

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

**BIMwood - Entwicklung von Building Information Modeling basierten
Lösungen für projektbezogene Kooperation in der Wertschöpfungskette
vorgefertigter Holzbauten**

Zuwendungsempfänger:

**Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
Lehrstuhl für Architektur und Holzbau, Prof. Stephan Birk
(Prof. Hermann Kaufmann bis 31.03.2021)**

Projektleitung:

**Lehrstuhl für Architekturinformatik, Prof. Dr. Frank Petzold
(Lehrstuhl für Entwerfen und Holzbau, Prof. Hermann Kaufmann
bis 31.03.2021)
Arcisstraße 21
80333 München**

Förderkennzeichen:

22031118

Laufzeit:

01.08.2019 bis 31.07.2022 (Verlängerung bis 28.02.2023)

Monat der Erstellung:

02/2023

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft**

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung.....	VII
Abstract.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 BIM und Holzbau	4
2.1 Grundlagen BIM	4
2.2 Vorprojekt Holz&BIM	9
2.3 BIM und leanWOOD	11
2.3.1 Vorgezogene Detailtiefe und Umstrukturierung der Prozesse.....	11
2.3.2 Projektverständnis und interdisziplinäre Zusammenarbeit	12
2.3.3 Gleiche Darstellungstiefe der Planungsbeteiligten	12
2.3.4 Erhalten der Informationen über alle Leistungsphasen	12
2.4 Analyse von BIM-Handbüchern zu BIM-Zielen und Anwendungsfällen.....	15
3 Projektmanagement	17
3.1 Auftraggeberinformationsanforderungen AIA	17
3.2 AIA-Checkliste für Holzbauprojekte.....	19
3.2.1 Inhalt und Geltungsumfang einer AIA	19
3.2.2 BIM-Ziele	21
3.2.3 BIM-Anwendungsfälle	21
3.3 BIM-Management	23
3.4 BIM-Abwicklungsplan BAP	25
4 Rollen und Kompetenzen.....	29
4.1 Planungskultur und Kooperation	29
4.2 Rollen und Verantwortlichkeiten.....	32
4.2.1 BIM-Management (Informationsmanagement)	32
4.2.2 BIM-Gesamtkoordination (Informationskoordination / BIM-Koordination)	32
4.2.3 Objektplanung (Architektur)	32
4.2.4 Holzbauplanung	33
4.2.5 Tragwerksplanung	33
4.2.6 TGA-Planung (Technische Gebäudeausrüstung)	33
4.2.7 Bauphysik (Wärme- und Schallschutz)	33
4.2.8 Holzbauunternehmen	34
4.3 Holzbaukompetenz	35
4.3.1 Allgemeine Holzbaukompetenz.....	35
4.3.2 Holzbaukompetenz der Planenden	35
4.3.3 Prozessspezifische Holzbaukompetenz.....	36
4.3.4 Prozessspezifische Holzbaukompetenz aus der Sicht des Holzbauingenieurs/Holzbauplaners	36
4.3.5 Fazit.....	37

5	BIMwood-Referenzprozess.....	38
5.1	Bedarfsplanung	41
5.2	Prozess Grundlagenermittlung und Vorplanung.....	42
5.3	Referenzablauf Entwurfsplanung	46
5.3.1	Arbeitsmodell(e)	47
5.3.2	Leitmodell	49
5.3.3	Übergabemodell Entwurfsplanung	52
5.4	Ausführungsplanung.....	52
5.5	Übergabe Planungsergebnis an Holzbauunternehmen	54
6	Modellierung.....	55
6.1	Konstruktionen im Holzbau	56
6.1.1	Begriffsbestimmungen für mehrschichtige Bauteile	56
6.1.2	Anforderungsprofil Bauteilbibliotheken.....	58
6.2	Mock-up Modelle - Prozessorientierte Modellierung im Holzbau	59
6.3	3-Schichten-Modell und Tragwerksmodell	66
6.4	Mock-up „Schnittstelle Holzbau“ – von der Planung zum Holzbauunternehmen.....	68
6.4.1	Modellierungsvorschlag	68
6.4.2	Werk- und Montageplanung	70
7	Informationsmanagement und Attribuierung.....	72
7.1	Mock-up „Informationen“ – BIMwood Informationsaustauschanforderungen.....	74
7.2	Merkmalliste	76
8	Einordnung und Ausblick.....	84
8.1	Grenzen der Software, heute und zukünftige Anforderungen.....	84
8.1.1	Überblick	84
8.1.2	Defizite	85
8.1.3	Empfehlungen	86
8.2	Resümee und Ausblick	90
	Literaturverzeichnis.....	91
	Abbildungsverzeichnis.....	94
	Tabellenverzeichnis.....	96

Projektleitung:

Lehrstuhl für Architekturinformatik, Prof. Dr. Frank Petzold

Lehrstuhl für Architektur und Holzbau, Prof. Stephan Birk

Projektbearbeitung:**TUM – Lehrstuhl für Architektur und Holzbau**

Dr.- Ing. Sandra Schuster

Johanna Arnold M. Eng.

Manfred Stieglmeier M. Eng. (bis 28.02.2021)

Studentische Hilfskräfte:

Selina Möbius B.A. (01.12.2021 bis 28.02.2023)

Maximilian Jost B.A. (01.05.2020 bis 01.04.2021)

Constantin Maas B.A. (01.04.2021 bis 01.01.2022)

TUM – Lehrstuhl für Architekturinformatik

Dipl. Ing. Julia Behm

Dipl. Ing. Katja Breitenfelder (bis 31.10.2021)

Dipl.- Ing. Anne Niemann (Lektorat)

Autor:innen

Johanna Arnold M. Eng., Lehrstuhl für Architektur und Holzbau

Dipl. Ing. Julia Behm, Lehrstuhl für Architekturinformatik

Dr.- Ing. Sandra Schuster, Lehrstuhl für Architektur und Holzbau

Kapitelautoren: F. Lattke, G. Prause, M. Teutsch (s. Projektpartner:innen)

Praxispartner:innen

AEC3 Deutschland GmbH (Dipl.-Ing. Kerstin Hausknecht Architektin, Maximilian Teutsch B.Eng. MBA, Autor Kapitel 3.1)

Gumpp & Maier GmbH (Alexander Dengl B.Eng., Benjamin Schwitz B.Eng.)

IBF Ingenieurgesellschaft mbH (Andreas Glatz)

lattke Architekten (Dipl.-Ing. Frank Lattke, Architekt, Autor Kapitels 4.1)

Prause Holzbauplanung (Gerd Prause, Autor Kapitel 4.3.4)

Kurzfassung

Das Forschungsprojekt BIMwood befasst sich mit der Entwicklung von Building Information Modeling basierten Lösungen für projektbezogene Kooperationen bei der Planung vorgefertigter Holzbauten.

Ein wichtiger Impulsgeber für die Digitalisierung im Bauwesen ist Building Information Modeling (BIM). Der Begriff "Construction 4.0" wird in der Baubranche verwendet analog zu "Industrie 4.0" und basiert auf der Digitalisierung der Bauwirtschaft einerseits und der Industrialisierung der Bauprozesse andererseits. Diese Themen werden im Bereich der Fertigung vorgefertigter Holzbauten partiell, aber noch nicht durchgängig in einer digitalen Kette umgesetzt. Die Produktion ist geprägt von einem hohen Grad der Off-Site-Fertigung. Ein Hindernis stellt der nicht standardisierte Datenaustausch zwischen den beteiligten Planenden und dem Austausch mit dem ausführenden Unternehmen dar, der mit hohem Informationsverlust und Mehrarbeit verbunden ist. Der vorgefertigte Holzbau weist eine hohe Anzahl an vielschichtigen Bauteilaufbauten auf, die zu einem höheren Komplexitätsgrad der Bauweise im Vergleich zu mineralischen Bauweisen führen. Bislang ist der Einsatz von BIM vorwiegend auf die (Planungs-)Prozesse des mineralischen Bauens abgestimmt und berücksichtigt die spezifischen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus nicht. Der höhere Komplexitätsgrad der Bauteilaufbauten und das Prinzip der Vorfertigung verlangen bereits in frühen Planungsphasen Entscheidungen und Festlegungen, welche geometrischen und alphanumerischen Informationen zu welchem Zeitpunkt in das semantische Datenmodell eines Holzbauprojekts einfließen.

BIMwood führt zunächst die besonderen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus an und entwickelt im weiteren Schritt Lösungsansätze für unterschiedliche Themenfelder eines holzbauspezifischen BIM Prozesses. Die Erarbeitung des BIMwood Referenzprozesses erfolgt analog den etablierten Planungsphasen auf Grundlage eines simulativen Methodenansatzes unter Betrachtung von zwei Ebenen: die deskriptive Ebene beschreibt die strukturierten multidisziplinären Daten, die prozessuale Ebene beschreibt die Austauschprozesse im Kontext der zugewiesenen Rollen und Verantwortlichkeiten. Ergänzend werden Grundlagen für das Erstellen der 3D Fachmodelle hinsichtlich geometrischer Anforderungen erarbeitet (Modellierung) sowie die Anforderungen an die Modelle bezüglich der notwendigen Daten in den Bauteilen geklärt. Die vorgeschlagenen Lösungen bieten somit die Grundlage für die Erarbeitung einer Umsetzungsstrategie in einem realen Projekt zur Verbesserung des Datenaustauschs zwischen Planern und Ausführenden und schließt die Prozesskette von der Planung bis zur Fertigung.

Abstract

BIMwood is a research project that focuses on the development of Building Information Modelling-based solutions for project-related cooperation for the design of prefabricated timber structures.

Building Information Modeling (BIM) is an important driver of digitalisation in the construction industry. In the construction industry, the term "Construction 4.0" is used in analogy to "Industry 4.0". It is based on the digitalisation of the construction industry on the one hand and the industrialisation of construction processes on the other. These ideas have been partially implemented in the production of prefabricated timber buildings, but not yet universally in a digital chain. Production is characterised by a great proportion of off-site manufacturing. One obstacle is the fact that the data exchange between the planners involved is not standardised and, subsequently, the exchange with the company carrying out the work entails considerable loss of information and additional work. Prefabricated timber construction comprises a large number of multi-layered component assemblies, which lead to a higher degree of complexity in the construction method compared to mineral construction. So far, the use of BIM has been predominantly adapted to the (planning) processes of mineral construction and does not take into account the specific requirements of prefabricated timber construction. The greater complexity of component assemblies and the principle of prefabrication require decisions and specifications to be made in early planning phases as to which geometric and alphanumeric information needs to be included in the model of a timber construction project and by when.

BIMwood first identifies the special requirements for prefabricated timber structures and in the next step develops solutions for a range of aspects in a timber construction-specific BIM process. The BIMwood reference process is developed analogously to the established planning phases on the basis of a simulative methodological approach, which includes two levels of observation: the descriptive level describes the structured multidisciplinary data, the procedural level describes the exchange processes in the context of the assigned roles and responsibilities. Furthermore, the basics for the creation of 3D models are devised with regard to geometric specifications (modelling), and the demands on the models are clarified concerning the necessary component data. The proposed solutions thus provide the basis for developing an implementation strategy in a real project to improve data exchange between planners and contractors to complete the process chain from planning to production.

1 Einleitung

Der moderne Holzbau unterscheidet sich durch seinen hohen Vorfertigungsgrad einerseits und seine höhere Komplexität, bedingt durch vielschichtige Bauteilaufbauten andererseits maßgeblich von den mineralischen Bauweisen. Mit Blick auf die digitale Transformation auf Basis von Building Information Modeling (BIM) als Schlüsseltechnologie in Architecture, Engineering and Construction (AEC) ist der Einsatz von BIM vorwiegend auf die Planungsprozesse der mineralischen Bauweisen abgestimmt und berücksichtigt die spezifischen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus nicht. Im Mittelpunkt der Forschung stand die Weiterentwicklung von Methoden, Werkzeugen und Handeln im vorgefertigten Holzbau zur Verbesserung reibungsloser Planungs- und Datenmanagementprozesse. Vor diesem Hintergrund wurden im Forschungsprojekt BIMwood unterschiedliche Fragestellungen erarbeitet, die zunächst die besonderen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus identifizierten. In einem weiteren Schritt wurden Lösungsansätze für unterschiedliche Themenfelder eines holzbauspezifischen BIM Prozesses entwickelt:

- Optimierte Implementierung von BIM im Planungsprozess für vorgefertigte Holzbauten
- Entwicklung von Handlungsempfehlungen für die BIM-Anwendung für alle am Planungs- und Bauprozess von vorgefertigten Holzkonstruktionen beteiligten Akteur:innen
- Weiterentwicklung und Erweiterung der aktuellen BIM-Methodik und -Technologien im Hinblick auf den industriellen Holzbau

Im Rahmen der Charta für Holz 2.0 (BMEL, 2019) wurden die wesentlichen Ziele des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ des BMEL verfolgt. Im Handlungsfeld „Bauen und Wohnen in Stadt und Land“ wurde im Hinblick auf das Ziel der Steigerung der Holzbauquoten der mehrgeschossige Wohnungsbau im urbanen Kontext als Indikator ausgemacht. Um diesen Prozess maßgeblich zu unterstützen, ist es notwendig, die Planungsmethode BIM im Bereich der Holzbauplanung zu fördern, um die Planungsprozesse zur holzbaugerechten Planung angemessen zu transformieren. Durch die Weiterentwicklung der holzbasierten Prozesskette trägt BIMwood dazu bei, die Wertschöpfungskette Holz zu unterstützen und die Substitution fossiler und nicht nachwachsender Rohstoffe voranzutreiben.

Die Bearbeitung des Forschungsthemas erfolgte an der Technischen Universität München (TUM) und wurde am Department of Architecture von den beiden Lehrstühlen *Architektur und Holzbau* und *Architekturinformatik* mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung durchgeführt. Die Untersuchungsbereiche werden in übergeordneten Themenfelder zusammengefasst.

Teil des Forschungskonsortiums war ein ausgewähltes Team an Praxispartner:innen aus unterschiedlichen Disziplinen, die ihre Erfahrungen in diesem Gebiet zur Verfügung stellen. Das Team der Praxispartner:innen setzte sich wie folgt zusammen:

- AEC3 Deutschland GmbH, BIM-Expert:innen (im Weiteren: AEC3)
- Gump & Maier GmbH, Holzbauunternehmen (im Weiteren: G&M)
- IBF Ingenieure mbH, TGA-Planende (im Weiteren: IBF)
- lattke Architekten, Architekturbüro (im Weiteren: lattkearchitekten)
- Prause Holzbauplanung GmbH & Co. KG, Ingenieurbüro für Holzbauplanung (im Weiteren: Prause HB)

Die von dem Forschungsteam erarbeiteten Ergebnisse wurden unter anderem im Rahmen verschiedener Expert:innenpanels reflektiert, bewertet und validiert. Als Expert:innen wurden Auftraggebende, Planende und ausführende Unternehmen mit Erfahrung in BIM und Holzbau einbezogen:

- Dorothee von Schnakenburg, Betriebsleitung, Vermögen und Bau Baden-Württemberg
- Dipl. Ing. (FH) Architekt Michael Lampe, Technischer Angestellter, Staatliches Hochbauamt Rosenheim
- Dipl. Ing. (FH) Architekt Oliver Sommer, Geschäftsführer, stereoraum Architekten
- Dipl.-Ing. Architekt Markus Lager, Partner bei Lager Schwertfeger Architekten
- Johanna Maria Priebe, Head of BIM, Dietrich Untertrifaller Architekten
- Martin Fischnaller, Geschäftsführer, AJG Ingenieure
- Dominik Hehn, Associate und Head of BIM, knippershelbig
- Florian Willers, Projektleiter, Pirmin Jung Deutschland GmbH
- Dipl.-Ing. (FH) Andreas Fischer, Geschäftsführer und Dipl.-Ing.(FH) Oliver Fried, Leitung Projektvertrieb, Rubner Holzbau GmbH

Ziel des BIMwood-Projektes ist eine optimierte Implementierung von BIM in den Planungsprozess vorgefertigter Holzbauten und darauf aufbauend die Entwicklung von Handlungsempfehlungen für alle am Planungs- und Bauprozess von vorgefertigten Holzkonstruktionen beteiligten Akteur:innen.

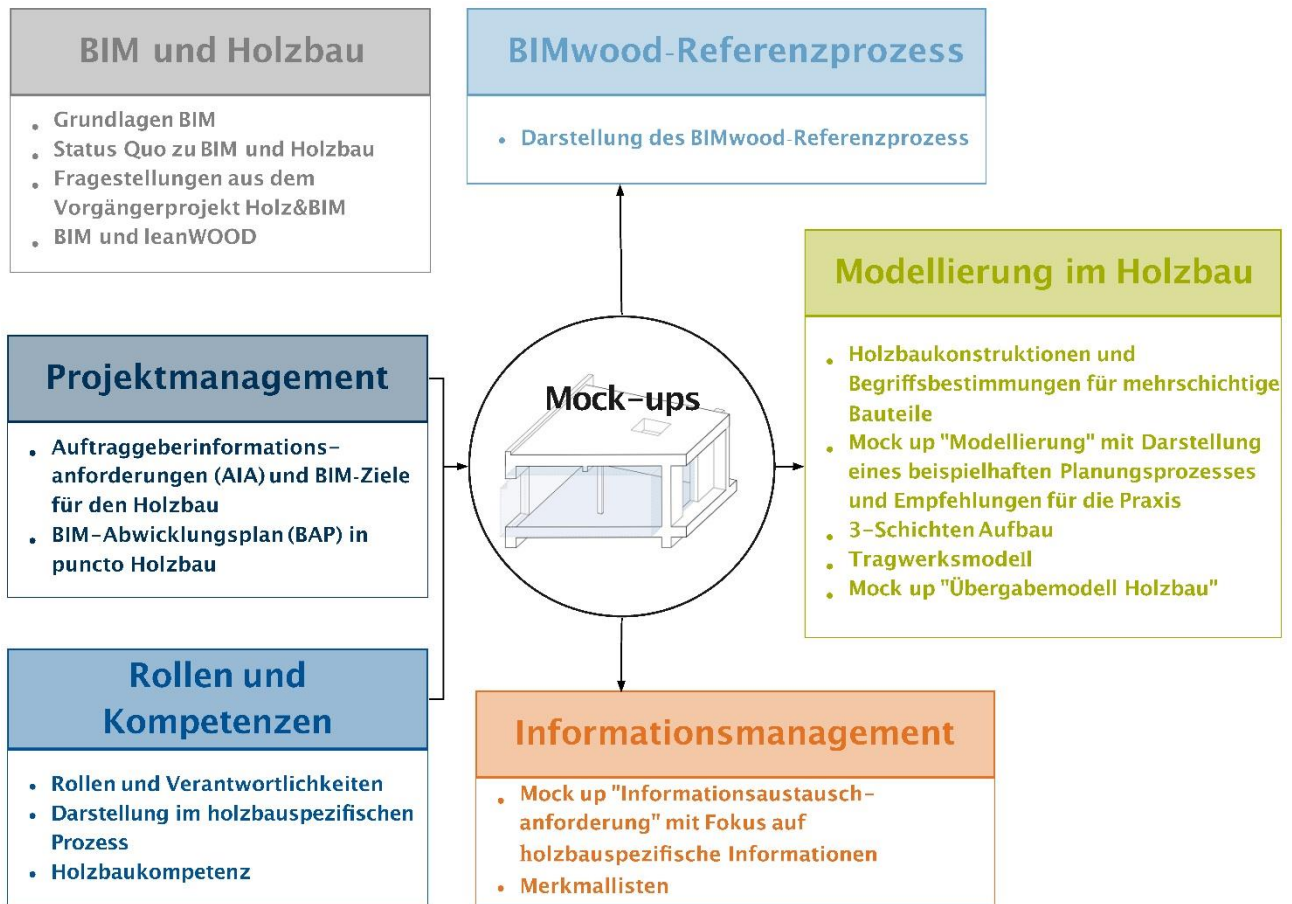


Abbildung 1-1: Themenfelder BIMwood

2 BIM und Holzbau

BIM und Holzbau

2

- Grundlagen BIM
- Status Quo zu BIM und Holzbau
- Fragestellungen aus dem Vorgängerprojekt Holz&BIM
- BIM und leanWOOD

2.1 Grundlagen BIM

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Definitionen im Zusammenhang mit BIM vorgestellt und erläutert. Dem Text liegen Begriffe aus der *VDI 2552 Blatt 2, 2021* und des im bSD Verlag erschienenen Werks in der Reihe *BIM Basics „BIM-Glossar – Erläuterungen der wichtigsten Fachbegriffe des Building Information Modeling“* (Abbaspour et al., 2021) zugrunde.

„Building Information Modeling bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden“ (BMVI, 2017, S. 4). Trotz der inflationären Verwendung des Begriffs BIM ist festzuhalten, dass es sich dabei weder um eine Software noch um ein Werkzeug handelt, sondern um eine Planungsmethode. Der Begriff BIM beinhaltet ein semantisches Datenmodell, das in der Praxis aus mehreren Modellen bestehen kann, die sich über ein Referenzmodell miteinander in Verbindung bringen lassen. Ferner beschreibt BIM den Modellierungsprozess selbst, an dem unterschiedliche Akteur:innen verschiedener Disziplinen teilhaben. „Das Bestreben von BIM ist im Wesentlichen eine strukturierte, nahtlose, modellbasierte Zusammenarbeit verschiedener Beteiligter an einem Bauprojekt und über den Bauprozess hinaus“ (Beetz et al., 2020, S. 509–512). Das Vorziehen von Planungsentscheidungen in frühere Planungsphasen haben der moderne Holzbau die Planungsmethode BIM gemeinsam.

Im Mittelpunkt der Anwendung von BIM steht das Bauwerksmodell, oder auch Bauwerksinformationsmodell. „Ein Bauwerksinformationsmodell (Building Information Model) ist ein digitales Modell aus geometrischen und nicht geometrischen, jedoch strukturierten Daten, das sich aus mehreren Fach- und Teilmodellen zusammensetzen kann und der Dokumentation eines Bauwerks dient“ (VDI 2552 Blatt 7, 2020, S. 3). In Anlehnung an die Allgemeine Modelltheorie von Stachowiak (Stachowiak, 1973, S. 131) ist ein Modell eine vereinfachte Abbildung eines realen oder zu planenden Bauwerks. Im BIM Kontext wird ein Bauwerk durch Datenmodelle (Bauwerksinformationsmodelle) repräsentiert. In einem Bauwerksinformationsmodell werden nicht alle Attribute des realen oder zu planenden Bauwerks erfasst, sondern nur die für die Modellerstellenden oder Modellnutzenden relevanten. Modelle erfüllen eine Ersetzungsfunktion. Im Kontext der Definition von Modellen müssen folgende Fragen beantwortet werden:

Für wen? (für bestimmte Subjekte)
Wann? (innerhalb bestimmter Planungsphasen)
Wozu? (Zweckgebundenheit)

Die Berücksichtigung dieser Fragestellungen bei der Erstellung von Modellen ermöglicht eine zielgerichtete kollaborative Zusammenarbeit innerhalb des Planungsteams (Auftragnehmende) sowie einen optimierten Austausch mit den Auftraggebenden.

„Durch die Anwendung der BIM-Methodik in einem Projekt streben Auftraggebende (AG) in der Regel an, Projektziele effizienter und mit größerer Sicherheit zu erreichen. Wie diese Projektziele durch BIM unterstützt werden sollen, wird üblicherweise vom AG in den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und im BIM-Abwicklungsplan (BAP) der Auftragnehmenden (AN) spezifiziert“ (VDI 2552 Blatt 11.1, 2021).

Mit den AIA legen Auftraggebende Ziele fest, die durch die Anwendung von BIM für ein Projekt erreicht werden sollen bzw. welche Anforderungen in einem Projekt berücksichtigt werden sollen. In Tabelle 2-1 werden Beispiele aufgeführt. Wünschen Auftraggebende beispielsweise eine höhere Qualitätssicherung in der Bauausführung, so kann mit einem modellbasierten Mängelmanagement ein verbesserter Soll-Ist-Abgleich stattfinden. Darüber hinaus kann unter anderem durch die Nutzung einer Kollaborationsplattform (CDE – common data environment) eine konsistente Dokumentation gewährleistet werden. Aus den Projektzielen werden die Anforderungen an die Auftragnehmenden formuliert, welche im Rahmen der Leistungserbringung unter der Verwendung von Building Information Modeling berücksichtigt werden müssen. Um die Beschreibung von BIM-basierten Leistungen zu vereinfachen, werden die vom AN zu erbringenden Prozesse zur Umsetzung der BIM-Methodik in BIM-Anwendungsfällen (BIM-AwF) in standardisierter Form zusammengefasst.

Übergeordnete Projektziele	BIM-Ziele	BIM-Anwendungsfälle
Qualitätssicherung der Bauausführung	Verbesserter Soll-Ist-Abgleich	- modellbasiertes Mängelmanagement - modellgestützte Qualitäts-Checklisten
Konsistente Dokumentation	Optimierung der Dokumentations- und Revisionsunterlagen	- Nutzung eines CDE (Common Data Environment) - Erstellen eines As-Built-Models - Attribuierung gemäß den Vorgaben der AIA

Tabelle 2-1: Beispiele für den Zusammenhang von Projektzielen, BIM-Zielen und BIM-Anwendungsfällen (VDI 2552 Blatt 10, 2021)

Um ein Projekt mit der BIM-Methode durchzuführen, ist die Planung des Projektinformationsmanagements erforderlich. Dazu wird ein spezifischer BIM-Abwicklungsplan (BAP) erstellt. Dieser beschreibt mit einem Referenzablauf (vgl. Kapitel 3.4) die Prozesse und den Informationsaustausch. Dabei werden Meilensteine für den Austausch mit den Anforderungen an den jeweiligen Informationsgehalt festgelegt. Der BAP kann je nach Projektphase überarbeitet und angepasst werden. (VDI 2552 Blatt 1, 2020)

Der in BIMwood definierte Referenzprozess (vgl. Kapitel 5) stellt einen möglichen Ablauf für die Einbindung der BIM-Methode in einem Projekt dar. Der vorgeschlagene Referenzprozess kann somit als Grundlage für die Strukturierung eines spezifischen Projektes verwendet und adaptiert werden.

In allen Phasen eines Bauprojekts werden durch die Projektbeteiligten Informationen generiert, verfügbar gemacht und wiederverwendet. Die Spezifikationen dieser Informationen, die von einer bestimmten Rolle (vgl. Kapitel 4.2) zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem BIM-Prozess benötigt werden, können mit den Informationsaustauschanforderungen (IAA) beschrieben werden. Um automatisiert prüfen zu können, ob diese Informationen in einem BIM-Modell enthalten sind, werden sie in einer Model View Definition (MVD) beschrieben. Die MVD definiert ein Datenmodell oder eine Teilmenge eines existierenden Datenmodells, das für die Unterstützung von einer oder mehreren Datenaustauschanforderungen erforderlich ist (VDI 2552 Blatt 11.1, 2021). Die grundlegenden Komponenten zur Entwicklung eines Bauwerksmodells werden in Abbildung 2-1 dargestellt.

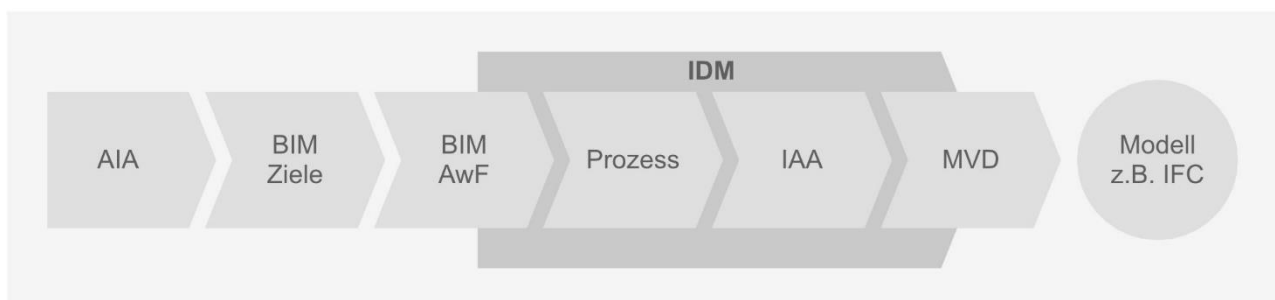
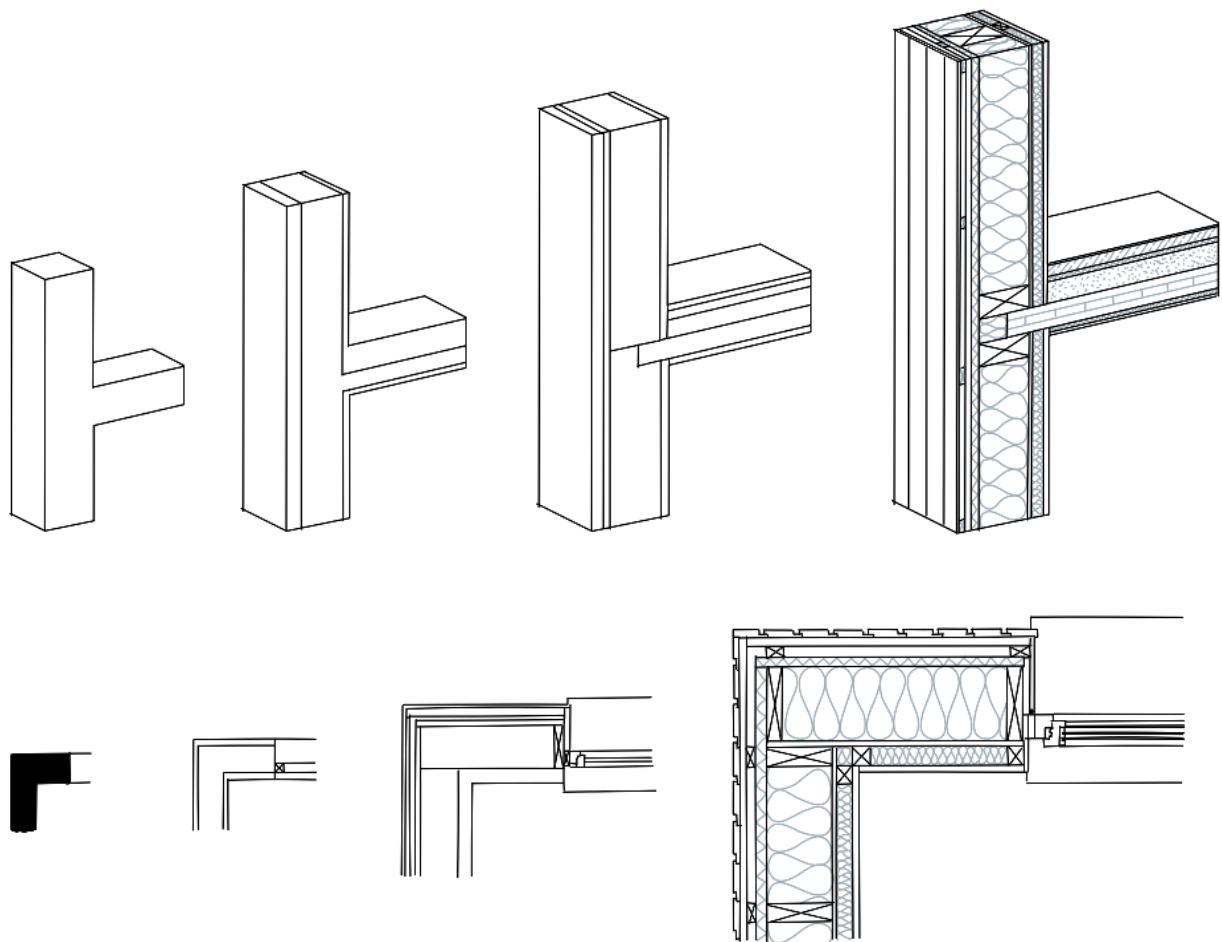


Abbildung 2-1: Grundlegende Komponenten zur Entwicklung eines Bauwerksmodells (nach VDI 2552 Blatt 11.1, 2021)

Der Informationsaustausch spielt eine entscheidende Rolle bei der Projektrealisierung mittels der BIM-Methode mit durchgängiger Verwendung digitaler Bauwerksmodelle über den gesamten Lebenszyklus. „Für die Umsetzung von BIM-basierten Projekten und den damit verbundenen kollaborativen Prozessen sind digitale Kollaborationsplattformen sehr gut geeignet“ (Preidel et al., 2021, S. 335). „Eine Kollaborationsplattform (Common Data Environment, CDE) ist zentrales System zur Organisation, Sammlung, Auswertung, Koordination, Archivierung und Bereitstellung von digitalen Daten für alle Projektbeteiligten“ (VDI 2552 Blatt 2, 2021, S. 4). „Fertigstellungsgrade (englisch: level of development – LOD), beschreiben zum einen den geforderten Modellinhalt und zum anderen die Zuverlässigkeit, Vollständigkeit und Konkretheit der übermittelten Modellinformationen.“ (VDI 2552 Blatt 4, 2020, S. 12). Wie bei der konventionellen zeichenbasierten Planung folgt das jeweilige LOD dem Maßstab der Planung vom Groben ins Feine. Dabei werden im LOD die geometrischen Inhalte und der Informationsinhalt der Bauteile in den Modellen beschrieben und in den AIA und im BAP vor dem Beginn der Planung definiert.

„Das Level of Geometry (LoG) beschreibt den geometrischen Detaillierungs- und Fertigstellungsgrad. Das Level of Information (LoI) beschreibt den alphanumerischen Detaillierungs- und Fertigstellungsgrad.“ (VDI 2552 Blatt 4, 2020, S. 12). Beide Aspekte – LoG und LoI – werden je nach Zielsetzung und Anwendungsfall in unterschiedlichen Tiefen im Modell ausgearbeitet und ergeben als Einheit das vollständige LOD.

Nachfolgende Abbildung 2-2 zeigt beispielhaft verschiedene Fertigstellungsgrade einer Außenwand in Holzbauweise mit der Entwicklung von einer einfachen zu einer detaillierten Darstellung mit ausführlichen Informationen. Zunächst wird das Bauteil im LOD 100 als einschichtiges Element mit der Information „Wand“ modelliert. In der weiteren Planung wird die Wand detailliert. Es werden Tragschicht sowie innere und äußere Bekleidungsschicht festgelegt und im LOD 200 als Außenwand abgebildet (Abbildung 2-2). Die Informationsdichte wird im Planungsfortschritt je nach Informationsanforderung des Modells vertieft (vgl. Kapitel 7). Das LOD 400 beinhaltet die Modellierung in exakter Form, Größe, Lage und Darstellung. Konstruktive Details sind vollständig modelliert. Im Holzbau wird das Modell der Werkstattplanung der Holzbauunternehmen in dieser Tiefe ausgearbeitet. Weitere Informationen werden in Kapitel 6 Modellierung dargestellt.



	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400
LoG	Bauteil	Bauteil + Element	Bauteil + Element + Teilelement	Bauteil + Element + Teilelement + Komponenten
LoI	<i>Orientierung</i> <i>Material</i> ...	<i>Name</i> <i>Geschoss</i> <i>Quantitäten</i> ...	<i>Wandaufbau</i> ...	...

Abbildung 2-2: beispielhafte Abbildung zu Fertigstellungsgraden einer Außenwand (nach Kaufmann et al., 2017a, S. 13)

2.2 Vorprojekt Holz&BIM

Vor Beginn des Forschungsprojekts BIMwood erfolgte eine Untersuchung im Rahmen einer Vorstudie. Ziel der Vorstudie Holz&BIM (*Kaufmann et al., 2020*) war eine Standortbestimmung: es wurden Defizite und Hemmnisse identifiziert, die der Verbreitung von BIM im Holzbau im Weg stehen. Darüber hinaus wurden die Anforderungen von Planen und Bauen mit Holz identifiziert und beschrieben. Die Durchführung der Studie erfolgte im Zeitraum September 2018 bis Juli 2019. Für die Studie wurden qualitative und quantitative Forschungsmethoden kombiniert: Mittels zweier standardisierter Online-Umfragen mit thematisch strukturierten Fragebögen wurde der Status Quo der Anwendung von BIM in der Holzbaubranche untersucht und quantitativ beschrieben. Die beiden Umfragen wurden zielgruppengerichtet, sowohl für Planende als auch für Ausführende verfasst und an Teilnehmende auf Bundesebene adressiert. In einem weiteren Schritt wurde anhand von Expert:inneninterviews ein tieferer Einblick in die BIM-Anwendungskultur der verschiedenen Akteur:innen aus der Planung und der Praxis herausgearbeitet, sowie Hemmnisse und Anforderungen identifiziert. Die Auswertung der Umfragen und Interviews ergibt unterschiedliche Erkenntnisse, die im Folgenden zusammengefasst sind. Grundlage hierfür ist der Schlussbericht der Studie Holz&BIM (*Kaufmann et al., 2020*).

Die Untersuchungen zeigen, dass die Nutzung von Building Information Modeling (BIM) und die damit verbundene Veränderung der Planungskultur auch in der Holzbaubranche ankommt. Jedoch wird die volle Anwendung von BIM über den gesamten Lebenszyklus eines Projekts, was der eigentlichen Zielsetzung von BIM entspräche, in der Planung und Fertigung von Holzbauprojekten bislang nicht durchgehend umgesetzt. Die Herausforderungen, die im Rahmen der Studie Holz&BIM identifiziert wurden, sind technisch-wirtschaftlicher, rechtlicher und planungskultureller Natur. Trotz verschiedener Hemmnisse wird das Potenzial der BIM-Methode im vorgefertigten Holzbau von Planern und ausführenden Unternehmen überwiegend positiv bewertet. Der Holzbau hat das Potenzial, eine Vorreiterrolle bei der Digitalisierung im Bauwesen einzunehmen, da die Planungsprozesse für den vorgefertigten Holzbau und BIM-basierte Planungsprozesse ähnlich strukturiert sind. Obwohl Fertigungsprozesse ab der Werkstattplanung bereits digitalisiert und automatisiert sind, besteht bei Planenden noch Nachholbedarf. Kleinere Bürostrukturen scheuen sich oft vor den Investitionen, die mit der Einführung und Anwendung von BIM verbunden sind. Durch die Verbreitung vorwiegend kleiner Bürostrukturen in Deutschland bekommt dieser Aspekt eine wesentliche Bedeutung. Ferner verzögern fehlende Forderungen seitens der Auftraggebenden den Einstieg in das Thema BIM. Das Projekt Holz&BIM schlussfolgert zudem, dass Building Information Modeling (BIM) keine bloße Erweiterung bestehender Planungswerkzeuge darstellt, sondern eine grundsätzliche Umstellung und ein Umdenken in der Arbeitsweise erfordert. Allerdings findet diese Veränderung der Planungskultur nur langsam und in unterschiedlicher Intensität in den Planungsbüros statt. Die Anwendung von BIM-Softwareapplikationen steht dabei oftmals mehr im Vordergrund als die Veränderungen der Prozesse. In den Schlussfolgerungen der Untersuchung wird betont, dass eine grundsätzlich neue Denk- und Arbeitsweise in der Projektabwicklung erforderlich ist. Das führt unter anderem dazu, dass Ausbildungsinhalte angepasst werden müssen. Weitere Erkenntnis des Forschungsprojekts Holz&BIM ist, dass große die Anwendungskompatibilität der

unterschiedlichen Softwareapplikationen innerhalb der verschiedenen Disziplinen eine große Herausforderung darstellt. An dieser Stelle ist die Softwareindustrie angehalten, an Verbesserungen zu arbeiten. Diese beinhalten holzbauspezifischen Anforderungen zu integrieren und dabei sowohl die Übergabe die ausführenden Unternehmen (Maschinenansteuerung) als auch die dafür notwendigen Inhalte zu berücksichtigen. Der im Forschungsprojekt nicht weiter fokussierte internationale Vergleich zeigt, dass Deutschland in Bezug auf Planungsleistungen Nachholbedarf hat. Während in der Schweiz und den Niederlanden der Datenaustausch und konkrete Anforderungen in Bezug auf BIM bereits etabliert sind, befinden sich die Standards in Deutschland noch ganz am Anfang.

2.3 BIM und leanWOOD

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts leanWOOD (*Kaufmann et al., 2017b*) finden weit verbreitet Anerkennung in der Branche. Die in leanWOOD empfohlenen holzbauspezifischen Planungsansätze werden im Hinblick auf eine Umsetzung mit der BIM-Methode in diesem Kapitel reflektiert. Dabei beziehen sich die Quellenangaben sowohl auf den Forschungsbericht leanWOOD (*Kaufmann et al., 2017b*) als auch auf die daraus entstandenen Broschüre, welche die wichtigsten Ergebnisse des Forschungsberichts zusammenfasst (*Kaufmann et al., 2017a*).

Die Methodik der Beschreibung folgte einer deduktiven theoriegeleiteten Vorgehensweise durch parallele Analyse und Vergleich von BIM-Literatur (*vgl. Kapitel 2.4*) und bestehenden Forschungsergebnissen aus dem Forschungsprojekt leanWOOD. Die Synergien aus BIM und Holzbau wurden in einem Diagramm dargestellt und dienten im weiteren Forschungsverlauf der Erarbeitung von BIM-Zielen für den Holzbau. Die Validierung der Ergebnisse erfolgte im späteren Verlauf indirekt durch die Expert:innenbefragungen.

2.3.1 Vorgezogene Detailtiefe und Umstrukturierung der Prozesse

In dem Forschungsbericht leanWOOD (*Kaufmann et al., 2017b*) wird beschrieben, dass in der Praxis die spezifischen Belange des Holzbaus wegen fehlender Holzbaukompetenz (*vgl. Kapitel 4.3*) oft nicht ausreichend integriert werden. Diese Integration ist notwendig, um eine optimierte Planung entstehen zu lassen. „Der Normalfall ist vielmehr eine »Re-Design«-Phase: Nach erfolgter Vergabe kommt es häufig zur Umplanung durch die Holzbauunternehmen, welche die Planung an die Erfordernisse des vorgefertigten Holzbaus und an die jeweiligen Firmenspezifika anpassen. „In der Folge entsteht vielfach ein unnötiger Zeit- und Kostendruck für das Projekt“ (*Kaufmann et al., 2017, S. 6–7*). Darüber hinaus ist bei der Planung vorgefertigter Holzbauten eine vertiefte Ausarbeitung zu einem frühen Zeitpunkt notwendig. Eine detaillierte Ausarbeitung relevanter Detaillösungen muss bereits im Rahmen der Entwurfsphase erfolgen, um einen störungsfreien Planungsablauf zu gewährleisten. Um auf diese holzbauspezifischen Planungsabläufe zu reagieren, wurden im Rahmen von leanWOOD eine Empfehlung erarbeitet, die auf notwendige Festlegungen in bestimmten Planungsphasen hinweist und holzbaugerechte Leistungsbilder auf Grundlage der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) beschreibt (*Kaufmann et al., 2017*).

Das gilt auch für die BIM-Abwicklung: In der holzbauspezifischen BIM-Abwicklung muss die Integration der Holzbaukompetenz berücksichtigt werden. In Abhängigkeit der im Planungsteam vorhandenen Holzbaukompetenz (*vgl. Kapitel 4.2*) und des vorgesehenen Vergabemodells, können Holzbauingenieur:innen, Holzbauunternehmen oder auch Fachberatende für produktionsgerechte 3D-Planung hinzugezogen werden, um vorhandene Wissensdefizite zu kompensieren. Beispielsweise erfolgt eine frühzeitige Überprüfung hinsichtlich der Elementierung der Konstruktion durch die Holzbaukompetenz im Planungsteam am Modell. Ein Elementierungskonzept berücksichtigt die Größe von vorgefertigten Bauteilen hinsichtlich Transport und Montage. Die Unterteilung eines Gebäudes in Elemente hat einen wesentlichen Einfluss auf die Konstruktion und Fügungen von Bauteilen und nicht zuletzt auf die Gestaltung. Änderungen in einem fortgeschrittenen Planungsstadium bedeuten aufwendige Umplanungen und gehen vielfach mit Termin- und Kostenüberschreitungen einher.

2.3.2 Projektverständnis und interdisziplinäre Zusammenarbeit

Das Verstehen und der Austausch von Informationen der Planungsbeteiligten der einzelnen Disziplinen sind Schlüsselaspekte für Projekte im vorgefertigten Holzbau. Hierfür werden zukünftig geeignete Hilfsmittel benötigt, die projektspezifisch die eindeutige Kommunikation unterstützen. Diese notwendige interdisziplinäre Zusammenarbeit ist in der praktischen Umsetzung jedoch weniger weit etabliert als gewünscht (*Kaufmann et al., 2020, S. 8*). Hierfür ist mehr als nur methodische Kompetenz notwendig. Ohne die Bereitschaft der Zusammenarbeit der Mitarbeitenden im Projekt scheitern interdisziplinäre Teams. Auch die eindeutige Kommunikation mit den Auftraggebern in Entscheidungsfindungsprozessen ist wesentlich für einen reibungslosen Prozessverlauf (*Geier, 2018*).

2.3.3 Gleiche Darstellungstiefe der Planungsbeteiligten

Das Forschungsprojekt leanWOOD kommt zu der Erkenntnis, dass die Definition eines Detaillierungsgrads im Holzbau-Planungsprozess in Abhängigkeit der Projektreife das gemeinsame Projektverständnis erleichtert (*Kaufmann et al., 2017a, S. 14*). Die Reduktion notwendiger Informationen erleichtert die Verständlichkeit und Kommunikation im Projektablauf. Die Informationstiefe entwickelt sich mit Fortschreiten des Projekts. Zu Beginn des Projekts ist eine vereinfachte Darstellung ausreichend: Beispielsweise reicht im Vorentwurf oder einem frühen Entwurfsstadium die Darstellung einer mehrschichtigen Wand allein durch deren Außenlinien. Dabei sollte die Wandstärke realistisch gewählt sein und die Gesamtstärke der Schichten berücksichtigen (*Kaufmann et al., 2017a, S. 14*).

Die Vorgabe der LOD (Level of Development) im BIM-Abwicklungsplan (BAP) setzt einheitliche Fertigstellungsgrade für die Planungsbeteiligten für Phasen im BIM-Prozess fest. Die Vorgabe der Spezifikation der Modellinhalte erfordert ein Durchdenken von Geometrie und integrierten Informationen, auf welche die Projektbeteiligten bei der Verwendung des Modells in der jeweiligen Projektphase angewiesen sind. Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden im Kontext des BIMwood-Referenzprozess als optimiertem Prozess für den vorgefertigten Holzbau spezifische Definitionen der LOG (Level of Geometry) und LOI (Level of Information) (*vgl. Kapitel 2.1*) erarbeitet.

2.3.4 Erhalten der Informationen über alle Leistungsphasen

leanWOOD (*Kaufmann et al., 2017a*) beschreibt, dass Kommunikation unter »lean«-Prinzipien auf Wissen und Erfahrung baut, die konstant in den Prozess eingebracht und geteilt werden. Kröger formuliert, allerdings ohne direkten Bezug auf den vorgefertigten Holzbau, dass sich in der Vergangenheit gezeigt hat, dass die Informationsbrüche an den Schnittstellen zwischen Planung, Ausführung und Betrieb häufig eine mangelbehaftete Bauqualität zur Folge haben (*Kröger, 2018*). "Oftmals wird ein GU [Anm. der Verf.: Generalunternehmer] mit der Ausführungsplanung beauftragt, was einen Wechsel der Planenden zwischen Entwurfs-/Genehmigungsplanung und Ausführungsplanung nach sich ziehen kann." (*Kröger, 2018, S. 78*)

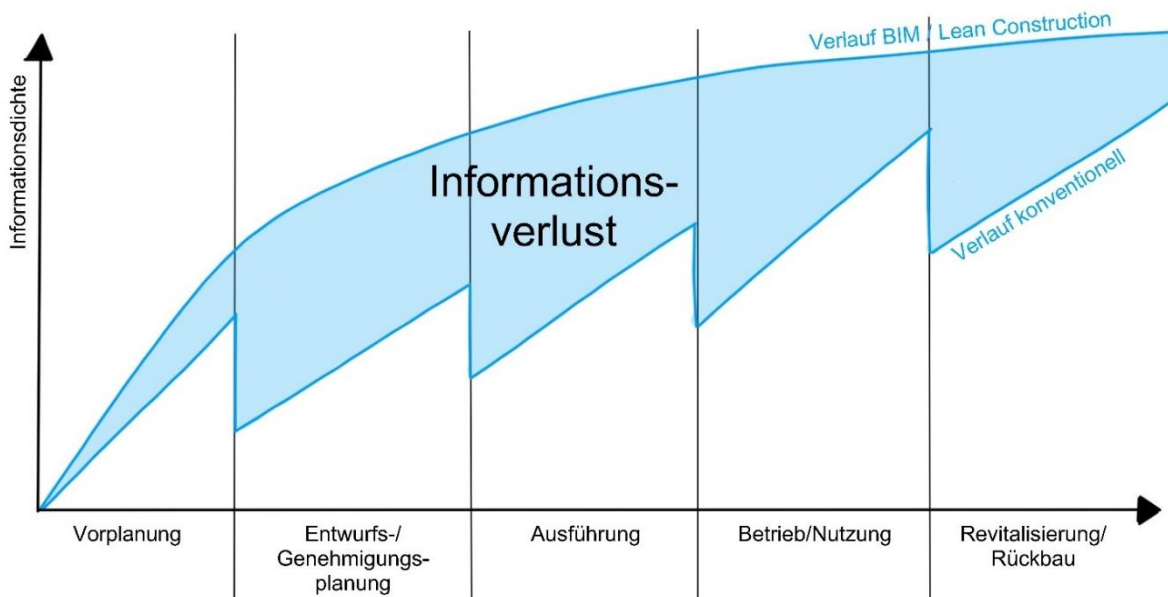


Abbildung 2-3: Informationsverlauf konventionell vs. BIM (nach Kröger, 2018, S. 78)

In den Planungsprozess für den vorgefertigten Holzbau muss frühzeitig Holzbauwissen einfließen, da wesentliche Entscheidungen und Detailtiefen in früheren Planungsphasen erforderlich werden als bei anderen Bauweisen (Kaufmann et al., 2017a, S. 9). Im BIM-Modell und einer gemeinsamen Kollaborationsplattform (Common Data Environment, CDE) können diese Informationen gespeichert und für die weiteren Planungsphasen erhalten werden. Um die Daten nutzbar zu machen, muss zwischen wichtigen und unwichtigen Informationen unterschieden werden. Zudem müssen die Daten leicht verständlich aufbereitet sein. Das bedingt eine Standardisierung des Informationsgehalts unter Berücksichtigung des jeweiligen Anwendungsfalls und der betrachteten Phase für den Holzbau (Kröger, 2018).

Die Abbildung 2-4 fasst die zuvor beschriebenen Synergien der Holzbauplanung und des Building Information Modeling zusammen. Die grün hervorgehobenen Punkte bilden dabei die Planungsschritte ab, die den Holzbau wesentlich von den Planungsprozessen anderer, mineralischer Bauweisen unterscheidet.

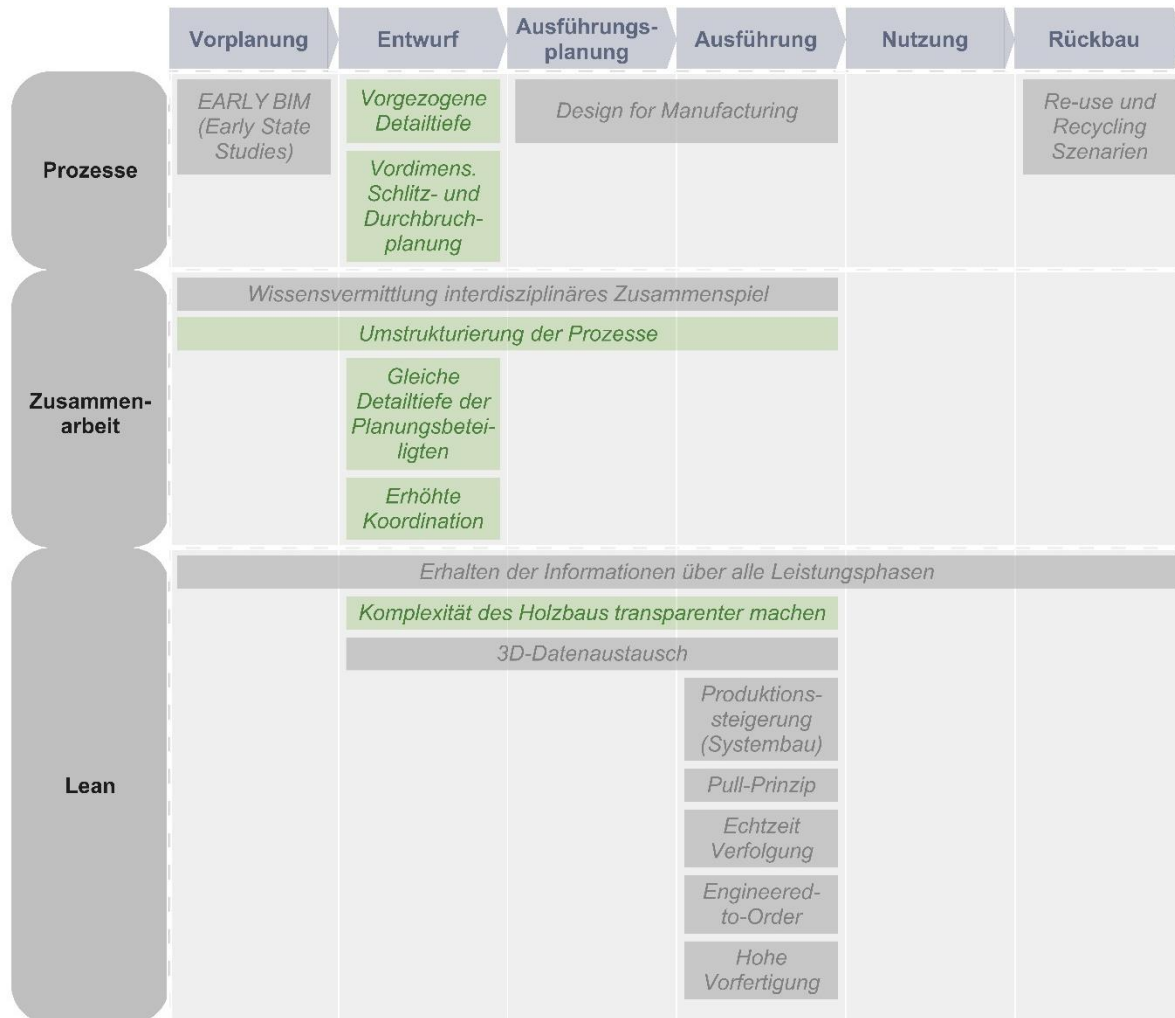


Abbildung 2-4: Chancen und Nutzen von BIM für den Holzbau

Für das Forschungsprojekt BIMwood ergab sich die Fragestellung, wie die Ergebnisse des Forschungsprojekts leanWOOD (Kaufmann et al., 2017) in die konkrete Umsetzung bei Anwendung der BIM-Methode in Holzbauprojekten einfließen können. Aufbauend auf dem Überblick, der in diesem Kapitel dargestellt wird, wurden die holzbauspezifischen Anforderungen der Planung in den BIMwood-Referenzprozess (vgl. Kapitel 5) integriert und spiegeln sich in den Rollen sowie in den Modellierungsvorschlägen und im Informationsmanagement (vgl. Kapitel 6 und 7) wider.

2.4 Analyse von BIM-Handbüchern zu BIM-Zielen und Anwendungsfällen

Eine Analyse von BIM-Handbüchern soll die fehlenden Informationen bzw. Verknüpfungen zur holzbauspezifischen Anwendung von BIM identifizieren. Die Auswahl der Handbücher erfolgte über eine Recherche (Stand 04/2021). Im weiteren Projektverlauf erschienen weitere Handbücher und Broschüren. Im Wesentlichen gab es keine Neuerungen zu den tabellarisch aufgeführten Ergebnissen der Recherche (*Tabelle 2-2*). Für einen wesentlichen Überblick wurden die BIM-Handbücher zunächst hinsichtlich der BIM-Ziele und den daraus resultierenden BIM-Anwendungsfällen verglichen. Folgende Quellen wurden für die Analyse herangezogen:

Basiswissen zu Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) (*Krischler & Mellenthin Filardo, 2020*), Building Information Modelling – Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA und BIM-Abwicklungspläne (BAP) (*VDI 2552 Blatt 10, 2021*), Stufenplan Digitales Planen und Bauen (*BMVI, 2017*), BIM handbook (*Sacks et al., 2018*), BIM – Einstieg kompakt (*Przybylo, 2016*).

Um einen Vergleich der unterschiedlichen Literaturquellen zu erzielen, wurden Kategorien zu BIM-Zielen und BIM-Anwendungsfällen gebildet. Diese Kategorien fassten unterschiedliche Begrifflichkeiten und Formulierung mit gleichem Inhalt zusammen. Anschließend wurden die Kategorien nach der Häufigkeit des Vorkommens bewertet. In nachfolgender Tabelle 2-2 werden die häufigsten Vorkommen hervorgehoben.

Kategorie	BIM-Anwendungsfälle	Häufigkeit
1	Bestandsermittlung	4
2	Planungsvarianten	2
3	Mängelmanagement / Qualitätssicherung	5
4	Kosten- und Mengenermittlung	8
5	Energie und Nachhaltigkeit	3
6	Visualisierung und Kommunikation	8
7	Kollisionsprüfung	6
8	Fortschrittskontrolle	3
9	Datenmodellierung	8
10	Phasenplanung / 4D Modell	6
11	Analysen	8
12	Aufgabenmanagement	2
13	Vorfertigung	2
14	Betrieb / Vermögensverwaltung	6
15	Flächenmanagement	2
16	Logistikplanung	2
Sonstige	Attribuierung gemäß der AIA	1
	Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung	1
	Katastrophenplanung	1
	Gebäudeupgrades	1

Tabelle 2-2: BIM-Anwendungsfälle aus BIM-Handbüchern

Die hier analysierten BIM-Ziele und Anwendungsfälle sind Holzbau-unspezifisch und können unabhängig von der Bauweise verwendet werden. Es werden keine Lösungsansätze für Holzbauspezifische Problemstellungen dargestellt. In den Anwendungsbeispielen der BIM-Handbücher werden keine mehrgeschossigen Holzgebäude aufgeführt.

Das BIM-Portal von BIM Deutschland (Planen-bauen 4.0 & BMDV, 2023) eröffnete im November 2022 den Merkmalsserver. Diese öffentlich zugängliche online Plattform wurde eingerichtet, um öffentliche Auftraggeber bei der Definition von Informationsbedarfen und Auftragnehmer bei der qualitätsgesicherten Lieferung von digitalen Bauwerksmodellen zu unterstützen. Dort finden sich zudem Vorlagen für Anwendungsfälle und Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA). Sowohl die integrierten Merkmale als auch die Beispiele der Objektvorlagen beziehen sich auf Bauwerke aus Beton (Stand 12/2022) und sind so nicht ohne Weiteres für Bauwerke aus Holz geeignet.

3 Projektmanagement

Projekt- management

3

- Auftraggeberinformationsanforderungen AIA und BIM-Ziele für den Holzbau
- BIM-Abwicklungsplan BAP in puncto Holzbau

BIM-gestützte Projekte orientieren sich weitgehend an den Abläufen konventioneller Planungsabläufe. Zu Anfang eines Projektes muss die Anwendung der BIM-Methode geplant werden. Im ersten Schritt werden die Auftraggeberinformationsanforderungen beschrieben, welche anschließend in einem BIM-Abwicklungsplan konkretisiert werden. Im vorliegenden Kapitel liegt der Fokus auf den holzbauspezifischen Fragestellungen im Projektmanagement von BIM.

3.1 Auftraggeberinformationsanforderungen AIA

Auftraggebende beabsichtigen mit dem Einsatz von BIM im Planungsprozess vorwiegend eine höhere Planungssicherheit und die effizientere Erreichung von Projektzielen. Dabei dienen BIM-Modelle immer bestimmten Zwecken, um die Zielsetzung der Auftraggebenden umzusetzen. Die projektspezifischen BIM-Ziele werden von den Auftraggebenden in den Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) konkret formuliert. Die AIA beschreiben die von Auftragnehmenden zu erbringenden Leistungen unter der Verwendung von Building Information Modeling, meist in Form von BIM-Anwendungsfällen.

Innerhalb des Forschungsprojekts BIMwood wurde die Fragestellung „Gibt es holzbauspezifische BIM-Ziele und AIAs?“ untersucht.

Die im Folgenden identifizierten BIM-Ziele für den Holzbau basieren zum einen auf den Erkenntnissen aus leanWOOD (vgl. Kapitel 3.1). Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Zusammenarbeit der Praxispartner:innen mit Hilfe konkreter Fallbeispiele (Mock-ups) vom Forschungsteam analysiert und als Ziele für einen optimierten Planungsprozess formuliert. Die daraus gewonnen Erkenntnisse wurden durch Expert:innenrunden validiert. Im Unterschied zur mineralischen Bauweise stützen sich die BIM-Ziele in der Holzbauplanung auf die frühzeitige Integration der Holzbaukompetenz (vgl. Kapitel 4.3) sowie auf die Anwendung der holzbauspezifischen Modellierung. Auch die Aussagen der Experten beruhten auf der Einbindung des Wissens um die Holzbauplanung (vgl. Holzbaukompetenz Kapitel 4.3) in den Planungsprozess mit der BIM-Methode als wesentlichste Anforderung für die Zielsetzung der Auftraggebenden.

Ziele:

- Bessere Kommunikation & Schnittstellenkoordination im vorgefertigten Holzbau
 - BIM als Methode zur integralen digitalen Planung im Holzbau
 - BAP (BIM-Abwicklungsplan) als Methode zur Strukturierung der Planungsprozesse im vorgefertigten Holzbau
 - Transparenz & Fehlerkultur
- Mehrfachnutzung erfasster Daten & Vermeidung von Schnittstellenbrüchen (Informationsverlusten) für den vorgefertigten Holzbau
 - Datenaustausch Fachplanende / Bereitstellung und Nutzung von Informationen
 - BIM-basierte Modellübergabe an das Holzbauunternehmen
- Qualitätssicherung (Kollisionsprüfung und Fehlervermeidung)
 - BIM-Planungsprozess ermöglicht ein besseres Qualitätsmanagement und führt zu einer besseren Qualitätssicherung, die insbesondere durch den hohen Vorfertigungsgrad des Holzbaus einen Mehrwert bedeutet
- Holzbauspezifische Modellierung
 - 3-Schichten-Modell (durch Objektplanung)
 - Modellierung des Tragwerksmodells (durch TWP)
- Integration Holzbaukompetenz
 - Konzeptionelle Überprüfung der Prinzipien der Vorfertigung und Elementierung in den Planungsphasen
 - Konzeption von Montageabläufen und Wetterschutz für die Bauphase
- Weitere holzbauspezifische BIM-Ziele:
 - Modellbasierte Mengen- und Kostenermittlung und Grundlage für Angebotsabgabe durch Holzbauunternehmen
 - Nutzung des Bauwerksinformationsmodells für Bewirtschaftung, Umbau und Rückbau

Neben den BIM-Zielen behandeln die AIA eine detaillierte Beschreibung der Daten und Informationen, welche im Zuge der Planung und Ausführung eines Bauwerks von den Auftragnehmenden gefordert werden. Basierend auf den AIA wird der BIM-Abwicklungsplan (BAP) entwickelt, der die konkrete Umsetzung der AIA beschreibt.

3.2 AIA-Checkliste für Holzbauprojekte

(Autor: Maximilian Teutsch, AEC3)

3.2.1 Inhalt und Geltungsumfang einer AIA

Die AIA beschreiben aus der Sicht der Auftraggebenden (AG) die Anforderungen, die ein Auftragnehmer im Rahmen der Leistungserbringung unter Verwendung von Building Information Modeling zu berücksichtigen hat. Die Anforderungen beziehen sich insbesondere auf:

- vorgegebene BIM-Ziele des AG und daraus resultierende BIM-Anwendungsfälle,
- festgelegte BIM-Rollen für die Projektabwicklung und Qualitätssicherung,
- die Struktur und Inhalte der digitalen Lieferobjekte (Koordinations- und Fachmodelle),
- den Ablauf und die Sicherstellung der Koordination zwischen den Projektbeteiligten mittels BIM,
- die anzuwendenden Technologien und Datenschnittstellen.

Die AIA sind Bestandteil der Ausschreibung und richten sich folglich an den zu beauftragenden Auftragnehmer. Zur Erstellung eines Angebots müssen sich Auftragnehmer auf die Anforderungen in der Holzbauplanung einstellen können, weshalb die holzbauspezifischen BIM-Leistungen im AIA detailliert zu beschreiben sind.

Da in der Holzbauplanung eine frühzeitige Integration der Holzbaukompetenz erforderlich ist, sollte ein spezieller Fokus in den AIA auf die BIM-Ziele, BIM-Anwendungsfälle, das Rollenverständnis, die Modellierungsrichtlinien und Informationsbedarfstiefen gelegt werden. Wie Abbildung 3-1 verdeutlicht, sind diese Punkte mit blauem Hintergrund hervorgehoben. Die grau hinterlegten Bestandteile des AIA unterscheiden sich nicht von einer mineralischen Bauweise, weshalb auf diese Punkte nicht explizit eingegangen wird.

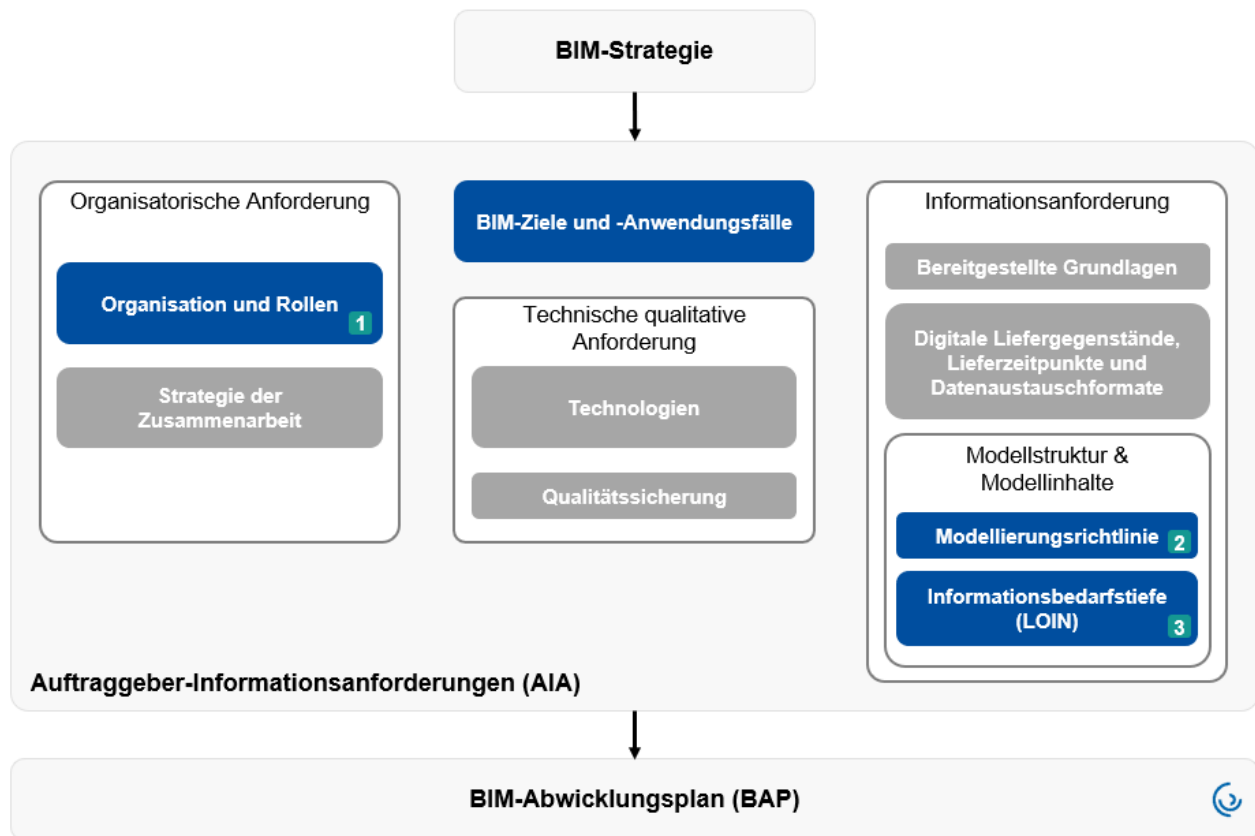


Abbildung 3-1: Bestandteile einer AIA (Quelle: AEC3)

Legende zu Abbildung 3-1:

Punkt 1: siehe Kapitel 4.2 „Rollen und Verantwortlichkeiten“

Punkt 2: siehe Kapitel 6 „Modellierung“

Punkt 3: siehe Kapitel 7 „Informationsmanagement und Attribuierung“

Im Folgenden werden die holzbauspezifischen BIM-Ziele und die davon abzuleitenden BIM-Anwendungsfälle definiert, die der Bauherr im Rahmen der AIA-Erstellung bei einem Holzbauprojekt beachten sollte. Auf die Punkte 1-3 der Abbildung 3-1 wird in den Kapiteln 4, 6 und 7 genauer eingegangen.

3.2.2 BIM-Ziele

Der Schwerpunkt der Anwendung der BIM-Methode in diesem Projekt liegt primär auf folgenden projektspezifischen Zielen seitens der Auftraggebenden:

ID	Beschreibung des Ziels
A	Grundsätzliche Umsetzung der BIM-Methodik
B	Höhere Kostensicherheit während Planung und Ausführung
C	Höhere Terminalsicherheit und verbesserte Abläufe von Planung und Ausführung
D	Höhere Messgenauigkeit und transparente Nachweisführung
E	Koordination und Kollisionsprüfung anhand der Fachmodelle zur Erhöhung der Planungsqualität
F	Verbesserte Kommunikation Innerhalb der Projektbeteiligten und nach außen
G	Nutzung der erstellten Daten und Modelle aus Planung und Ausführung für den vorgefertigten Holzbau

Tabelle 3-1: Holzbauspezifische BIM-Ziele

3.2.3 BIM-Anwendungsfälle

Zum Erreichen der definierten holzbauspezifischen BIM-Ziele werden von Auftraggebenden die in Tabelle 3-1: Holzbauspezifische BIM-Ziele exemplarisch formulierten BIM-Anwendungsfälle vorgesehen, die in einem Holzbauprojekt durch die Auftragnehmenden umzusetzen sind.

Nr	BIM-Anwendungsfall	Beschreibung	BIM-Ziel
0	GRUNDSÄTZLICHES		
0.1	Erstellung und Fortschreibung des BAP	Erstellung des BIM-Abwicklungsplans mit genauen Vorgaben zur Strukturierung der Planungsprozesse im vorgefertigten Holzbau	A
0.2	Modellerstellung und -fortschreibung	Erstellung eines eigenen BIM-Fachmodells in der jeweiligen BIM-Planungssoftware durch alle an der Planung beteiligten Objekt- und Fachplaner. Die Holzbauplanung erstellt dabei kein eigenes Modell, sondern klärt Detailpunkte und Konzepte mit der Objektplanung und Tragwerksplanung ab. Dadurch ist eine konzeptionelle Überprüfung der Prinzipien der Vorfertigung und Elementierung in den Planungsphasen möglich.	A
0.3	Testläufe	Durchführung von Testläufen zur Überprüfung der Funktionalität, Qualität und Verlässlichkeit der Schnittstellen der eingesetzten Software sowie der Umsetzbarkeit von ausgewählten Anwendungsfällen. Speziell die sinnvolle Verwertung der geometrischen und alphanumerischen Informationen aus den BIM-Modellen der Architektur und Tragwerksplanung für die Werk- und Montageplanung des ausführenden Holzbauunternehmens sollte frühzeitig getestet werden.	A
1	PLANUNGSVARIANTEN bzw. Erstellung haushaltsbegründender Unterlagen		

1.1	Modellbasierte Planungsvariantenuntersuchung (z.B. Fassade, Konstruktionsweise, etc.)	Erstellung von Planungsvarianten als BIM-Modelle zur Vereinfachung der Analyse und Bewertung von Kosten, Terminen, baulich-konstruktiver Gestaltung, etc. der Holzbauweise	B, F
2	KOORDINATION DER FACHGEWERKE		
2.1	Koordination und Kollisionsprüfung	Zusammenführen der BIM-Fachmodelle in einem Koordinationsmodell. Durchführung einer automatisierten Kollisionsprüfung und systematischen Konfliktbehebung. Die dadurch zu erwartende höhere Qualität der Planung und der Modelle bedeutet einen Mehrwert für den hohen Vorfertigungsgrad des Holzbaus.	E, F
3	BEMESSUNG UND NACHWEISFÜHRUNG		
3.1	BIM-gestützte Tragwerksplanung	Nutzung des BIM-Modells für statische Bemessungen und Nachweisführung des Holzbaus.	D
3.2	Strömungssimulation	Nutzung des BIM-Modells für bauphysikalische Strömungssimulationen im Holzbau	D
3.3	Bemessung und Nachweisführung aktiver/passiver Brandschutz	Nutzung des BIM-Modells für die Bemessung und Nachweisführung von aktiven/passiven Brandschutzanforderungen im Holzbau.	D
3.4	Dynamisch-thermische Gebäudesimulationen	Nutzung des BIM-Modells für die dynamisch-thermische Gebäudesimulation im Holzbau.	D
3.5	Bemessung und Nachweisführung im Bereich Wärme-, Kälte-, Energiebedarf	Nutzung des BIM-Modells für die bauphysikalische Bemessung und Nachweisführung im Bereich Wärme-, Kälte-, Energiebedarf.	D
3.6	Untersuchung Schallschutz / Schallemissionen (z. B. zu Wohngebäuden)	Bauphysikalische Simulation und Berechnung im Bereich Schall (z. B. zu Wohngebäuden)	D
4	MENGEN- UND KOSTENERMITTLUNG		
4.1	Objektbasierte Mengenermittlung	Ableitung und Auswertung der Bauteillisten und Mengen in BIM Software zur Plausibilisierung der Mengen für alle Kostenermittlungen, Entscheidungen, Nutzerwünschen oder Änderungen und als Grundlage für die Angebotsabgabe durch Holzbauunternehmen.	B
5	TERMINPLANUNG DER AUSFÜHRUNG		
5.1	4D-Modellerstellung zur Darstellung des Bauablaufs	Um Terminplan bzw. Ausführungsprozesse (Zeit) erweitertes 3D-Modell. Erlaubt die Erstellung von 4D-Bauablaufsimulationen. Diese unterstützt bei der Konzeption von Montageabläufen bei der vorgefertigten Holzbauweise.	C
6	NUTZUNG FÜR DEN VORGEFERTIGTEN HOLZBAU		
6.1	BIM-basierte Modellübergabe an das Holzbauunternehmen	Übernahme von Daten aus den BIM-Modellen in entsprechende Systeme des Holzbauunternehmens, sowie Aktualisierung der Modelle im Falle von Planungsänderungen.	G

Tabelle 3-2: Holzbauspezifische BIM-Anwendungsfälle

3.3 BIM-Management

Eine wesentliche Aufgabe der Auftraggebenden ist die Integration des BIM-Managements bereits zu Beginn eines Projekts. Das BIM-Management agiert in Vertretung der Auftraggebenden bzw. der Bauherr:innen. Es befasst sich mit der Entwicklung einer Strategie und den Anforderungen an eine BIM-Projektentwicklung (*Borrmann et al., 2021*). Die strategische Verantwortung bedarf einer engen Abstimmung mit den Auftraggebenden und deren Projektzielen. Das Aufgabenspektrum des BIM-Managements ist vielfältig und unterscheidet sich von Projekt zu Projekt (*Borrmann et al., 2021*). „I. d. R. stehen die Entwicklung und Umsetzung von Informationsmanagementprozessen im Vordergrund“ (*Krischler & Koch, 2021, S. 356*). Die Umsetzung erfolgt dabei vordergründig mit der Erstellung der Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA). Darüber hinaus schafft das BIM-Management alle entscheidenden Voraussetzungen für die BIM-Projektentwicklung für die Auftragnehmer:innen. Im Projektverlauf erfolgt die Prüfung des BIM-Abwicklungsplan (BAP), der von Auftragnehmer:innen (Planungsteam) erstellt wurde. Dafür sind Qualitätssicherungs- und Monitoringprozesse umzusetzen (*Borrmann et al., 2021*).

Eine besondere Rolle kann bei der Einführung von BIM in Unternehmen übernommen werden, z.B. in Form eines Change-Managements. Dafür ist die Akzeptanz, Bereitschaft und Unterstützung der Projektbeteiligten erforderlich, um konventionelle Projektstrukturen zu durchdenken und neu zu organisieren (*Borrmann et al., 2021, S. 356*).

Die Rolle und Aufgaben des BIM-Managements wurden innerhalb eines Workshops mit dem BIM-wood Expertenpanel Anfang Oktober 2022 diskutiert. Die wesentliche gemeinsame Auffassung zum BIM-Management wird nachfolgend herausgestellt.

Das BIM-Management ist das **Bindeglied** zwischen Bauherr:innen und Auftragnehmer:innen, vgl. Abbildung 3-2. Das erfordert neben dem Querschnittswissen zu Bauprojekten und IT-Kenntnissen besondere Kompetenzen wie eine kommunikative und teamorientierte Arbeitsweise.

Das breite Aufgabenspektrum des BIM-Managements erfordert je nach Projekt bestimmte Qualifikationen. So wurden unter anderem in der Expertenrunde auch die Erfordernisse der Holzbaukompetenz (vgl. Kapitel 4.3) im BIM-Management hinterfragt. Aus der Fragestellung ergaben sich folgende aufeinander aufbauende Auffassungen des Expertenpanels.

- Die strategische Entwicklung eines BIM-Projekts im Holzbau erfordert eine **allgemeine Holzbaukompetenz** (vgl. Kapitel 4.3.1)
- In der Ausbildung zum BIM-Management sollte die Methodenkompetenz eine wesentliche Rolle spielen. Das schafft die Voraussetzung für einzelne Personen, den vielfältigen und durchaus komplexen Aufgaben des BIM-Managements gerecht zu werden. Beispielsweise kann das BIM-Management für die allgemeine Holzbaukompetenz durch eine Holzbauberatung unterstützt werden.
- Das BIM-Management ist eine Rolle – kann also von mehreren Personen (mit verschiedenen Kompetenzen und Qualifikationen) ausgefüllt werden.

Die vielfältigen Aufgaben und Anforderungen an das BIM-Management implizieren die Frage zur Vergabe des BIM-Managements. Welche Kriterien zu Kompetenzen und Qualifikationen müssen

abgefragt werden? Da BIM noch nicht großflächig eingeführt ist bzw. umgesetzt wird, sollten die Bewertungskriterien nicht wesentlich auf Referenzen beschränkt werden. Wie kann der Auftraggebende dann eine gute Wahl treffen? Diese Fragestellung wurde in der Expertenrunde sowohl von Auftraggebenden als auch Auftragnehmenden einheitlich beantwortet. Die Auftraggebenden können sich von der Kompetenz von Bewerbern für das BIM-Management am besten in **(Bieter-) Gesprächen** überzeugen. Im Bewerbungsprozess können die Auftraggebenden Konzepte von den Bewerbern einfordern. Im Gespräch oder im Rahmen eines Konzepts können projektspezifische Fragen gestellt werden, um spezifische Antworten bzw. Konzeptionen für den Holzbau zu bekommen. Zudem kann für Holzbauprojekte z.B. abgefragt werden, wie die (allgemeine) Holzbaukompetenz für unser Projekt sichergestellt wird.

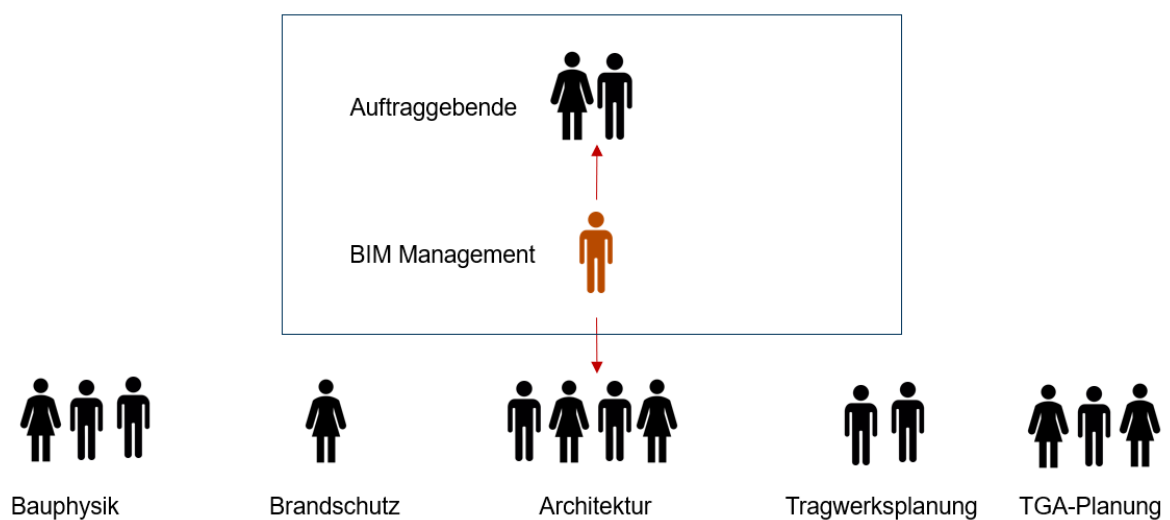


Abbildung 3-2: BIM-Management als Bindeglied

3.4 BIM-Abwicklungsplan BAP

Der BIM-Abwicklungsplan (BAP, englisch: BEP - BIM Execution Planning) ist eine projektbezogene Zusammenfassung aller Aktivitäten der Projektbeteiligten in Bezug auf BIM. Im BAP wird aus Sicht der Auftragnehmenden (Projektbeteiligten/ Planungsbeteiligten) beschrieben, welche spezifischen Schritte geplant werden, um den Vorgaben der Auftraggebenden, festgelegt in den AIA, zu entsprechen.

Diese Organisationsregeln legen die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten fest und umfassen alle Vorgaben zu allen BIM-bezogenen Inhalten, Strukturen, Prozessen und Rollen. Im BAP wird definiert, welche Anwendungen und Prozesse erforderlich sind, welchem Zweck diese dienen und welche Leistungen in den einzelnen Planungsphasen zu erbringen sind.

Der BAP ist ein Dokument, das die Informationspflichten regelt und Anforderungen an das Informations-Management festlegt. Es bildet die Grundlage für die Überprüfung der zu liefernden Dokumente auf Vollständigkeit. Mustervorlagen für BAP sind u.a. BIM4Infra (*Liebich et al., 2019*) und SIB Sachsen (*SIB, Golaszewski, 2020*).

Notwendige Festlegungen für einen BAP sind (*Borrmann et al., 2018*):

- Umsetzung der BIM-Ziele
- BIM-Anwendungsfälle in den einzelnen Projektphasen
- Aufgaben und Verantwortlichkeiten (Rollen)
- Qualitätssicherung
- Koordinations- und Kommunikationswesen (Modellstruktur und Modellinhalte)
- Technologien (Datenumgebung, Softwarewerkzeuge, Datenaustausch und -übergabe)

Weitere notwendige Festlegung betreffen:

- Projektstrukturen (Organisation)
- Prozesse und Anforderungen an die Zusammenarbeit der Beteiligten (Strategie der Zusammenarbeit)
- digitale Liefergegenstände und Lieferzeitpunkte

Der BIM-Abwicklungsplan ist mit den projektspezifischen Standards und Richtlinien gekoppelt und für alle am Projekt beteiligten Gruppen verbindlich. Während des gesamten Ablaufes eines Projektes soll der BAP fortgeschrieben werden, um u.a. neue Erfahrungen, Erkenntnisse und technologische Neuerungen integrieren zu können.

Im Rahmen des Forschungsprojekts BIMwood wurde die Fragestellung untersucht, ob der BAP holzbauspezifische Inhalt integriert und somit auch Holzbaukompetenz erfordert. Diese Frage wird wie folgt in Abstimmung mit der Expertenrunde beantwortet. Da sich der BAP aus den AIA und den gegebenen falls holzbauspezifischen BIM-Zielen entwickelt, erfordert die Erstellung des BAP Wissen um den Holzbau. Für einen BAP gibt es keine einheitlichen Vorlagen, da der Inhalt immer projektspezifisch festzulegen ist. Die Vorgaben des BAP haben Auswirkungen auf die gesamte Planung

mit BIM und diese sollten für Projekte in Holzbauweise mit Holzbaukompetenz (vgl. Kapitel 4.3) im Planungsteam getroffen werden.

In der nachfolgenden Auflistung (Tabelle 3-3) ist eine mögliche Struktur und mögliche Inhalte eines BAP angegeben. Diese Struktur wird bei Verwendung in einem Projekt spezifisch angepasst und bei Bedarf ergänzt.

Nr	Inhalt	Erläuterung/ Hinweise
1	Grundsätzliches	
1.1	Projektvorstellung	Kurze Vorstellung des Projekts mit Erläuterung der projektspezifischen/ holzbauspezifischen Aspekte
1.2	Geltungsbereich BAP	Für welche Planungsphase gilt der BAP? Wie ist der aktuelle Stand?
1.3	Grundlagen für den BAP	AIA, Terminpläne, vereinbarte Leistungsbilder, ...
1.3	Änderungsindex des BAP	Dokumentation der Fortschreibung und Änderung des BAP
...	...	
2	Umsetzung der Ziele und Anwendungsfälle des Auftraggebenden	
2.1	Beschreibung der einzelnen Ziele und Anwendungsfälle und detaillierte Angaben zur Umsetzung	Wie erfolgt die modellbasierte Umsetzung der Anwendungsfälle? Erläuterung der Auswirkungen auf die jeweiligen Fachmodelle.
...	...	
3	Festlegung Rollen und Verantwortlichkeiten	
3.1	Organigramm	Organigramm mit allen für die Planung relevanten Beteiligten Unternehmen
3.2	Projektbeteiligte und Vertreter	Liste aller Beteiligten und der Ansprechpartner mit Kontaktdaten, Benennung der Rolle
3.3	Rollenbeschreibung und Verantwortlichkeiten	Beschreibung der projektspezifischen Rollen und Festlegung der Verantwortlichkeiten Darstellung der Schnittstellen zwischen den Beteiligten
...	...	
4	Gesamtmodell	
4.1	Darstellung Struktur Gesamtmodell	Welche Fachmodelle wird es geben? Unterstruktur der einzelnen Fachplanungen (z.B. TGA)? → Darstellung als Grafik/ Organigramm
5	Termine	
5.1	Benennung der Meilensteine mit Angabe der Modelltiefe (LoG, LoI)	Umsetzung der Meilensteine aus dem Rahmenterminplan der AIA und Definition der notwendigen Modelltiefe gemäß den Vorgaben aus den AIA

5.2	Datadrops im Planungsterminplan	Detaillierte Festlegung der Zeitpunkte der Datadrops und der Inhalte der einzelnen Fachmodelle (Planung der Planung) Wann müssen die Modelle übergeben werden? (Vorgaben des AG) Wer benötigt welche Angaben wann? Zwischenschritte festlegen, nicht nur die Abschlussmodelle der Planungsphasen, alle Data-Drops und deren Inhalte beschreiben
...	...	
6	Qualitätssicherung	
6.1	Qualitätssicherungskonzept	Erläuterung, wie die vereinbarte Qualität aller Fachmodelle zu den Data-Drops sichergestellt werden kann. Festlegung der Kriterien der Qualitätssicherung
7	Planungskoordination und Zusammenarbeit	
7.1	Nutzung Plattform CDE	Nutzung der vom AG bereitgestellten CDE zur Dokumentation der Planungsergebnisse Wann werden welche (Teil-)Ergebnisse wem zur Verfügung gestellt? Bezeichnungsschema für erzeugte Daten (Modelle, Dokumente etc.)
7.2	Kollisionsprüfung	Definition Prozess Kollisionsprüfung Definition der Kriterien zur Modellprüfung durch die Gesamtkoordination Angaben zur Dokumentation der Kollisionsprüfung
7.3	Kommunikation	Definition der Kommunikationswege im Planerteam und mit dem AG - z.B. BCF-Austausch - Modellbasierte Planungsbesprechungen - ...
...	...	...
8	Datenaustausch	
8.1	Austausch Testmodelle	Beschreibung des Konzepts zum Austausch von Testmodellen mit allen Beteiligten, Dokumentation der Ergebnisse und ggf. der Fehlversuche
8.2	Festlegung der Austauschformate der Fachmodelle	Dokumentation der verwendeten Softwareprodukte mit Versionsangabe, der gewählten Formate, der Exporteinstellungen etc. Ziel ist es, diese nachvollziehbar und wiederholbar zu dokumentieren
8.3	Datenaustausch zwischen den einzelnen Fachplanungen	Definition der Prozesse zwischen ARC und TWP, ARC und TGA, ARC und weiteren Fachplanungen
8.4	Definition spezifischer Workflows	z.B. Prozess der Abstimmung der Durchbruchskoordination in den verschiedenen Planungsphasen
...	...	...
9	Grundlagen für Modellerstellung	

9.1	Grundlagen zur Modellerstellung	Digitale Plangrundlagen, z.B. Geländemodell Umgebungsmodell Lageplan Bestandsunterlagen
9.2	Grundlagenmodell	... Festlegungen zu: Lage und Bezeichnung Geschosse Festlegung Bezugshöhe 0,00 Festlegung Modellgenauigkeiten Einheiten Festlegung Projektnullpunkt Definition Gebäuderaster Definition Koordinationskörper Vorgabe Planköpfe
9.3	Modellierungsrichtlinie	... Umsetzung der Vorgaben aus den AIA Festlegungen zur Modellierung und Fügung der Bauteile
9.3	Merkmalliste	... Grundlage für die Erstellung der Datenmodelle Definition der notwendigen Parameter in allen Fachmodel- len unter Berücksichtigung der vom AG geforderten Daten
10	Dokumentation	
10.1	Planableitungen	Welche Pläne werden wann mit welchem Inhalt in welchem Maßstab aus den Modellen abgeleitet?
10.2	Listen und Auswertungen	Welche Auswertungen werden wann mit welchem Inhalt aus den Modellen abgeleitet? z.B. Türliste, Raumbuch
...	...	
11	Glossar, Anhänge	

Tabelle 3-3 mögliche Struktur und Inhalte eines BAP

4 Rollen und Kompetenzen

Rollen und Kompetenzen

4

- Rollen und Verantwortlichkeiten
- Darstellung im holzbauspezifischen Prozess
- Holzbaukompetenz

Für jede komplexe Planungsaufgabe ist es notwendig, die beteiligten Rollen und deren Kompetenzen vor dem Beginn der Planung zu definieren und Schnittstellen zu klären.

In diesem Kapitel werden die notwendigen Akteur:innen und die ihnen zugewiesenen Rollen identifiziert. Weiterhin werden Vorschläge zur Integration der holzbauspezifischen Kompetenz der beteiligten Akteur:innen im Planungsprozess vorgestellt.

4.1 Planungskultur und Kooperation

(Autor: Frank Lattke, lattke Architekten)

BIM und Holzbau entwickeln sich dynamisch und stellen die Akteur:innen der Planungs- und Baubranche aktuell vor große Herausforderungen. Dabei geht es nicht nur um die Beherrschung der eigenen Werkzeuge oder technischen Aspekte des Holzbaus, sondern auch um die Gestaltung von komplexen Planungsprozessen über den gesamten Projektverlauf.

Gefragt ist eine neue Planungskultur, die es den Akteur:innen ermöglicht, erfolgreich Projekte kooperativ in einem konstruktiven zielorientierten Miteinander umzusetzen. Denk- und Handlungsmuster der Akteur:innen und Handlungsrouinen von Planungsinstitutionen und -beteiligten (*Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 2018*) müssen an die spezifischen Anforderungen angepasst werden.

Für ein erfolgreiches Holzbauprojekt, dass mit der BIM-Methode geplant wird, braucht es demnach ein Team mit Erfahrung und einer konstruktiven Zusammenarbeit. Dabei spielt der offene Umgang mit Wissen, das die Beteiligten in den Planungsprozess einbringen, eine große Rolle. Voraussetzung für den Projekterfolg ist die vorhandene Kompetenz in den Bereichen BIM und Holzbau (*vgl. Kapitel 4.2 und 4.3*) ebenso wie die Bereitschaft der fachlich Beteiligten zur interdisziplinären, transparenten und kooperativen Zusammenarbeit und Kommunikation, verbunden mit einer offenen Fehlerkultur.

Die Digitalisierung verschiedener Arbeitsschritte im Planungs- und Herstellungsprozess von Bauwerken und die Nutzung der Werkzeuge (Computer, CAD, CAM) hat sich in der Baubranche durchgesetzt. Eine durchgängig modellbasierte kooperative Planung von Bauwerken wird zwar von einzelnen Akteuren versucht und vorangetrieben, ist jedoch heute ebenso wenig Standard wie eine umfassende und vollständige Anwendung von BIM über den gesamten Lebenszyklus (*Kaufmann*

et al., 2020). Einer der Hauptgründe für die langsame Entwicklung liegt in der kleinteilig strukturierten Planer- und Handwerkerschaft und dem Einsatz einer Vielzahl unterschiedlicher Softwarelösungen, die nicht in ausreichendem Maß miteinander kompatibel sind.

„Die konsequente Einführung digitaler Methoden geht weit über das Zeichnen mit 2D- oder 3D-CAD- Programmen oder den isolierten Einsatz von AVA-Programmen hinaus. Das Zusammenführen sämtlicher Daten und verschiedener Softwares unterschiedlichster Anwendungsbereiche in einem einzigen »3D-Modell« bedeutet einen tiefen Eingriff in die Organisationsstruktur der Architekturbüros und setzt ein Umdenken sämtlicher Arbeitsabläufe voraus. Das kann zunächst einen Mehraufwand durch Investitionen, und Mitarbeiterschulungen zur Folge haben, der in der jetzigen Form der HOAI bisher nicht honoriert wird, bzw. eine besondere Leistung darstellt. Vor allem wirft ein für alle Beteiligten zugängliches gemeinsames Datenmodell Fragen der Haftung auf, die noch zu klären sind.“ (BDA Bayern, 2015)

Zugleich wird dem Holzbau im DACH-Raum „eine hohe Expertise und Planungskultur“ bescheinigt, „auf die sich hervorragend aufbauen lässt. Wissen muss verfeinert, geteilt und in die Breite getragen werden, um die positiven Potenziale des Holzbaus zu erschließen.“ (DGNB, 2021). Im Idealfall verfügen die Objekt- und Fachplaner über die notwendige Holzbau-Planungskompetenzen und übernehmen spezifische Aufgaben in einem aufeinander abgestimmten Zusammenspiel (Kaufmann et al., 2017a).

Was also ist darüber hinaus der Mehrwert für die Etablierung einer holzbaugerechten BIM-Planungskultur über eine störungsfreie Planungs- und Prozesskette?

Die Planung von Gebäuden in Holzbauweise erfordert spezifisches Fachwissen über die Materialeigenschaften, die Abläufe der Produktion und Logistik und die Prinzipien der Beschaffenheit und Fügung von vorgefertigten Bauteilen (Kaufmann et al., 2021). Die Prozessschritte in der gängigen Planungspraxis basieren heute üblicherweise auf der stufenweisen Erfüllung der einzelnen Leistungsphasen der HOAI (Kemper, 2021). Die Einzelschritte werden für sich abgeschlossen und dokumentiert. Eine vorausschauende Planung, die im Entwurf Inhalte der Ausführungsplanung vorwegnimmt, ist nicht vorgesehen (vgl. Kapitel 2.3).

Für den Entwurf von Holzbauten sind eine hohe Planungsdisziplin und eine frühe Detailtiefe jedoch grundlegende Voraussetzung für eine konstruktiv richtige und wirtschaftlich sichere Lösung. Die BIM-Arbeitsmethode kann diese Herangehensweise unterstützen, da sie die Festlegung eines strukturierten Ablaufes der modellbasierten Planung und den Umgang mit digitalen Daten in einer frühen Projektphase erfordert. Ebenso notwendig ist die Abstimmung über die Art der Darstellung der Bauteilaufbauten, der Bauelemente sowie die Festlegung der zu vergebenden Attribute.

Der Entwurf und die Schnittstellen von Raum-, Konstruktions- und Gebäudetechniksysteme werden modellbasiert früher dreidimensional sichtbar und können im Planungsteam gelöst werden. Die BIM-Modellierung lässt die Akteur:innen daher enger zusammenarbeiten. Einzelne Planungsschritte können im Team digital unterstützt umfassender bearbeitet und transparent dokumentiert werden. In diesem kooperativen Umfeld ist die Fachexpertise aller Beteiligten direkt gefragt. Bereits in frühen Planungsphasen können Ansätze und Planungskonzepte modellbasiert überprüft werden. Aus der Baupraxis wissen wir, dass die meisten Fehler durch fehlende Planunterlagen und mangelnde Abstimmung der Arbeitsschritte erzeugt wird, indem nachfolgende Gewerke bereits fertiggestellte Bauteile zerstören. Eine der größten Fehlerquellen im Holzbau liegt in der Integration der Gebäudetechnik. Wenn die Verlegung von Kabeln, -trassen, -schächten und Brandschottsystemen

ungeplant und mit wenig Verständnis für eine holzbaugerechte Ausführung erfolgt, endet das häufig in fehlerhaft eingebauten Komponenten und Baumängeln.

In einem konsistenten mit der BIM-Methode geplanten Projekt können diese Ursachen in der Planungsphase gelöst werden. Zum Beispiel wird durch einen hohen Vorfertigungsgrad der Holztafelbauelemente der Gebäudehülle verbunden mit einer Fremdüberwachung bereits eine hohe Ausführungsqualität erreicht. Für den Bereich der Gebäudetechnik sind vor allem die Fachplaner stärker gefordert, die Lage und Einbauart von Kabeln, Rohren und Komponenten in der Planungsphase vorzugeben. Nur dann ist es möglich, Fehler wie z.B. die Überbelegung von Brandschotts oder einer mangelhaften Kabelführung früher zu erkennen und zu vermeiden. Voraussetzung dafür ist ein Umdenken von „lösen wir auf der Baustelle“ zu „lösen wir gemeinsam im Modell“. Hier ist der Architekt, bzw. die Architektin als Koordinator:in gefragt, zu der Aufgabe gehört die Integration von Leistungen der Fachplaner als Grundleistung (HOAI 2013, 2013). Im Rahmen der Entwicklung der Lösungen sind die spezifischen Anforderungen an den Holzbau zu beachten. Ein vorstrukturierter Planungsprozess mit definierten Zielen, die als Auftraggeberinformationsanforderungen AIA dokumentiert sind und Referenzprozesse (vgl. Kap. 5 BIMwood Referenzprozess) spannen einen Rahmen auf. Zur Umsetzung einer holzbaugerechten Planung kann auf Hilfsmittel zurückgegriffen werden (z.B. dataholz.eu oder leanWOOD Matrix (Kaufmann et al., 2017a)) die den Einstieg auch für weniger erfahrene Akteure erleichtert.

Empfehlungen für einen holzbaugerechten BIM-Prozess:

- Integration BIMwood-spezifische Holzbaukompetenz im Planungsablauf
- Etablierung / Optimierung von strukturierten Arbeitsprozessen
- frühe Klärung kompatibler Planungswerkzeuge und Datenaustausch- und Speicherformate
- Lösungen (Plattformen), die Daten zusammenführen, sind vorhanden (z.B. BIMplus)
- vollständige Beauftragung von Leistungsschritten erhöht die Durchgängigkeit und Vollständigkeit der modellbasierten Planung
- lösungsorientierte konzeptuelle Arbeitsweise in der frühen Phase mit allen Fachplanern, früher Beitrag zu fachlichen Themen und holzbauspezifischen Lösungen (z.B. Strang/Trasse/ Durchbruch)
- Verschiebung von Grundleistungen in frühere Leistungsphasen (vgl. holzbaugerechte Leistungsbilder)
- Design Freeze einführen
- Holzbauspezifische BIM-Informationen frühzeitig klären und vereinbaren
- Richtige Darstellung von Bauteilen (leanWOOD, (Kaufmann et al., 2017b)).

4.2 Rollen und Verantwortlichkeiten

Die Beschreibung der BIM-Rollen und Verantwortlichkeiten baut auf den Definitionen der *VDI 2552 Blatt 1, 2020* auf. Einige der hier gewählten Begriffe weichen von der VDI zu Gunsten der in der Praxis am häufigsten angewendeten Begriffe ab.

Die beschriebenen Rollen entsprechen nicht zwangsläufig einzelnen Unternehmen oder Personen im Projekt. Es ist möglich, dass ein Unternehmen/ eine Person mehrere Rollen übernehmen kann. So können z.B. die Objektplaner:innen (Architekt:innen) auch Brandschutzplaner:innen sein oder die Tragwerksplaner:innen verantworten die Holzbauplanung. Die Verteilung der Rollen auf die beteiligten Akteur:innen ist somit immer projektspezifisch.

Die im folgenden beschriebenen Verantwortlichkeiten der einzelnen Akteur:innen benennen die Pflichten der Beteiligten und wer für welche Angaben und Informationen verantwortlich ist. Dies schließt auch die Verantwortung für die Geometrie und Informationen im Gesamtmodell mit ein. Konkret bedeutet dies z.B.: Wenn Fachplaner:in A für eine bestimmte Information verantwortlich ist und diese nicht selbst in das Fachmodell B einarbeitet, behält sie trotzdem die Verantwortung für die Richtigkeit der Information im Fachmodell B. Dies muss durch die Prüfung des Fachmodells B durch Fachplaner:in A sichergestellt werden.

4.2.1 BIM-Management (Informationsmanagement)

Das Informationsmanagement befasst sich mit den von den Auftraggebenden definierten Zielen und erstellt die AIA (Auftraggeber-Informationen-Anforderungen) mit den erforderlichen Daten, Informationen und Anwendungsfälle des BIM-Planungsprozesses. Die Rolle des Informationsmanagement verantworten die Auftraggeber:innen. Die Rolle kann dabei vom Auftraggebenden selbst, oder von einem weiteren Akteur besetzt werden. Weiterhin überprüft das Informationsmanagement die Einhaltung der AIA und die Umsetzung des BAP im Projektverlauf.

4.2.2 BIM-Gesamtkoordination (Informationskoordination / BIM-Koordination)

Die BIM-Gesamtkoordination erstellt in Zusammenarbeit mit den Fachplaner:innen den BAP (BIM-Abwicklungsplan) als Antwort auf die AIA und stimmt diesen mit dem BIM-Management ab. Die BIM-Gesamtkoordination führt die Prüfung und Koordination des Architekturmodells mit den Fachmodellen durch. Sie dokumentieren und kommunizieren die Ergebnisse an die an der Planung Beteiligten. Diese Rolle wird vorzugsweise durch die Objektplanung ausgeführt, da hierdurch nicht nur die technische Umsetzbarkeit der BIM-Prozesse, sondern auch die planerischen Aspekte der Bauaufgabe berücksichtigt und zusammengeführt werden können.

4.2.3 Objektplanung (Architektur)

Die Objektplaner:innen (Architekt:innen) verantworten die Objektplanung der jeweiligen Bauaufgabe. Sie koordinieren die Fachplanungen und führen die Kommunikation im Planungsteam in enger Abstimmung mit der BIM-Gesamtkoordination. Die Informationsautor:innen (BIM-Autor:in) des Objektplanenden erstellen die jeweiligen Architektur-Fachmodelle gemäß den Anforderungen aus den AIA und dem BAP.

4.2.4 Holzbauplanung

Die Holzbauplanung wurde als Rolle eingeführt, um die Belange des Holzbaus in die Planungsphase zu integrieren und somit ein Re-Design in späten Leistungsphasen zu vermeiden (*vgl. Kapitel 2.3*). Die Holzbauplanung beschreibt die holzbauspezifischen Kompetenzen, die den einzelnen Akteur:innen im Planungsteam zu eigen sein müssen (*vgl. Kapitel 4.3*). Sind die Kompetenzen im Planungsteam nicht oder nur teilweise vorhanden, muss die fehlende Holzbaukompetenz ergänzt werden: entweder für bestimmte Fachbereiche oder für das Gesamtprojekt. Hierfür bieten sich verschiedenen Szenarien an: Das Hinzuziehen der Holzbauplaner:in/ Holzbauingenieur:in als eigene Fachdisziplin (*Kaufmann et al., 2017a, S. 12–13*), die frühe Integration des Holzbauunternehmens durch Vergabe in früher Planungsphase (*Kaufmann et al., 2017a, S. 26*) oder eine Umsetzung von Bauteammodellen (*Kaufmann et al., 2017a, S. 30–33*).

4.2.5 Tragwerksplanung

Die Tragwerksplaner:innen dimensionieren und modellieren die Tragkonstruktion des Gebäudes als BIM-Autor:innen. Die Holzkonstruktion wird dabei in enger Abstimmung mit denjenigen Personen, welche die holzbauspezifischen Kompetenzen im Planungsteam repräsentieren (*vgl. Kapitel 4.2.4*) geplant und modelliert.

4.2.6 TGA-Planung (Technische Gebäudeausrüstung)

Die Informationsautor:innen (BIM-Autor:innen) des TGA-Planungsteams erstellen die notwendigen TGA Fachmodelle gemäß den Vorgaben der AIA und des BAP. Üblicherweise wird für jedes technische System ein eigenes Modell erstellt und es erfolgt keine Trennung nach Geschossen.

4.2.7 Bauphysik (Wärme- und Schallschutz)

Die Bauphysiker:innen erstellen den Bauteilkatalog und verantworten die Implementierung der wesentlichen bauphysikalischen Eigenschaften in das vereinbarte Fachmodell. In der Regel werden die Informationen in das Modell der Objektplanung (Architektur) integriert oder über einen Parameter verlinkt. Diese Parameter werden im BAP (Merkmalliste) vor Planungsbeginn definiert. Dafür stehen z.B. folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Einarbeitung der Daten in die Bauteile im Fachmodell der Objektplanung (Architektur) z.B. mit Hilfe einer Datenbank oder eine Verlinkung
- Einarbeitung der Daten durch den Objektplanenden (Architekt:innen) und Prüfung auf Richtigkeit und Vollständigkeit durch die Bauphysiker:innen.

Die erste Variante ist der zweiten vorzuziehen, da hier die Schnittstellen und die Verantwortung klar definiert sind. Eine weitere Möglichkeit, die Daten aus dem Bauteilkatalog mit den jeweiligen Bauteilen zu verknüpfen ist, einen Verweis auf die Daten in das jeweilige Bauteil einzufügen. Dabei werden nicht die Daten selbst in das Modell eingetragen, sondern eine Verlinkung oder ein Verweis auf das zugehörige Dokument. Dies kann z.B. über die Kennzeichnung der entsprechenden Bauteilkatalognummer in das Bauteil erfolgen. So müssen bei einer Aktualisierung der Eigenschaften

eines Bauteils durch die Bauphysiker:innen im Modell keine bzw. nur die relevanten Angaben (wie Dimension und Lage) angepasst werden, da die Katalognummer unverändert bleibt. Die Verantwortung über die Qualität der Daten und den Zeitpunkt der Einarbeitung liegt in jedem Fall beim Erstellenden der Informationen und somit bei den Bauphysiker:innen.

4.2.8 Holzbauunternehmen

Das ausführende Holzbauunternehmen erhält in der Regel nach Fertigstellung der Planung durch die Planungsbeteiligten und deren Zusammenführung im Rahmen der Ausschreibungsunterlagen die relevanten Fachmodelle als Grundlage für die Abgabe eines Angebots. Im Idealfall kann das Holzbauunternehmen die Modelle als Grundlage für die Fertigung nutzen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das Holzbauunternehmen frühzeitig in die Planung zu integrieren. In diesem Fall kann das Holzbauunternehmen Teile der Holzbauplanung übernehmen (*vgl. Kapitel 4.2.4*). Bei dieser Vorgehensweise können die spezifischen Anforderungen des ausführenden Unternehmens frühzeitig in die Planung integriert werden und bewirken möglicherweise ein effizienteres Vorgehen. Gleichzeitig können in Absprache mit dem Holzbauunternehmen die planerischen Grundlagen so definiert werden, dass diese in die Arbeitsvorbereitung des Holzbauunternehmens einfließen können. Dafür kann ein Holzbauunternehmen – unabhängig von seiner späteren Beauftragung – in beratender Funktion und mit entsprechender Honorierung in das Planungsteam integriert werden. Während private Auftraggeber:innen hier relativ frei agieren und die Beauftragung der Holzbauunternehmen frei verhandeln können, sind öffentliche Auftraggebende an die nationalen bzw. an die europäischen Vergaberichtlinien gebunden. Zwar ist eine Beteiligung der beratenden Firma im weiteren Verfahren bei entsprechender Offenlegung der Beratungsleistung durchaus möglich, jedoch ist dabei die Komplexität des Vergaberechts zu berücksichtigen. Eine weitere Möglichkeit der frühzeitigen Integration des Holzbauunternehmens besteht in Form einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm (funktionale Ausschreibung). Auch hier gilt: während private Auftraggeber:innen die Art der Ausschreibung frei wählen können, unterliegen die öffentlichen Auftraggebenden auch hier den Regeln der Vergabeordnung. Darüber hinaus muss diese Art der Ausschreibung kritisch betrachtet werden. Sie birgt einige Risiken, insbesondere die Gefahr der wirtschaftlichen Optimierung durch den Unternehmer zu Lasten der Gestaltungs- und Ausführungsqualität. Die Problematik samt entsprechender Handlungsanweisungen für die beschriebenen Anwendungsszenarien sind in der leanWOOD Broschüre zusammengefasst (*Kaufmann et al., 2017a, S. 26–29*) und werden im Forschungsbericht ausführlich beschrieben.

4.3 Holzbaukompetenz

Im Verlauf des Forschungsprojekts BIMwood wurde die Notwendigkeit einer differenzierten Beschreibung des Begriffs „Holzbaukompetenz“ deutlich. Hintergrund war die Zuweisung der verschiedenen Rollen für die einzelnen Akteure (vgl. Kapitel 4.2). Für den vielfach verwendeten Begriff existiert derzeit weder eine einheitliche Definition noch eine differenzierte Betrachtung.

Kompetenz (lat. Competentia) wird definiert als „Zusammentreffen“ (Duden, 2017) und kann folgendermaßen beschrieben werden: „Verbindung von Wissen und Können in der Bewältigung von Handlungsanforderungen“ (Duden, 2017) kann. Demnach beschreibt der Begriff Holzbaukompetenz eine Leistungsfähigkeit aus anwendungsorientierter Sicht, die Themen Planen und Bauen mit dem Werkstoff Holz betreffend. Eine Konkretisierung der Themen- bzw. Handlungsfelder, die diese Kompetenzen betreffen, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts wie folgt festgelegt:

4.3.1 Allgemeine Holzbaukompetenz

Die allgemeine Holzbaukompetenz beschreibt das Wissen um das Bauen mit Holz hinsichtlich des Materials, der Vorfertigung, der notwendigen Planungsprozesse und die damit einhergehenden Unterschiede zu mineralischen Bauweisen. Dabei verlangt die allgemeine Holzbaukompetenz kein (fach-) spezifisches Wissen das mit der „Bewältigung einer Handlungssituation einher geht“ (Kaufhold, 2006, S.22), sondern eine Informiertheit, die beispielsweise beinhaltet, dass durch den hohen Vorfertigungsgrad des Holzbaus, die Planungsphase umfangreicher ist und länger dauert und viele Entscheidungen früher zu treffen sind. Entsprechend verschiebt sich der planerische Zeitaufwand auf die Anfangsphase des Projekts. Der hohe Vorfertigungsgrad verkürzt die Bauphase im Holzbau um ein Vielfaches. Ferner beinhaltet allgemeine Holzbaukompetenz eine Aufgeklärtheit darüber, dass im Planungsprozess eines vorgefertigten Holzbaus keine baubegleitenden Planungen oder Änderungen möglich sind, weil diese einerseits das Prinzip der Vorfertigung konterkarieren und andererseits mit terminlichen und wirtschaftlichen Einbußen einhergehen. Darüber hinaus sollte allen Beteiligten bekannt sein, dass es auf Seiten des ausführenden Holzbaubetriebe, wegen der maschinellen Fertigung weitere Planende gibt. Das ist insofern wichtig, weil die interne Planung und Arbeitsvorbereitung auf Seiten des Holzbauunternehmens, die auf die abgeschlossene und abgestimmte Werk- und Detailplanung des Planungsteams aufbaut, bei der Terminplanung zu berücksichtigen ist.

4.3.2 Holzbaukompetenz der Planenden

Die Holzbaukompetenz der Planenden beschreibt die Kompetenz der an einem Planungsprozess beteiligten Objektplaner:innen (Architekt:innen) und Fachplanenden. Während die Fachplanenden Expert:innen für spezialisierte Planungsbereiche sind, ist die Planung der Objektplaner:innen übergreifend: im Rahmen der Gesamtkoordination müssen dabei holzbauspezifischen Besonderheiten berücksichtigt werden. Hierzu gehört beispielsweise die Gewährleistung der gleichen Planungstiefe aller Fachplanenden. Die Holzbaukompetenz der Planenden beinhaltet dabei das für die jeweilige Disziplin notwendige Wissen und setzt voraus, dass die Besonderheiten des Baustoffs Holz und die damit verbundenen Konsequenzen für die fachspezifische Planung bekannt sind und angewen-

det werden. Ferner verlangt die Holzbaukompetenz der Planenden entsprechender Berücksichtigung derjenigen relevanten Aspekte, die für einen optimierten Planungsprozess im Holzbau notwendig sind (Kaufmann et al., 2017b).

4.3.3 Prozessspezifische Holzbaukompetenz

Prozessspezifische Holzbaukompetenz umfasst fertigungsrelevantes Wissen, wie über Arbeitsvorbereitung, Transport, Zuschnitt, Elementierung und Montage. Es impliziert die Kenntnis der Planungs- und Ausführungskette, die bei den Unternehmen liegt. Das Berufsbild von Holzbauingenieur:innen, wie auch das der Holzbauplanenden innerhalb oder außerhalb der Holzbauunternehmen, beinhaltet beispielsweise diese Kompetenz, die als Teil des Planungsteams einen Mehrwert für einen ungestörten Planungsverlauf haben kann (Kaufmann et al., 2017a, S. 12-13). Je größer der Anteil dieser prozessspezifischen Kompetenz im Planungsteam, desto besser für den optimalen Planungsablauf eines Holzbauprojektes.

4.3.4 Prozessspezifische Holzbaukompetenz aus der Sicht des Holzbauingenieurs/Holzbauplaners

(Autor: Gerd Prause, Prause Holzbauplanung)

*„Die Kunst der Planung besteht darin, den Schwierigkeiten der Ausführung zuvorzukommen“
(Luc de Clapiers, Marquis des Vauvenargues, 1715 - 1747 französischer Philosoph, Moralist und Schriftsteller)*

Durch den sehr hohen Vorfertigungsgrad im Holzbau, der vom Holzbaubetrieb 3D geplant und im Betrieb umgesetzt wird, müssen alle Informationen, die ein Bauteil betreffen zu Beginn der Arbeitsvorbereitung dem Holzbauer vorliegen. Für eine Außenwand braucht es zum Beispiel: die Gestaltung der inneren und äußeren Ansichten, die Abmessungen und fertige Detailierung der Türen und Fenster mit den Verschattungen, die fertige Statik zu allen konstruktiven Bauelementen, Komponenten, Fügungen und Verankerungen. Ferner benötigt es alle Angaben zu haustechnischen und elektrischen Komponenten, die in die Wand eingebaut werden, und nicht zuletzt präzise Angaben zu Brand-, Schall- und Wärmeschutzanforderungen, die das Bauteil erfüllen muss.

Aus Sicht der Ausführenden sollten im Entwurf berücksichtigt sein: die Größe der Bauteile in Bezug auf die Möglichkeiten des Zuschnitts, der Fertigung und des Transportes; der umsetzbare konstruktive und temporäre Bautenschutz; die holzbaugerechte Fügung der Bauteile bei der Montage und die Wahl von ausschließlich bauaufsichtlich zugelassenen Bauteilen.

Die Anforderungen durch Montage-, Transport-, Fertigungs-, Zuschnitts, und Fügungsbedingungen müssen frühzeitig thematisiert und vom Planungsbeginn an berücksichtigt werden. Daher muss im Planungsteam diese Ausführungskompetenz vorhanden und genutzt sein. Mit Hilfe dieses Wissens kann der Entwurf ein vorfertigungsgerechter Holzbauentwurf sein.

Beispiele für das prozessspezifische Wissen sind:

- was projektspezifisch sinnvollerweise bis zu welchem Grad vorgefertigt werden kann
- ob der Entwurf für Raummodule oder für Elementbau geeignet ist
- zu wissen, wie hoch die Holzrahmenbauelemente in einer Fertigungsstraße gefertigt werden können
- mit welchen Folien temporärer Witterungsschutz auf Decken möglich ist
- wie viele Zentimeter über der Straße das Auflager beim Tiefbettanhänger ist, um die Transporthöhe bestimmen zu können
- welche Transportbreiten für Raummodule wirtschaftlich sind
- welche Dimensionen die Abbundanlagen schneiden können
- welche Bearbeitungszeit von der Vergabe bis zum Montagebeginn realistisch ist
- welches Feuchtemonitoring wo eingesetzt werden kann
- welche Toleranzen eingeplant werden müssen

Wenn dieses Wissen im frühen Planungsprozess einfließt, entsteht ein holzbaugerechtes Ergebnis. Holzbaugerecht bedeutet beispielhaft: Die Elementierung ist in Höhe und Länge geplant. Die Elemente oder Raummodule sind in der Produktion nach Größe, Gewicht und Komplexität fertigbar und wirtschaftlich transportierbar. Die Fügungen sind montierbar, die Luftdichtigkeit ist umsetzbar und die Verbindungen sind zugänglich schraubbar. Die Fügungen sind so geplant, dass der Witterungsschutz während der Bauphase gewährleistet ist und beim Feuchteschutz alle notwendigen Punkte zu wasserführenden Leitungen, Abdichtungen in Bädern und Loggien, Abdichtung bei Fenstern und Türen, das Sockeldetail und mögliches Monitoring bedacht und berücksichtigt sind.

Schlussfolgerung: Alle am Planen und Bauen Beteiligten sollten mindestens eine der in Kapitel 4.3 beschriebenen Kompetenzen haben, damit der Planungsprozess erfolgreich und harmonisch ist.

4.3.5 Fazit

Im Rahmen des Forschungsprojekts leanWOOD wurde ermittelt, dass in der aktuellen Planungspraxis die spezifischen Belange des Holzbaus oftmals nicht berücksichtigt werden. Das betrifft die Holzbaukompetenz der Planenden sowie die prozessspezifische Holzbaukompetenz gleichermaßen. Dieser Umstand kann dazu führen, dass nach erfolgter Vergabe an ein Holzbauunternehmen Umplanungen und Anpassungen notwendig werden, die zu einem unnötigen Zeit- und Kostendruck für das Projekt führen können (*Kaufmann et al., 2017a, S. 6*). leanWOOD zeigt unterschiedliche Lösungsansätze für die frühzeitige Einbindung, insbesondere der prozessspezifischen Holzbaukompetenz in das Planungsteam. Welcher Ansatz der Richtige ist, muss projektspezifisch entschieden werden.

Unabhängig davon in welcher Form die Einbindung erfolgt: um die gewünschte und benötigte integrale Planungsleistung zu erhalten, ist es notwendig neben dem Nachweis der BIM-Kompetenz auch dem der Holzbaukompetenz bei der Beauftragung des Planungsteams entsprechende Aufmerksamkeit widmen.

5 BIMwood-Referenzprozess



BIM-Referenzprozesse dienen der Abbildung eines idealtypischen BIM-Projektablaufs, der vielfach entlang eines konkreten Bauvorhabens entwickelt wird und als Grundlage für weitere Prozesse dient. Referenzprozesse bieten damit eine Grundlage, die eine schnelle und effektive Prozessmodellierung im Rahmen weiterer Vorhaben ermöglicht. Bestehende BIM-Referenzprozesse haben sich entlang der Abläufe des mineralischen Bauens entwickelt, welche die spezifischen Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus nicht berücksichtigen. Im Rahmen des Forschungsprojekts BIMwood wurde ein BIMwood-Referenzprozess entwickelt, der in diesem Kapitel vorgestellt wird. *BIM-Referenzprozesse (Planen-bauen 4.0 & BMDV, 2023) umfassen den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes – von der Entwicklung über die Planung, den Bau und Betrieb des Gebäudes bis hin zur Umnutzung oder zum Abriss.*

In einer ersten Gegenüberstellung der BIM-Prozessabläufe vorgefertigter Holzbauten wurden zunächst keine grundsätzlichen Abweichungen bezüglich des Gesamtablaufs zu bestehenden BIM-Referenzprozessen festgestellt. Jedoch definiert der BIMwood-Referenzprozess neben den Informationsanforderungen die Informationstiefe in den unterschiedlichen Planungsphasen unter Berücksichtigung der Spezifika des Holzbaus. An die in Kapitel 4 vorgestellten Akteure und den ihnen zugewiesenen Rollen werden im Folgenden Aufgaben und Verantwortlichkeiten verteilt und Schnittstellen geklärt. Der BIMwood-Referenzprozess unterstützt damit eine optimierte integrale Planung und Koordination vorgefertigter Holzbauprojekte und stellt eine Weiterentwicklung der BIM-Methodik und BIM-Technologien im Bereich des industrialisierten Holzbaus dar.

Der im Forschungsprojekt entwickelte BIMwood Referenzprozess bietet die Möglichkeit, die im Verlauf des Forschungsprojekts erarbeiteten Ergebnisse darzustellen. Für die Beschreibung und Definition des BIMwood-Referenzprozesses sind die Festlegungen zu den Rollen und Verantwortlichkeiten (vgl. Kapitel 4.2) zu beachten.

In diesem Forschungsbericht wurden für den BIMwood-Referenzprozess beginnend mit der Phase Null bis hin zur Übergabe des Bauwerkmodells an das Holzbauunternehmen die Vorbereitungs- und Planungsphasen näher betrachtet und auf holzbauspezifische Belange hin untersucht. In der Übersicht der Themenfelder des BIMwood-Referenzprozesses (vgl. Kapitel 5) sind diese Phasen farbig hervorgehoben dargestellt (Abbildung 5-1).

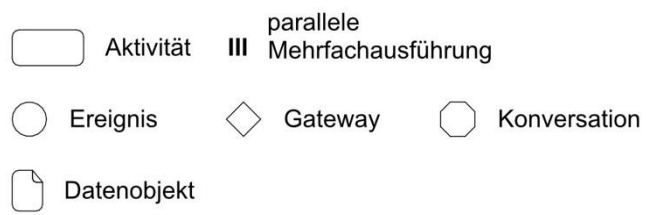


Abbildung 5-1: Themenfelder BIMwood-Referenzprozess

Der BIMwood-Referenzprozess kann als Basis für die Definition eines projektabhängigen Ablaufs dienen und muss dafür jeweils spezifisch angepasst werden. Der BIMwood-Referenzprozess wurde in Workshops gemeinsam mit den Praxispartner:innen erarbeitet. Im nächsten Schritt wurde er formalisiert und mit BPMN (Business Process Model and Notation) dargestellt (Abbildung 5-3 und Abbildung 5-6). Business Process Model and Notation (BPMN) ist eine grafische Spezifikationssprache aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik und dem Prozessmanagement. Mit Hilfe von Symbolen werden Prozesse und Arbeitsabläufe in einer Prozesskarte modelliert und dokumentiert. Als Basis für die Darstellung der folgenden Prozesse dienen die Symbole und Vorgaben aus der Spezifikation BPMN 2.0 (White, 2004).

Die Prozesskarten sind in horizontale „Swim-Lanes“ gegliedert. Dabei wird ganz links in jeder Swim-Lane (Zeile) ein:e Akteur:in mit den entsprechenden Aktivitäten im Planungsprozess dargestellt. Zur Verdeutlichung der Notwendigkeit der frühen Einbindung der Holzbaukompetenz in den Planungsprozess wird in den Prozessen auch die Rolle des Holzbauplanenden dargestellt. Wie in Kapitel (vgl. Kapitel 4) ausgeführt ist, kann diese Rolle von mehreren Akteuren ausgeführt werden. Die Leserichtung der Aktionen im BPMN erfolgt von links nach rechts und zeigt so die zeitliche Abfolge im Planungsprozess. Durch die Verbindung der einzelnen Symbole durch Pfeile werden

die Aktionen zu einer eindeutigen Abfolge verbunden. Die wesentlichen verwendeten Symbole für die BIMwood-Prozesskarten sind in der folgenden Legende dargestellt.



Auszug Symbole BPMN 2.0 (*White, 2004*).

5.1 Bedarfsplanung

Zum Start eines Bauprojekts werden vor dem Beginn der Planung im Rahmen der Bedarfsplanung (auch Projektvorbereitung) die wesentlichen Vorgaben für das Projekt durch den Bauherrn definiert. Diese für jedes Projekt grundlegende Vorarbeit und Zieldefinition wird von vielen Auftraggebern vernachlässigt oder von den Objektplanenden im Rahmen der Grundlagenermittlung erwartet. Sind die qualitativen und quantitativen Grundlagen zu Projektbeginn nicht geklärt, ist es Aufgabe der Objektplaner:innen im Rahmen der Beratungspflicht darauf zu verweisen. Übernehmen Objektplaner:innen die Bedarfsplanung oder Teile davon, sind diese Leistungen zu vergüten. Die DIN 18205:2016-11 (*Deutsches Institut für Normung, 2016*) beschreibt neben den erforderlichen Prozessschritten die wesentlichen Inhalte und die Struktur eines Bedarfsplans. Die Bedarfsplanung wird im Projektverlauf geprüft und wenn notwendig angepasst. Durch die klare Definition des Bedarfs können die Vorgehensweise, der Prozess und der Ablauf des Bauprojektes zielorientiert gestaltet werden. Ergebnis einer methodischen Bedarfsplanung ist die nachhaltige Planung von Bauwerken über deren gesamten Lebenszyklus samt Informationsverarbeitung- und Aufbereitung in Verbindung mit der Methode BIM.

Im ersten Schritt dieser Bedarfsplanung ist es auf Seite der Auftraggebenden notwendig, konkrete Projektziele zu definieren. Dies schafft eine fundierte Grundlage für die Bearbeitung des Projekts für die späteren Auftragnehmer:innen. Im nächsten Schritt wird das BIM-Management beauftragt (vgl. Kapitel 3.3), das die Auftraggebenden zu den möglichen BIM-Zielen berät und die AIA erstellt. In den AIA werden die erarbeiteten Projektziele und Festlegungen dokumentiert und den weiteren Auftragnehmer:innen als Grundlage zur Verfügung gestellt (vgl. Kapitel 3.1).

Bei der Auswahl der Planenden durch den Auftraggebenden müssen Kompetenzen im Bereich BIM und Holzbau abgefragt und bewertet werden (vgl. Kapitel 4.3). Nach der Beauftragung der Objektplanung und der weiteren Fachplanenden erfolgt das Durchführen eines oder auch mehrerer BIM-Workshops. In diesen Workshops wird unter Leitung der BIM-Gesamtkoordination die Umsetzung der AIA des Auftraggebers erarbeitet und durch das Aufstellen des ersten BAP (vgl. Kapitel 3.4) zusammengefasst. Das BIM Management überprüft die Umsetzung der BIM-Ziele aus den AIA. Nach dem Abschluss der Projektvorbereitung startet die Planung des Projekts mit der Grundlagenermittlung und der nachfolgenden Vorplanung.

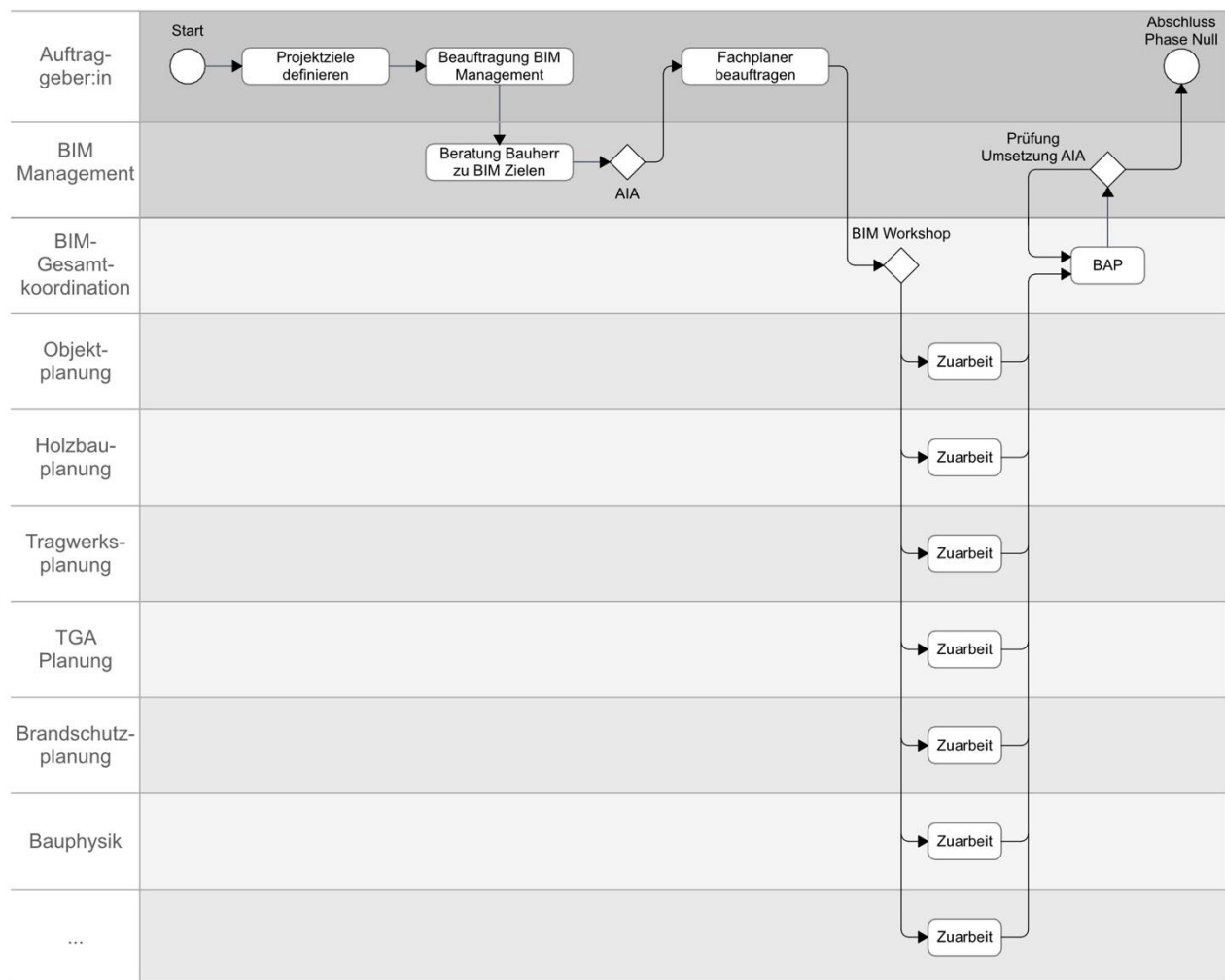


Abbildung 5-2: Referenzablauf Bedarfsplanung

5.2 Prozess Grundlagenermittlung und Vorplanung

Die nachfolgende Prozesskarte (Abbildung 5-3) zeigt die Abfolge der Planungsschritte in der Grundlagenermittlung (grau markiert) und in der Vorplanung (grün markiert).

Ziel der Grundlagenermittlung ist die Erarbeitung eines mit dem Auftraggebenden abgestimmten Planungskonzepts. Sie dient der Zusammenstellung aller relevanten Voraussetzungen für Planung und Durchführung eines Bauvorhabens einschließlich aller baurechtlichen, technischen und tatsächlichen Randbedingungen, Plausibilitätsprüfung des Kostenrahmens und beinhaltet eine Ergebnisdokumentation. Diese Ergebnisdokumentation wird von allen Planenden an die Auftraggebenden übergeben. Danach beginnt die Vorplanungsphase, in der unterschiedliche Planungsvarianten aller beteiligten Fachdisziplinen erarbeitet werden. Ziel der Vorplanungsphase ist die Erarbeitung und Darstellung der wesentlichen Teile der Lösung einer Planungsaufgabe, die in den nachfolgenden Phasen weiter ausgearbeitet wird.

Der gesamte Vorplanungsprozess wird durch die regelmäßige Kommunikation des gesamten Teams strukturiert. Die Planungspakete der einzelnen Fachplaner:innen werden auf Grundlage der

Festlegungen im BAP parallel bearbeitet und erfolgen in Varianten. Es findet ein regelmäßiger Austausch der Arbeitsergebnisse statt. Am Abschluss der iterativen Vorplanungsphase steht die Entscheidung für eine Planungs-Variante durch die Auftraggeber:innen. Diese Variante wird als Fachmodell der Objektplanung (Architektur) modelliert und dient als Grundlage für die Erarbeitung der im BAP definierten 3D-Fachmodelle der Fachplaner:innen in der nachfolgenden Planungsphase. Das Gesamtmodell der Vorplanungsphase besteht somit aus den Arbeitsergebnissen aller Fachplanungen (3D-Fachmodelle, 3D-Teilmodelle, Konzepte, Kataloge, Listen etc.). Es ist im BPNM der Vorplanungsphase grün markiert und umfasst die Gesamtheit aller Planungsergebnisse der beteiligten Fachplaner:innen. Es bildet den Abschluss der Vorplanungsphase. Je nach Projektart können auch weitere Fachplanungsbereiche notwendig sein.

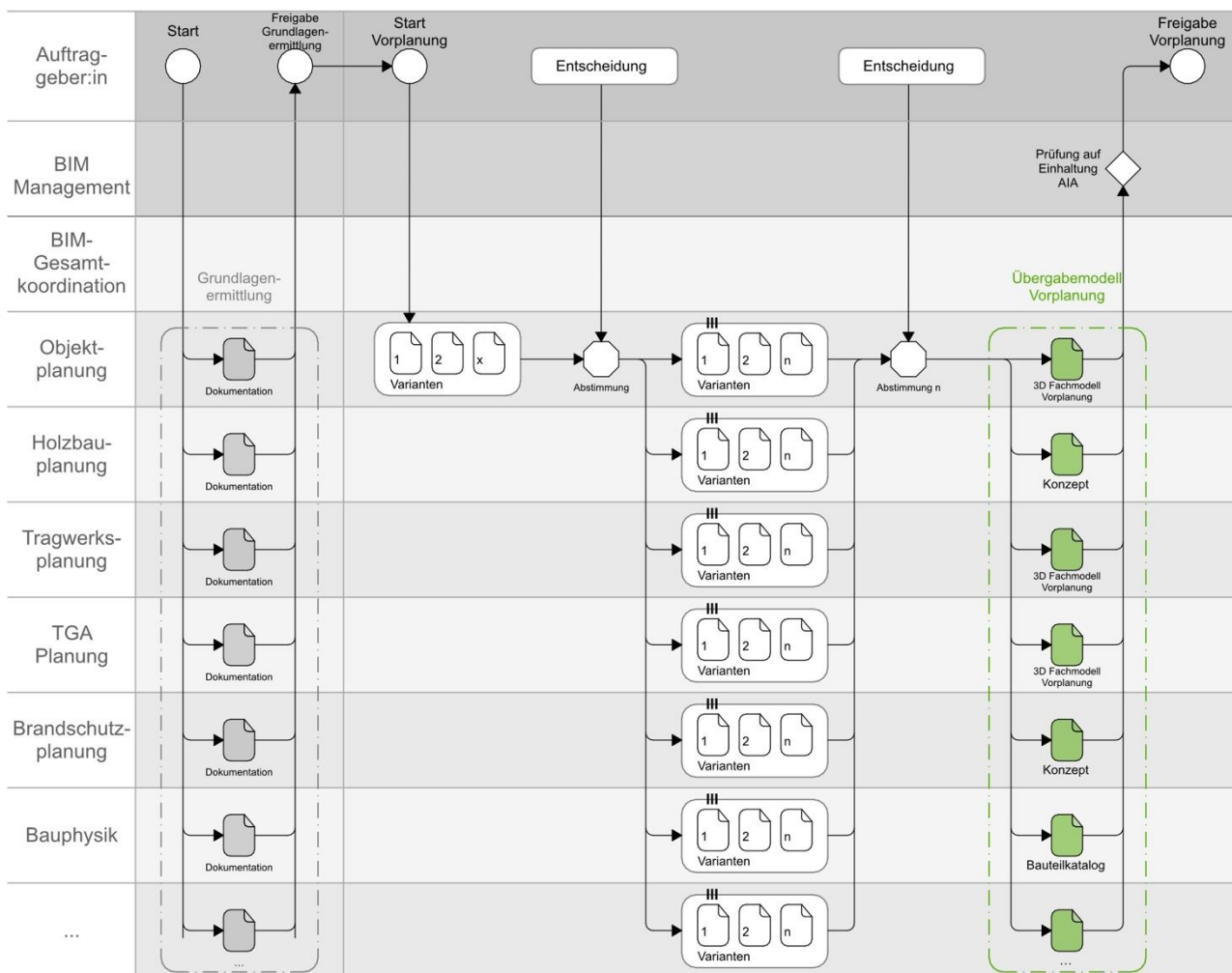


Abbildung 5-3: Referenzablauf Grundlagenermittlung und Vorplanung

Die Inhalte der Arbeitsergebnisse der einzelnen Fachplanungen werden nachfolgend differenzierter aufgelistet.

Objektplanung (Architektur)	Die Objektplaner:innen erstellen im Verlauf der Vorplanungsphase ein 3D-Fachmodell. Die Modellierungstiefe zum Abschluss der Vorplanungsphase erreicht ein LOD100 und sollte folgende Angaben beinhalten: • Nullpunkt und Achsraster • Koordinationskörper zur eindeutigen Verortung der Modelle in x, y und z - Richtung • Koordinaten Grundstück, Lage angrenzende Gebäude • Festlegung Höhenentwicklung Gebäude mit allen Geschossen • Geschossdecken Rohbau, Bodenplatte, Deckenplatte, Dach • Räume nach Nutzungszonen und Grundflächen • Stützen und Träger gemäß Vordimensionierung Tragwerksplanung • umfassende Wände Treppenkerne, ohne Türöffnungen/ Durchbrüche, ohne Treppenläufe • wesentliche statische Öffnungen und Durchbrüche • Dimensionen gemäß der Vor-Konzepte der Fachplaner Die Modellierung der einzelnen Elemente und die Fügungen dieser Elemente untereinander werden ebenfalls im BAP definiert. Ein Vorschlag über die Modellierung ist nicht Teil dieses Forschungsberichtes.
Rolle der Holzbauplanung (vgl. Kapitel 4.2.4)	Die Holzbauplanung erstellt ein Konzept für die Holzbaukonstruktionen in Varianten: • Festlegung der horizontalen und vertikalen Konstruktionselemente aus Holz • Ergebnisse der Vorplanung werden im Fachmodell der Tragwerksplanung der anschließenden Entwurfsplanung integriert • erstes Elementierungskonzept
Tragwerksplanung	Die Tragwerksplanung erstellt 3D-Fachmodelle (Teilmodelle) in Varianten. • konzeptioneller Tragwerksentwurf • Vordimensionierung der wesentlichen Bauteile unter Berücksichtigung der Holzbauplanung • Definition von statisch hochbelasteten Bauteilen/ Sperrzonen
TGA-Planung	Die TGA-Planung erstellt 3D-Fachmodelle mit folgenden Angaben. • Vordimensionierung der wesentlichen Bauteile • Größe der Technikräume • wesentliche vertikale Schächte und Trassen (als Körper modelliert)
Brandschutzplanung	Frühzeitiges Erarbeiten eines mit den Fachmodellen abgestimmten Brandschutzkonzeptes mit den folgenden Angaben

	• Definition Anforderungen der wesentlichen Bauteile (z.B. Feuerwiderstandsklasse REI) • Rettungswege
Bauphysik und Bauökologie	Die Bauphysik definiert die Anforderungen der wesentlichen Bauteile im Bauteilkatalog, z.B.: • Angabe mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient • Wasserdampfdiffusionsverhalten • Bewertetes Schalldämm-Maß Darüber hinaus erfolgt die Angabe von ökologischen Bewertungskriterien, z.B. Bewertung des Umwelteinflusses gemäß EN 15804

Tabelle 5-1: Modellinhalte Ergebnis Vorplanungsphase

In der folgenden Darstellung (*Abbildung 5-4*) ist ein schematisches 3D-Modell der Objektplanung als Abschluss der Vorplanungsphase (Architektur) dargestellt. Es beinhaltet die wesentlichen einschichtigen Bauteile ohne eine weitere Differenzierung sowie die Räume.

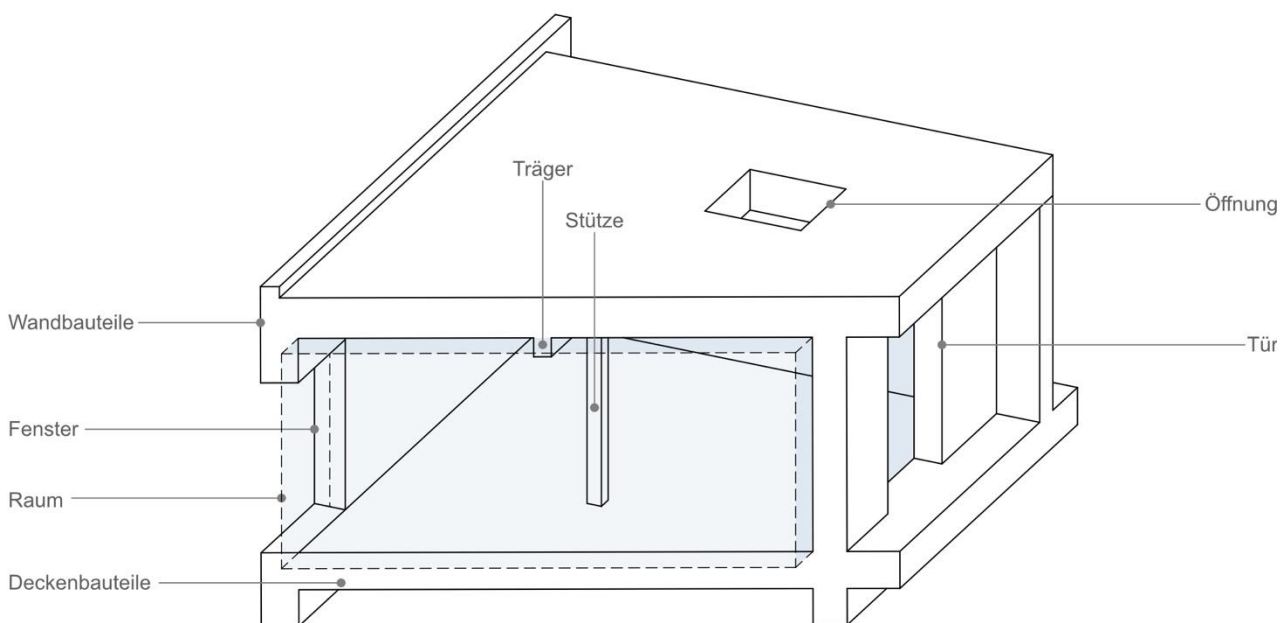


Abbildung 5-4: wesentliche Bauteile 3D-Fachmodell Objektplanung Abschluss Vorplanungsphase

Ein weiteres wesentliches Teilmodell in der Vorplanungsphase ist ein Fachmodell der TGA (*Abbildung 5-5*), in der die wesentlichen Schächte und Trassenverläufe schematisch als Volumenkörper dargestellt sind. Dieses Modell bildet eine wichtige Planungsgrundlage für das Planerteam, da die Integration der oft komplexen Gebäudetechnik so geometrisch einfach darzustellen und zu überprüfen ist.

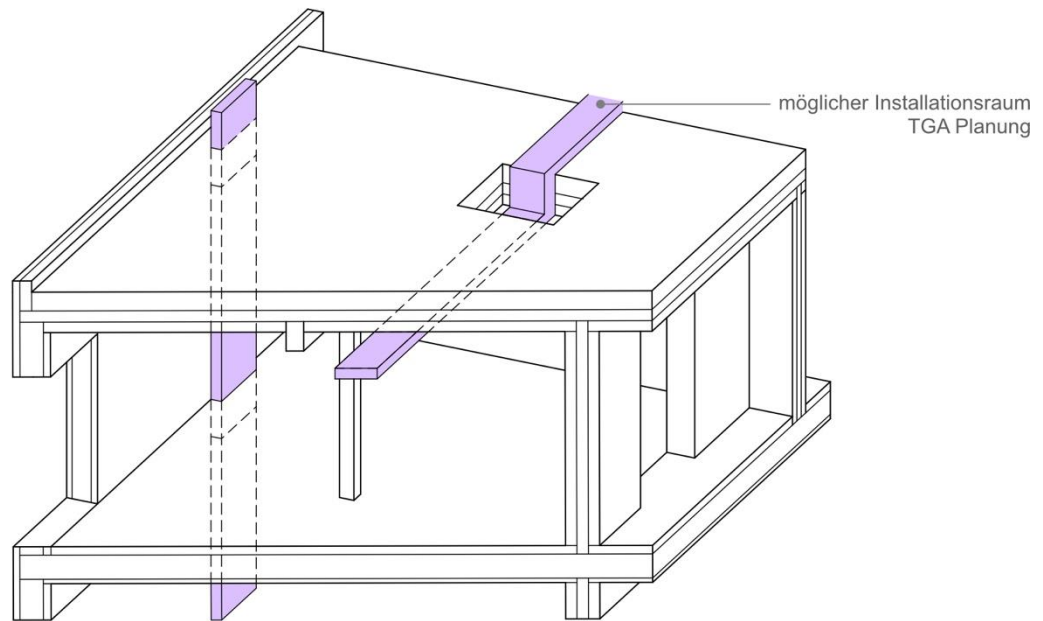


Abbildung 5-5: schematische Darstellung der wesentlichen vertikalen Schächte und Trassen als 3D-Modell der TGA

5.3 Referenzablauf Entwurfsplanung

In der Entwurfsplanung wird das Planungsprojekt in einem iterativen Prozess weiter detailliert und ausgearbeitet. Ziel in dieser Phase der Planung ist es, das Vorkonzept so weiterzuentwickeln und zu detaillieren, dass alle wesentlichen Aspekte zur Umsetzbarkeit integriert sind (z.B. Genehmigungsfähigkeit, Baubarkeit, Kostensicherheit, Terminplanung) und diese mit allen Planungsbeteiligten abgestimmt sind.

In der folgenden Prozesskarte ist der Referenzablauf der Entwurfsplanung ebenfalls mit der BPMN-Methode grafisch dargestellt. Zwischen den einzelnen Arbeitspaketen der Fachplanungen erfolgt analog der Vorplanungsphase eine regelmäßige Kommunikation, in der Zwischenergebnisse ausgetauscht, vorgestellt und Entscheidungen zum weiteren Planungsverlauf getroffen werden. Zusätzlich erfolgt ebenfalls in regelmäßigen Abständen das Zusammenführen und die Prüfung der 3D-Fachmodelle und die Prüfung des Planungsfortschritts durch das Informationsmanagement.

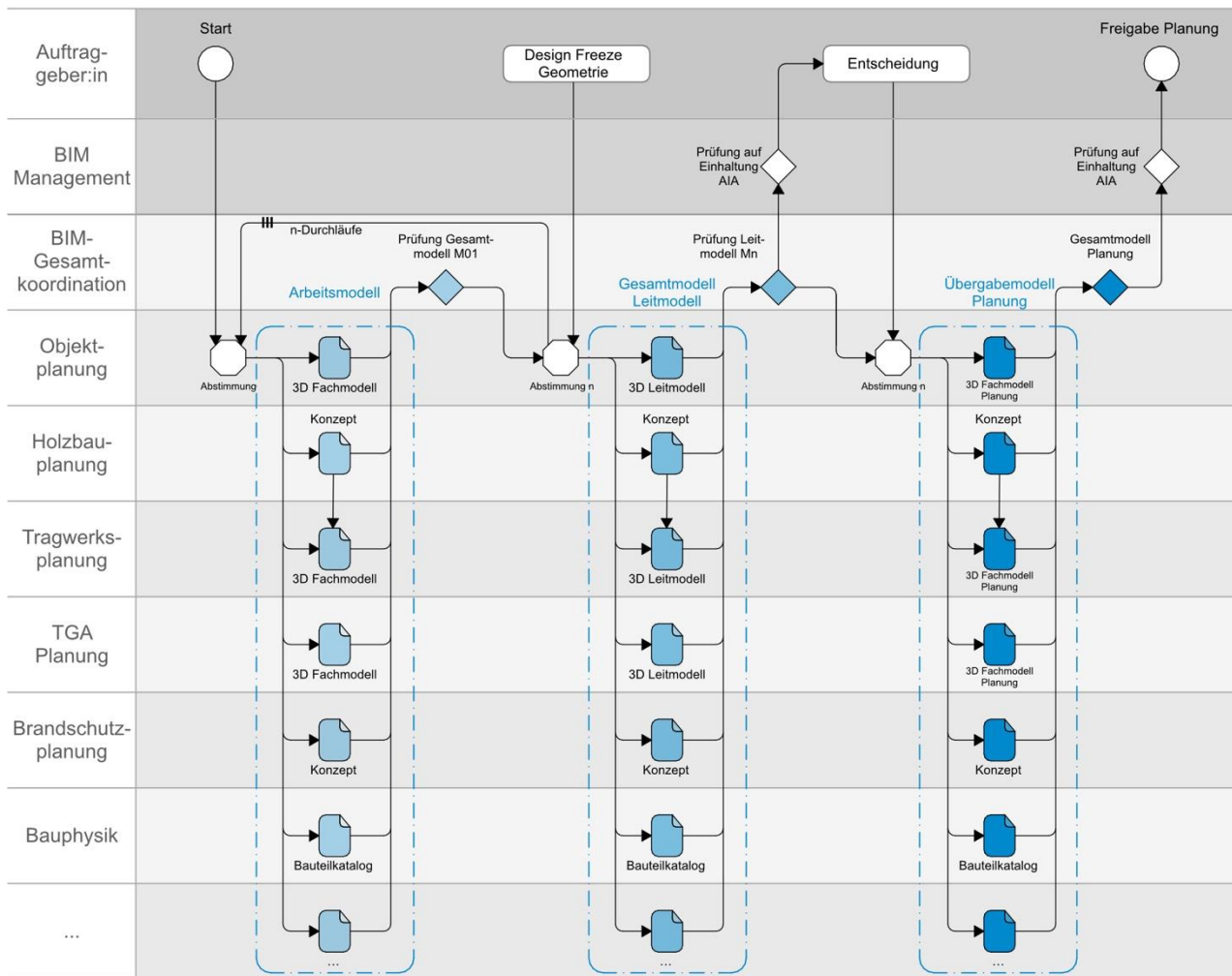


Abbildung 5-6: Referenzablauf Entwurfsplanung

Die in der Prozesskarte dargestellten Bezeichnungen der Zwischenstände sind in der aktuellen Literatur nicht eindeutig bzw. nicht ausreichend definiert. So findet sich z.B. in der VDI 2552 keine weitere Unterteilung der einzelnen Planungsschritte. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Zwischenstände werden deshalb hier drei Begriffe für die Modellphasen eingeführt:

5.3.1 Arbeitsmodell(e)

Die Arbeitsmodelle sind auf der Prozesskarte (Abbildung 5-6) links dargestellt. Sie stellen Zwischenstände dar und werden Schritt für Schritt durch die jeweilige Fachplanung weiterentwickelt. Die Erstellung der Fachmodelle erfolgt schrittweise analog der Reihenfolge der produzierenden Gewerke. Diese Schritte werden im Vorfeld der Planung im Zuge der Erstellung des BAP definiert und im Terminplan festgelegt. Mit dem Start der Planungsphase werden die Wände und Decken im Architektur Fachmodell als 3-Schichten-Modell (vgl. Kapitel 6.3) detailliert dargestellt und an die anderen Fachplaner:innen übergeben. Die Planungsstände werden ca. alle zwei bis drei Wochen ausgetauscht und durch das BIM-Informationsmanagement geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden in den Planungsprozess zurückgespielt und die Fachmodelle werden auf dieser Basis weiterentwickelt und verfeinert. So entsteht ein iterativer Planungsprozess. Zu den vor der Planung im

BAP definierten Zwischenständen (Leitmodell und Abschlussmodell der Entwurfsplanung) überprüft das BIM-Management das Gesamtmodell auf Übereinstimmung mit den Vorgaben aus den AIA.

Die Fachmodelle der einzelnen Fachplanungen können entsprechend der folgenden Tabelle weiterentwickelt werden.

Objektplanung (Architektur)	Eine typische Fortschreibung könnte sein: • tragende Bauteile, Fassade, Innenwände, Deckenbeläge, Deckenbekleidungen, Türen, Einzelräume • 3-Schichten werden schrittweise weiter ausgearbeitet
Rolle der Holzbau- planung (vgl. Kapitel 4.2.4)	• Klärung der wesentlichen Detailpunkte im Holzbau (Sockel, Deckenaufleger, Attika) • Elementierungskonzept • Konzept Montage und Wetterschutz
Tragwerksplanung	Eine typische Fortschreibung könnte sein: • tragende Bauteile, Gründung
TGA-Planung	Für jedes technische System entsteht ein eigenes Fachmodell. Es erfolgt keine Trennung nach Geschossen. Eine typische Fortschreibung könnte sein: • Definition Lage und Größe Technikflächen, Platzbedarf und Verlauf Trassen, Platzbedarf und Verlauf der wesentlichen Schächte, Regelgeschoss, rohbaurelevante Durchbrüche
Brandschutzplanung	Das Brandschutzkonzept wird iterativ dem Planungsfortschritt angepasst und vertieft und umfasst Angaben zu • Definition Anforderungen der wesentlichen Bauteile (z.B. Feuerwiderstandsklasse REI) • Rettungswege • Verwendbarkeitsnachweise Die Verantwortung der Merkmale der Bauteile in den jeweiligen 3D-Fachmodellen liegt bei den Brandschutzplanenden. Dies kann über das Eintragen der Merkmale in die Modelle (z.B. über Datenbanken) erfolgen oder auch über die Prüfung der übernommenen Merkmale durch den jeweiligen Fachplanenden.

Tabelle 5-2: mögliche Inhalte Fachplanungen Arbeitsmodell(e)

In der folgenden Darstellung wird die beispielhafte Weiterentwicklung des 3D-Fachmodells als 3-Schichten-Modell in den Wand- und Deckenbauteilen zum Start der Planungsphase gezeigt. Dieses Arbeitsmodell dient als Grundlage für die Erstellung der Fachmodelle der anderen Fachplanungen.

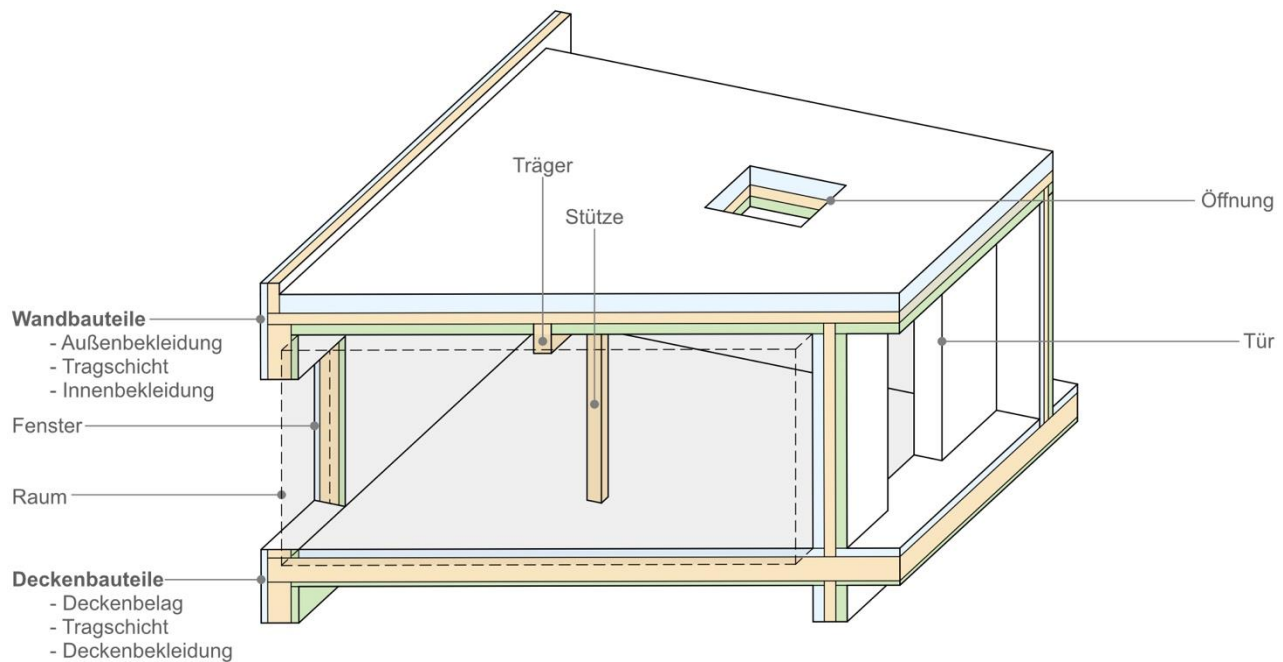


Abbildung 5-7: Teilmodell Arbeitsmodell: 3-Schichten Fachmodell Objektplanung zum Start der Entwurfsplanung

5.3.2 Leitmodell

Das Leitmodell ist auf der Prozesskarte (Abbildung 5-6) der Entwurfsplanung mittig dargestellt. Es wird nach der Entscheidung der Bauherr:innen über einen sogenannten „Design Freeze“ über die Geometrie des Projekts erstellt. Nach diesem Schritt erfolgen keine wesentlichen Änderungen in der Planung mehr. Die Fachplanungen arbeiten nach der Abgabe des Leitmodells die eigenen Abgabeleistungen für die Fertigstellung der Planungsphase weiter aus und vervollständigen diese entsprechend den Vorgaben aus dem BAP. Es finden weiterhin Abstimmungen zwischen den Fachplanungen statt, um letzte Detailfragen zu klären und abzustimmen. Das Leitmodell ist somit noch kein vollständiges Modell im Sinne der Abgabeleistung der Planungsphase, sondern stellt einen weiteren Zwischenschritt dar. Die Definition des Zeitpunkts für die Abgabe des Leitmodells hilft den Planungsbeteiligten, die notwendigen Entscheidungen für die Fertigstellung der Planungsleistungen zu einem festgelegten Zeitpunkt zu treffen bzw. zu erhalten.

Das Leitmodell besteht aus allen Arbeitsergebnissen der beteiligten Fachplanungen. Als Fortschreibung zu den Arbeitsmodellen können folgende Inhalte (*Tabelle 5-3*) in den Fachmodellen vereinbart werden.

Das Leitmodell wird durch das BIM-Management der Auftraggeberschaft auf Übereinstimmung mit den Vorgaben aus den AIA und den Abstimmungen zum BAP hin überprüft und freigegeben. Auf dieser Basis trifft der Auftraggebende seine Entscheidungen.

Objektplanung (Architektur)	Inhalt vorheriger Stand plus: • alle Bauteile LOG 200 • Fügungen der Bauteile sind systematisch dargestellt • Einarbeitung Angaben Tragwerksplanung • Einarbeitung Angaben Haustechnik • Integration abgestimmte, statisch relevante Durchbrüche • Zwischenstand der Integration wesentlicher Attribute aus dem Bauteilkatalog • Zwischenstand der Integration wesentlicher Attribute aus dem Brandschutzkonzept
Rolle der Holzbauplanung (vgl. Kapitel 4.2.4)	• Fortschreibung bisheriger Stand
Tragwerksplanung	Inhalt vorheriger Stand plus: • tragende Bauteile mit Dimensionierungen, wesentlicher Parameter • inkl. tragende/ wesentliche Komponenten der Tragschicht/ Holzbau (z. Bsp. Schwelle, Rähm, Balken) • Definition Fügungen der Bauteile
TGA-Planung	Inhalt vorheriger Stand plus: • Platzbedarf Trassen, rohbaurelevante Durchbrüche als eigenes Fachmodell • Regelgeschoss / wesentliche Bereiche/ Sonderbereiche
Brandschutzplanung	Inhalt vorheriger Stand plus: • Fortschreibung • Einarbeitung/ Prüfung der Brandschutzmerkmale im Fachmodell Objektplanung (Architektur)
Bauphysik	Inhalt vorheriger Stand plus: • Fortschreibung • Einarbeitung/ Prüfung der vereinbarten bauphysikalischen Merkmale Fachmodell der Objektplanung (Architektur)

Tabelle 5-3: mögliche Inhalte mögliche Planungsinhalte Leitmodell

Das Fachmodell der Tragwerksplanung wird in der Entwurfsplanung als Teil des Leitmodells erstellt. Es enthält alle für das Holztragwerk wesentlichen Bauteile und Elemente und wird auf Grundlage des 3-Schichten-Modells der Objektplanung (Architektur) erstellt. Dabei liegen alle Elemente der Holzkonstruktion des Tragwerkmodells innerhalb der Tragschicht des Fachmodells der Objektplanung (Abbildung 5-8).

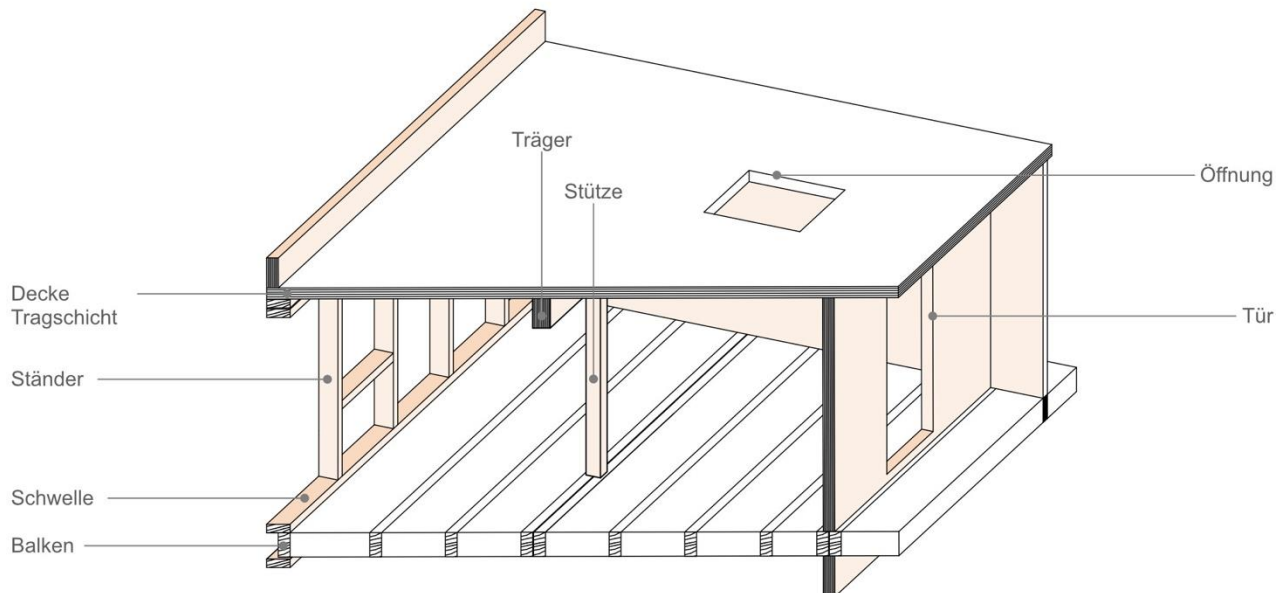


Abbildung 5-8: Fachmodell Tragwerksplanung in der Entwurfsplanung

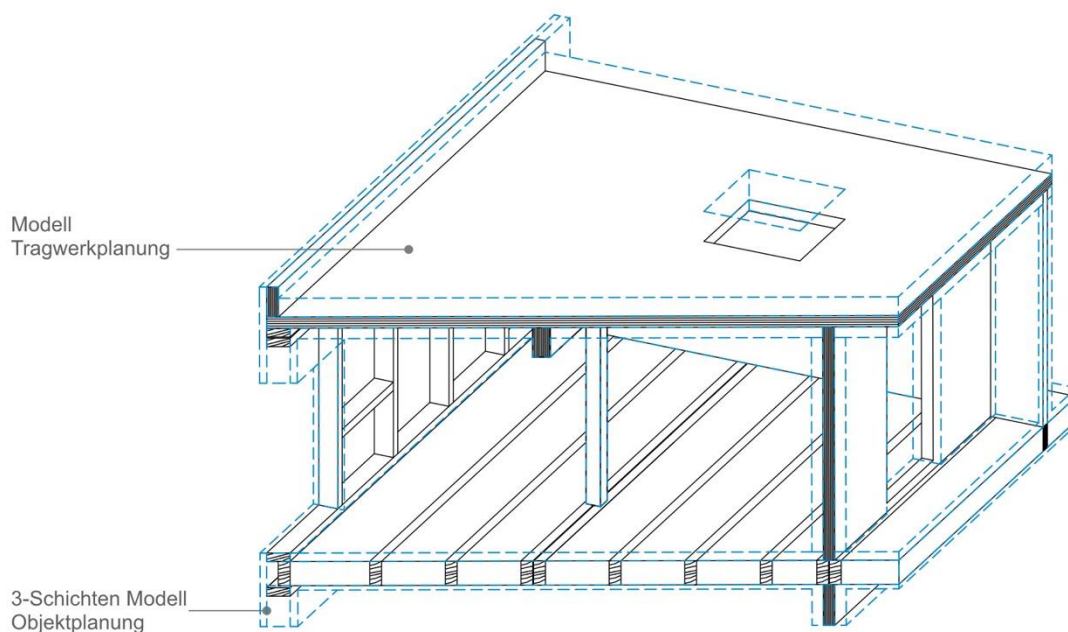


Abbildung 5-9: Fachmodell Tragwerksplanung mit Überlagerung 3-Schichten-Modell der Objektplanung

5.3.3 Übergabemodell Entwurfsplanung

Dies ist auf der Prozesskarte (Abbildung 5-6) rechts dargestellt. Das Übergabemodell zum Abschluss der Entwurfsplanung enthält alle im BAP definierten geometrischen und semantischen Informationen aller Fachplaner:innen. Es besteht aus den koordinierten Teilmodellen der beteiligten Fachplanenden. Das Übergabemodell der Entwurfsplanung bildet die Grundlage für die Genehmigungsmodelle und die weitere Planung in der Ausführungsplanung. Es findet eine abschließende Prüfung des Gesamtmodells durch das BIM-Management statt. Auf dieser Basis geben die Auftraggebenden ihre Freigabe für die Entwurfsplanung.

Objektplanung (Architektur)	• alle Bauteile LOD 200 • alle Rohbaurelevanten Elemente vollständig enthalten
Holzbauplanung	• Umsetzung Elementierungskonzept
Tragwerksplanung	• vollständiges 3D-Modell als Abschluss der Entwurfsplanung inkl. aller Bauteilmerkmale entsprechend der Merkmalliste • alle Bauteile LOD 200
TGA-Planung	• vollständige 3D-Modelle als Abschluss der Entwurfsplanung inkl. aller Bauteil-Merkmale entsprechend der Merkmalliste • alle Bauteile LOD 200
Brandschutzplanung	• vollständiges Brandschutzkonzept als Abschluss der Entwurfsplanung
Bauphysik	• vollständige Bauteilkataloge und abgeschlossene Nachweise als Abschluss der Entwurfsplanung

Tabelle 5-4: mögliche Planungsinhalte Leitmodell

5.4 Ausführungsplanung

Während der Phase der Ausführungsplanung werden die Modelle im Zusammenhang mit der nun voranschreitenden Detailplanung verfeinert. Ziel ist das Erarbeiten einer ausführungsreifen Lösung der Planungsaufgabe. Die Detailplanung wird dabei in der Regel als 2D- Zeichnung angefertigt und mit Verweisen (Referenzierung) mit dem Modell verbunden. Dabei wird das LOG der Teilmodelle nicht wesentlich erhöht, relevante Punkte werden entsprechend der stattfindenden Detailplanung sinngemäß ins Modell zurückgespielt und abgeglichen. Das LOI wird gemäß der Vorgaben aus dem BAP um die notwendigen Attribute ergänzt und falls notwendig aktualisiert. Der Fokus in dieser Planungsphase liegt somit auf dem Verifizieren, Ergänzen und Vervollständigen der Fachmodelle und dem Erarbeiten der ausführungsreifen Lösung.

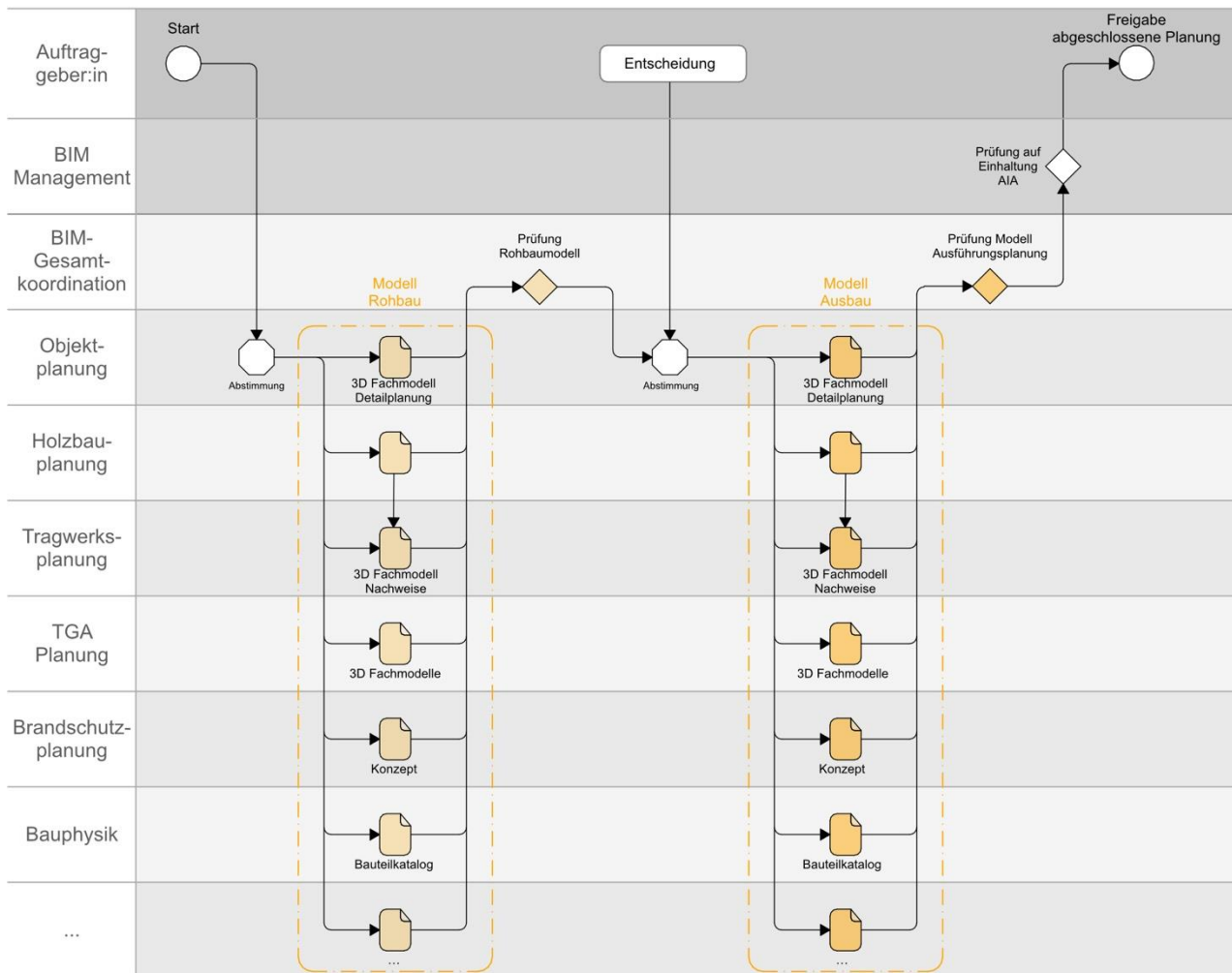


Abbildung 5-10: Referenzprozess Ausführungsplanung

Auch in der Ausführungsplanung bietet es sich an, den Planungsprozess weiter zu untergliedern, um einen nachvollziehbaren und transparenten Planungsablauf zu erzielen.

In der Prozesskarte (Abbildung 5-10) ist die Phase der Ausführungsplanung in zwei Zwischenschritte unterteilt: Im ersten Schritt werden alle rohbaurelevanten Angaben in die Modelle eingearbeitet und vollständig abgebildet. Dazu gehört neben der SuD-Planung (Schlitz- und Durchbruchplanung) aller rohbaurelevanten Durchbrüche ebenso die entsprechende Detailplanung der rohbaurelevanten Planungsthemen. Auf Basis dieses ersten Gesamtmodells erstellt der Tragwerksplaner alle notwendigen statischen Unterlagen und Pläne sowie die statischen Nachweise der Verbindungen im Holzbau. Änderungen am Rohbau ab diesem Zeitpunkt sollten unbedingt vermieden werden. Nach der Abgabe der Modelle prüft die BIM-Gesamtkoordination die Fachmodelle. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden in die Modelle eingearbeitet.

Im zweiten Planungsschritt werden alle ausbaurelevanten Inhalte in den Modellen und Unterlagen vollständig ausgearbeitet und integriert. Dies betrifft die vollständige Planung in den 3D-Fachmodellen, die SuD-Planung aller Durchbrüche, die vollständige Detailplanung sowie den Abschluss aller weiterer notwendiger Unterlagen (Bauteilkatalog, Nachweise etc.).

Die Modelle werden zu den vereinbarten Zeitpunkten durch die BIM Gesamtkoordination auf Kollisionen und Unstimmigkeiten geprüft. Die Ergebnisse werden im Planerteam abgeglichen und die Modelle werden entsprechend ergänzt oder angepasst.

Das entstandene Gesamtmodell bildet das Abschlussmodell der Ausführungsplanung und somit den Soll-Zustand des Gebäudes ab. Zum Abschluss dieser Planungsphase wird das Gesamtmodell erneut vom BIM-Management auf Übereinstimmung mit den Projektzielen geprüft und von der Bauherrschaft freigegeben.

Es bildet die Grundlage für die weiteren Phasen – Ausschreibung und Vergabe.

5.5 Übergabe Planungsergebnis an Holzbauunternehmen

Nach dem Abschluss der Ausführungsplanung wird die Ausschreibung erstellt. Die notwendigen Fachmodelle werden an das Holzbauunternehmen übergeben. Dabei wurde als ein Ziel im Forschungsprojekt die nahtlose Übergabe eines Bauwerkinformationsmodells an das ausführende Holzbauunternehmen verfolgt. Das Holzbauunternehmen erhält alle notwendigen Daten im Rahmen der Ausschreibung (*Kaufmann et al., 2017a*) für die Angebotserstellung und im Weiteren für die Werk- und Montageplanung. Im Rahmen der Mock-ups (*vgl. Kapitel 6.2, 6.4 und 7.1*) wurden unter Einbindung des Holzbauunternehmens die wesentlichen Übergabemodelle sowohl hinsichtlich geometrischer Fertigstellung als auch der alphanumerische Fertigstellungsgrad (*LOG und LOI, vgl. Kapitel 2.1*) entwickelt. Die entsprechenden Empfehlungen werden in Kapitel 6 Modellierung vorgestellt.

6 Modellierung

Modellierung im Holzbau

6

- Holzbaukonstruktionen und Begriffsbestimmungen für mehrschichtige Bauteile
- Mock-up Modellierung mit Darstellung eines beispielhaften Planungsprozesses und Empfehlungen für die Praxis
- 3-Schichten Aufbau
- Tragwerksmodell
- Mock-up Übergabemodell Holzbau

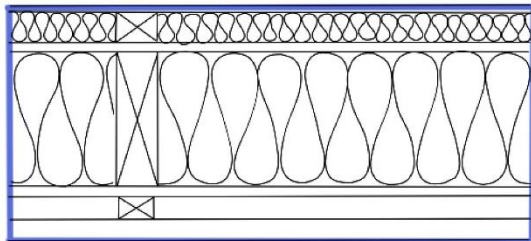
Ein wesentliches Merkmal von Holzkonstruktionen sind die mehrschichtigen Bauteilaufbauten und das Fügen von einzelnen Komponenten zu einem Bauteil. Der Umgang mit diesem wesentlichen Unterschied zur konventionellen Bauweise mit mineralischen Materialien führt zur Frage der Modellierung von Holzbaukonstruktionen in digitalen Gebäudemodellen. Vorliegendes Kapitel stellt Lösungen vor, die den erforderlichen Grad der geometrischen Detaillierung des Modells sowie den notwendigen Informationsgehalt für die Zusammenarbeit und Abstimmung in der Planung von Holzbauwerken unterstützen. Für einen durchgängigen optimierten Prozess innerhalb der Wertschöpfungskette vorgefertigter Holzbauten wird das digitale Gebäudemodell der Planungsphasen auch für die Arbeitsvorbereitung (Planung der Elementierung, Fertigung und Montage) des ausführenden Holzbauunternehmens eingesetzt.

Die Erarbeitung der an einem Planungsprozess orientierten Modellierungsvorschläge erfolgte in einem handlungsorientierten, simulativen Methodenansatz. Gemeinsam mit den am Forschungsprojekt BIMwood beteiligten Praxispartner:innen wurde die Modellierung anhand der Planung eines digitalen Mock-ups erarbeitet. Das Mock-up stellt alle wesentlichen Bauteile eines komplexen Holzbaus dar: Wand, Decke, Dach, Öffnung und Raum. Der notwendige Umfang der geometrischen und alphanumerischen Informationen zu bestimmten Planungsphasen wurde in einem dokumentierten Prozess diskutiert und kritisch reflektiert. Die dokumentierten Ergebnisse wurden in einer Evaluierungsrunde mit Expert:innen validiert.

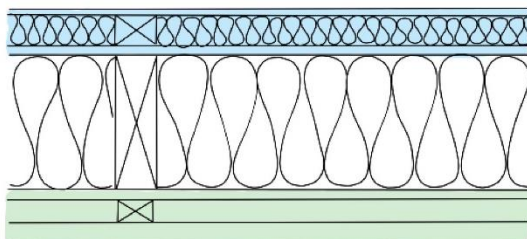
6.1 Konstruktionen im Holzbau

6.1.1 Begriffsbestimmungen für mehrschichtige Bauteile

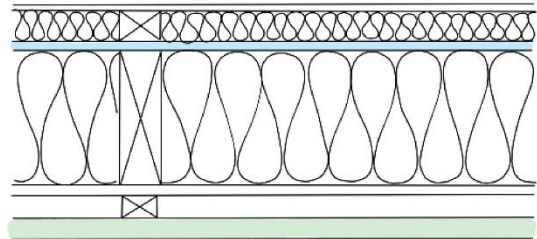
Für das Forschungsprojekt wurden Begriffsdefinitionen für die vorgefertigten Bestandteile eines Gebäudes bis hin zur Materialebene festgelegt.



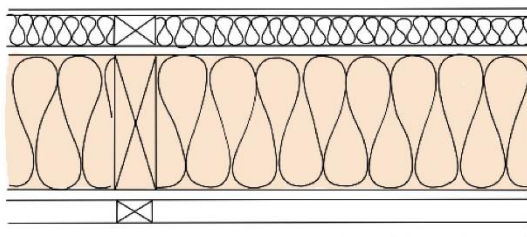
Wandbauteil (Bauteil)



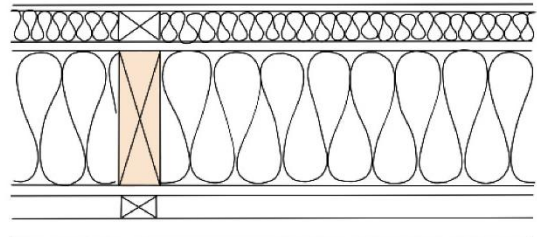
Wandbekleidung (Bauelement)
Wandbekleidung (Bauelement)



Wandbekleidung (Komponente) einzelne Schicht
Wandbekleidung (Komponente) einzelne Schicht



Tragschicht (Bauelement)



Ständer (Komponente)

Abbildung 6-1: Übersicht Begriffe für mehrschichtige Bauteile am Beispiel einer Wand

Ein Bauteil beschreibt einen statisch-konstruktiven, geometrisch abgeschlossenen Teil eines Bauwerks. Bauteile können aus Einzelteilen oder aus vorgefertigten Bauelementen zusammengefügt sein, z.B. Außenwand, Geschossdecke, Bodenplatte. (Kaufmann et al., 2021, S. 302)

Als Bauelemente werden Bestandteile eines Bauteils beschrieben (Kaufmann et al., 2021, S. 302). Die Bezeichnung Bauelement wird unabhängig vom Vorfertigungsgrad eines Bauteils oder Bauelements verwendet. Beispielweise kann eine Außenwand in die Bauelemente Fassade, tragender Kern und Installationsebene (von außen nach innen) unterteilt werden. Dabei kann die Fassade mit dem tragenden Kern vorgefertigt werden und die Installationsebene konventionell auf der Baustelle ergänzt werden. Um die Bestandteile eines Bauelements zu beschreiben, wird der Begriff Komponente in die Nomenklatur des BIMwood-Forschungsprojekts eingeführt. So besteht zum Beispiel

der tragende Kern eines Holztafelbauelements aus Rähm, Schwelle, Ständer, Beplankung und Dämmung. Weitere Komponenten in Holzbauelementen sind z.B. Bekleidung, Folie, Lattung, Schalung.

Abbildung 6-2: und Abbildung 6-3 verdeutlichen die hier getroffenen Festlegungen für die Bezeichnungen von mehrschichtigen Bauteilen.

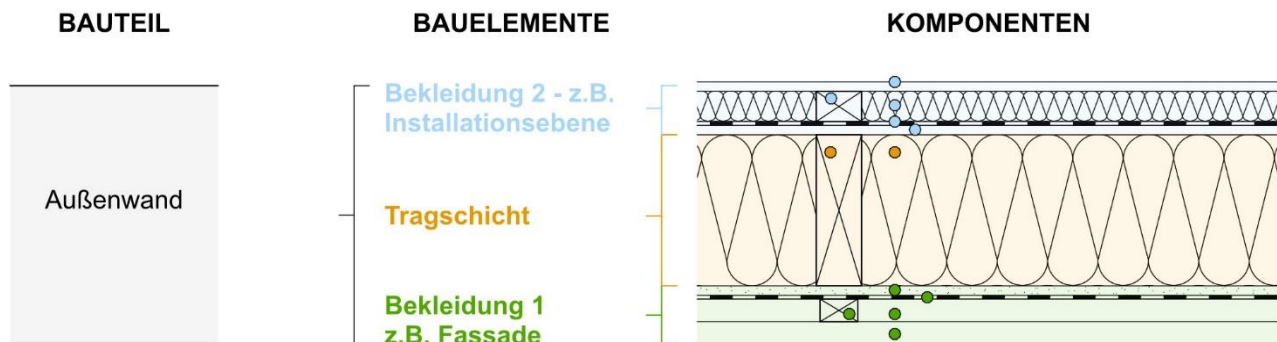


Abbildung 6-2: Begriffsbestimmungen für Wandbauteile

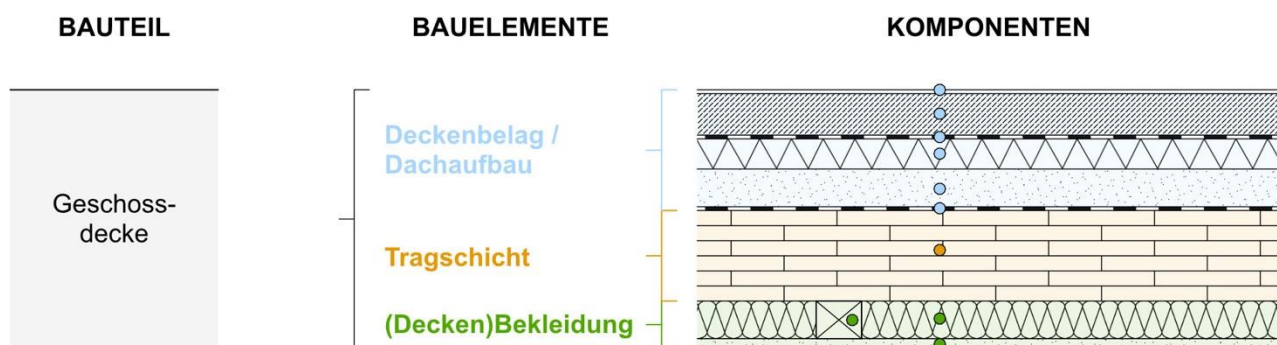


Abbildung 6-3: Begriffsbestimmungen am Beispiel horizontaler bzw. geneigter Deckenbauteile

6.1.2 Anforderungsprofil Bauteilbibliotheken

Der wesentliche Unterschied in der Modellierung von Holzbauteilen verglichen mit anderen Bauweisen liegt in der Zusammensetzung von Holzbauteilen aus Komponenten:

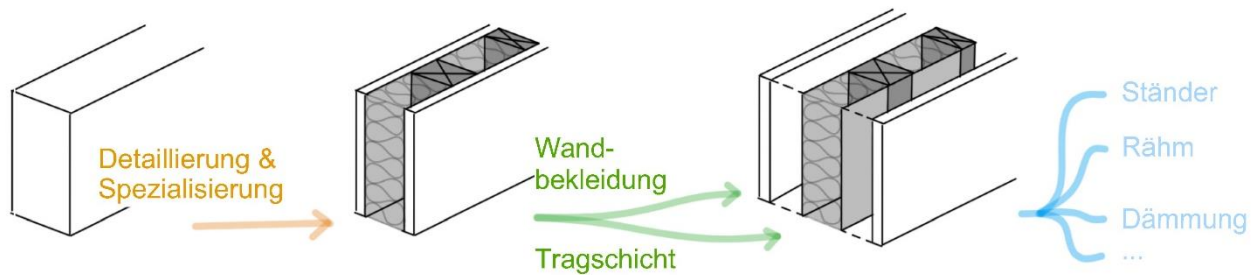


Abbildung 6-4: Zusammengesetzte Holzbauteile am Beispiel Wand

Der mehrschichtige Aufbau von Holzbauteilen ist mitunter verantwortlich für die Komplexität des Holzbaus. Einzelne Schichten werden weiter untergliedert in einzelne Komponenten, wie am Beispiel in Abbildung 6-4 zu sehen ist – die Tragschicht besteht hier aus den Komponenten Ständer, Schwelle, Rähm und Dämmung. Dies lässt sich als geometrisches Modell in heutigen Softwaresystemen mit viel Aufwand abbilden.

Fragestellungen im Forschungsprojekt wurden wie folgt formuliert:

- Wie kann die Komplexität von Holzbauteilen im Modell aufgelöst werden?
- Welcher geometrische Fertigstellungsgrad ist für eine kooperative Zusammenarbeit der Akteure sinnvoll?
- Wie können die Informationen zu Bauteilen und deren Komponenten im Modell hinterlegt werden?

Lösungsvorschläge, die innerhalb des Forschungsprojekts dazu erarbeitet wurden, werden in den folgenden Kapiteln dargestellt. So wird die Ausarbeitung des 3-Schichten-Modells vorgestellt (vgl. Kapitel 6.3) und die Merkmalliste (vgl. Kapitel 7.2).

Aus der Erarbeitung der sowohl geometrischen als auch alphanumerischen Fertigstellungsgrade (LOD) ergab sich folgende Anforderung an Bauteilbibliotheken:

Die Bauwerksinformationsmodelle zur kooperativen Zusammenarbeit und Koordination der Fachplanungen sollten, besonders in frühen Planungsphasen, als idealisierte Modelle erzeugt werden. Die Integration von Vorlagen geometrisch detaillierter Bauteilaufbauten wurde als nicht zielführend identifiziert. Zur Darstellung von ausgewählten Details und Anschlusspunkten in späteren Planungsphasen kann die Verwendung von geometrisch detaillierten Bauteilaufbauten sinnvoll eingesetzt werden.

Eine zunehmende Detaillierung und Spezialisierung von Bauteilen und deren Komponenten ist aktuell noch nicht in den Softwaresystemen integriert. Es gibt zum einen Eigenschaften und Anforderungen, die ein gesamtes Bauteil betreffen, z.B. das Schalldämmmaß einer Decke. Zum anderen

müssen Eigenschaften für einzelne Komponenten definiert werden, wie beispielsweise die Rohdichte der Baustoffe. Zielorientiert wurde in den Fallbeispielen mit den Praxispartnern die Integration eines Bauteilkatalogs als Teil des Gesamtmodells vorgeschlagen. Dies könnte beispielsweise mit einem verlinkungsbasierten Ansatz (vgl. Kapitel 8.1.3) erfolgen.

6.2 Mock-up Modelle - Prozessorientierte Modellierung im Holzbau

Mit dem Mock-up „Modelle“ wird durch einen simulativen Ansatz die prozessorientierte Modellierung für Planungen von Bauwerken in Holzbauweise erarbeitet. In vorliegendem Kapitel wird die Vorgehensweise sowohl systematisch als auch inhaltlich beschrieben. Prozesse sind die Grundlage für einen koordinierten und definierten Daten- und Informationsaustausch zwischen den Projektbeteiligten in allen Phasen des Bauwerkslebenszyklus. (VDI 2552 Blatt 7, 2020). In einem Prozess spielen Form und Inhalt der ausgetauschten Daten eine entscheidende Rolle. Die Beteiligten eines Informationsaustauschprozesses erhalten Rollen und Aufgaben. Dabei müssen die Verantwortlichkeiten und Aufgaben von Rollen eindeutig definiert werden.

Im Mock-up „Modelle“ wurde beispielhaft ein Planungsprozess mit den Praxispartner:innen durchgespielt. Dabei wurde insbesondere die Interaktion der Akteur:innen und den jeweils zugewiesenen Rollen (vgl. Kapitel 4.2) im Prozesse betrachtet, mit der Zielsetzung der Definition von Schnittstellen und Verantwortlichkeiten. Als Grundlage für den Planungsprozess wurden von uns Anforderungen an das zu planende Objekt vorgegeben. Die Zielsetzung des Planungsprozesses wurde in Form von Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) formuliert. Die Festlegung des formellen Vorgehens im Planungsprozess wurde im BIM-Abwicklungsplan (BAP) in Diagrammen (vgl. und Abbildung 6-7) vorbereitet. Nachfolgend werden die wesentlichen Inhalte der Grundlagen für den Prozess stichpunktartig aufgeführt.

Vorgaben Bauherr:innen für das zu planende Objekt:

- Raum und Funktion
- Rahmenbedingungen und Qualitäten
- Gestalterische Anforderungen
- Energetische Vorgaben

Festlegung der Ziele als AIA (Auftraggeberinformationsanforderungen):

- Holzbauspezifische modellbasierte Planung
- Anwendung der Merkmalliste (vgl. Kapitel 7.2)
- Interaktion im Entwurfsprozess mit Varianten

Erarbeitung der Vorgehensweise in einem BAP (BIM-Abwicklungsplan):

- Rollen (Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten)
- Ablauf und Organisation (Definition von Prozessschritten und Abfolge der Verbindungen)
- Datenaustausch (Software, Dateiformate, Koordinaten, Namenskonvention)
- Terminplanung
- Modellinhalte: Geometrie (LOG) und Informationen (LOI)

Die Aufgabenstellung für die Praxispartner:innen beschränkte sich auf die Planung eines Teilausschnitts eines mehrgeschossigen Holzgebäudes mit den wesentlichen konstruktiven Bauteilen (Dach/ Decke, Wände, Öffnungen). Die Planung der wesentlichen Bauteile mit der Koordination und Abstimmung der Fachplanungen bildete die maßgebliche holzbauspezifische Planung ab und grenzte den Prozess in einen abgestimmten terminlichen Rahmen ein. Die industriell vorgefertigte Bauweise bedingt einen großen Wiederholungsfaktor von Bauteilen und Fügung in einem mehrgeschossigen Holzbau. Mit dieser Voraussetzung wurde die Planung eines Teilausschnitts als ausreichend betrachtet, um die Zielsetzung des Mock-ups „Modelle“ zu erreichen.

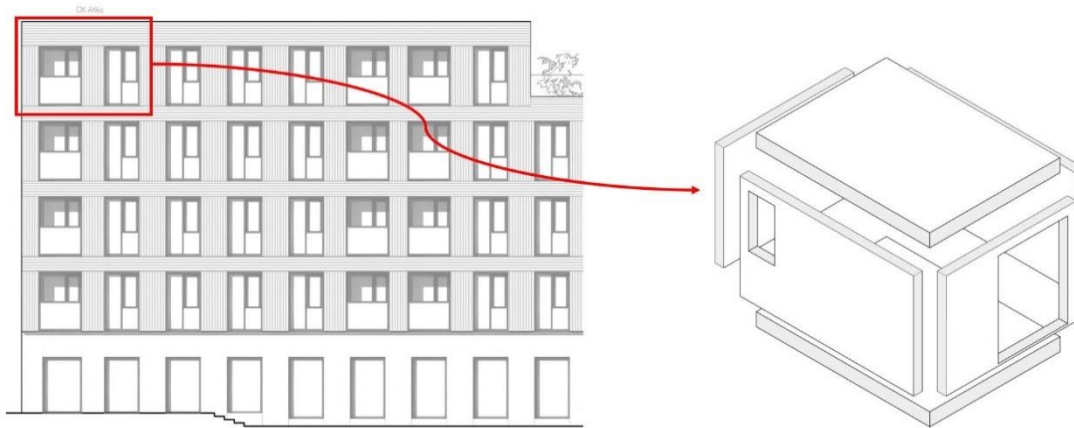


Abbildung 6-5: Planungsprozess für einen Teilausschnitt eines mehrgeschossigen Holzbaus

Der Ablauf für das Mock-up „Modelle“ wurde zusammen mit den Praxispartnern AEC3 in Anlehnung an einen BIM-Abwicklungsplan (BAP) entwickelt. Ein BIM-Prozess erfordert Rollen für Aufgaben des Informationsmanagements. Das BIM-Informationsmanagements administriert und verwaltet die Datenumgebung, welche die Basis für die Zusammenarbeit der Planungsbeteiligten bildet. Die VDI2552 führt folgende Rollen für den BIM-Prozess auf: Informationsmanager:in (BIM-Manager:in), Informationskoordinator:in (BIM-Koordinator:in, BIM-Gesamtkoordinator:in), Informationsautor:in (BIM-Autor:in) und Informationsnutzer:in (BIM-Nutzer:in) (vgl. VDI 2552 Blatt 1, 2020; VDI 2552 Blatt 7, 2020). Für das Mock-up „Modelle“ wurden die Rollen nach Fachdisziplinen der Praxispartner:innen verteilt (vgl. Abbildung 6-6). Die Informationskoordination (BIM-Koordination, BIM-Gesamtkoordination) mit der Aufgabe der Koordination und Zusammenführung der Fachmodelle übernahm dabei das Architekturbüro Lattke. Ebenso haben Lattke Architekten mit der Aufgabe der Objektplanung das Fachmodell Architektur erstellt. Prause Holzbauplanung wurde die Zuständigkeit für das Fachmodell Tragwerksplanung sowie Bauphysik und Brandschutz übertragen. Das BIM-Management (Informationsmanagement) übernahmen die Praxispartner:innen von AEC3. Der Lehrstuhl Architektur und Holzbau trat in die Rolle der Bauherr:in und erstellte die Bauherr:innen-vorgaben.

Einen wichtigen Aspekt für die funktionierende Zusammenarbeit verschiedener Planungsbeteiligter stellt die Festlegung der internen Kommunikation dar. Diese erfolgte auf gemeinsamen Kommunikationsplattformen, sogenannten Common Data Environments (CDE). Ein CDE ist ein virtueller Projektraum und die gemeinsame Datenumgebung in einem Bauprojekt und dient als „zentrale Plattform für das Austauschen und Vorhalten von Projektinformationen einschließlich Modellen,

Daten und Dokumenten und bilde[t] damit eine der wesentlichen Komponenten bei der Durchführung von BIM-Projekten“ (Preidel et al., 2021, S. 350). Während der gesamten Planungsphase werden Informationen von den unterschiedlichen Fachdisziplinen auf Basis der vereinbarten Abläufe ausgetauscht. Um eine gemeinsame Datenumgebung zu gewährleisten, wurden zu Beginn unterschiedliche Softwarelösungen für BIM-Kollaborationsplattformen in Betracht gezogen. Die Applikationen BIMplus und Revitzo sind den Architektur- bzw. TGA-Praxispartner:innen bereits bekannt. AEC3 hat Visoplan als weitere Möglichkeit zur Diskussion gestellt. Auf dieser Grundlage erfolgte die Abwägung der Vor- und Nachteile der Verwendung der genannten CDE. Die Entscheidung fiel auf die Verwendung der Applikation BIMplus, die vom Architekturbüro lattkearchitekten zur Verfügung gestellt wurde. Der Praxispartner wendet diese Plattform bereits in seiner Büropraxis an. Die Entscheidung fiel vor dem Hintergrund, dass eine Einarbeitung in andere Plattformen mit einem zu hohen zeitlichen Aufwand für die Beteiligten verbunden gewesen wäre. Ein Vorteil der gewählten Plattform BIMplus liegt darin, dass sie neben dem Modellaustausch als BIM-Kollaborationsplattform für den digitalen Kommunikationsaustausch verwendet werden kann. Auf der BIM-Kollaborationsplattform findet der Datenaustausch zu den Modellen statt. Die Organisation des Datenaustauschs sowie die Festlegung der Rollen der Akteur:innen wird in Abbildung 6-6 dargestellt. Im Zuge der Planung müssen Abstimmungen zwischen den Beteiligten erfolgen. Hier wurde das BIM Collaboration Format (BCF) für eine modellbasierte Kommunikation eingesetzt. Es handelt sich um ein Dateiformat, das von allen gängigen BIM Authoring Tools (wie ArchiCAD, Revit, Allplan) und Prüfprogrammen (wie Solibri, BIMQ, BIMcollab) unterstützt wird und damit um einen wesentlichen Bestandteil der OpenBIM-Methode. Dabei kann das BCF beispielsweise mit der Revisionswolke oder vergleichbaren Markierungen in einer 2D Plandarstellung verglichen werden und stellt das Äquivalent für die objekt-orientierten Gebäudeinformationsmodelle mit 3-D Repräsentationen dar. Wesentlich ist, dass mit diesem Format ausschließlich Informationen, Annotationen und Markierungen in Bezug auf bestimmte Bauteile übertragen werden und keine Bauwerksmodelle (Schapke et al., 2021, S. 328). Durch die Verlinkung der BCF im Modell und der graphischen Darstellung des Modellausschnitts mit angehängten Fragen oder Informationen konnten zwischen den Beteiligten im Planungsprozess anschaulich Abstimmungen erfolgen. Sämtliche Abstimmung zwischen den Projektbeteiligten beim Mock-up „Modelle“ erfolgten über die BCF-Schnittstelle auf der BIMplus Plattform.

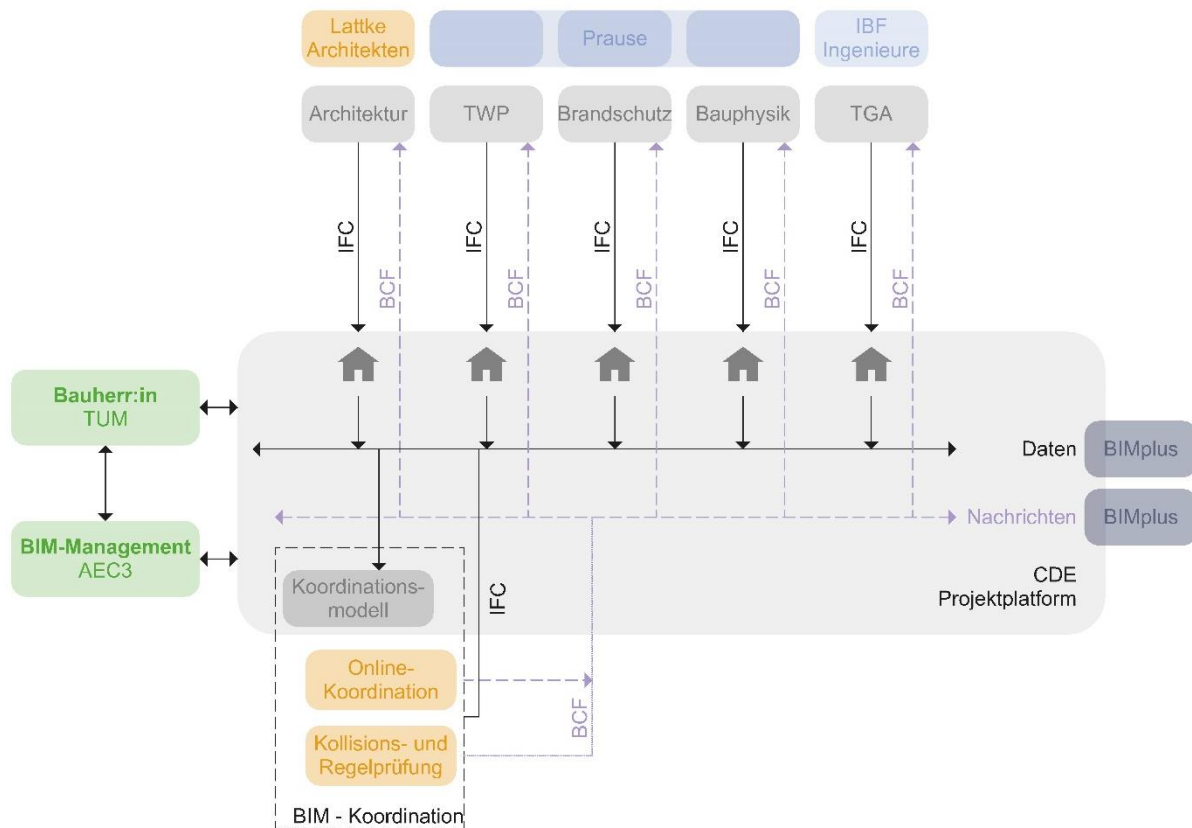


Abbildung 6-6: Mock-up „Modelle“ – Organisation des Datenaustausches und Festlegung der Rollenverteilung

Der Prozess wurde im Rahmen regelmäßiger Treffen durchgeführt. Die Treffen wurden durch das Forschungsteam wöchentlich organisiert. Die Treffen erfolgten online per ZOOM-Videomeetings. Der Start des Planungsprozesses erfolgte durch ein erstes Architekturmodell, welches dem Planungsteam von den Fachkoordinator:innen der Objektplanung bereitgestellt wurde. In den wöchentlichen Koordinationsmeetings erfolgte die Abstimmung der Projektbeteiligten auf Grundlage der jeweiligen Modelle. Die Akteur:innen stellten im wöchentlichen Wechsel von Architektur und Fachplanung Modelle bereit. Die jeweiligen Modelle wurden vor dem Koordinationsmeeting vom BIM-Management (Informationsmanagement) auf Vollständigkeit der Informationen geprüft. Die Prüfung basierte auf Basis der Merkmalliste (vgl. Kapitel 7.2).

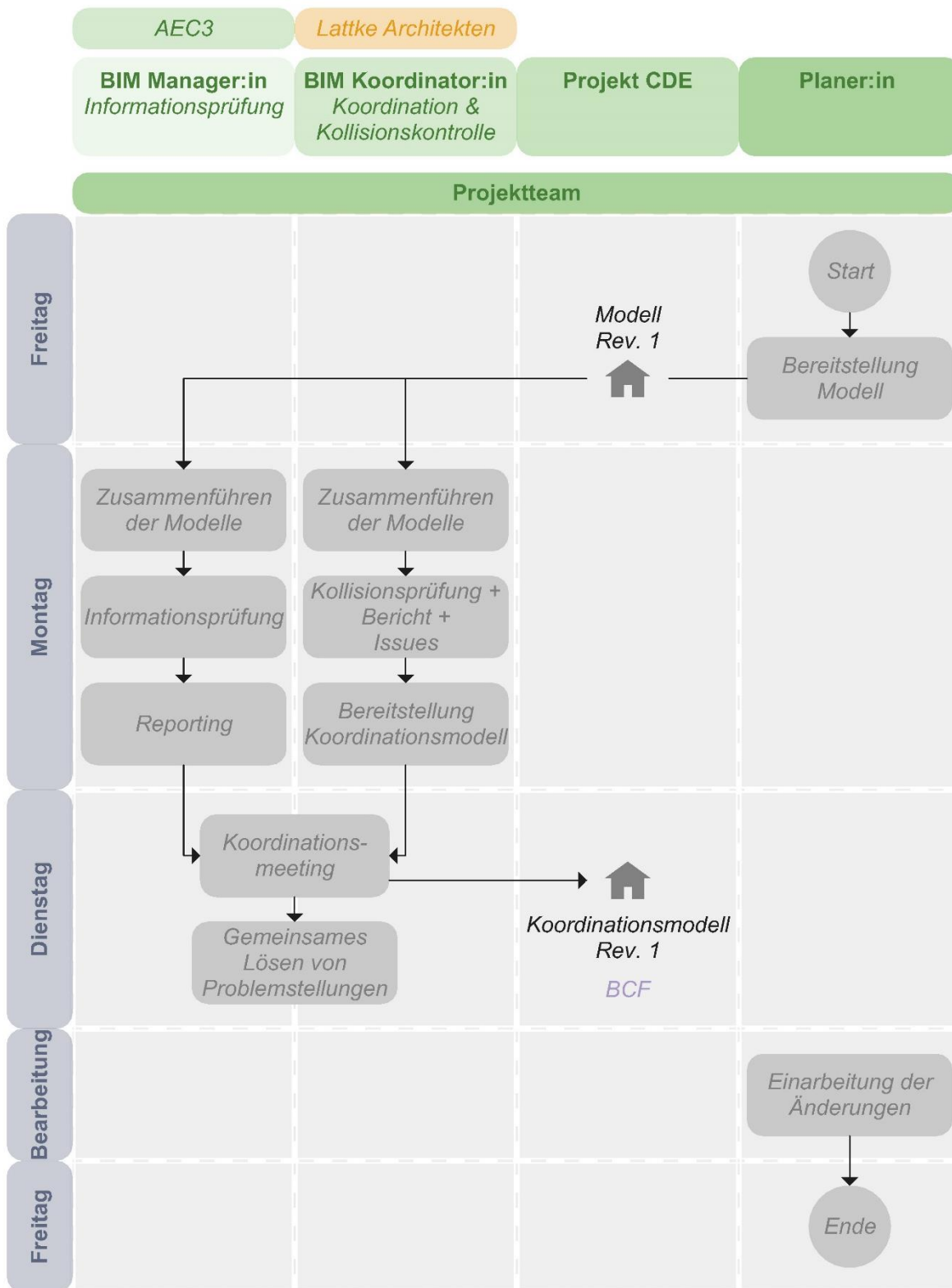


Abbildung 6-7: Mock-up „Modelle“ – Workflow

Es erfolgte ein wöchentlicher Abgleich der Modellinhalte mit der Merkmalliste. Daraus ergab sich eine ständige Überarbeitung der Merkmalliste mit den Erkenntnissen aus dem beispielhaften Planungsprozess. Bei den wöchentlichen Meetings wurden Informationen ergänzt, die sich im Prozess als erforderlich erwiesen oder es wurde der Zeitpunkt einzelner Informationsaustauschanforderung

geändert, um einen optimierten Planungsablauf zu gewährleisten. Ein wesentlicher Bestandteil der wöchentlichen Koordinationsmeetings war die Art und Weise des Informationsaustausches mit der Zielsetzung einer effektiven und transparenten Informationsdarstellung. Dabei diskutierten die Praxispartner:innen, welche Informationen als geometrisches Element modelliert werden oder als Attribut (Eigenschaft) einem Bauteil zugeordnet werden bzw. als Referenz einem Bauteil zugewiesen werden. Es kristallisierte sich heraus, dass der Bauteilkatalog als referenzierende Information eines Modells eine hohe Gewichtung in der Planung von Holzbauten mit der BIM-Methode spielen kann. Im Bauteilkatalog werden Bauteile in tabellarischer Form detailliert beschrieben mit allen Komponenten und Eigenschaften. Die Informationsdichte im geometrischen Modell wird durch die referenzierenden Merkmale (Eigenschaften) des Bauteilkatalog entzerrt.

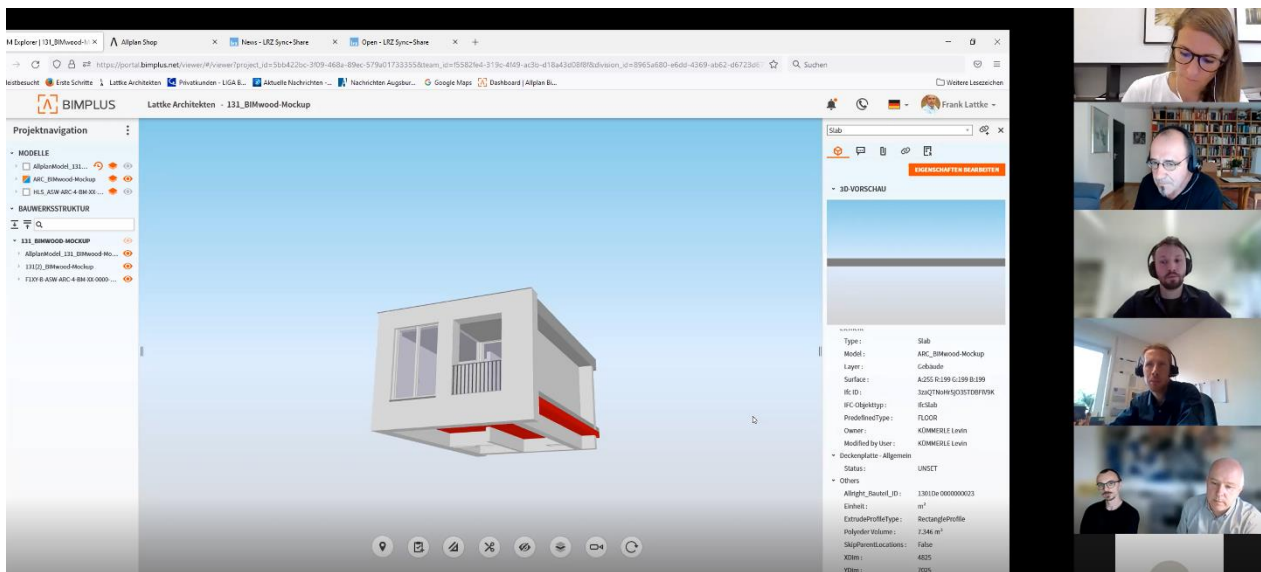


Abbildung 6-8: Mock-up „Modelle“ – Koordinationsmeeting

Anhand der Protokolle der wöchentlichen Koordinationsmeetings konnten wesentliche bzw. wiederholt diskutierte Fragestellungen gesammelt werden. Diese werden im Folgenden stichpunktartig aufgeführt:

Holzbauspezifische Fragestellungen:

- Festlegungen für mehrschichtige Holzbauteile (Begriffsbestimmung und Bauteilaufbauten)
- Aufgaben der Tragwerksplanenden im Modell (Zusammenhang Architektur – Tragwerksplanung im Holzbau)

Herausforderungen auf Systemebene:

- Zusammenführen von Modellen und Integration von Teilmodellen
- Aggregation: z.B. Aufteilung eines Bauteils in Bauelemente; oder auch Aggregation eines Zentralmodells in zueinander in Beziehung stehenden Teilmodellen, denen unterschiedliche Informationsmodelle zugrunde liegen

Allgemein:

- Bauteileigenschaften: Unterscheidung nach Anforderungen (Soll) und Anwendung (Ist)
- Hindernisse auf Software-/Anwenderenebene:
- Zusammenführen (automatisiert) der Modelle über IFC aktuell nicht möglich

Ableitung von Empfehlungen für die Praxis:

Für Planungsteams mit wenig bis geringer BIM-Erfahrung sowie neue Planungsgruppen muss ausreichend Zeit für die Abstimmung der Zusammenarbeit und eine großzügige „Testphase“ eingeplant werden. Wir empfehlen für die Testphase ein einfaches Modell, welches die wichtigsten Bauteile des zu planenden Gebäudes abbildet (ähnlich dem Mock-up „Modelle“).

Im Mock-up „Modelle“ konnten folgende holzbauspezifischen Modellierungsregeln festgestellt werden, die vorab unter den Beteiligten festgelegt werden müssen:

- Abstimmung zu den „Schichten“ (z.B. Definition der Tragschicht mit oder ohne Beplanung)
- Abstimmung zu den Modellinhalten (Merkmalliste)
- Definition der Modellierung der Bauteilfügungen

Für die vorgenannten Fragestellungen wurden auf planerischer, prozessualer und inhaltlicher Ebene Lösungsvorschläge erarbeitet, welche in Kapitel 5, 6 und 7 vorgestellt werden.

6.3 3-Schichten-Modell und Tragwerksmodell

Im Rahmen der Erarbeitung des BIMwood-Referenzprozesses wurden in der Rollenverteilung zwei Unterschiede im Vergleich zu der Rollenverteilung im konventionellen BIM-Referenzprozess identifiziert: die Integration der Holzbaukompetenz sowie die Bedeutung des Tragwerksmodells.

Um spezifischen Belange des Holzbaus (wie Vorfertigung und Elementierung) im Planungsprozess zu berücksichtigen, ist es notwendig die Holzbaukompetenz in den Planungsprozess frühzeitig zu integrieren (Kaufmann et al., 2017, S. 10). Diese Forderung wird inhaltlich bei der Planung mit BIM berücksichtigt. Um die Besonderheiten der Holzbauplanung in dem BIMwood-Referenzprozess abzubilden, erhält die Holzbauplanung eine eigene Rolle im Prozess. Die Rolle der Holzbauplanung kann von verschiedenen Akteur:innen erbracht werden (vgl. Kapitel 4.2).

Im Unterschied zum konventionellen BIM-Referenzprozess kommt dem Fachmodell der Tragwerksplanung eine besondere Bedeutung zu. In den Fallstudien (Mock-up „Modelle“ und Mock-up „Informationen“) sowie in Diskussionen mit den Praxispartner:innen wurde die Bedeutung des Tragwerksmodells formuliert, welche im Folgenden erläutert wird: Bei der Planung mit mineralischen Baustoffen kommt es bei der Erstellung des Fachmodells der Objektplanung und der Erstellung des Fachmodells der Tragwerksplanung dazu, dass beide Fachrichtungen die gleichen Elemente planen, diese aber keinen direkten Bezug zueinander haben und es somit zu Unstimmigkeiten und unklaren Zuständigkeiten führen kann. Im BIMwood-Referenzprozess bauen die Modellierung der Fachmodelle der Tragwerksplanung und der Objektplanung aufeinander auf: Der Objektplaner modelliert die Tragschicht in der Mitte der Holzbauteile als eine Schicht. Beidseitig werden dann die spezifischen Bekleidungen (Außenwandbekleidung, Innenwandbekleidung, Deckenbeläge, Deckenbekleidungen) als Schicht differenziert dargestellt. Es entsteht für die Wand- und Deckenbauteile das 3-Schichten-Modell der Objektplanung. In der folgenden Darstellung sind die drei Schichten im Modell der Objektplanung auf der linken Seite schematisch dargestellt.

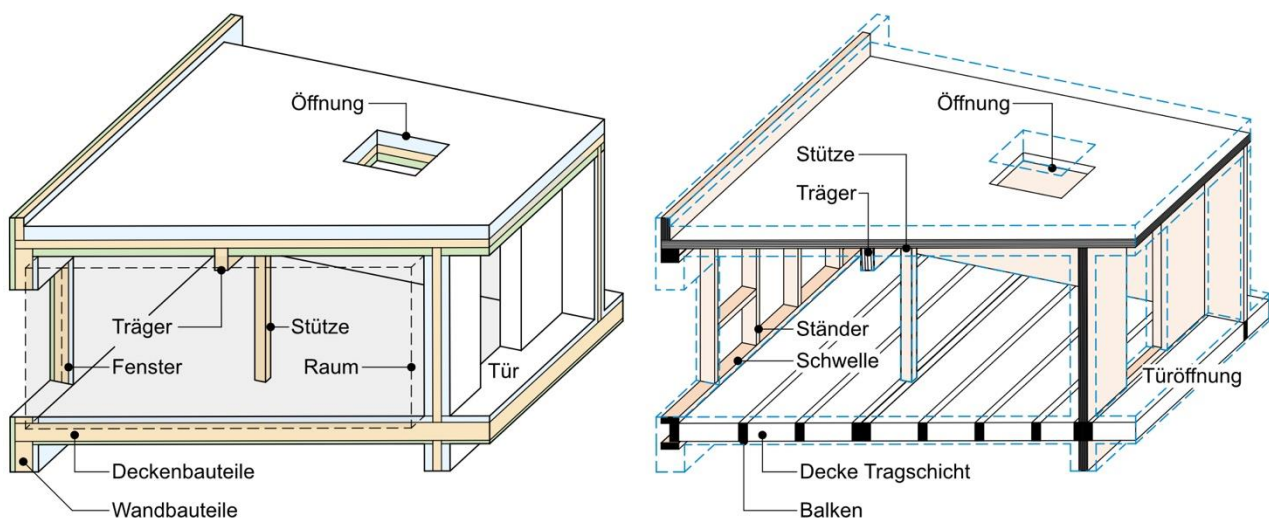


Abbildung 6-9: Gegenüberstellung 3-Schichten-Modell der Objektplanung (links) und Tragwerksmodell mit Überlagerung 3-Schichten-Modell (rechts)

In der Ebene der Tragschicht werden durch die Tragwerksplanenden die Komponenten der tragenden Holzkonstruktion (Rähm, Schwelle, Ständer, Balken, Sperrzonen) modelliert (*Abbildung 6-9 rechts*). Ein weiterer Unterschied zur mineralischen Bauweise ist, dass im Holzbau die tragenden Bauteile einer Holzkonstruktion aus mehreren Komponenten bestehen. Am Beispiel der Holztafelbauwand sind das Rähm, Schwelle, Ständer und Beplankung, die als zusammengesetzte Holzkonstruktion die Tragschicht der Wand bilden. Bei einer Betonkonstruktion besteht eine Wand aus einem Element. Die Nutzung der Tragschicht gibt der Tragwerksplanung einen Raum für die Modellierung der statisch relevanten Konstruktionselemente. Dadurch entsteht auch die Möglichkeit zur Generierung des Tragwerk-Analysemodells mit BIM.

Das Fachmodell der Tragwerksplanung ist zwar auch weiterhin in weiten Teilen deckungsgleich zu dem Fachmodell der Objektplanung. Darüber hinaus enthält es detaillierte Angaben zu den tragenden Holzbauerelementen. Diese werden dementsprechend nicht im Modell der Objektplanung dargestellt. Diese Arbeitsweise ist aktuell noch nicht etabliert, jedoch, so das Ergebnis der Untersuchung, verbessert diese Vorgehensweise langfristig den Planungsprozess und die Schnittstellen der Akteur:innen. Im weiteren Planungsverlauf wird mit den Fachmodellen von Objektplanung und Tragwerksplanung eine durchgängige Kette von der Planung bis zur Ausführung initiiert. In einem Fallbeispiel wurde der Datenaustausch mit dem Praxispartner des ausführenden Holzbauunternehmens erprobt. Dabei wurde das 3-Schichten-Modell als ideale geometrische Grundlage für die Arbeitsvorbereitung identifiziert. Die Arbeitsvorbereitung umfasst im Holzbauunternehmen die Planung der Fertigung und Montage der vorgefertigten Bauelemente und Bauteile. Die wesentlichen Informationen zur Holzkonstruktion erhält das Holzbauunternehmen durch das Tragwerksmodell. Als sinnvolle Struktur für die Modellierung von Holzbauteilen hat sich Folgendes als zielführend erwiesen: Die Mehrschichtigkeit und Komplexität von Bauteilen in Holzbauweise kann im 3D-Modell der Objektplanung im Wesentlichen durch drei Schichten gegliedert und vereinfacht werden. Hierzu erfolgt die Zusammenfassung von mehrschichtigen Bauteilen in Tragschicht und innere und äußere Bekleidung. Im Folgenden sind diese drei Schichten am Beispiel einer Außenwand dargestellt. *Abbildung 6-10* zeigt die Tragschicht (orange), welche beidseitig von einer äußeren Bekleidungsschicht (grün) und einer inneren Bekleidungsschicht (blau) bekleidet ist.

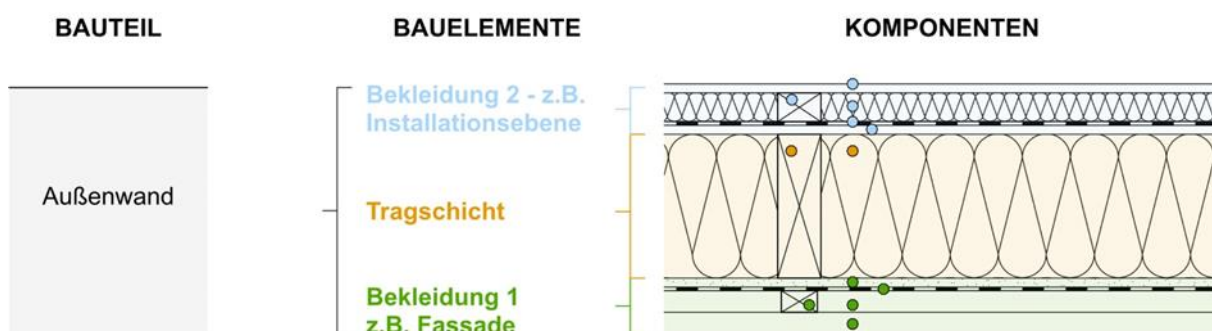


Abbildung 6-10: 3-Schichten-Modell am Beispiel einer Außenwand, Tragschicht (orange), äußere (grün) und innere (blau) Bekleidung mit ihren Komponenten (farbige Punkte)

Die Tragschicht beinhaltet die Komponenten der Tragkonstruktion (siehe Abbildung 6-10, dargestellt durch farbige Punkte). Diese kann bei einem Wandbauteil die Konstruktionsebene des Holzrahmenbaus sein oder eine massive Holzwand. Die Bekleidung fasst die Bauelemente neben der Tragschicht, welche aus mehreren Komponenten gebildet werden, zusammen. So kann, auch im Vergleich zur mineralischen Bauweise, das geometrische Modell schlank gehalten werden, obwohl die Holzbauteile wesentlich mehr einzelne Elemente enthalten. Es gibt mehr Klarheit und Überschaubarkeit der komplexen Bauweise Holz.

6.4 Mock-up „Schnittstelle Holzbau“ – von der Planung zum Holzbauunternehmen

In einer Arbeitsgruppe „Ausführende D-CH“ wurden in regelmäßigen Online-Meetings die BIM-Modellanforderungen aus Sicht der Holzbauunternehmen Gump & Maier GmbH (Deutschland) und schuerholzbau ag (Schweiz) erarbeitet. Ziel war dabei die Erarbeitung eines Anforderungsprofils an BIM-Modelle der Planenden für die Weiterverwendung durch ein Holzbauunternehmen. Die erarbeiteten Informationsaustauschanforderungen sollen die Grundlage für Werkstatt- und Montageplanung des Holzbauunternehmens darstellen.

Die Informationsanforderungen wurden unabhängig vom Erstellenden der Information erarbeitet. Als wesentlich stellte sich heraus, dass die Art der Informationslieferung für die Verwendung von aktueller Software der Holzbauunternehmen (SEMA GmbH und cadwork Informatik AG) von Bedeutung ist. Gemeint ist damit die Unterscheidung von geometrischer Information (3D-Modellierung) und Attribuierung/Eigenschaften von Bauteilen.

Die Informationsanforderungen wurden zunächst in regelmäßigen Online-Meetings von den Holzbauunternehmen erarbeitet und tabellarisch erfasst. Anschließend erfolgte die Erstellung eines Modells Mock-up „Schnittstelle Holzbau“ in der BIM-Software Archicad 25, welches dem Gebäudeausschnitt des Mock-up „Modelle“ entsprach. In mehreren Workshops, welche ebenfalls online stattfanden, tauschten die Holzbauunternehmen Ihre Erfahrungen zur Informationslieferung des Mock-ups „Schnittstelle Holzbau“ aus. Das Modell wurde dabei schrittweise iterativ verändert für eine zielgerichtete Nutzung des Modells durch die Holzbauunternehmen.

Als Ergebnis entstand eine tabellarische Auflistung der Informationsaustauschanforderungen, welche von dem Forschungsteam der TUM in der Merkmalliste für die Ausführungsplanung berücksichtigt wurden (*vgl. Kapitel 7.2*). Eine ergänzende Beurteilung der daraus resultierenden Merkmalliste erfolgte durch Einbeziehung des Praxispartners Prause Holzbauplanung GmbH & Co. KG in der Rolle des Holzbau-Arbeitsvorbereiters.

6.4.1 Modellierungsvorschlag

Die in den Workshops erarbeiteten Ergebnisse sollen als Empfehlungen für die geometrische Modellierung von Gebäudeinformationsmodellen formuliert werden. Tabelle 6-1 zeigt die wesentlichen erarbeiteten Ergebnisse. Noch ausstehend und im weiteren Projektverlauf bereits geplant ist die Validierung dieser Annahmen, z.B. in den Expert:innenrunden.

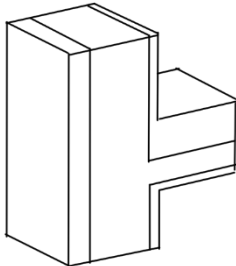
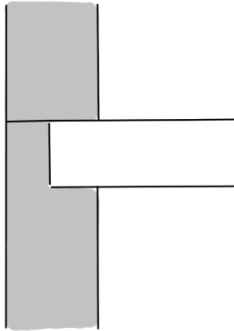
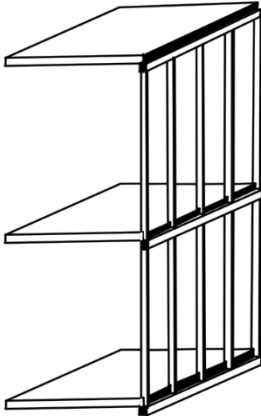
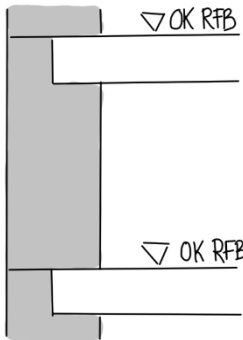
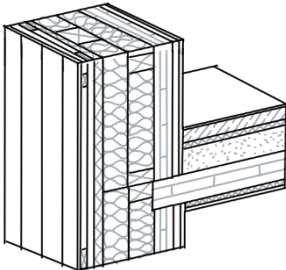
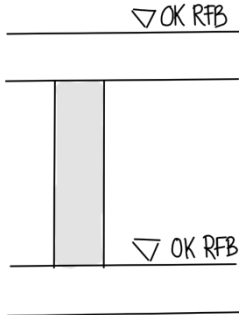
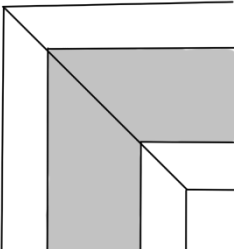
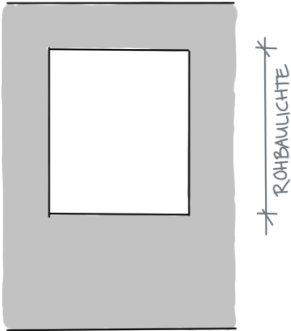
Beispiel	Vorschlag	Skizze	Beschreibung
	Fertigstellungsgrad des Modells der Objektplanung: Bauelemente (z.B. Wand 3-schichtig bzw. aus 3 Teilen)		Verschneidung Wand mit Decke bis Mitte Wand
	Tragwerksmodell mit tragenden Elementen		Bezug der Wände von OK RFB bis OK RFB – dadurch wird die untere Wand ausgeklinkt, wenn ein Auflager der Decke notwendig ist.
	Höherer Detaillierungsgrad: Teilausschnitte des BIM-Modells als Mock-ups (z.B. Regeldetails)		Innenwand immer von OK RFB bis UK-Rohdecke (wenn Decke aufliegt)
	Verschneidung Wände auf Geh-rung		Öffnungen im allgemeinen als reine Rohöffnung. Beplankungen nicht gesondert aufgeführt.

Tabelle 6-1: Modellierungsvorschlag der Holzbauunternehmen Gump & Maier GmbH und schaeferholzbau ag zu den Holzbau-elementen

6.4.2 Werk- und Montageplanung

Im Mock-up „Schnittstelle Holzbau“ wurde der Datenaustausch von der Planung zur Arbeitsvorbereitung mit dem Praxispartner des ausführenden Holzbauunternehmens erprobt. Hierzu dienten als Grundlage die Modelle der Praxispartner aus der Planung.

Als Elementierung wird die Unterteilung der Bauteile zu transportierbaren und montagegerechten Einheiten bezeichnet. Dies erfolgt durch eine Arbeitsvorbereitung des Holzbauunternehmens als Grundlage für die Werk- und Montageplanung. Damit die Elementierung nicht im Widerspruch zur Planung stehen, floss ein Elementierungskonzept bereits in die frühe Planungsphase ein (vgl. Kapitel 3.1).

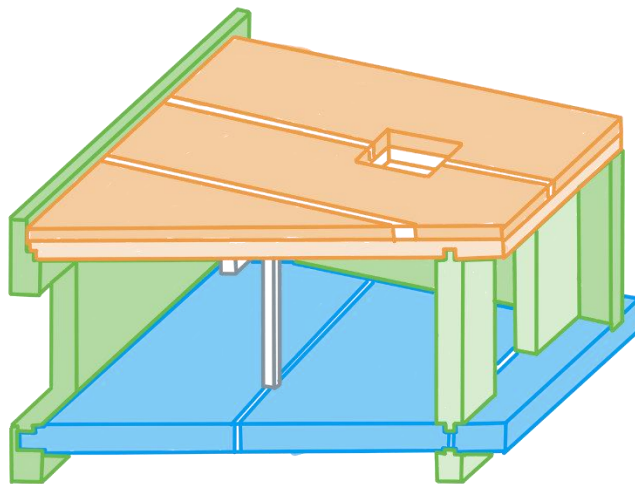


Abbildung 6-11: Konzeptionelle Darstellung der Elementierung der Bauteile durch das Holzbauunternehmen

Die Elementierung wird neben den Belangen von Transport und Montage wesentlich von den Fachplanungen Tragwerksplanung, Schallschutz, Wärmeschutz und Brandschutz beeinflusst. So kann die Teilung einer Decke eine Veränderung des Tragwerks, bzw. des statischen Systems bedeuten. Die Bauphysik (Schall- und Wärmeschutz) kann eine Teilung von Bauteilen fordern, um ungewollte Schall- und Wärmeleitung zu vermeiden. Hinsichtlich des Brandschutzes sind beispielsweise vertikale und/oder horizontale Trennungen der Außenwand erforderlich. Die vorgenannten Belange werden durch die Holzbaukompetenz (vgl. Kapitel 4.3) im Projekt berücksichtigt. Die Abbildung 6-11 stellt schematisch eine beispielhafte Elementierung der Bauelemente dar.

Das 3-Schichten-Modell (vgl. Kapitel 6.3) kann als geometrische Grundlage für die Arbeitsvorbereitung genutzt werden. Die Arbeitsvorbereitung umfasst im Holzbauunternehmen die Planung der Fertigung und Montage der vorgefertigten Bauelemente und Bauteile. Die wesentlichen Informationen zur Holzkonstruktion erhält das Holzbauunternehmen durch das Tragwerksmodell. Auf Basis der beiden Modelle (3-Schichten-Modell und Tragwerksmodell) wird das Modell des Holzbauunternehmens erstellt (Abbildung 6-12).

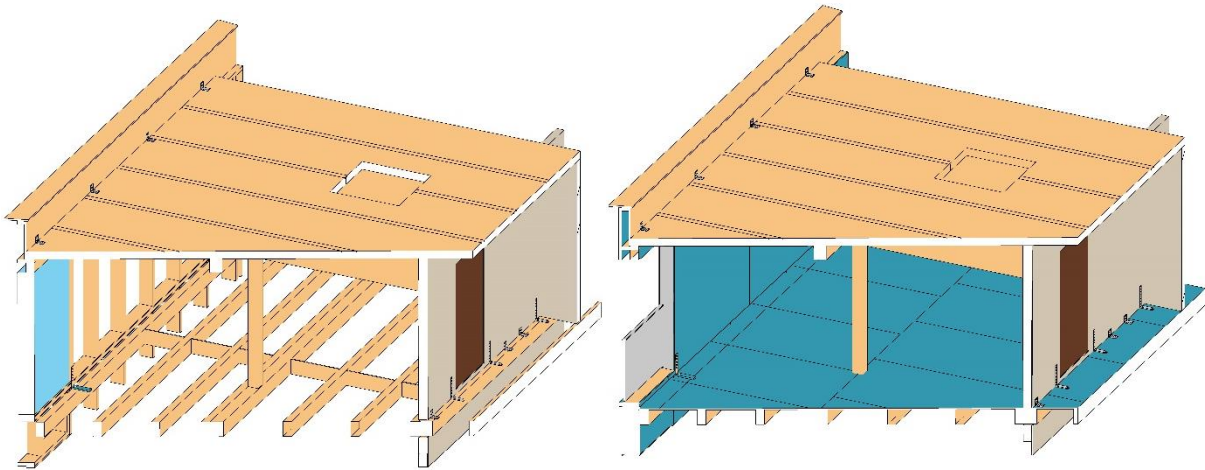


Abbildung 6-12: Modelle „Werkstattplanung“ Holzbauunternehmen ohne Beplankung und mit Beplankung

Dieses Szenario wurde im Team der Praxispartner:innen erprobt und von der Expertenrunde positiv bewertet.

7 Informationsmanagement und Attribuierung

Informations- management

7

- Mock-up Informationsaustauschanforderungen mit Fokus auf holzbauspezifische Informationen
- Merkmallisten

Das Kapitel Informationsmanagement und Attribuierung analysiert die alphanummerischen Informationen und deren Fertigstellungsgrade in den Planungsphasen. Es werden der Prozess und das Ergebnis der holzbauspezifischen Informationsaustauschanforderungen (IAA) für die Planungsphasen Vorplanung, Entwurfsplanung und Ausführungsplanung dargestellt.

Die BIMwood-Informationsaustauschanforderungen beschreiben den Informationsbedarf für die Planungen im mehrgeschossigen Holzbau. Mit der Aufgabenstellung „Wer liefert wann welche Information in welchem Detaillierungsgrad an wen?“ und der Prämisse „So wenig wie möglich – so viel wie nötig“ wurde folgende Zielsetzung erarbeitet:

- Erfassung der holzbauspezifischen Prozessabläufe
- Festlegung der Informationslieferung der Beteiligten im Holzbau
- Fokus auf holzbauspezifische Informationsanforderungen an das Architektur- und Tragwerksmodelle
- Ableitung von holzbauspezifischen Informationsbedarfen für spezifische BIM-Anwendungsfälle („Use Cases“)

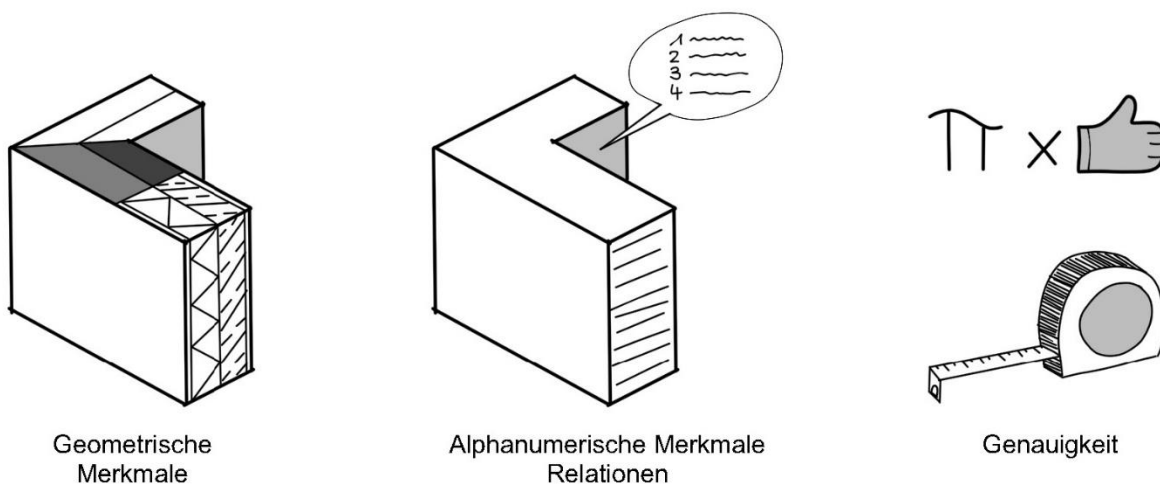


Abbildung 7-1: Datenübergabeanforderungen

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Erreichung der oben genannten Zielsetzung beschrieben. Mittels eines simulativen Ansatzes erfolgte die Erarbeitung der Informationsaustauschanforderungen an drei Fallbeispielen (Mock-ups) unter Einbeziehung der Praxispartner:innen. Dabei gab

es zwei aufeinanderfolgende Szenarien für die Praxispartner:innen. Zunächst wurden im Mock-up „Informationen“ die erforderlichen Modellinhalte für die Planungsphasen Vorplanung, Entwurf und Ausführungsplanung in wöchentlichen Meetings erarbeitet. Anschließend erfolgte die Umsetzung der Ergebnisse aus dem Mock-up in einem Planungsprozess mit den Praxispartner:innen unter Anwendung der BIM-Methode als Mock-up „Modelle“ (vgl. Kapitel 6.2).

Parallel zu den genannten Fallbeispielen (Mock-ups) der planenden Praxispartner:innen (Architektur, Fachplanungen) gab es regelmäßige Treffen des Praxispartners Gump & Maier GmbH mit dem Holzbauunternehmen schaeferholz AG aus der Schweizer BIMwood-Forschungsgruppe. Die Austauschgruppe D-CH erarbeitete die Inhalte und Anforderungen an ein Modell aus Sicht der Holzbauunternehmen (Abbildung 7-2).

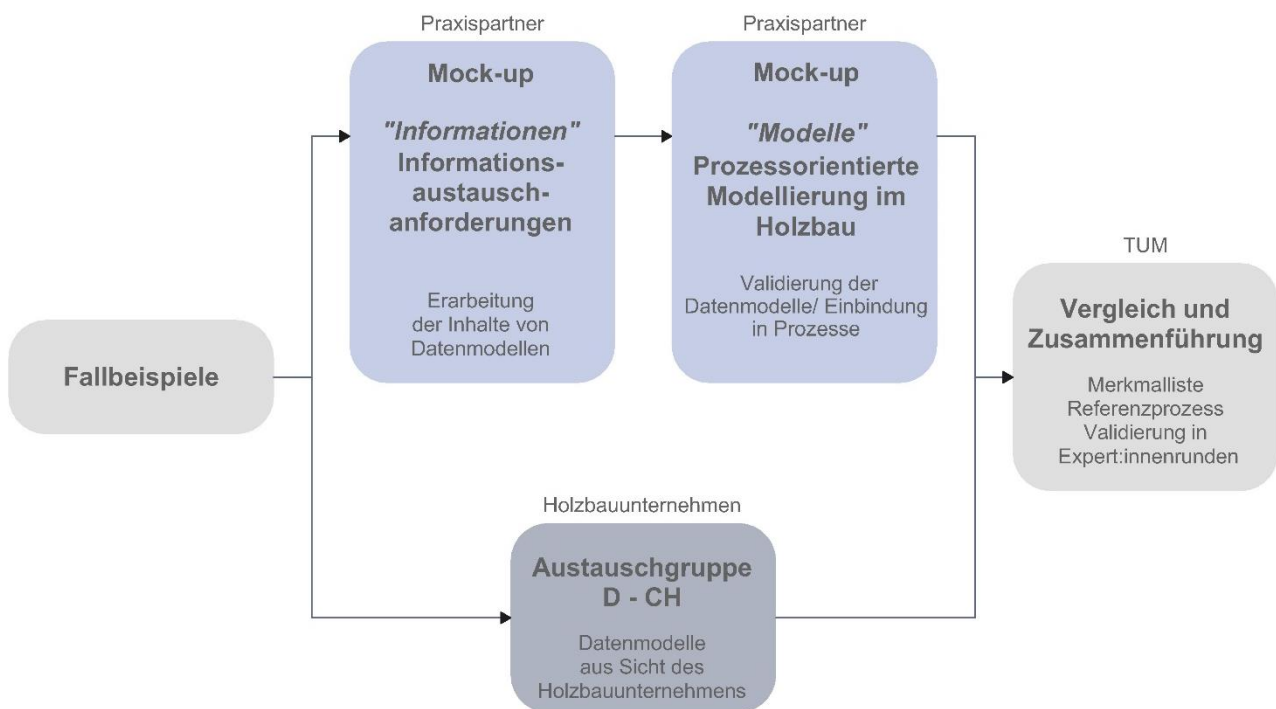


Abbildung 7-2: Prozessdiagramm Fallbeispiele zu den BIMwood-Informationsaustauschanforderungen

Die Koordination des Mock-ups „Informationen“ erfolgte am Lehrstuhl Architekturinformatik. Der Planungsprozess des Mock-ups „Modelle“ (vgl. Kapitel 6.2) wurde federführend durch den Lehrstuhl Architektur und Holzbau durchgeführt. Die Ergebnisse der Planungsphasen wurden ausgewertet und sind in die Merkmalliste, die im Weiteren aufgeführt wird, eingeflossen. Der Austausch D-CH fand in Abstimmung der Holzbauunternehmen statt und wurde vom Lehrstuhl Architektur und Holzbau begleitet. Die Ergebnisse des Austausches werden im Anschluss zusammengefasst und den Resultaten der Planungsphase gegenübergestellt.

7.1 Mock-up „Informationen“ – BIMwood Informationsaustauschanforderungen

Unter der Prämisse „So wenig wie möglich – so viel wie nötig“ wurden die holzbauspezifischen Anforderungen an den geometrischen (LOG) und alphanumerischen (LOI) Fertigstellungsgrad (vgl. Kapitel 2.1) des Architekturmodells aus Sicht der beteiligten Akteur:innen (Praxispartner:innen) in den Phasen „Vorplanung“, „Entwurfsplanung“ und „Ausführungsplanung“ erarbeitet. Dafür wurden nur wesentliche Bauteile der Konstruktion eines Gebäudes in Holzbauweise betrachtet: Decke, Wand, Raum und Dach sowie das Objekt Öffnung (Abbildung 7-3).

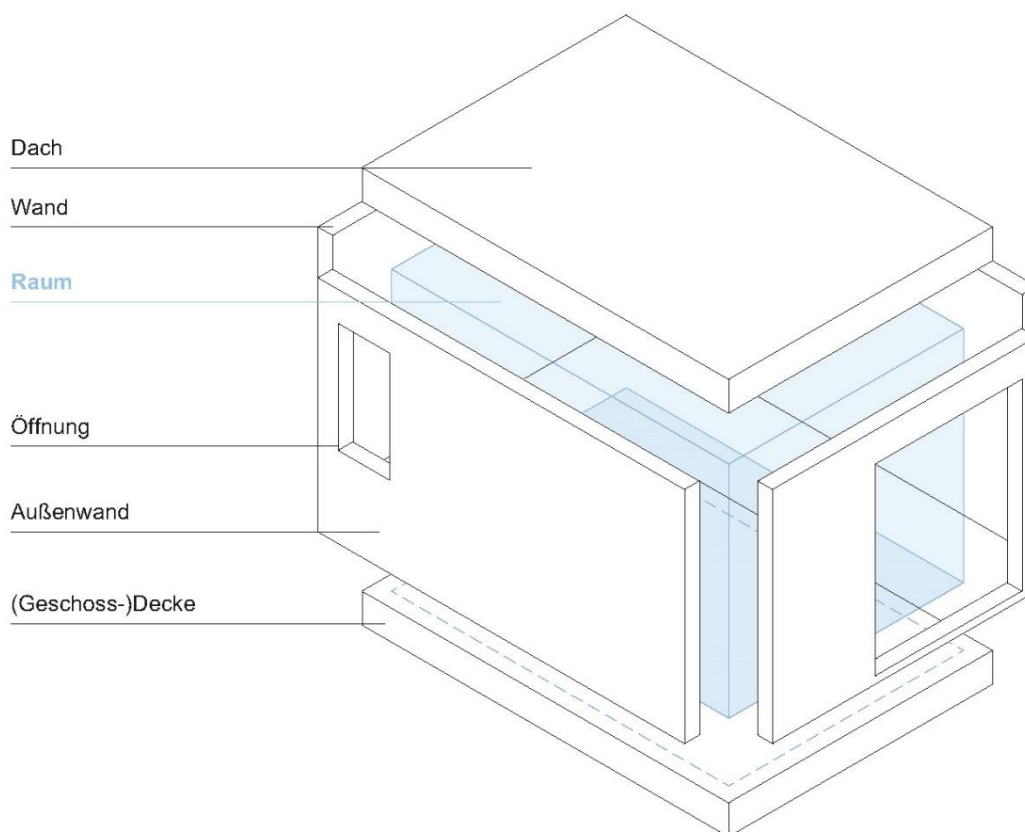


Abbildung 7-3: Informationsaustauschanforderungen – wesentliche Bauteile eines Gebäudes

Mit der Fragestellung „Wer liefert wann welche Information in welchem Fertigstellungsgrad an wen?“ wurden die Anforderungen an den Modellinhalt definiert. Dies wurde mit den Praxispartner:innen in wöchentlichen Besprechungen per Videokonferenz erarbeitet. Unterschieden wurden die Anforderungen nach Planungsphasen: Vorplanung, Entwurfsplanung und Ausführungsplanung (Abbildung 7-4).

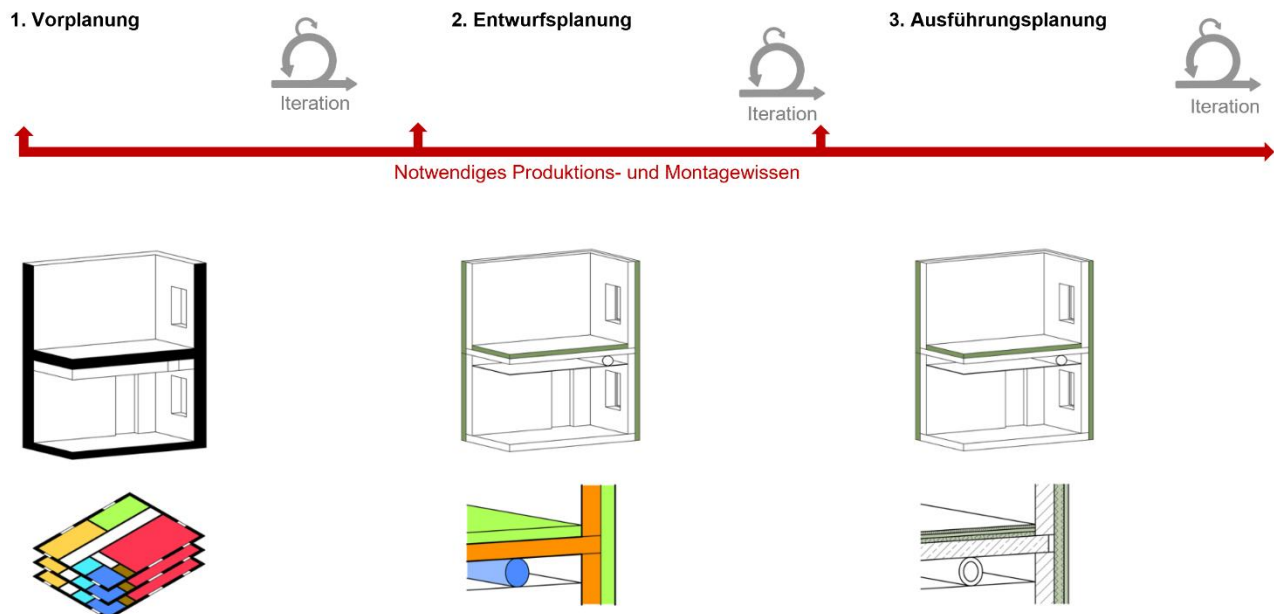


Abbildung 7-4: Informationsaustauschanforderungen – Detailierungsgrad nach Planungsphasen

Die aus den wöchentlichen Besprechungen resultierenden Ergebnisse wurden von den Praxispartner:innen eigenständig in eine Merkmalliste eingetragen. Merkmale (Attribute) definieren eine kennzeichnende Eigenschaft von Elementen bzw. Objekten. In der Merkmalliste wurden für eine Holzbauplanung notwendige Informationen gesammelt und nach Projektphase, Informationslieferant und Informationsnutzer gegliedert. Jedes Merkmal wurde dabei den verantwortlichen Akteur:innen zugeordnet. So legen beispielsweise die Tragwerksplaner:innen das Merkmal „Tragend“ für ein Objekt (z.B. für das Bauteil Wand) fest. Die Abbildung 7-5 stellt einen Auszug aus der erstellten Merkmalliste dar.

Merkmal	Beschreibung	Wert	Architektur Objektplanung					
			Vorentwurf	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Tragwerksplanung	Vorentwurf	Ausführungsplanung
Identifikation								
Objektname	Objektname	Auswahl (Wandbauteil gesamt)						
Außen	Außenbauteil	[Ja, Nein]						
Tragend	Bauteil mit statisch tragender Funktion	[Ja, Nein]		LM	LM	●	A	A
Kostengruppe	Kostengruppe nach DIN 276:2018 (3. Ebene)	Nummer 3-stellig		LM				
TWP_Positionsnummer	Positionsnummer Tragwerksplanung (eindeutige Kennung des Bauteils, Vergabe durch BIM-Koordination Tragwerksplanung)							
Zulassung	Bauteil mit Zulassung in Deutschland	[Ja, Nein]		LM		●		A
Freigabe	Bauteil-Freigabe erfolgt	[Ja, Nein]		LM				

Abbildung 7-5: Informationsaustauschanforderungen – Auszug aus der Merkmalliste Mock-up „Modelle“

Eine Validierung und Harmonisierung der Eintragungen der Praxispartner:innen erfolgte am Lehrstuhl Architekturinformatik in Abstimmung mit dem Lehrstuhl Architektur und Holzbau.

7.2 Merkmalliste

In Zusammenarbeit mit den Praxispartner:innen wurden für die verwendeten Bauteile Merkmale erarbeitet, die zu bestimmten Zeitpunkten in der Planung als Mindestinformation in den Fachmodellen enthalten sein müssen. Die Erkenntnisse aus dem Austausch mit den Praxispartner:innen wurden abgefragt und in der Merkmalliste zusammengefasst und geordnet. In einem weiteren Abstimmungsprozess wurde die Merkmalliste durch nicht am Forschungsprojekt beteiligte Expert:innen evaluiert. Die Merkmale auf den nachfolgenden Abbildungen für die relevanten Bauteile des Mock-ups und der Planungsphasen (Vorplanungsphase – Planungsphase) aufgelistet. Da nicht alle Bauteile gleiche oder ähnliche Merkmale erhalten, ist diese Liste im Sinne einer besseren Lesbarkeit in 5 Teile aufgeteilt – sortiert nach ähnlichen Merkmalgruppen (Abbildung 7-7 bis Abbildung 7-11).

Quelle	Typ	Name	Baugrube	Fundamente	Bodenplatte	Wandbauteile				Stützen
						Bekleidung 1	Tragschicht	Bekleidung 2	Ständer/ Rähm Schwelle	
	Basis	Name	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		Bauteil ID	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		Geschoss	ARC	ARC	ARC	ARC			TWP	ARC
		Quantitäten (Länge, Breite, Fläche, ...)	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		BTK Nummer	-	-	BPW	BPW			TWP	BPW

Abbildung 7-6: beispielhafter Auszug der Merkmalliste (vollständige Darstellung siehe Abbildung 7-7)

Die Merkmallisten sind wie folgt strukturiert. In der ersten Spalte „Quelle“ ist markiert, ob die Merkmale in den 3D-Fachmodellen eingearbeitet sind oder ob die Informationen in den Bauteilkatalog oder in den Konzepten der Fachplanungen integriert werden (Tabelle 7-1). Im Bauteilkatalog werden Bauteile in tabellarischer Form detailliert mit allen Komponenten und Eigenschaften beschrieben. Die Informationsdichte im geometrischen Modell wird durch die referenzierenden Merkmale (Eigenschaften) des Bauteilkatalog entzerrt.

Merkmale in Bauteilen der 3D-Fachmodelle			Bauteilkatalog
Basis Angaben	Konstruktion/ Qualitäten	Anforderungen	Bauphysikalische Eigenschaften
z.B. Name Bauteil ID Geschoss Quantitäten	z.B. Außenbauteil tragendes Bauteil Gewerk Material	z.B. Bauart Feuerwiderstand Kapselkriterium Schallschutzanforderungen Wärmeschutzanforderungen	z.B. Brennbarkeit U-Wert Luftschall-Dämmmaß Rohdichte

Tabelle 7-1: Gliederung der Merkmallisten

Unter dem Abschnitt „Merkmale in Bauteilen 3D-Fachmodell(e)“ sind die Merkmale aufgelistet, die von markierten Fachplaner:innen verantwortet werden und in einem Fachmodell verortet sind. Im „Bauteilkatalog“ werden die Eigenschaften aufgeführt, die nicht im 3D-Modell integriert werden. Die Verlinkung des Bauteilkataloges (BTK) zu den Bauteilen kann über die Basis- Eigenschaft „BTK-Nummer“ erfolgen. Der Bauteilkatalog wird in der Vorplanungsphase aufgestellt und im weiteren Planungsverlauf sukzessive ergänzt und angepasst. Diese Verortung der Informationen muss je nach Bauprojekt bei der Erstellung des BIM-Abwicklungsplan weiter definiert werden, damit die Informationen durch die Projektbeteiligten jederzeit eindeutig zu finden sind. Die Kategorisierung der Merkmale in der Spalte „Typ“ nach Basis, Konstruktion/ Qualitäten, Anforderungen, Brandschutz, Wärmeschutz oder Schallschutz hilft, die Zuordnung der Merkmale weiter zu strukturieren. Je nach Projektart können hier in der jeweiligen Kategorie weitere Merkmale notwendig sein. „Basis“ - Merkmale“ sind grundlegende Eigenschaften der Bauteile, wie z.B. die Geometrie des Bauteils. Im Abschnitt „Konstruktion und Qualitäten“ werden spezifische Merkmale und Eigenschaften, die in den Bauteilen im jeweiligen 3D-Fachmodell integriert werden, aufgelistet. Im Abschnitt „Anforderungen“ werden die relevanten Anforderungen aufgelistet, die durch die Bauteile mindestens erfüllt werden müssen.

In den Zellen sind die verantwortlichen Fachplanungen mit folgenden Abkürzungen zugewiesen.

ARC	Objektplanung
TGA	Technische Gebäude Ausstattung
TWP	Tragwerksplanung
BPS	Bauphysik Schallschutz
BPW	Bauphysik Wärmeschutz
HLZ	Holzbauplanung
BRS	Brandschutz

Zusätzlich sind die Zellen farblich gekennzeichnet. Die farbliche Codierung entspricht den auf den Prozesskarten farblich markierten Planungsständen der Abschlüsse der Vorplanungsphase und der Planungsphase und stellt den Zeitpunkt dar, an dem die Merkmale vollständig für alle enthaltenen Bauteile im Modell enthalten sein sollen:

	Modellstand	verantwortlicher Fachplaner
ARC	Übergabemodell Vorplanung	Objektplanung
HLZ	Übergabemodell Planung	Holzbauplanung
TWP	Übergabemodell Ausführungsplanung	Tragwerksplanung

Quelle	Typ	Name	Baugrube	Fundamente	Bodenplatte	Wandbauteile				Stützen
						Bekleidung 1	Tragschicht	Bekleidung 2	Ständer/ Rähm Schwelle	
Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en)	Basis	Name	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		Bauteil ID	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		Geschoss	ARC	ARC	ARC	ARC			TWP	ARC
		Quantitäten (Länge, Breite, Fläche, ...)	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		BTK Nummer	-	-	BPW	BPW			TWP	BPW
	Konstruktion/ Qualitäten	Außenbauteil	-	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		tragendes Bauteil	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP
		Orientierung (Tragrichtung)	-	-	-	-	TWP	-	TWP	TWP
		vorgefertigtes Element	-	ARC	ARC	HLZ	HLZ	HLZ	HLZ	HLZ
		Gewerk	-	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC
		Material	-	ARC	ARC	ARC	ARC	ARC	TWP	TWP
		Festigkeitsklasse	-	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP
		Nutzungsklasse	-	-	-	-	TWP	-	TWP	TWP
		Oberflächenqualität	-	-	ARC	ARC	ARC	ARC	-	ARC
	Anforderungen	Bauart	-	-	-	BRS			-	-
		Feuerwiderstandsklasse	-	BRS	BRS	BRS			-	BRS
		Kapselkriterium	-	-	-	BRS			BRS	BRS
		Schallschutzanforderungen	-	-	-	BPS			-	-
		Energetische Kennwerte (U-Wert)	-	-	-	BPW			-	-
Bauteilkatalog/ Konzepte	Wärmeschutz	Temperatur-Korrekturfaktor	-	-	-	BPW			-	-
		Baustoff Wärmeleitfähigkeit	-	-	-	BPW			-	-
		Baustoff Dampfdiffusion	-	-	-	BPW			-	-
	Schallschutz	Schallabsorptionsgrad	-	-	-	BPS	-	BPS	-	-
		Luftschalldämm-Maß	-	-	-	BPS			-	-
		Baustoff Spezifizierungen	-	-	-	BPS			-	-
		Baustoff Rohdichte	-	-	-	BPS			-	-
		Baustoff Trittschalldämmung	-	-	-	BPS			-	-
		Baustoff Faserdämmstoff	-	-	-	BPS			-	-

Abbildung 7-7: Merkmalliste Baugrube, Fundamente, Bodenplatte, Wandbauteile, Stützen

Quelle	Typ	Name	Deckenbauteile				Träger	Treppe	Geländer	Sperrzone	Einbauteile Verbindungen	Schlitze und Durchbrüche
			Deckenbelag Dachaufbau	Tragschicht	Bekleidung	Deckenbalken Randbalken						
Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en)	Basis	Name	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	ARC	TWP	TWP	TGA
		Bauteil ID	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	ARC	TWP	TWP	TGA
		Geschoss	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	ARC	TWP	TWP	TGA
		Quantitäten (Länge, Breite, Fläche, ...)	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	ARC	TWP	TWP	TGA
		BTK Nummer	ARC			-	ARC	ARC	-	-	-	-
	Konstruktion/ Qualitäten	Außenbauteil	ARC			TWP	ARC	ARC	ARC	-	-	-
		tragendes Bauteil	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	TWP	-	-	TWP	-
		Orientierung (Tragrichtung)	-	TWP	-	TWP	TWP	TWP	-	-	-	-
		vorgefertigtes Element	-	HLZ	-	HLZ	HLZ	HLZ	-	-	-	-
		Gewerk	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	-	-	-	TGA
		Material	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	ARC	-	-	-
		Festigkeitsklasse	-	TWP	-	TWP	TWP	TWP	-	-	TWP	-
		Nutzungsklasse	-	TWP	-	TWP	TWP	TWP	-	-	TWP	-
		Oberflächenqualität	ARC	ARC	ARC	TWP	ARC	ARC	ARC	-	TWP	-
	Anforderungen	Bauart	BRS			-	-	BRS	-	-	-	-
		Feuerwiderstandsklasse	BRS			-	BRS	BRS	-	-	-	TGA
		Kapselkriterium	BRS			BRS	BRS	BRS	-	-	-	-
		Schallschutzanforderungen	BPS			-	-	-	-	-	-	-
		Energetische Kennwerte (U-Wert)	BPW			-	-	-	-	-	-	-
Bauteilkatalog/ Konzepte	Wärmeschutz	Temperatur-Korrekturfaktor	BPW			-	-	-	-	-	-	-
		Baustoff Wärmeleitfähigkeit	BPW			-	-	-	-	-	-	-
		Baustoff Dampfdiffusion	BPW			-	-	-	-	-	-	-
	Schallschutz	Schallabsorptionsgrad	BPS	-	BPS	-	-	-	-	-	-	-
		Luftschalldämm-Maß	BPS			-	-	-	-	-	-	-
		Trittschall-Pegel	BPS			-	-	-	-	-	-	-
		Baustoff Spezifizierungen	BPS			-	-	-	-	-	-	-
		Baustoff Rohdichte	BPS			-	-	-	-	-	-	-

Abbildung 7-8: Merkmalliste Deckenbauteile, Träger, Treppe, Geländer, Sperrzone, Einbauten, Schlitze und Durchbrüche

Quelle	Typ	Name	Fassade	Fenster
Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en)	Basis	Name	ARC	ARC
		Bauteil ID	ARC	ARC
		Geschoss	ARC	ARC
		Orientierung	ARC	ARC
		Quantitäten (Länge, Breite, ...)	ARC	ARC
		BTK Nummer	ARC	ARC
	Konstruktion/ Qualitäten	Außenbauteil	ARC	ARC
		Material	ARC	ARC
		Oberflächenqualität	ARC	ARC
		Fensterbank	ARC	ARC
		Sonnenschutz	ARC	ARC
		Widerstandsklasse	BRS	BRS
		Öffnungsart	ARC	ARC
		Antrieb	ARC	ARC
		Beschläge	ARC	ARC
		Zulassung	BRS	BRS
	Anforderungen	Feuerwiderstandsklasse	BRS	BRS
		Rauchschutz	BRS	BRS
		Fluchtweg	BRS	BRS
		Schallschutzanforderungen	BPS	BPS
		Energetische Kennwerte (U-Wert)	BPW	BPW
Bauteilkatalog/ Konzepte	Wärme- schutz	Wärmedurchgangskoeffizient Verglasung	BPW	BPW
		Verglasung Energiedurchlassgrad g	BPW	BPW
		Temperatur-Korrekturfaktor	BPW	BPW
	s.	Luftschalldämm-Maß	BPS	BPS

Abbildung 7-9: Merkmalliste Fassade und Fenster

Quelle	Typ	Name	Türen
Bauteilkatalog/ Konzepte	Basis	Name	ARC
		Bauteil ID	ARC
		Geschoss	ARC
		Quantitäten (Länge,Breite,...)	ARC
		BTK Nummer	ARC
	Konstruktion/ Qualitäten	Türnummer	ARC
		Außenbauteil	ARC
		Wandstärke	ARC
		Wandmaterial/Wandaufbau	ARC
		Flügeltyp	ARC
		Aufschlagrichtung	ARC
		Selbstschließend	ARC
		Verglasung	ARC
		Zarge Typ	ARC
		Zarge Material	ARC
		Türblatt Material	ARC
		Türblatt Oberfläche	ARC
		Bänder	ARC
		Schloss	ARC
		Beschläge	ARC
		Zulassung	ARC
	Anforderungen	Barrierefrei	ARC
		Fluchtweg	BRS
		Rauchschutz	BRS
		Widerstandsklasse	BRS
		Feuerwiderstandsklasse	BRS
		Schallschutzanforderungen	BPS
		Energetische Kennwerte (U-Wert)	BPW
Bauteilkatalog/ Konzepte	Wärme- schutz	Temperaturkorrekturfaktor	BPW
		Wärmedurchgangskoeffizient Verglasung	BPW
		Verglasung Energiedurchlassgrad g	BPW
	S.	Luftschalldämm-Maß	BPW

Abbildung 7-10: Merkmalliste Türen

Quelle	Typ	Name	Grundfläche	Nutzungs- einheiten	Räume
Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en)	Basis	Name	ARC	ARC	ARC
		Raumnummer ARC	-	-	ARC
		Geschoss	ARC	ARC	ARC
		Quantitäten (Umfang, Fläche, Volumen, ...)	ARC	ARC	ARC
	Konstr./ Qualit.	Nutzungsart (DIN277)	-	ARC	ARC
		Lichte Höhe	-	-	ARC
	Anforderungen	Barrierefreiheit	-	-	ARC
		notwendiger Flur	-	-	BRS
		Raumakustik	-	-	BPS
	TGA	Raumtemp. Winter	-	-	TGA
		Heizsystem	-	-	TGA
		spez. Heizlast	-	-	TGA
		RLT-Anlage	-	-	TGA
		Lüftungssystem	-	-	TGA
		Luftwechselberechnungsart	-	-	TGA
		Raumtemp. Sommer	-	-	TGA
		Kältesystem	-	-	TGA
		spez. Kühllast	-	-	TGA
		ELT spez. Leistung	-	-	TGA
		Sprinklerschutz	-	-	TGA
		SPR Brandgefahrenklasse	-	-	TGA
		Sprinklersystem	-	-	TGA
		MSR - Regelzone	-	-	TGA

Abbildung 7-11: Merkmalliste BGF, Nutzungseinheiten, Räume

Falls im weiteren Planungsverlauf Bauteile ergänzt oder verändert werden, werden diese Änderungen auch für die Merkmale von den verantwortlichen Fachplaner:innen aktualisiert. Je nach Projektart wird die Merkmalliste im Rahmen der Erstellung des BAP spezifisch angepasst und Teil des BAP.

8 Einordnung und Ausblick

8.1 Grenzen der Software, heute und zukünftige Anforderungen

8.1.1 Überblick

Vorliegendes Kapitel bietet einen Überblick über aktuelle Softwareapplikationen der Planenden sowie der Holzbauunternehmen. Unter anderem wurden die Software unserer Praxispartner ausgewählt sowie weitere marktübliche Anwendungen. Für alle aufgeführten Anwendungen wurde die buildingSMART-Zertifizierung geprüft. „buildingSMART Deutschland versteht sich als Kompetenznetzwerk für digitales Planen, Bauen und Betreiben von Bauwerken. Wir agieren dabei als Teil der internationalen buildingSMART-Community interdisziplinär, anwender- und praxisorientiert. buildingSMART Deutschland ist eine Non-Profit-Organisation.“ (*bsD Verlag, 2021*)

Die buildingSmart International bietet eine Softwarezertifizierung an. „Als Teil des globalen Compliance-Programms unterstützt das buildingSMART-Softwarezertifizierungsprogramm Softwareanbieter dabei, ihre Anwendungen anhand von Branchen-Benchmarks zu zertifizieren, um sicherzustellen, dass internationale Standards weltweit implementiert und verwendet werden. Die Zertifizierungen dienen der Validierung des Datenaustauschs im Rahmen der Industry Foundation Classes (IFC) und des BIM Collaboration Format (BCF), der digitalen Arbeitsabläufe und der Datenqualität, um zu gewährleisten, dass die in der Bauindustrie geleistete Arbeit die richtige Sicherheit und Qualität hat, damit die Fachleute ihre Arbeit ausführen können.“ (*bsD Verlag, 2022b*).

Auf der Website der buildingSMART International (*bsD Verlag, 2022a*) kann die IFC-zertifizierte Software angezeigt werden. Die unten aufgeführte Software (*Tabelle 8-1*) wurde dabei in die Spezifikationen Gebäudeplanung und Holzbauplanung unterteilt.

Zertifizierte Anwendungen	Zertifiziertes Dateiformat
Edificius	<i>IFC 2x3</i>
Revit	<i>IFC 4</i>
Vectorworks	<i>IFC 4</i>
ArchiCAD	<i>IFC 4</i>
EdiLus	<i>IFC 2x3</i>
Tekla Structures	<i>IFC 2x3</i>
Allplan Architecture	<i>IFC 4</i>
Bexel Manager	<i>IFC 2x3</i>
PriMus IFC	<i>IFC 2x3</i>
usBIM.clash, usBIM.editor, usBIM.platform	<i>IFC 2x3</i>
Nicht zertifizierte Anwendungen	
SketchUp	
Blender	
Civil 3D	
Naviswork	
Infraworks	
MicroStation	
Rhino 7	
usBIM checker	
Autodesk BIM 360	

Tabelle 8-1 buildingSMART-Zertifizierung (nach bsD Verlag, 2022a)

8.1.2 Defizite

In der Zusammenarbeit mit dem Praxispartnern konnten im Zuge des Fallbeispiels Mock-up „Modelle“ einige im Folgenden aufgeführte Defizite in der Funktionalität der verwendeten Software (vgl. Kapitel 6.2) identifiziert werden.

Sowohl in der Zusammenarbeit der Praxispartner als auch in den Gesprächen mit den Expert:innenrunden konnte festgestellt werden, dass die Funktionen der eingesetzten Software nicht den Vorstellungen der Anwendenden entsprechen. Im Speziellen wurde hier immer wieder der Datenaustausch mit den Projektpartnern aufgeführt. Um den gewünschten bzw. für die Planung erforderlichen Datenaustausch ausführen zu können, wurden immer wieder sogenannte Workarounds angewandt. Mit Hilfsverfahren, beispielsweise dem manuellen Abgleich und Übertrag von Daten via Excel-Listen, konnten unter zusätzlichen Aufwand Daten zwischen unterschiedlichen Softwaresystemen ausgetauscht werden.

In Anlehnung an die Bildung von Workarounds wurden folgende Defizite in der Zusammenarbeit bzw. im Austausch mit dem IFC-Format festgestellt. Die Kompatibilität der unterschiedlichen Softwaresystemen im Austausch mit IFC-Dateien war unzureichend. So wurden zum Beispiel das Ob-

jekt Wand nach dem IFC-Export und Import in eine andere oder auch in die gleiche Softwareanwendung nicht mehr als Wand erkannt, sondern als „Objekt“ (geometrischer Volumenkörper). Damit war die Wand nicht mehr mit dem Wand-Werkzeugen der Software bearbeitbar. Ein anderes Beispiel ist der Austausch von Attributen über IFC-Dateien. Für Holzbaukonstruktionen lagen noch nicht ausreichend vorfestgelegte Klassifizierungen für die Planung vor. So wurden vom Planer eigens angelegte Klassifizierungen in eine IFC-Datei exportiert. Wurde die IFC-Datei nun von einer anderen Softwareanwendung eingelesen, so konnten mit diesen Klassifizierungen nicht ohne weiteres weitergearbeitet werden. Es bedurfte einer impliziten Definition der neuen Klassifizierung während/nach dem IFC-Import. Folglich wird die Anreicherung der IFC-Klassifizierungen (*Tabelle 8-1*) für den Holzbau und/oder flexiblere Anwendungsmöglichkeit eigens festgelegter Klassen dringend empfohlen.

Als weiterer Nachteil im Projektverlauf wurde festgestellt, dass die eingesetzten Applikationen keine Möglichkeit des Versionierungsmanagements und Historie sowie Dokumentation des Verlaufs bieten. Im Rahmen einer Gebäudeplanung werden Entscheidungen getroffen, beispielsweise beim Vergleich mehrerer Varianten. Entscheidungen und Festlegungen innerhalb der Planung können gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt, vor allem bei personellem Wechsel im Planungsteam, nicht mehr nachvollzogen werden. Denkt man nun an die Grafik nach Kröger 2018 (vgl. Abbildung 2-3), so möchte man mit der Anwendung der BIM-Methode die Information über den gesamten Planungszeitraum (darüber hinaus Lebenszyklus des Gebäudes) erhalten. Müssen jedoch Entscheidungen erneut hinterfragt werden, kommt der Vorteil der Informationserhaltung nicht zum Tragen. Die Möglichkeit des Abrufs von vorhergehenden Versionen und Entscheidungen wurde daher im Rahmen des Forschungsprojekts in Zusammenarbeit mit Praxispartnern und Experten als hilfreiches Planungstool prognostiziert.

Die Single Source of Truth, also die „einzige Quelle der Wahrheit“ beschreibt die relevanten Daten eines Gebäudeinformationsmodells, die als maßgebender allgemeingültiger Datenbestand gelten. Bei der Vielzahl an Daten, die innerhalb eines Projekts generiert werden, kann es zu Mehrfacherstellung von Daten kommen bzw. zu abweichenden Daten mit gleicher Absicht. Beispielsweise ist hier auch das in vorliegendem Forschungsbericht vorgeschlagene Vorgehen in der Planung von Holzgebäuden mit der BIM-Methode - der Parallelität eines geometrischen Modells verlinkt mit einem Bauteilkatalog - gefährdet inhomogene Daten zu enthalten. Ein Datenmanagement mit vorabgestimmten Datenliefergegenständen und Verantwortlichkeiten wird unumgänglich.

8.1.3 Empfehlungen

Die folgenden Empfehlungen stellen einen Überblick über mögliche Bedarfe und Entwicklungen der BIM-Methode dar.

8.1.3.1 Stellvertreterobjekte

Das Kapitel 6 Modellierung beschreibt eine Vereinfachung des geometrischen Gebäudemodells für eine bessere übersichtlichere modellbasierte Zusammenarbeit im Holzbau. Im Wesentlichen geht der Ansatz dabei nicht davon aus, dass es insgesamt weniger Daten gibt – die Modellierung als 3-Schichten-Modell strukturiert das Modell und reduziert damit die Komplexität des geometrischen

Modells. Dieser Ansatz verfolgt eine Vereinfachung des Modells und bessere Nutzbarkeit von Daten in vielerlei Hinsicht. Ein vergleichbarer Ansatz wurde in der Zusammenarbeit „Austausch D-CH“ ergänzt (Praxispartner Holzbauunternehmen Gump & Maier in Kooperation mit der schaeferholzbau AG aus der Schweiz), (vgl. Kapitel 6.2). So wurde beschrieben, dass ein detailliertes Tragwerksmodell mit einzelnen Holzbauschrauben nicht für die Arbeitsvorbereitung nutzbar ist. Ein Modell, das ein einfaches Objekt, wie ein Punkt oder eine Achse mit der Information zur Schraube stellvertretend für eine bestimmte Schraubverbindung enthält, ist sinnvoll und für das ausführende Unternehmen nützlich.

Der BIMwood-Referenzprozess verwendet darüber hinaus den Ansatz eines mit dem geometrischen Modell verlinkten Bauteilkatalogs zur Beschreibung von Daten des geometrischen Modells. Dieser Ansatz verfolgt eine Vereinfachung des Modells und Nutzbarkeit von Daten in vielerlei Hinsicht. Die Fülle der Daten des Bauteilkatalogs ist skalierbar und die Daten können so aufbereitet werden, dass sie nach bestimmten Kriterien filterbar sind – sprich, dass man benötigte Daten auch gut finden kann. Diese Methode entzerzt die Datenfülle an einem Ort und bietet somit die Möglichkeit, das geometrische Modell einfach zu halten. Neben dem Vorteil des Stellvertreterobjekts beschreibt der Ansatz auch die nachfolgende Empfehlung.

8.1.3.2 Verlinkungsbasierter Ansatz

An der Planung von Gebäuden sind viele Fachleute beteiligt. Idealerweise erfolgt in enger Zusammenarbeit ein ständiger Austausch von Informationen zu disziplinspezifischem Fachwissen. Über mehrere Planungsphasen hinweg werden unterschiedliche Fachmodelle erzeugt. So werden zum Beispiel Fachmodelle der Architektur, der Tragwerksplanung und der TGA-Planung meist unabhängig voneinander erstellt. Es werden Informationen mit unterschiedlicher Software generiert und auf unterschiedliche Art und Weise ausgetauscht. Mit BIM soll der Informationsfluss strukturiert und softwareunabhängig ausgetauscht werden können, um Planung von Bauprojekten zu optimieren. Aktuell erfolgt der Austausch von Informationen über IFC-Datenaustauschmodelle. Diese Datenmodelle stehen jedoch in keiner Beziehung zueinander – ein direkter oder automatisierter Austausch von Informationen kann nicht stattfinden. Möchte die Objektplanung die Angaben der Tragwerksplanung von z.B. der Dicke der Geschossdecke übernehmen, muss diese Information manuell ins Architekturmodell eingearbeitet werden. In den Fachmodellen werden dieselben Objekte modelliert und mit verschiedenen fachspezifischen Attributen beschrieben. Es gibt keine tatsächlichen Abhängigkeiten oder Verknüpfungen zwischen den Modellen.

Im Moment werden Modelle in Form von Koordinationsmodellen in einer gemeinsamen Datenumgebung verbunden. Änderung in einem Modell können zur Aufhebung von Verknüpfungen führen. In der Folge müssen Verknüpfungen neu definiert werden. Die aktuell gängige BIM-Technologie verwendet Objekte und Attribute, die mit einer eindeutigen Kennzeichnung, der Globally Unique Identifier (GUID), versehen werden. Die GUID ist eine Zahl und wird neu definiert, wenn ein Objekt wesentlich verändert wird. Beispielsweise wird eine Wand durch Aufteilung in zwei Wandabschnitt unterteilt, um verschiedene Abschnitte für die Innenbekleidung zu definieren. Mit der Trennung des Wandbauteils in zwei Objekte erhalten diese eine neue GUID. Wurden Attribute der Wand über eine Verknüpfung eines Bauteilkatalogs definiert, können die Attribute bei Änderung der GUID nicht mehr zugeordnet werden. Die Wände mit neuer GUID müssen erst neu mit dem Bauteilkatalog

verknüpft werden, um Attribute zu referenzieren. Ein Grund für die nach wie vor fehlende Vernetzung ist die fehlende Infrastruktur, die es Modellen ermöglichen könnte, live auf externe Informationen zu verweisen, so dass Werkzeuge diese effizient nutzen können.

Um einen bidirektionalen und dynamischen Informationsaustausch zwischen Modellen zu erzeugen und Abhängigkeiten zu definieren, müssen Modelle miteinander verknüpft werden. In der BIM-Fachwelt werden Technologien beschrieben, die Modelle miteinander verknüpfen und Beziehungen zwischen Modelle erzeugen. In Literatur und Forschung sind verschiedene Ansätze für miteinander verbundene Modelle (Multi-Modelle) zu finden. Unter anderem wird in „Andre Bormann – Building Information Modelling“ (Beetz et al., 2021) der Linked Data Ansatz beschrieben. Die Verlinkung von Modellen soll Gemeinsamkeiten, Inkonsistenzen und andere Abhängigkeiten der Fachmodelle untereinander aufzeigen. Die Verlinkungen können genutzt werden, um Fachmodellinhalte zu synchronisieren, zu erweitern und um umfassende Datengrundlagen für weiterführende Untersuchungen aufzubauen.

Für eine übersichtliche Datenmodellierung der komplexen Strukturen eines Holzbaus bietet sich eine Unterteilung des Informationsmodells in kohärente Teilmodelle an (Abbildung 8-1). Die Teilmodelle reflektieren jeweils einen relevanten zu betrachtenden Ausschnitt (Teilmodelle können Objekte oder Attribute sein). Die Beschreibung von mehrschichtigen feingliedrigen Bauteilen kann über eine Verknüpfung von einfachen Objekten mit externen Datensätzen, wie etwa einem Bauteilkatalog und einem Detailkatalog, erfolgen. Dabei sollten der Informationsaustausch bidirektional möglich sein und die Teilmodelle sollten dynamisch modifizierbar sein.

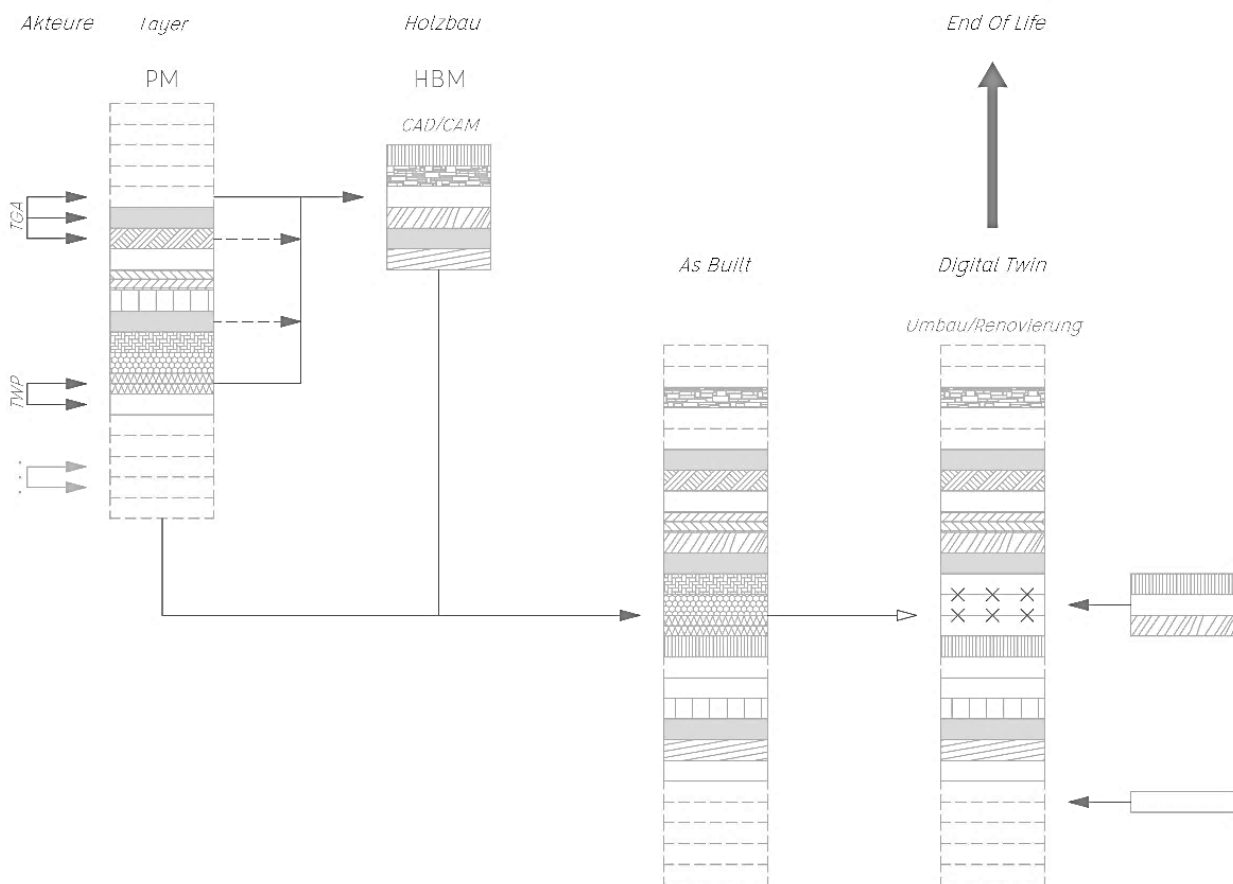


Abbildung 8-1: Abstrakte Darstellung eines Informationsmodells aus kohärenten Teilmodellen

Der verlinkungsbasierte Ansatz könnte die Herausforderungen auf Systemebene, welche im Fallbeispiel Kapitel 6.2 beschrieben wurden, auflösen. So könnte das Modell der Architektur durch Verlinkung der Fachmodelle (Tragwerk, TGA, Bauphysik, Holzbau) erweitert werden. Damit könnten Abhängigkeiten erzeugt werden und Redundanzen vermieden werden. Die Verlinkung des Bauteilkatalogs im BIMwood-Referenzprozess (vgl. Kapitel 5) entspricht dem verlinkungsbasierten Ansatz.

8.1.3.3 Cloud-basierte Lösungen

Cloud-basierte Lösungen bieten eine Kollaborationsplattform (Common Data Environment, CDE) oftmals auch mit der Möglichkeit der modellbasierten Kommunikation, wie beispielsweise BIMplus (vgl. verwendete Applikationen im Kapitel 6.2 Mock-up „Modelle“).

8.2 Resümee und Ausblick

Der Einsatz digitaler Werkzeuge und Methoden verändert die Planungs- und Bauprozesse signifikant. Im industriell vorgefertigten Holzbau werden zunehmend digitale Bauwerksmodelle eingesetzt; die Produktion zeichnet sich durch fortschreitende digitale Fertigung aus. In den Prozessen müssen Informationen zu Bausystemen wie auch zu Fertigung, Transportlogistik und Montage der Elemente bereits in einem früheren Planungsstadium berücksichtigt werden.

Im Projekt wurden Lösungen für die Wertschöpfungskette Planen und Bauen mit Holz vor dem Hintergrund der digitalen Transformation entwickelt. Auf der Basis des Building Information Modeling (BIM) als Schlüsseltechnologie in Architecture, Engineering and Construction (AEC) wurde eine holzbauspezifischen BIM Methodik für vorgefertigten Holzbau zur Verbesserung reibungsloser Planungs- und Datenmanagementprozesse erarbeitet.

Der erarbeitete BIMwood Referenzprozesses betrachtet differenziert nach den etablierten Planungsphasen zwei Ebenen: die deskriptive Ebene beschreibt die strukturierten multidisziplinären Daten, die prozessuale Ebene beschreibt die Austauschprozesse im Kontext der zugewiesenen Rollen und Verantwortlichkeiten. Er wurde ein methodischer Rahmen für die Erstellung der 3D-Fachmodelle hinsichtlich geometrischer Anforderungen erarbeitet (Modellierung) sowie der notwendigen Daten in den Bauteilen erarbeitet und anhand von Mock-Up Modellen evaluiert.

Eine notwendige Voraussetzung für den flächendeckenden Einsatz in der Praxis ist die Standardisierung der Prozesse beim VDI (Verein Deutscher Ingenieure) und buildingSMART Deutschland (Kompetenznetzwerk für digitales Planen, Bauen und Betreiben von Bauwerken). Der erarbeitete Referenzprozess und die Vorgaben zur Erstellung der 3D-Fachmodelle bilden dafür eine fundierte Basis.

Ein notwendiger Schritt für den Einsatz in der Praxis ist, den erarbeiteten Referenzprozess und die Vorgaben zur Erstellung der 3D-Fachmodelle im Rahmen von Pilotprojekten anzuwenden und zu evaluieren.

Die Ergebnisse wurden einem breiten Fachpublikum in der Praxis und im akademischen Bereich diskutiert und in der Bearbeitung ergaben sich weiterführende Fragestellungen in der Forschung. Ein Aspekt in zukünftigen Forschungsprojekten wäre die Übertragung des erarbeiteten Referenzprozesses auf den Holz-Modulbau.

Im Rahmen des Projektes wurden Defizite aktuell verfügbarer BIM-fähiger Softwareapplikationen und CDE identifiziert. Auf dieser Basis könnten Anforderungen an die Funktionalität von Softwareapplikationen und BIM fähige Bauteilkataloge sowie cloudbasierten Kollaborationsplattformen erarbeitet werden und hinsichtlich der Lebenszyklusbetrachtung von Bauwerken mit dem Konzept „Digitaler Zwilling“ und Kreislaufwirtschaft erweitert werden.

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

- Abbaspour, A., Baum, T. & Raps, M. (Hrsg.). (2021). *BIM Basics. BIM-Glossar: Erläuterungen der wichtigsten Fachbegriffe des Building Information Modeling*. bSD Verlag.
- Akademie für Raumforschung und Landesplanung. (2018). *Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung* (Ausgabe 2018). Akademie für Raumforschung und Landesplanung. <https://shop.arl-net.de/handwoerterbuch-stadt-raumentwicklung.html#V>
- BDA Bayern. (2015). *Nachbericht zu BDA im Gespräch: Perspektiven für den Wohnungsbau*. <https://www.bda-berlin.de/2015/04/nachbericht-bda-im-gespraech-perspektiven-fuer-den-wohnungsbau/>
- Beetz, J., Borrmann, A., Both, P. von, Petzold, F. & Schoch, O. (2020). Building Information Modelling (BIM). In L. Hovestadt, U. Hirschberg & O. Fritz (Hrsg.), *Atlas of digital architecture: Terminology, concepts, methods, tools, examples, phenomena* (S. 507–526). Birkhäuser.
- Beetz, J., Pauwels, P., McGlinn, K. & Tormä, S. (2021). Linked Data im Bauwesen. In A. Borrmann, M. König, C. Koch & J. Beetz (Hrsg.), *VDI-Buch. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Aufl., S. 223–242). Springer Vieweg.
- BMVI. (2017). *Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen*. https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Publikationen/DG/bim-umsetzung-stufenplan-erster-fortschrittsbe.pdf?__blob=publication-File
- Borrmann, A. & König, M. (2018). Building Information Modeling. In U. Vismann (Hrsg.), *Wendehorst Bau-technische Zahlentafeln* (S. 1475–1485). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17936-6_22
- Borrmann, A., König, M., Koch, C. & Beetz, J. (2021). Die BIM-Methode im Überblick. In A. Borrmann, M. König, C. Koch & J. Beetz (Hrsg.), *VDI-Buch. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Aufl., S. 1–31). Springer Vieweg.
- bsD Verlag. (2021). *Das ist buildingSMART Deutschland*. https://www.buildingsmart.de/sites/default/files/2021-07/buildingSMART%20Deutschland%202021_0.pdf
- bsD Verlag. (2022a). *IFC Certified Software*. <https://www.buildingsmart.org/compliance/redevelopment/certified-software/>
- bsD Verlag. (2022b). *Software Certification*. <http://www.buildingsmart.org/compliance/software-certification/>
- Deutsches Institut für Normung (2016). *DIN 18205*.
- DGNB. (2021). *Positionspapier Holzbau*.
- Duden: *Auf der Grundlage der aktuellen amtlichen Rechtschreibregeln* (27. Aufl.). (2017). *Der Duden in 12 Bänden*. Dudenverlag.
- Geier, S. (2018). *Analysemodell für das vorgefertigte Bauen mit Holz: Lösungsansatz zur Einschätzung und zum Umgang mit Komplexität. Argumentarium – Entwicklung – Anwendung* [Dissertation, München]. Deutsche Nationalbibliothek.
- Golaszewski, J. (2020). *Muster BAP für Pilotprojekte des SIB*. https://www.sib.sachsen.de/download/BIM/20200827_Muster_BAP.pdf
- HOAI 2013 (2., vollst. überarb. Aufl., Bd. 1). (2013). Beuth.
- Kaufhold, M. (2006). *Kompetenz und Kompetenzerfassung: Analyse und Beurteilung von Verfahren der Kompetenzerfassung* (1. Aufl.). VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Kaufmann, H., Huß, W., Schuster, S. & Stieglmeier, M. (Hrsg.). (2017b). *leanWOOD - Innovative und optimierte Prozesse und Kooperationsmodelle für die Planung, Produktion und den Unterhalt von Gebäuden in Holzbauweise*. Forschungsbericht. https://media-tum.ub.tum.de/doc/1625415/hur5rvt2kdwtfjyze3imj6t.leanWood_FinalReport.pdf

- Kaufmann, H., Huss, W., Schuster, S. & Stieglmeier, M. (2017a). *leanwood - Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise* [Broschüre], München. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1537682/1537682.pdf>
- Kaufmann, H., Krötsch, S. & Winter, S. (Hrsg.). (2021). *DETAIL Construction Manuals. Atlas mehrgeschossiger Holzbau: Grundlagen - Konstruktionen - Beispiele* (3. Aufl.). Edition Detail. <https://doi.org/10.11129/9783955535575>
- Kaufmann, H., Schuster, S. & Stieglmeier, M. (2017). *Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise - Leistungsbilder für alle Planungsbeteiligten*. Technische Universität München, München. <https://mediatum.ub.tum.de/1537683>
- Kaufmann, H., Schuster, S. & Stieglmeier, M. (2020). *Holz&BIM - Building Information Modeling (BIM) als Planungsmethode im modernen Holzbau: Eine Standortbestimmung zur Identifizierung von Anforderungen und Hemmnissen*. (Forschungsbericht). München. Technische Universität München. <https://www.ar.tum.de/holz/forschung/holz-bim/> <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24125.41449>
- Kemper, T. (2021). *Die neue HOAI 2021: BIM & Recht, Teil 17*. Build-Ing. <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/die-neue-hoai-2021/>
- Krischler, J. & Koch, C. (2021). BIM-Rollen. In A. Borrmann, M. König, C. Koch & J. Beetz (Hrsg.), *VDI-Buch. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Aufl., S. 353–362). Springer Vieweg.
- Krischler, J. & Mellenthin Filardo, M. (2020). *Basiswissen zu Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)* (1. Aufl.). *BIM Basics*. bSD Verlag.
- Kröger, S. (2018). *BIM und Lean Construction: Synergien zweier Arbeitsmethodiken* (1. Aufl.). Beuth Innovation. Beuth Verlag.
- Liebich, T., Tulke, J. & König, M. (2019). *BIM4INFRA 2020: Leitfaden und Muster für den BIM-Abwicklungsplan (BAP)* [Teil 3].
- Planen-bauen 4.0 & BMDV. (2023). *Das BIM-Portal des Bundes*.
- Preidel, C., Borrmann, A., Exner, H. & König, M. (2021). Common Data Environment. In A. Borrmann, M. König, C. Koch & J. Beetz (Hrsg.), *VDI-Buch. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Aufl., S. 335–351). Springer Vieweg.
- Przybylo, J. (2016). *BIM - Einstieg kompakt: Die wichtigsten BIM-Grundlagen in Projekt und Unternehmen* (2. Aufl.). *Beuth Pocket*. Beuth. <http://www.beuth.de/cmd?level=tpl-langanzeige&websource=vlb&smoid=257217140>
- Purkus, A. (2019). *Charta für Holz 2.0: Kennzahlenbericht 2019 Forst & Holz* (Stand September 2019, 1. Auflage). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).
- Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G. & Teicholz, P. M. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (Third edition). Wiley.
- Schapke, S.-E., Beetz, J., König, M., Koch, C. & Borrmann, A. (2021). Prinzipien und Techniken der modellgestützten Zusammenarbeit. In A. Borrmann, M. König, C. Koch & J. Beetz (Hrsg.), *VDI-Buch. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Aufl., S. 309–333). Springer Vieweg.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Springer.
- VDI 2552 Blatt 1. (2020). *VDI 2552 Blatt 1, Building Information Modeling: Grundlagen = Building information modeling: fundamentals*. *VDI-Richtlinien*. Beuth Verlag GmbH.
- VDI 2552 Blatt 10. (2021). *VDI 2552 Blatt 10, Building Information Modeling - Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP): = Building information modeling - Employers information requirements (EIR) and BIM execution plan (BEP)*. *VDI-Richtlinien*. Beuth Verlag GmbH.

-
- VDI 2552 Blatt 11.1. (2021). *VDI/bs 2552 Blatt 11.1, Building Information Modeling - Informationsaustauschanforderungen zu BIM-Anwendungsfällen: = Building information modeling - information exchange requirements for BIM use cases. VDI-Richtlinien.* Beuth Verlag GmbH.
- VDI 2552 Blatt 2. (2021). *VDI 2552 Blatt 2, Building Information Modeling - Begriffe: = Building information modeling - terms and definitions. VDI-Richtlinien.* Beuth Verlag GmbH.
- VDI 2552 Blatt 4. (2020). *VDI 2552 Blatt 4, Building Information Modeling - Anforderungen an den Datenaustausch: = Building information modeling - Requirements for data exchange. VDI-Richtlinien.* Beuth Verlag GmbH.
- VDI 2552 Blatt 7. (2020). *VDI 2552 Blatt 7, Building Information Modeling - Prozesse: = Building information modeling - processes. VDI-Richtlinien.* Beuth Verlag GmbH.
- White, S. A. (2004). *Introduction to BPMN.* BPTrends. <https://www.bptrends.com/bpt/wp-content/publicationfiles/07-04%20WP%20Intro%20to%20BPMN%20-%20White.pdf>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Themenfelder BIMwood	3
Abbildung 2-1: Grundlegende Komponenten zur Entwicklung eines Bauwerkmodells (<i>nach VDI 2552 Blatt 11.1, 2021</i>)	6
Abbildung 2-2: beispielhafte Abbildung zu Fertigstellungsgraden einer Außenwand (<i>nach Kaufmann et al., 2017a, S. 13</i>)	8
Abbildung 2-3: Informationsverlauf konventionell vs. BIM (<i>nach Kröger, 2018, S. 78</i>)	13
Abbildung 2-4: Chancen und Nutzen von BIM für den Holzbau	14
Abbildung 3-1: Bestandteile einer AIA (Quelle: AEC3)	20
Abbildung 3-2: BIM-Management als Bindeglied	24
Abbildung 5-1: Themenfelder BIMwood-Referenzprozess	39
Abbildung 5-2: Referenzablauf Bedarfsplanung	42
Abbildung 5-3: Referenzablauf Grundlagenermittlung und Vorplanung	43
Abbildung 5-4: wesentliche Bauteile 3D-Fachmodell Objektplanung Abschluss Vorplanungsphase	45
Abbildung 5-5: schematische Darstellung der wesentlichen vertikalen Schächte und Trassen als 3D-Modell der TGA	46
Abbildung 5-6: Referenzablauf Entwurfsplanung	47
Abbildung 5-7: Teilmodell Arbeitsmodell: 3-Schichten Fachmodell Objektplanung zum Start der Entwurfsplanung	49
Abbildung 5-8: Fachmodell Tragwerksplanung in der Entwurfsplanung	51
Abbildung 5-9: Fachmodell Tragwerksplanung mit Überlagerung 3-Schichten-Modell der Objektplanung ..	51
Abbildung 5-10: Referenzprozess Ausführungsplanung	53
Abbildung 6-1: Übersicht Begriffe für mehrschichtige Bauteile am Beispiel einer Wand	56
Abbildung 6-2: Begriffsbestimmungen für Wandbauteile	57
Abbildung 6-3: Begriffsbestimmungen am Beispiel horizontaler bzw. geneigter Deckenbauteile	57
Abbildung 6-4: Zusammengesetzte Holzbauteile am Beispiel Wand	58
Abbildung 6-5: Planungsprozess für einen Teilausschnitt eines mehrgeschossigen Holzbaus	60
Abbildung 6-6: Mock-up „Modelle“ – Organisation des Datenaustausches und Festlegung der Rollenverteilung	62
Abbildung 6-7: Mock-up „Modelle“ – Workflow	63
Abbildung 6-8: Mock-up „Modelle“ – Koordinationsmeeting	64
Abbildung 6-9: Gegenüberstellung 3-Schichten-Modell der Objektplanung (links) und Tragwerksmodell mit Überlagerung 3-Schichten-Modell (rechts)	66
Abbildung 6-10: 3-Schichten-Modell am Beispiel einer Außenwand, Tragschicht (orange), äußere (grün) und innere (blau) Bekleidung mit ihren Komponenten (farbige Punkte)	67
Abbildung 6-11: Konzeptionelle Darstellung der Elementierung der Bauteile durch das Holzbauunternehmen	70
Abbildung 6-12: Modelle „Werkstattplanung“ Holzbauunternehmen ohne Beplankung und mit Beplankung	71
Abbildung 7-1: Datenübergabeanforderungen	72
Abbildung 7-2: Prozessdiagramm Fallbeispiele zu den BIMwood-Informationsaustauschanforderungen ...	73
Abbildung 7-3: Informationsaustauschanforderungen – wesentliche Bauteile eines Gebäudes	74
Abbildung 7-4: Informationsaustauschanforderungen – Detaillierungsgrad nach Planungsphasen	75
Abbildung 7-5: Informationsaustauschanforderungen – Auszug aus der Merkmalliste Mock-up „Modelle“ ..	75
Abbildung 7-6: beispielhafter Auszug der Merkmalliste (vollständige Darstellung siehe Abbildung 7-7)	76
Abbildung 7-7: Merkmalliste Baugrube, Fundamente, Bodenplatte, Wandbauteile, Stützen	79

Abbildung 7-8: Merkmalliste Deckenbauteile, Träger, Treppe, Geländer, Sperrzone, Einbauten, Schlitz und Durchbrüche	80
Abbildung 7-9: Merkmalliste Fassade und Fenster	81
Abbildung 7-10: Merkmalliste Türen	82
Abbildung 7-11: Merkmalliste BGF, Nutzungseinheiten, Räume	83
Abbildung 8-1: Abstrakte Darstellung eines Informationsmodells aus kohärenten Teilmodellen	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Beispiele für den Zusammenhang von Projektzielen, BIM-Zielen und BIM-Anwendungsfällen (VDI 2552 Blatt 10, 2021)	6
Tabelle 2-2: BIM-Anwendungsfälle aus BIM-Handbüchern	16
Tabelle 3-1: Holzbauspezifische BIM-Ziele	21
Tabelle 3-2: Holzbauspezifische BIM-Anwendungsfälle	22
Tabelle 3-3 mögliche Struktur und Inhalte eines BAP	28
Tabelle 5-1: Modellinhalte Ergebnis Vorplanungsphase	45
Tabelle 5-2: mögliche Inhalte Fachplanungen Arbeitsmodell(e)	48
Tabelle 5-3: mögliche Inhalte mögliche Planungsinhalte Leitmodell.....	50
Tabelle 5-4: mögliche Planungsinhalte Leitmodell	52
Tabelle 6-1: Modellierungsvorschlag der Holzbauunternehmen Gumpp&Maier GmbH und schaerholzbau ag zu den Holzbauelementen.....	69
Tabelle 7-1: Gliederung der Merkmallisten	77
Tabelle 8-1 buildingSMART-Zertifizierung (nach bsD Verlag, 2022a)	85