4.1.6, S. 81).

<sup>453</sup> Interview Peter Sinniger und Roman Niederberger (Hector Egger Holzbau) am 08.06.2016 in Laufenburg

<sup>454</sup> Geier und Huß 2016;

E2ReBuild<sup>455</sup> zurückzuführen ist, die «Collaboration models»<sup>456</sup> in europäischen Sanierungsprojekten untersuchten.

*«Der Begriff ‹Vergabe- und Kooperationsmodell› beschreibt die Art der Vergabe und die Organisationsstrukturen der Zusammenarbeit in Planung und Ausführung, definiert Verantwortlichkeiten, Rollen, Informations- und Kommunikationswege. Die Wahl des Vergabe- und Kooperationsmodelles hängt vom Profil des Auftraggebers, der spezifischen Bauaufgabe und deren Rahmenbedingungen ab.»<sup>457</sup>*

→ Die gängigen Kooperationsmodelle<sup>458</sup> wie die Vergabe in Einzelgewerken, die Generalunternehmung (GU), die Teil-Generalunternehmung (Teil-GU),<sup>459</sup> die Totalunternehmung (TU) oder der Gesamtleistungswettbewerb (in der Schweiz) sind größtenteils hierarchisch organisiert. Kooperative Planungsmodelle<sup>460</sup> wie die Werkgruppen oder Bauteammodelle sind die Ausnahme und benötigen das nötige Know-how, um im Rahmen öffentlicher Vergabegesetzgebung umgesetzt zu werden.<sup>461</sup>

Mit der Wahl des Vergabe- und Kooperationsmodells wird ein Teil der «Projektkultur» geprägt. Nach dem freudschen Eisbergmodell<sup>462</sup> sind dies die 20 Prozent sichtbare Kultur, die ein Projekt prägen. Ein anderer Teil wird durch das Maß des Kosten- oder Zeitdrucks stark beeinflusst. Die Vergabe von Leistungen erfolgt zumeist überwiegend preisorientiert,<sup>463</sup> unabhängig vom gewählten Vergabemodell. Angesichts massiven Preisdrucks ist jedoch jedes Unternehmen gefordert, betriebswirtschaftlich sehr sorgfältig zu kalkulieren. Die Auswirkungen auf die Kultur schildert ein Holzbauunternehmer.

*«Wenn man schon am Limit läuft, bevor man angefangen hat, dann schreibt man jede Schraube, die zusätzlich kommt, auf. Das schürt das ganze Misstrauen und ist eine falsche Entwicklung.»<sup>464</sup>*

Bei General- oder Totalunternehmungen wird dieser Preisdruck oft an die Subunternehmen weitergegeben. Dies führt zu Spannungsverhältnissen innerhalb der Kette General- oder Totalunternehmung einerseits und Subunternehmung andererseits. Die Erfahrungen von Architekt/innen und Bauherrschaften mit General- und Totalunternehmungen sind zweigeteilt. Manchmal fühlen sie sich einer «Blackbox» gegenübergestellt.<sup>465</sup> Andere äußerten in den Interviews, dass sie gerne mehr mit General- oder Totalunternehmern arbeiten würden, wenn die Bedingungen passen. Architekt Harald Echsle skizziert das Wunschbild vom idealen Generalunternehmer.

*«Wie würden wir uns einen guten GU wünschen?»*

- › *Er hat ein Auge auf den Architekten*
- › *Er ist menschlich*
- › *Er hat gute Subunternehmer, die er nicht kaputt macht*
- › *Er nimmt seine Rolle als Baumanager wahr*

<sup>455</sup> [www.e2rebuild.eu](http://www.e2rebuild.eu)

<sup>456</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013b; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013c

<sup>457</sup> Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017, S. 132

<sup>458</sup> Geier et al. 2017a, Kapitel 3

<sup>459</sup> Im Holzbau wird oft auch ein Teil-GU für die «dichte Hülle» angewendet. (Geier et al. 2017a, S. 25–26)

<sup>460</sup> Geier 2016d, Geier und Huß 2016 und Geier et al. 2017a, Kapitel 4

<sup>461</sup> Vergabe- und Kooperationsmodelle wurden im Rahmen des Projektes leanWOOD detailliert behandelt, siehe dazu Geier et al. 2017a

<sup>462</sup> Siehe Kapitel 4.1.6, S. 81

<sup>463</sup> Siehe Kapitel 4.1.7.3, S. 85

<sup>464</sup> Interview Martin Bühlmann (Bühlmann Holzbau) am 20.04.2016 in Dietikon

<sup>465</sup> Geier 2016d, S. 7

- › *Die monetäre Seite ist eine wichtige, aber die findet zwischen ihm und dem Bauherrn statt und sollte sich nicht im Resultat widerspiegeln»*<sup>466</sup>

Aber auch Bauherrschaften sind für diese Kultur der internen Zusammenarbeit in der Verantwortung. *«Bauen ist ja nicht nur die Erfüllung von Leistungsbeschrieben, sondern es gibt auch einen kulturellen Aspekt dabei. Es sollte den Leuten [am Bau] auch gut gehen. Man spricht ja immer von den Nutzenden, aber ich denke gerade auch die Unternehmer! Ich als professioneller Besteller muss ebenso darauf achten und kann nicht sagen: Das geht mich nichts an. Mit einer Bestellung übernehme ich auch die Verantwortung über den Prozessverlauf. Man braucht auch eine «Besteller-Ethik». Und dort, wo die Arbeit gut funktioniert, ist das häufig das Resultat davon, dass die Leute gut miteinander arbeiten.»*<sup>467</sup>

Vieles hängt also auch von der hierarchischen Organisation und den persönlichen Fähigkeiten der Projektbeteiligten ab.

*«Aber, wenn du in der Projektentwicklung einsteigst, dann braucht das ein Stück weit eine Teamfähigkeit. Man entwickelt dieses Projekt gemeinsam, muss es ja dann gemeinsam vorlegen mit den Kosten. Man ist ja schon einen ganzen Weg gegangen, bis man überhaupt einen offiziellen Auftrag überbekommt. Klar, wenn das ein schlechtes Team ist, kann es schon auch mühsam sein. Wenn man es mit einem neuen TU probiert, mit dem man noch nie zusammengearbeitet hat, kam es auch schon vor, dass, solange man am Wettbewerb ist, alles super war, und wenn man den Wettbewerb gewonnen hat, wurde der Spieß umgedreht.»*<sup>468</sup>

Im Vergleich zur Organisationskultur in Unternehmen kommt allerdings auch der Umgebungskultur im Bauen eine große Bedeutung zu: gesetzlichen Rahmenbedingungen aus dem Planungs- und Baurecht, der Vergabegesetzgebung, den Normen, der Baustellenumgebung, Vorgaben durch Bauherrschaften und der Vielfalt der Beteiligten. Diese Kultur ist in jedem Projekt anders ausgeformt und Bestandteil der Anforderung.<sup>469</sup>

Zusammengefasst bezieht sich der Begriff der Kultur im vorgefertigten Holzbau einerseits auf die Organisationskultur eines temporären Projektteams und wird grundsätzlich durch die Wahl des Vergabe- und Kooperationsmodells bestimmt. Damit sind die vertraglichen und rechtlichen Bindungen, Hierarchien und Verantwortlichkeiten bestimmt. Die Umgebungskultur andererseits übt einen sehr starken Einfluss auf die interne Kultur aus. Besonders der Preisdruck ist ein wesentlicher Faktor, wenn er zur Ultima Ratio erklärt wird.

Andererseits basiert die Organisationskultur auch auf den persönlichen Fähigkeiten von Einzelnen hinsichtlich der Teamarbeit, der interdisziplinären Zusammenarbeit und dem Verantwortungsbewusstsein. Die persönlichen Fähigkeiten der Projektteammitglieder und ihre Herangehensweise an die Planung haben einen großen Einfluss auf die Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen. Dies zeigt sich auch im Zusammenhang mit den Erkenntnissen aus der Analyse der Interviews.<sup>470</sup>

Mit diesen Erkenntnissen kann der Begriff der Kultur im vorgefertigten Holzbau unterschiedlich interpretiert werden.

<sup>466</sup> Interview Harald Echsle und Manfred Keikut (spillmann echsle architekten) am 21.05.2015 in Zürich

<sup>467</sup> Interview Jürg Grob (Stiftung PWG Zürich) am 06.07.2016 in Zürich; in: Geier 2016d, S. 7

<sup>468</sup> Interview Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure) am 25.02.2016 in Zürich

<sup>469</sup> Siehe Kapitel 4.1.7.1, S. 82

<sup>470</sup> Siehe Kapitel 3.1.4.5 ab S. 55 und 3.1.4.6 ab S. 56

- › Mit Bezug auf die projektbezogene Organisationskultur (‘Planungskultur in einem Projekt’), die in der Zusammenarbeit des Projektteams unterschiedlicher Disziplinen entsteht.
- › Mit Bezug auf die spezifische Kultur innerhalb einer Disziplin (Planungskultur einer Disziplin), die sich von der Planungskultur in einer anderen Disziplin unterscheidet.

Diese offene Frage soll im Themenfeld «Planungskultur»<sup>471</sup> näher beleuchtet werden.

#### 4.1.8. Zusammenfassung und Fazit

Die Industrialisierung im Holzbau revolutioniert das Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden und bietet neue Möglichkeiten zur wirtschaftlichen und technischen Optimierung in der Umsetzung. Aufgrund kapitalintensiver Investitionen in den Maschinenpark stehen die produzierenden Holzbaubetriebe aber unter Druck, diese auch auszulasten und insbesondere die Effizienz zu steigern. Dabei wird die Effizienzsteigerung in der produzierenden Industrie durch die Lean Production in der Automobilindustrie oft als Vorbild genommen.<sup>472</sup> Die Methoden und Werkzeuge des Toyota Produktionssystems (TPS), die sich außerhalb Japans als Lean etablierten, wurden insbesondere von größeren Betrieben implementiert und erwiesen sich in der produzierenden Industrie als erfolgreich.<sup>473</sup> Eine der Methoden des TPS, das Visual Management, unterstützt mittlerweile auch viele Bereiche des Alltags außerhalb industrieller Anwendungen durch zusätzliche Visualisierung von Information.<sup>474</sup>

Die Übertragung der Lean-Ansätze aus der produzierenden Industrie in das Bauwesen fand unter dem Begriff Lean Construction statt. Im europäischen Raum konnte sich Lean Construction jedoch bislang nicht durchsetzen. Zumeist sind es nur große Bauunternehmen, die in den letzten Jahren organisatorische Anpassungen unter dem Titel «Lean Construction» in der Abwicklung ihrer Bauprojekte vornahmen.

«Lean» wurde und wird in vielen der neuen Anwendungsgebiete aus falsch verstandener Übersetzung und isolierter Umsetzung von Methoden und Werkzeugen mit Kostensenkung durch Stellenabbau und isolierter Rationalisierung verbunden. Die Übertragung auf andere Anwendungsgebiete scheiterte daher vielfach. In der Literatur hat man sich sehr ausführlich mit diesem Scheitern beschäftigt. Die Conclusio der Expertenschaft für das Scheitern ist der mangelnde oder falsch verstandene Qualitätssicherungsansatz in Unternehmen und der fehlende systemische Ansatz, der zu einer isolierten Übertragung von Methoden und Werkzeugen führte.<sup>475</sup>

Dieser systemische Lean-Ansatz, der dem Erfolg des Toyota-Produktionssystems zugrunde liegt, wird von Zollondz 2013 beschrieben.<sup>476</sup> Seiner Meinung nach berücksichtigt der ursprüngliche Lean-Ansatz «Raum-, Zeit-, Kosten-, Qualitäts-, Arbeits-, Human- und kulturellen Faktoren».<sup>477</sup>

Die Zusammenfassung der Analyse der Übertragung des systemischen Lean-Ansatzes nach Zollondz 2013 auf den Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden ist in Tabelle 12 wiedergegeben.

---

<sup>471</sup> Siehe Kapitel 4.3 ab S. 122

<sup>472</sup> Siehe Kapitel 4.1.1 ab S. 66

<sup>473</sup> Siehe Kapitel 4.1.2 ab S. 67

<sup>474</sup> Siehe Kapitel 4.1.3 ab S. 85

<sup>475</sup> Siehe Kapitel 4.1.5 ab S. 75

<sup>476</sup> Siehe Kapitel 4.1.6 ab S. 77

<sup>477</sup> Zollondz 2013, XX, Einführung

Tabelle 12: Zusammenfassung der Analyse des Holzbaues entlang des Untersuchungsrasters nach Zollondz 2013. Siehe Kap. 4.1.7.1–4.1.7.8.

Kategorie und Begriffsverständnis nach Zollondz 2013 (siehe Kap. 4.1.6)	Analogie im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden	Relevanz
<b>Qualität</b>		
Realisierte Beschaffenheit in Bezug auf eine vorab definierte Anforderung.	Summe individueller, gesetzlicher und normativer Anforderungen, die in Wechselwirkungen zueinander stehen.	Indikator für die Wertschöpfung und die erforderlichen Kompetenzen im Projekt.
<b>Zeit</b>		
Dauer zwischen Produktentwicklung bis zur Verfügbarkeit für die Kundenschaft.	Gesamte Projektlaufzeit ab Beginn der ersten Studien bis zur Übergabe für die Nutzung durch den Bauherrn; Puffer in der Planungsphase essenziell für sorgfältige Koordination und Synchronisation.	Indikator für die Wertschöpfung. Hohe Abhängigkeit von Entscheidungsprozessen und Planungssynchronisation.
<b>Kosten</b>		
Messgröße für den Aufwand zur Erstellung des Produktes (vs. Gewinn).	Lebenszykluskosten des Gebäudes.	Indikator für die Wertschöpfung der Bauherrschaft.
<b>Wertschöpfung</b>		
Differenz zwischen dem fertigen Produkt und dem Aufwand aus unterschiedlichen Leistungsarten in der Herstellung.	Wertschöpfungssystem, das finanzielle und auch nicht monetäre Vorteile für alle Beteiligten (nicht nur die Bauherrschaft) generiert.	Einflussgröße für die realisierte Beschaffenheit (Ausführungsqualität); hohe Wertschöpfung für alle ermöglicht positive Iterationsschleifen im Planungsverlauf.
<b>Raum</b>	<b>Ort und virtueller Raum (BIM)</b>	
Positionale Relation zwischen bewegten Elementen.	Ort als geografische Lage der Baustelle, der Produktionsstandorte und der Planungsbeteiligten; virtueller Raum als gemeinsame Arbeits-(Planungs-) Plattform aller Beteiligten.	Intelligente Kombination von (Stand-) Ort und virtuellem Raum im Kontext der spezifischen Projektanforderungen ist relevant für optimalen Planungsverlauf.
<b>Arbeit</b>		
Erzwungene oder freiwillige Leistungserbringung der Arbeitenden in der Produktion zur Herstellung eines Produktes.	Leistungserbringung im Zuge der Planung durch ein temporäres Projektteam, dessen Aufwand nach Schwierigkeitsgraden in Honorarordnungen klassifiziert werden kann	Enge Koppelung mit der Vermeidung von Verschwendung und den Kosten in Bezug auf Planungskosten.
<b>Muda, Mura, Muri</b>		
Verschwendung als nicht zur Wertschöpfung beitragende Leistung.	Verschwendung als nicht zur Wertschöpfung und Qualität beitragender Management- und Planungsaufwand.	Ressourcen angemessen einzusetzen, ist essenziell für Wertschöpfung und Qualität.
<b>Kultur</b>		
Bewusste und unbewusste gemeinsame Handlungsleitsätze einer Organisation; nicht beeinflussbare, externe Einflüsse und Rahmenbedingungen als Umgebungskultur.	Interne Kultur der Zusammenarbeit in einem temporären Team, beeinflusst durch externe Umgebungskultur, Bauherrschaft und Soft Skills der Beteiligten.	Indikator für die Qualität der Zusammenarbeit und den Informationsaustausch zur Optimierung der Planungslösung.

In der vergleichenden Betrachtung der Faktoren zeigt sich ein Wirkungsgefüge, das in Abbildung 39 zu sehen ist. Dieses Wirkungsgefüge ist gekennzeichnet durch eine Wechselwirkung von Wertschöpfung, Qualität, Zeit und Kosten. Zeit und Kosten sind von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung der technischen und organisatorischen Lösungsansätze. Die Wertschöpfung wird für die Bauherrschaft auf Grundlage der präzisen Definition der verlangten Beschaffenheit (Qualitätsanforderungen) und der realisierten Beschaffenheit als Folge der Planung und Umsetzung definiert.

Dabei ist aber wesentlich, zu verstehen, dass die Wertschöpfung zu einem Wertschöpfungssystem erweitert wird, in dem alle Beteiligten profitieren (monetär und nicht monetär). Damit können positive Iterationsschleifen in der Leistungserbringung der Planung (Arbeit) generiert werden, die zur Sicherung der realisierten Qualität (verglichen mit der geforderten Qualität) beitragen. Planungskultur und Wertschöpfung sind damit in zyklischer Abhängigkeit verbunden. Die Basis für eine (positive) Entwicklung wird durch eine interne Kultur geschaffen, die als Planungskultur einer temporären Organisation von der Umgebungskultur (externe Rahmenbedingungen) beeinflusst wird (offenes System). Das System ist dabei in einem physischen und virtuellen Raum verankert.

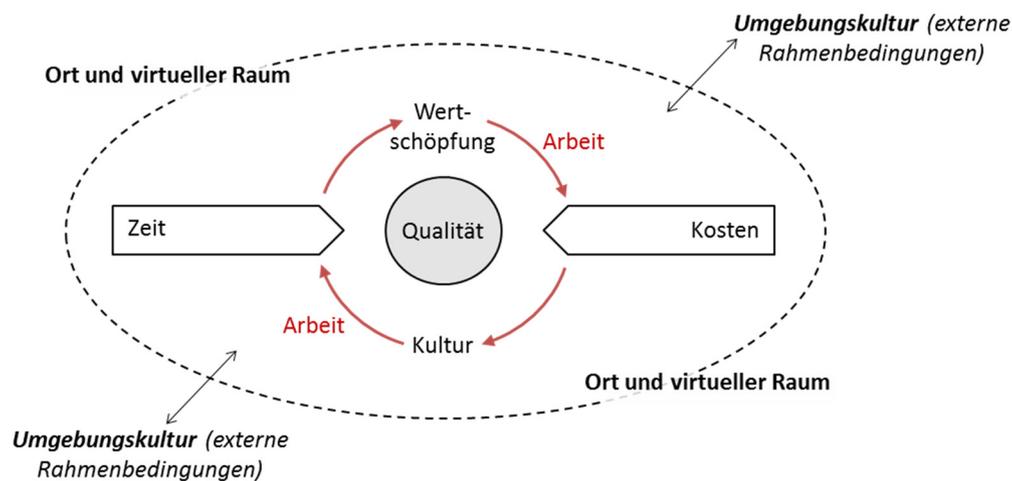


Abbildung 39: Systemischer Ansatz im vorgefertigten Holzbau. Es entsteht ein offenes System zur Umgebung. Iterationszyklen zur Verbesserung der realisierten Qualität werden durch die Wertschöpfung und die Kultur getrieben.

Vergleicht man die Erkenntnisse aus der Übertragung des systemischen Ansatzes und das daraus resultierende Wirkungsgefüge (in Abbildung 39) mit den Methoden der Lean Construction, sieht man einen klaren Unterschied.

Tabelle 13: Gegenüberstellung der Methoden der Lean Construction zu den Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus.

Methoden der Lean Construction	Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus anhand der systemischen Lean-Betrachtung
Das Last Planner System LPS <sup>TM</sup> und das LPDS Lean Product Delivery System verlaufen linear (Fluss-Prinzip) <sup>478</sup>	Positive Iterationszyklen im Planungsprozess durch das Generieren von Wertschöpfung für alle (Wertschöpfungssystem).
Im Lean Product Delivery System LPDS werden Alternativen sehr lange parallel entwickelt, und die Entscheidung für die eine oder andere Alternative wird zum spätestmöglichen Zeitpunkt getroffen. <sup>479</sup>	Synchronisierte kooperative Detaillierung mit rechtzeitigem Öffnen und Schließen von Entscheidungsfenstern. <sup>480</sup>
Im Last Planner System LPS <sup>TM</sup> werden Entscheidungsbefugnisse (Entscheidungen werden direkt in Sitzungen getroffen) übertragen, um schnellere Durchlaufzeiten zu erreichen. <sup>481</sup>	(Zeit-) Puffer, um sorgfältige Planungscoordination und -synchronisation zu ermöglichen .
Die Verantwortlichkeiten im Last Planner System LPS <sup>TM</sup> sind starr zugeteilt.	Hohes interdisziplinäres Verantwortungsbewusstsein: In der gewerkübergreifenden kooperativen Planung müssen Schnittstellen zu Disziplinen übergreifenden Verbindungsstellen werden, an denen nicht Verantwortung abgegeben, sondern gemeinsam übernommen wird.
Visual Management unterstützt intuitive richtige Handlungen. <sup>482</sup>	Klare und eindeutige Informationsübermittlung zwischen den Disziplinen der einzelnen Fachplanenden.

Tabelle 13 zeigt, dass außer dem Visual Management keine der Methoden der Lean Construction für Lösungsansätze zur Optimierung von Planungsprozessen im vorgefertigten Holzbau geeignet ist und Lösungsansätze für den Umgang mit der spezifischen Komplexität im vorgefertigten Bauen mit Holz anbietet.

<sup>478</sup> Siehe Kapitel 4.1.4, S. 74

<sup>479</sup> Siehe Kapitel 4.1.4, S. 74

<sup>480</sup> Zöllig 2016; Geier 2017, S. 71

<sup>481</sup> Hier kann man von einer «unechten Partizipation» sprechen, da mit der Übertragung der Entscheidungsbefugnis auch die Verantwortung des mittleren Managements an die ausführende Ebene übertragen wird.

<sup>482</sup> Visual Management muss als Methode dem Lean Management im Allgemeinen zugeordnet werden und ist nicht spezifisch der Lean Construction zuzuordnen.

## 4.2. Komplexität

### 4.2.1. Definition von Komplexität im Allgemeinen

In der Umgangssprache wird der Begriff der Komplexität oftmals mit dem Begriff der Kompliziertheit gleichbedeutend verwendet.

In der Literatur sind diese beiden Begriffe «Komplexität» und «Kompliziertheit» jedoch klar getrennt. Abbildung 40 zeigt die relevanten Eigenschaften der Differenzierung in einer Matrix.

Komplizierte Systeme sind durch wenige Elemente und geringe wechselseitige Beziehungen gekennzeichnet. Mit steigender Anzahl der Elemente und damit der Beziehungen steigt der Grad der Kompliziertheit, aber nicht der Grad der Komplexität. Ninck 2004 attestiert komplizierten Systemen, dass sie konstruiert und plangemäß ausgeführt werden können und danach unveränderlich sind. Fachkompetenz und mehr oder weniger Aufwand machen komplizierte Probleme lösbar.<sup>483</sup>

Komplexe Systeme sind durch veränderliche Beziehungen gekennzeichnet. Sie können nicht konstruiert werden, sondern entwickeln oder ändern sich in einem fortlaufenden Prozess.<sup>483</sup>

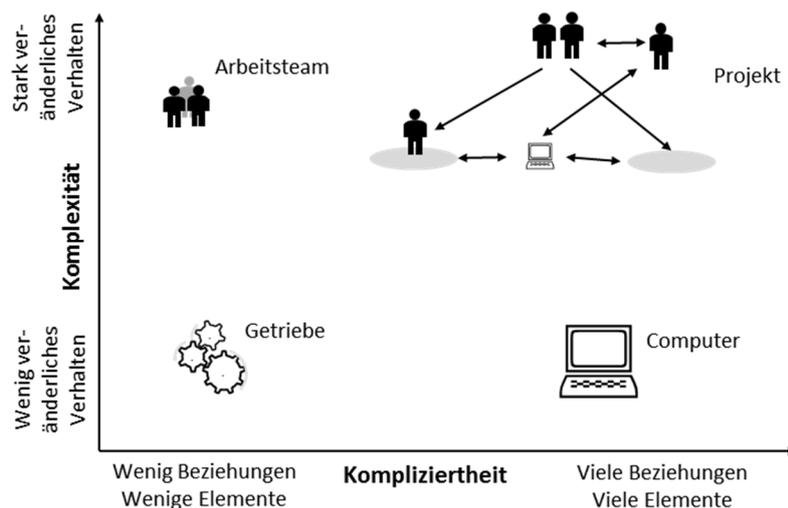


Abbildung 40: Unterscheidung der Begriffe der Komplexität und der Kompliziertheit. Quelle: Ninck 2004, S. 43

Borgert und Oltmann 2015 führen aus, dass in komplexen Systemen immer ein Austausch mit der Umwelt passiert, komplexe Systeme sind offen, verändern sich, und ihre «*nicht-linearen Dynamiken*» sorgen für Überraschungen, sind nicht planbar. Als wesentlich erwähnen Borgert und Oltmann 2015 auch, dass es eine Vielzahl an Beteiligten gibt, die unabhängig voneinander nach eigenen spezifischen Heuristiken agieren.<sup>484</sup>

Auch sie verweisen auf die beliebte Verwechslung zwischen komplex und kompliziert, denn nicht immer muss eine große Vielzahl an Teilen und Varianzen auch komplex sein.

<sup>483</sup> Ninck 2004, S. 43-44

<sup>484</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 22-23. Als Grundlage für diese Heuristik wird unser begrenztes Wissen identifiziert, das zu Mutmaßungen und Interpretationen führt, um Entscheidungen treffen zu können (Borgert und Oltmann 2015, S. 237). Die Heuristik wird hier als Gegensatz zu rationalen, analytischen Denk- und Problemlösungsprozessen gesehen, die auf Grundlage nicht eindeutig bestimm- oder berechenbarer Fakten stattfinden.

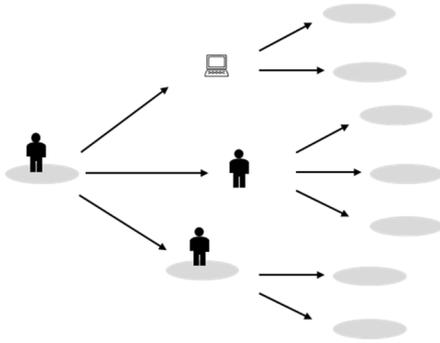


Abbildung 41: Komplizierte Systeme – können auch eine große Anzahl an Teilen aufweisen, lassen sich aber immer in klare Ursache-Wirkungsketten zerlegen (lineares System).

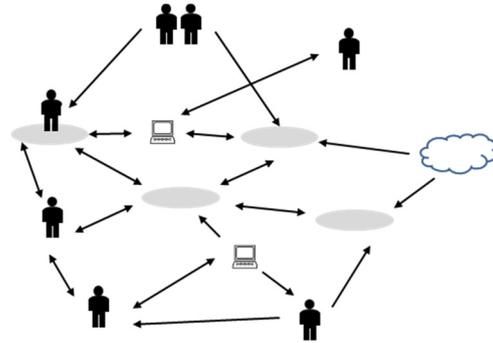


Abbildung 42: Komplexe Systeme – sind vernetzt, und Wirkungen können nicht klar auf einzelne Ursachen zurückgeführt werden (Wechselwirkungen in einem dynamischen System).

«Komplizierte» Systeme können ihrer Ansicht nach in klare Ursache-Wirkungsketten zerlegt werden. Es kann zwar mehrere richtige Lösungen geben, aber die Probleme sind über eine (Expert/innen-) Analyse lösbar.<sup>485</sup>

«Komplexe Systeme» hingegen sind vernetzt und durch Wechselwirkungen charakterisiert, die für die Dynamik im System verantwortlich sind. Weiterentwicklung und Veränderungen sind dabei nicht immer der Kausalität des Managements<sup>486</sup> unterworfen.

#### 4.2.2. Transformation des Bauens durch individualisierte Vorfertigung

Für die Unterscheidung, ob das Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden im Allgemeinen in eine der Kategorien komplizierte oder komplexe Systeme einzuordnen ist, muss der Bauprozess näher analysiert werden.

Bei steigenden Vorfertigungsgraden findet grundsätzlich eine Zergliederung des Bauprozesses statt: Ein Teil des Bauprozesses wird von der Baustelle in eine Produktionshalle verlagert. Mit dieser Verlagerung des Bauens von der Baustelle vor Ort in die Fertigungshalle ändern sich die Prozesse im Bauen, das Bauen wird «transformiert».

Mit den neuen Produktionstechnologien und zunehmender Automatisierung durch die Vorfertigung werden heute schon immer mehr Elemente<sup>487</sup> angeboten, die (in Analogie zur produzierenden Industrie) als «Produkte» oder «Halbfertigprodukte» bezeichnet werden können. Dieses Produkt «Element» kann eine große Bandbreite an Funktionen bereits erfüllen (Raumabschluss, Brandschutz, Schallschutz, Belichtung und auch gestalterische Anforderungen) – zum Beispiel Außenwandelemente mit eingebauten Fenstern und Storen und oft schon fertigen Oberflächen, die vor Ort nur mehr gefügt werden. Oft bleibt nur, wenn überhaupt, der Verschluss der Fugen zur Komplettierung.

<sup>485</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 234

<sup>486</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 24

<sup>487</sup> Kolb 2010 spricht vom «Bauen mit Elementen», begründet auf den «Bemühungen um Industrialisierung und Rationalisierung» (Kolb 2010, S. 47), die je nach Bausystem (Blockbau, Fachwerkbau, Ständerbau, Skelettbau Rahmenbau, Massivholzbau) unterschiedliche Fertigungstiefen aufweisen (Kolb 2010, S. 42); Testa 1972 verwendet dafür die Definition «Subsystem» (Testa 1972, S. 195), verweist aber auf Bezeichnungen anderer Autoren: «Ein funktional aufeinander bezogener Satz von Komponenten (andere Autoren nennen das ein «Element» oder ein funktionales Element), z. B.: [...], die Aussenwand, das Dach.»

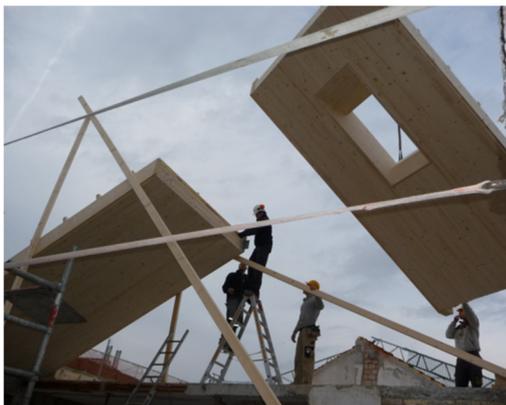


Abbildung 43: Auffrichte im leanWOOD-Fallbeispiel MFH Saumackerstrasse: Vorgefertigte Dachelemente werden auf das bestehende Gebäude versetzt.

Bild: kämpfen für architektur ag.<sup>488</sup>



Abbildung 44: Fertige Aufstockung im leanWOOD-Fallbeispiel MFH Saumackerstrasse: Die Innenoberflächen werden bereits fertig geliefert und müssen nicht mehr auf der Baustelle verkleidet werden.

Bild: kämpfen für architektur ag, Fotograf: R. Rötheli<sup>488</sup>.

Auch Dachelemente werden für Aufstockungen mit bereits fertigen Innenverkleidungen, Öffnungen oder Einbauteilen hergestellt und nur mehr auf dem vorbereitenden Estrich versetzt und anschließend eingedeckt (wie im leanWOOD-Fallbeispiel MFH Saumackerstrasse – siehe Abbildung 43 und Abbildung 44). Im leanWOOD-Fallbeispiel der Europäischen Schule in Frankfurt<sup>489</sup> wurden bereits komplette Raummodule versetzt und anschließend an der Außenseite verkleidet (siehe Abbildung 45 und Abbildung 46).



Abbildung 45: Versetzen der Raummodule in der Europäische Schule Frankfurt. Die vorgefertigten Raummodule werden auf der Baustelle versetzt, die Innenoberflächen sind bereits fertig. Bild: NKBAK Architekten. Quelle: Geier et al. 2017c, S. 52–55.



Abbildung 46: Europäische Schule Frankfurt nach der Fertigstellung. Vor Ort wurde die Verglasung in die bereits in der Fertigung versetzten Rahmen montiert und die Fassade verkleidet. Bild: NKBAK Architekten, Fotograf: RADON photography – Norman Radon. Quelle: Geier et al. 2017c, S. 52–55.

In der Literatur wird der Wandel (die Transformation) im Bauen durch die Industrialisierung im Allgemeinen diskutiert, zum Beispiel von Bertelsen 2004: Aus handwerklich geprägten Zünften wurde eine industriell geprägte Wirtschaft.<sup>490</sup> Bertelsen 2004 bringt dazu zwei Gedankenmodelle über die Interpretation des Bauens (siehe Abbildung 47).

<sup>488</sup> Geier et al. 2017c, S. 20–23; Geier und Keikut 2017b, S. 10–15

<sup>489</sup> Huß et al. 2016b, S. 10–11; Geier und Huß 2016, 3.3; Geier et al. 2017c, S. 52–55.

<sup>490</sup> Bertelsen 2004, S. 2

- › Die Interpretation des Bauens als das «Anbieten eines Prozesses»<sup>491</sup> [als Dienstleistung, Anm. d. Verf.].
- › Die Interpretation des Bauens als «Produktion» bedingt durch die fortschreitende Industrialisierung, weil eine steigende Anzahl an vorgefertigten Elementen [«Produkten», Anm. d. Verf.] auf der Baustelle nur mehr zusammengebaut wird und der Bauprozess dadurch immer mehr in die Fabrik verlagert wird. Laut Bertelsen 2004 verlängern sich zwar die vorgelagerten Zulieferketten, womit auch die Komplexität steigen könnte. Dies ist aus seiner Sicht aber nicht der Fall, da diese vorgefertigten Elemente unter kontrollierten Bedingungen (in der Fabrik) vorgefertigt werden.<sup>492</sup>

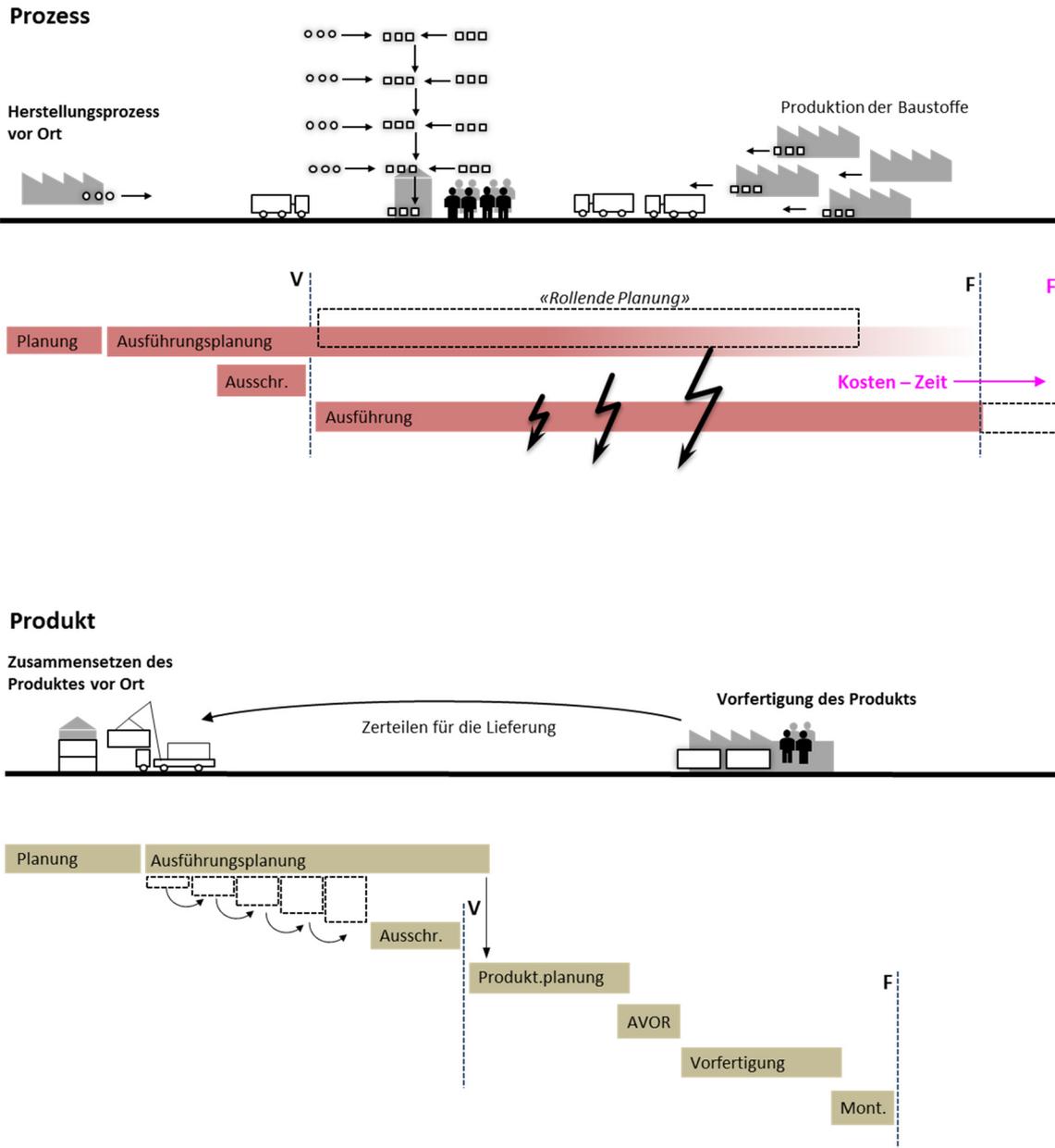


Abbildung 47: Bauen als Prozess versus Lieferung eines Produkts aus der Vorfertigung.

<sup>491</sup> «offering a process» (Bertelsen 2004)

<sup>492</sup> Bertelsen 2004, S. 6

Die erste Betrachtungsweise von Bertelsen ist hier mit der sukzessiven Errichtung des Gebäudes vor Ort verknüpft. Kleinteilige Bauteile mit niedrigem Vorfertigungsgrad werden im Bauprozess vor Ort sukzessive gefügt. In der zweiten Betrachtung werden großformatige Elemente auf der Baustelle nur mehr gefügt. Viele Teile, wie z. B. Rahmen, die ansonsten im Bauprozess erst nach Errichten der Wände eingebaut werden, sind bereits im Werk in das Element integriert worden.

Bertelsen 2004 sieht durch die Vorfertigung also eine Transformation im Bauwesen von der ursprünglichen Interpretation eines Prozesses hin zur *«Produktion von Gebäuden»*: *«[...] the paper proceeds to propose a 'construction physics' as an understanding of construction as a production in its own right.»*<sup>493</sup>

Bertelsen 2004 bringt in der zweiten Betrachtungsweise (Bauen als Produktion von Gebäuden) den Begriff der Komplexität in einer ähnlichen Form wie schon Rinas 2012 in die Diskussion ein: Es verlängern sich die Zulieferketten, dadurch wird die Produktion eines Bauteiles auf mehrere Zulieferer verteilt. Rinas 2012 spricht von der *«Zergliederung des Bauprozesses»*<sup>494</sup> durch die Vorfertigung, die die Komplexität erhöht.

Dennoch erwägt Bertelsen 2004 auch eine differenziertere Betrachtung. Seiner Meinung nach ist in der Praxis keine der beiden Betrachtungsweisen («Produkt versus Prozess») in Reinform vorhanden. *«Parts of the construction process will inevitably turn into industrial manufacturing where an increasing challenge for the remaining, chaotic process will be how to handle the interface, not how to optimize the manufacturing flow.»*<sup>495</sup>

Bertelsen 2004 zeigt damit die Herausforderung auf, dass hier zwei Welten aufeinanderprallen und dass die Herausforderung im Handling der Schnittstelle zum *«restlichen chaotischen Prozess»* (gegenüber dem «nicht-chaotischen» industrialisierten Produktionsprozess) liegt.

Ähnlich analysiert Schittich 2012 in Bezug auf den vorgefertigten Holzbau die unterschiedlichen Vorfertigungsgrade in der Praxis der industriellen Vorfertigung.<sup>496</sup> Er verweist auf die Diskrepanz, dass die Vorfertigung real schon weiter ist, als wir vermuten, und dennoch viele Tätigkeiten im Bauen noch immer manuell erfolgen<sup>497</sup> und auf menschlicher Arbeitsleistung vor Ort (auf der Baustelle) basieren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich das Bauen Richtung Industrialisierung transformiert. Die Produktion eines Gebäudes aus kleinteiligen Komponenten verlagert sich mehr oder weniger, aber nicht gänzlich, in die Produktionshalle. Für die Umsetzung von vorgefertigtem Holzbau müssen also beide Systeme zusammengeführt werden.

### 4.2.3. Thesen zur Komplexität im Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden

Seit dem 2. Weltkrieg steigt die *«Komplexität im Bauen»*, so Baccarini 1996. Er meint dazu, dass der Bauprozess das wohl komplexeste Unterfangen<sup>498</sup> in der Industrie sei.<sup>499</sup> Aber, so Williams 1999:

---

<sup>493</sup> Bertelsen 2004, S. 2

<sup>494</sup> Rinas 2012, S. 40

<sup>495</sup> Bertelsen 2004, S. 21

<sup>496</sup> Schittich 2012, S. 588

<sup>497</sup> Schittich 2012, S. 589

<sup>498</sup> *«[...] are invariably complex and since World War II have become progressively more so. In fact the construction process may be considered the most complex undertaking in industry.»* (Baccarini 1996, S. 201)

<sup>499</sup> Baccarini 1996, S. 201

«While many project managers use the term a complex project, there is no clear definition about what is meant beyond the general acceptance that it is something more than simply a <big> project.»<sup>500</sup>

Eine erste Übersicht zu den Ursachen zur Komplexität im Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden gibt Williams 1999. Er führt Komplexität auf Unsicherheiten in zwei Ebenen zurück: technische und organisatorische Unsicherheiten (siehe Abbildung 48).<sup>501</sup>

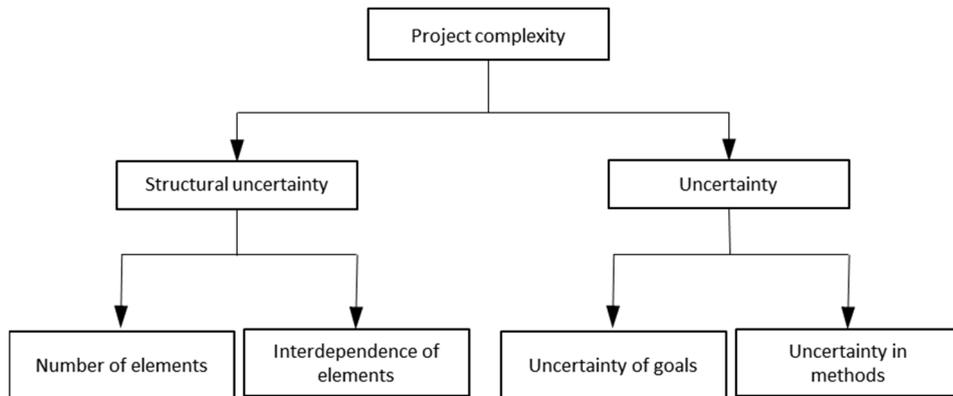


Abbildung 48: Übersichtsbaum zur Komplexität in Projekten. Grafik nach Williams 1999, S. 271.

Zwei «Komplexitäts-Treiber» identifiziert er dabei: einerseits die steigende Produktkomplexität (Produkte mit höherer Funktionalität und damit höherer Sensitivität oder Abhängigkeit von anderen Produkten oder Elementen). Andererseits den steigenden Zeitdruck<sup>502</sup> von Bauprojekten, der Parallelitäten und Gleichzeitigkeiten erfordert.<sup>503</sup>

Bertelsen 2003a beklagt sich, dass in der Praxis das Bauen noch immer mit einem linearen, kontrollierbaren Prozess gleichgesetzt wird:

«[...] that it is an ordered, linear phenomenon, which can be organized, planned and managed top down. The frequent failures to complete construction projects on budget and schedule give rise to a thinking that the process maybe not is as ordered and predictable in its nature as it may look.»<sup>504</sup>

In Konsequenz präzisiert er den Komplexitätsbegriff in Bezug auf das Bauen und definiert aus seiner Sicht drei Ursachen der Komplexität.<sup>505</sup>

- › Die Umgebungsbedingungen des Bauprozesses sind dynamische und komplex (Verfügbarkeiten, Zulieferung, Behörden etc.).<sup>505</sup>
- › Die Strukturen der beteiligten Unternehmer und Sub-Unternehmer sind fragmentiert.<sup>505</sup>
- › Das Bauprojekt generiert ein temporäres System von Kooperation und sozialer Interaktion. Loyalitäten sind durch die Firmenzugehörigkeit und nicht die Projektkooperation gegeben.<sup>505</sup>

Er (Bertelsen 2003a) weist aber auf einen großen Irrtum<sup>506</sup> hin.

<sup>500</sup> Williams 1999, S. 269

<sup>501</sup> Williams 1999, S. 271

<sup>502</sup> Auch er verwendet dazu den Begriff «Time-to-Market» siehe Kapitel 4.1.6, S. 79

<sup>503</sup> Williams 1999, S. 272

<sup>504</sup> Bertelsen 2003a, 1, Abstract

<sup>505</sup> Bertelsen 2003a, S. 6

<sup>506</sup> Oder auch «Fehler», der Übersetzung von «mistake» folgend.

«Generally, project management understands the project as an ordered and simple – and thus predictable – phenomenon which can be divided into contracts, phases, activities, work packages, assignments etc. to be executed more or less independently. The project is also seen as a mainly sequential, assembly-like, linear process, which can be planned in any degree of detail through an adequate effort and executed in accordance with the plans. As a consequence, project management acts top down, mainly by <management-as-planning> [..].»<sup>507</sup>

Abschließend erklärt er, dass die Annahme, ein Projekt sei ein angeordneter, linearer Prozess, der die Dynamik der Umwelt nicht berücksichtigt, falsch ist.<sup>508</sup>

Auf die Komplexität in der Planung und Realisierung im Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden geht Bildsten 2011 detaillierter ein.

«Therefore, the reviewed literature suggests that the complexity of a process is determined by (1) the number of parts involved and their interaction of parts in the process, and (2) the degree of difficulty in understanding and carrying out the tasks, (3) the familiarity and uncertainty of the environment, and (4) the number and variety of tasks in the process.»<sup>509</sup>

Die Rolle der Bauherrschaft wird in der aktuellen Literatur auch immer wieder diskutiert. Vor allem die Meinung, dass die Bauherrschaft eine präzise Ziel- oder klare Wertvorstellung hat, wird etwas differenzierter betrachtet. Nach Bertelsen 2004 ist auch die Bauherrschaft selbst ein komplexes und dynamisches System.<sup>510</sup> Er kritisiert daher die Vorgehensweise von Architekturwettbewerben oder die unreflektierte Fixierung eines Bauprogrammes. Dabei zitiert er Green 1994:

«The dialogue between the client and professionals must be understood as a learning process, where the parties through a series of conversations reach a mutual understanding of the needs and the options.» Bertelsen 2004 geht aber einen Schritt weiter als Green 1994 und definiert die Bauherrschaft selbst als «nicht erfassbar und nicht definierbar.»<sup>511</sup>

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass das Bauen, den Meinungen in der Literatur folgend, im Allgemeinen als hochkomplex betrachtet wird. Die meisten Aspekte hierfür können jedoch nicht dem Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden spezifisch zugeordnet werden. Auch die Erkenntnisse, die Bildsten anführt, können nicht grundsätzlich der Vorfertigung allein zugeordnet werden, sondern sind auch allgemein für das Bauen gültig.

In Anbetracht der Transformation des Bauens durch die Vorfertigung<sup>512</sup> entstehen bei steigender Vorfertigung zwei Welten: ein *kompliziertes System* durch die Vorfertigung unter konditionierten Bedingungen in der Fabrik und ein *komplexes System*, in dem alle anderen Bereiche außerhalb dieser Produktion abgebildet sind. Damit wird ein neues Gesamtsystem generiert, in dem ein kompliziertes und ein komplexes System gekoppelt sind.

---

<sup>507</sup> Bertelsen 2003a, S. 5

<sup>508</sup> Bertelsen 2003a, S. 5

<sup>509</sup> Bildsten 2011, S. 2

<sup>510</sup> Bertelsen 2004, S. 5

<sup>511</sup> Bertelsen 2004, S. 10–11

<sup>512</sup> Wie in Kapitel 4.2.2 ab S. 107 erläutert.

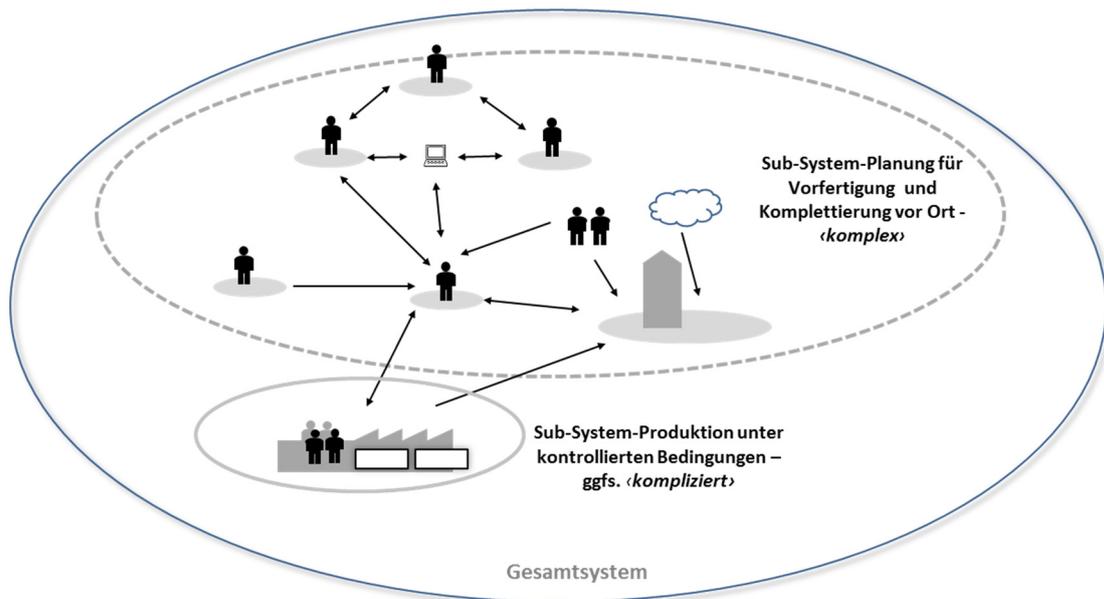


Abbildung 49: Gesamtsystem Bauen und Sub-System-Produktion, Sub-System-Planung und Komplettierung vor Ort: Das Gesamtsystem bei Vorfertigung generiert sich aus einem komplexen Sub-System in der Planung und einem Sub-System der Produktion, das ggfs. kompliziert sein kann, aber nicht komplex ist.

Dass die Betrachtung nur auf eines der Systeme (insbesondere auf das System der Produktion) bezogen zu kurz greift, haben die Forschenden des Massachusetts Institute of Technology MIT, die den Erfolg der japanischen Automobilindustrie zu ergründen versuchten, schon in den 1990er Jahren festgestellt.

*«We knew that many efforts to understand this industry had failed because they never looked further than the factory, an important element in the system to be sure, but only a small part of the total.»<sup>513</sup>*

Mit steigendem Vorfertigungsgrad werden die Zulieferketten (oder -netzwerke) länger, und auch ein größerer Teil des Bauens wird grundsätzlich in das Sub-System «Produktion unter konditionierten Bedingungen» eingebunden. Dass mit längeren Zulieferketten durch Vorfertigung die Komplexität derselben steigen könnte, muss<sup>514</sup> im Prinzip verneint werden, wenn man Abbildung 41 und Abbildung 42 vergleicht. Es werden nur mehrere Systeme mit konditionierten Bedingungen miteinander verknüpft. Diese ergeben, aus der systemischen Perspektive, nur ein kompliziertes und kein komplexes System.

#### 4.2.4. Vergleich der Thesen zur Komplexität mit Erfahrungen aus der Praxis

Die in den Thesen beschriebenen Ursachen für die Komplexität im vorgefertigten Bauen sollen im Folgenden den Erkenntnissen aus der Situationsanalyse der leanWOOD-Fallbeispiele gegenübergestellt werden.

<sup>513</sup> Womack et al. 2007, S. 3

<sup>514</sup> Auch der Hypothese von Bertelsen 2004, S. 6 folgend, siehe Kapitel 4.2.2, S. 109

Tabelle 14: Gegenüberstellung der Theorien und Erkenntnisse aus der Praxis und der Ursachen der Komplexität.

Ursachen in der Theorie	Literaturquellen in Kap. 4.2.3	Erkenntnisse aus der Praxis des vorgefertigten Holzbaus (Situationsanalyse leanWOOD-Fallbeispiele)	Relevanz
<i>Technologische Unsicherheiten</i>	<i>Williams 1999 siehe Abbildung 48</i>	Beim Bauen mit Holz gibt es noch viele Unsicherheiten, insbesondere im Zusammenhang mit der Detailentwicklung. Siehe Kap. 3.1.4.7 auf S. 57	Das Fehlen von standardisierten Aufbauten und Details bedeutet vor allem für Architekten mit wenig Erfahrung in der Vorfertigung Unsicherheiten.
<i>Vielfalt der Teile und deren Interaktion im Prozess</i>	<i>Bildsten 2011, S. 110 Pkt. (1)</i>	Produktvielfalt von Holz- und Holzwerkstoffen; Vielfältigkeit der Aufbauten und Details in Bezug auf die Funktionserfüllung Siehe Kap. 3.1.4.4, S. 53	Die Vielfalt ist im Holzbau grundsätzlich gegeben, ist aber nicht zwingend mit der Vorfertigung verknüpft. Nichtsdestotrotz hat sich durch die Industrialisierung und die steigende Vorfertigung die Anzahl der vorgefertigten Produkte mit vielfältiger Funktionalität im Bauprozess gesteigert. <sup>515</sup>
<i>Organisatorische Unsicherheiten Vertrautheit und Unsicherheit der Umgebung Probleme im Verstehen der Aufgabe und Anforderungen</i>	<i>Williams 1999 Siehe Abbildung 48 Bildsten 2011, S. 110 Pkte. (1)(2) und (3)</i>	Fehlende Standardisierung von Prozessen, um fehlendes Know-how und Erfahrung zu kompensieren Ungenügende Umsetzung von interdisziplinären Planungsprozessen Fehlendes Bewusstsein für den richtigen Zeitpunkt von Entscheidungen in der Planung vor der Vorfertigung Fehlendes Bewusstsein für den richtigen Zeitpunkt der Einbindung von Kompetenzen in den Planungsprozess  Siehe Kap. 4.1.7.7, S. 96 (Tabelle 11) Individuelle sowie gesetzliche und normative Anforderungen zur gewünschten Beschaffenheit kumulieren sich und erschweren den Überblick Siehe Kap. 4.1.7.1 auf S. 81	Vorfertigung verlangt eine andere Herangehensweise in der Planung: Die Planung muss vor der Produktion abgeschlossen sein, Entscheidungen müssen dadurch früher getroffen werden.  Die Vielfalt der Anforderungen ist keine grundsätzliche Besonderheit in der Vorfertigung. Mit dem notwendigen Abschluss der Planung in einer früheren Phase müssen sämtliche verhandel- und nicht verhandelbaren Aspekte vorweg betrachtet und entschieden werden.  Wechselwirkungen und Auswirkungen müssen abgewogen und nicht verhandelbare Aspekte müssen prioritär berücksichtigt werden.
<i>Anzahl und Variationen der Aufgaben im Projekt</i>	<i>Bildsten 2011, S. 110 Pkt. (4)</i>	Die Zunahme der erforderlichen Detaillierung und die Anzahl an Nachweisführungen bedingen eine größere Anzahl an Fachplanenden aus unterschiedlichen Disziplinen. Siehe Kap. 3.1.4.3 auf S. 52	Die Zunahme der Aufgabengebiete ist nicht spezifisch für die Vorfertigung und betrifft aber ggfs. das Bauen im Allgemeinen.

Die Analyse in Tabelle 14 zeigt, dass die Komplexität beim Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden hauptsächlich dem Bereich, der bei Williams 1999 als «*organisatorisch*» oder «*methodisch*» bezeichnet wird, zugeordnet werden kann. Die technologischen Unsicherheiten können zwar Komplexität

<sup>515</sup> Huß et al. 2016a, S. 3, Huß et al. Sommersemester 2015, S. 2

verursachen (durch fehlende Standardisierung bei fehlender Erfahrung), können aber durch Organisationsstrukturen und geeignete Strategien kompensiert werden.<sup>516</sup>

Wenn es durch die Produktvielfalt im Holzbau oder die vielfältigen Lösungsoptionen für Details und Aufbauten mehrere technologische Lösungsvariationen zur Funktionserfüllung geben kann, ist eine vorgefertigte Konstruktion, ein vorgefertigtes Gebäude aus Holz daher nicht komplex. Es kann durch Fachkompetenz analysiert, architektonisch gestaltet und in Wirkungsketten zerlegt werden – in mehr oder weniger aufwendigen Entwicklungsschritten. Es ist daher je nach spezifischer Projektcharakteristik, Erfahrungs- oder Kompetenzlevel der Beteiligten weniger oder mehr kompliziert.

Diese Erkenntnis korreliert auch mit den Ergebnissen der Auswertung der leanWOOD-Fallbeispiele mithilfe der Kriterienmatrix.<sup>517</sup> Hier zeigte sich ebenfalls, dass die Herausforderungen nicht in den Kategorien «Konfektionierung» und «Konstruktion» lagen, sondern in der Kategorie «Prozess».

#### 4.2.5. Komplexität im vorgefertigten Bauen mit Holz

Vorgefertigtes Bauen mit Holz geht über das mechanische Zusammenfügen konstruktiver und technischer Bauteile hinaus. In der Planung wird die Konstruktion mit der architektonischen Gestaltung und der Konfektionierung für die funktionalen Vorgaben des Gebäudes zusammengeführt. Dies ist für das Bauen im Allgemeinen gültig. Durch die Notwendigkeit der abgeschlossenen Planung vor der Produktion und die Herausforderungen des Konstruierens und Gestaltens mit dem natürlichen Werkstoff Holz ist die Abhängigkeit im vorgefertigten Holzbau jedoch größer.

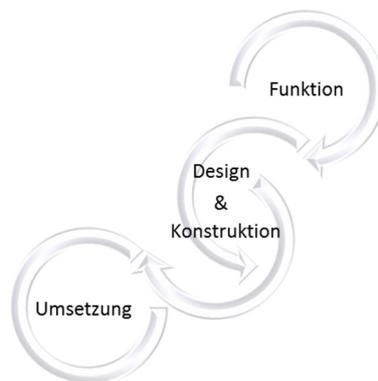


Abbildung 50: Verknüpfung Funktion, Design & Konstruktion und Umsetzung: Im vorgefertigten Bauen mit Holz sind funktionale Vorgaben mit dem Design und der Konstruktion des Bauwerks sowie der Umsetzung eng verknüpft.

Die Umsetzung ist zudem durch Rahmenbedingungen und unvorhersehbare externe Einflüsse, die sich permanent ändern (können), beeinflusst.<sup>518</sup> Gesetzliche und normative Anforderungen können zwar überwiegend als vorhersehbar angenommen werden. Im Gegensatz dazu sind zum Beispiel Wetter, Verkehr, aber auch Produktverfügbarkeiten, Personalressourcen oder auch allgemeine wirtschaftliche Entwicklungen weitaus volatiler.

Mit dieser Art der Betrachtung steht der vorgefertigte Holzbau in sich (gestalterisch – funktional – technisch-konstruktiv) und extern (Anforderungen – Rahmenbedingungen – Umwelt) in permanenten Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten.<sup>519</sup> Änderungen haben oft weitreichendere Auswirkungen und sind nicht vollständig rational planbar. Ursache und Wirkung stehen damit nicht immer in unmittelbarem Zusammenhang.

<sup>516</sup> Dazu siehe Kapitel 3.2, S. 63

<sup>517</sup> Siehe Kapitel 3.1.2 ab S. 43

<sup>518</sup> Dies gilt auch für das Bauen im Allgemeinen.

<sup>519</sup> Siehe Kapitel 4.1.8, S. 104

Abbildung 51 zeigt die drei Arten der Zusammenhänge, die für das vorgefertigte Bauen mit Holz von Bedeutung sind: interne Abhängigkeiten (Funktionalität – Gestaltung – Konstruktion), externe Abhängigkeiten (Rahmenbedingungen und volatile Einflüsse) und Umsetzungsbedingungen (durch die Bauausführung).

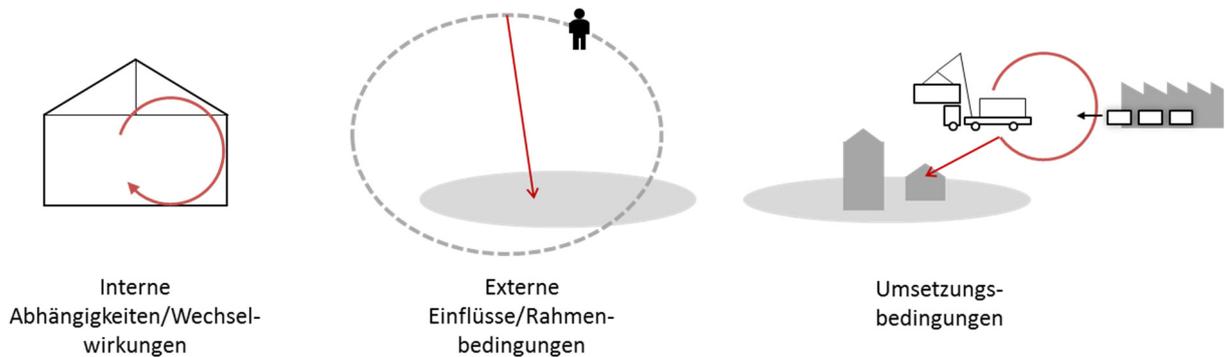


Abbildung 51: Abhängigkeiten, Wechselwirkungen, Rahmenbedingungen und Einflüsse auf das vorgefertigte Bauen mit Holz.

Die Folge ist eine Unsicherheit in der Planung und bei Entscheidungen. Diese Komplexität kann aber nicht nur dem vorgefertigten Bauen mit Holz zugeschrieben werden, sondern ist für das Bauen im Allgemeinen gültig. Dennoch ist sie im vorgefertigten Holzbau mit einer größeren Unsicherheit behaftet.

Während beim Bauen mit niedrigeren Vorfertigungsgraden in der baubegleitenden Planung viele Entscheidungen erst vor Ort (anhand gesicherter Tatsachen) getroffen werden können, müssen diese in der Planung für das vorgefertigte Bauen mit Holz, basierend auf einer gewissen Unsicherheit, weitaus früher in der Planung vorweggenommen und prognostiziert werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass Unvorhergesehenes diese Prognosen beeinflusst oder stört, ist damit ebenfalls größer.

Die Veränderlichkeit und die Unsicherheit in der Planung und Umsetzung von vorgefertigtem Holzbau sind damit für die Komplexität im vorgefertigten Bauen mit Holz verantwortlich. Wie mit diesen beiden Aspekten im Prozess und im Projektmanagement umgegangen werden kann, wird damit zum zentralen Thema für eine «gute» Planung im vorgefertigten Holzbau.

#### 4.2.6. Paradigmenwechsel im Management in komplexen Systemen

Die Komplexität, die im vorgefertigten Holzbau im Projektverlauf zu managen ist, bedingt, dass auch die Management- und Organisationsstrukturen der (Holzbau-)Projekte überdacht werden müssen.

Die Übertragung der Ansätze der Lean Construction zur Prozessoptimierung auf Planungsprozesse im Bauwesen hat sich als wenig erfolgreich erwiesen.<sup>520</sup> In weiterer Folge soll diskutiert werden, ob die aus den Lean-Ansätzen entwickelten Methoden für das Projektmanagement geeignet sind, mit der Komplexität im vorgefertigten Bauen mit Holz umzugehen.

<sup>520</sup> Siehe Kapitel 4.1.8

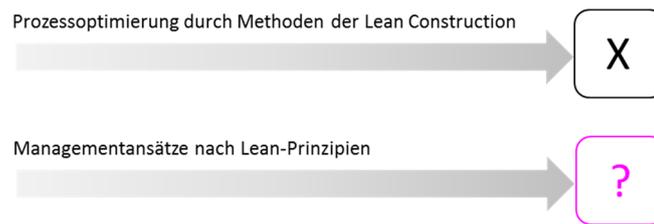


Abbildung 52: Überprüfung von Prozessoptimierung und Managementansätzen nach den Lean-Prinzipien. Die isolierte Übertragung ins Bauwesen zur Prozessoptimierung hat sich als wenig erfolgreich erwiesen. Die Frage ist, ob Managementansätze nach Lean für den vorgefertigten Holzbau sich als geeignet erweisen.

In dieser Diskussion muss, noch vor der Thematisierung des Toyota Produktionssystems TPS, auf Henry Ford Bezug genommen werden. Henry Ford wollte die Abläufe in seinen Fabriken verbessern. Er beauftragte Frederick Taylor<sup>521</sup> mit dieser Optimierung. Taylor und Ford etablierten eine detaillierte Zeitnehmung von Arbeitsabläufen und penible Kontrolle der Arbeiter und Vorgänge und verwendeten die entsprechenden Auswertungen als Grundlagen für eine Effizienz- und Produktivitätssteigerung.<sup>522</sup> Dazu entwickelten sie hierarchische Organisationsstrukturen, die vor allem konzeptionelle und ausführende Tätigkeiten trennten. Eine klare Rangordnung sollte bessere Kontrollierbarkeit und Steuerbarkeit ermöglichen und Informationswege vereinfachen. Ihre Idee der hierarchischen Pyramide und der Reduktion des Spielraumes für Arbeiter am unteren Ende der «Befehlskette» hat sich in weiten Teilen bis heute gehalten.<sup>523</sup>

Henry Ford bediente damit einen noch wenig differenzierten Markt mit einer großen Anzahl an identischen Produkten. Dazu war die billige Massenproduktion gut geeignet. Heutige Märkte hingegen sind hochdifferenziert, und es wird eine hohe Individualität der Produkte vom Kunden verlangt.<sup>524</sup> Dies gilt für die Produkte des täglichen Gebrauchs,<sup>525</sup> aber auch für das Produkt «Gebäude». Damit muss sich die Art der Produktion ändern und auch die Organisationsstruktur zur Produktion dahinter. Hierarchien und Kontrolle sind dazu weniger geeignet.

Auch in der Lean Construction begannen nach der Jahrtausendwende Vordenker wie Sven Bertelsen, die Projektmanagementansätze zu überdenken.

*«The hypothesis proposed is that construction – along with most phenomena in our living world – must be perceived as a complex system, operating on the edge of chaos. This understanding forces project management to leave the traditional approach to its task, which is looking at the project as an ordered phenomenon – expressed as management-as-planning and the associated top down approach to the leadership – and enter the new world of self-organization and co-operation.*

*Next, construction is looked at as a complex phenomenon and it is shown that construction is indeed very complex, non-linear and dynamic, not only seen by the individual project but from an industry and a social perspective as well. From this, the view moves to the behavior of complex systems and how to manage them [...] in the form of a proposal for a **new kind of project management.**»<sup>526</sup>*

<sup>521</sup> Frederick Taylor (1856-1915) war amerikanischer Ingenieur und Begründer des Taylorismus.

([https://de.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](https://de.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor)). Er beschrieb mit dem Prinzip des «Scientific Management», wie eine Effizienzsteigerung von Arbeitsabläufen erreicht werden kann. (Borgert und Oltmann 2015, S. 241)

<sup>522</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 169–171

<sup>523</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 204

<sup>524</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 205. Siehe auch Kapitel 2.4 Industrialisierung und Individualisierung ab S. 33

<sup>525</sup> Siehe Kapitel 2.4 ab S. 33

<sup>526</sup> Bertelsen 2003a, S. 2

Bertelsen 2003a schlägt also eine neue Form des Projektmanagements vor. Während der 12<sup>th</sup> Annual Conference in the International Group for Lean Construction verfasst er unter dem Eindruck der Konferenzbeiträge ein Paper («*Lean Construction. Where we are and how to proceed*»),<sup>527</sup> das einen Paradigmenwechsel dokumentiert:<sup>528</sup> Er anerkennt den Beitrag von Koskela's TVF Theorie<sup>529</sup> für das Verständnis von Lean Construction, aber er kritisiert die Schlussfolgerungen daraus.<sup>530</sup> Man kann zwar Korrelationen von der TVF-Theorie mit den Charakteristiken eines komplexen Systems (siehe Abbildung 53) herstellen. Aber der Ansatz aus der Produktion, die ein geordnetes und prognostizierbares System darstellt, den Koskela 2000 in Konsequenz zu seinen Managementansätzen für Lean Construction damit hinterlegt, ist seiner Meinung nach nicht die geeignete Reaktion auf die dynamische und offene Charakteristik eines komplexen Systems.<sup>531</sup>

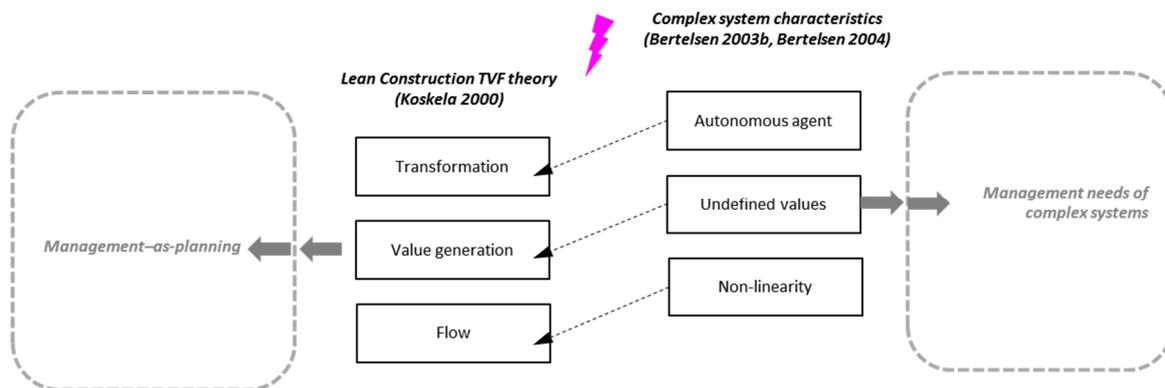


Abbildung 53: Zuordnung der Charakteristiken zur Komplexität zu den Aspekten des TVF-Modells. Die «Agents» interpretiert er als die Systeme und Module eines Gebäudes (die von Input- zu Output-Gütern transformiert wurden). Die «Undefined values» ordnet er der «Value generation» zu und die «Non-Linearity» dem «Flow». Bertelsen 2003b, S. 6.

Koskela und Howell 2001 übernehmen nach der TVF-Theorie die Ansätze vom «*Management-as-Planning*», der von Johnston und Brennan 1996<sup>532</sup> und davor von Shigeo Shingo<sup>533</sup> beschrieben wurde. Management-as-Planning ist dabei eine Methode im Projektmanagement, die nach dem Top-Down-Prinzip hierarchisch die Planungsschritte festlegt. Zwar haben Koskela und Howell 2001 schon festgestellt, dass der Management-as-Planning-Ansatz Defizite aufweist, aber sie haben diese Defizite der Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis zugeordnet.

*«It rests on a faulty understanding of the nature of work in projects, and deficient definitions of planning, execution and control. Anomalies, deviations from theory-predicted outcomes, have been*

<sup>527</sup> Bertelsen 2004

<sup>528</sup> Die in diesem Paper dokumentierten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen fassen seine bisherigen Ansätze zu diesem Paradigmenwechsel zusammen und geben erstmals sehr konkret auch Lösungsvorschläge. Die Kritik an der Sichtweise von Lean Construction als einem geordneten und vorhersehbaren System und die Forderung nach neuen Managementansätzen sind in vielen vorangegangenen Publikationen schon dokumentiert: Bertelsen 2002, Bertelsen 2003a, Bertelsen 2003b, Bertelsen und Koskela 2004.

<sup>529</sup> Siehe Kapitel 4.1.4, S. 73

<sup>530</sup> Bertelsen 2004, S. 4

<sup>531</sup> Bertelsen 2003a, S. 5; Bertelsen 2004, S. 4

<sup>532</sup> Johnston und Brennan 1996, S. 372: «*The manager steers the organization using the main lever [...] namely the setting of goals, and monitors the progress of activities against plan.*»

<sup>533</sup> Shigeo Shingo ist auch Begründer der «Operationalen Exzellenz», siehe Kapitel 4.1.2, S. 70

*observed long since in project management, but their cause has been misinterpreted and the project management community has not acted on them.»<sup>534</sup>*

Der Beitrag von Bertelsen 2004 revolutioniert die Sichtweisen der Interpretation, dass in Lean Construction, den Prinzipien der Produktion folgend, Lösungsansätze für das Management von Bauprojekten entwickelt werden können. Er detektiert die wesentlichen Unterschiede, warum die bisherigen Methoden und Tools auch im Bauprojektmanagement keinen Erfolg zeigten.

- › Die Errichtung eines Gebäudes stellt eine «Unikat-Produktion»<sup>535</sup> dar.
- › Der Charakter der Projekte ist komplex und läuft nicht geordnet, vorbestimmt und immer plangemäß wie eine Produktion ab.<sup>536</sup>
- › Der Charakter der Kooperation auf der Baustelle, die nicht eine «virtuelle Fabrik», sondern ein soziales System abbildet, ist durch den «Kampf» der unterschiedlichen Disziplinen mit begrenztem Respekt gegenüber der Arbeit anderer gekennzeichnet.<sup>537</sup>

Er präzisiert die Ergänzungen für ein neues Management.<sup>538</sup> Das Fluss-Prinzip muss, seiner Meinung nach, um den Informationsfluss erweitert werden.<sup>539</sup> Er verweist auf die Notwendigkeit, fortlaufend die Teambildung und interne Kooperation positiv zu unterstützen, um das gegenseitige Auspielen der unterschiedlichen Gewerke zu verhindern.<sup>540</sup> Und er bezieht sich auf Koskela und Howell (2001), die argumentierten, dass Kontrolle, bezogen auf die Realität im Bauen, eine zu enge Perspektive darstellt und dass hier der Lernprozess weitaus effektiver ist.<sup>541</sup> «[...] we need to learn the reasons of poor performance and act on these reasons.»<sup>542</sup>

Bertelsen 2003a ergänzt, dass die aus seiner Sicht notwendigen Managementaspekte um die bisherigen «Management-as-Planning-Ansätze» an die Anforderungen von komplexen Systemen anzupassen seien.

Tabelle 15: Übersicht über die Managementansätze bei Bertelsen 2003a

<b>Management-as-Planning</b>	Unter der Prämisse der Unvorhersehbarkeit (außer bezüglich der unmittelbar folgenden Schritte) ist es wesentlicher, die Komplexität zu analysieren und mögliche Fallgruben (« <i>pitfalls</i> ») zu identifizieren. Die Grundregel ist dabei aber: Nicht dem Irrtum erliegen, dass man sorgfältiger planen kann, wenn man tiefer ins Detail geht. <sup>543</sup>
<b>Management-as-Organizing</b>	Management, das der Organisation und Kultur der am Projekt beteiligten Unternehmen angepasst ist. Setzen von entsprechenden Zielen und deren Kommunikation. Verteilen der Verantwortlichkeiten. <sup>544</sup>

<sup>534</sup> Koskela und Howell 2001, S. 8

<sup>535</sup> Bertelsen 2002, S. 7

<sup>536</sup> Bertelsen 2002, S. 9

<sup>537</sup> Bertelsen 2002, S. 9–10

<sup>538</sup> Bertelsen 2004, S. 18

<sup>539</sup> Bertelsen 2004, S. 8

<sup>540</sup> Bertelsen 2002, S. 9–10

<sup>541</sup> Koskela und Howell 2001, Abstract

<sup>542</sup> Koskela und Howell 2001, S. 8

<sup>543</sup> Bertelsen 2003b, S. 9

<sup>544</sup> Bertelsen 2003b, S. 8

<b>Management-as-Team Building</b>	Das Team stellt ein temporäres soziales System dar. Das Wohlergehen wird eher aus der Sicht der eigenen Unternehmung bestimmt. Durch Nachfragen, Zuhören und das Vertrauen in das Können der einzelnen Teammitglieder wird Verantwortlichkeit generiert und der Komplexität durch ein « <i>Multi-skilled-Team</i> » begegnet. <sup>545</sup>
<b>Management-as-Service Providing</b>	Management ist per se nicht « <i>value-generating</i> ». Management muss daher auf den Support bezogen werden, der die wertschöpfenden Tätigkeiten im Prozess unterstützt. <sup>546</sup>
<b>Management-as-Nuisance</b>	Management sollte so wenig wie möglich die Ausführung «stören», um den Prozess nicht « <i>in ein Chaos</i> » zu verwandeln. Die optimale Situation wäre die Selbstorganisation im Prozess. <sup>547</sup>

In diesen Ausführungen spiegelt sich die Erkenntnis, dass ein Projekt auch ein soziales System abbildet, in den Handlungsempfehlungen für das Management wider. Sehr deutlich ist dies in den Ansätzen Management-as-Organizing und Management-as-Team Building sichtbar. Gleichzeitig ist diese Erkenntnis für das Projekt als soziales System auch der Lösungsansatz für den Umgang mit der Komplexität in den Projekten.

Das interdisziplinäre Team («*multi-skilled*») hat die Fähigkeit, adäquater auf komplexe Aufgabenstellungen zu reagieren. Zu einem ähnlichen Schluss kommen auch Borgert und Oltmann 2015:<sup>548</sup> Das Management komplexer Systeme ist auf den Diskurs und die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Meinungen, Sichtweisen und Kompetenzen angewiesen. Feedback, Rückkoppelung und Selbstorganisation sind dabei wichtige Regelmechanismen.<sup>549</sup> Diese Denkweise auf das Bauen im Allgemeinen zu übertragen, führt zu einem Konflikt mit starren Systemen aus Bauverträgen und Haftungsregelungen, die auf klaren Hierarchien und Weisungsbefugnissen basieren.

Ein Fehler wäre es aus ihrer Sicht, zu vereinfachen. Borgert und Oltmann 2015<sup>548</sup> weisen darauf hin, dass komplexe Aufgaben und Kontexte das Gegenteil von Vereinfachung brauchen.<sup>550</sup> Falsch wäre es auch, Kontrollmechanismen auszubauen, denn: «*Zuviel Kontrolle bringt die Menschen dazu, einen Weg «drumherum» zu finden.*»<sup>551</sup>

Auch Atkinson et al. (2006) schlussfolgert aus der Erkenntnis, dass ein Bauprojekt ein komplexes System darstellt, dass Managementansätze sich ändern müssen und dass diese auf Aspekten wie Vertrauen, Lernen und einer geeigneten Organisationskultur beruhen müssen: «*[...] that more attention needs to be given to understanding and developing [...] management processes associated with building trust, sense-making, organisation learning and building an appropriate organisational culture better suited to operating with high levels of uncertainty.*»<sup>552</sup>

Mit der Erkenntnis, dass das Management in komplexen Systemen neuen Logiken folgen muss, stellt sich die Frage, wie die Projektorganisation dazu gestaltet werden muss.

Borgert und Oltmann 2015 weisen auf die Unbeweglichkeit und den Informationsverlust in hierarchisch strukturierten Organisationseinheiten hin.<sup>553</sup> Solche Organisationseinheiten konzentrieren sich

<sup>545</sup> Bertelsen 2003a, S. 10

<sup>546</sup> Bertelsen 2003b, S. 10

<sup>547</sup> Bertelsen 2003a, S. 10–11

<sup>548</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 21

<sup>549</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 25

<sup>550</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 43

<sup>551</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 45

<sup>552</sup> Atkinson et al. 2006, S. 687–688

<sup>553</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 209

auf Effizienzsteigerung<sup>554</sup> und Fehlervermeidung und verlieren dabei Anpassungsfähigkeit und Flexibilität.<sup>555</sup>

Auch heute versuchen noch viele Unternehmen, mit der Verlagerung von Entscheidungskompetenzen zu Mitarbeitern deren unternehmerisches Denken und Handeln zu aktivieren, um Effizienz und Produktivität zu steigern. Borgert und Oltmann 2015 führen aus, dass dies zum Scheitern verurteilt ist, wenn das grundsätzliche hierarchische Kontrollsystem bestehen bleibt.<sup>553</sup>

Habraken 2000 vergleicht die bisher traditionelle Planung (er bezieht sich auf den Mauerwerksbau) mit einer Militärparade.

*«Die Hersteller des MW-baus führen ihre Arbeit auf eine ähnlich Weise aus, wie ein Offizier eine Parade vorbereitet. Für die schwierigen Paradeteile ist eine sorgfältige Vorbereitung notwendig. Alles muss bis ins Detail vorausgeplant werden. Das Auftauchen von etwas Unerwartetem wäre katastrophal und die ganze Aufführung unwiderruflich misslungen. Es ist nicht verwunderlich, dass die grösste Angst des Organisators darin besteht, dass eines der Individuen etwas Eigensinniges unternimmt. Wenn das so geschehen würde, könnte das Ganze nicht mehr in der Hand gehalten werden».*<sup>556</sup>

Seine Lösung liegt im Wiederherstellen der «natürlichen Relation», er vergleicht dies mit einem Fußballspiel. Es gibt Spielregeln, aber diese ermöglichen «wechselnde Variationen». «Unerwartete kann entstehen und findet Platz in der Wirklichkeit.»<sup>556</sup>

Dazu braucht es einen Paradigmenwechsel. Fezer 1980 fordert für die Gestaltungs- und Planungsprozesse in seinem erläuternden Vorwort zu Lucius Burckhardt: «Wer plant die Planung?» Ein «Umweltverständnis, das von interagierenden Systemen mit dynamischen Bezügen zur alltäglichen Wirklichkeit ausgeht».<sup>557</sup> Er kritisiert das noch immer übliche «hierarchisch-statische Planungsdenken [...]».<sup>558</sup> Er sieht, dass «PlanerInnen» nach «komplexeren Wirklichkeitsmodellen» forschen: «Sie suchen nach Handlungsansätzen im Umgang mit der Ungewissheit und Prozesshaftigkeit [...]».<sup>557</sup>

#### 4.2.7. Zusammenfassung und Fazit

In der Praxis werden die Begriffe «komplex» und «kompliziert» nicht unterschieden, sodass der vorgefertigte Holzbau in Bezug auf den technisch-konstruktiven Bereich vielfach als komplex bezeichnet wird.<sup>559</sup> Komplexität entsteht jedoch nicht durch die technisch-konstruktive Ausführung, sondern durch interne Abhängigkeiten und Wechselwirkungen, externe Rahmenbedingungen volatile Einflüsse sowie die Umsetzungsbedingungen.

Die linearen, starren Lösungsansätze für die Prozessoptimierung von Planungsprozessen im Bauwesen, die mit den Managementansätzen nach den Lean-Prinzipien vorgeschlagen werden, können nicht adäquat auf die Komplexität im vorgefertigten Holzbau eingehen. Neue Managementansätze zeigen bereits Richtungen auf, wie das tradierte Verständnis von Management als hierarchischer Top-down-Ansatz abgelöst werden kann.<sup>560</sup> Dabei sind weniger Kontroll- und Steuermechanismen, dafür aber geeignete Spielregeln notwendig, die einen flexiblen Rahmen für das Zusammenspiel des Teams bieten müssen. Diese Spielregeln dienen als Grundlage für das Handeln und die Zusam-

---

<sup>554</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 171

<sup>555</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 107

<sup>556</sup> Habraken 2000, S. 32

<sup>557</sup> Fezer 1980, S. 16

<sup>558</sup> Fezer 1980, S. 15

<sup>559</sup> Siehe Tabelle 14 auf S. 114

<sup>560</sup> Siehe S. 119

menarbeit in einem Planungsteam. Diese Spielregeln in der Zusammenarbeit können auch als «Kultur» bzw. als «Planungskultur» bezeichnet werden, und es stellt sich die Frage, wie diese Planungskultur gestaltet werden muss, damit die Beteiligten mit den Unsicherheiten und der Veränderlichkeit im Prozessverlauf adäquat umgehen können.

### 4.3. Planungskultur

Ein besseres Verständnis der Bedeutung des Begriffs der Planungskultur ist Voraussetzung, um diese Zusammenarbeit und das Wissensmanagement so zu verbessern, dass die Komplexität beim vorgefertigten Bauen mit Holz besser gemanagt werden kann.<sup>561</sup>

#### 4.3.1. Begriffsdefinition Planungskultur

Der Begriff «Planungskultur» ist eine Synthese aus «Planung» und «Kultur». Die klassische Interpretation des Begriffes «Kultur» wird in vielen Bereichen verwendet und ist vom Prinzip der Überstimmung von Handlungsleitsätzen geprägt.

*«Kultur ist ein System von Regeln und Gewohnheiten, das das Zusammenleben und Verhalten von Menschen leitet».*<sup>562</sup>

Der Begriff «Planungskultur» taucht im wissenschaftlichen Diskurs in den 1960er Jahren auf,<sup>563</sup> als das rationale und lineare Planungsmodell mit dem Glauben an die Beherrschbarkeit oder Zerlegbarkeit von Naturvorgängen durch die gesellschaftlichen Veränderungen ins Wanken gerät. Die abstrakten Modelle stellen in keiner Weise ein realitätsnahes Abbild von zunehmend vernetzten Entscheidungsfindungsprozessen dar, so Reimer 2016.<sup>564</sup>

In der räumlichen Planung<sup>565</sup> taucht der Begriff der Planungskultur erstmals in den 1990er Jahren auf.<sup>566</sup> Hier wird Planungskultur einerseits auf die Schnittstellen zwischen den Planenden und der Zivilgesellschaft im Rahmen der räumlichen Planung bezogen und andererseits auch auf die divergierenden Kulturen der unterschiedlichen Mitglieder innerhalb des Planungsteams.<sup>567</sup>

Die Planungskultur bezieht dabei alle an der Planung Beteiligten ein. Wolff 2016 sieht die Planungskultur als eine *«polykollektive Kultur aller an der Planung Beteiligten»*.<sup>568</sup>

In der Diskussion des Begriffs der Planungskultur herrscht große Überstimmung, dass der klassische Kulturbegriff, der von einer *«internen Homogenität»*<sup>569</sup> einer Gruppe ausgeht, in der Planungskultur nicht zutrifft. Vielmehr ist die Planungskultur durch die Unterschiede der Beteiligten charakterisiert.

---

<sup>561</sup> Siehe Kapitel 4.2.7

<sup>562</sup> Helmann 1984, S. 2

<sup>563</sup> Die Definition der «Kultur» von Zollondz 2013 in der Analyse des systemischen Lean-Ansatzes (S. 81 und 98) bezieht sich auf die Organisationskultur in Unternehmen. Dies ist bedingt durch den Fokus auf die Optimierung der Prozesse innerhalb dieses Unternehmens. Für die Planungskultur soll hier der Begriff im erweiterten Kontext, das heißt über Unternehmensgrenzen hinweg beleuchtet werden.

<sup>564</sup> Reimer 2016, S. 19

<sup>565</sup> «Räumliche Planung» oder auch «Raumplanung» ist eine gebietsbezogene Gestaltung des Raumes, die als Metadisziplin andere Fachdisziplinen koordiniert und verbindet. (Monstadt 2009, Folie 3)

<sup>566</sup> Wolff 2016, S. 56

<sup>567</sup> Fürst 2016, Reimer 2016; Wolff 2016; Peer und Sondermann 2016

<sup>568</sup> Wolff 2016, S. 64

<sup>569</sup> Wolff 2016, S. 58

Wolff 2016 formuliert in ihrer Theorie die «*Binnendifferenzierung von Planungskulturen*» und die «*Heterogenität*» der unterschiedlichen Kulturen einzelner Akteursgruppen als das «*konstituierende Merkmal*» einer Planungskultur.<sup>570</sup>

Auch Othengrafen 2014 interpretiert Planungskultur aus der Interaktion unterschiedlicher einzelner Akteurskulturen (vor dem Hintergrund ihrer Prägung, Wahrnehmung, Interpretation und Rahmenbedingungen).

«[...] *this also means that planning culture can be understood as a cultural system that develops in the interplay of cultural codes, institutional settings, cognitive frames of the involved planners and other actors and their interactions.*»<sup>571</sup>

Grundsätzlich muss man feststellen, dass mit dem Begriff der Kultur eine sozialwissenschaftliche und eine komplexe Komponente in die planungswissenschaftliche Diskussion eingeführt werden. Diese stellt die abstrakten Planungsmodelle perfekter Rationalität, Kausalität und Linearität infrage und zeigt mehr die reale Situation vernetzter Entscheidungsfindungsprozesse<sup>572</sup> und Kontextabhängigkeit. Werner 2012 verweist auf die Konsequenzen.

«*Die Akteure bringen dabei jeweils eigene, durch ihren Arbeitsalltag oder ihre Lebenswelt begründete Handlungslogiken ein. Das Ergebnis ist eine Vielzahl an potenziellen Konflikten zwischen den verschiedenen Handlungsrationaltäten der Akteure und bezüglich deren Vereinbarkeit mit den auf den verschiedenen Handlungsebenen etablierten Strukturen.*»<sup>573</sup>

Mit dem Begriff der Handlungsrationaltäten der unterschiedlichen Akteure werden somit ihre «*Denkmuster, Deutungsschablonen, Werthaltungen, Traditionen, Normen und Routinen*»<sup>574</sup> adressiert, die für Handlungen und Entscheidungen verantwortlich sind. Reimer 2012<sup>575</sup> schlussfolgert, «*Planungspraxis wird nicht als technokratisches Handwerk, sondern vielmehr als interpretative und kommunikative Tätigkeit verstanden, wodurch der kulturellen Gebundenheit von <planning professionals> und somit auch dem institutionellen Kontext des Planungshandelns eine besondere Bedeutung zugeschrieben wird.*»

Wolff 2016 fasst dies in der erwähnten «*Binnendifferenzierung von Planungskulturen*»<sup>570</sup> zusammen und weist jeder Akteursgruppe eine spezifische Kultur zu. Daraus kann man die Relevanz von unterschiedlichen Interpretationsmustern einzelner Akteursgruppen im Planungshandeln erschließen, die Fürst 2016<sup>576</sup> als Ursache der vielfältigen Missverständnisse in Planungsprozessen sieht.

Abbildung 54 illustriert in Anlehnung an die Darstellung von Wolff 2016<sup>577</sup> die Planungskultur als projektspezifisches System, das sich aus der Interaktion von unterschiedlichen Akteurskulturen entwickelt. Damit wird auch klar, dass sich die Planungskultur einerseits mit jedem neuen oder ausfallenden Akteur ändert. Die projektspezifische Planungskultur folgt somit keiner «*Einheitslogik*»<sup>578</sup>, sondern basiert auf der Interaktion divergenter Akteurskulturen.

---

<sup>570</sup> Wolff 2016, S. 58

<sup>571</sup> Othengrafen 2014, Introduction

<sup>572</sup> Reimer 2016, S. 19

<sup>573</sup> Werner 2012, S. 14

<sup>574</sup> Reimer 2016, S. 19

<sup>575</sup> Reimer 2012, S. 141

<sup>576</sup> Fürst 2016, S. 67

<sup>577</sup> Wolff 2016, S. 62

<sup>578</sup> Reimer 2012, S. 29

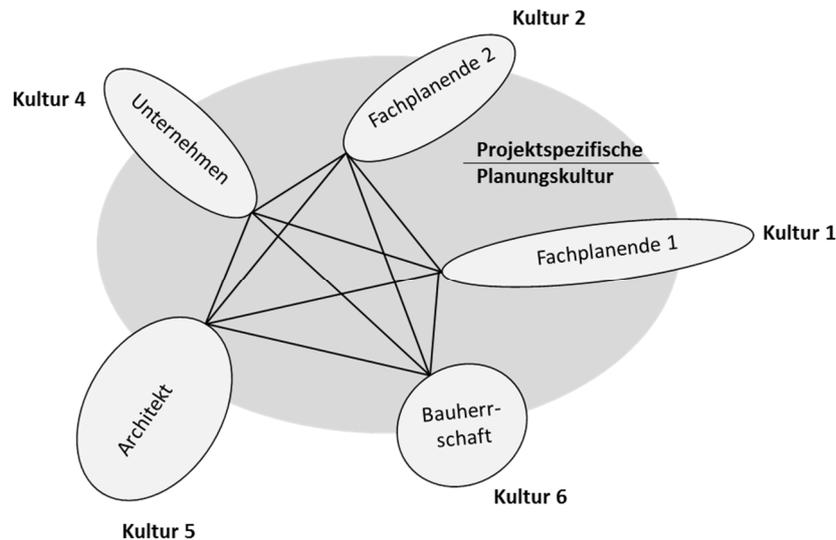


Abbildung 54: Typologie der projektspezifischen Kultur auf Basis akteurspezifischer «Sub-Kulturen». Eigene Darstellung nach Wolff 2016, S. 62.

Die Interaktion und Kontextualisierung nimmt auch Horst Rittel<sup>579</sup> in seinen Theorien zur Planungskultur auf. Er beschäftigt sich unter anderem damit, wie in der Planung Probleme gelöst werden können. Dabei differenziert er zwischen «*zahmen*» und «*bösartigen*» Problemen<sup>580</sup> und analysiert die traditionellen Systemansätze in der Planungskultur «*der ersten und zweiten Generation*». Mit dem Systemansatz der ersten Generation wird das Konzept der Rationalität verfolgt. Planungsprobleme müssen dazu vollständig rational erfassbar sein, und alle Konsequenzen sollten abgeschätzt werden können.<sup>581</sup> «*Zahme*» Planungsprobleme können damit gelöst werden. «*Bösartige*» Probleme hingegen nicht, da sie bei steigender Rationalität zur Handlungsunfähigkeit im Team führen.<sup>582</sup> Für den systemtheoretischen Ansatz der zweiten Generation verweist Rittel darauf, dass bei böartigen Problemen das «*Wissen und Nichtwissen*» auf mehrere Beteiligte verteilt ist. «*Es gibt keinen Experten (was für einen Experten irritierend ist), und wenn es Experten gibt, sind sie Experten dafür, den Prozess der Behandlung eines böartigen Problems zu leiten, aber nicht für die spezielle Fragestellung des Problems.*»<sup>583</sup> Da Planungsprobleme auch «*praktische Probleme*» sind, gibt es keine wissenschaftliche Lösung,<sup>584</sup> vielmehr gilt es die Lösung des Problems zu verteilen und Planung als argumentativen Prozess zu verstehen, in dem Entscheidungen – von unterschiedlichen Standpunkten her begründet – getroffen werden müssen.<sup>585</sup> Planung ist aus ihrer Sicht ein politischer Prozess,<sup>586</sup> in dem es weder ein Richtig noch ein Falsch gibt und der schwer kontrollierbar ist.<sup>583</sup> Für die Lösung fordern sie Interdisziplinarität und Transparenz im Prozess.<sup>586</sup> Je mehr Beteiligte es gibt, die transparent eingebunden sind, desto besser wird das Risiko verteilt und werden Prämissen aufgedeckt.<sup>583</sup>

<sup>579</sup> Rittel und Reuter 2013

<sup>580</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 44–49: Die Natur von böartigen Planungsproblemen ist es, dass sie sich nicht von einer Person alleine lösen lassen, dass es keine «Stopp-Regel» gibt, die das Ende klar definiert: Man kann immer nur versuchen, es besser zu machen. Zahme Probleme können sehr gut erschöpfend beschrieben werden und auch gut von einer Person ggfs. ohne zusätzliches Wissen gelöst werden.

<sup>581</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 42

<sup>582</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 43: Je detaillierter man Konsequenzen prognostizieren möchte, um durch rationale Planung alle möglichen Eventualitäten vorwegzunehmen, desto umfangreicher werden die zu berücksichtigenden Szenarien und erschweren zunehmend die Entscheidung für die richtige Handlungsweise.

<sup>583</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 50

<sup>584</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 52

<sup>585</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 53

<sup>586</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 39

Rittel und Reuter 2013 entwerfen das «*argumentative Planungsmodell*». Vor dem Hintergrund divergierender Interessen und Wahrnehmungsmodelle erläutern sie die Entscheidungsfindung als argumentativen Prozess unterschiedlicher einzelner Personen oder Gruppierungen.<sup>587</sup>

Für die Ableitung von Lösungsansätzen in Bezug auf eine Planungskultur, die für das Bauen mit hohen Vorfertigungsgraden geeignet ist, soll das in Abbildung 54 dargestellte Verständnis der Planungskultur als Vernetzung unterschiedlicher (disziplinärer) Subkulturen als Grundlage dienen. Wesentlich dabei ist die Vernetzung der unterschiedlichen Disziplinen, die geeignet ist, aus der Heterogenität des Teams einen Mehrwert durch die unterschiedlichen Wahrnehmungen und Standpunkte zu generieren. Die Argumentationskette im Planungsprozess wird dabei stärker, und der Diskurs einer größeren Varietät an Lösungsmöglichkeiten ist dabei möglich.

### 4.3.2. Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Folgt man den Ausführungen von Werner 2012<sup>588</sup> und Rittel und Reuter 2013<sup>589</sup> ist interdisziplinäre Zusammenarbeit ein Schlüsselmoment für eine Planungskultur, die komplexen Aufgabenstellungen gewachsen ist. Die Begriffsdefinition von Interdisziplinarität wird seit über 30 Jahren reflektiert. Ausgehend von sehr praxisorientierten Ansätzen, wurde sie mit der Zeit immer mehr wissenschaftlich geprägt.<sup>590</sup>

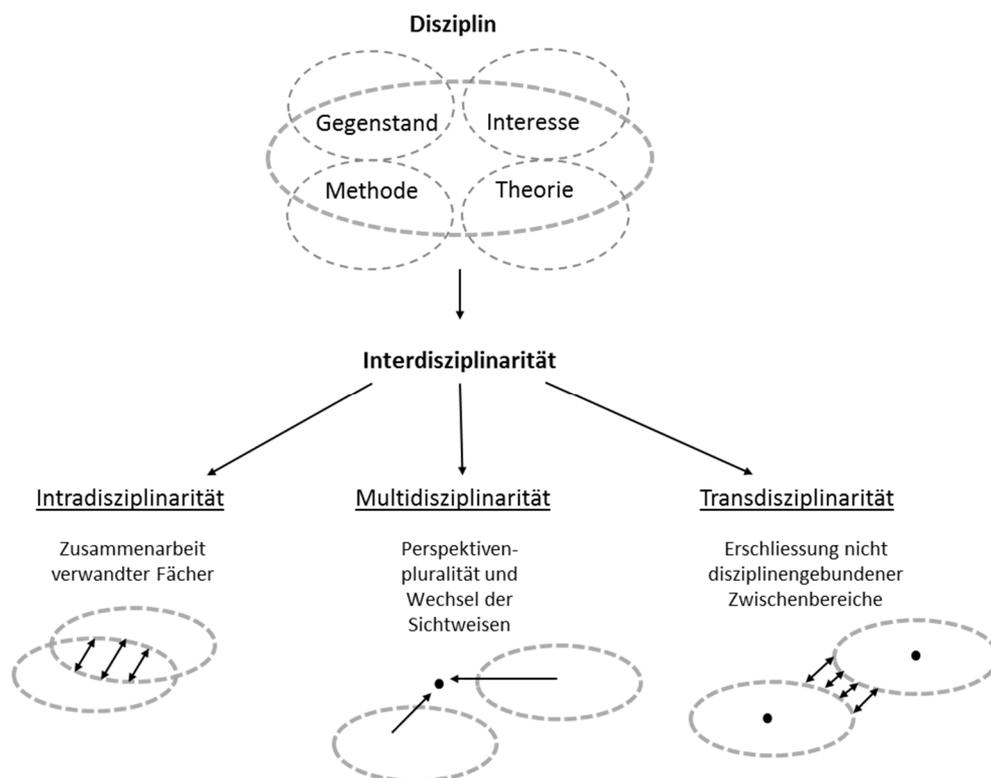


Abbildung 55: Übersicht zur Begriffsbestimmung der Interdisziplinarität.  
Käbisch 2001b, S. 18 und Käbisch 2001b, S. 22.

<sup>587</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 58–59

<sup>588</sup> Siehe Kapitel 4.3.1; S. 123

<sup>589</sup> Siehe Kapitel 4.3.1, S. 125

<sup>590</sup> Käbisch 2001a, S. 7

Ausgehend von der Definition der Disziplin als *«spezifische Konstellation von gegenständlichen, methodischen, theoretischen und interessegeleiteten Komponenten»* (Abbildung 55) können alle Überschneidungen und Verknüpfungen der einzelnen Disziplinen grundsätzlich als interdisziplinäre *«Momente»* bezeichnet werden.<sup>591</sup>

Aus dieser übergeordneten Perspektive lassen sich die unterschiedlichen Ausprägungen der Interdisziplinarität ableiten (Abbildung 55).

- › *Intradisziplinarität* als Zusammenarbeit sehr verwandter Fächer. Die Nähe kann dabei im Bereich mehrerer Komponenten oder auch nur einer gegeben sein.<sup>592</sup>
- › *Multidisziplinarität* als Perspektivenpluralismus und der Wechsel der Sichtweise in Bezug auf ein Betrachtungsobjekt.<sup>592</sup>
- › *Transdisziplinarität* als Überschreiten der eigenen disziplinären Grenzen, um Fragestellungen im Zwischenbereich eng gezogener Disziplinengrenzen zu bearbeiten.<sup>592</sup>

Interdisziplinarität verspricht dabei, was die disziplinäre Betrachtung alleine nicht mehr leisten kann: den Blick auf das *«Ganze der Wirklichkeit, ein Verständnis der Zusammenhänge zwischen isolierten Objekten unseres fachspezifischen Wissens»*.<sup>593</sup>

In der täglichen Praxis, zum Beispiel in Planungsprozessen, erfolgt die Deklaration der methodischen Vorgehensweise sehr häufig und prominent mit dem Zusatz *«interdisziplinär»*.<sup>594</sup> Die Situationsanalyse im vorgefertigten Holzbau zeigt aber die Ambivalenz zwischen theoretischer und praktischer Umsetzung des interdisziplinären Gedankens in Planungsprozessen auf. Die in der Analyse identifizierten Unzulänglichkeiten im Planungsprozess lassen sich vielfach auf ein fehlendes interdisziplinäres Projektverständnis zurückführen.<sup>595</sup>

Schwehr 2013 sieht in der praktischen Umsetzung auch das Problem der weitaus aufwendigeren Organisation von interdisziplinären Projekten im Sinne eines Hemmnisses: *«Allein diesen Prozess zu organisieren, zu initiieren und ihn durchzusetzen, ist häufig eine ähnlich komplexe Aufgabe wie das eigentliche Planungsproblem»*.<sup>596</sup>

Als Lösungsansatz sieht Käbisch 2001b die Konzentration auf Überlappungsbereiche der Disziplinen. Mit der differenzierten Betrachtung der Disziplinendefinition sind die Bereiche der einzelnen Disziplinen heute<sup>597</sup> weitaus weniger abgegrenzt, sondern vielmehr überlappend.<sup>598</sup>

Zudem gibt es eine zunehmende Diskrepanz zwischen der *«Verwissenschaftlichung von Wirklichkeit»* und *«der menschlichen Selbsterfahrung»*, wie Zaborowski 2001 im *«Projekt Interdisziplinarität»* bemerkt.<sup>599</sup>

---

<sup>591</sup> Käbisch 2001a, S. 18–19

<sup>592</sup> Käbisch 2001a, S. 22

<sup>593</sup> Zaborowski 2001, S. 147

<sup>594</sup> Die Suchanfrage in <https://scholar.google.ch> zu *«interdisziplinäres Planen»* liefert über 18'000 Ergebnisse in 0.15 Sek. [Anfrage 13.10.2017; 14:42]

<sup>595</sup> Siehe Zusammenstellung in Abbildung 24 und Tabelle 7 auf S. 64

<sup>596</sup> Schwehr, S. 5

<sup>597</sup> Die zunehmende Spezialisierung führt, laut Käbisch zu einer Fülle neuer Fächer und auch zu Differenzierungen innerhalb der *«großen»* Disziplinen. Dies erfolgt mehr aus dem Grund der Beherrschbarkeit des Wissens, weniger wegen der Abgrenzung. (Käbisch 2001b, S. 13–14)

<sup>598</sup> Käbisch 2001b, S. 19

<sup>599</sup> Zaborowski 2001, S. 153

### 4.3.3. Informationsprozesse und Wissensaustausch

Planungstätigkeit in interdisziplinären Planungsteams ist von Beginn an auf dem aktiven Austausch von Informationen begründet. Eine Vielzahl an unterschiedlichen Informationen muss verarbeitet und weitergegeben werden.

Die Theoriebildung zu Informationsprozessen kann auf Shannon zurückgeführt werden, der 1948 eine generelle Theorie zur Kommunikation präsentierte. Diese Theorie fokussiert auf technische Fragenstellungen für die Nachrichtenübermittlung (siehe Abbildung 56), vergleichbar mit einem Transportvorgang.<sup>600</sup>

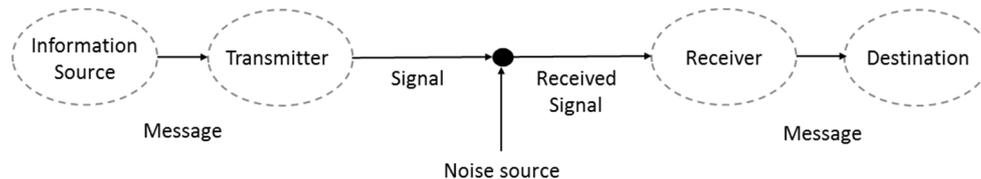


Abbildung 56: Schematische Darstellung des mathematisch-technischen Ansatzes von Informationssystemen nach Shannon 1948. Shannon 1948, S. 380.

Dieses technische Modell war Grundlage für die Entwicklung des bekannten Sender-Empfänger-Kommunikationsmodelles. Die Codierung beim Sender anhand des «*eigenen Zeichenvorrates*» und die Decodierung beim Empfänger, ebenfalls anhand des «*eigenen Zeichenvorrates*», beeinflussen die Bedeutung der Information.<sup>601</sup>

Favre-Bulle 2001 spricht dabei von einem «*Informationsfluss*», den er in Beziehung zu Prozessen der Wahrnehmung und des Denkens stellt.<sup>602</sup> Rittel und Kunz schlussfolgern in ihren Ausführungen zu Informationsprozessen, dass diese im Vergleich zur technischen Nachrichtenübermittlung immer einer Subjektivität unterliegen, da sie vom «*Zustand der Kommunikationspartner*» abhängig sind.<sup>603</sup>

Borgert und Oltmann 2015 weisen darauf hin, dass sich die menschliche Wahrnehmung nur auf ausgewählte Sichtfelder der Umgebung fokussiert, da die Kapazität des Gedächtnisses, bewusst Informationen zu verarbeiten, begrenzt ist.<sup>604</sup> Durch Reduktion und Filtern der Vielfalt von Informationen werden Personen erst handlungsfähig.<sup>605</sup> Favre-Bulle 2001 spricht von «*selektiver Datenauslese*»,<sup>606</sup> Sender und Empfänger verarbeiten Information nach ihrem «*Bedeutungsaspekt*».<sup>607</sup>

Dieser «*Filter*» oder die «*Datenselektion*» kann mit dem «*Receiver*» im Modell von Shannon und der Decodierung im Sender-Empfänger-Kommunikationsmodell verglichen werden. Die Schlussfolgerung (siehe Abbildung 57) ist, dass sich die wahrgenommene Situation («*Bild*») von der Situation in der «*Realität*», die weitaus komplexer gestaltet ist, unterscheidet. Schwehr 2004 präzisiert den Begriff «*Wirklichkeit*», indem er ihn von der «*Realität*» und der «*Wahrheit*» abgrenzt: Realität ist wahrnehm-

<sup>600</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 138

<sup>601</sup> Heringer 2004, S. 13

<sup>602</sup> Schwehr 2004, S. 64; Favre-Bulle 2001, S. 11; Favre-Bulle 2001, S. 16

<sup>603</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 138

<sup>604</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 21

<sup>605</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 35–36

<sup>606</sup> Favre-Bulle 2001, S. 142

<sup>607</sup> Favre-Bulle 2001, S. 80

bar mit den menschlichen Sinnesorganen, Wahrheit unterliegt einer überzeugenden Sachverhaltsdarstellung, Wirklichkeit impliziert auch Gedanken und Emotionen.<sup>608</sup> Damit ist nur die Realität unbeeinflusst von subjektiver Interpretation.

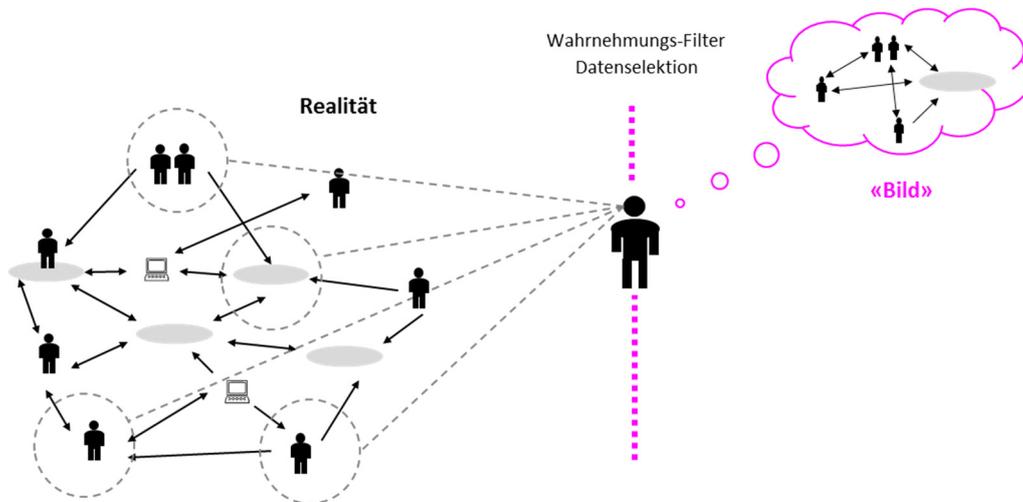


Abbildung 57: Diskrepanz zwischen Realität und Bild: Die begrenzte Kapazität der bewussten Verarbeitung des menschlichen Gedächtnisses führt zu Reduktion und Filtern in der Wahrnehmung. Borgert und Oltmann 2015, S. 35–36.

Favre-Bulle 2001 spricht von einem «kognitiven Agenten»<sup>609</sup> und erweitert den Wahrnehmungsfilter zu einem Informationsprozessor, der durch externe «kontextuelle Informationen» und internen «Kontext und Weltwissen» beeinflusst wird. «Nur durch Zusammenhänge ist es möglich, aus einem starren Gefüge von absoluten Daten eine flexible, interpretierbare Welt der Information zu schaffen, in der wir leben und wirken. Kontext fügt zu allen Prozessen der Kognition die Relativität hinzu, schafft also eine Komponente der Bezüglichkeit. Die Differenziertheit unserer geistigen Fähigkeiten, von Wahrnehmung bis zum kreativen Schaffen, ist alleine durch die Existenz einer kontextuellen Relativität zu erklären».<sup>610</sup>

Wie die Daten der Wirklichkeit tatsächlich mit einer Bedeutung belegt werden, hängt daher auch vom externen Kontext, also von Zeit, Ort und Umwelt, und ebenso von inneren Zuständen, Erfahrungen etc. ab. Information ist damit «ein im Kontext interpretiertes Informationsprodukt» des Empfangenden.<sup>611</sup>

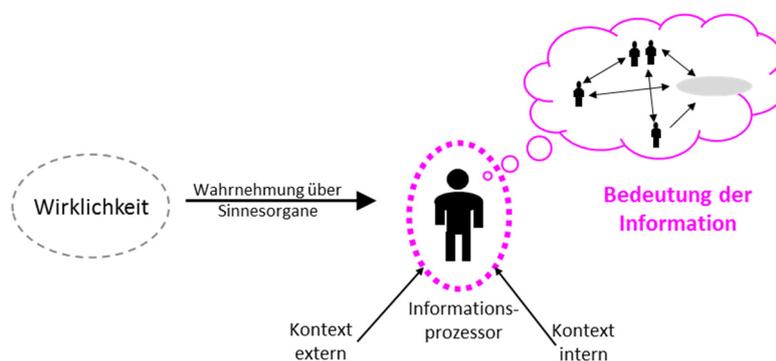


Abbildung 58: Informationsprozessor: Die Bedeutungszuweisung von Information wird durch den Informationsprozessor beeinflusst. Favre-Bulle 2001, S. 145.

<sup>608</sup> Schwehr 2004, S. 29

<sup>609</sup> Favre-Bulle 2001, S. 93, 145; Schwehr 2004, S. 31–32

<sup>610</sup> Favre-Bulle 2001, S. 123

<sup>611</sup> Favre-Bulle 2001, S. 11

Mit Zunahme der Menge an Daten aus der Wirklichkeit ist wird nun die Frage bedeutender, welche Informationen den Wahrnehmungs-Filter von Akteuren passieren und mit welcher Bedeutung sie im Bewusstsein der handelnden Person verankert werden.

Gleichzeitig findet mit jedem Informationsprozess auch ein *«Wissensänderungsprozess»* statt, er ändert das Wissen des Empfangenden in Abhängigkeit von der bestehenden subjektiven Wissensbasis.<sup>612</sup> Wissen ist aber Grundlage für Planungsprozesse, so Schwehr 2004: *«Wissen ist die Voraussetzung, um zu planen, entscheiden und handeln»*.<sup>613</sup>

Der Wahrnehmungs-Filter<sup>614</sup> oder Informationsprozessor<sup>615</sup> beeinflusst die Art, den Umfang und die Bedeutung der empfangenen Information ist also für die Umwandlung in Wissen, das Verstehen oder Missverstehen verantwortlich.

Wie der Prozess des Verstehens und auch des Missverstehens in der Wissens- und Informationsvermittlung abläuft, wird in der Kognitionspsychologie untersucht.<sup>616</sup> Unterschiedliche Modelle wurden schon entwickelt, um diese Prozesse besser zu verstehen. Ein frühes Modell des Verstehens wird *«propositionales Modell»* genannt.<sup>616</sup> In diesem Modell wird das menschliche Verstehen von Sachverhalten, Strukturen oder dergleichen auf das additive Aneinanderfügen von Wissensbausteinen zurückgeführt. Lücken innerhalb von erhaltenen oder verfügbaren Informationen werden durch Schlussfolgerungen (sogenannte *«Inferenzen»*) auf Basis bereits vorhandener Informationen, Wissensbestände oder Urteile (eigener oder allgemein akzeptierter) geschlossen.<sup>617</sup>

Moser 2003 beschäftigt sich in ihren Untersuchungen mit der Frage nach dem Verstehen oder auch dem Missverstehen in der Zusammenarbeit respektive dem Wissensaustausch in interdisziplinären Teams in Unternehmen und Organisationen.<sup>616</sup> Sie erweitert dabei die erwähnten propositionalen Modelle. Aus ihrer Sicht fügen Personen Wissensbausteine nicht sequenziell aneinander, sondern sie *«machen sich ab der allerersten Information an, die sie erhalten, Vorstellungen darüber, was gemeint sein könnte, die über das explizit Gesagte oder Geschriebene hinausgehen. Implizit werden automatisch Annahmen über Konsistenz und Kongruenz von Situationen und Inhalten vorgenommen, die dazu führen, dass bei Themenwechseln, Änderungen des Kontextes [...] die mentale Verarbeitung verzögert wird und nicht mehr alle sprachlichen Äusserungen in gleichem Mass im Arbeitsgedächtnis präsent sind. Alle diese Prozesse behindern ein rein additives Abarbeiten und Verstehen einzelner Propositionen, wie es das additive Modell postuliert.»*<sup>618</sup>

Moser 2003 skizziert dabei ein mentales Modell<sup>619</sup> als *«inneren Gegenstand»*,<sup>620</sup> der nicht sukzessive aus Fakten zusammengesetzt wird, sondern aus einem komplexen Netzwerk aus Informationen, Vorstellungen und Urteilen verwoben wird.

Borgert und Oltmann 2015 erläutern ebenfalls den Begriff des mentalen Modells. Sie definieren das mentale Modell (wie in Abbildung 57 dargestellt) als das Bild der Wirklichkeit und setzen den Filter der Wahrnehmung und Erinnerung durch die Person als Informationsempfänger dazwischen.<sup>621</sup>

---

<sup>612</sup> Rittel und Reuter 2013, S. 139

<sup>613</sup> Schwehr 2004, S. 64

<sup>614</sup> Wie von Borgert und Oltmann 2015 beschrieben.

<sup>615</sup> Wie von Favre-Bulle 2001 beschrieben.

<sup>616</sup> Moser 2003, S. 181

<sup>617</sup> Moser 2003, S. 182

<sup>618</sup> Moser 2003, S. 183

<sup>619</sup> Der Begriff *«mentales Modell»* geht auf das Buch *«Mental Models»* von Gentner und Stevens 1983 zurück. Die Publikation ist ein Sammelband von Beiträgen unterschiedlicher Autoren zur Diskussion des Begriffes *«Mental Models»*.

<sup>620</sup> Moser 2003, S. 185

<sup>621</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 35

Moser 2003 erläutert auch die Bedeutung von implizitem Wissen: «Mit *«implizitem Wissen»* wird derjenige Teil des Wissens bezeichnet, der nur in geringem Ausmass versprachlicht und direkt als Faktenwissen fassbar ist. Implizites Wissen drückt sich vielmehr in der Art und Weise aus, wie jemand ein Problem strukturiert und löst. In der Alltagssprache wird die Wirkung dieses impliziten Wissens oft als eine Folge von *«Erfahrung»* oder *«Intuition»* bezeichnet. Auch ausgewiesene ExpertInnen haben in der Regel grosse Mühe zu sagen, weshalb sie genau auf diese Lösung des Problems gekommen sind und wie sie dabei im Einzelnen vorgegangen sind, weil diese Prozesse meistens implizit und automatisiert ablaufen.»<sup>622</sup>

In weiterer Folge führt Moser 2003 aus, dass mentale Modelle auch auf die Abbildung von Prozessen (und nicht nur auf Sachverhalte) anwendbar sind. Sie beeinflussen wesentlich die Handlungsregulation und Problemlösung von Akteuren.<sup>623</sup>

Mentale Modelle sind daher auch geeignet, die Ursache von Missverständnissen zu erklären. Moser nennt dazu die Situationsauffassung, Bewertung des Kontextes und Orientierung der Aufmerksamkeit, die je nach mentalem Modell unterschiedlich sind. Moser erläutert, dass mentale Modelle die Ursachen von Missverständnissen erklären können und auch das anschließende unterschiedliche Problemlösungsverhalten.<sup>624</sup>

«Mentale Modelle sind damit dazu geeignet, jene Prozesse des Missverstehens aufzuklären, bei denen nicht fehlende Informationen oder unterschiedliche Begriffe die Ursache sind, sondern *«Missgriffe»* auf konzeptueller Ebene, die zu falschen impliziten Annahmen und fehlerhaften Inferenzbildungen führen.»<sup>624</sup>

Damit ist für interdisziplinäre Zusammenarbeit das Verstehen von mentalen Modellen (und deren Entstehung) eine entscheidende Basis. Je unterschiedlicher die einzelnen Fachplanenden ein Projekt in den frühen Planungsphasen einschätzen, desto größer werden sich die Abweichungen im gegenseitigen Verstehen im Projektverlauf weiter auseinanderentwickeln, da jeder Einzelne aus der Informationsbewertung sein *«eigenes mentales Modell»* weiterentwickelt. Das Herausbilden von weitgehend kongruenten mentalen Modellen der Beteiligten im Planungsteam ist essenziell für die Qualität der weiteren Zusammenarbeit: Informationsaustausch und gemeinsame Problemlösung hängen davon ab.

Doch mentale Modelle hoher Kongruenz sind insbesondere in der interdisziplinären Zusammenarbeit vor dem Hintergrund unterschiedlicher disziplinärer Sozialisation eine große Herausforderung.<sup>625</sup> Sowohl der Abgleich mentaler Modelle als auch der Austausch von implizitem Wissen ist in der Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams eine große Herausforderung, erläutert auch Moser 2003.<sup>626</sup> Eine zusätzliche Hürde dabei bilden die räumliche Trennung und die oftmals überwiegend elektronische Kommunikation der Beteiligten. Abweichungen vom mentalen Modell und von der Wirklichkeit werden im Planungsteam erst sichtbar, wenn Probleme auftreten.<sup>627</sup>

Um das Problem in der Kommunikation zu lösen, erläutert Norman 1983 den Unterschied zwischen konzeptionellen Modellen (*«Conceptual Models»*), Systemdarstellungen (*«System Image»*) und mentalen Modellen (*«Mental Models»*).<sup>628</sup>

---

<sup>622</sup> Moser 2003, S. 192

<sup>623</sup> Moser 2003, S. 186

<sup>624</sup> Moser 2003, S. 188

<sup>625</sup> Moser 2003, S. 202

<sup>626</sup> Moser 2003, S. 193

<sup>627</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 35–36

<sup>628</sup> Norman 1983: Some observations on mental models. In: Gentner, Stevens (Hg.) 1983 – Mental Models; S. 7–14

Norman 1983 expliziert, dass das mentale Modell die Vorstellung des Planenden von der Realität abbildet und ihn dabei befähigt, Aussagen über das Systemverhalten zu machen. Um die Wissensvermittlung darzustellen, erläutert er die Abbildung dieser Wirklichkeit in einem konzeptionellen Modell. Dieses muss im Idealfall geeignet sein, alle wesentlichen Merkmale dieses Systems abzubilden, sodass es konsistent, nachvollziehbar und verständlich ist. Die Begriffe «konzeptionelles Modell» und «Systemdarstellung» sind damit Hilfsmittel, um Informations- und Wissensvermittlung gezielt zu unterstützen. Im Alltag ist dies bei Bedienungsanleitungen (User Manuals) oder Interfaces im Softwarebereich gebräuchlich.<sup>629</sup> Der Unterschied der beiden kann nach den Erläuterungen von Norman 1983 mit folgendem Vergleich erklärt werden: Das konzeptionelle Modell wäre der exakte Bauplan für einen Motor, die Systemdarstellung wäre die Abbildung in der Bedienungsanleitung, welche die Funktionsweise verdeutlicht.

Im Idealfall, so Norman 1983, sind das konzeptionelle Modell, die Systemdarstellung und das mentale Modell konsistent.<sup>629</sup>

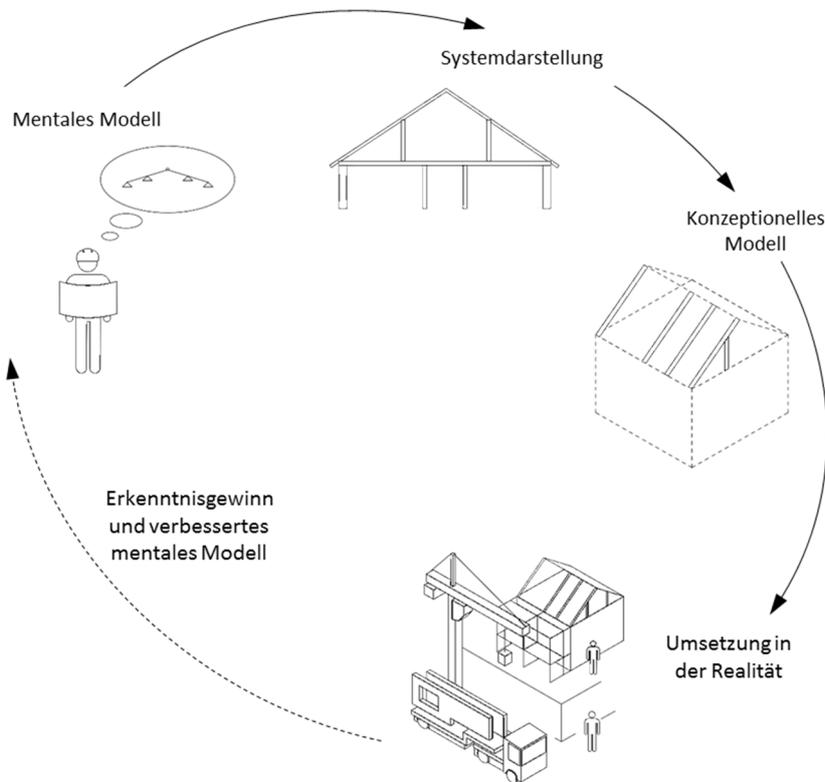


Abbildung 59: Mentales Modell, Systemdarstellung, konzeptionellen Modell und Realität im Planungs- und Bauprozess. Interpretation nach der Theorie von Norman 1983, S. 12–13. Bild: CCTP, Timo Walker.

Norman 1983 verwendet ein physikalisches System als exemplarisches Beispiel für seine Erläuterungen. In Abbildung 59 wird zum besseren Verständnis für den Bereich des Bauwesens eine Tragwerkskonstruktion verwendet. Im Planungsprozess existiert die Realität (das Gebäude) noch nicht. Das Bild vom Gebäude entsteht im mentalen Modell des Planenden. Die Weiterreichung der Information über Funktion und Systemverhalten an andere Planende findet über eine Systemdarstellung statt. Diese enthält reduziert die wesentlichen Informationen über das System für die anderen Planenden. In der Kommunikation zwischen den Fachplanenden müssen Systemdarstellungen erarbeitet werden, die geeignet ist, ein möglichst einheitliches Bild des Projekts bei allen Beteiligten zu

<sup>629</sup> Norman 1983, S. 12–13

erzeugen (Big Picture). Systemdarstellungen sind daher eine Unterstützung in der Informationsvermittlung und dem Wissensaufbau, ähnlich dem Visual Management,<sup>630</sup> die es erlauben, relevante Informationen von Unwesentlichem leichter zu unterscheiden. Für die anschließende Umsetzung wird ein konzeptionelles Modell (= Bauplan oder digitales Gebäudemodell) erstellt, das die Gesamtheit aller für die Umsetzung notwendigen Informationen enthält, aber in seiner Gesamtheit nicht mehr vollständig kommunizierbar ist.

Ähnliche Schlussfolgerungen zieht auch Moser 2003. Sie zeigt, dass mit Hilfe von «*Metaphern*» «*als eine Form des bildhaften Denkens*» (im Gegensatz zur rein sprachlichen Informationsvermittlung) das Verstehen eines Sachverhalts unterstützt wird.<sup>631</sup>

Mentale Modelle und Systemdarstellungen bieten also ein besseres Verständnis für die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams und auch für disziplinspezifisch unterschiedliche Herangehensweisen. Moser 2003 spricht von individuellen und gruppenspezifischen Weltbildern, die über das reine faktische Wissen hinausgehen.<sup>632</sup> Missverständnisse beruhen aus ihrer Sicht nicht auf fehlender Kompetenz, sondern auf unterschiedlichen mentalen Modellen und «*Missgriffen auf der konzeptuellen Ebene*».<sup>633</sup>

Die Herausforderung dabei ist es, interdisziplinär und individuell unterschiedliche mentale Modelle abzugleichen. Dazu muss auf persönlicher Ebene der Akteure auch eine Reflexion des eigenen mentalen Modells stattfinden. In Anbetracht des dynamischen Charakters eines Planungsablaufes muss ein Abgleich von mentalem Modell und Wirklichkeit laufend erfolgen.

Auch Borgert und Oltmann 2015<sup>634</sup> sprechen von der Notwendigkeit, das eigene mentale Modell zu aktualisieren, was gegebenenfalls auch zu Meinungsänderungen oder Lernbedarf führen kann. Dies wird oft fälschlicherweise als Inkompetenz oder Führungsschwäche ausgelegt.<sup>634</sup> Um dennoch das eigene Selbstvertrauen zu bewahren, ist die Reaktion daher eher, widersprüchliche Informationen auszublenden oder in den Verantwortungsbereich (und damit die Inkompetenz anderer) zu schieben.<sup>635</sup>

#### 4.3.4. Zusammenfassung und Fazit

Die Planungskultur beim Bauen im Allgemeinen lässt sich in Analogie zu Wolf 2016 und Werner 2012 als polykollektive Kultur, die sich projektspezifisch entwickelt, definieren. Sie basiert auf der Interaktion von unterschiedlichen Akteurskulturen, die disziplinspezifischen Handlungslogiken und -rationalitäten folgen. Informationsvermittlung in interdisziplinären Teams wird damit der Komplexität und damit der vollständigen Realität nicht gerecht. Die menschliche Wahrnehmung ist dazu kapazitätsmäßig nicht in der Lage. Damit entstehen (Wissens-)Lücken, die je nach individuellem impliziten Wissen und Erfahrungen und disziplinar geprägter Sozialisation und dadurch bedingten Denkweisen in mentalen Modellen mit unterschiedlicher Bedeutungszuweisung abgebildet werden.

---

<sup>630</sup> Siehe S. Kapitel 4.1.3 ab S. 71

<sup>631</sup> Moser 2003, S. 181; Moser, S. 195

<sup>632</sup> Moser 2003, S. 201

<sup>633</sup> Moser 2003, S. 188

<sup>634</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 35–36

<sup>635</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 36

Mentale Modelle sind daher ein gutes Instrument, um Missverstehen zwischen unterschiedlichen Disziplinen und damit viele der Störmechanismen<sup>636</sup> in der Planung zu erklären – mangelnde Synchronisation oder unterschiedliche Planungssequenzen beispielsweise. Sie beruhen auf unterschiedlichen und autarken Sichtweisen der Disziplinen, die nur Informationen weitervermitteln und auch empfangen, die auf dem eigenen mentalen Modell basieren. Die Herausforderung im interdisziplinären Informationsaustausch und dem Informations- und Wissensmanagement innerhalb eines Projektteams ist die Herausbildung von hohen Kongruenzen in den mentalen Modellen der einzelnen Akteure. Dazu bedarf es eines gemeinsamen Projekt-, Begriffs- und Sprachverständnisses, das die Eindeutigkeit und damit die Qualität in der Informationsübermittlung unterstützt. Visual Management ist damit – durch Systemdarstellungen und -abbildungen der projektspezifisch relevanten Informationen, die disziplinübergreifend die relevanten Informationen bündeln – eine wesentliche Methode für den Erfolg.

Die Erkenntnis, dass ein hohes Maß an Subjektivität die Umwandlung und Bedeutungszuweisung von Wissen beeinflusst, zeigt aber auch die Grenzen der «technisch-organisatorischen» Maßnahmen zur Verbesserung des Wissensmanagements. Wenn Schwehr 2013 vom Hemmnis des aufwendigen Prozesses zur Umsetzung und Durchführung von interdisziplinären Projekten spricht, belegt dies den hohen notwendigen persönlichen Einsatz aufseiten der Projektorganisation, aber auch auf der des Projektteams. Er definiert die Grundvoraussetzungen für Interdisziplinarität: Wollen und Können, Geduld und Basis, Lenkung und Ziel, Verbindlichkeit und Freiraum, Rücksichtnahme und Vertrauen.<sup>637</sup> Damit bezeichnet er persönliche Eigenschaften wie «*Wollen, Können, Geduld, Rücksichtnahme und Vertrauen*», unabhängig vom faktischen Wissen im Team als Basis für die tatsächliche Umsetzung von interdisziplinärer Zusammenarbeit.

Daher muss neben dem Aufbau des faktischen Wissens durch ein geeignetes Management – einschließlich eines Informations- und Wissensmanagements – eine je individuelle Persönlichkeitsentwicklung projektunabhängig stattfinden,<sup>638</sup> um die mitarbeitenden Disziplinen auch persönlich in die Lage zu versetzen, interdisziplinär zu arbeiten. Dies kann durch methodisch kompetente Projektleitung unterstützt werden, indem auch das entsprechende Umfeld geschaffen wird.<sup>637</sup> Dies gilt allgemein für interdisziplinäre Projekte und ist nicht nur für den vorgefertigten Holzbau von Relevanz.

---

<sup>636</sup> Wie in  
Tabelle 6 auf S. 62 aufgelistet.

<sup>637</sup> Schwehr, S. 5–6

<sup>638</sup> Geier 2017, S. 73

## 4.4. Zusammenfassende Schlussfolgerungen

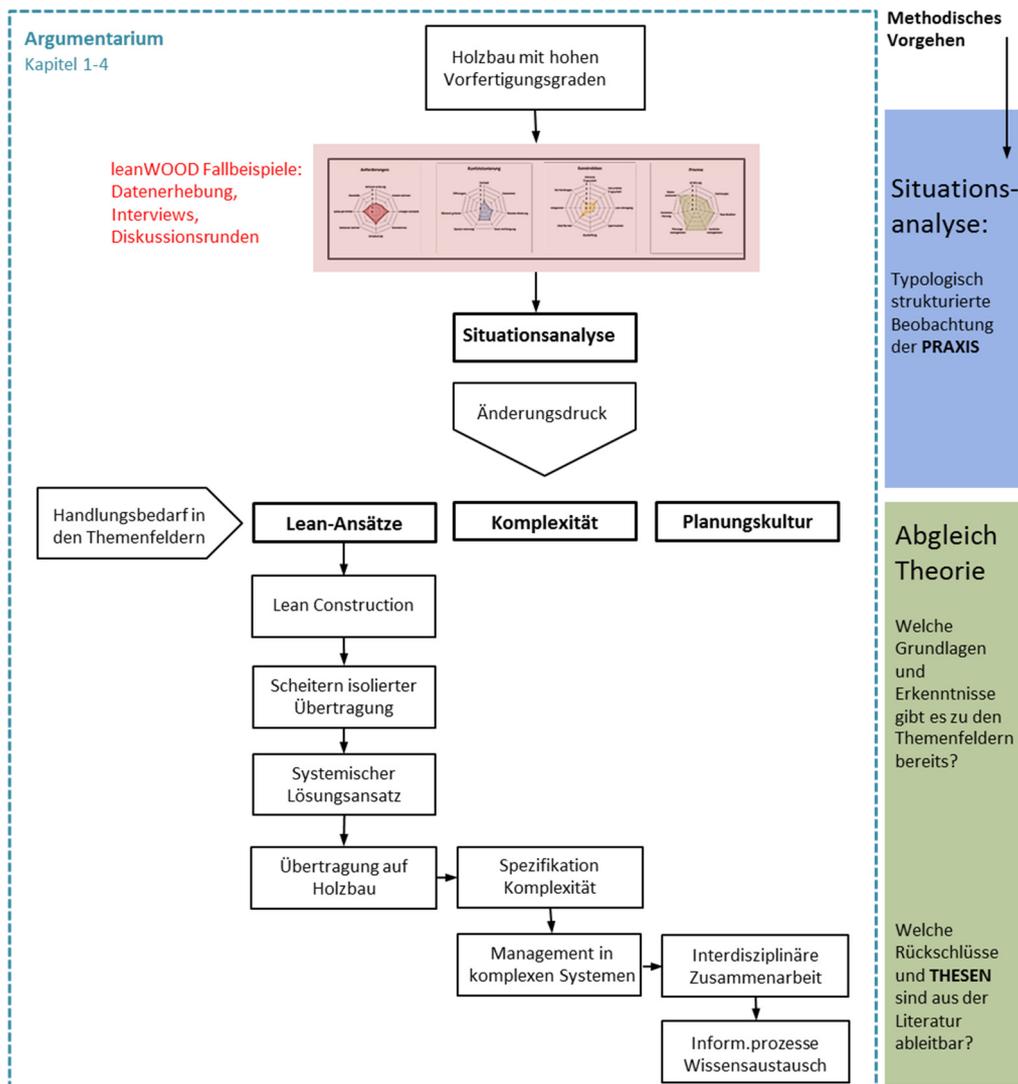


Abbildung 60: Übersicht Argumentationsaufbau.

Die Diskussion um das Verhältnis von theoretischen Grundlagen (in den Kapiteln 4.1 ‹Steigerung Effizienz und Qualität›, 4.2 ‹Komplexität› und 4.3 ‹Planungskultur›) und praktischen Erkenntnissen aus der Situationsanalyse zeigte eine Reihe an Erkenntnissen und wenig erfolgreiche Lösungsansätze im Zusammenhang mit den Methoden der Lean Construction auf.

Die Methoden der Lean Construction scheiterten an der Vernachlässigung der Komplexität.<sup>639</sup> Daher ist ein Paradigmenwechsel für das Verständnis von Projektmanagement im Allgemeinen und in Konsequenz auch für das vorgefertigte Bauen mit Holz notwendig.<sup>640</sup> Mit diesem Paradigmenwechsel muss das starre Verfolgen des Phasenablaufes gemäß den Honorarordnungen<sup>641</sup> infrage gestellt

<sup>639</sup> Siehe Kapitel 4.2.7 ab S. 121

<sup>640</sup> Siehe Kapitel 4.2.6 ab S. 116

<sup>641</sup> Wie in Kap 4.1.7.6 ab S. 93 beschrieben

werden.<sup>642</sup> Ebenso müssen Managementansätze in der Planung, die hierarchisch strukturiert sind und auf starre Kontrollmechanismen fokussiert sind, diskutiert werden.

Neue Erkenntnisse aus den Informations- und Kognitionswissenschaften können einen Beitrag zu geeigneten Methoden und Organisationsstrukturen für das Projektmanagement im vorgefertigten Bauen mit Holz leisten. Das Konzept der mentalen Modelle bringt für das Verstehen von interdisziplinärer Zusammenarbeit die Erkenntnis, dass die Art der Informations- und Wissensvermittlung von hoher Bedeutung für das disziplinübergreifende Zusammenspiel (die Planungskultur) im Projektteam ist.

Das Verstehen und der eindeutige Informationsaustausch<sup>643</sup> zwischen den einzelnen Disziplinen sind Schlüsselaspekte für Projekte im vorgefertigten Holzbau. Dazu braucht es zukünftig geeignete Hilfsmittel, die projektspezifisch die eindeutige Kommunikation und die Bedeutungszuweisung unterstützen.

Diese notwendige interdisziplinäre Zusammenarbeit ist in der praktischen Umsetzung jedoch weniger weit etabliert, als gewünscht.<sup>644</sup> Dazu ist mehr als nur methodisches Wissen notwendig. Ohne die persönlichen Eigenschaften der Mitarbeitenden im Projekt («*Wollen und Können etc.*»)<sup>645</sup> scheitern interdisziplinäre Teams.

Auch die eindeutige Kommunikation mit der Bauherrschaft in Entscheidungsfindungsprozessen ist entscheidend für den reibungslosen Prozessverlauf.<sup>646</sup> In der Vorfertigung finden Entscheidungsprozesse früher statt (im Vergleich zu Bauweisen mit niedrigen Vorfertigungsgraden).<sup>647</sup> Für die Entscheidungsmoderation – vor allem in der Experten-Laien-Kommunikation zwischen Projektteam und Bauherr – müssen die Erkenntnisse von Rittel und Kunz über den «*Zustand der Kommunikationspartner*» berücksichtigt werden: Jeglicher «*Informationsprozess*» (und somit der Austausch zwischen Architekt und Bauherr über die Planungsspezifika) unterliegt der «*Subjektivität*».<sup>648</sup> Der «*Informationsprozessor*» von Bauherr und Architekt führt auch andere Bedeutungszuweisungen aus.<sup>649</sup> Die Qualität des Verstehens und der Bedeutungszuweisung der Information auf beiden Seiten ist damit die Grundlage für «*richtige*» Entscheidungen.

In allen erwähnten Fällen wird klar, dass das Erkennen der projektspezifischen Komplexität und die Weitergabe von relevantem Wissen strategisch unterstützt werden müssen. Mit der Idee des Visual Management kann die eindeutige Bedeutungszuweisung unterstützt werden.<sup>650</sup> Die Schlussfolgerung ist daher die Entwicklung einer Abbildung zur projektspezifischen Komplexität in einem Analysemodell für das vorgefertigte Bauen mit Holz.

- › Dieses Modell identifiziert auf Basis einer Checkliste (Kriterienkatalog) die individuellen, projektspezifischen Anforderungen, Einflüsse und Rahmenbedingungen. Die spezifische Komplexität eines Projekts kann damit bewertet werden.

---

<sup>642</sup> Grundsätzlich haben diese Honorarordnungen nur Empfehlungscharakter. In der Praxis werden sie aber in der Mehrzahl der Planungen als Grundlage verwendet.

<sup>643</sup> Der eindeutige Informationsaustausch beruht auf möglichst kongruenten mentalen Modellen, die durch geeignete Systemdarstellungen erzeugt werden. Die Herausforderung ist dabei, im Sinne der kapazitätsmäßig begrenzten Fähigkeit der menschlichen Informationsverarbeitung relevante Informationen von unrelevanten zu unterscheiden.

<sup>644</sup> Siehe Kapitel 4.3.2, S. 126

<sup>645</sup> Schwehr 2013, S. 134

<sup>646</sup> Siehe Kapitel 4.1.7.2 auf S. 83, Kapitel 4.1.7.7 auf S. 96 und Tabelle 11 auf S. 97; auch Geier 2017, S. 51-53

<sup>647</sup> Siehe Abbildung 17 auf S. 38

<sup>648</sup> Siehe Kapitel 4.3.2, S. 128

<sup>649</sup> Siehe Kapitel 4.3.3, S. 129

<sup>650</sup> Siehe Kapitel 4.1.3 ab S. 71

- › Es vermittelt den unterschiedlichen Disziplinen eine Abbildung (Systemdarstellung) zur spezifischen Komplexität im Projekt. Relevante Aspekte werden visuell hervorgehoben und können leichter von nicht relevanten Informationen und Projekteigenschaften unterschieden werden. Damit wird die zielgerichtete und eindeutige interdisziplinäre Kommunikation und Bedeutungsübermittlung und auch eigenverantwortliches Handeln unterstützt, sodass Missverständnissen im disziplinübergreifenden Informationsfluss entgegengewirkt werden kann.
- › Das Modell verbessert die Experten-Laienkommunikation in der Entscheidungsmoderation des/der Architekt/in (oder eines anderen Projektverantwortlichen) mit der Bauherrschaft. Die Visualisierung stellt die Zusammenhänge zwischen Qualität, Kosten, Zeit, Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten nachvollziehbar dar und unterstützt durch die Abbildung der Wechselwirkungen das «Mündig-machen» der Bauherrschaft.<sup>651</sup>

Die Schlussfolgerung steht im Einklang mit der Aussage von Architekt Frank Lattke *«Wir <wurschteln> uns dahin und sind eigentlich suboptimal unterwegs. Die tägliche Routine bietet zu wenig Platz, um Dinge zu optimieren. Das heißt, man muss auf strategischer Ebene Verbesserungen ermöglichen und in die Wege leiten – projektspezifisch.»*<sup>652</sup>

## 5. Analysemodell für das vorgefertigte Bauen mit Holz

Die Idee des Analysemodells für den vorgefertigten Holzbau besteht darin, jedes Projekt als einzigartig zu verstehen und das spezifische Profil von funktionalen und technischen Anforderungen und Schwierigkeiten her typologisch strukturiert im Zuge von Planung und Umsetzung aufzubauen und für alle nachvollziehbar abzubilden. Ziel ist es, den Grad der Schwierigkeit projektspezifisch zu identifizieren und geeignete Entscheidungen, Maßnahmen oder Aussagen fundiert abzuleiten.

### 5.1. Weiterentwicklung der Kriterienmatrix

Das Analysemodell wurde auf Basis der Kriterienmatrix<sup>653</sup> aus dem Projekt leanWOOD weiterentwickelt. Die vergleichende Darstellung der Analysen der leanWOOD-Fallbeispiele und die Verwendung als Diskussionsgrundlage<sup>654</sup> zeigten, dass mit der Kriterienmatrix ein geeigneter konzeptioneller Ansatz für die Darstellung individueller Projektspezifika im vorgefertigten Holzbau entwickelt wurde.<sup>655</sup> Mit der Weiterentwicklung zum Analysemodell werden die Erkenntnisse für verschiedene Projekte und Anwendungsbereiche operationalisierbar.

---

<sup>651</sup> Prof. Dr. Peter Schwehr im Gespräch am 10.07.2017

<sup>652</sup> Zitat Frank Lattke (lattkearchitekten) am 13.10.2016, Skype-Meeting

<sup>653</sup> Siehe Kapitel 3.1.2

<sup>654</sup> Die Darstellung der Auswertung der leanWOOD-Fallbeispiele anhand der Kriterienmatrix wurde in folgenden Workshops und Konferenzen präsentiert: 9. Mai 2016 leanWOOD-Projektreffen München; 7. Juli 2016 leanWOOD-Workshop Schwarzach; 24. August 2016 World Conference on Timber Engineering WCTE 2016; 6. Oktober leanWOOD-Workshop Schwarzach; 7. Dezember 2016 IHF 2016 Garmisch; 19. Dezember 2016 leanWOOD-Workshop Schwarzach; 24. Januar 2017 Workshop mit Uffer Holzbau und Lignatur in Chur, 27. Januar 2017 Expertenworkshop Dübendorf.

<sup>655</sup> Die Entwicklung der Kriterienmatrix (siehe Kapitel 3.1.2) erfolgte im Kontext des Projektes leanWOOD und ist nicht Teil dieser Arbeit.

## 5.2. Kategorien und Kriterien im Analysemodell

Das Analysemodell beinhaltet Kriterien, die für eine höhere oder geringere Komplexität im vorgefertigten Bauen mit Holz relevant sind.<sup>656</sup> Der resultierende Kriterienkatalog beschreibt die Ausprägung der funktionalen und technischen Anforderungen und Schwierigkeiten. Diese Kriterien sind in drei Kategorien eingeteilt: Vorgaben, Design- und Konstruktionsprozess und Umsetzung.

Tabelle 16: Übersicht über die Kategorien im Analysemodell

Kriterienkategorie	Beschreibung
<b>Vorgaben</b>	Funktionale und technische Anforderungen aufgrund gesetzlicher Anforderungen Anforderungen aus Bedürfnissen und Wünschen der Bauherrschaft oder der geplanten Nutzung
<b>Design- und Konstruktionsprozess</b>	Aspekte, die sich aus dem Design, der Konfektionierung und der Konstruktion ableiten
<b>Umsetzung</b>	Aspekte, die sich aus dem Kontext der Umgebung und dem Prozess der Umsetzung ableiten

Die **Vorgaben** können in sehr frühen Projektphasen bereits eruiert werden. Sie sind mehr oder weniger verhandelbar. Gesetzliche und normative Vorschriften sowie funktionale Notwendigkeiten stellen eher «Muss-Bestimmungen» dar. Als Beispiel kann der erhöhte Schallschutz genannt werden. Der gewünschte Ausstattungsstandard hingegen kann durchaus verhandelbar sein, Zeitvorgaben sind dies situativ nur mehr oder weniger.

Die Aspekte im **Design- und Konstruktionsprozess** sind Konsequenzen aus der kooperativen Planung im Querschnitt von **Design/Konfektionierung**<sup>657</sup> und **Konstruktion**. Hier kann der Handlungs- und Gestaltungsspielraum im Planungsteam und mit der Bauherrschaft ausgehandelt werden.

Die Aspekte der **Umsetzung** spiegeln den Handlungsspielraum in der Bauphase wider. Die Zugänglichkeit des Grundstücks und die Verfügbarkeit von Flächen vor Ort sind beispielsweise Kriterien, die sich aus der geografischen Verortung ergeben und zu den nicht verhandelbaren Aspekten zählen. Fügung und Montage hingegen bieten Gestaltungsspielraum, um gegebenenfalls nicht verhandelbare Vorgaben zu kompensieren.

Jedes Kriterium im Katalog wird in Bezug auf die Ausprägung, die zu einem geringeren oder höheren Komplexitätsgrad in der Planung und Umsetzung führt, detailliert beschrieben. Dies wird durch die Einteilung in vier Schwierigkeitsstufen von 1 «Gering» bis 4 «Sehr hoch» wiedergegeben. Die Beschreibung der Ausprägung der Kriterien ist im Anhang B «Kriterienkatalog» detailliert nachzulesen. Der Katalog der Kriterien ist jedoch nicht abschließend und kann je nach Anwendungsbereich ergänzt oder reduziert werden. Das Hinzufügen, Priorisieren oder auch Weglassen einzelner Kriterien schränkt die prinzipielle Aussagekraft und Anwendbarkeit des Analysemodells nicht ein.

<sup>656</sup> Die Auswahl und Weiterentwicklung der Kriterien basiert auf einer vertieften Auswertung der leanWOOD-Interviews, und Fallbeispiele und wurden in weiterführenden Diskussionsrunden mit externen Expert/innen reflektiert (siehe obenstehende Aufzählung).

<sup>657</sup> Im englischen Sprachgebrauch steht der Begriff «Design» für die Planung im Allgemeinen und bezieht sich nicht, wie im deutschen Sprachverständnis, auf den gestalterischen Aspekt. Deshalb wird hier zur Präzisierung in der Beschreibung die «Konfektionierung» ergänzt, weil die Dimensionierung von Öffnungen und Durchbrüchen, die Konzeption der Aussteifung des Tragsystems oder dergleichen nicht nur isoliert gestalterischen Überlegungen folgt.

### 5.3. Darstellung im Analysemodell

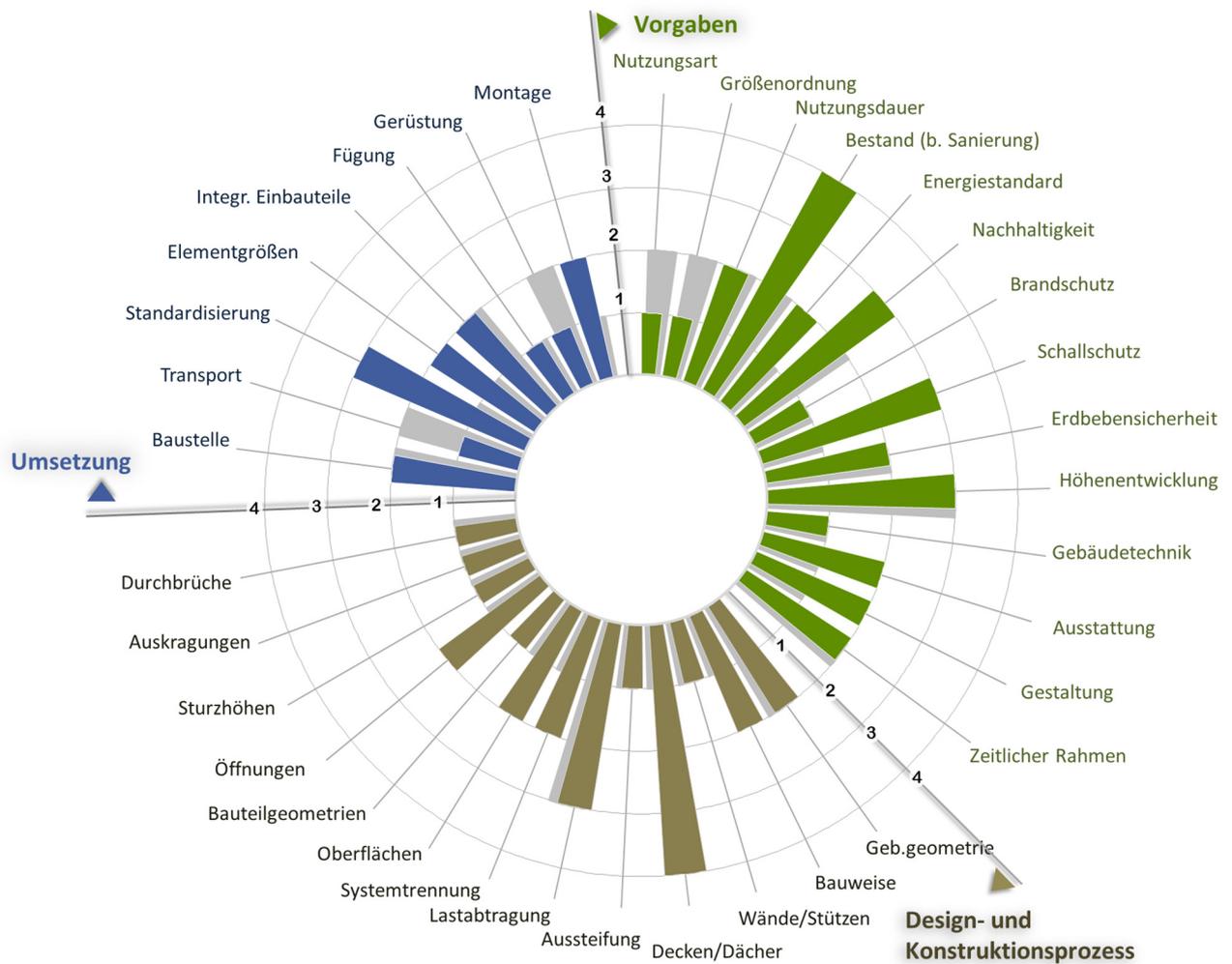


Abbildung 61: Analysemodell eines Projekts im vorgefertigten Holzbau in einer exemplarischen Ergebnisdarstellung.

Kriterienkategorie		Komplexitätsgrad	
<span style="color: green;">■</span>	Vorgaben	1	Gering
<span style="color: brown;">■</span>	Design-Konstruktionsprozess	2	Durchschnittlich
<span style="color: blue;">■</span>	Umsetzung	3	Hoch
<span style="color: grey;">■</span>	Referenzprofil	4	Sehr Hoch

Die Kategorien «Vorgaben», «Design- und Konstruktionsprozess» und «Umsetzung» sind als Balken im Kreisdiagramm wiedergegeben. Der Ausschlag der Balken zeigt den Grad der Komplexität (1 «Gering» bis 4 «Sehr hoch») an.

### 5.3.1. Abbildung von verhandelbaren und nicht verhandelbaren Vorgaben

Die Abbildung im Analysemodell ermöglicht auch eine Darstellung von «nicht verhandelbaren» bzw. «verhandelbaren» Kriterien (siehe Abbildung 62).

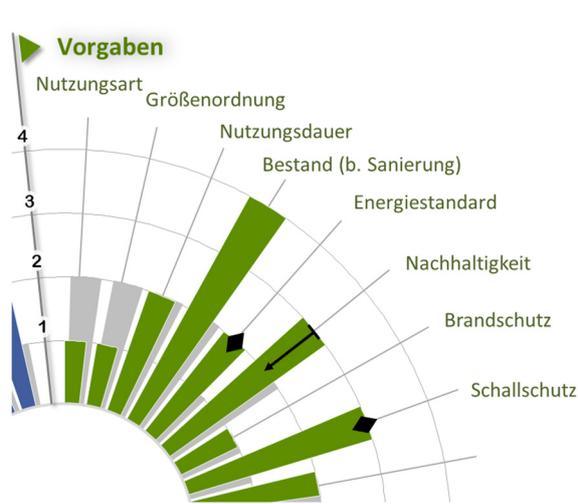


Abbildung 62: Kennzeichnung von nicht verhandelbaren (Raute) und verhandelbaren Kriterien (Pfeil) im Analysemodell.

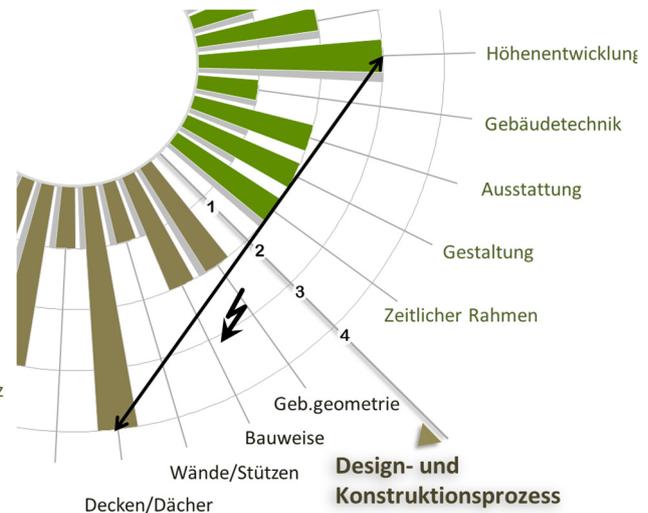


Abbildung 63: Hervorheben von Wechselwirkungen, Abhängigkeiten und kritischen Punkten im Analysemodell.

Im Analysemodell können auch Wechselwirkungen und Abhängigkeiten dargestellt werden. Zum Beispiel kann die Höhenentwicklung des Gebäudes durch benachbarte Gebäude und das Einpassen in den Kontext eingeschränkt sein. Als Konsequenz können Auswirkungen auf die Decken-(Konstruktions-)Höhen und geringe Zwischendeckenhöhen das Projektteam in Planung und Umsetzung fordern (siehe Abbildung 63).

### 5.3.2. Abbildung von Referenzprofilen

Im Analysemodell können auch Erfahrungswerte aus Vorprojekten eingetragen werden. Graue Balken zeigen das Referenzprofil an, das unterschiedliche Informationen vermitteln kann.

- › Das Erstellen eines Referenzprofils kann der *Klassifizierung* spezifischer Gebäudetypologien (Wohngebäude, Schulen, Bürogebäude etc.) und den Bauaufgaben (Neubau, Sanierung etc.) dienen, deren übliches Anforderungsprofil und zu erwartende Schwierigkeitsgrade im Referenzprofil abgebildet sind.
- › Werden Erfahrungswerte von Vorprojekten mit dem Referenzprofil abgeglichen, können Architekt/innen gemeinsam mit Bauherrschaften schon in der strategischen Planung abschätzen, mit welchen *Herausforderungen* zu rechnen ist oder wo man vom «üblichen» Standard ausgehen kann. Erste Überlegungen im Auswahlverfahren zur Zusammensetzung des Projektteams und der Zeitpunkt des Einbezugs von Fachplanenden können nachvollziehbar geplant werden.

Werden Projekterfahrungen aus abgeschlossenen Projekten in das Referenzprofil des Analysemodells eingepflegt, wird damit das langfristige Wissensmanagement in Planungsbüros unterstützt.



## 6.1. Strategischer Projektsupport

Der Aufbau des Modells beginnt bereits mit der ersten Idee zum Projekt und entwickelt sich laufend mit der Dynamik des Projekts weiter, verändert sich oder wird präzisiert.

Im ersten Schritt (**Schritt 1** – siehe Abbildung 65) unterstützt der Kriterienkatalog mit der Liste der Anforderungen die Moderation der Zielvereinbarung I mit der Bauherrschaft. Relevante Aspekte für den vorgefertigten Holzbau werden in der Diskussion erläutert und Entscheidungen (bez. verhandelbarer und nicht verhandelbarer Anforderungen) vorbereitet. Perimeter und Rahmenbedingungen, die aus dem Kontext gegeben sind, werden in diesem Schritt durch das Planungsteam ergänzt (Zielvereinbarung II).

In der Definition der Qualitätsanforderungen im Dialog zwischen Bauherrschaft und Architekt/in, die zur Erstellung des Pflichtenheftes notwendig wird, werden entlang des Analysemodells als einer Art Checkliste wesentlich relevante Aspekte abgefragt. Damit wird auch das Pflichtenheft präziser in der Ausformulierung für den vorgefertigten Holzbau.

### Schritt 1

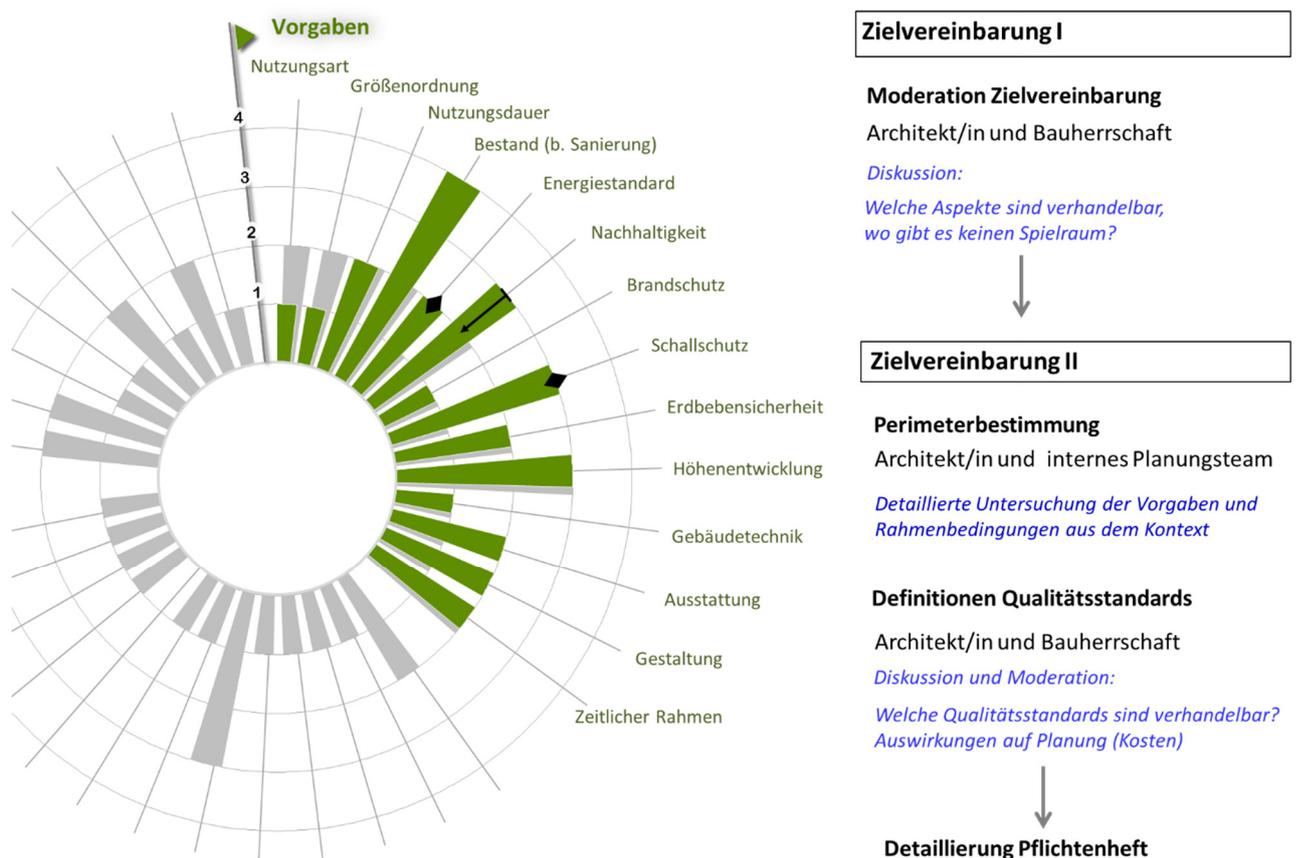
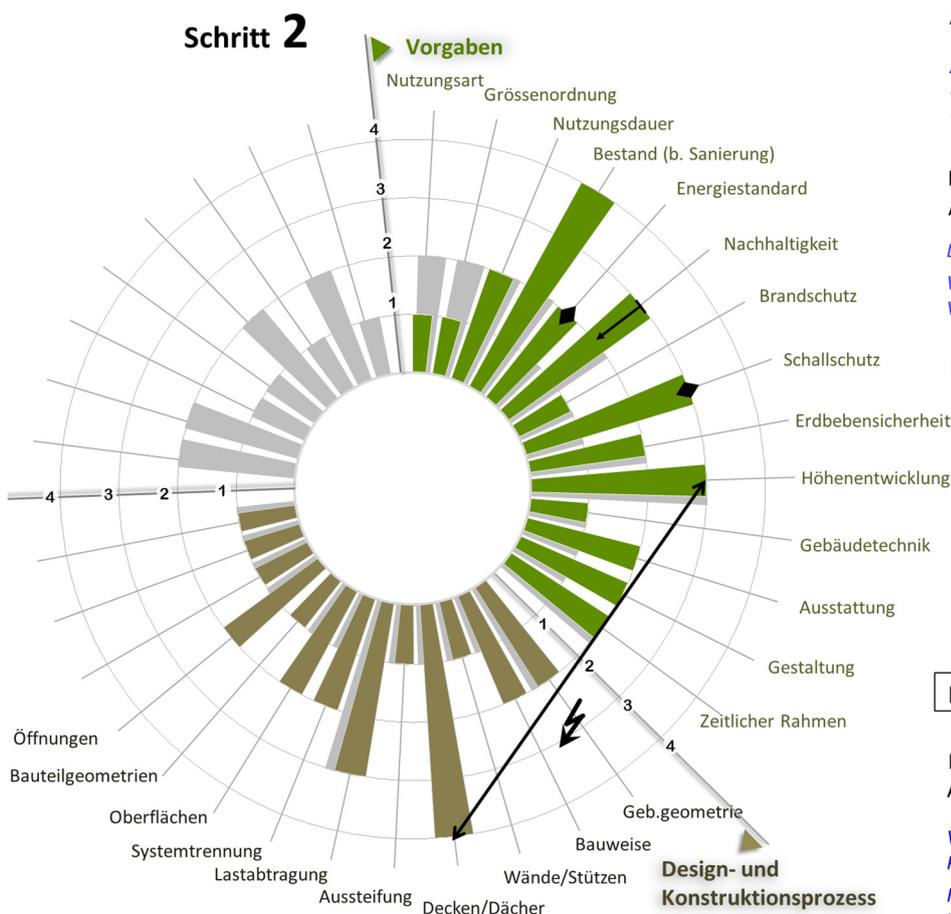


Abbildung 65: Erster Schritt: Zielvereinbarung I und II und Detaillierung Pflichtenheft mit dem Analysemodell

Im zweiten Schritt (**Schritt 2** – siehe Abbildung 66), wenn Machbarkeits- oder Variantenstudien in der Entwurfsphase erarbeitet werden, bietet das Analysemodell die Möglichkeit, diese durch die Visualisierung besser gegenüberzustellen und so die Entscheidungsfindung zusammen mit der Bauherrschaft zu unterstützen. Hier können Kosten-Nutzen-Vergleiche transparenter gestaltet und Einsparmöglichkeiten im Kontext der Qualitätsanforderungen (verhandelbare und nicht verhandelbare Anforderungen) diskutiert werden. In der Planungsbegleitung können Projektspezifika dann transparenter und einfacher im Team kommuniziert werden, notwendige Priorisierungen werden verdeutlicht.

So wird der Informationsaustausch im interdisziplinären Team unterstützt, indem relevante Aspekte sichtbar sind, Wechselwirkungen (durch Pfeile zum Beispiel gekennzeichnet) hervorgehoben und unbeabsichtigte Fehler besser intuitiv vermieden werden.

Ein weiterer positiver Effekt besteht darin, dass neue Teammitglieder leichter (ohne lange Erklärungen) mit den spezifischen Herausforderungen und auch Nicht-Herausforderungen des Projektes vertraut gemacht werden können. Das Einarbeiten in ein Projekt kann zielgerichtet auf die Aspekte, die besondere Beachtung erfordern, ausgerichtet werden.



**Entwurf**

**Studien, Konzepterarbeitung Varianten**  
Architekt/in und Planungsteam

*Ausarbeitung von alternativen Grobkonzepten und vergleichende Darstellung*

**Entscheidung**  
Architekt/in und Bauherrschaft

*Diskussion: Welche Alternativen stehen zur Verfügung?*

*Kosten-Nutzen Analyse*

**Planung**

**Projektprofil, Wechselwirkungen**  
Architekt/in und Fachplanungsteam

*Visualisierung von notwendigen Priorisierungen*

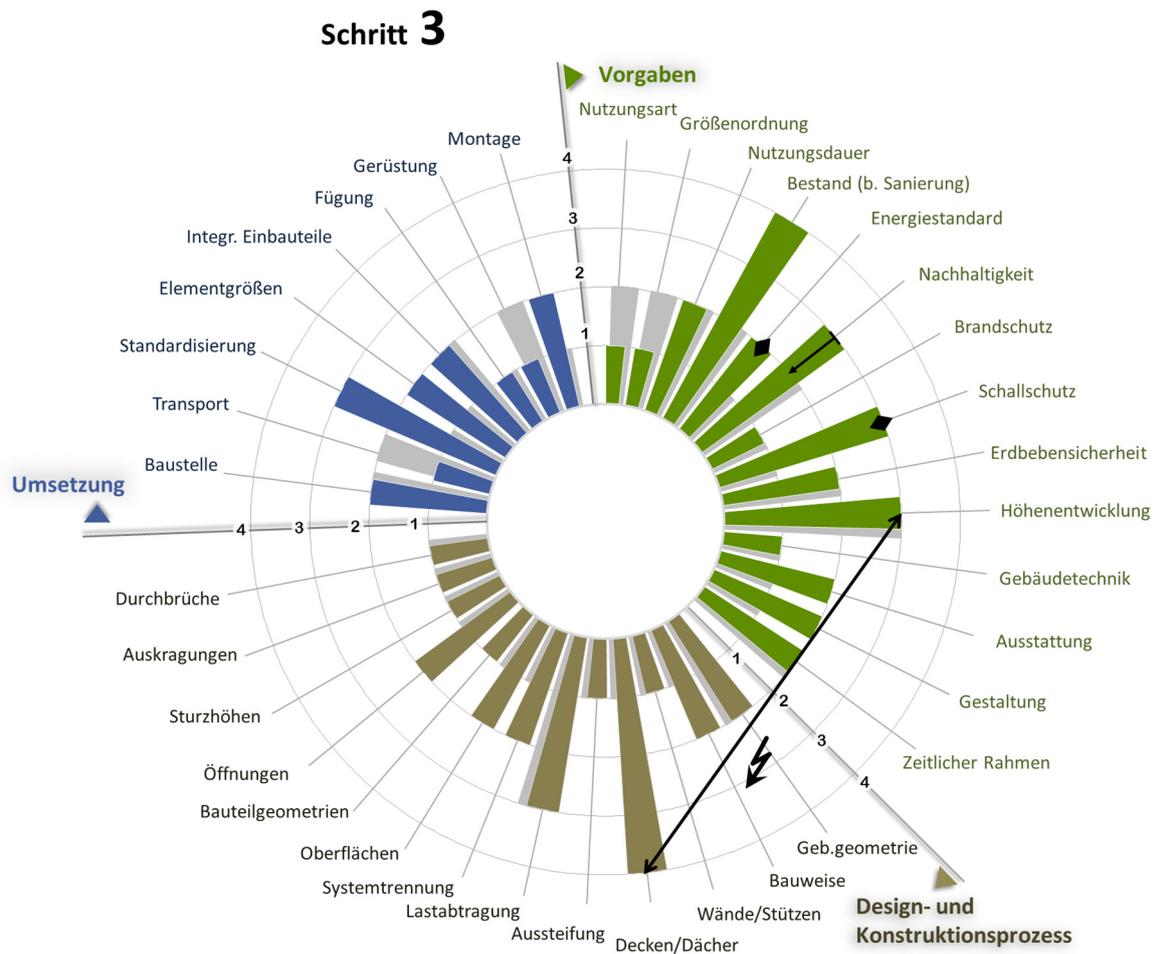
*Identifikation und Kommunikation der Wechselwirkungen*

*Visual Management zur besseren Orientierung bei Informationsaustausch, Änderungen, etc.*

Abbildung 66: Zweiter Schritt: Entwurf und Planung mit dem Analysemodell.

Im dritten Schritt, in der Phase der Ausschreibung und Angebotslegung, gibt es zwei Möglichkeiten des Einsatzes des Analysemodells (**Schritt 3** – siehe auch Abbildung 67).

- › Detaillierte Leistungsbeschreibungen: Die Visualisierung des spezifischen Projektprofils ergänzt die Ausschreibungsunterlagen und bietet den Unternehmen in einem ersten Blick eine Übersicht, in welchen Bereichen besondere Herausforderungen im Projekt zu erwarten sind.
- › Funktionale Leistungsbeschreibungen: Die anbietenden Unternehmen erarbeiten auf Grundlage der beiden Profile «Vorgaben» und «Design- und Konstruktionsprozess» Ausführungsvarianten und ergänzen das Profil in der Kategorie «Umsetzung» (blaue Balken). Der Bauherrschaft und dem/der Architekten/in stehen somit für die Angebotsprüfung die Projektprofile der unterschiedlichen Unternehmen zur Verfügung und erleichtern die Entscheidung. Wesentlich dabei ist, dass die Zuschlagskriterien (die im Analysemodell als Referenzprofil abgebildet sein können) im Zuge der Ausschreibung bereits allen Bietenden bekannt gemacht werden.



**Ausschreibung funktional**

**Umsetzungsvariante wird durch Unternehmer im Zuge der Angebotslegung vorgeschlagen**

Holzbauunternehmen

*Das Projektprofil wird im blauen Bereich «Umsetzung» durch das Unternehmen ergänzt.*

*Im Zuge der Angebotsprüfung vergleichen Architekt/in und Bauherrschaft die unterschiedlichen Projektprofile.*

**Ausschreibung detailliert**

**Umsetzungsvariante ist definiert und wird für die Angebotslegung visualisiert**

Architekt/in und Fachplanungsteam

*Das Projektprofil visualisiert die Vorgaben und die Projektspezifika und unterstützt Unternehmen in der Bewertung der Herausforderungen im Projekt.*

Abbildung 67: Dritter Schritt: Darstellung des Projektprofils im Zuge der Ausschreibung.

Im vierten Schritt, nach dem Projektabschluss (**Schritt 4** – siehe Abbildung 68), stehen Erfahrungswerte zur Verfügung, die es ermöglichen, (Kosten-)Benchmarks mit spezifischen Projektprofilen zu verknüpfen. Mit jeder Umsetzung können so Erfahrungswerte gewonnen werden, die für künftige Projektentwicklungen dokumentiert zur Verfügung stehen. Einerseits wird damit das Wissensmanagement in Planungsbüros unterstützt, andererseits werden auch allfällige Mehr- oder Minderkosten transparenter nachvollziehbar.

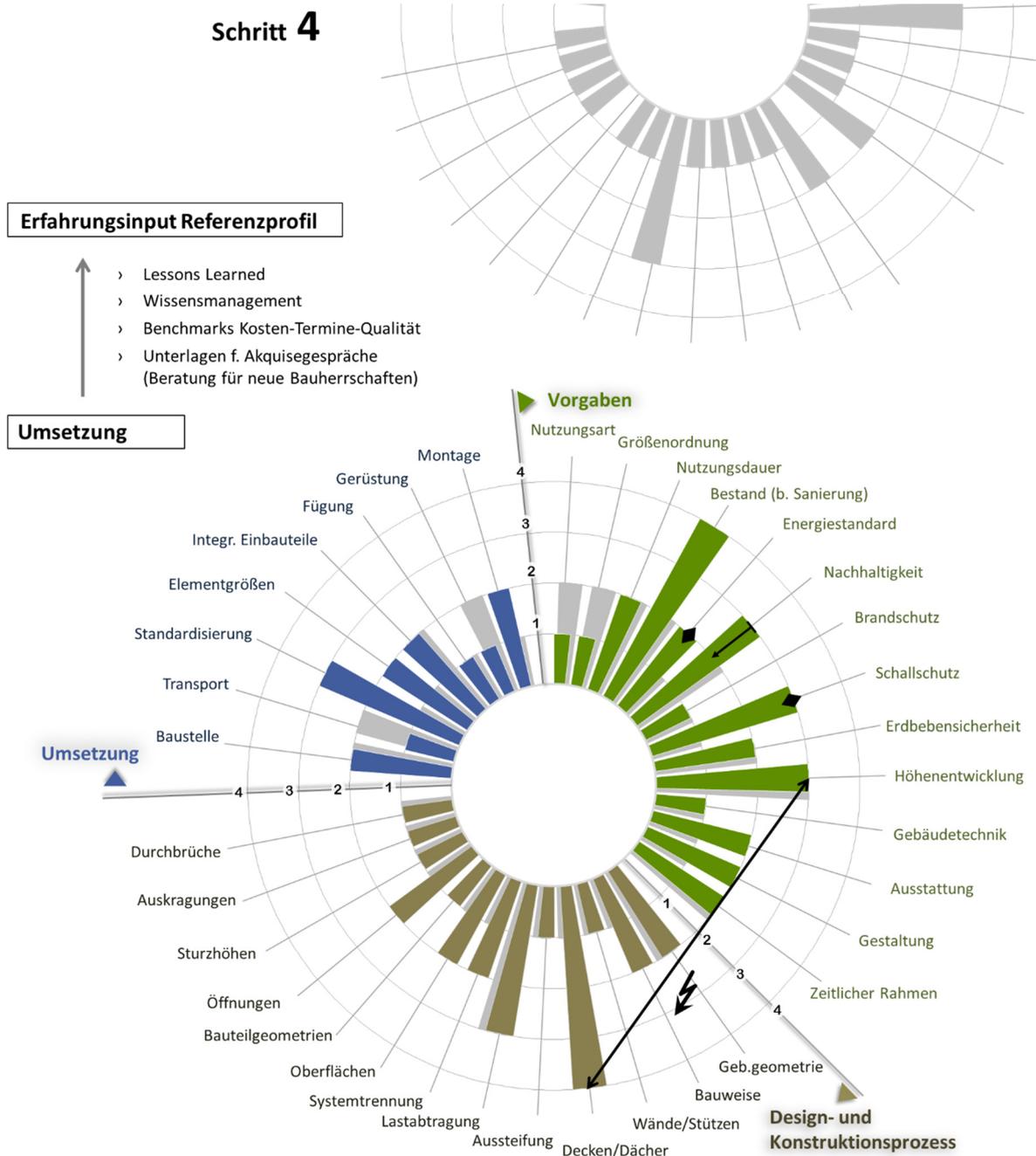


Abbildung 68: Viertes Schritt: Erfahrungswerte für die Präzisierung des Referenzmodells. Aus der Umsetzung des Projekts gewonnene Erkenntnisse ermöglichen eine laufende Präzisierung der Referenzprofile und den Aufbau von Benchmarks, die Referenzprofilen zugeordnet werden können.

## Chancen und Grenzen im strategischen Projektsupport

Das Analysemodell unterstützt die vorausschauende und projektbegleitende strategische Planung anhand des Kriterienkataloges. Anforderungen und potenzielle Herausforderungen sowie Abhängigkeiten und Wechselwirkungen (zwischen Anforderungen und den technisch-konstruktiven Lösungen oder der Logistik etc.) können frühzeitig erkannt werden. Damit wird ein Beitrag zur angemessenen und geeigneten Zusammenstellung des Teams und der Gestaltung der Projektorganisation geleistet.

*Tabelle 17: Übersicht Chancen und Grenzen des Analysemodells im strategischen Projektsupport*

Chancen	Grenzen
Systematische und typologisch strukturierte Erfassung der spezifischen Komplexität eines Projekts anhand einer Checkliste, die auf Erfahrungen aus realisierten Projekten aufbaut.	Usability ist durch die detaillierte Beschreibung aufwendig.
Erweiterbarkeit und Flexibilität in Bezug auf einzelne Kriterien und die Anpassung an weitere Anwendungsgebiete	Kriterienkatalog muss für weitere Anwendungen aus der Perspektive des spezifischen Anwendungsfalles adaptiert werden
Unterstützung im interdisziplinären Informationsaustausch durch gemeinsames Projektverständnis und bessere Bedeutungszuweisung.	Anwendung muss im Projektmanagement verankert werden, die durchgängige und kooperative Anwendung aller Beteiligten erfordert eine hohe Disziplin.
Unterstützung in der Entscheidungsmoderation mit der Bauherrschaft, Entscheidungsgrundlagen werden transparenter und sind durch visuelle Aufbereitung besser kommunizierbar.	Es kann auch keine absolute «Wahrheit» in der Bewertung abgeleitet werden.
Abhängigkeiten, Wechselwirkungen und kritische Punkte können identifiziert, dargestellt und disziplinübergreifend transparent kommuniziert werden.	Anhängigkeiten und Wechselwirkungen werden nicht automatisiert abgeleitet. Es bedarf erfahrener Fachpersonen, die anhand der Bewertung im Modell kritische Punkte und Abhängigkeiten ableiten und kennzeichnen.
Erfahrungen aus Vorprojekten können nachvollziehbar dokumentiert und gegebenenfalls mit anderen Benchmarks verknüpft werden.	Die Verknüpfung mit anderen Benchmarks bedarf einer Weiterentwicklung durch eine umfassende Auswertung bereits realisierter Bauten.
Die Kostenschätzung, -ermittlung und -fortschreibung wird durch die Sichtbarmachung von «Kostentreibern» unterstützt. Bei notwendigen Kostenreduktionen können Entscheidungen im Gespräch mit der Bauherrschaft transparenter gestaltet werden. Der Vergleich von Alternativ-Angeboten wird transparenter.	Für die Kostenschätzung müssen immer Erfahrungswerte aus Vorprojekten herangezogen werden, und es bedarf einer kompetenten Schätzung bzw. Ermittlung. Die Kosten werden lediglich mit Referenzprofilen verknüpft, die Aussagen zu Mehr- oder Minderkosten mit typologischen Profilen verknüpfen.
Mithilfe laufender Aktualisierung von Referenzprofilen mit Kosten aus aktuellen abgerechneten Projekten können Datenbanken mit aussagekräftigen Benchmarks aufgebaut werden.	Es sind keine Aussagen zu Kosten auf Bauteilebene möglich, die Kosten beziehen sich auf Referenzgebäude.

## 6.2. Angebotslegung von Holzbauunternehmen

Für die produzierenden Holzbauunternehmen ist das Beurteilen eines Projekts zur Angebotslegung tägliche Routine. Dennoch muss jedes Projekt spezifisch beurteilt werden, um den tatsächlichen Aufwand auch abschätzen zu können und ein realistisches Angebot für beide Seiten (Unternehmen und Bauherrschaft) abzugeben. Peter Sinniger von Hector Holzbau berichtet aus seiner Erfahrung:

«Wir beurteilen sehr genau: wie gut passt das Projekt zu mir? Die Kriterien sind dabei: Größe, Schwierigkeitsgrad, Partner, geografischer Standort und Ausführungsdatum». Doch das ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick erscheint: «Man müsste fast 10-15 Jahre in der Kalkulation gearbeitet haben, um die Fähigkeit zu haben, ein Objekt zu beurteilen. Mit jedem bekommt man mehr den Blick darüber», führt er weiter aus.<sup>659</sup>

Das Analysemodell bietet eine Argumentationsgrundlage für die Identifikation von Kostentreibern und die Kommunikation von Kosteneinsparpotenzialen im Kundengespräch. Enrico Uffer von Uffer Holzbau erläutert dazu: «Mit der Maske als Checkliste kann ich die Kostentreiber einfach aufzeigen und Einsparpotenzial identifizieren.»<sup>660</sup>

## Notwendige Anpassungen

Die Zusammenstellung der Kriterien und die Formulierung der Ausprägung in den einzelnen Schwierigkeitsgraden sind aufgrund der breiten Erfassung generalisiert. In den Interviews mit Holzbauunternehmen wurde festgestellt, dass je nach spezifischem Kompetenzprofil Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der individuellen Herausforderung aufkommen können.<sup>661</sup> Daher müssen die Liste der Kriterien im Katalog und die präzise Formulierung der Kriterien an die spezifischen Kompetenzen des jeweiligen Unternehmens angepasst werden.

## 6.3. Potenzial und weiterer Entwicklungsbedarf

### 6.3.1. Potenzial

Die vorliegende Arbeit ist der Beginn einer **systematischen und typologischen Strukturierung** des vorgefertigten Bauens mit Holz. Funktionale und technische Vorgaben, Aspekte im Design- und Konstruktionsprozess und der Umsetzung, die Einfluss auf die Komplexität im vorgefertigten Holzbau haben, werden erstmals strukturiert erfasst und beschrieben. Das Analysemodell und der Kriterienkatalog dokumentieren die praktischen Erfahrungen von realisierten Projekten aus dem Blickwinkel verschiedener Disziplinen. Architektonische, funktionale, technische und konstruktive Aspekte werden disziplinübergreifend zusammengeführt und bewertet. Verhandeltbare und – aus Sicht der gesetzlichen Vorgaben und der Bedürfnisse der Bauherrschaft – nicht verhandelbare Kriterien können sichtbar und damit kommunizierbar gekennzeichnet werden. Dadurch wird ein **disziplinübergreifendes Werkzeug** für die Kommunikation im Sinne eines gemeinsamen interdisziplinären Bedeutungsverständnisses geschaffen. Aussagen zu Kosten, notwendigen Ressourcen und Kompetenzen werden damit auf gesammelte Erfahrungen aus der Praxis gestützt und erhöhen die Planungssicherheit.

Als **visuelles Kommunikationsinstrument** unterstützt das Analysemodell den Informationsaustausch und das Wissensmanagement im interdisziplinären Team sowie die Kommunikation mit der Bauherrschaft. Abhängigkeiten, Wechselwirkungen und notwendige Prioritätensetzungen werden transparent dargestellt und nachvollziehbar. Die Eindeutigkeit der Informationsvermittlung und die übereinstimmende Bedeutungszuweisung durch die einzelnen Beteiligten werden unterstützt. Damit wird Missverständnissen in der interdisziplinären Zusammenarbeit und in der Experten-Laien-Kommunikation mit der Bauherrschaft vorgebeugt. Das Vermitteln der übergeordneten wesentlichen

---

<sup>659</sup> Interview mit Peter Sinniger und Roman Niederberger (Hector Egger Holzbau AG) am 08.06.2016 in Laufenburg

<sup>660</sup> Statement Enrico Uffer (Uffer Holzbau) am Expertenworkshop am 25.01.2017 in Chur

<sup>661</sup> Siehe Zitate der Holzbauunternehmer auf S. 60

Aspekte in einem Projekt erleichtert auch den Umgang mit Unsicherheiten und der Veränderlichkeit im Prozessverlauf.

Die Projektleitung ist nicht gefordert, starre und lineare Schritte oder Prozessabfolgen zu definieren. Mit der Evaluierung des spezifischen Schwierigkeitsgrads entlang der Kriterien erlaubt das Analysemodell eine gezielte **qualitäts-, termin- und kostenorientierte Steuerung** im Projektverlauf. Zudem versetzt die transparente Abbildung auch alle Beteiligten im Projektteam in die Lage, durch das Verstehen übergeordneter Prämissen projektspezifisch angemessen agieren zu können.

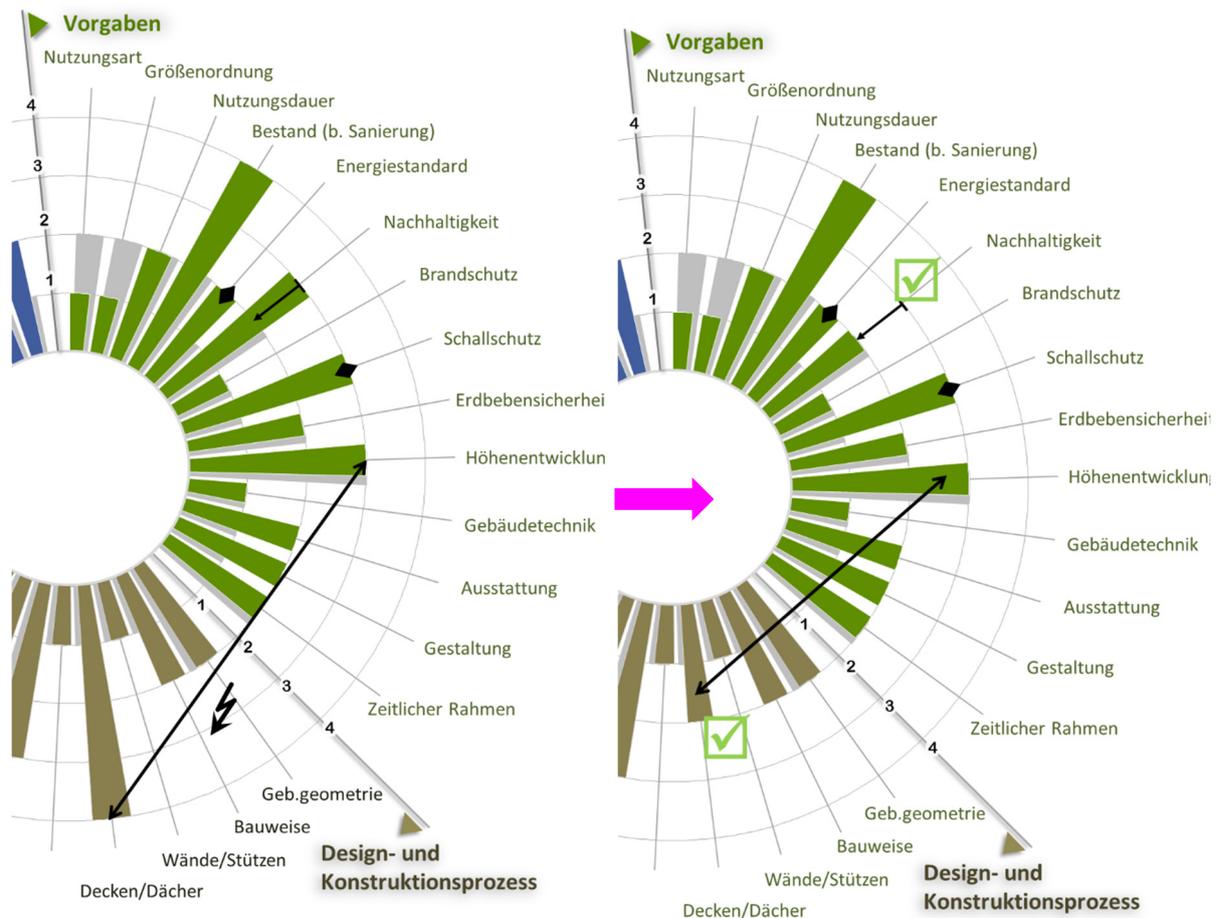


Abbildung 69: Überführen von Projektprofilen: Im Zuge von Entwurf, Planung oder Kostenermittlung können kritische Punkte identifiziert und das Projektprofil in der Komplexität reduziert werden. Damit können Varianten hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Analyse transparenter verglichen werden und die Projektentwicklung besser gesteuert werden.

Ein Projektteam wird erst durch eindeutiges Wissen in die Lage versetzt, zu planen, zu entscheiden und zu handeln.<sup>662</sup> Daher ist es unabdingbar, die Eindeutigkeit und Qualität des Wissens im Projekt zu gewährleisten. Mit dem Analysemodell und dem Kriterienkatalog können, basierend auf Praxiserfahrung, das Wissen vor, der Wissensaustausch während und der Wissensausbau nach dem Projekt strukturiert verbessert werden. Damit wird ein Beitrag zur Verbesserung des Wissensmanagements in Projekten mit vorgefertigtem Holzbau geleistet.

<sup>662</sup> Schwehr 2004, S. 64

### 6.3.2. Weiterer Entwicklungsbedarf

Im Zuge der Arbeit wurde auch die Ambivalenz des Vorhabens deutlich. Die Beschreibung der Komplexität im vorgefertigten Holzbau aus Sicht der unterschiedlichen Disziplinen bedarf einer hohen Präzision. Erst durch die detaillierte Beschreibung können die Erfahrungen aus der Praxis auch präzise wiedergegeben und alle möglichen Ausführungsvarianten erfasst werden. Ohne diese notwendige Präzision verbleibt Interpretationsspielraum, der, ungewollt oder gewollt, das Bild verzerren kann. Der Umfang der Kriterienbeschreibung wird damit sehr ausgedehnt.

Für die Anwendung in der Praxis muss die Abfrage der Kriterien, vor allem in einer frühen Phase der Planung, schnell durchführbar sein. Detaillierte Beschreibungen, wie sie in der vorliegenden Version dargestellt sind, erschweren zum Beispiel erste überschlägige Bewertungen. Dazu müssten die Kriterien und deren Einteilung in Komplexitätsgrade dem Bewertenden bereits sehr gut bekannt sein. Zwei Maßnahmen wurden in dieser Entwicklungsstufe des Analysemodells daher vorgenommen.

- › Die Entwicklung von Piktogrammen als ergänzende grafische Abbildung. Damit soll die Les- und Erfassbarkeit der Ausprägung der Kriterien in den einzelnen Schwierigkeitsgraden erhöht werden. Die grafische Darstellung ermöglicht eine erste Abschätzung je Kriterium, welche Eigenschaften dafür verantwortlich sind, dass die Komplexität zunimmt.
- › Umfangreiche Beschreibungen, die jedoch keine erschöpfende Präzisierung ermöglichten, so die Kriterien zu «Wände/Stützen», «Decken/Dächer», «Verbindungsmittel» und «Fügung», wurden wieder gekürzt. Hier ist ein professioneller Ermessensentscheid auf Grundlage der formulierten Kriterienbeschreibung notwendig.

In der Diskussion der unterschiedlichen Anwendungsgebiete mit Expert/innen wurde auch klar, dass die Auswahl der Kriterien hinsichtlich der speziellen Anforderungen der Anwendung und für die unterschiedlichen Szenarien angepasst werden kann, um konkrete Anwendungsprogramme und Datenbanken aufzubauen. Diese Adaptionen sind in den einzelnen Anwendungsszenarien beschrieben. Diese Flexibilität erscheint als der Vorteil des entwickelten Modells: Es kann an unterschiedliche Bedürfnisse und Anwendungsgebiete angepasst werden, ohne seine grundsätzliche Funktionalität einzubüßen. Damit wird der weitere Entwicklungsbedarf deutlich.

- › Für den strategischen Projektsupport müssen die Bedienbarkeit und das Handling für die Anwendung in der Praxis verbessert werden. Beispielsweise kann die Ein- und Ausgabe durch eine Softwareapplikation stattfinden, sodass Anwendende besser durch die Abfrage geführt werden.
- › Eine automatisierte Ergebnisdarstellung könnte die Erstellung von Varianten zudem erleichtern.

Eine zukünftige Weiterentwicklung erscheint auch durch eine Verknüpfung mit bestehenden Datenbanken oder Katalogen möglich.

In der Schweiz könnte dies der Elementarten-Katalog EAK der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung CRB<sup>663</sup> sein. Der EAK ergänzt den Baukostenplan Hochbau eBKP-H und erleichtert die Kostenermittlung und -steuerung durch die Gliederung nach Elementarten.<sup>664</sup> Dazu müsste eine Reihe von realisierten Gebäuden in Bezug auf die Kosten mit dem Komplexitätsprofil verknüpft werden. Diese Verknüpfung könnte bei einem langfristigen Aufbau einer Datenbank den Aufwand für erste Kostenschätzungen im vorgefertigten Holzbau deutlich reduzieren und die Präzision der Schätzung in frühen Phasen verbessern.

<sup>663</sup> <http://www.crb.ch/crbOnline/CRB-Standards/Elementarten.html>; abgerufen am 18.11.2017, 13:28

<sup>664</sup> Bernet und Gebhard 2010, S. 7

In Deutschland könnte dies die BKI-Baukostendatenbank sein, die für viele Architekt/innen eine Grundlage für die Kostenplanung darstellt.<sup>665</sup> Die umfangreiche Sammlung bietet statische Kostenkennwerte und ausführlich dokumentierte Vergleichsobjekte.<sup>666</sup> Eine Verknüpfung mit dem Analysemodell könnte für den Anwendungsbereich im vorgefertigten Bauen mit Holz eine fundierte Grundlage für Kostenschätzungen in frühen Phasen darstellen. Dies wäre ein wesentlicher Beitrag, um Unsicherheiten im Rahmen der Entscheidung für Holzbau abzubauen.

#### 6.4. Zukünftiger Forschungsbedarf

Die Auseinandersetzung mit dem Thema der Komplexität hat gezeigt, dass bei steigender Komplexität in Bauprojekten im Allgemeinen ein Umdenken im Projektmanagement notwendig ist. Borgert und Oltmann 2015 beschreiben für unterschiedliche Projekte<sup>667</sup> einen Lösungsansatz für den Umgang mit Komplexität.

Dieser beruht auf der Idee der Vernetzung von Akteur/innen. Dabei ersetzen informelle nicht-hierarchische Strukturen die «*Top-Down-Kontrollen*» in hierarchisch gegliederten, starren Organisationen. Diese Netzwerke<sup>668</sup> bilden sich situativ heraus. Ihre Stärke beruht auf der Vernetzungsdichte und Dynamik.<sup>669</sup> Wesentlich in dieser Vernetzung sind die Dezentralisierung und der Kompetenzaufbau im informellen Netzwerk.<sup>670</sup> Damit wird das Netzwerk oder das Team in die Lage versetzt, mit komplexen Situationen umzugehen. Diese Idee ist auch mit der Feststellung von Nicolaas John Habraken kongruent, der Fußballteams die Kompetenz zuspricht, anhand von Spielregeln dynamisch auf Herausforderungen im Spiel reagieren zu können.<sup>671</sup>

Ein derartiger Lösungsansatz steht aktuell noch im Widerspruch mit dem aktuellen Bauablauf, der normativ und in Bauverträgen erfasst und durch haftungsrechtliche und versicherungstechnische Rahmenbedingungen geregelt wird. Betrachtet man aber die Entwicklungen zur Industrie 4.0, die auch für den vorgefertigten Holzbau von Relevanz sind, muss man feststellen, dass auch hier die klassischen Hierarchien und Führungspositionen infrage gestellt werden, weil sie flexibel auf die digitale und organisatorische Vernetzung reagieren müssen.<sup>672</sup>

Die große Herausforderung besteht daher zukünftig in der Vernetzung der Beteiligten, deren Interaktion und dem Abgleich mit bestehenden Rahmenbedingungen. Es wäre eine Aufgabe zukünftiger Forschungsarbeiten, zu überprüfen, welches Potenzial für den vorgefertigten Holzbau in der Organisation von Planungsprozessen auf Basis von situativer Vernetzung und dynamischen Prozessen im Vergleich zu starren Managementstrukturen mit formalisierten Kontroll- und Steuersystemen liegt.

---

<sup>665</sup> <http://www.bki.de/ueber-uns.html>; abgerufen am 18.11.2017, 13:41

<sup>666</sup> Schwehr 2004, S. 196

<sup>667</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 60; 110-112; 210-212; 219-224

<sup>668</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 214

<sup>669</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 209

<sup>670</sup> Borgert und Oltmann 2015, S. 214; 36

<sup>671</sup> Siehe Kapitel 4.2.6, S. 121

<sup>672</sup> Thesseling, Frank: Industrie 4.0. TransferTransparent am 9.11.2017 an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur

## 7. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Gegenüberstellung theoretisch idealer und tatsächlich realer Prozessablauf im vorgefertigten Bauen mit Holz
- Abbildung 2: Baubewilligte Großprojekte in der Schweiz 2010-2013 nach Anzahl der Projekte
- Abb.serie 3: Montage der Holzelemente in der Wohn- und Gewerbesiedlung Kalkbreite
- Abbildung 4: Themendiagramm der Dissertation
- Abbildung 5: Weissenhofsiedlung Stuttgart.
- Abbildung 6: Crystall Palace von Joseph Paxton
- Abbildung 7: Übersicht über die Begrifflichkeiten im industrialisierten Bauen
- Abbildung 8: Die vier Stufen der industriellen Revolution
- Abbildung 9: Marktanteile von Beton, Stahl, Kunststein und Holz bei Tragkonstruktionen des Hochbaus.
- Abbildung 10: Portalbearbeitungszentrum Hundegger PBA-3
- Abbildung 11: Fertigungslinie für Massiv-Holz-Wandelemente zur kreuzlagigen Verpressung
- Abbildung 12: Schwalbenschwanzfräsung an der Hundegger K2i.
- Abbildung 13: Portalroboter
- Abbildung 14: Multifunktionsbrücke WMS 150 von Weinmann
- Abbildung 15: 5-achsige CNC-gesteuerte Abbundanlage Lignamatic
- Abbildung 16: Einteilung Vorfertigungsgrade im Projekt leanWOOD
- Abbildung 17: Gegenüberstellung der Planungs- und Bauphasen bei hohen und niedrigen Vorfertigungsgraden
- Abbildung 18: Wissenszuwachs in der Planung
- Abbildung 19: Evaluierung Wohn- und Gewerbesiedlung Kalkbreite in Zürich
- Abbildung 20: Evaluierung MFH Saumackerstrasse in Zürich
- Abbildung 21: Überlagerung der Auswertung der leanWOOD-Fallbeispiele.
- Abbildung 22: Unterschiedliche Planungssequenzen im Hybridbau.
- Abbildung 23: Wirkungsgefüge der Phänomene im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden
- Abbildung 24: Identifikation Handlungsbedarf aus der Situationsanalyse
- Abbildung 25: Übersicht über die Entwicklungsgeschichte unterschiedlicher Begrifflichkeiten von Lean
- Abbildung 26: Das Shingo House mit den vier zentralen Managementbegriffen
- Abb.serie 27: Beispiele für Visual Management in Schul-Werkstätten
- Abbildung 28: Verknüpfung von Informationen in konzeptionellen Planungsphasen
- Abbildung 29: Fünf Phasen des Lean Project Delivery System (LPDS)
- Abbildung 30: Spannungsdreieck Qualität – Kosten – Zeit
- Abbildung 31: Kategoriales Grundgerüst des Lean Management
- Abbildung 32: PDCA – Zyklus im Lean Management
- Abbildung 33: Projektzeitplan für eine Sanierung und Aufstockung mit langem Entscheidungszeitraum
- Abbildung 34: Projektzeitplan für eine Sanierung und Aufstockung mit langem Entscheidungszeitraum

- Abbildung 35: Lebenszykluskosten
- Abbildung 36: Buchenholz-Balkonkonstruktion am MFH Saumackerstrasse in Zürich
- Abbildung 37: «Virtueller Raum» als Planungsraum und «physischer Raum» als Ort(e)» der Umsetzung
- Abbildung 38: Prozentuale Verteilung der Kostenarten am Beispiel der Aufstockung rauti-huus
- Abbildung 39: Systemischer Ansatz im vorgefertigten Holzbau
- Abbildung 40: Unterscheidung der Begriffe der Komplexität und der Kompliziertheit
- Abbildung 41: Komplizierte Systeme
- Abbildung 42: Komplexe Systeme
- Abbildung 43: Aufrichte im leanWOOD-Fallbeispiel MFH Saumackerstrasse
- Abbildung 44: Fertige Aufstockung im leanWOOD-Fallbeispiel MFH Saumackerstrasse
- Abbildung 45: Versetzen der Raummodule in der Europäische Schule Frankfurt
- Abbildung 46: Europäische Schule Frankfurt nach der Fertigstellung.
- Abbildung 47: Bauen als Prozess versus Lieferung eines Produkts aus der Vorfertigung.
- Abbildung 48: Übersichtsbaum zur Komplexität in Projekten
- Abbildung 49: Gesamtsystem Bauen und Sub-Systeme Produktion, Planung und Komplettierung vor Ort
- Abbildung 50: Verknüpfung Funktion, Design & Konstruktion und Umsetzung
- Abbildung 51: Abhängigkeiten, Wechselwirkungen, Rahmenbedingungen und Einflüsse auf das vorgefertigte Bauen mit Holz
- Abbildung 70: Überprüfung von Prozessoptimierung und Managementansätzen nach den Lean-Prinzipien.
- Abbildung 53: Zuordnung der Charakteristiken zur Komplexität zu den Aspekten des TVF Modells
- Abbildung 54: Typologie der projektspezifischen Kultur auf Basis aktEURsspezifischer «Sub-Kulturen»
- Abbildung 55: Übersicht zur Begriffsbestimmung der Interdisziplinarität
- Abbildung 56: Schematische Darstellung des mathematisch-technischen Ansatzes von Informationssystemen nach Shannon 1948
- Abbildung 57: Diskrepanz zwischen Realität und Bild
- Abbildung 58: Informationsprozessor
- Abbildung 59: Mentales Modell, Systemdarstellung, konzeptionellen Modell und Realität im Planungs- und Bauprozess.
- Abbildung 60: Übersicht Argumentationsaufbau
- Abbildung 61: Analysemodell eines Projekts im vorgefertigten Holzbau in einer exemplarischen Ergebnisdarstellung
- Abbildung 62: Kennzeichnung von nicht verhandelbaren (Raute) und verhandelbaren Kriterien (Pfeil) im Analysemodell
- Abbildung 63: Hervorheben von Wechselwirkungen, Abhängigkeiten und kritischen Punkten im Analysemodell
- Abbildung 64: Kriterienkatalog zum Analysemodell.
- Abbildung 65: Erster Schritt: Zielvereinbarung I und II und Detaillierung Pflichtenheft mit dem Analysemodell

- Abbildung 66: Zweiter Schritt: Entwurf und Planung mit dem Analysemodell
- Abbildung 67: Dritter Schritt: Darstellung des Projektprofils im Zuge der Ausschreibung
- Abbildung 68: Vierter Schritt: Erfahrungswerte für die Präzisierung des Referenzmodells
- Abbildung 69: Überführen von Projektprofilen

## 8. Diagrammverzeichnis

- Diagramm 1: Stundenauswertung nach den SIA-Phasen einer Sanierung und Aufstockung  
Diagramm 2: Stundenauswertung nach den SIA-Phasen einer Sanierung und Aufstockung  
Diagramm 3: Stundenauswertung nach den SIA-Phasen einer Sanierung und Aufstockung  
Diagramm 4: Stundenauswertung nach den SIA-Phasen eines Neubaus

## 9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beispiele für unterschiedliche Vorfertigungsgrade
Tabelle 2:	Gegenüberstellung von Planungscharakteristiken bei unterschiedlichen Vorfertigungsgraden
Tabelle 3:	Übersicht Kriterien in Bezug auf technische und organisatorische Herausforderungen im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden
Tabelle 4:	Kategorisierung der Kriterien nach Schwierigkeitsgraden
Tabelle 5:	Übersicht Kriterien zur Bewertung der Schwierigkeiten in der Kategorie «Prozess»
Tabelle 6:	Übersicht Situationsanalyse
Tabelle 7:	Zuordnung des Handlungsbedarfs zu Themenfeldern und möglichen Lösungsansätzen
Tabelle 8:	Übersicht Methoden und Werkzeuge des Lean Management
Tabelle 9:	Drei Aspekte des TVF Prinzips nach Koskela 2000
Tabelle 10:	Vorgaben zur Qualität
Tabelle 11:	Zuordnung der Verschwendungsarten und deren Ursachen
Tabelle 12:	Zusammenfassung der Analyse des Holzbaues entlang des Untersuchungsrasters nach Zollondz 2013
Tabelle 13:	Gegenüberstellung Methoden der Lean Construction zu den Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus
Tabelle 14:	Gegenüberstellung der Theorien und Erkenntnisse aus der Praxis und der Ursachen der Komplexität
Tabelle 15:	Übersicht über die Managementansätze bei Bertelsen 2003a
Tabelle 16:	Übersicht über die Kategorien im Analysemodell
Tabelle 17:	Übersicht Chancen und Grenzen des Analysemodells im strategischen Projekt-support

## 10. Literaturverzeichnis

Atkinson et al. 2006

Atkinson, Roger; Crawford, Lynn; Ward, Stephen (2006): Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. In: *International Journal of Project Management* (24), S. 687–698.

Atlas Mehrgeschossiger Holzbau 2017

Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. Klassischer Baustoff in flexibler Systematik (2017). München: Institut f. intern. Architektur-Dokumentation.

Baccarini 1996

Baccarini, David (1996): The concept of project complexity – a review 14 (4), S. 201–204.

BAIK Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten 2010

BAIK Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten (Hg.) (2010): HIA 2010 Honorar Information Architekten.

Ballard 2009

Ballard, Glenn (2008): The Lean Project Delivery System: An Update. In: *Lean Construction Journal*, S. 1–19.

Batz 2014

Karl-Thomas Batz (2014): Produktionssystem: Flexibel und doch leistungsfähig. VGQ Techniker Tag 2014. EMPA. vgq Schweizer Verband für geprüfte Qualitätshäuser. Dübendorf, 06.02.2014.

Behrens und Fries 1918

Behrens, Peter; Fries, Heinrich (1918): Vom sparsamen Bauen. Ein Beitrag zur Siedlungsfrage. Berlin: Bauwelt.

Bernet und Gebhard 2010

Bernet, Peter; Gebhard, Ruedi (2010): Elementarten – der schnelle Weg zum Rohleistungsverzeichnis. In: *CRB Bulletin. Know-how: Elementarten* (4/10), S. 7–10.

Bertelsen 2002

Bertelsen, Sven (2002): Bridging the gap – towards a comprehensive understanding of lean construction. IGLC-10. International Group for Lean Construction. Gramado, Brazil, August 2002.

Online verfügbar unter <https://pdfs.semanticscholar.org/967b/6b63eb2432291aaa75ba95ce5df4df9535f3.pdf>

Bertelsen 2003a

Bertelsen, Sven (2003a): Complexity – Construction in a new perspective. Blacksburg (Virginia) (IGLC-11).

Online verfügbar unter: [www.researchgate.net/publication/252852909\\_COMPLEXITY\\_-\\_CONSTRUCTION\\_IN\\_A\\_NEW\\_PERSPECTIVE](http://www.researchgate.net/publication/252852909_COMPLEXITY_-_CONSTRUCTION_IN_A_NEW_PERSPECTIVE).

## Bertelsen 2003b

Bertelsen, Sven (2003b): Construction as complex system. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/236841812\\_Construction\\_as\\_a\\_Complex\\_System](https://www.researchgate.net/publication/236841812_Construction_as_a_Complex_System).

## Bertelsen 2004

Bertelsen, Sven (2004): Lean Management. Where are we and how to proceed.

Online verfügbar unter: [www.researchgate.net/publication/236841939\\_LEAN\\_CONSTRUCTION\\_WHERE\\_ARE\\_WE\\_AND\\_HOW\\_TO\\_PROCEED](http://www.researchgate.net/publication/236841939_LEAN_CONSTRUCTION_WHERE_ARE_WE_AND_HOW_TO_PROCEED).

## Bertelsen und Koskela 2004

Bertelsen, Sven; Koskela, Lauri (2004): Construction beyond Lean: A new understanding of construction management. 12<sup>th</sup> Annual conference in the International Group for Lean Construction. International Group for Lean Construction. Elsinore, Denmark, 2004.

Online verfügbar unter «Construction is complex production of a one-of-a-kind product undertaken mainly at the delivery point by cooperation within a multi-skilled ad-hoc team.» Aus Bertelsen, S., Koskela, L. (Construction Beyond Lean 2004), S. 5.

## Bildsten, 2011

Bildsten, Luise (2011): Exploring the opportunity and barriers of using prefabricated house components. Rooke, J. & Dave, B: 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC 19. Linköping University, Department of Management and Engineering. International Group for Lean Construction. Lima (Peru), 13.07.2011.

Online verfügbar unter: [www.iglc.net/Papers/Details/1100](http://www.iglc.net/Papers/Details/1100)

## Borgert und Oltmann 2015

Borgert, Stephanie; Oltmann, Carsten (2015): Die Irrtümer der Komplexität. Warum wir ein neues Management brauchen. Offenbach: Gabal.

## Brunner und Dietrich 2012

Brunner, Conrad U.; Dietrich, Helmut (2012): Holzbau – mehrgeschossig. Mit einem Essay von Helmut Dietrich. Zürich: Faktor (Schriftenreihe Nachhaltigkeit Faktor Verlag).

## Cheret et al. 2014

Cheret, Peter; Schwaner, Kurt; Seidel, Arnim (2014): Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe. Berlin: DOM publishers.

## Cronhjort et al. 2016

Cronhjort, Yrsa; Bannier, Florence; Geier, Sonja; Lattke, Frank (2016): Timber Buildings Details For a Leaner Design Process. Hg. v. ZEBAU. Hamburg. In: Conference Proceedings «Sustainable Built Environment Conference 2016». Hamburg. Strategies, Stakeholders, Success Factors.

## Dahm und Haindl 2008

Dahm, Markus H.; Haindl, Christoph (2008): Von der banalen Kostenreduktion zum nachhaltigen Ansatz. Lean Management erlebt eine Renaissance. In: io new management 2008 (12), S. 36–39.

Deutsche Bundesregierung 2013

Deutsche Bundesregierung (2013): HOAI 2013. Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, vom 10.07.2013. Fundstelle: Bundesanzeiger Verlag.

Online verfügbar unter [www.bundesanzeiger-verlag.de/fileadmin/BIV-Portal/Bildervorschlaege/PDF/bgbl113s2276.pdf](http://www.bundesanzeiger-verlag.de/fileadmin/BIV-Portal/Bildervorschlaege/PDF/bgbl113s2276.pdf)

DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität 2016

DGQ Deutsche Gesellschaft für Qualität (Hg.) (2016): Lean Management. Prozessorientiertes QM mit dem Fokus auf Wirtschaftlichkeit. Expertenwissen für DGQ-Mitglieder.

Online verfügbar unter [www.dgq.de/wp-content/uploads/2014/03/LEAN-Management.pdf](http://www.dgq.de/wp-content/uploads/2014/03/LEAN-Management.pdf). Download 14.11.2016

Ewinger et al. 2016

Ewinger, Dunja; Ternès, Anabel; Koerbel, Juliane; Towers, Ian (2016): Arbeitswelt im Zeitalter der Individualisierung. Trends: Multigrafie und Multi-Option in der Generation Y. Wiesbaden: Springer Fach-medien Wiesbaden (essentials).

Online verfügbar unter [http://sfx.ethz.ch/sfx\\_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9783658127534](http://sfx.ethz.ch/sfx_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9783658127534).

Favre-Bulle 2001

Favre-Bulle, Bernard (2001): Information und Zusammenhang. Informationsfluss in Prozessen der Wahrnehmung, des Denkens und der Kommunikation. Wien: Springer.

Fezer 1980

Fezer, Jesko (1980): Politik – Umwelt – Mensch. In: Lucius Burckhardt, Jesko Fezer und Martin Schmitz (Hg.): Wer plant die Planung? Architektur, Politik und Mensch. Kassel: Martin Schmitz Verlag, S. 11–16.

Fueglistaller et al. (2009)

Fueglistaller, Urs; Schrettle, Thomas; Hafner, Michael; Kreisel, Björn (2009): Lean Management – und was danach kommt. Wieso die Einführung von Lean Management oft scheitert und ein Projekt ohne Ende ist. In: *io new management* 2009, 20.05.2009 (6).

Fürst 2016

Fürst, Dietrich (2016): Planungskultur – fruchtbare neue Konzeption? (*disP – The Planning Review*, Vol. 52, Iss. 4 Planungskultur, 2016).

Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1080/02513625.2016.1273671>.

Ganschar et al. 2013

Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Hg. v. Stuttgart Fraunhofer IAO: Fraunhofer Verlag.

Geier 2016a

Geier, Sonja (2016a): LeanWOOD – Planen und kooperieren im Holzbau. In: *Wir Holzbauer* (1/2016), S. 24–25.

## Geier 2016b

Geier, Sonja (2016b): LeanWOOD nimmt Schweizer Holzbauten unter die Lupe. In: *Wir Holzbauer* (1/2016), S. 26–29.

## Geier 2016c

Geier, Sonja (2016c): leanWOOD – Planen und Kooperieren für den Holzbau der Zukunft. 14. Techniker Tag VGQ. VGQ Schweizer Verband für geprüfte Qualitätshäuser. Empa Akademie Dübendorf, 03.03.2016.

## Geier 2016d

Geier, Sonja (2016d): Vom Holzbau-Totalunternehmer zum Holz-Bauteam – alternative Vergabemodelle. Vortrag und Tagungsbandbeitrag zum 22. Internationalen Holzbau-Forum (IHF 2016), Prolog III Holzhausbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, 07.12.2016.

## Geier 2017

Geier, Sonja (2017): leanWOOD – Planen und Kooperieren im vorgefertigten Holzbau. Schlussdokumentation WoodWisdom-Net-Projekt leanWOOD. Unter Mitarbeit von Wolfgang Huß, Frank Keikut, Frank Lattke, Sandra Schuster und Manfred Stieglmeier. Luzern.

## Geier und Huß 2016

Geier, Sonja; Huß, Wolfgang (2016): New procurement and cooperation models for planning and execution of timber buildings – case studies and visions. Wien. In: *Proceedings WCTE 2016 World Conference on Timber Engineering, Vienna*.

## Geier und Keikut 2017a

Geier, Sonja; Keikut, Frank (2017a): Buch 2 – Rahmenbedingungen. Teil A und B: Analysen und Praxisspiegel. In: *leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017)*. 7 Bände. München, Luzern.

## Geier und Keikut 2017b

Geier, Sonja; Keikut, Frank (2017b): *leanWOOD Best Practice im vorgefertigten Holzbau. Fallbeispiele Schweiz*. Hg. v. Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP). Luzern.

Online verfügbar unter: [www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=710](http://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=710).

## Geier et al. 2017a

Geier, Sonja; Keikut, Frank; Schuster, Sandra (2017a): Buch 6 – Modelle der Kooperation. Teil A: Vergabe- und Kooperationsmodelle. In: *leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017)*. 7 Bände. München, Luzern.

## Geier et al. 2017b

Geier, Sonja; Keikut, Frank; Stieglmeier, Manfred (2017b): Buch 3 – Teil A und B: Ausbildung. In: *leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017)*. 7 Bände. München, Luzern.

Geier et al. 2017c

Geier, Sonja; Keikut, Frank; Winterberger Franziska; Stieglmeier, Manfred; Huß, Wolfgang; Schuster, Sandra (2017c): Buch 2 – Appendix III: Best Practice im vorgefertigten Holzbau. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017). 7 Bände. München, Luzern.

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013a

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter (2013a): Evaluation of Collaboration Models. Public Report. FP7 project E2ReBuild – Industrialised energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates. 2011-2014. Grant agreement n°260058.

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013b

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter (2013b): Collaboration Models for Industrialised Renovation Methods and Prefabrication – Experiences and Outlook on Organizational and Legal Frame Conditions. SB 2013 Sustainable Buildings Conference 2013. Graz University of Technology; AEE INTEC. Graz, 25.09.2013.

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013c

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter (2013c): Collaboration Models for Industrialised Renovation Methods and Prefabrication – Opportunities, Barriers, Risk. Passivhus Norden Conference 2013. Göteborg, Schweden, 15.10.2013.

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2014

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter (2014): Holistic strategies for the retrofit to achieve energy-efficient residential buildings. 9<sup>th</sup> International Masonry Conference 2014. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Guimarães, 07.07.2014.

Girmscheid 2000

Girmscheid, Gerhard (2000): Wettbewerbsvorteile durch kundenorientierte Lösungen – das Konzept des Systemanbieters Bau (SysBau). In: Bauingenieur, Band 75, Januar 2000.

Girmscheid 2004

Girmscheid, Gerhard (2004): Projektabwicklung in der Bauwirtschaft. Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer (VDI-Buch).

Girmscheid 2014

Girmscheid, Gerhard (2014): Bauunternehmensmanagement – prozessorientiert. 3. Aufl. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch).

Gorecki 2013

Gorecki, Pawel (2013): Lean Management. Auf den Spuren des Erfolges der Managementphilosophie von Toyota und Co. 3. Auflage. München: Hanser Verlag.

Gorecki und Pautsch 2013

Gorecki, Pawel; Pautsch, Peter (2013): Praxisbuch Lean Management. Der Weg zur operativen Excellence. München: Hanser.

Green 1994

Green, Stuart D. (1994): Beyond Value Engineering: SMART Value Management for Building Projects. In: International Journal of Project Management 12 (1), S. 49–56.

Habraken 2000

Habraken, Nicolaas John (2000): Die Träger und die Menschen. Das Ende des Massenwohnungsbaus. Den Haag: Arnulf Lüchinger. Übersetzung aus dem Holländischen. Ursprüngliche Ausgabe: N. J. Habraken, De dragers en de mensen – het einde van de massawonigbouw, Scheltema & Holkema Amsterdam 1961

Heidemann 2011

Heidemann, Ailke (2011): Kooperative Projektabwicklung im Bauwesen unter der Berücksichtigung von Lean-Prinzipien Entwicklung eines Lean-Projektabwicklungssystems: KIT Scientific Publishing.

Heilmann 2015

Heilmann, Sylvia (2015): Entwicklung des Brandschutzes in Deutschland vom Späten Mittelalter bis zur Moderne (13.-20. Jahrhundert). Dissertation. Dresden.

Heinzmann 2015

Heinzmann, Andreas (2015): Lean Production – Überlebensfrage und Strategie für Produzierende Unternehmen. Prolog II Fertigungbau-Forum. 21. Internationales Holzbau-Forum IHF 2015, 02.12.2015.

Helmann 1984

Helmann, Cecil D. (1984): Culture, Health and Illness. An introduction for health professionals. Bristol: Wright-PSG.

Heringer 2004

Heringer, Hans Jürgen (2004): Interkulturelle Kommunikation. Grundlagen und Konzepte. Tübingen: A. Francke (UTB Sprachwissenschaften, 2550).

Hofacker 2010

Hofacker, Alexander (2010): Bewertung und Einführung von Lean-Methoden in der Einzel- und Kleinserienfertigung am Beispiel des Stahlbaues. Karlsruher Institut für Technologien (KIT), Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften. Karlsruhe. Dissertation.

Hollnagel und Woods 1983

Hollnagel, Erik; Woods, David D. (1983): Cognitive systems engineering: New wine in new bottles. In: International Journal of Man-Machine Studies, S. 18.

Hönig 2016

Hönig, Roderick (2016): Acht Irrtümer und Halbwahrheiten zu BIM. In: Hochparterre (1-2), S. 32.

Huß et al. 2015

Huß, Wolfgang; Geier, Sonja; Lattke, Frank (2015): Wer macht was wann? Protokoll leanWOOD D-A-CH-Expertenworkshop 25.06.2015 Flums (CH). Internes Arbeitsdokument.

Huß et al. Sommersemester 2015

Huß, Wolfgang; Kohaus, Amren; Krötsch, Stefan; Schühle, Christian (Sommersemester 2015): Holz Architektur Konstruktionslehre. Hg. v. TU München und Professur für Entwerfen und Holzbau. Vorlesungsskript Sommersemester 2015. München.

Huß und Stieglmeier 2017a

Huß, Wolfgang; Stieglmeier, Manfred (2017a): Buch 1 – Teil A: leanWOOD Herausforderungen & Motivation. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD. 7 Bände. München, Luzern.

Huß und Stieglmeier 2017b

Huß, Wolfgang; Stieglmeier, Manfred (2017b): Buch 4 – Teil A: Prozess. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD. 7 Bände. München, Luzern.

Huß et al. 2016a

Huß, Wolfgang; Stieglmeier, Manfred; Geier, Sonja; Lattke, Frank; Kaufmann, Hermann (2016a): Planung im Holzbau. Einführung. In: Mikado Plus (7), S. 2–5.

Huß et al. 2016b

Huß, Wolfgang; Stieglmeier, Manfred; Geier, Sonja; Lattke, Frank; Kaufmann, Hermann (2016b): Planung im Holzbau. Neue Vergabemodelle. Planungsprozesse optimieren. leanWOOD-Projekte im Vergleich. In: Mikado Plus. (7), S. 6–19.

Jeska et al. 2015

Jeska, Simone; Saleh Pascha, Khaled; Hascher, Rainer (2015): Neue Holzbautechnologien. Materialien, Konstruktionen, Bautechnik, Projekte. Basel: Birkhäuser.

Johnston und Brennan 1996

Johnston, R.B; Brennan, M. (1996): Planning or organizing: the implications of theories of activity for management of operations. In: Omega 24 (4), S. 367–384. DOI: 10.1016/0305-0483(96)00016-3.

Käbisch 2001a

Käbisch, Markus (Hg.) (2001a): Interdisziplinarität. Chancen, Grenzen, Konzepte. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag.

## Käbisch 2001b

Käbisch, Markus (2001b): Sprachlogische Einheitskonzeptionen der Wissenschaft und Sprachvielfalt der Disziplinen. Überlegungen zu theoretischen und praktischen Ansätzen von Interdisziplinarität. In: Markus Käbisch (Hg.): Interdisziplinarität. Chancen, Grenzen, Konzepte. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag, S. 13-31.

## Kamiske 2005

Kamiske, Gerd F. (2005): Es lag am Management. Bewusstseinswandel – auch in Lehre und Forschung. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit Jahrgang 50 (07).

## Kelly 1951

Kelly, Burnham (1951): The prefabrication of houses. A study by the Albert Farwell Bernis foundation of the prefabrication industry in the United States. New York: Massachusetts Institute of Technology.

## Keppler 2008

Keppler, Lars (2008): Bewertung von Decken aus vorgefertigten flächigen Holzbausystemen beim Einsatz im Wohnungsbau unter Berücksichtigung des Kostenaspektes. Cottbus (Dissertation).

## Kolb 2010

Kolb, Josef (2010): Holzbau mit System. Tragkonstruktion und Schichtaufbau der Bauteile. 3., aktual. Aufl. Basel: Birkhäuser.

## König 2009

König, Holger (2009): Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge. München: Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation (Detail Green Books).

## Koskela 2000

Koskela, L. (2000): An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland (VTT Publications. 2000: 408). Koskela und Lauri 2001

Koskela, Lauri; Howell, Greg (2001): Reforming project management: The role of planning, execution and controlling. 9<sup>th</sup> International Group for Lean Construction Conference. International Group for Lean Construction. National University of Singapore, August 2001.

Online verfügbar unter <http://usir.salford.ac.uk/9384/>.

## Krieg 2015

Krieg, Oliver (2015): Roboterfertigung: Entwicklungen und Tendenzen im Holzbau. 21. Internationales Holzbau-Forum 2015, Prolog II Fertigbau-Forum. Holzbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, 02.12.2015.

## Krötsch und Huß

Krötsch, Stefan; Huß, Wolfgang (2016): Revolution und Kontinuität im Holzbau. In: Detail. Zeitschrift für Architektur + Baudetail (1/2), S. 6–12.

## Lattke et al. 2013

Lattke, Frank; Walcher, Christopher; Hernandez-Maetschel, Sebastian; Geier, Sonja (2013): Guidelines to Off-site Production/ On-site Assembly and Logistics. Deliverable D4.2, D4.3 – FP7 project E2Re-Build – Industrialised energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates. 2011-2014. Grant agreement n°260058.

## Le Roux et al. 2016

Le Roux, Simon; Bannier, Florence; Bossanne, Emilie; Stieglmeier, Manfred (2016): Investigating the interaction and lean construction in the timber industry. Vienna. In: Proceedings WCTE 2016 World Conference on Timber Engineering, Vienna.

## Inform – Magazin der Strabag AG

Lean – Mehr als schlank. Auf neuen Wegen erfolgreich bleiben. In: inform – Das Magazin der Strabag SE, Bd. 23, 15-21.

## leanWOOD 2017

leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017). 7 Bände. München, Luzern.

## Lechner 2015

Lechner, Hans (Hg.) (2015): Kommentar zum Leistungsbild Architektur HOAI 2013 – LM.VM.2014: 3. Auflage: Verlag d. Technischen Universität Graz.

## Liker 2007

Liker, Jeffrey K. (2007): Der Toyota-Weg. 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 2., unveränd. Aufl. München: FinanzBuch Verlag (Financial Times Deutschland).

## Möller 2011

Möller, Eberhard: Zu einer entfesselten Architektur. Über Digitalisierung und Industrialisierung des Bauens. Online verfügbar unter <http://www.detail.de/artikel/zu-einer-entfesselten-architektur-4492/>.

Original erschienen in: Nerdinger, Winfried (Hg.) (2010). Wendepunkte im Bauen – von der seriellen zur digitalen Architektur. Edition Detail.

## Monstadt 2009

Monstadt, Jochen (2009): Einführung in die Planung. Vorlesung. Technische Universität, Darmstadt. Fachgebiet Raum- und Infrastrukturplanung.

Online verfügbar unter [http://www.raumplanung.tu-darmstadt.de/media/iwar\\_ruip/einfuehrung\\_planung.pdf](http://www.raumplanung.tu-darmstadt.de/media/iwar_ruip/einfuehrung_planung.pdf)

## Moser 2003

Moser, Karin S.: Mentale Modelle und ihre Bedeutung. Kognitionspsychologische Grundlagen des (Miss-) Verstehens. In: Ganz-Blättler, Peter Lang, Bern, S. 181–205.

Online verfügbar unter : <https://www.semanticscholar.org/author/Karin-S-Moser/1793226?year%5B%5D=2003&year%5B%5D=2003&q=&sort=total-citations&ae=false>.

Müller et al. 2015

Müller, Daniel; Eichenberger, Michael; Stenz, Michael (2015): Holzbau vs. Massivbau – Ein umfassender Vergleich zweier Bauweisen im Zusammenhang mit dem SNBS Standard. Hg. v. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Abteilung Wald. Aktionsplan Holz. Bern.

Neubauer-Letsch et al. 2014

Neubauer-Letsch, Birgit; Tartsch, Karin; Gertiser, Christa (2014): Erfahrungen bei Grossprojekten in Holzbauweise. Schlussbericht der Berner Fachhochschule, Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur. Forschungsprojekt durchgeführt im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, im Rahmen des Aktionsplans Holz. Hg. v. Berner Fachhochschule BFH-AHB. Bern.

Ninck 2004

Ninck, Andreas (2004): Systemik. Vernetztes Denken in komplexen Situationen. 4., vollst. überarb. Aufl. Zürich: Verlag Industrielle Organisation.

Norman 1983

Norman, Donald A. (1983): Some observations on mental models. In: Dedre Gentner und Albert L. Stevens (Hg.): Mental Models. Hillsdale, N. J.: Erlbaum (Cognitive science), S. 7–14.

Othengrafen 2014

Othengrafen, Frank (2014): The Concept of Planning Culture: Analysing How Planners Construct Practical Judgements in a Culturised Context. Analysing How Planners Construct Practical Judgements in a Culturised Context. In: International Journal of E-Planning Research (IJEPR), 3(2).

DOI: 10.4018/ijepr.2014040101

Peer und Sondermann 2016

Peer, Christian; Sondermann, Martin (2016): Planungskultur als neues Paradigma in der Planungswissenschaft (disP – The Planning Review, 52:4).

Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1080/02513625.2016.1273664>.

Rahm 2010

Peter Rahm (2010): Die Vorfabrikation mit Bauelementen – ein verkanntes Potenzial. In: Die Baustellen (10), S. 32–36.

Pfeiffer und Weiss cop. 1994

Pfeiffer, Werner; Weiss, Enno (cop. 1994): Lean management. Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen. 2., überarb. und erw. Aufl. Berlin: Schmidt.

Reimer 2012

Reimer, Mario (2012): Planungskultur im Wandel. Das Beispiel der REGIONALE 2010. Verlag Dorothea Rohn, Detmold.

## Reimer 2016

Reimer, Mario (2016): Planungskultur – eine Bestandsaufnahme. *disP – The Planning Review*, Vol.52. Iss. 4 Planungskultur, 2016. S. 18-29. DOI: 10.1080/02513625.2016.1273661

Online verfügbar unter <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02513625.2016.1273661>, abgefragt am 01.12.2017, 15:12

## Rinas 2012

Rinas, Thomas (2012): Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte im individuellen Fertigteilbau. Entwicklung eines Geschäftsmodells. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 20070, 2011. Zürich: Eigenverlag des IBI ETH Zürich – Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement.

Online verfügbar unter <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=20070>.

## Rinas und Girmscheid 2010

Rinas, Thomas; Girmscheid, Gerhard (2010): Kooperationen und innovative Vertriebskonzepte – Geschäftsmodell für den individuellen Fertigteilbau. Forschungsbericht. Zürich: Eigenverlag des IBI an der ETH Zürich.

Online verfügbar unter <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=bericht&nr=749>.

## Rinas und Girmscheid 2012

Rinas, Thomas; Girmscheid, Gerhard (2012): Industrielles Bauen = Vorfertigung plus? In: *Die Baustellen* Februar, S. 60–64.

## Rittel und Reuter 2013

Rittel, Horst; Reuter, Wolf (2013): *Thinking design. Transdisziplinäre Konzepte für Planer und Entwerfer*. Basel: Birkhäuser.

## Romberg 2010

Romberg, Andreas (2010): *Schlank entwickeln, schnell am Markt. Wettbewerbsvorteile durch Lean Development*. Ludwigsburg: LOG\_X.

## Saurin et al. 2006

Saurin, Tarcisio A., Formoso, Carlos T.; Cambraia, Fabrizio (2006): *Towards a Common Language between Lean Production and Safety Management*. Santiago, Chile (Proceedings of the 14<sup>th</sup> IGLC Conference).

Online verfügbar unter

[https://www.researchgate.net/publication/254957042\\_TOWARDS\\_A\\_COMMON\\_LANGUAGE\\_BETWEEN\\_LEAN\\_PRODUCTION\\_AND\\_SAFETY\\_MANAGEMENT](https://www.researchgate.net/publication/254957042_TOWARDS_A_COMMON_LANGUAGE_BETWEEN_LEAN_PRODUCTION_AND_SAFETY_MANAGEMENT).

## Schankula 2012

Schankula, Arthur (2012): Vorgefertigtes Bauen mit Holz. In: *Detail. Zeitschrift für Architektur + Bau-detail* 52. Serie 2012/6 – «Vorfertigung», S. 662–669.

## Schindler 2009

Schindler, Christoph (2009): Ein architektonisches Periodisierungsmodell anhand fertigungstechnischer Kriterien dargestellt am Holzbau (Dissertation DISS.ETH Nr. 18605).

## Schittel 2012

Schittich, Christian (2012): Vorfertigung – High-Tech und Handarbeit. In: Detail. Zeitschrift für Architektur + Baudetail 52. Serie 2012/6 «Vorfertigung», S. 588–593.

## Schmidt 1928

Schmidt, Hans (1928): Vom neuen Bauen: Industrialisierung des Bauens: aus der Wegleitung des Kunstgewerbemuseums der Stadt Zürich. In: Das Werk: Architektur und Kunst = L'oeuvre: architecture et art, 15 (1928), S. 34–37.

Online verfügbar unter <http://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=wbw-002:1928:15::808>.

## Schwehr 2013

Schwehr, Peter (2013): Wundermittel Interdisziplinarität: Potenzial und Nebenwirkungen. In: Hochschullehre neu denken 2013 (3 – Fokus Interdisziplinarität), S. 5–6.

## Schwehr 2004

Schwehr, Peter (2004): Ein entwurfsbezogenes Orientierungssystem. Analysieren, Speichern und Aufrufen von entwurfsbedingter Information in erlebter und publizierter Architektur. Universität Stuttgart. Institut für Innenraumgestaltung und Entwerfen an der Fakultät für Architektur und Stadtplanung.

## Fuchs 2013

Sebastian Fuchs, Eko Nityantoro (2013): BIM-Management von Multimodellen. 4. Fachkonferenz Bauinformatik – Baupraxis. Institut für Bauinformatik, Technische Universität Dresden. Dresden, 29.09.2013.

## Shannon 1948

Shannon, Claude E. (1948): A Mathematical Theory of Communication. In: The Bell System Technical Journal (Vol. 27), 379-423, 623-656.

## SIA 102:2014

SIA 102:2014 Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten.

## Kennzahlenerhebung SIA Schweizer Ingenieur und Architektenverein 2016

SIA Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein (Hg.) (2016): Kennzahlenerhebung 2016. Erhebung von Gemeinkosten, Arbeitsstunden und betriebliche Kennzahlen. Zürich.

Online verfügbar unter

[https://benchmarking.sia.ch/platform/content/element/11/Factsheet\\_Kennzahlenerhebung2016\\_de.pdf](https://benchmarking.sia.ch/platform/content/element/11/Factsheet_Kennzahlenerhebung2016_de.pdf)

Abgerufen am 20.11.2017, 12:06

Slack et al. 2004

Slack, Nigel; Lewis, Michael; Bates, Hilary (2004): The two worlds of operations management research and practice: Can they meet, should they meet? In: International Journal of Operations & Production Management 24 (4), S. 372–387. DOI: 10.1108/01443570410524640.

Staib 2008

Staib, Gerald; Dörrhöfer, Andreas; Rosenthal, Markus (2008): Elemente + Systeme. Modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. Basel: Birkhäuser (Edition Detail).

Stapel und Rais 2010

Stapel, Peter; Rais, Andreas: Maschinelle Schnittholzsortierung in Europa. Länderübergreifendes Forschungsprojekt soll Holz als Baustoff noch attraktiver und konkurrenzfähiger machen. In: Bayrische Forstverwaltung (Hg.): LWF aktuell – Holz – ein Rohstoff wächst in die Zukunft. 4/2010, 17. Jahrgang. S. 20–22.

Steiger 2013

Steiger, Ludwig (2013): Holzbau. Überarb. und erg. Neuausg. Basel: Birkhäuser (Basics).

Testa 1972

Testa, Carlo (1972): Die Industrialisierung des Bauens. Zürich: Artemis.

Tezel et al. 2008

Tezel, Algan; Koskela, Lauri; Tzortzopoulos, Patricia (2008): Visual Management in Lean Construction. Hg. v. Czech Technical University, CTU Publishing House. Prague (Czech Republic) (Part of BuHu 8th International Postgraduate Research Conference (Part 1)).

Online verfügbar unter <https://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&idSuche=CIB+DC14655>

Abgerufen am 20.11.2017, 12:17

Wehrle 2015

Thomas Wehrle (2015): Roboterfertigung: Industrie 4.0 im Holzsystembau. 21. Internationales Holzbau-Forum, Prolog II. Holzbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, 02.12.2015.

Tschagova 17.10.2002

Tschagova, Karin (17.10.2002): Treffen der Unternehmer und Führungskräfte der österreichischen Holzindustrie. Interview mit Erich Wiesner. Sky Lobby, Ares Tower, Wien.

Brandschutzrichtlinie BSV 2015

Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) (Hg.) (2017): Brandschutzrichtlinien 2015 (gültig ab 01.01.2017). Qualitätssicherung im Brandschutz/ 11-15de. Bern.

Online verfügbar unter <http://www.praever.ch/de/bs/vs>

Abgerufen am 20.11.2017, 12:20

## Wahlster 2015

Wahlster, Wolfgang (2015): Industrie 4.0: Das Internet der Dinge kommt in die Fabriken. Zukunft Industrie. Deutscher Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI). IHK Darmstadt, 22.01.2015.

Online verfügbar unter

[https://www.dfki.de/wwdata/Zukunft\\_der\\_Industrie\\_IHK\\_Darmstadt\\_22\\_01\\_2015/Industrie\\_4\\_0\\_Das\\_Internet\\_der\\_Dinge\\_kommt\\_in\\_die\\_Fabriken\\_Copyright.pdf](https://www.dfki.de/wwdata/Zukunft_der_Industrie_IHK_Darmstadt_22_01_2015/Industrie_4_0_Das_Internet_der_Dinge_kommt_in_die_Fabriken_Copyright.pdf)

Abgerufen am 20.11.2017, 12:21

## Werner 2012

Werner, Stefan (2012): Steuerung von Kooperationen in der integrierten und sozialen Stadtentwicklung. Machtverhältnisse und Beteiligung im Prozessraum. Diss. Univ. Passau, 2012. Wiesbaden: Springer VS (Stadtforschung aktuell, Band 118).

## Williams 1999

Williams, Terry M. (1999): The need for new paradigms for complex projects. In: International Journal of Project Management 17 (5), S. 269–273. DOI: 10.1016/S0263-7863(98)00047-7.

## Winter 2008

Winter, Wolfgang (2008): Wiederentdeckung des Holzbaues im urbanen Kontext – das Beispiel Wien. In: Standards der Zukunft. Wohnbau neu gedacht. Springer-Verlag. Wien. S. 86–103.

Online verfügbar unter

[http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-211-74814-5\\_8?LI=true#page-1](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-211-74814-5_8?LI=true#page-1)

Abgerufen am 20.11.2017, 12:24

## Wolff 2016

Wolff, Almut (2016): Planung, Kollektive und Kulturen – Akteursperspektiven in der Planungskultur (disP – The Planning Review, Vol. 52, Iss. 4 Planungskultur, 2016. S. 55-56.

DOI: 10.1080/02513625.2016.1273670

Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1080/02513625.2016.1273670>

Abgerufen am 20.11.2017, 12:26

## Womack und Jones 1996

Womack, James P.; Jones, Daniel T. (1996): Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster.

## Womack et al. Cop. 1990

Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel (cop. 1990): The machine that changed the world. Based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million-dollar 5-year study on the future of the automobile. New York: Rawson [etc.].

## Womack et al. 2007

Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel (2007): The machine that changed the world. The story of lean production – Toyota's secret weapon in the global auto wars that is revolutionizing world industry. New York: Free Press.

Zaborowski 2001

Zaborowski, Holger (2001): Interdisziplinarität. Anfragen an ein «Projekt». In: Markus Käbisch (Hg.): Interdisziplinarität. Chancen, Grenzen, Konzepte. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag.

Zöllig 2016

Zöllig, Stefan (2016): Der Holzbauingenieur – die prozessoptimierende Schnittstelle. 22. Internationales Holzbau-Forum. Holzbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, 07.12.2016.

Zollondz 2013

Zollondz, Hans-Dieter (2013): Grundlagen Lean Management. Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme, Techniken sowie Gestaltungs- und Implementierungsansätze eines modernen Managementparadigmas. München: Oldenbourg (Edition Management).

Züblin AG 2015

Züblin AG (Hg.) (2015): Zentrale Technik. Informationsbroschüre Strabag/Züblin. Stuttgart.

Zumbrunnen 2015

Zumbrunnen, Philipp (2015): BIM, eine Methode der Projektabwicklung. Chancen und Herausforderungen für den Holzbau. 13. VGQ Techniker Tag 2015. vgg Schweizer Verband für geprüfte Qualitätshäuser. Empa Akademie Dübendorf, 15.02.2015.

**Anhang A:  
Forschungsstrategie und  
methodische Vorgehensweise**

## Inhaltsverzeichnis Anhang A

<b>A1. Forschungsstrategie und methodische Vorgehensweise .....</b>	<b>3</b>
A1.1. Forschungsstrategie – Diskussion der methodischen Vorgehensweise .....	3
A1.2. Forschungsdesign – detaillierte methodische Vorgehensweise .....	10
A1.3. Fallstudien anhand der leanWOOD-Fallbeispiele im Detail .....	11
A1.4. Nachweis der Datenquellen.....	13
A1.5. Qualitätssicherung .....	13
<b>A2. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>15</b>
<b>A3. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>15</b>
<b>A4. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>16</b>

# A1. Forschungsstrategie und methodische Vorgehensweise

Die Arbeit an dieser Dissertation ist motiviert durch die Konfrontation mit Problemstellungen im Holzbau mit hohen Vorfertigungsgraden vor dem Hintergrund der Erfahrungen hinsichtlich der Umsetzung der Demonstrationsprojekte im Projekt E2ReBuild.<sup>1</sup> Auf Basis der wissenschaftlichen Begleitung der Planung und Umsetzung der acht Projekte wurden nach der Fallstudienmethode quantitative und qualitative Daten erhoben und ausgewertet.<sup>2</sup>

Auch im Zuge des Projekts leanWOOD wurden nach der Fallstudienmethode Projekte zum vorgefertigten Holzbau analysiert und ausgewertet.<sup>3</sup> Eine große Menge quantitativer und qualitativer Daten wurde erhoben, ausgewertet und für die Entwicklung der Arbeitshilfen verwendet. Im Rahmen der Auswertung dieser Daten im Projekt wurde festgestellt, dass das Datenmaterial das Potenzial zu einer vertieften Analyse für einen weiteren Erkenntnisgewinn bezüglich der Fragestellungen der zugrunde liegenden Ursachen der Unzulänglichkeiten und Schwierigkeiten hat.

Grundsätzlich ist ein substanziell neuer Erkenntnisgewinn notwendig. Dieser betrifft einerseits die Fragen zur Übertragung von Lean-Ansätzen und zu den Ursachen sowie zur Spezifikation der Komplexität. Hier bieten derzeitige Ansätze unzureichend Antworten oder Lösungsansätze. Andererseits muss auch für das Verständnis der Planungskultur beim vorgefertigten Bauen mit Holz eine komplett neue Perspektive abseits der traditionellen Praktiken eingenommen werden. Viele bisherige Lösungsansätze (wie zum Beispiel Lean Construction) haben bislang noch nicht zum Erfolg geführt bzw. sich nicht durchgesetzt.<sup>4</sup>

Daher fehlen grundsätzliche Erkenntnisse und Theorien zu den Ursachen und den abgeleiteten Thesen<sup>5</sup> für Lösungsansätze hinsichtlich der Fragestellungen dieser Arbeit. Für die Beantwortung im Rahmen vorliegender Dissertation gilt es also, neue Erkenntnisse und Einsichten zu generieren. Dazu muss eine geeignete Forschungsstrategie entwickelt werden, die einen wissenschaftstheoretisch abgesicherten Erkenntnisgewinn aus der vertieften Auswertung des umfangreichen Datenmaterials der Fallstudien ermöglicht.

Damit wird für diese Arbeit eine explorative (im Gegensatz zu einer validierenden)<sup>6</sup> Vorgehensweise und Forschungsstrategie gewählt, deren Design im Folgenden skizziert, begründet und in der methodischen Vorgehensweise detailliert erläutert wird.

## A1.1. Forschungsstrategie – Diskussion der methodischen Vorgehensweise

Folgt man den Ausführungen von Yin 2003, sollte die Auswahl einer geeigneten Forschungsmethode nach drei Gesichtspunkten erfolgen:<sup>7</sup>

---

<sup>1</sup> Siehe Hauptteil Kapitel 1.1

<sup>2</sup> Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013; Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2014

<sup>3</sup> Geier et al. 2017b

<sup>4</sup> Siehe Hauptteil Kapitel 4.1.4.

<sup>5</sup> *Theorie*: «System wissenschaftlicher begründeter Aussagen zur Erklärung bestimmter Tatsachen oder Erscheinungen und der ihnen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten». *These*: «Eine Behauptung deren Richtigkeit man beweisen will» (Müller und Eckey 1985, S. 637)

<sup>6</sup> Eine validierende Forschungsstrategie basiert auf einer initialen These, die durch strukturierte und empirische Forschung getestet wird.

<sup>7</sup> Yin 2003, S. 2

- › der Art der Forschungsfrage,
- › dem Ausmaß an Kontrolle, die der Forschende über Verhalten oder Ereignisse hat und
- › dem Fokus auf aktuelle oder historische Phänomene.

Wenn eine komplett neue Theorie generiert werden muss oder wenn ein schon erforschtes Gebiet neuer Perspektiven bedarf, sind laut Eisenhardt 1989 Fallstudien eine geeignete Methode.<sup>8</sup>

Auch Yin 2003 erläutert die Eignung von Fallstudien für folgende Ausgangssituation: «[...] when

- (a) «how» and «why» questions are asked
- (b) the investigator has little control over actual behavioral events
- (c) the focus is on contemporary phenomena within real-life context»<sup>8</sup>

In Anbetracht der Forschungsfragen dieser Arbeit muss festgestellt werden, dass ad:

- (a) Fragen nach dem «Wie» [«how»] in Bezug auf die Übertragung der Lean-Ansätze auf den vorgefertigten Holzbau gestellt werden. Gleichzeitig ist die Frage des «Warum» [«why»] zentral für ein neues Verständnis der Komplexität und der Planungskultur im vorgefertigten Holzbau.
- (b) Der Standpunkt des Forschenden in der Situation der Auswertung der Fallbeispiele rein beobachtend ist: Ein abgeschlossenes oder auch laufendes Projekt kann durch den Forschenden als externe Person nicht beeinflusst werden.
- (c) Der Fokus in der Betrachtung der Fallbeispiele untrennbar mit dem wirtschaftlichen, technischen, sozialen und kulturellen Kontext des «realen» Alltags [«real-life context»] verwoben ist.

Für die übergeordnete Forschungsstrategie wird daher der Fallstudienansatz gewählt. Dieser muss jedoch, um neue Erkenntnisse und wissenschaftstheoretische Grundlagen zu schaffen, einen methodischen Abgleich mit der Theorie ermöglichen.

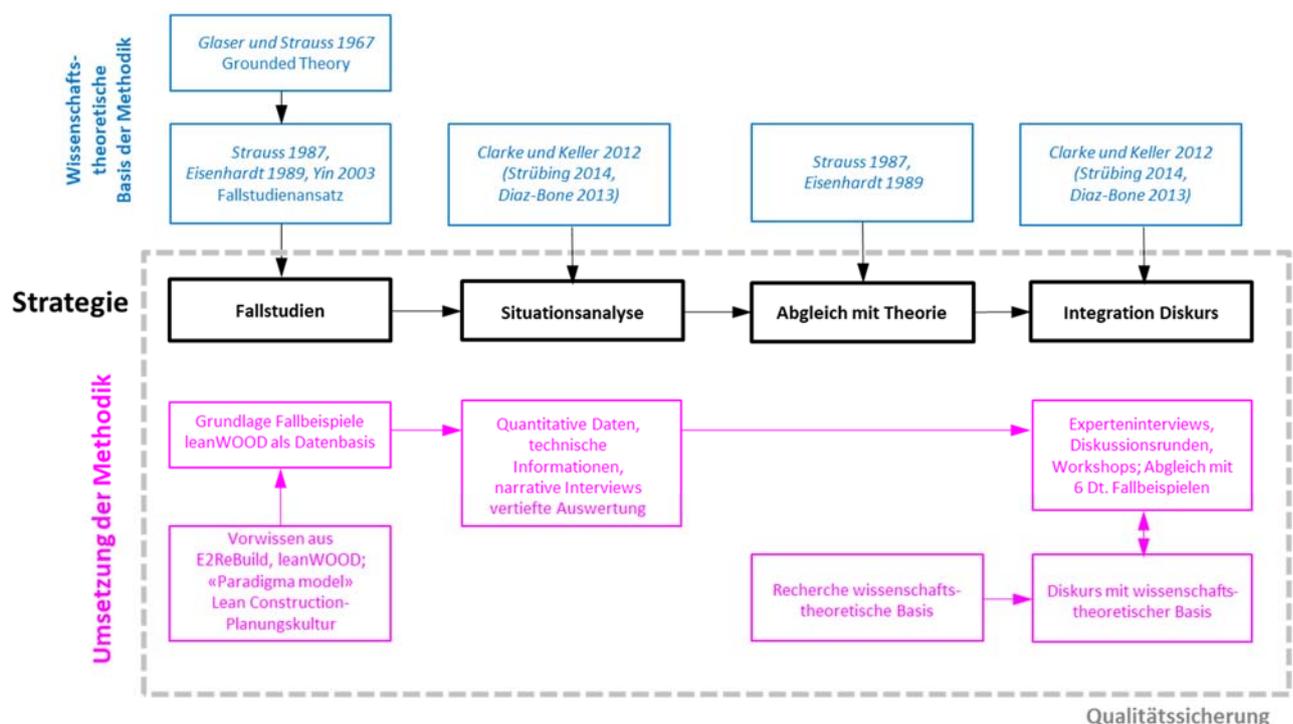


Abbildung 1: Grundlagen zur Forschungsstrategie und Umsetzung der Methodik.

<sup>8</sup> Eisenhardt 1989, S. 548–549

Die Grundlagen der methodischen Ansätze für Fallstudien sind bei Glaser und Strauss 1967 zu finden. Ihre «Grounded Theory» basiert auf einem fortlaufenden Abgleich von Datenerhebung, -analyse und Theoriegenese.<sup>9</sup> Dabei basiert die Theoriegenese einzig auf der Beweisführung aus der Praxis, gestützt durch eine zunehmende Auswahl an Fallbeispielen und die damit verbundene Datensammlung. Die Grounded Theory bezeichnet demgemäß «einen Forschungsstil zur Entdeckung von in Daten gegründeten Theorien».<sup>10</sup> Sie stellte zum damaligen Zeitpunkt (1967) einen klaren Gegenpol gegenüber der Sozialforschung dar, wie sie bis in die 1960er durchgeführt wurde. Deren Forschungsmethoden beschränkten sich bis zu diesem Zeitpunkt auf das funktionalistische Überprüfen von Alternativhypothesen zu einer vorab formulierten These.<sup>11</sup>

Zwischen den beiden Erstverfassern der Grounded Theory zeigten sich wenige Jahre nach der Erstveröffentlichung Haltungsunterschiede. Heath und Cowley 2004 visualisieren den Unterschied bezüglich der jeweiligen Theoriebildung der beiden Gründungsväter, wie in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt. Sie zeigen den Unterschied: Glaser hält weiter am «klassischen Modell» fest. In diesem Modell tragen alle Daten, unabhängig von ihrer Relevanz, zur Generierung der Theorie bei. Glaser lehnt eine prozessbegleitende Überprüfung der Daten grundsätzlich ab. Im Gegensatz dazu entwickelt Strauss die Grounded Theory weiter (Strauss 1987; Corbin und Strauss 2015). In dieser Weiterentwicklung werden die erhobenen Daten in einem laufenden Diskurs mit der Theorie abgeglichen, und auch vorhandenes Vorwissen («Paradigma model») wird in das Verfahren integriert.<sup>12</sup>

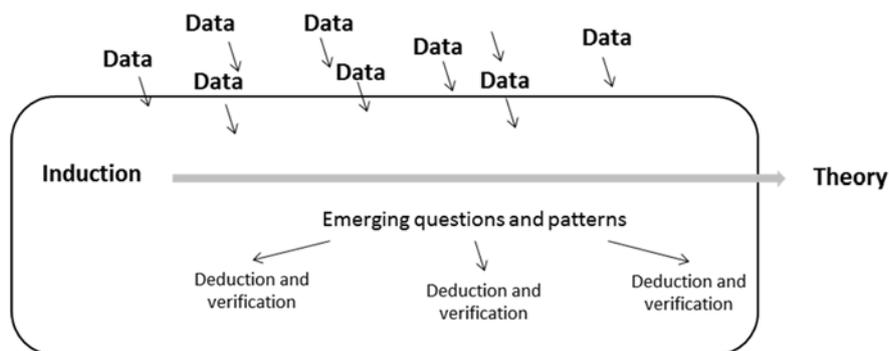


Abbildung 2: Grounded Theory in der ursprünglichen Idee und in der Weiterverfolgung der Forschungen von Glaser («klassisches Modell»). Heath und Cowley 2004, S. 144, Figure 1.

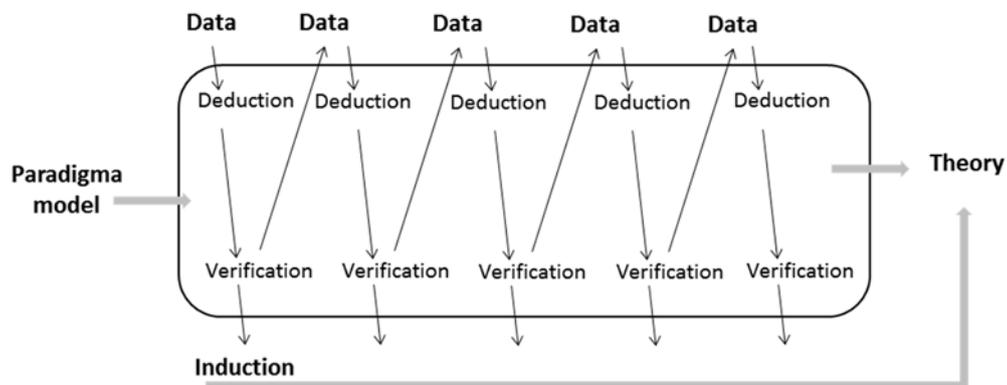


Abbildung 3: Weiterentwicklung der Grounded Theory nach Strauss 1987 und Corbin und Strauss 2015.

<sup>9</sup> Legewie 2005, Abs. 6

<sup>10</sup> Legewie 2005, Abs. 5

<sup>11</sup> Legewie 2005, Abs. 27

<sup>12</sup> Legewie 2005, Abs. 44

Festzustellen ist, dass «[...] die *Grounded Theory* in den letzten vier Jahrzehnten zu einem der am weitesten verbreiteten Verfahren der qualitativ-interpretativen Sozialforschung geworden ist.»<sup>13</sup> Strübing 2014 äußert den Verdacht, «dass man auch dann gerne nach dem Gütesiegel «*Grounded Theory*» greift, wenn man selbst nicht so recht weiß, wie man zu Ergebnissen gekommen und welchem Verfahren man dabei gefolgt ist.»<sup>14</sup> Die «reine Verknüpfung von qualitativen Daten mit theoretischen Aussagen [...]» kann nicht als mit der *Grounded Theory* begründet bezeichnet werden.<sup>15</sup> Er führt aber in weiterer Folge aus, dass mit der *Grounded Theory* eine Sammlung methodischer Vorschläge angeboten wurde, die keine «*allgemeine Methode qualitativer Sozialforschung*» begründet. Trotzdem können «viele Überlegungen» abgeleitet werden.<sup>16</sup> Auch Legewie 2005 unterstützt diese kritische Haltung gegenüber dem unvollständigen Einsatz der *Grounded Theory*, insbesondere wenn deren «*unverzichtbare Elemente*» fehlen.<sup>17</sup>

Die *Grounded Theory* kann damit als grundsätzlicher Zugang zu einer explorativen Forschungsstrategie als wissenschaftlich fundierter Ansatz bezeichnet werden. Die Idee der Generierung einer Theorie aus empirischem Datenmaterial erscheint zulässig, allerdings wird die klassische Form ohne jegliche theoretische Einbettung als nicht geeignet für die Forschungsstrategie vorliegender Dissertation betrachtet. Der Sachverhalt des Forschungsbereichs<sup>18</sup> würde eine zu große, unüberschaubare Datenmenge für eine qualitativ-analytische Auswertung generieren. Der Ansatz von Strauss 1987, der ausgehend vom Vorwissen als «*Paradigma Model*», ein diskursgeprägtes Verfahren mit permanentem Abgleich zwischen Praxis und Theorie vorschlägt, erscheint sinnvoll. Hier bildet das Vorwissen aus E2ReBuild und leanWOOD einen guten Startpunkt. Als übergeordneter Ansatz erscheint seine Haltung daher als geeignet, es muss für vorliegende Arbeit nur ein strapazierfähiger methodischer Zugang entwickelt werden.

Die *Grounded Theory* bzw. die einzelnen Methoden wurden laufend von unterschiedlichen Forschern interpretiert und weiterentwickelt. Manche verwenden den Begriff «*Grounded Theory*» explizit, andere nehmen nur in den Erläuterungen oder der Literatur darauf Bezug.

Eisenhardt 1989 beispielsweise beschäftigt sich mit dem Prozess der Fallstudie näher und definiert Schritte und die zugehörigen Aktivitäten im Ablauf (siehe Abbildung 4).

Getting Started	Selecting Cases	Crafting Instruments	Entering the Field	Analyzing Data	Shaping Hypothesis	Enfolding Literature	Reaching Closure
Definition of research question  Possibly a priori constructs	Neither theory nor hypothesis  Theoretical, not random, sampling	Multiple data collection methods  Qualitative and quantitative data combined  Multiple investigators	Overlap data collection and analysis  Flexible and opportunistic data collection methods	Within-case analysis  Cross-case pattern search using divergent techniques	Iterative tabulation of evidence  Replication, not sampling, logic across cases  Search evidence for 'why' behind relationships	Comparison with conflicting literature  Comparison with similar literature	Theoretical saturation if possible

Abbildung 4: Schritte und Aktivitäten im Ablauf einer Fallstudie. Eisenhardt 1989, S. 533, Table 1.

<sup>13</sup> Strübing 2014, S. 1

<sup>14</sup> Strübing 2014, S. 1–2

<sup>15</sup> Strübing 2014, S. 2

<sup>16</sup> Strübing 2014, S. 2

<sup>17</sup> Legewie 2005, Abs. 58

<sup>18</sup> Die Anzahl der Fallstudien inklusive der beteiligten Akteure, externen Einflüsse und Variablen in einem Projektablauf

Eisenhardt 1989 betont im Weiteren die Stärke der Fallstudienmethodik durch die Generierung neuer Thesen, die parallel bereits im Zuge der Erhebungen in der Praxis den Validitätsbeweis enthalten.<sup>19</sup> Sie widerlegt auch Meinungen, die den Prozess durch Vorurteile des Forschenden eingeschränkt sehen. Fallbeispiele bringen zumeist widersprüchliche Fakten zutage, die den Forschenden permanent fordern, unterschiedliche Perspektiven einzunehmen.<sup>19</sup>

Die Schwächen sieht Eisenhardt 1989 in der Gefahr, dass eine zu große Menge an qualitativen Daten zu einer «überkomplexen»<sup>20</sup> Theorie führt oder eigenwillige oder verengte Theorien bedingt.<sup>21</sup> Dieses Statement von Eisenhardt bestätigt auch die zuvor erwähnte Haltung, dass es wichtig für den methodischen Zugang ist, die Datenmenge durch einen laufenden theoretischen Abgleich qualitativ-analytisch weiterzuentwickeln.

Yin 2003 entwickelt einen Fallstudienansatz unabhängig von der Grounded Theory und gibt sehr konkrete Handlungsanleitungen zur Umsetzung von Fallstudien als Forschungsmethode. Er skizziert den Ablauf mit «*PLAN – DESIGN – PREPARE – COLLECT – ANALYZE – SHARE*» als «linearen, aber iterativen Prozess».<sup>22</sup> Er propagiert grundsätzlich «*multiple-case designs are stronger than single-case designs*»<sup>23</sup> legt aber großen Wert auf den Nachweis der Gültigkeit der Aussagen aus den Fallstudien. Dies kann nicht nur durch das «*multiple-case design*» erfolgen, sondern der Fokus liegt auch auf einer «Taktik» für die Validierung der Fallstudien.<sup>24</sup>

- › *Construct validity*
- › *Internal validity*
- › *External validity*
- › *Reliability*

Die «*Construct validity*» inkludiert bei Yin 2003 die Vielfalt der Quellen, die Beweisketten und die Review durch Schlüsselpersonen. Seine «*Internal validity*» basiert auf dem Erkennen von Mustern, dem Aufbauen von Erklärungen\*, dem Einsatz von logischen Modellen und dem Einbezug von widersprüchlichen Aussagen. Die «*External validity*» gründet er in einzelnen Fallstudien auf dem zusätzlichen Theorieeinbezug und mit dem Design von multiplen Fallstudien auf die «*Replikationslogik*». Die «*Reliability*» basiert auf dem sorgfältigen Protokollieren und dem Aufbau einer Datenbank.<sup>25</sup>

\* In der Erläuterung zum Aufbauen von Erklärungen («*explanation building*») verweist Yin 2003 auf den grundsätzlichen Unterschied zum «*hypothesis-generating process*» der Grounded Theory in der Erstveröffentlichung von Glaser und Strauss 1967. Diese würden dabei auf die Ideengenerierung für weitere Studien abzielen. Sein Anspruch hingegen wäre aus der Analyse eine Erklärung für die Fallstudie abzuleiten.

Der Zugang zum Nachweis der Qualität der Fallstudie wird in den Publikationen teilweise sehr unterschiedlich gesehen. Eisenhardt 1989 schlägt vor, die Theoriebildung in einen breiteren theoretischen Kontext zu stellen oder, wie sie meint, mit anderen Methoden (z. B. einem Top-down-Ansatz) zu kombinieren. Yins Ansatz könnte man als prozessbegleitende Qualitätssicherung verstehen. Strübing 2014 kritisiert die «*Dreifaltigkeit der Gütekriterien*», «*Reliabilität, Validität und Repräsentativität*» in der Grounded Theory vor dem Hintergrund einer kontinuierlich sich verändernden Welt.<sup>26</sup> Er argumentiert beispielsweise, dass Ergebnisse aus einem geeigneten Setting bei einer Wiederholung

---

<sup>19</sup> Eisenhardt 1989, S. 546–547

<sup>20</sup> «[...] a theory that is overly complex.»

<sup>21</sup> Eisenhardt 1989, S. 547

<sup>22</sup> Yin 2003, S. 1

<sup>23</sup> Yin 2003, S. 24

<sup>24</sup> Yin 2003, 24; S. 41 (Fig. 2.3); siehe auch Tabelle 1

<sup>25</sup> Yin 2003, 24; S. 41 (Fig. 2.3)

<sup>26</sup> Strübing 2014, S. 6–7

in der gleichen Art an einem anderen Ort durch einen anderen Forscher wahrscheinlich nicht replizierbar sind. Allein durch den «Zeitverlauf» und das «veränderte Feld» ist dies nicht «leistbar».<sup>26</sup>

Laut Eisenhardt 1989 und Yin 2003 sind Fallstudien eine geeignete Methode, um neue Perspektiven und ein besseres Verständnis zu generieren und daraus Lösungsansätze abzuleiten. Doch dafür ist, wie Eisenhardt 1989 und Strauss 1987 erläutern, ein theoretischer Abgleich notwendig, um die Qualität des Erkenntnisgewinnes zu sichern. Die Abläufe von Eisenhardt 1989 und Yin 2003 erscheinen vom grundsätzlichen Prinzip her gleich. Der Unterschied ist die Strukturierung der Schritte in Hauptgruppen und Untergruppen. Außerdem skizziert Yin 2003 ein Wirkungsgefüge der einzelnen Schritte, während Eisenhardt einen linearen Prozessverlauf beschreibt. Bei der grundsätzlichen Anwendung einer Reihe an Fallstudien, deren Start- und Endzeitpunkt nicht vom Forschenden beeinflusst werden kann, ist eine lineare Methodik weniger geeignet. Stattdessen müssen Erkenntnisgenerierung, qualitative Analysen und der Abgleich mit der Theorie als iterativer Prozess durchgeführt werden. Der Erkenntnisgewinn kann somit laufend qualitativ verbessert werden. Der methodische Ansatz von Yin 2003, die Schritte als Wirkungsgefüge mit wechselseitiger Beeinflussung zu betrachten, erscheint sinnvoll.

Ungeklärt ist noch der Umgang mit der Vielzahl und Vielfalt der Datenmengen, die zu einer «überkomplexen» Theorie (nach Eisenhardt) führen können. Eine Antwort darauf könnte bei Strübing (2014) zu finden sein: Er sieht in den Ansätzen von Clarke und Keller 2012 eine Chance, der Komplexität in der veränderten Welt (die immer weniger in Ursache-Wirkungsketten zerlegt werden kann) mit einem angepassten Forschungsstil zu begegnen. Strübing 2014 verweist auf den diskursiven Charakter unserer Gesellschaft<sup>27</sup> und sieht den Forschungsansatz von Clarke und Keller 2012 als logische Reaktion, wie der Aspekt des «Diskurses» in die Methoden der Grounded Theory eingebunden werden kann.<sup>28</sup> Adele Clarke, Nachfolgerin von Anselm Strauss an der University of California,<sup>29</sup> kritisierte Glasers Theorie dahin gehend (siehe Abbildung 2), aus rein empirischen Ansätzen Lösungen abzuleiten.<sup>30</sup> Clarke anerkennt den «postmodern turn» als Wandel von der Moderne zur Postmoderne: «Während die Moderne Universalität, die Verallgemeinerung, Vereinfachung, Dauerhaftigkeit, Stabilität, Ganzheit, Rationalität, die Regelmäßigkeit, die Einheitlichkeit, und Angemessenheit betonte, verschieben sich die Schwerpunkte in der Postmoderne hin zu Partikularismus, Positionalitäten, Komplikationen, Substanzlosigkeit, Instabilitäten, Unregelmäßigkeiten, Widersprüchen, Heterogenitäten, Situiertheit und Fragmentierung – kurz: zur Komplexität.»<sup>31</sup> In der postmodernen Perspektive gibt es keine Universalwissensposition (auch nicht die des Forschenden),<sup>32</sup> weil die realen Situationen von umfassenden Interdependenzen und Interaktionen gekennzeichnet sind, wie «eine fortlaufende Aneinanderreihung von Möglichkeiten, eine Serie von Fragmenten im Fluss».<sup>31</sup> Ein instrumentalistisches Verständnis von Methoden (als «neutralen Werkzeugen») kann der komplexen Realität nicht gerecht werden.<sup>33</sup> Sie schlägt vor, dass «Theorie und Methode ein Paket» bilden<sup>34</sup> und entwickelt dazu die Situationsanalyse. Ihrem Zugang zufolge muss die Methodik der Analyse auf die Situation abgestimmt werden<sup>35</sup> und der Kontext untrennbar integrativer Bestandteil der Situation sein.<sup>36</sup> Methodisch schlagen Clarke und Keller 2012 drei unterschiedliche Arten von

---

<sup>27</sup> Strübing 2014, S. 104

<sup>28</sup> Strübing 2014, S. 104–105

<sup>29</sup> Strübing 2014, S. 100

<sup>30</sup> Strübing 2014, S. 101

<sup>31</sup> Clarke und Keller 2012, S. 26

<sup>32</sup> Clarke und Keller 2012, S. 29–30

<sup>33</sup> Strübing 2014, S. 102; S. 111

<sup>34</sup> Strübing 2014, S. 102

<sup>35</sup> Strübing 2014, S. 107

<sup>36</sup> Strübing 2014, S. 106

Mapping («*Situations-Maps*»)<sup>37</sup> vor, die allerdings situativ adaptierbar sind. Dabei ist nicht das Ergebnis das Wichtige, sondern der Prozess der Analyse und der Entwicklung der «*Situations-Maps*».<sup>38</sup> Dieser Prozess dient der «*Öffnung von Daten*», entwickelt «*einen Zugang, welche Daten schon vorhanden sind*», und soll «*anregen, wo noch gründlicher analysiert werden soll*».<sup>37</sup> Ein weiterer Mehrwert der Situationsanalyse ist das Überwinden der «*analytischen Lähmung*», wenn vor allem «*Vorverdautes*» und umfangreiches Datenmaterial vorhanden sind.<sup>37</sup>

Mit der Erkenntnis des «*postmodern turn*» findet auch der Diskurs Eingang in die qualitative Forschung. Clarke kritisiert die Allmachtstellung von quantitativ basierter Forschung, die zu einer «*unterentwickelten Theorie der qualitativen Textforschung*»<sup>39</sup> geführt hat. Sie bezieht sich in weiterer Folge auf Foucault.<sup>40</sup> «*Foucault verschob die Diskursanalyse weg von formalen sprachwissenschaftlichen Schwerpunkten und definierte Diskurse als Wissensgebilde, die Sets von Praktiken sowie distinktive disziplinäre Ordnungen konstituieren, durch welche Wissen/Macht wirkt*».<sup>41</sup> Damit öffnet sich die Diskursanalyse einerseits für ein weites Feld an Anwendungsgebieten über die sprachwissenschaftliche Forschung hinaus.

Die Stärken der Situationsanalyse sind laut Strübing 2014 der erweiterte Zugang zur Entwicklung von Theorien aus empirischen Daten und der «*wechselseitigen Verwiesenheit von theoretischer Positionierung und methodischer Praxis*».<sup>43</sup> Auch Diaz-Bone 2013 schätzt die «*Situationsanalyse als bedeutende Weiterentwicklung der Grounded-Theory-Methodologie in Richtung einer diskursanalytisch erweiterten*» Forschung.<sup>42</sup> Strübing 2014 kritisiert aber, dass mit den Ausführungen von Clarke zur Situationsanalyse keine «*postmoderne Theorieperspektive im Kontext der Grounded Theory*» etabliert wird.<sup>43</sup>

Die Ausgangslage zu den gestellten Forschungsfragen ist gekennzeichnet durch die vielfältige Verflechtung von Akteur/innen, theoretischen Prozessabläufen und der Konfrontation mit der Realität, wie sie von Clarke im «*postmodern turn*» beschrieben werden. Starre Methoden sind für diese Ausgangssituation wenig geeignet, weil sie nicht in der Lage sind, komplexe Situationen des Alltags zu erfassen. Die Kritik von Strübing an der Situationsanalyse bezieht sich auf den fehlenden theoretischen Hintergrund, nicht den methodischen Ansatz. Diesen befindet er für gut. Dieser methodische Ansatz der Situationsanalyse erscheint daher für die Forschungsfragen vorliegender Arbeit geeignet.<sup>44</sup>

Die Methoden der Situationsanalyse müssen, wie erläutert, auf die Situation abgestimmt werden. Die Situation der Fallbeispiele besteht aus den Akteur/innen, die im Rahmen der Planung und Umsetzung der Bauaufgabe mehr oder weniger gut zusammenarbeiten und dabei Rahmenbedingungen

---

<sup>37</sup> Clarke und Keller 2012, 121

<sup>38</sup> Clarke und Keller 2012, S. 124; Strübing 2014, S. 108

<sup>39</sup> Clarke und Keller 2012, S. 183; Clarke zitiert hier in Ausschnitten Manning/Cullum-Swann (1994): Narrative, Content and Semiotic Analysis. In: Denzin/Lincoln (Hg.). Handbook of Qualitative Research. +. Auflage. Thousands Oaks, CA: Sage, 463-478

<sup>40</sup> Foucault, M. 1973: Archäologie des Wissens. Frankfurt a. M. Suhrkamp; Foucault, M. 1974: Die Ordnung der Dinge. Frankfurt a. M. Suhrkamp

<sup>41</sup> Clarke und Keller 2012, S. 187

<sup>42</sup> Diaz-Bone 2013, Abstract

<sup>43</sup> Strübing 2014, S. 111

<sup>44</sup> Der Kritikpunkt der fehlenden Theorieperspektive der Darstellung der Situationsanalyse, wie er von Strübing geäußert wird, ist für die Anwendung als Methode in dieser Arbeit nicht relevant und muss an anderer Stelle diskutiert werden. Es ist nicht die Intention, im Rahmen dieser Dissertation, die Kritik von Strübing zu bestätigen oder abzustreiten.

und andere externe Einflüsse berücksichtigen müssen. Daher werden für die Situationsanalyse folgende Daten erhoben.

- › Quantitativ Daten, wie Gebäude- und Projektkennzahlen
- › Technische Informationen, wie Lage, Nutzung, Gebäude- oder Tragwerkskonstruktion, Fassadenaufbau etc.
- › Qualitative Daten und Informationen zur Projektorganisation und zum Projektablauf, zur Zusammenarbeit und zu den projektspezifischen Herausforderungen und Schwierigkeiten etc.

Die quantitativen Daten und technischen Informationen können strukturiert abgefragt und erhoben werden. Das diesbezügliche Erhebungsdesign dazu wird im nächsten Kapitel beschrieben.

Für die Erhebung der qualitativen Daten, die den tatsächlichen Erkenntnisgewinn generieren können, wird das narrative Interview als Methode gewählt. Narrative Interviews eignen sich, wenn es um *«die Rekonstruktion komplexer Sachverhalte in der sozialen Wirklichkeit geht, die als Geschichte erzählt werden können. Diese Sachverhalte sind gekennzeichnet durch eine zeitliche Ablaufstruktur»*.<sup>45</sup>

Das narrative Interview basiert auf der Aufforderung zum Erzählen über den Projektablauf, indem der/die Interviewte als Akteur/in tätig war. Der Forschende erhält damit Zugang zur *«argumentativen Darstellung»* und *«eigenanalytischen Durchdringung»* des Sachverhaltes aus der Perspektive des Akteurs oder der Akteurin.<sup>46</sup>

Es gibt im narrativen Interview keinen starren Fragenkatalog, sondern offene Fragengruppen (Interviewleitthemen), die ein Erzählen aus Sicht des Interviewpartners induzieren. Mit dieser Interviewtechnik soll eine Vorbeeinflussung durch den Interviewer oder die Interviewerin vermieden werden, um unbeeinflusst (von *«Fremdthematierungen»*) die Themenorientierung und Prioritätensetzung in der Beschreibung des Projektverlaufs aus der Perspektive des Erzählenden zu erfahren.<sup>47</sup>

Die narrative Interviewtechnik ist dabei geeignet, zur Bildung von Theorien beizutragen. Die Theoriegenese wird aber nicht auf Basis eines einzelnen Interviews oder eines Projekts vorgenommen.<sup>48</sup> Der Ablauf zur Theoriebildung findet von der *«sequenziellen Analyse»* des *«Primärdatenmaterials»*<sup>49</sup> der einzelnen Fallbeispiele, in denen *«Entfaltungs- und Störmechanismen»*<sup>50</sup> identifiziert werden, bis hin zur *«Gesamtformung»* der übergeordneten Strukturen aus der vergleichenden Betrachtung aller Beispiele statt.<sup>51</sup>

## A1.2. Forschungsdesign – detaillierte methodische Vorgehensweise

Ausgehend von der erläuterten Forschungsstrategie, beschreibt das Forschungsdesign eine Plattform, auf der ein permanenter Diskurs stattfindet: und zwar zwischen den Erkenntnissen aus acht unterschiedlichen schweizerischen Fallbeispielen, dem Abgleich mit sechs Fallbeispielen aus Deutschland, Interviews, Diskussionsrunden und Workshops mit externen Expert/innen und Schlüsselpersonen sowie theoretischen Erkenntnissen aus der Literatur (siehe Abbildung 5). Statt eines linearen Prozesses zur Entwicklung einer Theorie entsteht aus dem laufenden horizontalen Diskurs

---

<sup>45</sup> Glinka 1998, S. 25

<sup>46</sup> Glinka 1998, S. 27;

<sup>47</sup> Heinze 2016, S. 169

<sup>48</sup> Heinze 2016, S. 167

<sup>49</sup> Das Primärdatenmaterial sind die Transkriptionen der narrativen Interviews.

<sup>50</sup> Glinka 1998, S. 28

<sup>51</sup> Glinka 1998, S. 29, 33

eine Spirale, die diese Aktionsplattform mit jedem Erkenntnisschritt in der vertikalen Richtung nach oben bringt.

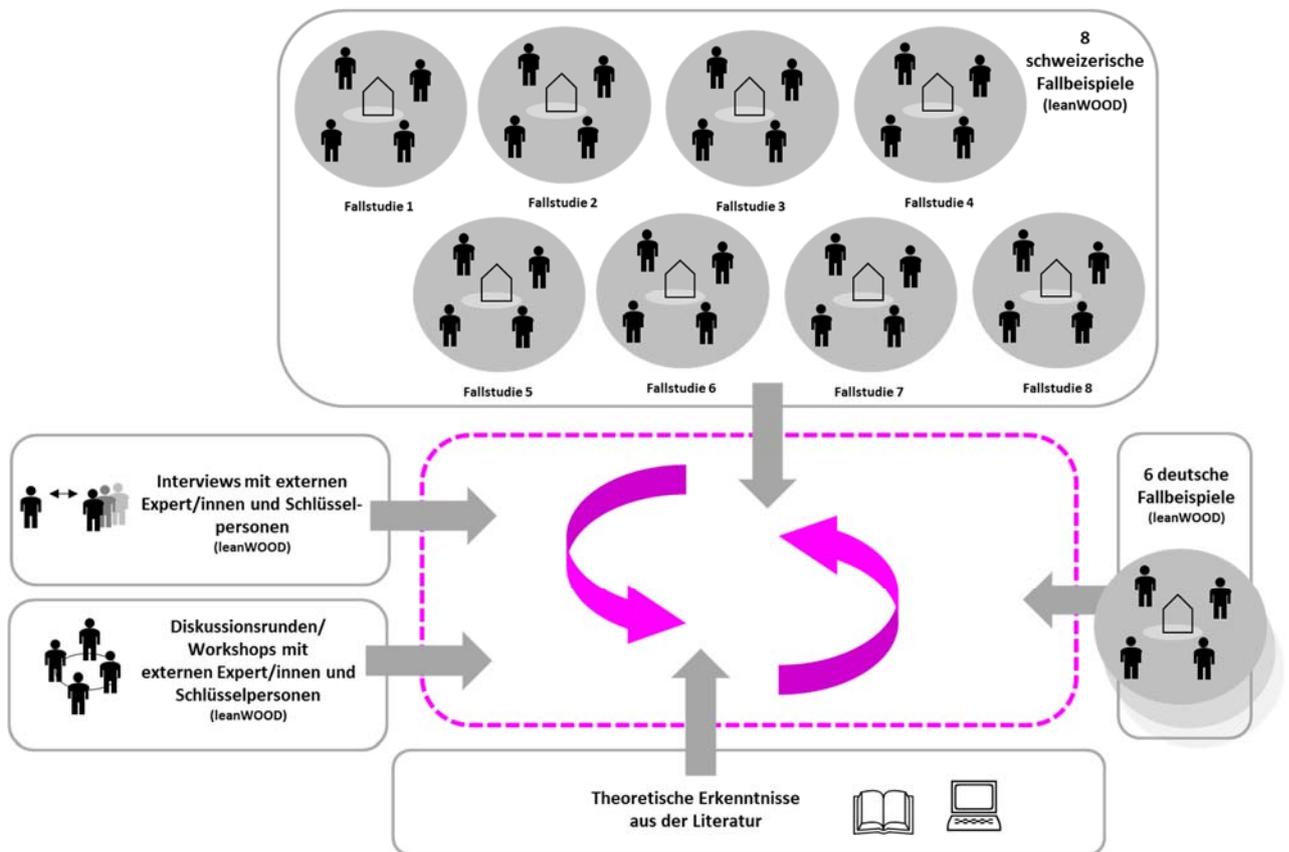


Abbildung 5: Ableitung Forschungsdesign zur Dissertation auf Basis der Forschungsstrategie.

### A1.3. Fallstudien anhand der leanWOOD-Fallbeispiele im Detail<sup>52</sup>

Für den Vergleich von Projekten sind quantitative Benchmarks, vor allem die Investitionskosten, ein oftmals gebräuchliches Instrumentarium im Bauwesen. Isoliert quantitative Kostenangaben nehmen aber keinen Bezug auf die spezifischen Rahmenbedingungen oder Herausforderungen, die ein Projektteam in der realen Umsetzung bewältigen musste (und die damit gegebenenfalls auch kostenrelevant sind). Die vertiefte Analyse der leanWOOD-Fallbeispiele bezieht daher den Kontext der spezifischen Rahmenbedingungen des Projekts und das spezifische Projektteam mit ein. Dabei werden quantitative Daten mit qualitativen Informationen aus technischen und organisatorischen Projektinformationen sowie narrativen Interviews und Diskussionsrunden ergänzt.

<sup>52</sup> Das Kapitel und die folgenden basieren auf Informationen aus:

- › Geier und Keikut 2017a, Kapitel 1.3 und 6.3,
- › Geier et al. 2017b, Kapitel 1.3,
- › Geier und Huss 2016,
- › Geier 2016 .

Folgende **quantitative Daten** wurden in den acht leanWOOD-Fallbeispielen in der Schweiz (und auch in den sechs Beispielen in Deutschland) erhoben.<sup>53</sup>

- › Analyse Projektdaten: Größe des Projektes in Bezug auf Flächen und Volumina, Honorarsummen und Errichtungskosten).
- › Analyse Prozessinformationen (Projektzeitplan und Meilensteine für Planung und Ausführung werden den einzelnen Disziplinen zugeordnet, Stundenaufwand Architekturbüro, Ingenieurbüro und Holzbauunternehmen).
- › Hintergrundinformation zu Büros und Unternehmen: Anteil der umgesetzten Holzbauprojekte (insgesamt), Anteil des Holzbaus am jährlichen Umsatz, Zeitpunkt der erstmaligen Umsetzung eines Holzbaus.

Außerdem wurden folgende **technische und organisatorische Informationen** zum Projekt erhoben.

- › Plandarstellungen in den unterschiedlichen Projektphasen
- › Konstruktionsdetails (im Vergleich Architekturbüro – Holzbauingenieurbüro – Holzbauunternehmen und Informationen zur Bauweise
- › Projektzeitpläne

Parallel wurden qualitative Erhebungen durch Interviews mit den beteiligten Akteuren aus Planung und Umsetzung der jeweiligen Projekte durchgeführt. Die Projekte und deren Herausforderungen wurden damit aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet werden. Die Interviews umfassten dabei die Akteursgruppen.

- › Bauherrschaft oder Auftraggeberschaft
- › Architekt/in
- › Holzbauingenieur/in
- › Holzbauunternehmen

Zusätzlich wurden weitere projektspezifisch relevante Akteure/innen interviewt: In einem Fallbeispiel ist der holzbauerfahrene Gebäudetechnikingenieur, in einem anderen das Generalunternehmen und in weiteren sind der Baumanager, der Bauleiter oder das zweite beteiligte Holzbauunternehmen befragt worden.

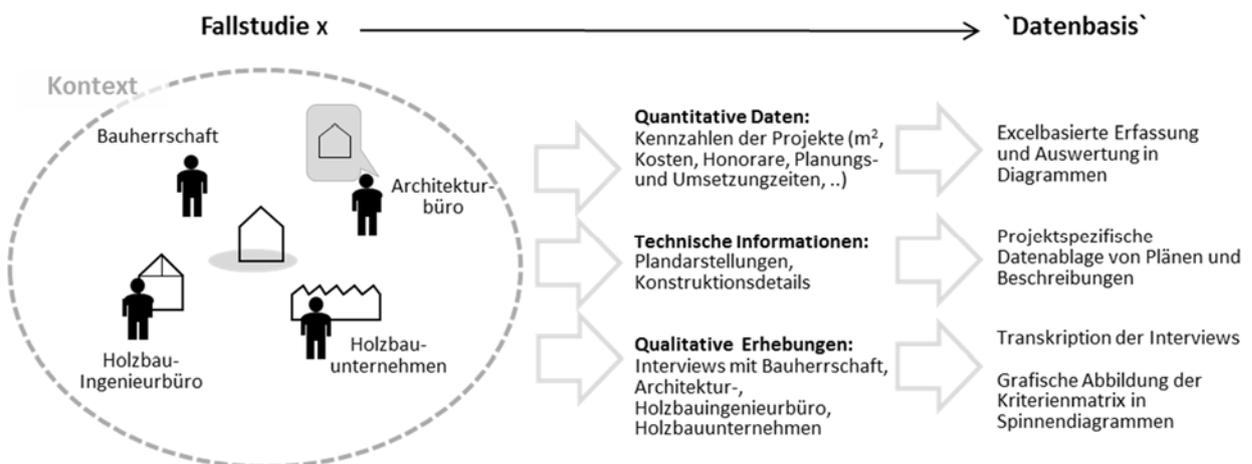


Abbildung 6: Systemdarstellung zur Situationsanalyse der Fallstudien und der Abbildung in einer Datenbasis. Erhebungen und Auswertungen waren Teil des Projekts leanWOOD.

<sup>53</sup> Diese Datenerhebungen wurden im Rahmen des leanWOOD-Projekts durchgeführt.

Die bis zu vier unterschiedlichen Perspektiven aus den einzelnen Interviews zu ein und demselben «komplexen Sachverhalt = Projekt» ermöglichen dabei eine differenzierte und diskursgeprägte qualitative Analyse der geschilderten Merkmale und Argumentationen.

## A1.4. Nachweis der Datenquellen

Im Projekt leanWOOD wurden Daten aus 54 Interviews, 9 Diskussionsrunden und Workshops erhoben.<sup>54</sup> Die Daten wurden wie in Abbildung 6 dargestellt, in einer Datenbasis erfasst. Dafür wurden in leanWOOD einerseits Excel-Datenbanken entwickelt, die die Kosten- und Stundenaufwandsanalysen in Diagrammen nachvollziehbar abbilden. Pläne und Konstruktionsdetails wurden in projektspezifischen Ablagen erfasst und mit den Transkriptionen der Interviews ergänzt. Die Zusammenfassung der Interviewergebnisse zur Komplexität wurde ebenfalls in einer Excel-Datenbank anhand einer Kriterienmatrix kategorisiert erfasst und klassifiziert. Die grafische Abbildung in Spinnendiagrammen visualisiert die Ergebnisse.<sup>55</sup>

Erkenntnisse aus Auswertungen, die bereits im leanWOOD-Projekt generiert wurden, werden als solche betitelt und mittels Literaturverweis zur Quelle im leanWOOD Final Report<sup>56</sup> oder der entsprechenden Publikation aus leanWOOD gekennzeichnet.

Die Dissertation verwendet damit das vorliegende Datenmaterial aus den leanWOOD-Erhebungen und vertieft die Analyse und Auswertung. Der Abgleich mit ergänzenden wissenschaftstheoretischen Grundlagen sowie die Ableitung von Erkenntnissen und Lösungsansätzen sind Gegenstand der Dissertation.

Die Zahlen, Fakten der Fallbeispiele sind im Buch 2 Appendix III<sup>57</sup> des leanWOOD Final Reports und der Broschüre «leanWOOD – Best Practice im vorgefertigten Holzbau»<sup>58</sup> nachzulesen. Die Interviewpartner und die durchgeführten Diskussionsrunden und Workshops sind im Anhang C angeführt. Die Erhebungen und Interviews betrafen vielfach sensible Daten. In zwei Fällen müssen die Zuordnung des Namens und weiteren Details des Interviews aus Datenschutzgründen anonymisiert werden.

## A1.5. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung<sup>59</sup> ist ein wesentlicher Aspekt, um die Gültigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Tabelle 1 zeigt die diesbezüglichen Maßnahmen im Forschungsdesign.

---

<sup>54</sup> Laut Heinze 2016 (zitiert nach Glinka 1998) sollten für eine Diplomarbeit mind. 5-6 Interviews vorgesehen werden. Vgl. Heinze 2016, S. 172.

<sup>55</sup> Geier und Huss 2016, Kapitel 2.1; Geier 2016, S. 10–12; Geier und Keikut 2017b, S. 8–9; Geier 2017, S. 45–47; Geier et al. 2017a, S. 67–69

<sup>56</sup> leanWOOD 2017

<sup>57</sup> Geier et al. 2017b

<sup>58</sup> Geier und Keikut 2017b

<sup>59</sup> Wie in Kapitel A1.1 erläutert

Tabelle 1: Qualitätssicherungsstrategie in Anlehnung an Yin 2003. Vgl. Yin 2003, 24; 41 (Fig. 2.3)

<b>Test</b> nach Yin 2003	<b>Taktik</b> nach Yin 2003	<b>Maßnahme im Forschungsdesign</b>
<i>Construct validity</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› <i>Use multiple sources of evidence</i></li> <li>› <i>Establish chain of evidence</i></li> <li>› <i>Key informants for review draft</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› 8 schweizerische Fallstudien und Abgleich mit 6 deutschen Studien*</li> <li>› Forschungsfragen &gt; excelbasierte Erfassung und Auswertung der Daten &gt; Interviewleitthemen &gt; Interviews &gt; Transkriptionen &gt; Auswertung in Kriterienmatrix &gt; grafische Darstellung in Spinnendiagrammen</li> <li>› Proofread von Schlüsselpersonen</li> </ul>
<i>Internal validity</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› <i>Do pattern matching</i></li> <li>› <i>Do explanation building</i></li> <li>› <i>Adress rival explanations</i></li> <li>› <i>Use logic models</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Vergleich der Erkenntnisse aus unterschiedlichen Projekten mittels grafischer Darstellungen (Kriterienmatrix)</li> <li>› Erklärungen aus Interviews und ihrem Kontext in wissenschaftstheoretischen Zusammenhang gestellt und daraus allgemeine Erklärungen abgeleitet.</li> <li>› Diskussion widersprüchlicher Aussagen im leanWOOD-Projektteam und in Diskussionsrunden mit Schlüsselpersonen**</li> <li>› Vergleich realer Abläufe mit theoretischen (erwarteten) Abläufen</li> </ul>
<i>External validity</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› <i>Use theory in single-case studies</i></li> <li>› <i>Use replication logic in multiple-case studies</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Anwendung der replication logic bei den verschiedenen Fallstudien in Analogie zu den logic models<sup>60</sup></li> </ul>
<i>Reliability</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› <i>Use case study protocol</i></li> <li>› <i>Develop case study database</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Siehe Abbildung 6</li> </ul>

\* Außerdem wurden mit weiteren externen Expert/innen Interviews durchgeführt. Dies waren Expert/innen in den Bereichen Haftungsrecht, Vergaberecht, Versicherungswesen. Auch Vertreter/innen von öffentlichen Gebäudeverwaltungen und Interessensverbänden (Holzbau Schweiz, Digital Network Schweiz) wurden befragt. Ergänzend wurden weitere Interviews mit Architekt/innen und Holzbauunternehmen in Österreich und den Niederlanden geführt.

\*\* Die Erkenntnisse aus der Analyse der acht schweizerischen Fallbeispiele wurden im Zusammenhang mit den Erkenntnissen aus der Analyse von sechs deutschen Fallbeispielen der TU München diskutiert. Für die Diskussion der Analyseergebnisse wurden Themenworkshops mit Expert/innen<sup>61</sup> abgehalten.

<sup>60</sup> Replication logic definiert Yin 2003 als logic models «across the cases» Yin 2003, S. 139

<sup>61</sup> Workshops Schwarzach I-III und Expertenworkshops in Chur und Zürich (siehe Anhang C)

## **A2. Abbildungsverzeichnis**

- Abbildung 1: Grundlagen zur Forschungsstrategie und Umsetzung der Methodik.
- Abbildung 2: Grounded Theory in der ursprünglichen Idee und in der Weiterverfolgung der Forschungen von Glaser («klassisches Modell»).
- Abbildung 3: Weiterentwicklung der Grounded Theory nach Strauss 1987 und Corbin und Strauss 2015.
- Abbildung 4: Schritte und Aktivitäten im Ablauf einer Fallstudie.
- Abbildung 5: Ableitung Forschungsdesign zur Dissertation auf Basis der Forschungsstrategie.
- Abbildung 6: Systemdarstellung zur Situationsanalyse der Fallstudien und der Abbildung in einer Datenbasis.

## **A3. Tabellenverzeichnis**

- Tabelle 1: Qualitätssicherungsstrategie in Anlehnung an Yin 2003.

## A4. Literaturverzeichnis

Clarke und Keller 2012

Clarke, Adele E.; Keller, Reiner (2012): Situationsanalyse. Grounded Theory nach dem Postmodern Turn. Wiesbaden: Springer VS (Interdisziplinäre Diskursforschung).

Corbin und Strauss 2015

Corbin, Juliet M.; Strauss, Anselm L. (2015): Basics of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory. 4th [rev.] ed. Los Angeles, Calif.: Sage Publications.

Diaz-Bone 2013

Diaz-Bone, Rainer (2013): Situationsanalyse – Strauss meets Foucault? Review Essay: Adele Clarke (2012). Situationsanalyse. Grounded Theory nach dem Postmodern Turn. Wiesbaden: VS-Verlag; 304 Seiten; ISBN 978-3531171845. In: FQS Forum: Qualitative Sozialforschung 14 (1).

Eisenhardt 1989

Eisenhardt, Kathleen M. (1989): Building Theories from Case Study Research. In: The Academy of Management Review 14 (4), S. 532–550.

Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/258557>.

Geier 2016

Geier, Sonja (2016): Vom Holzbau-Totalunternehmer zum Holz-Bauteam – alternative Vergabemodelle. Vortrag und Tagungsbandbeitrag zum 22. Internationalen Holzbau-Forum (IHF 2016), Prolog III Holzhausbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, 07.12.2016.

Geier 2017

Geier, Sonja (2017): leanWOOD – Planen und Kooperieren im vorgefertigten Holzbau. Schlussdokumentation WoodWisdom-Net-Projekt leanWOOD. Unter Mitarbeit von Wolfgang Huß, Frank Keikut, Frank Lattke, Sandra Schuster und Manfred Stieglmeier. Luzern.

Online verfügbar unter: <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=710>

Geier und Huß 2016

Geier, Sonja; Huß, Wolfgang (2016): New procurement and cooperation models for planning and execution of timber buildings – case studies and visions. Wien. In: Proceedings WCTE 2016 World Conference on Timber Engineering, Vienna).

## Geier und Keikut 2017a

Geier, Sonja; Keikut, Frank (2017a): Buch 2 – Rahmenbedingungen. Teil A und B: Analysen und Praxisspiegel. In: leanWOOD Final Report 2017. 7 Bände. München, Luzern.

## Geier und Keikut 2017b

Geier, Sonja; Keikut, Frank (2017b): leanWOOD Best Practice im vorgefertigten Holzbau. Fallbeispiele Schweiz. Hg. v. Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP). Luzern.

Online verfügbar unter: <https://www.hslu.ch/de-ch/hochschule-luzern/forschung/projekte/detail/?pid=710>

## Geier et al. 2017a

Geier, Sonja; Keikut, Frank; Schuster, Sandra (2017a): Buch 6 – Modelle der Kooperation-on. Teil A: Vergabe- und Kooperationsmodelle. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD. 7 Bände. München, Luzern.

## Geier et al. 2017b

Geier, Sonja; Keikut, Frank; Winterberger Franziska; Stieglmeier, Manfred; Huß, Wolfgang; Schuster, Sandra (2017b): Buch 2 – Appendix III: Best Practice im vorgefertigten Holzbau. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD. 7 Bände. München, Luzern.

## Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2013;

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter (2013): Evaluation of Collaboration Models. Public Report. FP7 project E2ReBuild – Industrialised energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates. 2011-2014. Grant agreement n°260058.

Online verfügbar unter <http://e2rebuild.com/en/events/projectresults/Sidor/EvaluationofCollaborationModels.aspx>.

## Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter 2014

Geier Sonja, Ehrbar Doris, Schwehr Peter (2014): Holistic strategies for the retrofit to achieve energy-efficient residential buildings. 9th International Masonry Conference 2014. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Guimarães, 07.07.2014.

## Glaser und Strauss 1967

Glaser, Barney; Strauss, Anselm (1967): The Discovery of Grounded Theory. In: Sociology The Journal Of The British Sociological Association (12), S. 27–49.

## Glinka 1998

Glinka, Hans-Jürgen (1998): Das narrative Interview. Eine Einführung für Sozialpädagogen. Weinheim: Juventa-Verlag (Edition soziale Arbeit).

Heath und Cowley 2004

Heath, Helen; Cowley, Sarah (2004): Developing a grounded theory approach: a comparison of Glaser and Strauss. In: International Journal of Nursing Studies 41 (2), S. 141–150.

DOI: 10.1016/S0020-7489(03)00113-5.

Heinze 2016

Heinze, Thomas (2016): Qualitative Sozialforschung. Einführung, Methodologie und Forschungspraxis. Reprint 2016. Berlin, Boston, Berlin, Boston: Oldenbourg Wissenschafts-verlag.

leanWOOD 2017

leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017). 7 Bände. München, Luzern.

Legewie 2005

Legewie, Heiner (2005): Rezension: Jörg Strübing (2004). Grounded Theory. Zur sozial-theoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung [63 Absätze] (Forum Qualitative Sozialforschung/ Forum: Qualitative Social Research, 7(2), Art. 1).

Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs060210>.

Müller und Eckey 1985

Müller, Wolfgang; Eckey, Wolfgang (1985): Duden – Bedeutungswörterbuch. 2., völlig neu bearb. und erweiterte Aufl. Mannheim: Bibliographisches Institut, Dudenverlag (Der Duden in 10 Bänden, Band 10, Ed. 2).

Strauss 1987

Strauss, Anselm L. (1987): Qualitative analysis for social scientists. Cambridge: Cambridge University Press.

Strübing 2014

Strübing, Jörg (2014): Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung eines pragmatistischen Forschungsstils. 3., überarbeitete und erweiterte Aufl. 2014. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (Qualitative Sozialforschung).

Online verfügbar unter [http://sfx.ethz.ch/sfx\\_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9783531198965](http://sfx.ethz.ch/sfx_locator?sid=ALEPH:EBI01&genre=book&isbn=9783531198965).

Yin 2003

Yin, Robert K. (2003): Case Study Research. Design and Methods. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

**Anhang B:**  
**Kriterienkatalog**

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	3
Quellen und Beiträge .....	3
Grafik .....	3
Vorgehensweise .....	3
Abkürzungsverzeichnis .....	4
Legende .....	4
B1.    Vorgaben .....	5
B2.    Design- und Konstruktionsprozess .....	15
B3.    Umsetzung .....	23
Quellen – und Literaturverzeichnis .....	28

## Einleitung

Der Kriterienkatalog basiert auf der Auswertung von Interviews und der detaillierten Analyse von Fallbeispielen, die im Zuge des Forschungsprojektes leanWOOD durchgeführt wurden. Das Projekt leanWOOD wurde im WoodWisdom-Net-Research Program 2013-2016 unter der Koordination der TU München, Lehrstuhl Prof. Hermann Kaufmann, mit dem Titel «Innovative lean processes and cooperation models for planning, production and maintenance of urban timber buildings» von Juni 2014 bis September 2017 durchgeführt.

## Vorgehensweise

In den leanWOOD-Interviews wurden die spezifischen Herausforderungen der schweizerischen und deutschen Fallbeispiele gesammelt und in einer projektspezifischen Kriterienmatrix abgebildet (siehe Hauptteil Kap. 3.1.2). Die Erstfassung der Kriterienbeschreibung wurde generalisiert und neu strukturiert. Erfahrungen aus Test-Auswertungen brachten Erkenntnisse zu notwendigen Präzisierungen, Ergänzungen und auch Kürzungen. In weiteren Schritten wurden Verweise auf normative und gesetzliche Rahmenbedingungen integriert. Die genannten Normen und Regelwerke wurden bibliografisch und kapitelweise erfasst. Dabei wurde auch die Differenzierung für die unterschiedlichen Regelwerke in Österreich, der Schweiz und Deutschland vorgenommen.

Die Entwicklungsschritte der Visualisierung des Analysemodells wurden für Feedback hinsichtlich Lesbarkeit, Aussagekraft und Nachvollziehbarkeit in Diskussionsrunden und Workshops präsentiert und diskutiert. Die Liste dazu befindet sich ebenfalls im Quellenverzeichnis.

## Grafik

Piktogramme: Timo Walker (Hochschule Luzern – T&A, CCTP); © CCTP

## Quellen und Beiträge

Folgende Personen haben zur Erarbeitung des Kriterienkataloges durch Interviewbeiträge und Feedback beigetragen:

Marco Affolter (Makiol Wiederkehr AG), Andreas Burgherr (Timbatec Holzbauingenieure AG), Wolfgang Huß (TU München), Jörg Lamster (Durable), Frank Lattke (lattkearchitekten), Rene Naef (Naef Energietechnik), Peter Niederberger (Uffer Holzbau AG), Sandra Schuster (TU München), Peter Sinniger (Hector Egger Holzbau AG), Heimo Staller (AEE INTEC), Manfred Stieglmeier (TU München), Enrico Uffer (Uffer Holzbau AG), Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure AG). Die Quellennachweise der Beiträge sind in der Kriterienbeschreibung gekennzeichnet und im Quellen- und Literaturverzeichnis aufgelistet.

Folgende Personen haben durch die Test-Auswertung von Fallbeispielen anhand des Kriterienkatalogs Feedback zur Beschreibung der Kriterien, deren Relevanz und Praxistauglichkeit gegeben:

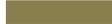
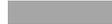
Frank Lattke (lattkearchitekten), Wolfgang Huß (TU München), Sandra Schuster (TU München), Manfred Stieglmeier (TU München).

Besonderer Dank gilt auch Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure AG) und C. Lars Schuchert (Hochschule Luzern – T&A, CCTP) für die wertvollen Diskussionen zur Strukturierung und Ergebnisdarstellung des Analysemodells und Kriterienkatalogs.

## Abkürzungsverzeichnis

AT	Österreich
BKP	Baukostenplan
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BSV	Brandschutzvorschriften
BWK	Bauwerkskategorie
CH	Schweiz
DE	Deutschland
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EnEV	Energieeinsparverordnung
GI	Gutes Innenraumklima (Label)
GK	Gebäudeklasse
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LM.VM	Leistungsmodell – Vergütungsmodell
OA	Objektplanung Architektur
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
QSS	Qualitätssicherungsstufe
SIA	Schweizerischer Architekten- und Ingenieurverein
WRG	Wärmerückgewinnung
VKF	Verein kantonaler Feuerversicherungen

## Legende

Kriterienkategorie		Komplexitätsgrad	
	Vorgaben	1	Gering
	Design-Konstruktionsprozess	2	Durchschnittlich
	Umsetzung	3	Hoch
	Referenzprofil	4	Sehr Hoch

## B1. Vorgaben

Eine Reihe an VORGABEN ist mit der Errichtung eines Gebäudes verknüpft. Diese formen einen großen Teil des spezifischen Projektcharakters und beeinflussen nachfolgende Entscheidungen und Entwicklungen im weiteren Prozessverlauf.

Diese VORGABEN sind einerseits Rahmenbedingungen, die sich aus der Lage des Gebäudes (Standortbedingungen bei Neubauten), der bestehenden Gebäudesubstanz (bei Sanierungen) oder aus der Nutzung und Funktionalität ergeben (Brandschutz, Schallschutz etc.).

Diese VORGABEN sind andererseits auch Rahmenbedingungen, die die Bauherrschaft durch die Definition der geplanten Nutzung und ihrer spezifischen Präferenzen vorgibt. Bei institutionellen oder öffentlichen Bauherrschaften können einige der Anforderungen auch aus dem Unternehmensleitbild gegeben sein (zum Beispiel der Energiestandard, die Nachhaltigkeit etc.).

In der nachfolgenden Zusammenstellung werden diese VORGABEN aufgeführt. Dabei gibt es solche, die weniger Spielraum für Änderungen zulassen (wie zum Beispiel die Brandschutzanforderungen oder die Höhenentwicklung durch Gebäudehöhen, die gesetzlich einzuhalten sind). Andere bieten mehr oder weniger Verhandlungsspielraum (Gebäudetechnik, Ausstattung, Gestaltung). Das Ausloten dieses Spielraums und die Identifikation besonderer spezifischer Herausforderungen oder Wechselwirkungen soll durch die Visualisierung im Analysemodell in die nachfolgenden Kriterien unterstützt werden.

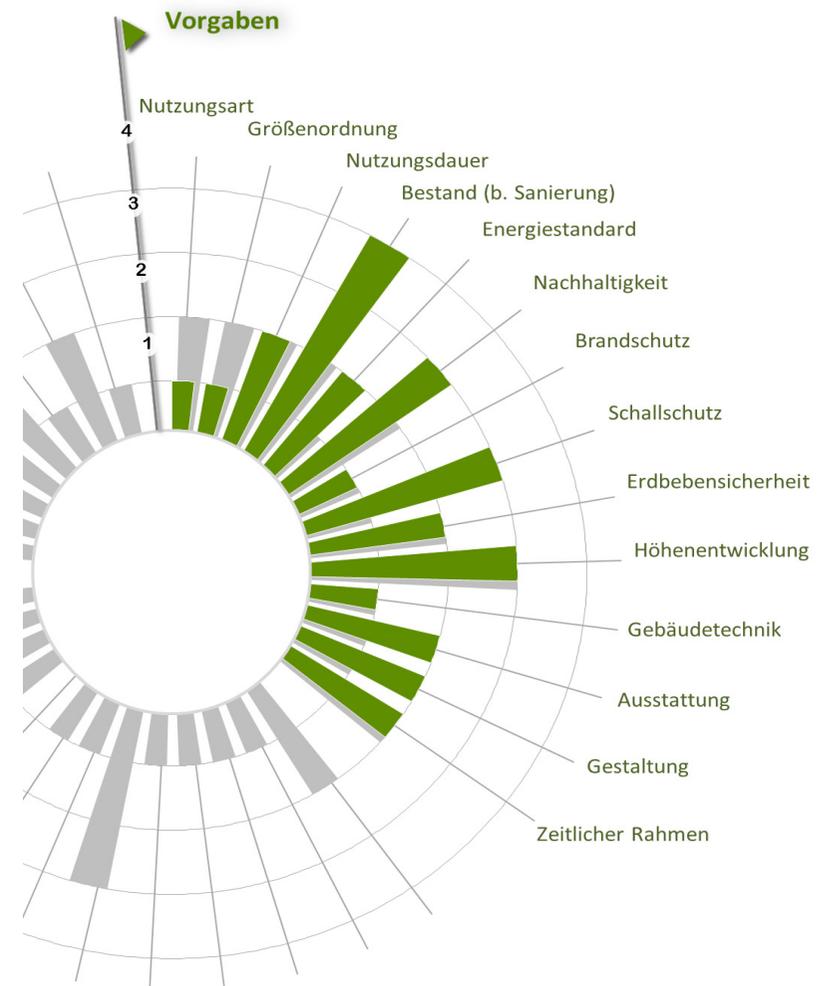
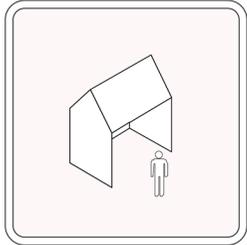
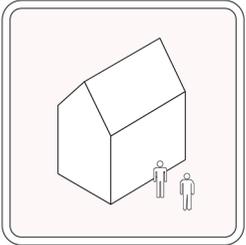
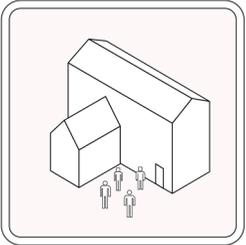
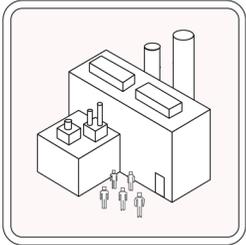
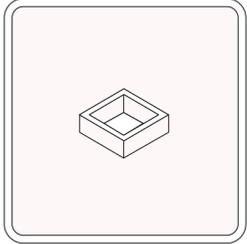
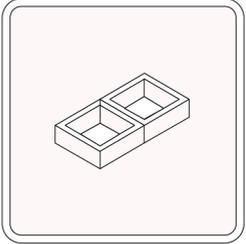
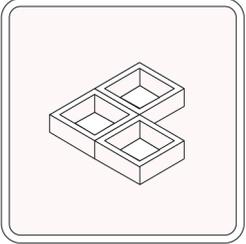
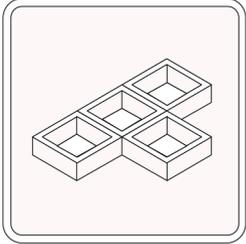
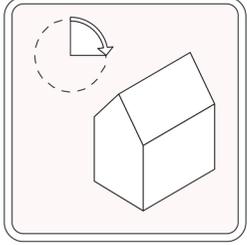
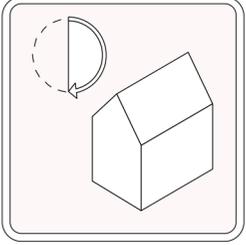
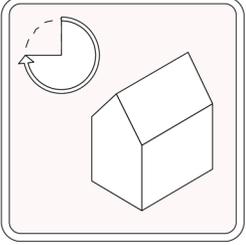
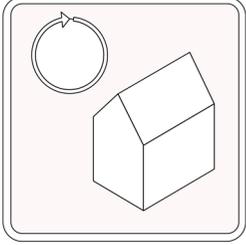
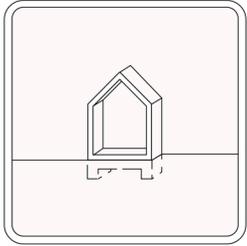
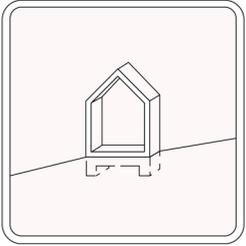
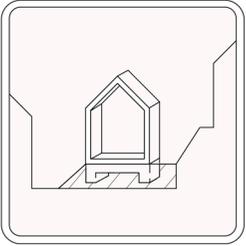
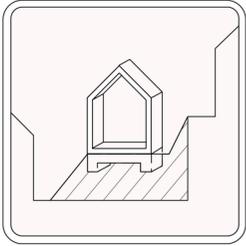
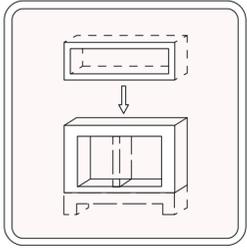
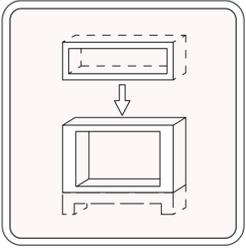
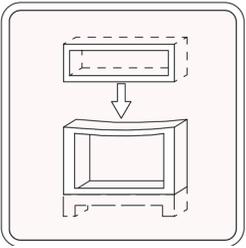
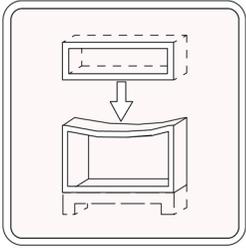
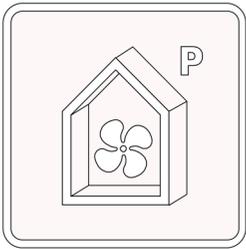
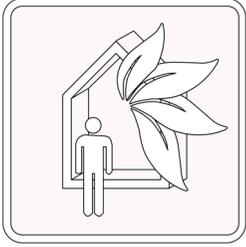


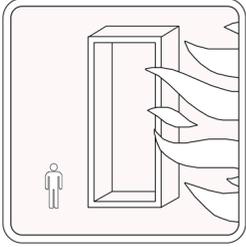
Abbildung 1: Abbildung der Kategorie «Vorgaben» im Analysemodell

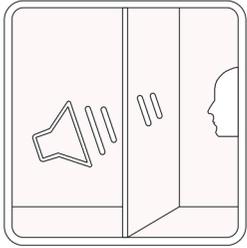
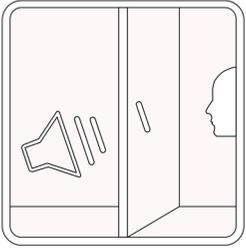
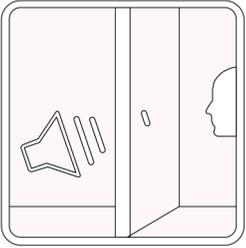
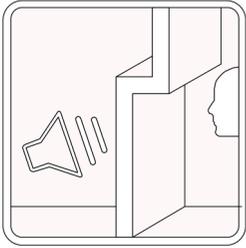
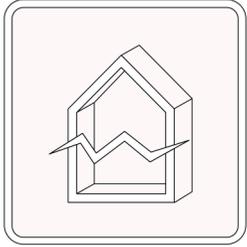
	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Nutzungsart</b>				
<i>Vorgaben aus der Nutzungsart des Gebäudes</i> <i>Quellen: [4][13][22].</i>	Einfache Gebäude mit untergeordneten Nutzungsanforderungen (Lagerräume, Unterstellzwecke, Wochenendhäuser).  CH: Kategorie I+II gem. SIA 102:2014 Pkt. 7.6 DE: Honorarzone I+II gem. HOAI § 5 (1) AT: LM.VM [OA]; Einteilung für Projekte nach Bewertungspunkten 6-16	Einfache Gebäude für Wohnen, Bildung, Verwaltung, Kultur, Gastgewerbe, Land- u. Forstwirtschaft.  CH: Kategorie III+IV gem. SIA 102:2014 Pkt. 7.6 DE: Honorarzone III gem. HOAI § 5 (1) AT: LM.VM [OA]; Einteilung für Projekte nach Bewertungspunkten 17-25	Gebäude für Wohnen, Bildung, Verwaltung, Kultur, Gastgewerbe, Land- u. Forstwirtschaft, Fürsorge und Gesundheit mit höheren Ansprüchen.  CH: Kategorie V+VI gem. SIA 102:2014 Pkt. 7.6 DE: Honorarzone IV gem. HOAI § 5 (1) AT: LM.VM [OA]; Einteilung für Projekte nach Bewertungspunkten 26-32	Gebäude für Forschung, Industrie, Kultur und Gesundheit mit hohen Ansprüchen wegen hoher Personenzahlen und gebäudetechnischer Ausrüstung.  CH: Kategorie VII gem. SIA 102:2014 Pkt. 7.6 DE: Honorarzone V gem. HOAI § 5 (1) AT: LM.VM [OA]; Einteilung für Projekte nach Bewertungspunkten 33-42
<b>Größenordnung</b>				
<i>Vorgaben zur Größenordnung des Gebäudes in Bezug auf die Geschossfläche.</i> <i>Quellen: [8][10][19][25][33]</i>	Bis 2'000 m <sup>2</sup> CH: Geschossfläche (GF) gem. SIA 416 DE/AT: Bruttogeschossfläche (BGF) gem. DIN 277 und ÖNorm B1800	Bis 5'000 m <sup>2</sup> CH: Geschossfläche (GF) gem. SIA 416 DE/AT: Bruttogeschossfläche (BGF) gem. DIN 277 und ÖNorm B1800	Bis 10'000 m <sup>2</sup> CH: Geschossfläche (GF) gem. SIA 416 DE/AT: Bruttogeschossfläche (BGF) gem. DIN 277 und ÖNorm B1800	Über 10'000 m <sup>2</sup> CH: Geschossfläche (GF) gem. SIA 416 DE/AT: Bruttogeschossfläche (BGF) gem. DIN 277 und ÖNorm B1800

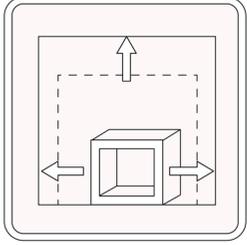
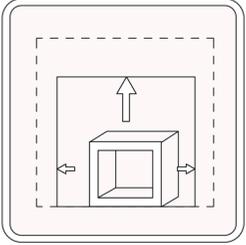
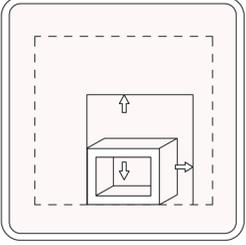
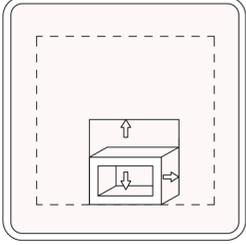
	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Nutzungsdauer</b>				
<i>Vorgaben durch die geplante Nutzungsdauer des Gebäudes.</i> <i>Beiträge: [33]</i>	Nutzungsdauer des Gebäudes bis 2 Jahre (temporäre Bauten).	Nutzungsdauer des Gebäudes bis 25 Jahre.	Nutzungsdauer des Gebäudes bis 40 Jahre.	Nutzungsdauer des Gebäudes bis 80 Jahre (oder mehr).
<b>Umgebung – Neubau</b>				
<i>Vorgaben bei Neubauten, die sich aus dem Kontext der Umgebung des geplanten Gebäudes ergeben.</i> <i>Quellen: [10]</i> <i>Beiträge: [33]</i>	Sehr einfacher Neubau mit geringen Anforderungen aus der Umgebung in Bezug auf: › Geologie, Bodenbeschaffenheit, Neigung oder Nachbargebäude. Mehrere erprobte Gründungskonzepte können ohne besondere weitere Maßnahmen umgesetzt werden.	Neubau mit durchschnittlichen Anforderungen aus der Umgebung in Bezug auf: › Geologie, Bodenbeschaffenheit, Neigung oder Nachbargebäude. Mehrere, erprobte Gründungskonzepte, die jedoch eines leicht erhöhten Aufwandes bedürfen, können umgesetzt werden.	Neubau mit erhöhten Anforderungen aus der Umgebung in Bezug auf: › Geologie, Bodenbeschaffenheit, Neigung oder Nachbargebäude. Die Auswahl der Gründungskonzepte ist eingeschränkt, Bodenuntersuchungen im Vorfeld sind für die weitere Planung unabdingbar.	Neubau mit sehr hohen Anforderungen aus der Umgebung in Bezug auf: › Geologie, Bodenbeschaffenheit, Neigung oder Nachbargebäude. Die Auswahl der Gründungskonzepte ist eingeschränkt, Bodenuntersuchungen im Vorfeld für die weitere Planung unabdingbar, besondere Sicherheitsvorkehrungen für die Umsetzung müssen getroffen werden.

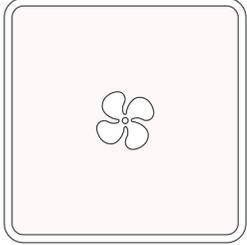
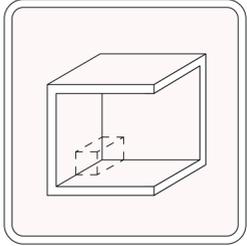
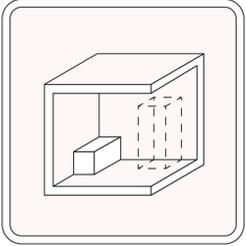
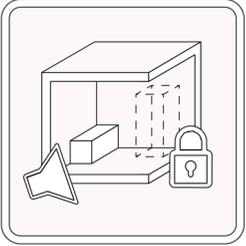
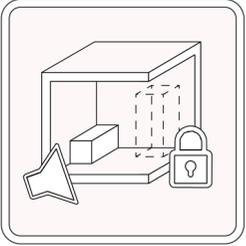
	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Bestand – Sanierung</b>				
<p><i>Vorgaben, die sich aus der statischen Grundstruktur oder baulichen Substanz des Bestandsgebäudes ableiten.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i> <i>Beiträge: [33]</i></p>	<p>Bestandsgebäude mit keinen bzw. sehr geringen Anforderungen durch/in Bezug auf (z. B.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Erweiterbarkeit und Aufbau der statischen Grundstruktur</li> <li>&gt; Nicht wesentlich differenzierte, sehr homogene bauliche Substanz</li> </ul>	<p>Bestandsgebäude mit mittleren Anforderungen durch/in Bezug auf (z. B.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Erweiterbarkeit und Aufbau der statischen Grundstruktur</li> <li>&gt; Differenzierte, aber grundsätzlich homogene bauliche Substanz</li> </ul>	<p>Bestandsgebäude mit leicht erhöhten Anford. durch/in Bezug auf z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>entweder</li> <li>&gt; bauliche Mängel oder Schwachstellen (Einschränkungen für Auflasten), Tragfähigkeit einzelner Bereiche ist eingeschränkt;</li> <li>oder</li> <li>&gt; differenzierte Grundrissgeometrien, Fassadengliederungen, wenig Geschoss-wiederholungen etc.</li> </ul>	<p>Bestandsgebäude mit hohen Anforderungen durch in Bezug auf z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>entweder</li> <li>&gt; Bauliche Mängel oder Schwachstellen (Einschränkungen für Auflasten), Tragfähigkeit größerer Bereiche ist eingeschränkt;</li> <li>oder</li> <li>&gt; sehr komplexe Grundrissgeometrien, Fassadengliederungen, wenig Geschoss-wiederholungen.</li> </ul>
<b>Energiestandard</b>				
<p><i>Vorgaben zur Energieeffizienz des Gebäudes, die Auflagen in der Planung Umsetzung definieren und eventuell Prüfungen in der Realisierung verlangen.</i></p> <p><i>Quellen: [5][10][14][15][18][20][24]</i> <i>Beiträge: [34][33][39][40]</i></p>	<p>Energieeffizienzanforderungen gemäß nationalem aktuellen gesetzlichen Standard:</p> <p>CH: SIA 380/1</p> <p>AT: OIB Richtlinie 6</p> <p>DE: EnEV 2009</p>	<p>Erhöhte Energieeffizienzanforderungen:</p> <p>CH: Minergie-Standard</p> <p>DE/AT: Niedrigenergiestandard mit kontrollierter Lüftung</p> <p>DE: KfW 55 Standard</p>	<p>Hohe Energieeffizienzanforderungen:</p> <p>CH: Minergie-P Standard</p> <p>DE/AT: Passivhausstandard</p> <p>DE: KfW 40 Standard</p>	<p>Sehr hohe Energieeffizienzanforderungen:</p> <p>CH: Minergie-A Standard</p> <p>DE/AT: Nullenergiehaus</p>

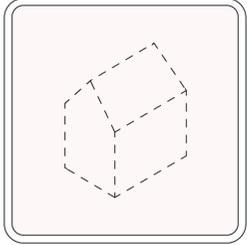
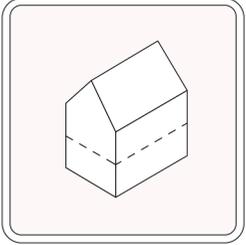
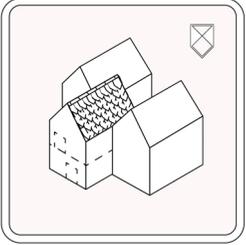
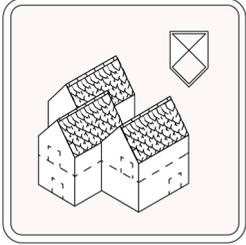
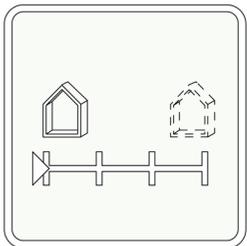
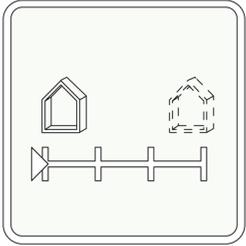
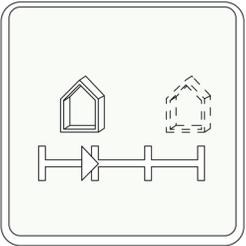
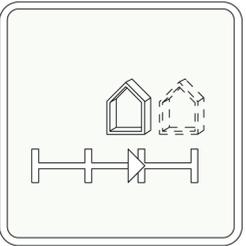
	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Nachhaltigkeit</b>				
<p><i>Vorgaben zur ökologischen Nachhaltigkeit des Gebäudes in Bezug auf die Baustoffauswahl.</i></p> <p><i>Quellen: [1][2][6][7][12][14]</i></p> <p><i>Beiträge: [34][40]</i></p>	<p>Keine besonderen Anforderungen an die Nachhaltigkeit von verwendeten Baumaterialien oder andere Aspekte der Nachhaltigkeit.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderung durch die Verwendung von ökologisch hochwertigen Baumaterialien (z. B.: mit Umweltgütezeichen, Vermeidung PVC oder klimaschädliche Substanzen, etc.)</p> <p>CH: ECO-Devis oder ECO BKP ist Basis für Auswahl der Baustoffe</p> <p>AT: In der Bewertung des klima:aktiv-Kriteriums «C1. Baustoffe» wird eine Punktezahl von 80 (Neubau) bzw. 50 (Sanierung) angestrebt/erreicht.</p> <p>DE: In der Bewertung des BNB-Teilaspektes «Ökologische Qualität» wird der Erfüllungsgrad für die Zertifizierung Silber erreicht (sinngemäß für DGNB Silber)</p>	<p>Höhere Anforderungen in Bezug auf die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit:</p> <p>CH: Minergie-ECO Standard wird angestrebt/erreicht (Zertifizierung).</p> <p>AT: In der Bewertung des klima:aktiv-Kriteriums «C Baustoffe und Konstruktion» wird eine Punktezahl von 120 (Neubau) bzw. 80 (Sanierung) angestrebt/erreicht.</p> <p>DE: In der Bewertung des BNB-Teilaspektes «Ökologische Qualität» wird der Erfüllungsgrad für die Zertifizierung Gold erreicht (sinngemäß für DGNB Gold)</p>	<p>Anforderungen in allen 3 Bereichen der Nachhaltigkeit:</p> <p>CH: Minergie-ECO Standard und ein zusätzliches Label (wie z. B.: GI gutes Innenraumklima) wird angestrebt/erreicht</p> <p>AT: In der Bewertung des klima:aktiv-Kriteriums «C Baustoffe und Konstruktion» wird eine Punktezahl von 150 (Neubau) bzw. 100 (Sanierung) angestrebt/erreicht.</p> <p>DE: In der Bewertung des BNB-Teilaspektes «Ökologische Qualität» wird der Erfüllungsgrad für die Zertifizierung Platin erreicht (sinngemäß für DGNB Platin)</p>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Brandschutz</b>				
<p><i>Vorgaben aus normativen oder gesetzlich verankerten Brandschutzvorkehrungen, die im Zuge der Planung berücksichtigt werden müssen.</i></p> <p><i>Quellen:</i>                      [3][10][16][17][26][27][28]                      Beiträge: [33][38]</p>	<p>CH: Bauten und Anlagen der QSS1 (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF 2017):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude geringer Gesamthöhe (bis 11m ab maßgebenden Terrain)</li> <li>› Gebäude für Wohn- und/oder Büronutzung, Schulen, Verkaufsräume &lt; 1'200 m<sup>2</sup></li> <li>› Gebäude für Industrie und Gewerbe mit Brandlast bis max. 1'000 MJ/m</li> <li>› Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlage (z. B. Treppenhaus) erforderlich.</li> </ul> <p>DE/AT: Gebäude der Gebäudeklasse GK 1-3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude mit einer Oberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraums bis 7 m.</li> </ul>	<p>CH: Bauten und Anlagen der QSS2 (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF 2017):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude geringer Gesamthöhe (bis 11 m ab maßgebenden Terrain) und Holzbau mit gekapselten Elementen.</li> <li>› Gebäude mittlerer Gesamthöhe (11 m – 30 m ab maßgebenden Terrain)</li> <li>› Gebäude mit Räumen mit großer Personenbelegung (&lt; 300) oder Verkaufsgeschäfte &gt;1'200 m<sup>2</sup></li> <li>› Außenwände mit brennbarer Wärmedämmung oder Bekleidung</li> <li>› Maschinelle Rauch und Wärmeabzugsanlage oder Lüftungskonzept erforderlich.</li> </ul> <p>DE/AT: Gebäude der Gebäudeklasse GK 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude mit einer Oberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraums zwischen 7-13 m.</li> </ul>	<p>CH: Bauten und Anlagen der QSS3 (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF 2017):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude mittlerer Gesamthöhe (11 m bis 30 m ab maßgebenden Terrain), Holzbau wird mit gekapselten Elementen ausgeführt.</li> <li>› Gebäude mit Doppelfassade</li> <li>› Gebäude für Industrie und Gewerbe mit einer Brandlast von mehr als 1'000 MJ/m<sup>2</sup></li> <li>› Gebäude für Beherbergungsbetriebe «b» (wie Hotels oder dgl.)</li> <li>› Brandmeldeanlage und/oder Sprinkleranlage erforderlich.</li> </ul> <p>DE/AT: Gebäude der Gebäudeklasse GK5:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude mit einer Oberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraums bis 22 m.</li> </ul>	<p>CH: bauten und Anlagen der QSS3/4 (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF 2017):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Hochhäuser (Gesamthöhe über 30 m ab maßgebenden Terrain).</li> <li>› Gebäude für Beherbergungsbetriebe "a" (wie Spital, Altenwohnheime oder dgl.).</li> <li>› Rauch-Druckanlage (z. B. Fluchttreppenhaus Hochhaus) erforderlich.</li> </ul> <p>DE/AT: Hochhäuser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Gebäude mit einer Oberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraums über 22 m.</li> </ul>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Schallschutz</b>				
<i>Vorgaben zur Trennung von Nutzungseinheiten im Gebäude in Bezug auf Schallschutz.</i> <i>Quellen: [10]</i> <i>Beiträge: [33][38]</i>	Keine oder geringe Anforderungen an den Schallschutz bei der Trennung von Nutzungseinheiten.	Mindestanforderungen an den Schallschutz bei der Trennung von Nutzungseinheiten.	Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz bei Trennung von Nutzungseinheiten, einfache Geometrie der Trennung.	Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz bei der Trennung von Nutzungseinheiten, komplexe Geometrie der Trennung.
<b>Erdbebensicherheit</b>				
<i>Vorgaben zur Erdbebensicherheit, die Überlegungen in Bezug auf die Konzeption des Tragsystems verlangen.</i> <i>Quellen: [9][11][23]</i> <i>Beiträge: [39]</i>	Geringe Anforderung an die Erdbebensicherheit des Gebäudes: CH: gem. SIA 261 Bauwerksklasse BWK I und Zone Z1 AT: gem. ÖNorm 1998-1, Zone 0-1 DE: gem. DIN 4149, Kategorie I	Durchschnittliche Anforderung an die Erdbebensicherheit des Gebäudes: CH: gem. SIA 261 Bauwerksklasse BWK I und Zone Z2 AT: gem. ÖNorm 1998-1, Zone 2 DE: gem. DIN 4149, Kategorie II	Hohe Anforderung an die Erdbebensicherheit des Gebäudes: CH: gem. SIA 261 Bauwerksklasse BWK II in Zonen Z1-Z3a und BWK III in Zonen Z1 AT: gem. ÖNorm 1998-1, Zone 3 DE: gem. DIN 4149, Kategorie III	Sehr hohe Anforderungen an Erdbebensicherheit des Gebäudes: CH: gem. SIA 261 Bauwerksklasse BWK II in Zonen Z3b und BWK III in Zonen Z2-Z3b AT: gem. ÖNorm 1998-1, Zone 4 DE: gem. DIN 4149, Kategorie IV

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Höhenentwicklung</b>				
<i>Freiraum in der Höhenentwicklung des Gebäudes, der Auswirkungen auf die möglichen Deckenhöhen und Zwischendeckenhöhe hat und damit sorgfältige Überlegungen in Bezug auf Leitungsführungen und erhöhten Abstimmungsbedarf bedingt.</i> <i>Beiträge: [36][37]</i>	Geringe oder keine Einschränkungen in der Höhenentwicklung des Gebäudes. Großzügige Dimensionierung von Decken- und Zwischendeckenhöhen möglich. Zusätzliche Ausbreitung in der Horizontalen (für Gebäudetechnik) möglich.	Durchschnittliche Einschränkungen aus dem Kontext der Umgebung, die eine Höhenentwicklung des Gebäudes ist im üblichen Ausmaß der vorgesehenen Nutzung möglich.  Eine in der Praxis häufig vorkommende Dimensionierung von Decken- und Zwischendeckenhöhen ist möglich.  Für die Ausführung der Decken steht (aufgrund der verfügbaren Höhe) eine größere Auswahl an Deckensystemen zur Verfügung.  Eine Ausbreitung der Grundrissfläche für Steigzonen von Gebäudetechnik oder Sicherheitsanforderungen (zusätzliche Fluchtwegtreppen) ist nur eingeschränkt möglich.	Erhebliche Einschränkungen aus dem Kontext der Umgebung, die die Höhenentwicklung des Gebäudes für die vorgesehene Nutzung erschweren.  Für die Ausführung der Decke steht (aufgrund der geringen Konstruktionshöhe) eine begrenzte Auswahl an Deckensystemen zur Verfügung.  Die Flexibilität in der Leitung- und Lüftungsführung im Zwischendeckenbereich ist eingeschränkt.  Eine Ausbreitung der Grundrissfläche für Steigzonen von Gebäudetechnik oder Sicherheitsanforderungen (zusätzliche Fluchtwegtreppen) ist nicht möglich. Die Beeinträchtigung von nutzbaren Flächen geht über das in der Praxis gängige Maß hinaus.	Sehr hohe Einschränkungen aus dem Kontext der Umgebung, die die Höhenentwicklung des Gebäudes für die vorgesehene Nutzung erschweren.  Für die Ausführung der Decke sind (aufgrund der geringen Konstruktionshöhe) nur wenige (aufwendige oder prototypische) Deckensysteme möglich. Es bedarf sehr sorgfältiger Überlegungen hinsichtlich des Schichtaufbaus.  Die Flexibilität in der Leitungs- und Lüftungsführung im Zwischendeckenbereich ist sehr eingeschränkt. Kreuzungen von Leitungs- und Lüftungsführungen bedeuten partielle Absenkungen von lichten Raumhöhen.  Eine Ausbreitung der Grundrissfläche für Steigzonen von Gebäudetechnik oder Sicherheitsanforderungen (zusätzliche Fluchtwegtreppen) ist nicht möglich. Die Beeinträchtigung von nutzbaren Flächen ist über das in der Praxis gängige Maß erheblich.

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Gebäudetechnik</b>				
<i>Vorgaben zum Installationsgrad der Gebäudetechnik, die sich aus der Funktionalität und dem Standard des Gebäudes ableiten und zu mehr oder weniger Abstimmungsbedarf in der Planungsphase führen. Quellen: [36]</i>	Geringe Anforderungen aus gebäudetechnischer Sicht. Die geplante Nutzung erfordert einfache gebäudetechnische Systeme mit geringem Installationsgrad.	Durchschnittliche Anforderungen aus gebäudetechnischer Sicht. Die geplante Nutzung erfordert gebäudetechnische Systeme mit mittlerem Installationsgrad. Z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lüftungsanlage als zentrales Gerät mit Wärmerückgewinnung (WRG).</li> <li>› Max. ein zusätzliches System (Brandmeldeanlage etc.) ist erforderlich.</li> </ul>	Hohe Anforderungen aus gebäudetechnischer Sicht. Die geplante Nutzung erfordert gebäudetechnische Systeme mit erhöhtem Installationsgrad. Z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lüftungsanlage als zentrales Gerät mit WRG für unterschiedliche Nutzungseinheiten.</li> <li>und</li> <li>› Mehrere zusätzliche Systeme (Brandmeldeanlage, Sprinkleranlage)</li> </ul>	Sehr aufwendige gebäudetechnische Systeme wie <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lüftungsanlage als zentrales Gerät mit WRG für mehrere unterschiedliche Nutzungseinheiten mit hohen Luftwechsellzahlen (Schulen, Verkaufsstätten, ...)</li> <li>und</li> <li>› Zusätzlichen Systemen (Brandmeldeanlage, Sprinkleranlage) und Gebäudeautomation für mehrere unterschiedliche Nutzungseinheiten</li> </ul>
<b>Ausstattung</b>				
<i>Vorgaben aus dem erforderlichen/geplanten Standard der Einrichtung und Ausstattung, die Einfluss auf den Planungsaufwand und den Abstimmungsbedarf unterschiedlicher Gewerke ausüben.</i>	Geringe Anforderungen an die Ausstattung im Gebäude. Mieterausbau oder Büro-, Sanitär-, Küchenausstattung sowie Beleuchtung unter dem in der Praxis häufig angewendetem Standard.	Durchschnittliche Anforderungen an die Ausstattung im Gebäude (gängige Praxis). Büro-, Sanitär-, Küchenausstattung, Beleuchtung und weitere Einrichtungs- und Ausstattungsgegenständen nach dem in der Praxis häufig angewendetem Standard (Objektstandard).	Hohe Anforderungen an die Ausstattung im Gebäude mit größtenteils erhöhten Anforderungen durch einen der angeführten Aspekte: sicherheitstechnische oder hygienische Aspekte, akustische oder schallschutztechnische Aspekte, erhöhte gestalterische Anforderungen oder ein hoher Einbaugrad.	Sehr hohe Anforderungen an die Ausstattung im Gebäude mit größtenteils sehr hohen Anforderungen durch einen oder mehrere der angeführten Aspekte: sicherheitstechnische oder hygienische Aspekte, akustische oder schallschutztechnische Aspekte, erhöhte gestalterische Anforderungen oder ein hoher Einbaugrad.

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Gestaltung</b>				
<i>Vorgaben aus dem Ortsbild- oder Denkmalschutz oder dem Gestaltungsanspruch der Bauherrschaft an das Gebäude und dessen Einrichtung.</i>	Geringe Anforderungen in Bezug auf Gestaltung des äußeren Erscheinungsbildes oder der Einrichtung und Ausstattung des Gebäudes.	Durchschnittliche Anforderungen an die Gestaltung des äußeren Erscheinungsbildes oder der Einrichtung und Ausstattung im üblichen Maß durch entweder <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vorgaben des Ortsbild- oder Landschaftsschutzes oder</li> <li>&gt; Anforderungen von Seiten der Bauherrschaft in Bezug auf Form, Fugenbilder, Öffnungen, Materialien, Oberflächen etc.</li> </ul>	Hohe Anforderungen an die Gestaltung im höheren Maß durch entweder <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vorgaben durch die Klassifizierung als erhaltenswertes Gebäude oder aus dem Einfluss benachbarter geschützter Gebäude oder</li> <li>&gt; Höhere Anforderungen der Bauherrschaft zu Form, Fugenbilder, Öffnungen, Materialien, Oberflächen etc.</li> </ul>	Sehr hohe Anforderungen an die Gestaltung in sehr hohem Maß durch entweder <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vorgaben aus dem Denkmalschutz oder</li> <li>&gt; hohe Anforderungen von Seiten der Bauherrschaft, Form, Fugenbilder, Öffnungen, Materialien, Oberflächen und/oder multiple Mitspracherechte bei der Entscheidung von Gestaltungsfragen.</li> </ul>
<b>Zeitlicher Rahmen</b>				
<i>Anforderung zur Umsetzung des Bauvorhabens innerhalb des gesetzten Zeitrahmens.</i> <i>Quellen: [10]</i> <i>Beiträge: [44]</i>	Geringe Anforderung zur Umsetzung des Projektes durch Terminplanvorgaben, die eine fristgerechte Ausführung ermöglichen und einen Puffer für Unvorhergesehenes beinhalten.	Durchschnittliche Anforderung zur Umsetzung des Projektes durch Terminplanvorgaben, die eine fristgerechte Ausführung ermöglichen, jedoch keinen signifikanten Puffer für Unvorhergesehenes beinhalten.	Hohe Anforderung zur Umsetzung des Projektes durch Terminplanvorgaben, die gewisse Anstrengungen in Planung und Ausführung benötigen, um eine fristgerechte Ausführung zu ermöglichen.	Sehr hohe Anforderung zur Umsetzung des Projektes durch Terminplanvorgaben, die besondere Maßnahmen in Planung und Ausführung benötigen, um eine fristgerechte Ausführung zu ermöglichen. Daraus ergeben sich signifikante Einschränkungen in Bezug auf die Wahl des Vergabemodellens oder -verfahrens, der Leistungsbeschreibung, der Auswahl der Bauverfahren oder -technologien.

## B2. Design- und Konstruktionsprozess

Die Kategorie DESIGN- UND KONSTRUKTIONSPROZESS beschreibt Aspekte, die die gestalterische und technisch-konstruktive Umsetzung der definierten Bauaufgabe prägen. Sie sind die Hauptelemente in der kooperativen Planung der einzelnen Disziplinen und können nicht isoliert von dem Gesichtspunkt der Architektur oder des Ingenieurwesens diskutiert werden.

Die Aspekte stehen untereinander auch in Abhängigkeit. Mit der Geometrie des Gebäudes beispielsweise werden die Lastabtragung und der Spielraum für eine einfache Systemtrennung beeinflusst. Die Bauweise kann vom Wand- und Stützensystem oder dem Decken- und Dachsystem nicht getrennt werden. Die Aussteifung des Gebäudes steht in Wechselwirkung mit der Größe der Öffnungen. Ob Sichtoberflächen oder gekapselte Oberflächen zur Ausführung gelangen, ist eng mit Entscheidungen bezüglich der Wand- und Stützensysteme verbunden.

Die Reihenfolge der Aspekte erfolgt dabei nach Maßgabe einer konzeptionellen Vorgehensweise, die schrittweise vom «Großen ins Kleine» oder vom «Groben ins Detail» durchgeführt wird. In der Praxis wird die Vorgehensweise zur Diskussion und zu Festlegungen iterativ und in dynamischen Zyklen ablaufen. Es gilt, die Wechselwirkungen der Aspekte untereinander zu berücksichtigen. Eine Vielzahl an unterschiedlichen Entscheidungstragenden (Bauherrschaft, Behörden, Nutzende) oder anderen Faktoren (Normen und Gesetze) beeinflusst die Festlegung.

Mit der Kategorie DESIGN- UND KONSTRUKTIONSPROZESS muss auch schon die Kategorie der Umsetzung integrativ betrachtet werden. Beide Kategorien

stellen eine Unterstützung des Projektteams für einen besseren Überblick, das Setzen von Prioritäten und die Koordination im Projektverlauf dar.

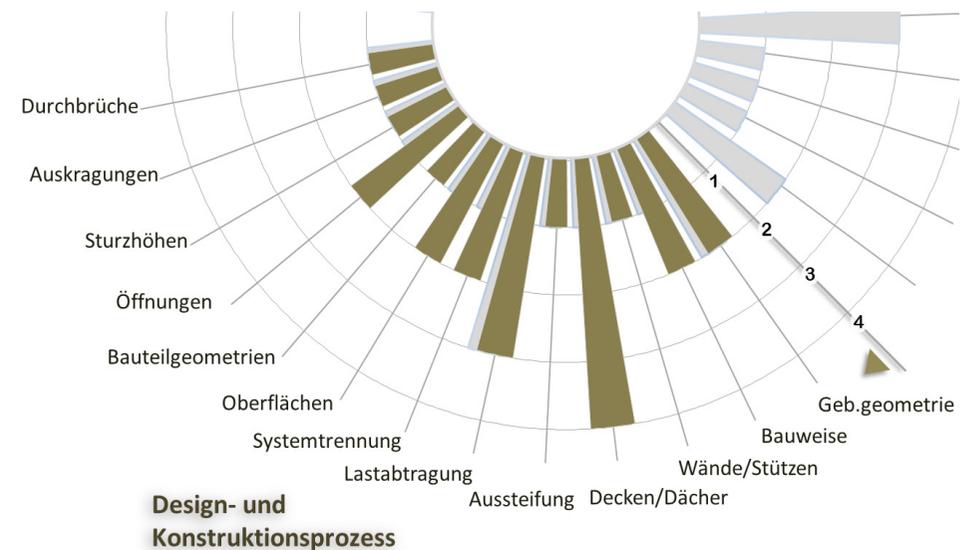
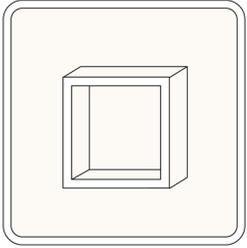
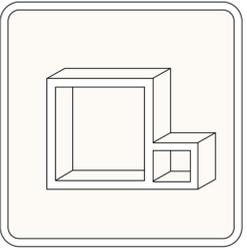
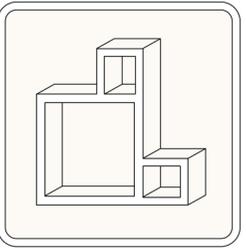
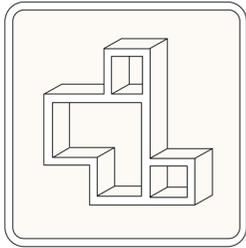
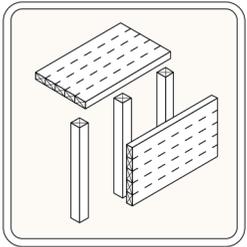
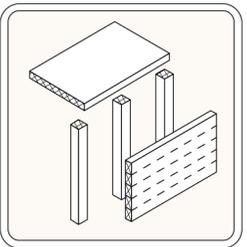
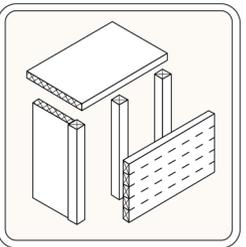
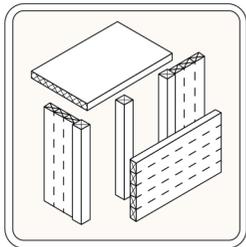
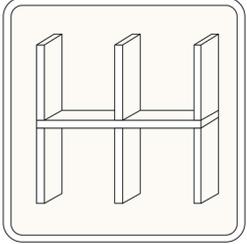
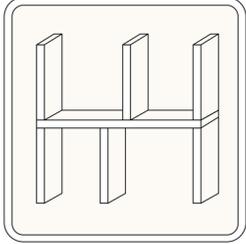
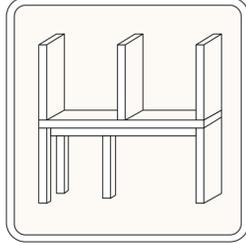
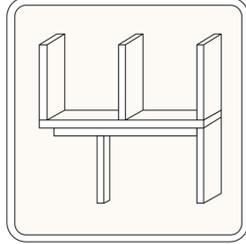
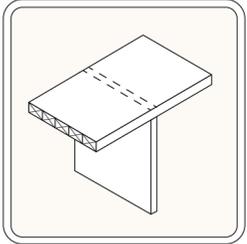
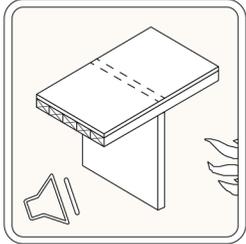
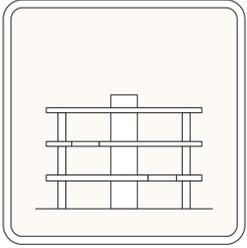
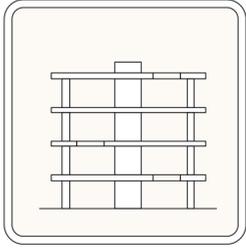
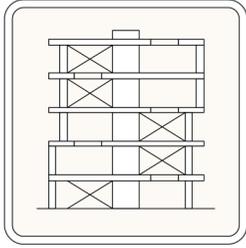
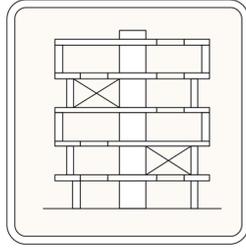
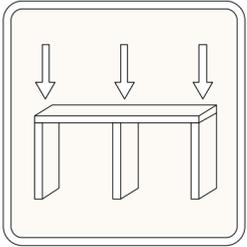
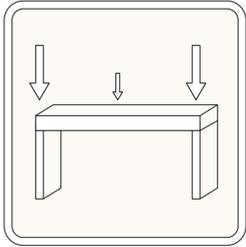
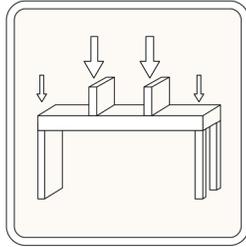
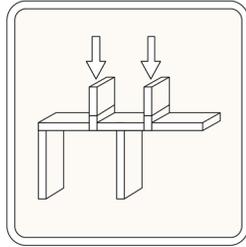
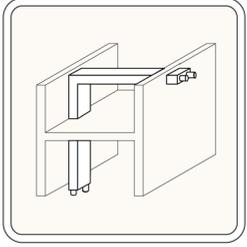
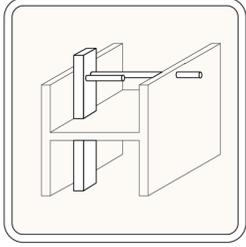
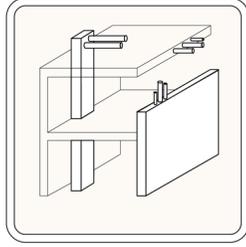
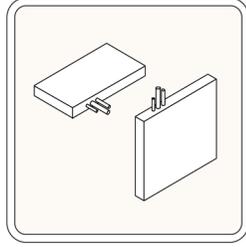
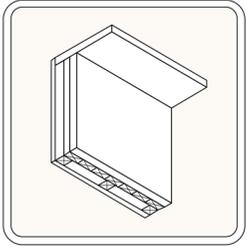
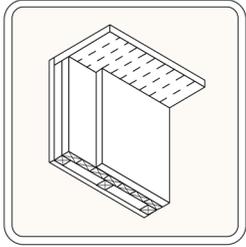
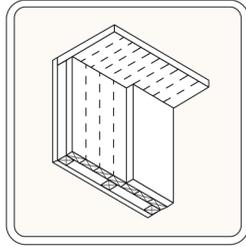
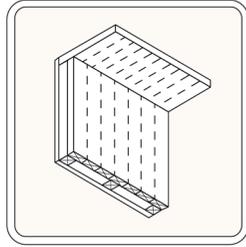


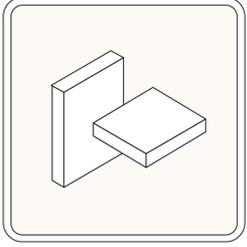
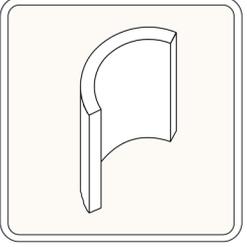
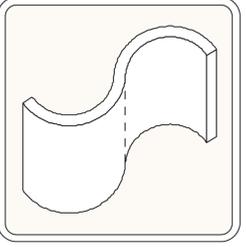
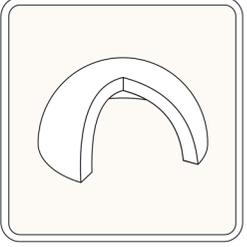
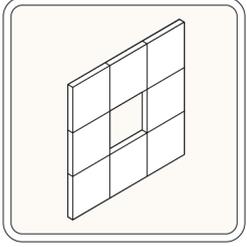
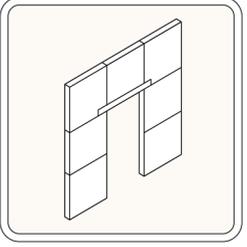
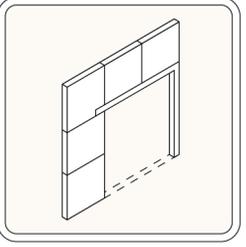
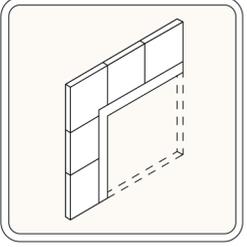
Abbildung 2: Abbildung der Kategorie «Bau- und Konstruktionsprozess» im Analysemodell

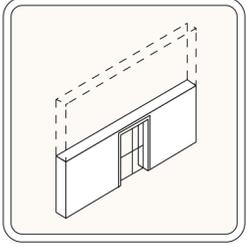
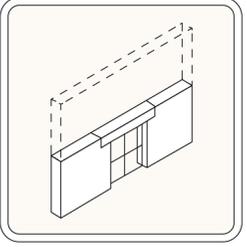
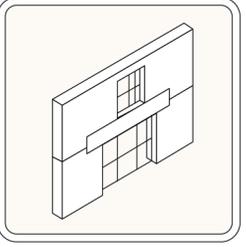
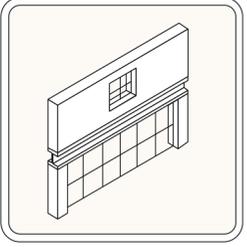
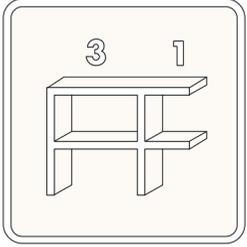
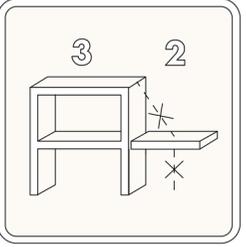
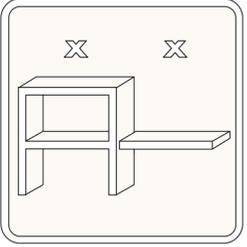
	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<p><b>Gebäudegeometrie</b></p>				
<p><i>Anforderungen an das Tragwerkskonzept des Gebäudes durch die Gestaltung der Grundrisse.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge: [32][37][43]</i></p>	<p>Einfache Grundrisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; eingeschossige Bauten oder</li> <li>&gt; mehrgeschossige Bauten mit Geschosswiederholung bzw. mit gleichartigen Nutzungs- bzw. Wohnungstypen über 75 %.</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Grundrissgeometrie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; mehrgeschossige Gebäude mit Geschosswiederholung und gleichartigen Nutzungs- bzw. Wohnungstypen zwischen 50-75 %.</li> </ul>	<p>Differenzierte Grundrissaufteilung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; mehrgeschossige Gebäude ohne Geschosswiederholung und/oder unterschiedlichen Geschosshöhen oder</li> <li>&gt; Nutzungs- bzw. Wohnungstypen mit verschiedenartigen Typen.</li> </ul>	<p>Sehr differenzierte Geometrie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; mehrgeschossig ohne Geschosswiederholung und zusätzliche Rücksprünge und Versätze in offenen Innenräumen.</li> </ul>
<p><b>Bauweise</b></p>				
<p><i>Anforderung an Planung und Umsetzung durch das Konzept der Bauweise.</i></p> <p><i>Beiträge: [10][29][30][35][38]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch einfache Holzbauweisen. Die Konstruktionsart hat eine hohe Fehlertoleranz, der Montagevorgang vor Ort ist mit wenig Aufwand in kurzer Zeit durchführbar. Die Abstimmung der Toleranzen zwischen den unterschiedlichen Bauteilen ist einfach.</p> <p>Das primäre Tragsystem besteht <b>vollständig aus Holz</b> oder Holzwerkstoffen.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch in der Praxis häufig eingesetzte Holz- oder Hybridbauweisen. Die Konstruktionsart hat grundsätzlich eine Fehlertoleranz, die Detailausbildung und Montagevorgänge entsprechen der gängigen Praxis. Die Abstimmung der Toleranzen zwischen den unterschiedlichen Bauteilen entspricht der gängigen Praxis.</p> <p>Das primäre Tragsystem besteht <b>nicht vollständig</b> aus Holz.</p>	<p>Hohe Anforderungen durch in der Praxis häufig eingesetzte Holz- oder Hybridbauweisen. Die Konstruktionsart hat weniger Fehlertoleranz und/oder die Abstimmung der Toleranzen, die Detailausbildung und/oder Montagevorgänge bedürfen erhöhter Achtsamkeit und Koordination.</p> <p>Das primäre Tragsystem besteht <b>nicht vollständig</b> aus Holz.</p>	<p>Sehr hohe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch Holzbau- oder Hybridbauweisen wegen aufwändiger oder prototypischer Konstruktionsarten.</p> <p>Die Detailausbildung und Umsetzung bedarf einer <b>sehr sorgfältigen terminlichen Koordination vor Ort zwischen Massivbau und Holzbau</b> wie z. B.: die Kombination eines Stützentragsystems mit Ortbetondecken («Holz trägt Beton»)</p>

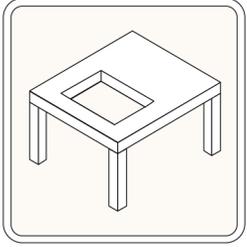
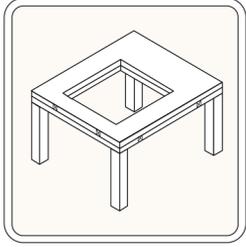
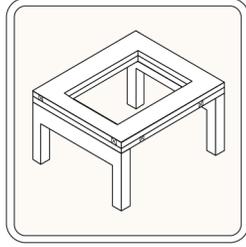
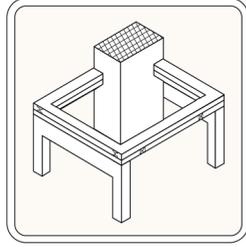
	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Wand- und Stützensystem</b>				
<p><i>Anforderung an Planung und Umsetzung durch die Wahl des Konstruktionssystems für Wände und Stützen.</i></p> <p><i>Quellen: [10][29][30][31]</i></p> <p><i>Beiträge: [35][37]</i></p>	<p>Einfaches und gängiges Konstruktionsprinzip mit «gutmütigen» statischen Eigenschaften in Bezug auf (und/oder):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Auflagersituationen</li> <li>› Lasteinleitungen</li> <li>› Aufnahme der Horizontalkräfte</li> <li>› Stabilität gegen Ausknicken</li> </ul>	<p>Gängiges Konstruktionsprinzip, dessen statische Eigenschaften der gängigen Praxis entsprechen in Bezug auf (und/oder):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Auflagersituationen</li> <li>› Lasteinleitungen</li> <li>› Aufnahme der Horizontalkräfte</li> <li>› Stabilität gegen Ausknicken</li> </ul>	<p>Aufwendiges Konstruktionsprinzip mit erhöhten statischen Herausforderungen in Bezug auf (und/oder):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Auflagersituationen</li> <li>› Lasteinleitungen</li> <li>› Aufnahme der Horizontalkräfte</li> <li>› Stabilität gegen Ausknicken</li> </ul>	<p>Tragsysteme mit hohem prototypischem Charakter oder sehr aufwendigen Produktionsverfahren oder andere statischen oder konstruktiven Herausforderungen, wie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› aufwendig, dreidimensional geformte Tragsysteme</li> </ul>
<b>Decken- und Dachsystem</b>				
<p><i>Anforderung an Planung und Umsetzung durch die Wahl des Konstruktionssystems für Decken und Dächer.</i></p> <p><i>Quellen: [10][29][30][31]</i></p> <p><i>Beiträge: [35][37]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch ein einfaches Dach-/Deckentragsystem, dessen Schichtaufbau durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› geringe Anzahl an Schichten und einschaligem Aufbau</li> <li>› keine Anforderungen an Brandschutz und Akustik hat.</li> <li>› einfache Auflagersituationen</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch ein in der Praxis häufig angewendetes Dach-/Deckentragsystem mit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› mittlerer Anzahl an Schichten und zweischaligem Aufbau</li> <li>› gängiger Anforderungen an Brandschutz und Akustik</li> <li>› überwiegend einfachen Auflagersituationen</li> </ul>	<p>Hohe Anforderungen durch ein Dach-/Deckentragsystem mit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› einer hohen Anzahl an Schichten und zweischaligem Aufbau</li> <li>› erhöhten Anforderungen an Brandschutz und Akustik oder</li> <li>› schwierigen Auflagersituationen (Punktauflager etc.)</li> </ul>	<p>Sehr hohe Anforderungen durch ein Dach-/Deckentragsystem mit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› einer sehr hohen Anzahl an Schichten und mehrschaligem Aufbau</li> <li>› sehr hohen Anforderungen an Brandschutz und Akustik oder</li> <li>› anderen zusätzlichen Erschwernissen für Planung oder Ausführung</li> </ul>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<p><b>Aussteifung</b></p>				
<p><i>Anforderungen an die Planung durch das gewählte oder notwendige Aussteifungskonzept.</i></p> <p><i>Quellen: [10][29][30]</i></p> <p><i>Beiträge: [31][35]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch ein Aussteifungskonzept mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Aussteifung mittels Betonkern.</li> <li>› Holzbausaussteifung, max. 3 Geschossen,</li> <li>› langen und kurzen übereinander geordneten Wandabschnitten.</li> <li>› Öffnungsanteil in Deckenscheiben beträgt bis max. 20 %.</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Anforderungen an die Planung durch ein Aussteifungskonzept mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Betonkern mittels teilaussteifenden Wänden, kombiniert mit Holzbau,</li> <li>› Holzbausaussteifung, max. 4 Geschosse,</li> <li>› lange und kurze übereinander geordnete Wandabschnitten.</li> <li>› Öffnungsanteil in Deckenscheiben beträgt max. 30 %.</li> </ul>	<p>Hohe Anforderungen durch ein Aussteifungskonzept, mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Betonkern mittels teilaussteifenden Wänden, kombiniert mit Holzbau und Stahlkonstruktionen (Zugstäbe),</li> <li>› Holzbausaussteifung, max. 5 Geschosse.</li> <li>› sehr kurzen übereinander geordneten Wandabschnitten, exzentrisch angeordneten Wänden.</li> <li>› Öffnungsanteil in Deckenscheiben beträgt bis max. 40 %.</li> </ul>	<p>Sehr hohe Anforderungen durch ein Aussteifungskonzept mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Betonkern mittels teilaussteifenden Wänden, kombiniert mit Holzbau und Stahlkonstruktionen (Zugstäbe),</li> <li>› Holzbausaussteifung, max. 5 Geschosse,</li> <li>› keine übereinander geordneten Wandabschnitte, exzentrisch angeordneten Wänden.</li> <li>› Öffnungsanteil in Deckenscheiben beträgt über 40 %.</li> </ul>
<p><b>Lastabtragung</b></p>				
<p><i>Anforderungen an Planung und Umsetzung durch die Konzeption der Lastabtragung im Tragsystem.</i></p> <p><i>Quellen: [10][29][30]</i></p> <p><i>Beiträge: [31][35]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch eine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lastabtragung, die sehr gut und direkt in unteren Tragelementen möglich ist. Es sind keine wesentlichen gesonderten Maßnahmen erforderlich.</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Anforderungen an Planung und Umsetzung durch eine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lastabtragung, die grundsätzlich gut in unteren Tragelementen möglich ist. Punktuell sind gesonderte Maßnahmen zur Lastabtragung erforderlich.</li> </ul>	<p>Hohe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch eine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lastabtragung, die in den unteren Tragelemente nur über gesonderte Maßnahmen möglich ist.</li> </ul>	<p>Sehr hohe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch eine</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Lastabtragung, die in den unteren Tragelementen nur über einen erheblichen Mehraufwand möglich ist.</li> </ul>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<p><b>Systemtrennung</b></p>				
<p><i>Anforderung an die Koordination der Gewerke durch die Konzeption der Systemtrennung.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge: [33][43]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen an die Koordination der Gewerke durch eine klare Systemtrennung von Tragstruktur und Installationsführung durch definierte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; vertikale Haupt- und Nebensteigzonen und</li> <li>&gt; horizontale Verteilbereiche für die gebäudetechnischen Leitungsführungen.</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Anforderungen an die Koordination der Gewerke durch eine prinzipiell klare Systemtrennung von Tragstruktur und Installationsführung durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; definierte vertikale Steigzonen und</li> <li>&gt; keine explizit definierten horizontalen Verteilbereiche (Installationsführung aber außerhalb der Konstruktionsebene bzw. Rohdecke) für die gebäudetechnischen Leitungsführungen.</li> </ul>	<p>Hohe Anforderungen an die Koordination der Gewerke durch eine nur teilweise Systemtrennung von Tragstruktur und Installationsführung durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; vertikale oder</li> <li>&gt; horizontale Verteilbereiche der gebäudetechnischen Leitungsführungen befinden sich innerhalb von Konstruktionsebenen oder Rohdecken.</li> </ul>	<p>Sehr hohe Anforderungen an die Koordination der Gewerke durch keine definierte Systemtrennung von Tragstruktur und Installationsführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vertikale und horizontale Verteilbereiche der gebäudetechnischen Leitungsführungen befinden sich in den Konstruktionsebenen bzw. Rohdecken.</li> </ul>
<p><b>Oberflächen</b></p>				
<p><i>Anforderungen an die Ausführung der Oberflächen der Tragkonstruktion und raumabschließenden Bauteile.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge: [35]</i></p>	<p>Geringe Anforderung an die Qualität der Ausführung durch vollständig verkleidete bzw. gekapselte Konstruktionen ohne sichtbare Holzoberflächen im Innenbereich.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderungen an die Qualität der Ausführung durch teilweise verkleidete bzw. gekapselte Konstruktionen. Partielle Holzoberflächen (wie z. B. Deckenuntersichten) sichtbar ausgeführt.</p>	<p>Hohe Anforderungen an die Qualität der Ausführung durch größtenteils sichtbare oder nicht gekapselte Holzoberflächen (wie z. B. Deckenuntersichten und einzelne Wandbereiche)</p>	<p>Sehr hohe Anforderungen an die Qualität der Ausführung mit nahezu vollständig sichtbaren oder nicht gekapselten Holzoberflächen.</p>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<p><b>Bauteilgeometrien</b></p>				
<p><i>Anforderungen an Planung und Umsetzung durch die Art der Geometrie des vorgefertigten Bauteils.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge: [32][43]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch vollständige ebene und geometrisch einfache Bauteile.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderungen an Planung und Umsetzung durch den Einsatz von vorgefertigten Bauteilen, die in einer Achse (Grundriss oder Schnitt) kreisförmig gebogen sind oder eine differenzierte Geometrie aufweisen.</p>	<p>Hohe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch vorgefertigte Bauteile, die sind in einer Achse (Grundriss oder Schnitt) nicht kreisförmig gebogen sind oder eine anspruchsvolle Geometrie aufweisen.</p>	<p>Sehr hohe Anforderungen an Planung und Umsetzung durch vorgefertigte Bauteile, die in zwei Achsen gebogen sind, wie z. B. Kuppeln etc. oder eine sehr anspruchsvolle Geometrie aufweisen.</p>
<p><b>Öffnungen</b></p>				
<p><i>Anforderungen an die Tragwerksplanung durch Dimensionierung und Situierung von Öffnungen in Wänden (Fenster, Fensterbänder, Durchgänge etc.).</i></p> <p><i>Quellen:[10]</i></p> <p><i>Beiträge: [29][30]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch Öffnungen, deren Situierung und Dimensionierung keinen Einfluss auf die Statik des Tragsystems (bspw. in Bezug auf seine aussteifende Wirkung oder die Ableitung großer Lasten) hat.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch Öffnungen, durch deren Situierung und Dimensionierung einfache Maßnahmen zur Erhaltung der Statik des Tragsystems in Bezug auf seine aussteifende Wirkung oder die Ableitung großer Lasten notwendig sind.</p>	<p>Hohe Anforderungen durch Öffnungen, deren Situierung gezielte Maßnahmen zur Erhaltung der Statik des Tragsystems (bspw. in Bezug auf seine aussteifende Wirkung oder die Ableitung großer Lasten) sind.</p>	<p>Sehr hohe Anforderungen durch Öffnungen, deren Situierung und Dimensionierung einen situativen Systemwechsel zur Erhaltung der Statik des Tragsystems in Bezug auf seine aussteifende Wirkung oder die Ableitung großer Lasten erfordern.</p>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<p><b>Sturzhöhen</b></p>				
<p><i>Anforderungen an die Tragwerksplanung durch die Dimensionierung von Sturzhöhen in Kombination mit Öffnungsgrößen.</i></p> <p><i>Quellen:[10][29][30]</i></p> <p><i>Beiträge: [43]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch Sturzhöhen, die für die geplanten Öffnungsgrößen innerhalb des Tragsystems ausreichend dimensioniert und deren Auflagersituation einfach herstellbar ist.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch Sturzhöhen, die für die geplanten Öffnungsgrößen mit einfachen Adaptierungen des Tragsystems kompensiert werden können.</p>	<p>Hohe Anforderungen durch Sturzhöhen, die für die geplanten Öffnungsgrößen mit gezielten Adaptierungen des Tragsystems kompensiert werden müssen.</p>	<p>Sehr hohe Anforderungen durch Sturzhöhen, die nur mit umfangreichen Adaptierungen des Tragsystems kompensiert werden können.</p>
<p><b>Auskragungen</b></p>				
<p><i>Anforderungen an die Tragwerksplanung durch die Situierung, Dimensionierung und konstruktive Einbindung von Auskragungen.</i></p> <p><i>Quellen:[10][31]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch Auskragungen, die durch konstruktive Einbindung, Lage und Dimensionierung der Ausladung innerhalb des Tragsystems einfach herstellbar sind.</p>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch Auskragungen, die durch thermische Trennung, und Dimensionierung der Ausladung einfacher Adaptionen bedürfen.</p>	<p>Hohe Anforderungen durch Auskragungen, die durch thermische Trennung und fehlende Abstützungen nur mit gezielten Adaptionen des Tragsystems hergestellt werden können.</p>	<p>Sehr hohe Anforderungen durch Auskragungen, durch thermische Trennung, fehlende Abstützungen und große Ausladungen, die nur mit umfassenden Adaptionen und zusätzlichen Konstruktionen des Tragsystems hergestellt werden können.</p>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Durchbrüche</b>				
<p><i>Anforderungen an die Tragwerksplanung durch die Situierung und Dimensionierung von Durchbrüchen in Decken und Dächern.</i></p> <p><i>Beiträge:[10][30]</i></p>	Geringe Anforderungen durch Durchbrüche und Aussparungen, die ohne zusätzliche Maßnahmen innerhalb des Tragsystems integrierbar sind.	Durchschnittliche Anforderungen durch Durchbrüche und Aussparungen, die mit einfachen Maßnahmen (Auswechslungen etc.) innerhalb des Tragsystems integrierbar sind.	Hohe Anforderungen durch Durchbrüche und Aussparungen, die mit gezielten Maßnahmen (Auswechslungen, Integration zusätzlicher Überzüge, Aussteifungen etc.) innerhalb des Tragsystems integrierbar sind.	Sehr hohe Anforderungen durch Durchbrüche und Aussparungen, die nur durch einen situativen Systemwechsel oder aufwendige Maßnahmen innerhalb des Tragsystems herstellbar sind (z. B. aussteifende Stahlkonstruktionen, Stahlträger mit hohen Spannweiten, Aussteifung durch Betonkerne oder Stahlrahmen).

### B3. Umsetzung

Die Kategorie der UMSETZUNG erfasst Aspekte, die die Umsetzung der planerischen Festlegungen in das reale Gebäude beeinflussen.

Diese Aspekte können grundsätzlich nicht von den Kriterien der Kategorie des Design- und Konstruktionsprozesses getrennt werden. Beide Kategorien bedürfen einer integrativen Betrachtung und Diskussion im Team und mit den ausführenden Holzbauunternehmen.

Der Handlungsspielraum bei den Aspekten der Kategorie UMSETZUNG variiert jedoch. So sind die Baustelle und der Transport durch die geografische Verortung (Lage) des Gebäudes fixiert und auch schon zu Beginn des Projekts festgelegt. Sie können nicht (ohne Wechsel des Grundstücks) geändert werden.

Andere Aspekte der UMSETZUNG unterliegen Wechselwirkungen und können nach Maßgabe der strategischen Ausrichtung des Projekts, die unter anderem vom zeitlichen Rahmen und auch den Kosten beeinflusst wird, entschieden werden. Beispielsweise kann hoher Zeitdruck einfache Fügungen und Montagebedingungen erfordern. Auch die Verwendung von standardisierten Aufbauten ohne prototypische Entwicklungen kann daraus resultieren. Entscheidungen in Hinblick auf die Elementgrößen sind einerseits aus gestalterischer und andererseits auch aus logistischer Perspektive abzuwägen.

Die Höhe des Vorfertigungsgrades ist ebenfalls ein wesentlicher Aspekt für die Umsetzung. Der Vorfertigungsgrad wurde aber nicht in die Liste der Aspekte aufgenommen, da er eine strategische Maßnahme hinsichtlich der Vorgaben, der geplanten Konstruktion und der Umsetzung darstellt. Die Höhe des Vorfertigungsgrades stellt somit kein Kriterium, sondern eine Reaktion dar.

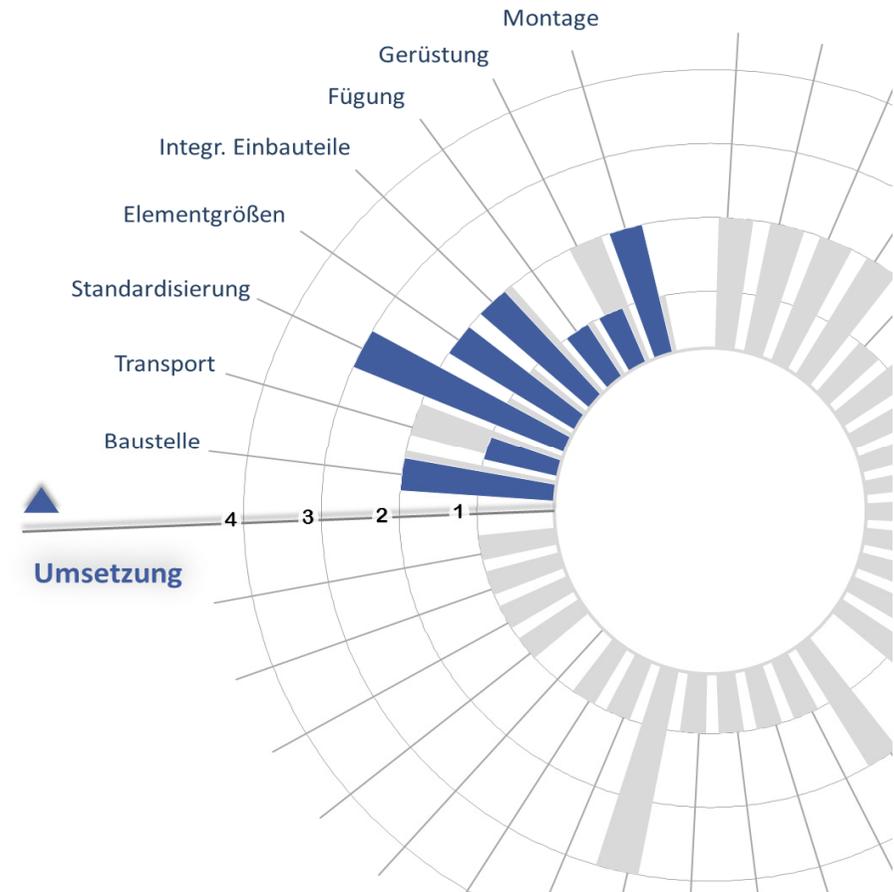
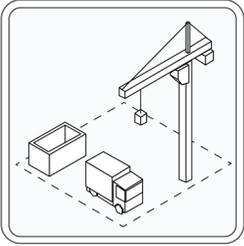
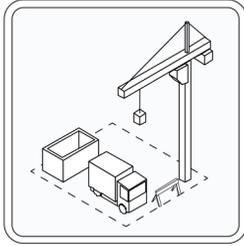
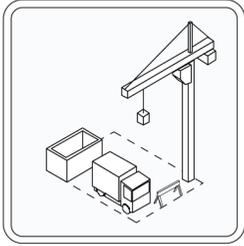
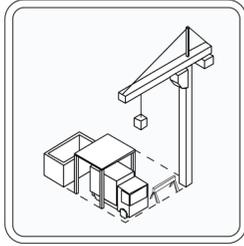
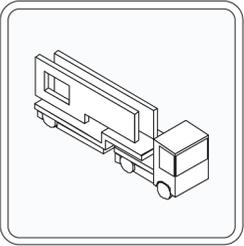
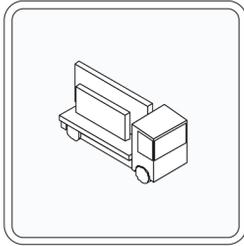
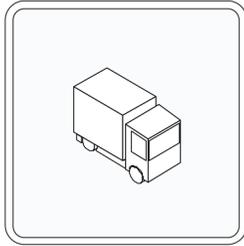
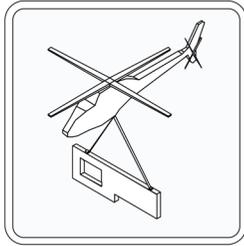
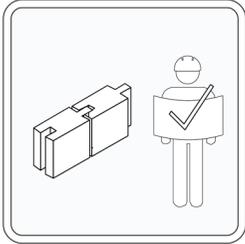
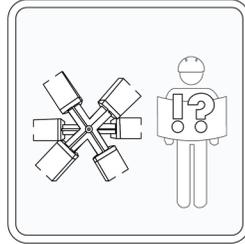
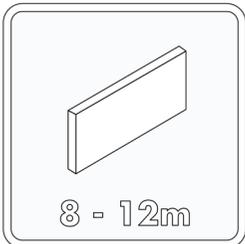
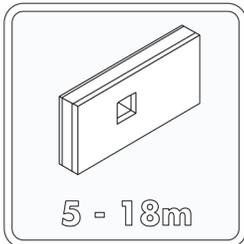
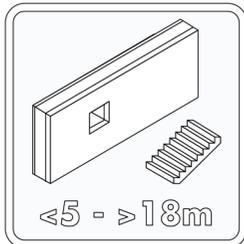
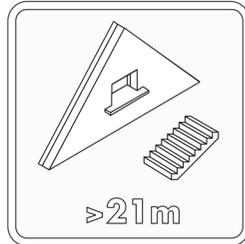
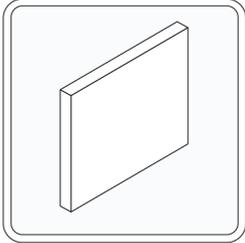
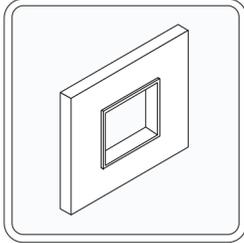
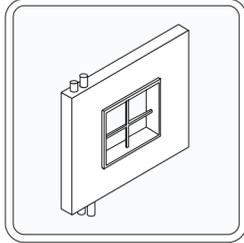
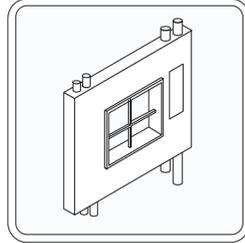
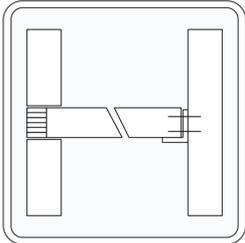
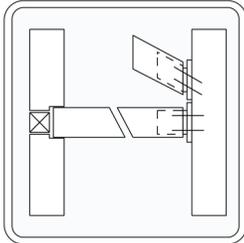
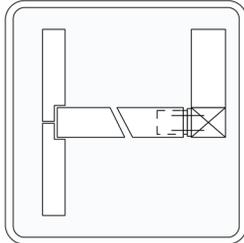
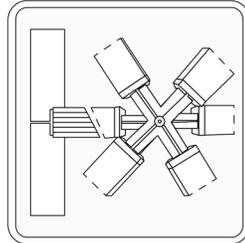
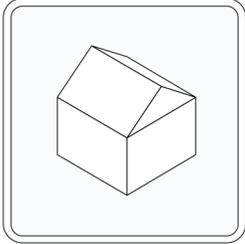
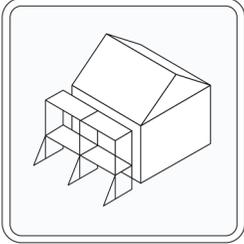
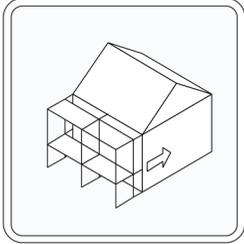
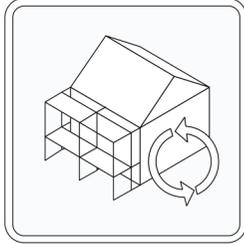
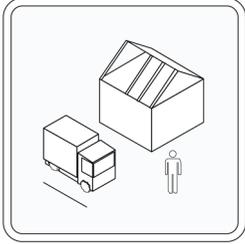
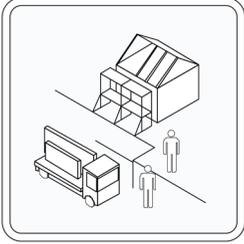
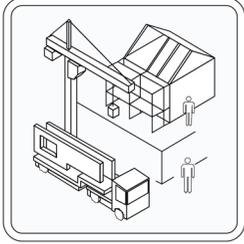
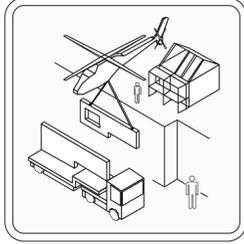


Abbildung 3: Abbildung der Kategorie «Umsetzung» im Analysemodell

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Baustelle</b>				
<i>Anforderungen durch die Verfügbarkeit von Bewegungs- und Manipulationsraum auf der Baustelle.</i> <i>Quellen:[10]</i>	Baustelle ergibt keine wesentlichen Herausforderungen durch ausreichende <ul style="list-style-type: none"> <li>› Kranaufstellungsflächen,</li> <li>› Lager- und Rangierflächen vor Ort.</li> </ul>	Baustelle ergibt durchschnittliche Herausforderungen. In einem Aspekt muss eine besondere Vorkehrung getroffen werden wegen <ul style="list-style-type: none"> <li>› begrenzten Kranaufstellungsflächen oder</li> <li>› begrenzten Lager- und Rangierflächen vor Ort oder</li> <li>› Baustellenverkehr bedarf Vorkehrungen.</li> </ul>	Baustelle ergibt Herausforderungen in hohem Ausmaß. In mehr als einem Aspekt müssen anspruchsvolle Vorkehrungen getroffen werden. <ul style="list-style-type: none"> <li>› Begrenzte Kranaufstellungsflächen oder</li> <li>› begrenzte Lager- und Rangierflächen vor Ort oder</li> <li>› Baustellenverkehr bedarf Vorkehrungen.</li> </ul>	Baustelle ergibt Herausforderungen in sehr hohem Ausmaß. In mehr als einem Aspekt müssen sehr anspruchsvolle Vorkehrungen getroffen werden. <ul style="list-style-type: none"> <li>› Sehr begrenzte Kranaufstellungsflächen oder</li> <li>› sehr begrenzte Lager- und Rangierflächen vor Ort oder</li> <li>› Baustellenverkehr bedarf besonderer Vorkehrungen.</li> </ul>
<b>Transport</b>				
<i>Anforderungen aus der Zugänglichkeit der Baustelle für die Anlieferung von Elementen oder Modulen.</i> <i>Beiträge: [10]</i>	Die Erreichbarkeit der Baustelle ergibt keine oder nur sehr geringe Herausforderungen für die Anlieferung von Elementen bis 16 m Länge und 3,4 m Höhe.	Die Erreichbarkeit der Baustelle ergibt durchschnittliche Herausforderungen für die Anlieferung von Elementen bis 16 m Länge und 3,4 m Höhe durch <ul style="list-style-type: none"> <li>› Beschränkte Radien oder Breiten der Zufahrtswege, Einbahnstraßen, beschränkte Umkehrmöglichkeiten vor Ort etc.</li> </ul>	Die Erreichbarkeit der Baustelle ergibt hohe Herausforderungen für die Anlieferung von Elementen bis 12 m Länge und 3 m Höhe durch <ul style="list-style-type: none"> <li>› beschränkte Radien oder Breiten der Zufahrtswege, Einbahnstraßen, beschränkte Umkehrmöglichkeiten vor Ort etc.</li> </ul>	Die Erreichbarkeit der Baustelle ergibt sehr hohe Herausforderungen für die Anlieferung von Elementen bis 12 m Länge und 3 m Höhe durch Einschränkungen wie unter Pkt. 3 und zusätzliche Erschwernisse wie Lagen in hoch frequentierten Verkehrsknotenpunkten, Fußgängerzonen, Berggebieten etc.

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Standardisierung</b>				
<p><i>Anforderung an die Planung und Umsetzung durch Wahl der Aufbauten.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge:[33][35]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen durch die Verwendung von Standardaufbauten und Details aus Bauteilkatalogen oder Datenbanken (wie dataholz.com, Lignum, ...), die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; mehrfach in der Praxis erprobt sind und</li> <li>&gt; keine oder wenige Schäden in der bisherigen Anwendung zeigten.</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch die Verwendung von individuellen Aufbauten, die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; mehrfach in der Praxis (der Planenden oder des Holzbauunternehmens) erprobt sind und</li> <li>&gt; wenige Schäden in der bisherigen Anwendung zeigten.</li> </ul>	<p>Hohe Anforderung durch die Verwendung von Aufbauten,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; die aus erprobten Details weiterentwickelt wurden. Änderungen sind jedoch minim oder</li> <li>&gt; mit erprobten Details für ein neues Einsatzgebiet</li> </ul>	<p>Sehr hohe Anforderung durch die Verwendung von Aufbauten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; mit teilweise prototypischem Charakter der Details und</li> <li>&gt; wenig bis keiner Erfahrung in der Umsetzung</li> </ul>
<b>Elementgrößen</b>				
<p><i>Anforderung an die Umsetzung in Bezug auf Logistik, Montage und Transport durch die Dimensionierung der Elemente</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge: [37]</i></p>	<p>Geringe Anforderungen Elementgrößen überwiegend (mehr als 90 %) im optimalen Bereich.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Längen von 8 m-12 m;</li> <li>&gt; Keine Sonderbauteile</li> </ul>	<p>Durchschnittliche Anforderungen durch Elementgrößen überwiegend (mehr als 90 %) im erweiterten optimalen Bereich.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Längen von 5 m-18 m</li> <li>&gt; Max. Elementhöhen bis 3.4 m</li> <li>&gt; Wenige Sonderbauteile oder</li> <li>&gt; Raumzellen bis 3 m Breite</li> </ul>	<p>Hohe Anforderungen durch Elementgrößen außerhalb des erweiterten optimalen Bereichs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Längen von &lt; 5 m oder &gt; 18 m und/oder</li> <li>&gt; Elementhöhen über 3.4 m</li> <li>&gt; Sonderbauteile (Giebel, Treppen etc.), die für den Transport geteilt werden müssen oder</li> <li>&gt; Raumzellen bis 3.5 m Breite</li> </ul>	<p>Sehr hohe Anforderungen durch Elementgrößen außerhalb des erweiterten Bereichs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Längen &gt; 21 m und/oder</li> <li>&gt; Elementhöhen über 4 m</li> <li>&gt; Große Anzahl an Sonderbauteilen, die für den Transport geteilt werden müssen und/oder</li> <li>&gt; Elemente mit vorspringenden Einbauteilen (Fenster etc.) oder</li> <li>&gt; Raumzellen über 4 m Breite</li> </ul>

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Integrierte Einbauteile</b>				
<p><i>Anforderungen an die Planung und die Produktion im Werk durch zusätzlich integrierte Bauelemente, Einbauten oder Leitungen.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge: [35][37][38]</i></p>	Keine bzw. geringe Anforderungen an Planung und Produktion, da in die vorgefertigten Elemente keine wesentlichen zusätzlichen Elemente eingebaut (integriert) werden.	Durchschnittliche Anforderung durch die › Integration von einfachen Bauteilen wie Fenster (nur Fensterrahmen, keine Fensterfutter) oder Storen im Zuge der Produktion und einfache Detailausbildung.	Hohe Anforderungen durch die › Integration von Bauteilen wie Fenstern (inkl. Flügel), Storen oder einfachen gewerkfremden Komponenten (Elektro/HKLS), die im Zuge der Produktion eingebaut werden und einen in der gängigen Praxis üblichen Aufwand für die Detailausbildung nach sich ziehen.	Hohe Anforderungen an die Planung und Produktion durch die › Integration von Bauteilen wie Fenstern (inkl. Flügel), Storen oder gewerkfremden Komponenten (Elektro/HKLS), die im Zuge der Produktion eingebaut werden und erheblichen Aufwand für die Detailausbildung durch erhöhte Anforderungen in Bezug auf Schallschutz, Brandschutz oder dgl. nach sich ziehen.
<b>Fügung</b>				
<p><i>Anforderung an die Montage der Tragkonstruktion vor Ort durch die Art der Fügung der Bau- und Konstruktionssteile mittels unterschiedlicher Fügearten und Verbindungsmittel.</i></p> <p><i>Quellen: [10]</i></p> <p><i>Beiträge:[30][31][35]</i></p>	Geringe Anforderung an die Montage der Tragkonstruktion durch: › Standardisierte Verbindungsmittel oder Verbindungssysteme, die als Fertigprodukte am Markt erhältlich sind. › Anschlüsse, die keine Lastübertragung quer zur Faserrichtung des Holzes haben.	Durchschnittliche Anforderung an die Montage der Tragkonstruktion durch › Verbindungsmittel oder Verbindungssysteme, die projektspezifisch konstruiert werden müssen (Nagelplatten, Schlitzbleche), oder › Anschlüsse mit Lastübertragung quer zur Faserrichtung des Holzes.	Hohe Anforderung an die Montage der Tragkonstruktion durch › Verbindungsmittel oder Verbindungssysteme, die projektspezifisch konstruiert werden müssen (Nagelplatten, Schlitzbleche) und von aufwendiger Geometrie sind, oder › nur sehr kleine Auflagerflächen Auskragungen oder für die Lastableitung.	Sehr hohe Anforderung an die Montage des Tragsystems durch › Verbindungen, Knoten oder Anschlüsse mit sehr komplexer Geometrie oder › nur sehr kleine Auflagerflächen oder Auskragungen für das Ableiten sehr hoher Lasten. › Verwendung von Hartholz › Verwendung von gelemten Decken

	1 – gering	2 – durchschnittlich	3 – hoch	4 – sehr hoch
<b>Gerüstung</b>				
<i>Anforderung an die Montagevorgänge der Tragkonstruktion oder Elemente vor Ort durch die Art und Verankerung der Gerüstung.</i>  <i>Beiträge: [31]</i>	Keine Gerüstung für die Montage erforderlich.	Durchschnittliche Anforderung durch eine Gerüstung, die nach hinten oder unten (bei Aufstockungen) verankert werden kann.	Hohe Anforderung durch eine Gerüstung, deren Verankerung im Betonkern oder der primären Tragstruktur für die Montage der Elemente abgebaut werden muss.	Sehr hohe Anforderung durch eine Gerüstung, die im Betonkern oder der primären Tragstruktur verankert ist und für die Montage der Elemente ab- und für die Fertigstellung wieder aufgebaut werden muss.
<b>Montage</b>				
<i>Anforderung an die Montage- und Versetzzvorgänge vor Ort durch erforderliche Hilfsmittel.</i>  <i>Beiträge: [10][30][31]</i>	Geringe Anforderungen durch eine einfache und rationelle Montage (bei Gebäuden bis 2 Geschosse) mit keinen zusätzlichen Hilfsabstützungen oder Montagehilfsmitteln wie Lastwagenkran etc.	Durchschnittliche Anforderungen durch eine Montage (bei Gebäuden bis 3 Geschosse) mit gängigen Hilfsabstützungen oder Montagehilfsmitteln wie Lastwagenkran, Gerüstung.	Hohe Anforderungen durch eine Montage mit aufwendigen Hilfsabstützungen oder Montagehilfsmitteln.	Sehr hohe Anforderungen durch eine Montage mit aufwendigen Hilfsabstützungen oder Montagehilfsmitteln.

## Quellen – und Literaturverzeichnis

### Literaturverzeichnis

- [1] BUC Bau und Umweltchemie AG (Hg.): GI Gutes Innenraumklima. Online verfügbar unter <http://gutes-innenraumklima.ch/> Abgerufen am 02.06.2017.
- [2] Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hg.) (2017): KLIMAAKTIV Kriterienkatalog für Wohnbauten 2017. Neubau und Sanierung. 4. Auflage. Wien (klima:aktiv Bauen und Sanieren).
- [3] Deutsche Bauministerkonferenz (2002): MBO Musterbauordnung 2002.
- [4] Deutsche Bundesregierung (2013): Honorarordnung für Architekten und Ingenieure. HOAI, vom 10.07.2013.
- [5] Deutsche Bundesregierung (01.10.2009): Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, EnEV 2009. Fundstelle: Bundesanzeiger. In: Bundesgesetzblatt Teil I.
- [6] DGNB GmbH (Hg.) (2017a): Bewertung und Auszeichnung. DGNB System. Online verfügbar unter <http://www.dgnb-system.de/de/system/Bewertung/>. Abgerufen am 05.04.2017.
- [7] DGNB GmbH (Hg.) (2017b): DGNB Kriterien. DGNB System. Online verfügbar unter [http://www.dgnb-system.de/de/system/kriterien/neubau\\_gebaeude/](http://www.dgnb-system.de/de/system/kriterien/neubau_gebaeude/) Abgerufen am 05.04.2017.
- [8] Deutsches Institut für Normung (2016). DIN 277:2016 Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen. Teil 1 – Hochbau.
- [9] Deutsches Institut für Normung (2005): DIN 4149:2005-04 Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten. (→Anmerkung: Normativ zurückgezogen, baurechtlich noch in Anwendung)
- [10] Geier, Sonja; Keikut, Frank; Winterberger Franziska; Stieglmeier, Manfred; Huß, Wolfgang; Schuster, Sandra (2017): Buch 2 – Appendix III: Best Practice im vorgefertigten Holzbau. Kapitel 1.4.4. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD. 7 Bände. München, Luzern.
- Geier, Sonja; Keikut, Frank; Schuster, Sandra (2017a): Buch 6 – Modelle der Kooperation. Teil A: Vergabe- und Kooperationsmodelle. S. 67-69. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017). 7 Bände. München, Luzern
- Geier, Sonja (2017): leanWOOD – Planen und Kooperieren im vorgefertigten Holzbau. Schlussdokumentation WoodWisdom-Net-Projekt leanWOOD. Unter Mitarbeit von Wolfgang Huß, Frank Keikut, Frank Lattke, Sandra Schuster und Manfred Stieglmeier. Luzern. S. 45-47.
- Geier, Sonja (2016): «Evaluationstool\_vs01.xlsx». Evaluationstool leanWOOD. Interne Excel-Datei für die Evaluierung der leanWOOD Fallbeispiele. Stand 07.11.2016
- [11] Österreichisches Normungsinstitut ON: ÖNorm EN 1998-1 Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten (konsolidierte Fassung).
- [12] Geschäftsstelle eco-bau (Hg.) (2016): Eco-BKP Merkblätter. Zürich. Online verfügbar unter <https://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=51&Sec=/1/> Abgerufen am 20.11.2017, 10:45

- [13] Lechner, Hans (Hg.) (2015): Kommentar zum Leistungsbild Architektur HOAI 2013–LM.VM.2014: 3. Auflage: Verlag der Technischen Universität Graz.
- [14] Minergie Schweiz (Hg.) (2017): Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards Minergie/Minergie-P/Minergie-A. Version 2017.2. Basel. Online verfügbar unter <https://www.minergie.ch/de/verstehen/baustandards/> Abgerufen am 20.11.2017, 10:38
- [15] Musall, Eike; Voss, Karsten (2015): Null- und Plusenergiegebäude. Rahmenbedingungen, Bilanzierung und Planungsansätze. Hg. v. BINE Informationsdienst. FIZ Karlsruhe GmbH (BINE Themeninfo, II/2015).
- [16] Österreichisches Institut für Bautechnik OIB (2011). OIB-Richtlinien Begriffsbestimmungen. OIB-330-033/11. Oktober 2011. Online verfügbar unter [https://www.oib.or.at/sites/As/default/files/bb\\_b\\_061011.pdf](https://www.oib.or.at/sites/As/default/files/bb_b_061011.pdf) Abgerufen am 20.11.2017, 10:41
- [17] Österreichisches Institut für Bautechnik OIB (2015). OIB-Richtlinie 2 Brandschutz. OIB-330.2-011/15, März 2015. Online verfügbar unter [https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie\\_2\\_26.03.15.pdf](https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_2_26.03.15.pdf)
- [18] Österreichisches Institut für Bautechnik OIB (2015). OIB-Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz. OIB-330.6-009/15, März 2015. Online verfügbar unter [https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie\\_6\\_26.03.15.pdf](https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf) Abgerufen am 20.11.2017, 10:42
- [19] ÖNORM B1800:2013 Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen.
- [20] Passivhaus Institut (Hg.) (2016): Kriterien für den Passivhaus-, EnerPHit- und PHI-Energiesparhaus-Standard. Version 9f. Darmstadt. Online verfügbar unter [http://www.passiv.de/downloads/03\\_zertifizierungskriterien\\_gebaeude\\_de.pdf](http://www.passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_gebaeude_de.pdf) Abgerufen am 20.11.2017, 10:44
- [21] Pestalozzi, Christian; Pöll, Michael; Stähler, Marianne; Zulian, Ronny (2016): Methodik eco-bau. Bewertung von Baumaterialien und Bauprodukten nach ökologischen Kriterien. Hg. v. Verein eco-bau. Zürich. Online verfügbar unter <https://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=15&ID=16>
- [22] SIA 102:2014 Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten.
- [23] SIA 261: 2014 Einwirkungen auf Tragwerke.
- [24] SIA 380/1:2009 Heizwärmebedarf.
- [25] SIA 416:2003 Flächen und Volumen von Gebäuden.
- [26] Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) (Hg.) (2015): Brandschutznorm/ 1-15de. Bern. Online verfügbar unter <http://www.praever.ch/de/bs/vs> Abgerufen am 20.11.2017, 10:46
- [27] Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) (Hg.) (2017): Brandschutzrichtlinie. Qualitätssicherung im Brandschutz/ 11-15de. Bern. Online verfügbar unter <http://www.praever.ch/de/bs/vs> Abgerufen am 20.11.2017, 10:46

## Weitere Quellen

- [28] Affolter, Marco (Makiol Wiederkehr AG) (2016): Brandschutzkategorien in der Schweiz, Feedback Kriterienliste am 23.02.2016.
- [29] Affolter, Marco (Makiol Wiederkehr AG) (2016): Telefonat zur Diskussion der Komplexität aus Sicht des Holzbauingenieurs; 10.03.2016
- [30] Affolter, Marco (Makiol Wiederkehr AG) (2016): Zusammenstellung technische und konstruktive Merkmale zur Komplexität aus Sicht des Holzbauingenieurs; 25.04.2016

- [31] Affolter, Marco (Makiol Wiederkehr AG) (2017): Diskussion der Kriterien Aussteifung, Wände/Stützen, Decken/Dächer, Lastabtragung, Fügung, Gerüstung, Montage und Auskragungen; Interview in Beinwil am See am 27.03.2017.
- [32] Burgherr, Andreas (Timbatec Holzbauingenieure AG) (2016): Ergänzung Kriteriendefinition zur Geometrie, Interview in Zürich am 25.02.2016.
- [33] Huss, Wolfgang (2016): Diskussion Klassifizierung Nutzungsdauer, Größenordnung, Kontext, Brandschutz, Schallschutz, Systemtrennung, Ergänzung Energiestandards für Deutschland in Excel-Datei, übermittelt am 22.02.2016.
- [34] Lamster, Jörg (Durable)(2016): Feedback Klassifizierung Kriterium Nachhaltigkeit, Telefonat am 24.11.2016.
- [35] Lattke, Frank (2016): Feedback Kriteriendefinition (Tragsystem, Lastabtragung, Spannweiten, Aussteifung, Verbindungen, Oberflächen), E-Mail vom 01.04.2016.
- [36] Naef, Rene (Naef Energietechnik) (2016): Diskussion Komplexität Gebäudetechnik, Interview in Zürich, 15.02.2016
- [37] Niederberger, Peter (Uffer Holzbau): Feedback und Ergänzungen zu Elementgrößen, Geometrie, Tragkonstruktion, Spannweiten und Installationsführung im Excel, übermittelt per E-Mail am 25.02.2016.
- [38] Sinniger, Peter; Niederberger Roman (Hector Egger Holzbau) (2016): Relevanz diverser Kriterien (wie Einbauteile, Systemtrennung, Toleranzen bei Hybridbau, etc.); Interview in Langenthal am 08.06.2016.
- [39] Schuster, Sandra (2017): Angaben gesetzliche Vorschriften und Normen für Deutschland, E-Mail vom 13.03.2017.
- [40] Staller, Heimo (AEE INTEC): Feedback zur Klassifizierung der Kategorien Nachhaltigkeit und Energiestandards in Österreich; E-Mail vom 28.11.2016.
- [41] Stieglmeier, Manfred (2016): Diskussion BIM-Maturity Levels in München am 10.05.2016.
- [42] Uffer Enrico, James Cristallo (2017): Diskussion Praxistauglichkeit der Kriterien im Expertenworkshop in Chur am 24.01.2017.
- [43] Zöllig, Stefan (2016): Feedback und Ergänzung Kriteriendefinition (Lastabtragung, Geometrie, Öffnungen und Durchbrüche). E-Mail vom 29.06.2016
- [44] Zöllig, Stefan (2016): Diskussion Strukturierung Kriterienbeschreibung allgemein und Systemtrennung. Workshop Luzern am 18.06.2016.

### **Diskussionsrunden, Workshops und Konferenzbeiträge**

- [45] Geier, Sonja (2016): Vom Holzbau-Totalunternehmer zum Holz-Bauteam – alternative Vergabemodelle im Holzbau. Vortrag und Tagungsbandbeitrag zu: 22. Internationales Holzbau-Forum (IHF 2016), Prolog III Holzhausbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, 07.12.2016
- [46] Geier, Sonja (2016): Vom Holzbau-Totalunternehmer zum Holz-Bauteam – alternative Vergabe- und Kooperationsmodelle. Vortrag, Poster und Workshop mit Uffer AG und Lignatur AG. Chur, 24.01.2017.
- [47] Geier, Sonja (2016): Auswertung Schweizer Fallbeispiele. Alternative Vergabe- und Kooperationsmodelle. Komplexität in Holzbauprojekten. Vortrag, Poster und Workshop im Expert/innenkreis. Zürich Dübendorf, 27.01.2017.

- [48] Geier Sonja (2016). Komplexität in Holzbauprojekten. 2 Poster am leanWOOD Workshop (intern). Schwarzach, 07.07.2016.
- [49] Geier Sonja (2016). Holzbauprojekt-Profil. Holzbau-Projektprofil Kriterienmatrix. Erkenntnisse Auswertungsraster Komplexitätstool (Version 1). Erkenntnisse Kriterienmatrix Version 2. 5 Poster am leanWOOD-Workshop (intern) in Schwarzach am 06.10.2016.
- [50] Geier Sonja (2016). Anwendungsszenarien Planungsbegleitung/Wettbewerbsjury/Offertlegung. Auswertung der Projektprofile im Vergleich. 4 Poster am leanWOOD-Workshop (intern) in Schwarzach am 19.12.2016.

**Anhang C:**  
**Interviews, Diskussionsrunden und Workshops**

## C1. Interviews und Diskussionsrunden Schweiz<sup>1</sup>

Akteur/in	Interviewende	Interviewpartner/in	Firma/Institution	Ort	Datum
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Stefan Zöllig	Timbatec Holzbauingenieure	Bern	19.01.15
Architekt/in	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Beat Kämpfen, Sigrun Rottensteiner, Yo Wiebel	kämpfen für architektur ag	Zürich	21.01.15
Architekt/in	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Beat Kämpfen, Sigrun Rottensteiner, Yo Wiebel	kämpfen für architektur ag	Zürich	24.02.15
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Andreas Burgherr	Timbatec Holzbauingenieure	Zürich	24.02.15
Architekt/in	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Peter Baumberger, This Keller, Jonathan Roider, Katrin Pfäffli	BS-EMI Architektenpartner AG	Zürich	02.04.15
Holzbauunternehmer/ingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Töna Rauch Marco Affolter	Künzli Holz AG Makiol Wiederkehr AG	Horw	08.04.15
Holzbauunternehmer	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Markus Lienhard	Bächi Holzbau AG	Embrach	10.04.15
Holzbauunternehmer	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Rolf Wagner	Baltensperger Holzbau AG	Seuzach	10.04.15
Architekt	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Harald Echsle; Manfred Keikut	spillmann echsle architekten ag	Zürich	13.05.15
Bauherrschaft	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Erich Rimml Maria Fernandez	BAHOGE	Zürich	19.05.15
Experte (BIM)	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Odilo Schoch	ETH Zürich	Zürich	21.05.15
Bauleitung	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Peter Natterer	Peter Natterer	Zürich	27.05.15
Architektin	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Cornelia Becker	agn over architekten, Mainz	Tel. konferenz	29.05.15
Interessensverband	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Hans-Georg Bächtold	SIA	Zürich	12.06.15
Architektin	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Cornelia Becker	agn over architekten, Mainz	Webmeeting	01.07.15
Holzbauunternehmer	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Peter Niederberger	Uffer Holzbau AG	Tel. konferenz	21.08.15
Architekt	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Marius Brunschwiler	Nüesch&Partner Architekten	Volketswil	01.10.15

<sup>1</sup> Vgl. Geier et al. 2017

Geier, Sonja; Keikut, Frank (2017): Buch 2 – Rahmenbedingungen. Appendix I. In: leanWOOD. Final Report WoodWisdom-Net Projekt leanWOOD (2017). 7 Bände. München, Luzern.

Generalunternehmer	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Stephan Gruber	Corti Total Services AG	Winterthur	16.10.15
Holzbauunternehmer	Sonja Geier R. Zemp (HSLU CCTP)	Rolf Wagner	Baltensperger Holzbau AG	Tel. konferenz	02.11.15
Architekt/in	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Pascal Müller	Müller Sigrist Architekten AG	Zürich	02.11.15
Bauherr	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Marius Baumann	Zurimo "B" Immobilien	Basel	03.11.15
Holzbauunternehmen	Sonja Geier (HSLU CCTP) Wolfgang Huss (TUM)	Xavier Jaffray	XJ Développement (FR)	Webmeeting	05.11.15
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Stefan Schlegel	Makiol Wiederkehr AG	Beinwil am See	06.11.15
Architektin	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Silvia Ruoss	Guagliardi Ruoss Architekten	Tel. interview	14.02.16
HKLS-Planung	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Rene Naef	Naef Energietechnik	Zürich	15.02.16
Holzbauunternehmen	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Marco Fehr	Zehnder Holzbau AG	Winterthur	15.02.16
Experte (BIM)	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Odilo Schoch	Netzwerk Digital Schweiz	Zürich	18.02.16
Rechtsanwalt	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Franz Hess	Hess & Egli Advokatur & Notariatsbüro	Horw	23.02.16
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Andreas Burgherr	Timbatec Holzbauingenieure AG	Zürich	25.02.16
Baumanager	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Marc Henzi	Güntensperger Baumanagement	Zürich	08.03.16
Holzbauunternehmen	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Hugo Keller	Burch Holzbautechnik AG	Sarnen	11.03.16
Holzbauunternehmen	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Urs Egli Edi Schildknecht	Artho Holzbau AG	St. Gallenkappel	21.03.16
Holzbauunternehmen	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Töna Rauch	Künzli Holz AG	Horw	23.03.16
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Stefan Schlegel	Makiol Wiederkehr AG	Beinwil am See	07.04.16
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP) Wolfgang Huss, Manfred Stiegmeier (TUM)	Stefan Zöllig	Timbatec Holzbauingenieure AG	Webmeeting	12.04.16
Holzbauunternehmen	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Martin Bühlmann, Felix Hüsser	Bühlmann Holzbau AG	Schlieren	20.04.16
Architektin (NL)	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Ditte Rode	Mangor & Nagel Architektenfirma (NL)	Webmeeting	19.05.16

Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Stefan Zöllig	Timbatec Holzbauingenieure	Zürich	03.05.16
Holzbauingenieur	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Stefan Grüter	Pirmin Jung Ingenieure	Rain	04.05.16
Holzbaununternehmen (AT)	Sonja Geier (HSLU CCTP) Wolfgang Huss, Manfred Stiegmeier (TUM)	Kilian Röck	Kaufmann Bausysteme	Reuthe (AT)	17.05.16
Holzbaununternehmer	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Peter Sinniger, Roman Niederberger	Hector Egger Holzbau	Laufen- burg	08.06.16
Bauherr	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Jürg Grob	Stiftung PWG	Zürich	06.07.16
Rechtsanwältin	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Claudia Schneider Heusi	Schneider Rechtsanwälte	Tel. inter- view	13.07.16
Interessensvertr.	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Christoph Starck	Lignum Holzwirtschaft Schweiz	Zürich	07.09.16
Bauherrschaft	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Friederike Pfromm	Stadt Luzern	Luzern	19.09.16
Interessensvertr./Rechtsanwältin	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Bianca Neubauer	Holzbau Schweiz	Zürich	28.09.16
Bauingenieurin (NL)	Sonja Geier (HSLU CCTP) Sandra Schuster (TUM)	Lidewij Tummers	TU Delft	Webmee- ting	05.10.16
Versicherungswesen	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Alfred Steiner, Hr. Hefti	Zurich Versicherung	Root	25.10.16
Architekt (NL)	Sonja Geier (HSLU CCTP) Sandra Schuster (TUM)	Menno Rubens	CEPEZED Systems	Webmee- ting	26.10.16
Architekt (NL)	Sonja Geier (HSLU CCTP) Sandra Schuster (TUM)	Twan Verheijen	SBH	Webmee- ting	08.11.16
Architekt (AT)	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Christian Andexer	Christian Andexer Architekt	Tel. inter- view	18.11.16
Architekt (AT)	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Werner Nussmüller	Nussmüller Architekten ZT GmbH	Webmee- ting	18.11.16
Holzbaununternehmen (AT)	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Christof Müller	Weissenseer Holzbau	Webmee- ting	23.11.16
Experte Nachhaltigkeit	Sonja Geier (HSLU CCTP)	Jörg Lamster	Durable Planung und Bera- tung GmbH	Tel. inter- view	23.11.16

## C2. Workshops im D-A-CH-Raum<sup>2</sup>

Bezeichnung	WS Teilnehmende	Ort	Datum
Arbeitstreffen Waldstatt	Wolfgang Huss (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten), Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure), Ralph Schläpfer (Lignatur AG), Sebastian Hernandez (Gumpp&Maier), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Waldstatt (CH)	23.10.14
DACH-Workshop	Wolfgang Huss (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten), Enrico Uffer (Uffer Holzbau AG), Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure), Stefan Müller (Müller Holzbau AG), Marco Affolter (Makiol Wiederkehr AG), Ralph Schläpfer (Lignatur AG), Marco Thomas (Flumroc AG), Franz Kainz (Flumroc AG), Sebastian Hernandez (Gumpp&Maier), Alexander Gumpp (Gumpp&Maier), Konrad Merz (merz kley partner ZT GmbH), Johannes Kaufmann (Johannes Kaufmann Architektur), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Flums (CH)	21.01.15
Workshop Kalkbreite	Hermann Kaufmann (TUM), Stefan Winter (TUM), Wolfgang Huss (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten), Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure), Alexander Gumpp (Gumpp&Maier), Sebastian Hernandez (Gumpp&Maier), Maximilian Schlehlein (Gumpp&Maier), Yrsa Crohnjort (Aalto), Jean-Luc Kouyoumji (FCBA), Anne-Laure Levet (FCBA), Tomi Toratti (Wood Working Industries), Sirje Vares (VTT), Reinhard Wiederkehr (Makiol Wiederkehr AG), Marco Affolter (Makiol Wiederkehr AG), Beat Kämpfen (Kämpfen für Architektur AG), Sigrun Rottensteiner (Kämpfen für Architektur AG), Pascal Müller (Müller Sigrist Architekten), Mark Zimmermann (EMPA), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Zürich (CH)	19.01.16
Fertighausbau heute	Bernd Höfferl (Elk), Peter Schutte (fine concept), Wolfgang Huss (TUM), Manfred Stieglmeier (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten)	Erkheim (DE)	17.05.16
Schwarzach I	Hermann Kaufmann (TUM), Wolfgang Huss (TUM), Manfred Stieglmeier (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten), Stefan Zöllig (Timbatec Holzbauingenieure), Alexander Gumpp (Gumpp&Maier), Sebastian Hernandez (Gumpp&Maier), Anton Kaufmann (Kaufmann Bausysteme), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Schwarzach (AT)	07.07.16
Schwarzach II	Hermann Kaufmann (TUM), Sandra Schuster (TUM), Manfred Stieglmeier (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten), Stefan Zöllig (Timbatec), Alexander Gumpp (Gumpp&Maier), Maximilian Schlehlein (Gumpp&Maier), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Schwarzach (AT)	06.10.16
Schwarzach III	Hermann Kaufmann (TUM), Sandra Schuster (TUM), Manfred Stieglmeier (TUM), Frank Lattke (lattkearchitekten), Stefan Zöllig (Timbatec), Bernd Kraus (team gmi), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Schwarzach (AT)	16.12.16

<sup>2</sup> Geier et al. 2017

Expertenworkshop Chur	Enrico Uffer (Uffer Holzbau AG), James Cristallo (Uffer Holzbau AG), Ralph Schläpfer (Lignatur AG), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Chur (CH)	24.01.17
Expertenworkshop Zürich	Marco Affolter (Makiol Wiederkehr AG), Stefan Müller (Müller Holz- bau AG), Beat Kämpfen (Kämpfen für Architektur AG), Marc Henzi (Güntensperger Baumanagement), Dr. Peter Schwehr (HSLU CCTP), Sonja Geier (HSLU CCTP)	Düben- dorf (CH)	27.01.17