



BIMwood

Entwicklung von Building Information Modeling
basierten Lösungen für projektbezogene
Kooperation in der Wertschöpfungskette vor-
gefertigter Holzbauten

Eine Handlungsempfehlung

Vorwort

Der Einsatz von Building Information Modeling (BIM) ist gegenwärtig vorwiegend auf die Planungsprozesse konventioneller Bauweisen ausgerichtet. Spezifische Anforderungen des vorgefertigten Holzbaus und die hohe Komplexität, bedingt durch vielschichtige Bauteilaufbauten sind nicht berücksichtigt. Bei der Durchführung von Hochbauprojekten des Bundes ist die Planungsmethode BIM seit 2023 Pflicht. Die staatlichen Bauämter in einigen Bundesländern treiben die Einführung der digitalen Planungsmethode bei ihren Projekten voran. Eine ähnliche Entwicklung ist in der Immobilien- und der Wohnungswirtschaft zu beobachten. Gleichzeitig steigt die Holzbauquote bei Neubauten¹, unterstützt durch Förderungen für den Holzbau auf Landes- und Bundesebene².

Im Jahr 2023 wurde das Forschungsprojekt „BIMwood – Entwicklung von Building Information Modelingbasierten Lösungen für die projektbezogene Kooperation in der Wertschöpfungskette vorgefertigter Holzbauten“ erfolgreich abgeschlossen. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit verschiedenen Praxispartner:innen unter der Förderung der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), als Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), umgesetzt. Die Leitung erfolgte an der Technischen Universität München durch den Lehrstuhl für Architektur und Holzbau und den Lehrstuhl für Architekturinformatik.

Die wesentlichen Erkenntnisse des Forschungsprojektes sind nachfolgend für die Praxis zusammengefasst und aufbereitet. Das Ziel dieser Handlungsempfehlung besteht darin, die BIM-Methodik im Bereich des Holzbaus zu fördern, um die Prozesse hin zu einer holzbaugerechten Planung zu lenken. Durch die Weiterentwicklung der holzbasierten Prozesskette trägt BIMwood dazu bei, die Wertschöpfungskette Holz zu unterstützen und die Substitution mineralischer Baustoffe im Kontext der Bauweise voranzutreiben.



1 | Holzbau Deutschland, Bund Deutscher Zimmermeister, *Lagebericht* (2023).
2 | *Holzbauinitiative der Bundesregierung* (seit 2023), *Holzbauinitiative Bayern* (seit 2021), *Holzbau-Offensive Baden-Württemberg* (seit 2018).

1. Grundlagen

1.1 Building Information Modeling

„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“.³ An dem Modellierungsprozess sind Akteur:innen verschiedener Planungsdisziplinen beteiligt. Ein zentraler Bestandteil von BIM ist das Bauwerksmodell, ein semantisches Datenmodell, das alle relevanten geometrischen, physikalischen und funktionellen sowie relationalen Eigenschaften beinhaltet. In der Praxis werden die fachspezifischen Modelle der einzelnen Planungsdisziplinen mittels eines Referenzmodells miteinander verknüpft. Diese Verbindung erleichtert den Akteur:innen den Modellierungsprozess und ermöglicht eine effizientere sowie sicherere Erreichung der Projektziele. Das geschieht durch die Schaffung einer strukturierten, nahtlosen und modellbasierten Zusammenarbeit der verschiedenen Akteur:innen während eines Projekts und über den gesamten Planungs- und Bauprozess hinaus. Die Auftraggeberschaft definiert in den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) welche Anforderungen in einem Projekt berücksichtigt werden sollen und wie die Projektziele durch den Einsatz von BIM unterstützt werden. Um die BIM-Methodik effektiv umzusetzen, werden spezifische BIM-Anwendungsfälle (BIM-AwF) entwickelt. Innerhalb des Projektteams wird ein individueller BIM-Abwicklungsplan (BAP) erstellt, der darauf abzielt, das Management von Projektdaten und Informationen zu planen (Projektinformationsmanagement). Der Level of Development (LoD) ist ein zentraler Bestandteil, der den Entwicklungsstand eines BIM-Modells definiert. Innerhalb dieses Rahmens wird mit dem LoG der geometrische Detaillierungs- und Fertigstellungsgrad im Modell festgelegt. Parallel dazu umfasst der Level of Information (LoI) nicht-geometrische Informationen, wie beispielsweise technische Details, die durch ein symbolisches oder konzeptionelles Modell repräsentiert werden.

AIA = Auftraggeber-Informationsanforderungen (auch BIM-Lastenheft, engl. Employers information requirements, EIR) umfassen nach *VDI 2252 Blatt 10* die projektspezifischen Anforderungen des Auftraggebers an den Bedarf an Informationen, z. B. Umfang, Struktur und Formate, hinsichtlich der Erreichung der BIM-Ziele und Anwendungsfälle, die zu definierten Zeitpunkten in einer bestimmten Qualität durch die Auftragnehmer zur Verfügung gestellt werden sollen.

BIM-AwF = BIM-Anwendungsfälle (engl.: UseCase) beschreiben konkrete Aufgaben und Anforderungen, die in der Bearbeitung mit der BIM-Methode erreicht werden sollen. Durch Anwendungsfälle werden inhaltliche Anforderungen an Daten und Modelle definiert. Sie dienen als Orientierung und Aufwandsbeurteilung und müssen für das jeweilige Projekt angepasst werden. Eine harmonisierte Liste von standardisierten Anwendungsfallbezeichnungen und die Festlegung einer einheitlichen Struktur zur Beschreibung von Anwendungsfällen wurde in der VDI-DIN Expertenempfehlung (*VDI-DIN-EE-2552*) veröffentlicht.

BAP = BIM-Abwicklungsplan (auch Pflichtenheft, engl. BIM Execution Planning, BEP) ist ein von der Auftragnehmerseite erarbeitetes und mit dem Auftraggeber abgestimmte Richtlinien-Dokument, welches gemäß *VDI 2252 Blatt 10* die BIM-basierten Zusammenarbeit zur Lieferung von Informationen und Daten und zur Erfüllung der vertraglich vereinbarten AIA definiert. In der Regel ist der BAP ein dynamisches Dokument und wird während des Planungsprozesses fortgeschrieben.

3 | BMVI, *Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen* (2017, S. 4).

| | LoD100 | LoD200 | LoD300 | LoD400 |
|------|---|---|--|--|
| LoG: | Bauteil | Bauteil + Element | Bauteil + Element + Teilelement | Bauteil + Element + Teilelement + Komponenten |
| LoI: | <ul style="list-style-type: none"> Name Beschreibung Material Nutzungsanforderungen | <ul style="list-style-type: none"> Geschoss Quantitäten Brandschutzanforderungen | <ul style="list-style-type: none"> Wandaufbau mit zusätzlichen Angaben zu Material, Tragwerk und Produkten Abmessungen | <ul style="list-style-type: none"> zusätzliche Angaben zu Produkten Arbeitsvorbereitung und Montage Wartung |

Abb. 1: Beispielhafte Abbildung zu den Fertigstellungsgraden einer Außenwand in Holztafelbauweise (basierend auf leanWOOD, 2017)

Die Ausarbeitung von LoG und LoI erfolgt in unterschiedlichen Tiefen im Modell, abhängig von den spezifischen Projektzielen und Anwendungsfällen. Gemeinsam bilden sie die Gesamtheit des Level of Development, der somit die umfassende Entwicklungsstufe des BIM-Modells widerspiegelt. Die oben stehende Abbildung veranschaulicht exemplarisch die Entwicklung einer Holzbauplanung mit der BIM-Methodik, beginnend von einer einfachen Darstellung mit grundlegenden Informationen bis hin zu einer detaillierten Darstellung mit umfassenden Informationen. Zunächst wird das Bauteil Außenwand in Holztafelbauweise im **LoD100** als einschichtiges Element mit der Information „Wand“ modelliert. Im Verlauf des Planungsprozess erfolgt eine schrittweise Detaillierung der Wand, wobei sie im **LoD200** bereits als Außenwand mit Tragschicht sowie innerer und äußerer Bekleidungsschicht abgebildet wird (vgl. 3-Schichten-Modell S. 28).

Im **LoD300** wird die Informationsdichte entsprechend den Anforderungen im Planungsfortschritt erhöht. Es wird eine fortgeschrittene geometrische und informationstechnische Detaillierung durchgeführt, inklusive Materialdefinition, Mengen- und Kostenintegration, um eine integrale und abgestimmte Ausführungsplanung zu erlangen.

Im **LoD400** wird das Modell so präzise gestaltet, dass es Einzelteile in detaillierter Form enthält. Der LoD400 wird im Rahmen der Arbeitsvorbereitung erreicht und dient der Werkstatt- und Montageplanung, der Fertigung sowie die Ableitung von Kennwerten.

1.2 Holzbaukompetenz

Ein idealer Planungsverlauf im Holzbau erfordert eine aussagekräftige Detailtiefe und eine grundlegende Anpassung der Prozesse. Hierfür ist die Holzbau- und Prozesskompetenz der Planenden unabdingbar.

Das Forschungsprojekt leanWOOD⁴ präsentiert vielfältige Lösungsansätze, um die frühzeitige Integration dieser Holzbaukompetenzen in das Planungsteam zu ermöglichen. Welcher Ansatz geeignet ist, muss projektspezifisch entschieden werden.

Allgemeine Holzbaukompetenz

Kenntnis der Unterschiede zwischen Holzbau und mineralischen Bauweisen:

- Hoher Vorfertigungsgrad, keine baubegleitenden (Planungs-) Änderungen
- Notwendige Entscheidungen und höherer Planungsaufwand bereits in frühen Planungsphasen
- Die Planungsphase des Holzbauunternehmens (Arbeitsvorbereitung, Werkstatt- und Montageplanung) erfordert eine abgestimmte, holzbaugerechte Ausführungsplanung

Holzbaukompetenz der (Fach-)Planenden

- Berücksichtigung holzbauspezifischer Besonderheiten
- Kenntnis der Besonderheiten des Baustoffs Holz und deren Auswirkungen auf die fachspezifische Planung
- Gewährleistung gleicher Planungstiefe bei allen Fachplanenden gemäß den holzbauspezifischen Leistungsbildern⁵

Prozessspezifische Holzbaukompetenz

- Fertigungsrelevantes Wissen: Arbeitsvorbereitung, Zuschnitt, Transport, Elementierung und Montage
- Kenntnis der Planungs- und Ausführungskette im Holzbau

Um einen integralen Planungsansatz im Projekt sicherzustellen, ist es entscheidend, bei der Zusammenstellung und Beauftragung der Planenden sowohl auf ihre BIM-Expertise als auch auf ihre Holzbaukompetenz zu achten.



4 | Die Zusammenfassung der Ergebnisse des Forschungsprojektes „leanWOOD – optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise“ ist verfügbar unter: www.leanwood.eu

5 | leanWOOD - Leistungsbilder nach HOAI für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise (2017), <https://mediatum.ub.tum.de/1537683>.

2. Projektmanagement

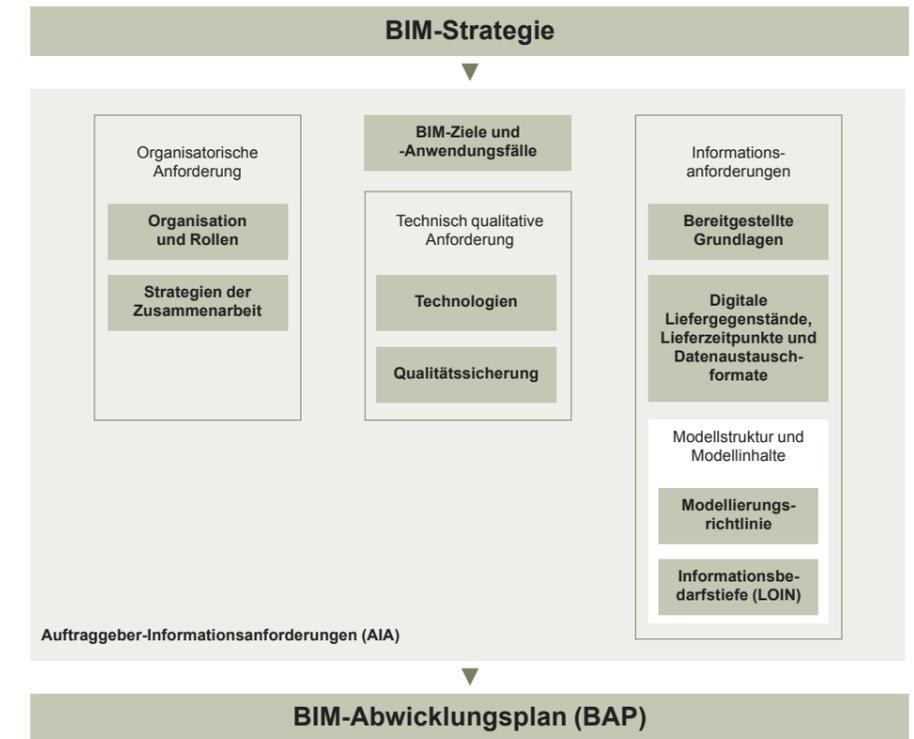


Abb. 2: Übersicht Projektmanagement

2.1 Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA)

Die Auftraggebenden verfolgen bei der Integration von BIM in den Planungsprozess vorrangig das Ziel, die Planungssicherheit zu steigern und eine effizientere Erreichung der Projektziele sicherzustellen. Diese Ziele werden in den Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) konkretisiert, die in der Regel in Form von BIM-Anwendungsfällen (vgl. S. 8) die Leistungen der Auftragnehmer beschreiben.

Im Kontext des vorgefertigten Holzbaus können BIM-Ziele und AIA wie folgt benannt werden:

Bessere Kommunikation und Schnittstellenkoordination

- Integration der Planung aller Fachdisziplinen und Strukturierung der Planungsprozesse durch einen holzbaugerechten BIM-Abwicklungsplan (BAP)
- BIM-basierte Abstimmung der Planung mit Holzbauunternehmen

Holzbauspezifische Modellierung

- Umsetzung eines 3-Schichten-Modells durch Objektplanung
- Modellierung der wesentlichen tragenden Elemente im Fachmodell Tragwerksplanung

Qualitätssicherung: Kollisionsprüfung und Fehlervermeidung

- Koordination inkl. Kollisionsprüfung anhand der Fachmodelle
- Höhere Kostensicherheit während Planung und Ausführung
- Erhöhte Terminalsicherheit und optimierte Abläufe von Planung und Ausführung

Mehrfachnutzung von Daten und Vermeidung von Informationsverlusten

- Datenaustausch zwischen den Fachplanenden und Bereitstellung sowie Nutzung von Informationen
- BIM-basierte Modellübergabe an das Holzbauunternehmen
- Konzeption von Montageabläufen und Wetterschutz für die Bauphase
- Unterstützung des Facility Managements
- Integration von Nachhaltigkeitsaspekten, wie Lebenszyklusanalysen (LCA), Re-Use Konzepten etc.

2.2 BIM-Anwendungsfälle

Übersicht exemplarischer BIM-Anwendungsfälle, die von den Auftragnehmer:innen in Holzbauprojekten umgesetzt werden können:

| # | BIM-Anwendungsfall | Beschreibung |
|-----------------------------------|---|---|
| 0 Grundsätzliches | | |
| 0.1 | Erstellung und Fortschreibung des BIM-Abwicklungsplans (BAP) | Erstellung des BAP mit genauen Vorgaben zur Strukturierung der Planungsprozesse im vorgefertigten Holzbau. |
| 0.2 | Modellerstellung und -fortschreibung | Erstellung eines individuellen BIM-Fachmodells in der entsprechenden BIM-Planungssoftware durch sämtliche am Planungsprozess beteiligten Parteien. Das BIM-Fachmodell umfasst den Holzbau als integralen Bestandteil der Objekt- und Tragwerksplanung. Dadurch wird eine konzeptionelle Überprüfung der Prinzipien der Vorfertigung und Elementierung in den Planungsphasen ermöglicht. |
| 0.3 | Testläufe | Durchführung von Testläufen zur Überprüfung der Funktionalität, Qualität und Verlässlichkeit der Schnittstellen der eingesetzten Software sowie der Umsetzbarkeit von ausgewählten Anwendungsfällen. Besondere Aufmerksamkeit sollte der Verwertung von geometrischen und alphanumerischen Informationen aus den BIM-Fachmodellen der Objekt- und Tragwerksplanung für die Werkstatt- und Montageplanung des ausführenden Holzbaunternehmens gewidmet werden. Dies ermöglicht eine frühzeitige Prüfung der Anwendbarkeit und gewährleistet die Effizienz dieser Prozesse. |
| 1 Planungsvarianten | | |
| 1.1 | Modellbasierte Variantenuntersuchung (z.B. Fassade, Konstruktionsweise, etc.) | Die modellbasierte Variantenuntersuchung umfasst die Erstellung von Planungsvarianten als BIM-Modelle. Dies dient zur Vereinfachung der Analyse und Bewertung in Bezug auf Kosten, Zeitpläne, baukonstruktive Gestaltung und andere relevante Aspekte der Holzbauweise. |
| 2 Koordination Fachplanung | | |
| 2.1 | Koordination und Kollisionsprüfung | Zusammenführung von BIM-Fachmodellen in einem Koordinationsmodell sowie automatisierte Kollisionsprüfung und systematische Konfliktbehebung zur Qualitätssicherung im vorgefertigten Holzbau. |

| | | |
|--|--|--|
| 3 Bemessung und Nachweisführung | | |
| 3.1 | BIM-gestützte Tragwerksplanung | Nutzung des Fachmodells Fachmodells Tragwerksplanung (TWP) zur Durchführung von statischen Bemessungen und Nachweisführung des Holzbaus. |
| 3.2 | Strömungssimulation | Erstellung/ Nutzung eines spezifischen BIM-Fachmodells für bauphysikalische Strömungssimulationen im Holzbau. |
| 3.3 | Bemessung und Nachweisführung aktiver/passiver Brandschutz | Nutzung eines BIM-Modells für die Bemessung und Nachweisführung von aktiven/passiven Brandschutzanforderungen im Holzbau. |
| 3.4 | Dynamisch-thermische Gebäudesimulationen | Nutzung eines BIM-Modells für die dynamisch-thermische Gebäudesimulation im Holzbau. |
| 3.5 | Bemessung und Nachweisführung im Bereich Wärme-, Kälte-, Energiebedarf | Nutzung eines BIM-Modells für die bauphysikalische Bemessung und Nachweisführung im Bereich Wärme-, Kälte-, Energiebedarf. |
| 3.6 | Untersuchung Schallschutz / Schallemissionen (z. B. zu Wohngebäuden) | Durchführung von bauphysikalischen Simulationen und Berechnungen für den Schallschutz, beispielsweise in Wohngebäuden mit Hilfe eines spezifischen BIM-Fachmodells. |
| 4 Mengen- und Kostenermittlung | | |
| 4.1 | Objektbasierte Mengenermittlung | Ermittlung, Be- und Auswertung der Bauteillisten und Mengen, u. a. zur Plausibilisierung der Mengen für sämtliche Kostenermittlungen und Entscheidungen über Änderungen. Das BIM-Gesamtmodell dient als Grundlage für die Angebotsabgabe durch Holzbauunternehmen. |
| 5 Terminplanung der Ausführung | | |
| 5.1 | 4D-Modellerstellung zur Darstellung des Bauablaufs | 3D-Modell (definiert Geometrie des Bauwerks), das um Terminplan bzw. Ausführungsprozesse (Zeit) erweitert wird. Es ermöglicht die Erstellung von 4D-Bauablaufsimulationen und unterstützt bei der Konzeption von Montageabläufen im vorgefertigten Holzbau. |
| 6 Mehrwert vorgefertigter Holzbau | | |
| 6.1 | BIM-basierte Modellübergabe an das Holzbaunternehmen | Datenübertragung aus dem abgestimmten Gesamtmodell der Planenden in die Systeme des Holzbaunternehmens. |

Tabelle 1: Holzbauspezifische BIM-Anwendungsfälle

2.3 BIM-Abwicklungsplan (BAP)

Der BIM-Abwicklungsplan (BAP) beschreibt die notwendigen Schritte zur Umsetzung der Vorgaben der AIA. In ihm werden die Regeln für die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten festgelegt und es wird beschrieben, welche Anwendungen und Prozesse erforderlich sind, welchem Zweck sie dienen und welche Leistungen in den einzelnen Planungsphasen erbracht werden müssen. Der BAP ist ein wichtiges Dokument, das die Verantwortlichkeiten für Informationsübertragungen definiert. Die Vorgaben des BAP beeinflussen die gesamte BIM-Planung, weshalb sie projektspezifisch von einem Team mit Holzbaukompetenz festgelegt werden sollten.

Übersicht eines exemplarischen BIM-Abwicklungsplans für Holzbauprojekte:

| # | Inhalt | Erläuterung / Hinweise |
|--|---|--|
| 1 Grundsätzliches | | |
| 1.1 | Projektvorstellung | Kurzerläuterung der projektspezifischen/holzbauspezifischen Aspekte |
| 1.2 | Geltungsbereich BAP | Relevante Planungsphase, Status quo des Planungsstandes |
| 1.3 | Grundlagen für den BAP | AIA, Terminpläne, vereinbarte Leistungsbilder aller Fachdisziplinen |
| 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 | Berücksichtigung der modellbasierten Umsetzung der Anwendungsfälle, Erläuterung der Auswirkungen auf die jeweiligen Fachmodelle |
| ... | ... | ... |
| 3 Festlegung Rollen und Verantwortlichkeiten | | |
| 3.1 | Organigramm | Organisationsstruktur der Planungsbeteiligten |
| 3.2 | Projektbeteiligte und Vertreter | Liste aller Beteiligten und der Ansprechpartner mit Kontaktdaten, Benennung der Rolle |
| 3.3 | Rollen, Verantwortlichkeiten und Schnittstellendefinition | Festlegung der Rollen, Verantwortlichkeiten und Definition der Schnittstellen zwischen den Beteiligten |
| ... | ... | ... |
| 4 Gesamtmodell | | |
| 4.1 | Darstellung Struktur Gesamtmodell | Darstellung als Grafik/Organigramm, das die geplanten Fachmodelle illustriert, samt Unterstruktur der einzelnen Fachplanungen (z.B. TGA) |

| | | |
|--|--|--|
| 5 Termine | | |
| 5.1 | Benennung der Meilensteine mit Angabe der Modelltiefe (LoG, Lol) | Umsetzung der Meilensteine aus dem Rahmenterminplan und Definition der notwendigen Modelltiefe gemäß den Vorgaben aus den AIA |
| 5.2 | Datadrops im Planungsterminplan | Detaillierte Festlegung der Zeitpunkte aller Datadrops und der Inhalte der einzelnen Fachmodelle („Planung der Planung“); Definition Zwischenschritte um nicht nur Abschlussmodelle der Planungsphasen zu erfassen, sondern auch alle Data-Drops und deren Inhalte im Detail zu beschreiben. |
| ... | ... | ... |
| 6 Qualitätssicherung | | |
| 6.1 | Qualitätssicherungskonzept | Festlegung der Kriterien der Qualitätssicherung |
| 7 Planungskoordination und Zusammenarbeit | | |
| 7.1 | Nutzung Plattform Common Data Environment (CDE) ⁶ | Nutzung der vom Auftraggebenden (AG) bereitgestellten CDE zur Dokumentation der Planungsergebnisse; Bezeichnungsschema für erzeugte Daten (Modelle, Dokumente etc.) |
| 7.2 | 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 ⁷ -Austausch oder 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. |
| 8.3 | Datenaustausch zwischen den einzelnen Fachplanungen | Definition der Prozesse zwischen Objektplanung (ARC) und TWP, ARC und technischer Gebäudeausrüstung (TGA), ARC und weiteren Fachplanungen |
| 8.4 | Definition spezifischer Workflows | z.B. Prozess der Abstimmung der Durchbruchkoordination in den verschiedenen Planungsphasen |
| ... | ... | ... |

6 | CDE = Common Data Environment (dt. gemeinsame Datenumgebung) stellt nach DIN SPEC 91391 ein als gemeinsame digitale Datenumgebung einen zentralen Raum zum Sammeln, Verwalten, Auswerten und Teilen projektspezifischer Daten und Informationen zwischen allen Projektbeteiligten zur Verfügung. Quelle: Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis (2021)

7 | BCF = BIM Collaboration Format: dient der Abstimmung und modellbasierten Kommunikation interdisziplinärer Inhalte

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

| 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, Definition Koordinationskörper Festlegung Bezugshöhe (m.ü.NN), Festlegung Modellgenauigkeiten, Einheiten, Festlegung Projektnullpunkt, Definition Gebäuderaster, Vorgabe Planköpfe etc. |
| 9.3 | Modellierungsrichtlinie | Umsetzung der Vorgaben aus den AIA; Festlegungen zur Modellierung (vgl. 3-Schichten-Modell) und Fügung der Bauteile |
| 9.3 | Merkmalliste | Definition der notwendigen Parameter in allen Fachmodellen unter Berücksichtigung der von den Auftraggebenden geforderten Daten |
| 10 Dokumentation | | |
| 10.1 | Planableitungen | Ableitung der Pläne aus den Modellen, einschließlich der spezifizierten Pläne, Zeitpunkte, Inhalte und Maßstäbe |
| 10.2 | Listen und Auswertungen | Ableitung von Auswertungsunterlagen aus Modellen (z.B. Türliste, Raumbuch), Definition Zeitpunkt sowie Inhalte der Ableitungen |
| ... | ... | ... |
| 11 Glossar, Anhänge | | |

Tabelle 2: Beispielhafte Struktur und Inhalte eines BAP

2.4 Rolle und Verantwortlichkeit

Die einzelnen Rollen und Verantwortlichkeiten sind für einen BIM-Planungsprozess festgelegt und in der VDI⁸ beschrieben. Die Rollen sind nicht auf einzelne Unternehmen, Planungsdisziplinen oder Personen in einem Projekt beschränkt. Ein Unternehmen oder eine Person kann mehrere Rollen übernehmen. Die Zuweisung und Verteilung von BIM-Rollen erfolgt projektspezifisch. Die Verantwortlichkeiten der beteiligten Akteur:innen beschreiben ihre Aufgaben und Pflichten, einschließlich der Verantwortungsbereiche für spezifische Angaben und Informationen im Gesamtmodell, wie etwa Geometrie und andere relevante Daten.

BIMwood identifiziert fünf Hauptrollen:

- 1. BIM-Management (Informationsmanagement) – Strategie**
Diese Rolle beschäftigt sich mit den Zielen, die von den Auftraggebenden definiert werden. Sie erstellt die AIA mit den erforderlichen Daten, Informationen und Anwendungsfällen (BIM-AwF). Zusätzlich überwacht sie die Einhaltung der AIA und die Umsetzung des BAP während des Projektverlaufs.
- 2. BIM-Gesamtkoordination (Informationskoordination/BIM-Koordination)**
Diese Rolle arbeitet eng mit den Fachplanenden zusammen und erstellt den BAP als Antwort auf die AIA. Sie führt die Fachmodelle zu einem Gesamtmodell zusammen und übergibt dieses an das BIM-Management, dokumentiert die Ergebnisse und kommuniziert sie an die Projektbeteiligten. Diese Rolle wird vorzugsweise durch die Objektplanung wahrgenommen, da hierdurch nicht nur die technische Umsetzbarkeit der BIM-Prozesse, sondern auch die planerischen Aspekte der Bauaufgabe berücksichtigt und zusammengeführt werden.
- 3. BIM-Autor:in Objektplanung Gebäude Architektur**
Diese Rolle ist verantwortlich für die holzbaugerechte Planung der jeweiligen Bauaufgabe und koordiniert die Fachplanungen sowie die Kommunikation im Planungsteam in enger Abstimmung mit der BIM-Gesamtkoordination.
- 4. BIM-Autor:in Holzbauplanung**
Diese Rolle beschreibt die holzbauspezifischen Kompetenzen, die den einzelnen Akteur:innen im Planungsteam zu eigen sein müssen. Fehlende planerische Holzbaukompetenz kann für bestimmte Fachbereiche oder für das Gesamtprojekt ergänzt werden. Das kann entweder durch das Hinzuziehen einer Holzbauingenieurin oder eines Holzbauingenieurs als eigenständige Fachdisziplin erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist die frühe Integration des Holzbauunternehmens in den Planungsprozess durch die Vergabe in früherer Planungsphase (Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm, funktionale Ausschreibung) oder die Anwendung von Bauteammodellen, vgl. leanWOOD, 2017).
- 5. BIM-Autor:in Tragwerksplanung**
Diese Rolle ist für die Konzeption und Dimensionierung der Tragkonstruktion des Gebäudes verantwortlich. Die Planung und Modellierung der Tragkonstruktion erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des Planungsteams, die über spezifische Holzbaukompetenz verfügen.

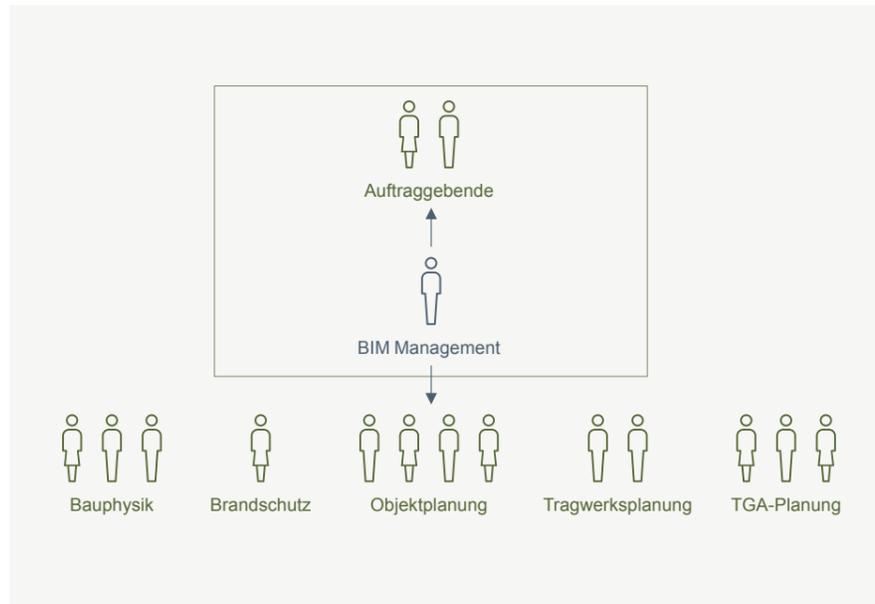


Abb. 3: BIM-Management als Bindeglied

Neben den aufgeführten Hauptprojektbeteiligten gibt es weitere Rollen:

6. BIM-Autor:in TGA-Planung

Diese Rolle erstellt die notwendigen Fachmodelle für die Technische Gebäudeausrüstung (TGA) gemäß den Vorgaben der AIA und des BAP. Üblicherweise wird für jedes technische System ein eigenes Modell erstellt, ohne dabei nach Geschossen zu differenzieren.

7. Bauphysik

Die Rolle ist für die Erstellung des Bauteilkatalogs verantwortlich und implementiert die wesentlichen bauphysikalischen Eigenschaften in das vereinbarte Fachmodell.

8. Brandschutzplanung

Die Rolle umfasst die Erarbeitung eines Brandschutzkonzeptes, das mit den einzelnen Fachmodellen abgestimmt ist.

9. Ausführendes Holzbauunternehmen

Sinnvollerweise erhält das ausführende Holzbauunternehmen nach Fertigstellung einer abgestimmten Ausführungsplanung die relevanten Fachmodelle zusammen mit den Ausschreibungsunterlagen als Grundlage für die Kalkulation und Angebotserstellung. Ziel ist es, dass die Holzbauunternehmen nach der Auftragserteilung die Modelle als Grundlage für die Werkstatt- und Montageplanung nutzen können.

Alternativ kann das Holzbauunternehmen frühzeitig in die Planung eingebunden werden und Teile der Holzbauplanung übernehmen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die spezifischen Anforderungen des ausführenden Unternehmens frühzeitig in die Planung zu integrieren und möglicherweise die Effizienz zu steigern. Gleichzeitig können in Absprache mit dem Holzbauunternehmen die planerischen Grundlagen so definiert werden, dass sie in die Arbeitsvorbereitung des Holzbauunternehmens einfließen können.

3. BIMwood Referenzprozess

3.1 Definition

Der BIM-Referenzprozess dient der Darstellung eines idealtypischen BIM-Projektablaufs, der vielfach entlang eines konkreten Bauvorhabens entwickelt wird und als Grundlage für weitere Entscheidungen dient. Referenzprozesse bilden die Grundlage für eine schnelle und effektive Modellierung. Der BIMwood-Referenzprozess für den vorgefertigten Holzbau definiert nicht nur die Informationsanforderungen, sondern auch die erforderliche Informationsdichte in den verschiedenen Planungsphasen und berücksichtigt die spezifischen Anforderungen des Holzbaus. Der hier vorgestellte Referenzprozess soll als Grundlage für die Entwicklung eines projektspezifischen Planungsablaufs dienen.

3.2 Business Process Model and Notation (BPMN)

Die Teilprozesse der einzelnen Planungsphasen werden mit Business Process Model and Notation (BPMN) dargestellt. BPMN ist eine grafische Spezifikations-sprache, die im Bereich der Wirtschaftsinformatik und des Prozessmanagements verwendet wird. Mit Hilfe von Symbolen werden Prozesse und Arbeitsabläufe in einer Prozesskarte modelliert und dokumentiert. Die Symbole und Vorgaben aus der Spezifikation BPMN 2.0⁹ bilden die Grundlage für die Darstellung der folgenden Prozesse. Die Prozesskarten sind in horizontale „Swim-Lanes“ unterteilt. Jede Zeile stellt links die Akteur:in mit entsprechenden Aktivitäten im Planungsprozess dar. Um die Notwendigkeit der frühen Einbindung der Holzbaukompetenz in den Planungsprozess zu verdeutlichen, wird in den Prozessen auch die Rolle des Holzbauplanenden dargestellt. Wie bereits erläutert, kann diese Rolle von verschiedenen Akteur:innen übernommen werden. Die Leserichtung der Aktionen in der BPMN erfolgt von links nach rechts und zeigt die zeitliche Abfolge im Planungsprozess. Die Aktionen werden durch Pfeile verbunden, um eine eindeutige Abfolge sicherzustellen.

Wesentlichen Symbole, die in den BIMwood-Prozesskarten verwendet werden:



Abb. 4: Auszug Symbole BPMN 2.0 (White, 2004)

9 | White, S. A., *Introduction to BPMN* (2004), BPTrends.

3.3 Bedarfsplanung

Zu Beginn eines Bauprojekts werden im Rahmen der Bedarfsplanung die wesentlichen Vorgaben für das Projekt durch die Auftraggebenden definiert, noch bevor die eigentliche Planung beginnt. Für eine umfassende BIM-Planung ist es erforderlich, dass die Auftraggebenden klare Vorgaben erstellen und festlegen. Diese dienen als wesentliche Grundlage, um eine durchdachte BIM-Planung zu ermöglichen:

- Definition der Projektziele
- Methodische Bedarfsplanung, die im Projektverlauf durch den AG geprüft und gegebenenfalls angepasst wird
- Beauftragung des BIM-Managements und Erstellung der AIA
- Auswahl der Planenden unter Abfrage und Berücksichtigung der notwendigen Kompetenzen im Bereich BIM und Holzbau
- Frühzeitige Beauftragung aller notwendigen Fachplanenden
- BAP-Erstellung unter Einbeziehung sämtlicher Fachplanender durch die BIM-Gesamtkoordination
- Begleitung der BAP-Erstellung durch das BIM-Management

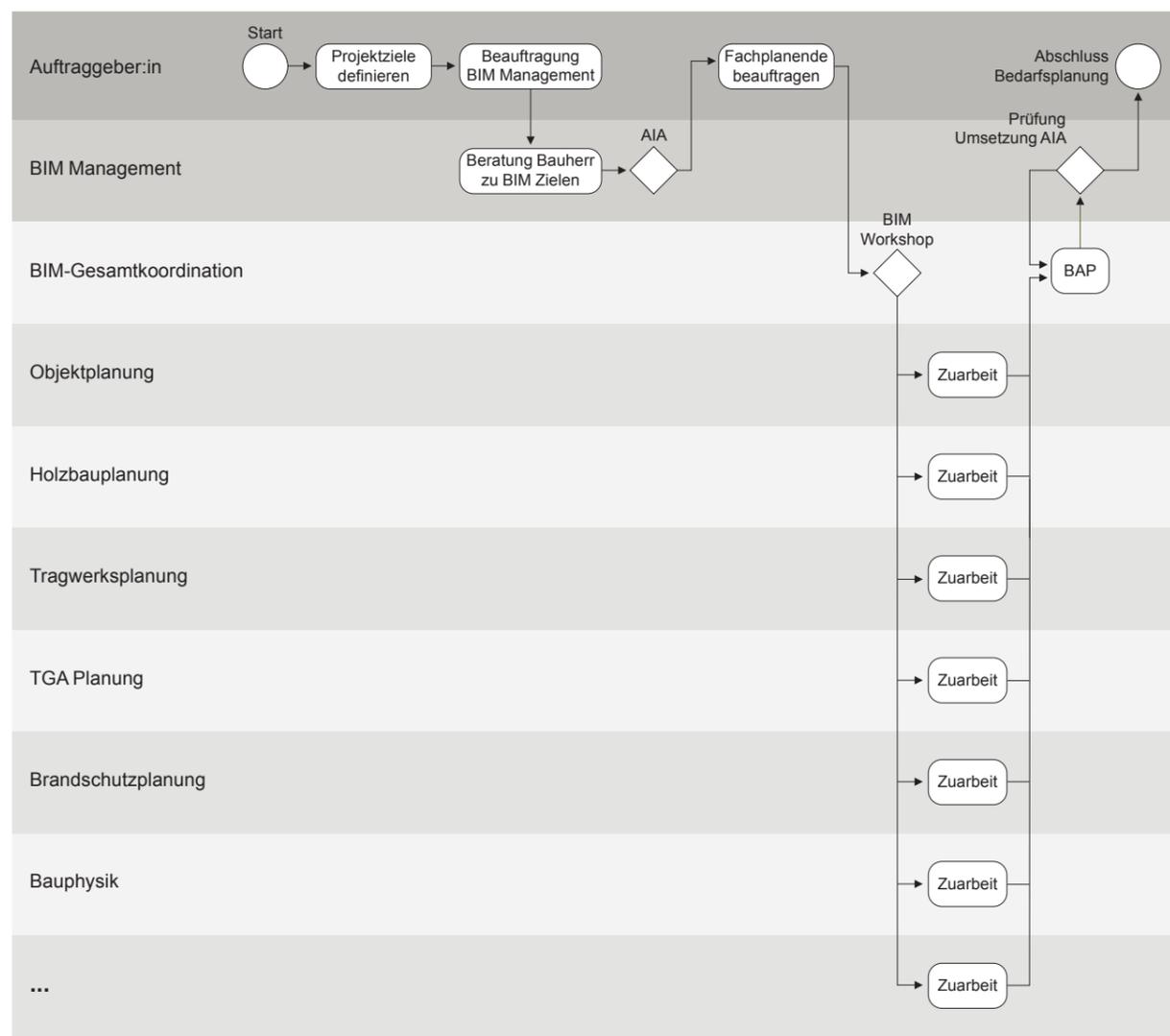


Abb. 5: Referenzablauf Bedarfsplanung

3.4 Grundlagenermittlung und Vorplanung

Ziel der Grundlagenermittlung ist die Erarbeitung eines mit den Auftraggebenden abgestimmten Planungskonzeptes. Die Ergebnisse der Grundlagenermittlung bilden die Basis für die folgenden Planungsschritte und dienen als Entscheidungsgrundlage sowohl für die Auftraggebenden als auch für das Planungsteam. Das Ziel der Vorplanung besteht darin, die wesentlichen Teile der Lösung einer Planungsaufgabe zu erarbeiten und darzustellen. Die Varianten und Zwischenergebnisse werden im Planungsteam gemeinsam mit den Auftraggebenden regelmäßig, schrittweise und iterativ weiterentwickelt. Die am Ende der Vorplanung freigegebene Planungsvariante wird von den Objektplaner:innen (Architekt:innen) als 3D-Fachmodell (mit wesentlichen alphanumerische Informationen, vgl. Abb. 7) erstellt und dient den Fachplanenden als Grundlage für die weiteren Planungsphasen. Dieses Modell besteht aus einschichtigen Bauteilen und umfasst die Definition der Räume.

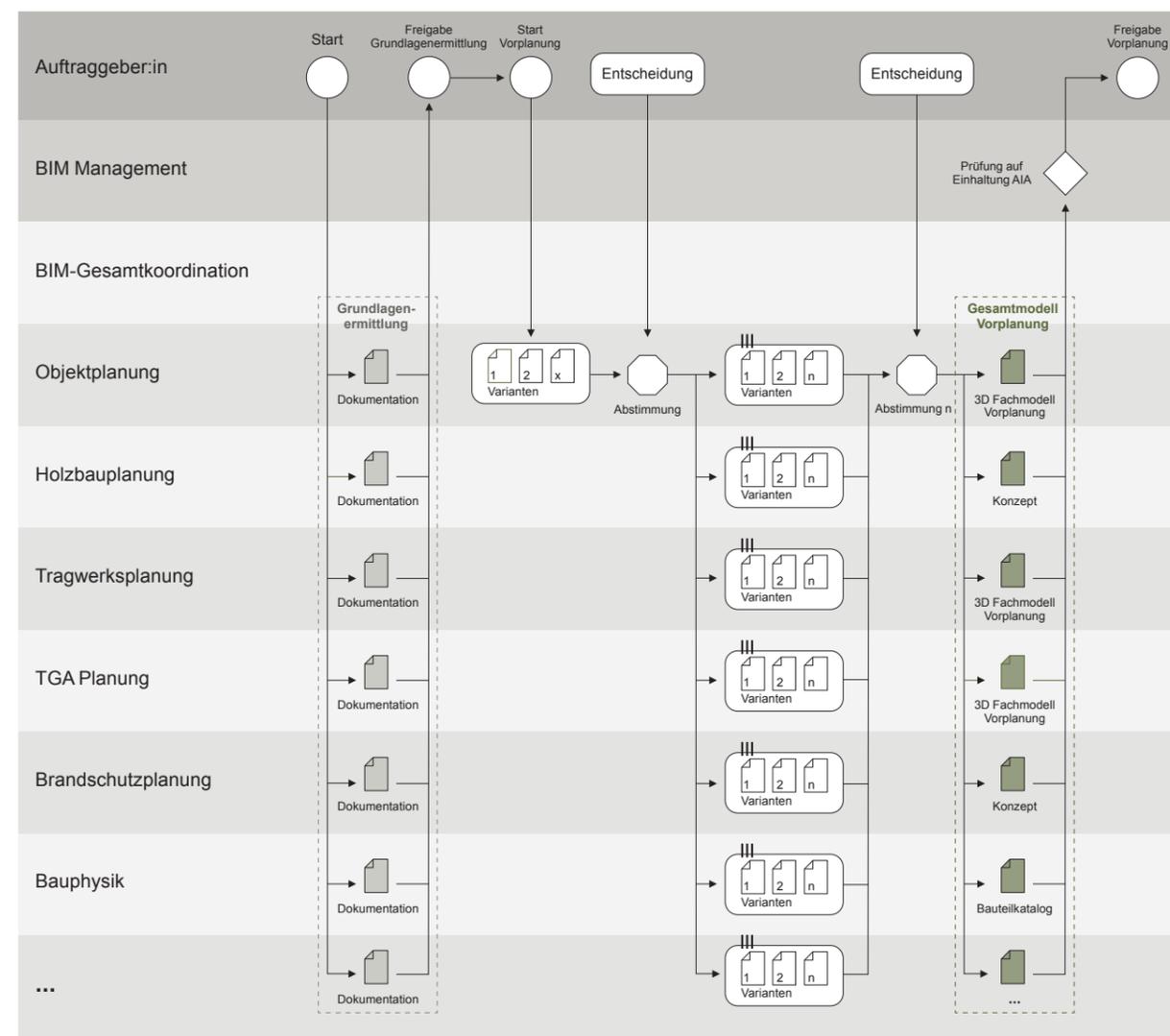


Abb. 6: Referenzablauf Grundlagenermittlung und Vorplanung

Die Modellierungstiefe des Gesamtmodells Vorplanung zum Abschluss der Vorplanungsphase erreicht ein LoD100 und sollte die unten aufgeführten Inhalte in den Fachmodellen der einzelnen Disziplinen enthalten.¹⁰

Objektplanung Gebäude (Architektur)

erarbeitet die wesentlichen Teile der Planungsaufgabe in verschiedenen Varianten einschließlich:

- 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 (Geschosshöhen/ Raumhöhen/ Einbauhöhen)
- Geschossdecken Holzbau, Bodenplatte, Dach
- Räume nach Nutzungszonen und Grundflächen
- Stützen und Träger gemäß Vordimensionierung Tragwerksplanung
- umfassende Wände, Treppenkern
- wesentliche statische Öffnungen und Durchbrüche
- Dimensionsangaben gemäß den Vor-Konzepten der Fachplanenden

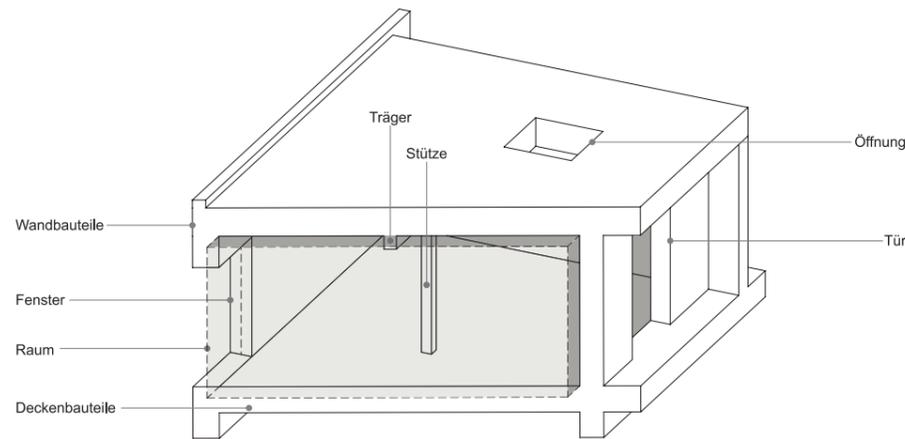
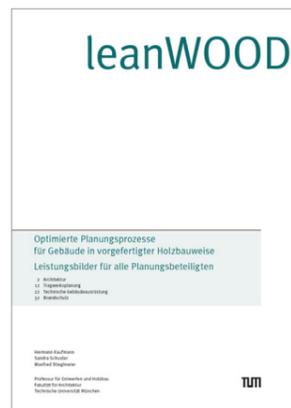


Abb. 7: Wesentliche Bauteile des 3D-Fachmodells Objektplanung nach Abschluss Grundlagenermittlung und Vorplanung

Holzbauplanung

erarbeitet bzw. ergänzt das Konzept der Holzbaukonstruktion in verschiedenen Varianten hinsichtlich fertigungsrelevanter Themen:

- Konzeption/Überlegungen des Vorfertigungsgrades
- Erstellung eines ersten Elementierungskonzepts



10 | leanWOOD - Leistungsbilder nach HOAI für Gebäude in vorgefertigter Holzbaueise (2017), <https://mediatum.ub.tum.de/1537683>.

Tragwerksplanung

erstellt 3D-Fachmodelle (Teilmodelle) in verschiedenen Varianten, einschließlich:

- Konzeptioneller Tragwerksentwurf
- Festlegung der horizontalen und vertikalen Konstruktionselemente aus Holz
- Vordimensionierung der wesentlichen Bauteile unter Berücksichtigung der Holzbauplanung
- Definition statisch hochbelasteter Bauteile und Sperrzonen
- Integration der Ergebnisse der Vorplanung in das Fachmodell Tragwerksplanung für anschließende Entwurfsplanung

TGA-Planung

erstellt 3D-Fachmodelle mit folgenden Informationen:

- Vordimensionierung der wesentlichen Bauteile
- Größe der Technikräume
- Wesentliche Schächte und horizontale Hauptverteilung (Trassen), als Körper modelliert

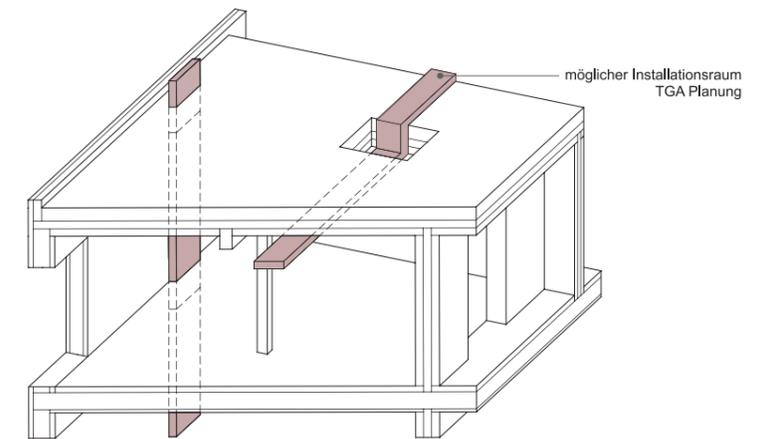


Abb. 8: Schematische Darstellung der wesentlichen vertikalen Schächte und Trassen als Fachmodell TGA

Bauphysik

definiert die Anforderungen wesentlicher Bauteile im Bauteilkatalog, einschließlich:

- Angabe des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten
- Wasserdampfdiffusionsverhalten
- Bewertetes Schalldämmmaß
- Darüber hinaus werden ökologische Bewertungskriterien, wie die Bewertung des Umwelteinflusses gemäß EN 15804 angegeben

Brandschutzplanung

umfasst die Erarbeitung eines Brandschutzkonzeptes, das mit den Fachmodellen abgestimmt ist und folgende Angaben enthält:

- Definition Anforderungen der wesentlichen Bauteile, wie beispielsweise Feuerwiderstandsklassen.
- Festlegung der Rettungswege
- Festlegung von Brandabschnitten und Anforderungen an Zonen (z.B. notwendiger Flur)

3.5 Entwurfsplanung

Das Ziel der Entwurfsplanung besteht darin, eine mit allen Beteiligten abgestimmte Planung zu erarbeiten. Während dieser Phase setzt sich der iterative Planungsprozess fort, so dass zum Abschluss alle wesentlichen Aspekte für die Umsetzbarkeit in die Planung integriert und abgestimmt sind. Die Prozesskarte zeigt die Strukturierung innerhalb der Entwurfsplanung, wobei regelmäßige Kommunikation und Abstimmung die Basis für den Planungsprozess bildet. Das Zusammenführen der einzelnen Fachmodelle erfolgt durch die BIM-Gesamtkoordination.

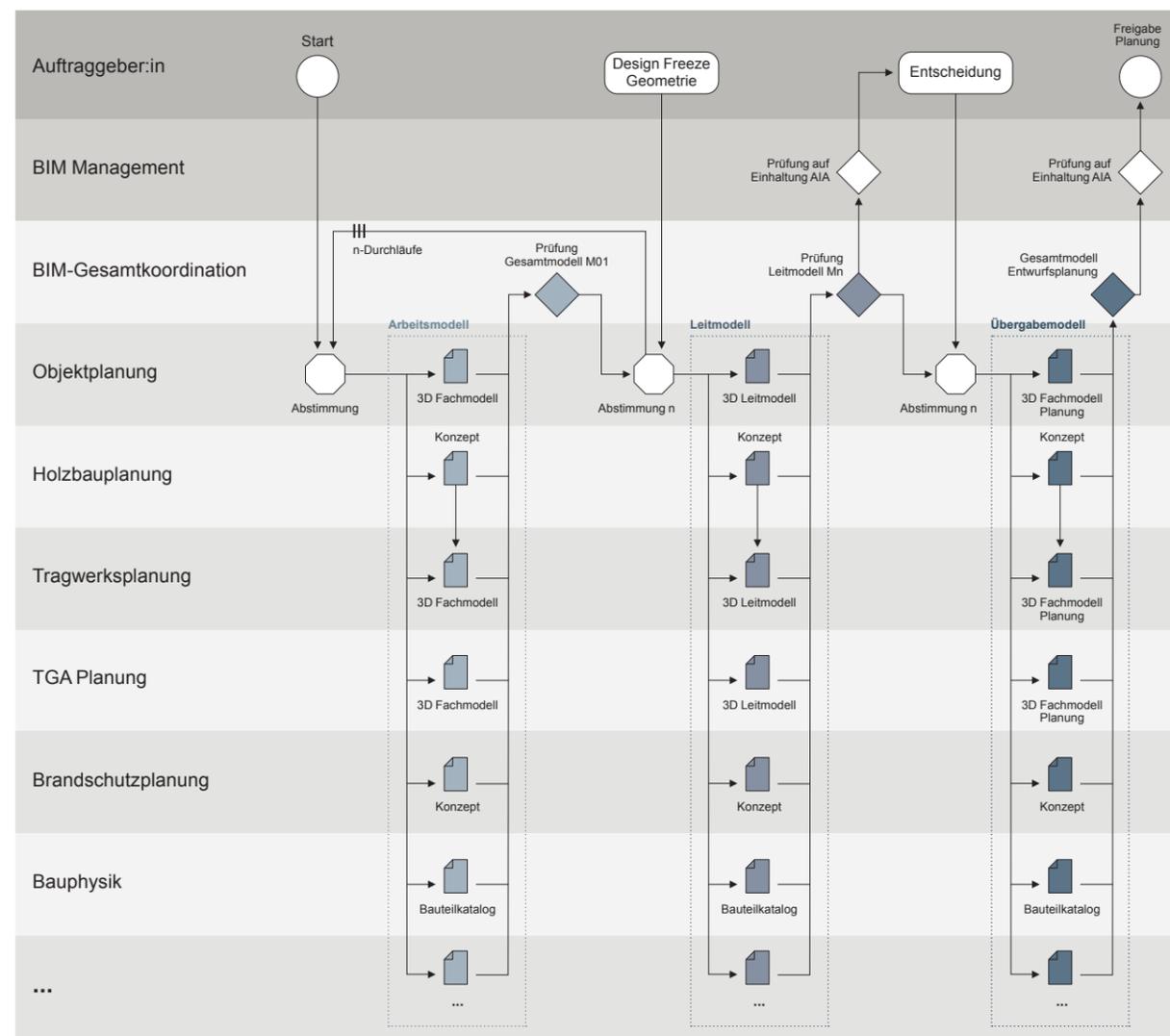


Abb. 9: Referenzablauf Entwurfsplanung

In der Strukturierung der Entwurfsplanung werden drei aufeinanderfolgende Modellphasen durchlaufen, beginnend mit den Arbeitsmodellen, gefolgt vom Leitmodell und abschließend dem Übergabemodell. Jede Phase spielt eine entscheidende Rolle bei der schrittweisen Entwicklung und Koordination der Planungsaufgabe, wobei die Arbeitsmodelle als Grundlage dienen, das Leitmodell die geometrische Basis sichert und das Übergabemodell alle relevanten Informationen für die Genehmigungs- und Ausführungsplanung bereitstellt.

1. Arbeitsmodelle

Die Arbeitsmodelle repräsentieren Zwischenstände der Entwurfsplanung und bilden die Grundlage für die kontinuierliche Weiterentwicklung der gesamten Planungsaufgabe. Die Entwicklung in den Fachmodellen erfolgt sukzessive. Das Vorgehen ist im BAP festgelegt und zeitlich strukturiert.

Zu Beginn der Entwurfsplanungsphase werden die Wände und Decken im Fachmodell Objektplanung als 3-Schichten-Modell (vgl. 3-Schichten-Modell S. 28) dargestellt und in regelmäßigen Abständen den Fachplanenden für die weitere Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Die BIM-Gesamtkoordination prüft diese Modelle, bevor die Ergebnisse in den Planungsprozess zurückgespielt werden und darauf basierend die Fachmodelle weiterentwickelt werden. Das BIM-Management überprüft das Gesamtmodell in Bezug auf die im BAP festgelegten Zwischenstände, um sicherzustellen, dass es den Vorgaben aus den AIA entspricht.

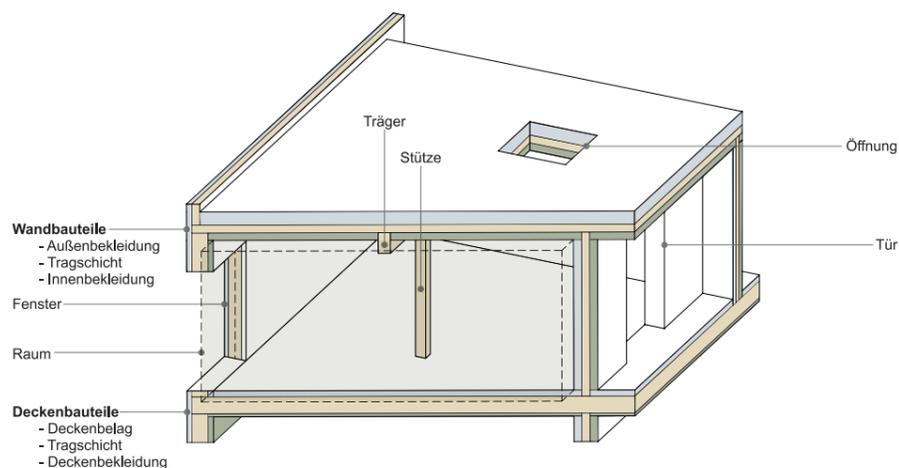


Abb. 10: Arbeitsmodell: 3-Schichten Fachmodell Objektplanung zum Start der Entwurfsplanung

2. Leitmodell

Nach Festlegung der Geometrie des Projekts, wird das Leitmodell erstellt. Dieses wird durch einen „Design Freeze“ gesichert, was bedeutet, dass keine geometrie-relevanten Änderungen in der Planung mehr vorgenommen werden. Die Fachplanenden setzen nach Fixierung des Leitmodells ihre eigenen Planungsprozesse fort, vervollständigen diese gemäß BAP und stimmen Detailfragen ab. Das Leitmodell ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht die vollständige Abgabeleistung, sondern ein Zwischenschritt. Die Zeitpunktdefinition für die Leitmodell-Festlegung hilft, Entscheidungen für die Planungsfertigstellung zu treffen. Das Leitmodell besteht aus allen Ergebnissen der Fachplanungen, seine Freigabe erfolgt durch das BIM-Management der Auftraggeberschaft auf Übereinstimmung mit AIA und BAP. Basierend darauf trifft der Auftraggebende Entscheidungen. Im Rahmen der Entwurfsplanung wird das Fachmodell der Tragwerksplanung als integraler Bestandteil des Leitmodells entwickelt. Das Fachmodell TWP umfasst sämtliche maßgeblichen Bauteile und Elemente des Holztragwerks und basiert auf dem 3-Schichten-Modell der Objektplanung (Architektur). Die statisch relevanten Elemente der Holzkonstruktion werden innerhalb der Tragschicht des Fachmodells der Objektplanung modelliert.

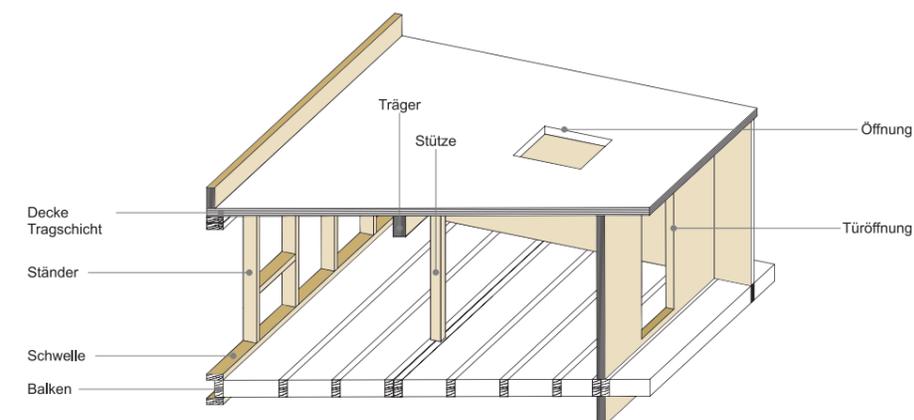


Abb. 11: Fachmodell Tragwerksplanung in der Entwurfsplanung

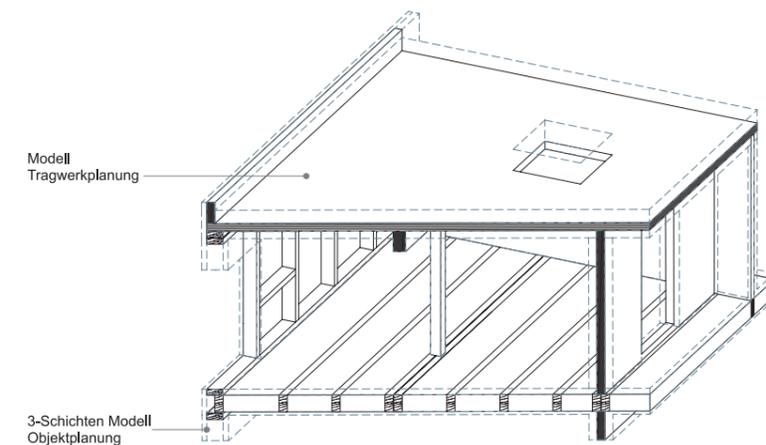


Abb. 12: Fachmodell Tragwerksplanung mit Überlagerung 3-Schichten-Modell der Objektplanung

3. Gesamtmodell Entwurfsplanung

Das Übergabemodell der Entwurfsplanung enthält alle geometrischen und semantischen Informationen der Fachplanenden gemäß der Vorgaben des BAP. Es setzt sich aus den koordinierten Teilmodellen der beteiligten Fachplanenden zusammen. Nach einer abschließenden Prüfung des Gesamtmodells durch das BIM-Management, bildet dieses Übergabemodell die Grundlage für die Genehmigungs- und Ausführungsplanung.

Die Modelltiefe des Übergabemodells zum Abschluß der Entwurfsplanung erreicht einen LoD200 und sollte die folgenden Inhalte in den einzelnen Fachmodellen enthalten:

Objektplanung Gebäude (Architektur)

erarbeitet die abgestimmte Planung mit folgenden Inhalten:

- Alle Bauteile LoD200
- Vollständige Darstellung aller holzbaurelevanten Elemente

Holzbauplanung

erarbeitet das Konzept für:

- Umsetzung des Elementierungskonzepts

Tragwerksplanung

erarbeitet die abgestimmte Planung und definiert:

- Vollständiges 3D-Modell als Abschluss der Entwurfsplanung inklusive aller Bauteilmerkmale gemäß der Merkmalliste
- Alle Bauteile LoD200

TGA-Planung

erarbeitet eine abgestimmte Planung mit folgenden Inhalten:

- Vollständiges 3D-Modell am Ende der Entwurfsplanung inklusive aller Bauteilmerkmale gemäß der Merkmalliste
- Alle Bauteile LoD200

Bauphysik

definiert mit allen Planungsbeteiligten abgestimmte

- vollständige Bauteilkataloge und abgeschlossene Nachweise am Ende der Entwurfsplanung

Brandschutzplanung

definiert das mit allen Planungsbeteiligten abgestimmte

- vollständiges Brandschutzkonzept am Ende der Entwurfsplanung

3.6 Ausführungsplanung

Ziel der Ausführungsplanung ist das Erarbeiten einer ausführungsfähigen Lösung der Planungsaufgabe. Während der Ausführungsplanung erfolgt die Verfeinerung der Fachmodelle sowie die Erstellung von Zeichnungen für die Detailplanung, die mit dem Modell durch Referenzieren verknüpft sind. In dieser Phase bleibt das LoG der Fachmodelle unverändert, es werden lediglich relevante (geometrische) Elemente entsprechend der Detailplanung ins Modell übertragen und abgeglichen. Das LoI wird gemäß den Anforderungen aus dem BAP um die notwendigen Attribute erweitert und bei Bedarf aktualisiert. Die Hauptaufgabe in dieser Planungsphase besteht darin, die Fachmodelle zu überprüfen, zu vervollständigen und eine abgestimmte und fertigungsorientierte Lösung zu erarbeiten.

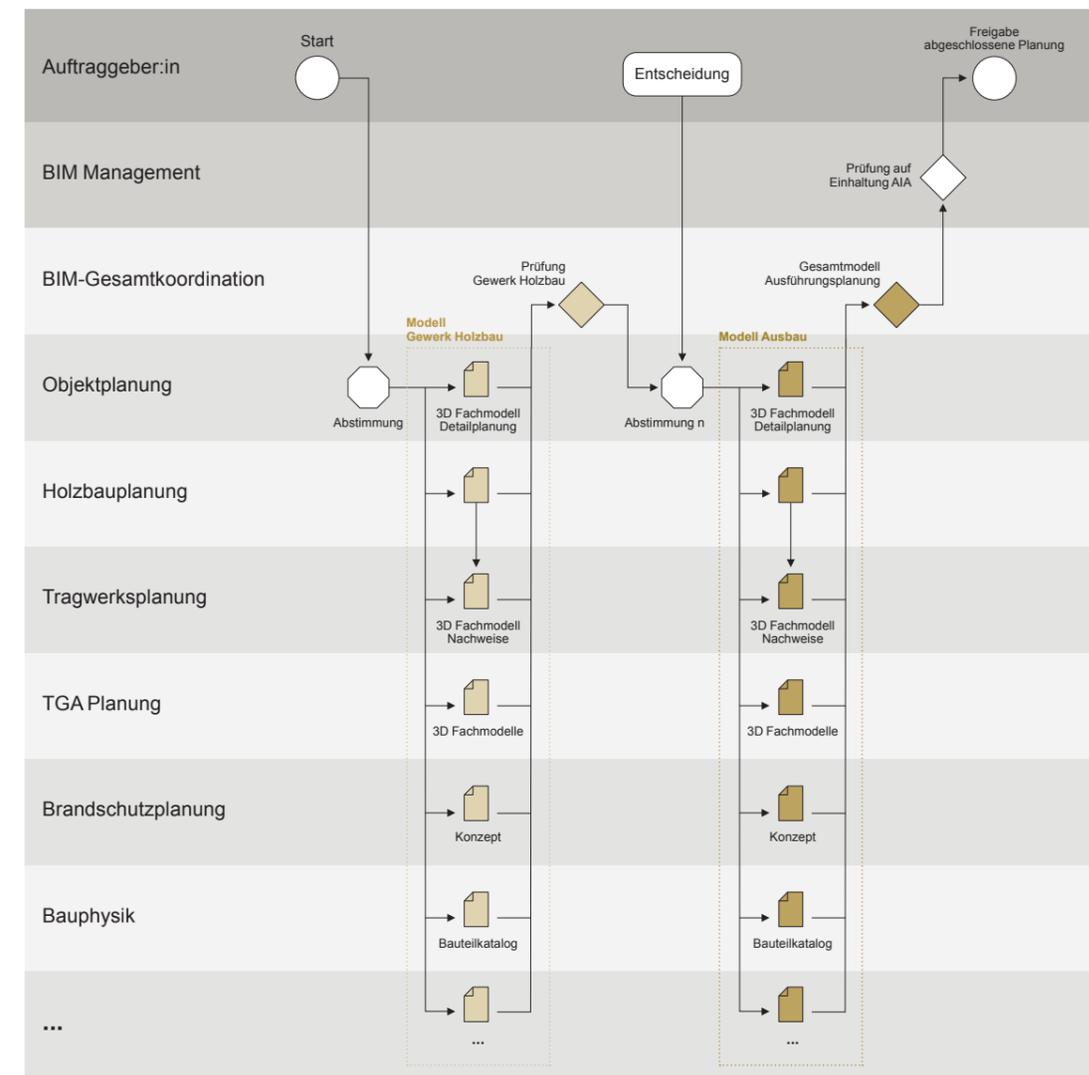


Abb. 13: Referenzprozess Ausführungsplanung

Während der Ausführungsplanung bietet es sich an, den Planungsprozess weiter zu untergliedern, um einen nachvollziehbaren und transparenten Planungsablauf sicherzustellen:

Modell Gewerk Holzbau

Im BIM-Modell Gewerk Holzbau werden alle holzbaurelevanten Angaben eingearbeitet und vollständig abgebildet. Auf Grundlage des Modells Gewerk Holzbau erstellt die Tragwerksplanung alle notwendigen Dokumente, Pläne sowie die statischen Nachweise der Verbindungen im Holzbau. Nach der Abgabe der Fachmodelle führt die BIM-Gesamtkoordination diese zu einem Koordinationsmodell zusammen. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden in die jeweiligen Fachmodelle eingearbeitet.

Die entstandene holzbauspezifische Modellierung inklusive aller Schrift- und Zeichendokumente und relevanter Angaben zum Ausbau, stellt die Ausführungsplanung dar. Sie spiegelt den beabsichtigten Soll-Zustand des Gebäudes wider. Zum Abschluss dieser Planungsphase wird das Gesamtmodell erneut vom BIM-Management auf Übereinstimmung mit den Projektzielen geprüft und von der Bauherrschaft freigegeben. Das freigegebene Gesamtmodell bildet die Grundlage für die Ausschreibung. Die Erstellung von Leistungsverzeichnissen wird im BIM-Prozess modellbasiert unterstützt. Durch die Verknüpfung des Modells mit einer AVA-Software kann die Mengenermittlung und die Leistungsbeschreibung vereinfacht werden. Die Ausschreibung ermöglicht es den Bietenden, zusätzlich zu den Standardunterlagen wie dem Leistungsverzeichnis, den Plänen und den Vertragsgrundlagen, spezifische Informationen wie das Modell der Objektplanung, der Tragwerksplanung oder der Gebäudetechnik zur Verfügung zu stellen.

3.7 Modellübergabe

Das Holzbauunternehmen erhält alle erforderlichen Fachmodelle und Daten im Rahmen der Ausschreibung für die Erstellung eines Angebots (siehe oben). Der BIMwood-Referenzprozess und die nachfolgend beschriebene holzbauspezifische Modellierung stellen sicher, dass die wesentlichen Übergabemodelle hinsichtlich geometrischer Fertigstellung und alphanumerischem Fertigstellungsgrad (LoG und LoI) vollständig sind.

Der BIMwood-Prozess sieht eine durchgängige digitale Kette von der Planung bis zur Ausführung vor, wobei das Holzbauunternehmen auf den folgenden Modellen aufbaut:

- Das 3-Schichten Modell der Objektplanung dient als geometrische Grundlage für die Arbeitsvorbereitung des Holzbauunternehmens.
- Das Fachmodell der Tragwerksplanung liefert detaillierte Angaben zu den statisch relevanten Holzbauelementen.
- Verlinkte/verknüpfte Daten (Ausführungspläne, Statik, Baugenehmigung, Bauteilkatalog, Leistungsbeschreibung) enthalten alle erforderlichen Informationen zu Materialität, Qualität und bauphysikalischen Anforderungen.

In der Regel findet in der Phase der Erstellung der Werkstatt- und Montageplanung eine enge Abstimmung zwischen dem Holzbauunternehmen, der Tragwerks- und Objektplanung statt. Das Bauwerkinformationsmodell bildet die Basis für die Kommunikation und Planung und unterstützt die Konsistenz der Datenumsetzung der Arbeitsvorbereitung (Werkstatt- und Montageplanung) durch das Holzbauunternehmen.

4. Modellierung im Holzbau

Vorgefertigte Bauteile haben im Holzbau in der Regel einen mehrschichtigen Aufbau, der in einem 3D-Modell in der Komplexität nicht zwingend abgebildet werden muss. Durch Reduktion auf das Wesentliche kann die Anwendung des Modells einen holzbaugerechten Planungsprozess unterstützen.

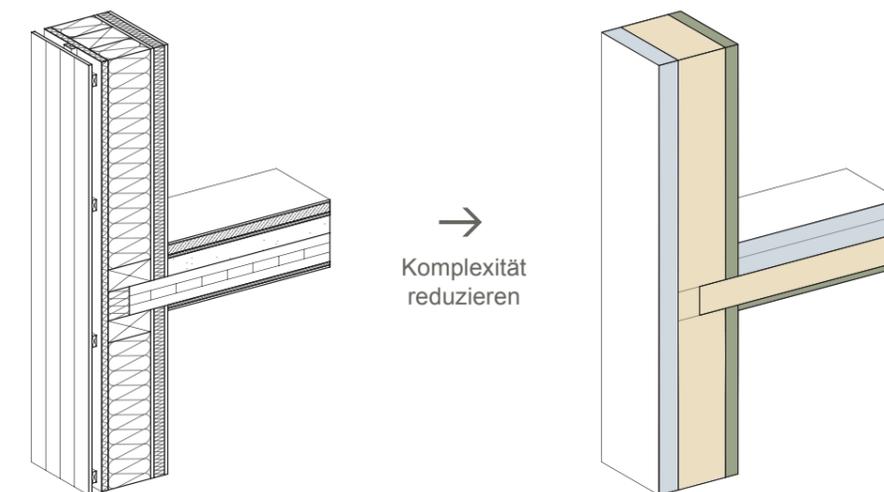


Abb. 14: Vereinfachung der Komplexität im geometrischen Modell

4.1 Begriffsbestimmungen für vielschichtige Bauteile

Ein Bauteil ist ein (statisch-konstruktiv) geometrisch abgeschlossenes Teil eines Bauwerks, wie beispielsweise eine Außenwand, Innenwand, Geschossdecke, Bodenplatte oder Dach. Diese können entweder aus Komponenten oder vorgefertigten Bauelementen zusammengesetzt sein. Ein Bauelement ist ein Bestandteil eines Bauteils, wie zum Beispiel ein vorgefertigtes Tafelbauelement, das Teil der Außenwand ist, oder ein vorgefertigtes Brettstapeldeckenelement, das Teil der Geschossdecke ist.¹¹

Komponenten sind Einzelteile eines Bauelements, wie beispielsweise Rähm, Schwelle, Ständer. Weitere Komponenten in Holzbauelementen sind u.a. die Dämmung, aussteifende Beplankung, Folie/Membrane und Lattung.



¹¹ | Atlas mehrgeschossiger Holzbau: Grundlagen – Konstruktionen – Beispiele (2021), Edition Detail.

4.2 Prinzip des 3-Schichten-Modells

Um komplexe, vielschichtige Bauteile im 3D-Modell der Objektplanung vereinfacht darzustellen, wurde im Rahmen von BIMwood das 3-Schichten-Modell entwickelt, welches durch Zusammenfassen von Komponenten erreicht wird. Dieses 3-Schichten-Modell besteht bei Wänden aus drei Bauelementen:

- Bauelement Bekleidung 1 (äußerer Abschluss, z.B. Fassade)
- Bauelement Tragschicht/ Konstruktion
- Bauelement Bekleidung 2 (innerer Abschluss, z.B. Installationsebene)

Die Systematik gilt für alle statisch relevanten Bauteile. Eine Außenwand wird somit durch die Beschreibung einer inneren und äußeren Bekleidung sowie einer Tragschicht dargestellt. Horizontale Bauteile, z.B. Decken werden durch eine obere und untere Bekleidung repräsentiert.

Das Ergebnis ist ein schlankes geometrisches Modell, das den Anforderungen der Zusammenarbeit im Planungsteam gerecht wird und die komplexe Bauweise des Holzbaus vereinfacht darstellt. Der geometrischen Modellierung können detaillierte, semantische Informationen mit Hilfe verlinkter Datensätze zugeordnet werden, beispielsweise über einen Bauteilkatalog.

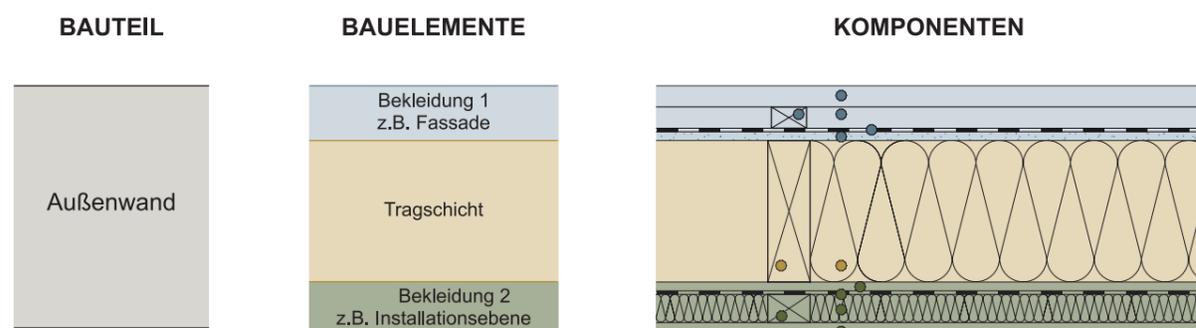


Abb. 15: 3-Schichten-Modell am Beispiel einer Außenwand

4.3 Tragwerksmodell

Das Tragwerksmodell spielt eine entscheidende Rolle im BIMwood-Referenzprozess. Das Fachmodell Objektplanung und das Fachmodell Tragwerksplanung bauen aufeinander auf. Bei Holzbaukonstruktionen ist die Tragschicht des 3-Schichten-Modells für die Tragwerksplanung reserviert. In dieser Schicht wird die Tragstruktur modelliert. Im Gegensatz zur BIM-Planung mineralischer Bauweisen, bei der das Fachmodell Tragwerksplanung und das Fachmodell Objektplanung identische Bauteile umfassen, bietet das 3-Schichten-Modell einen eigenen Platzhalter für die Tragkonstruktion. Sobald die Bauteilaufbauten mit den Projektbeteiligten abgestimmt wurden, erfolgt die Übergabe des Fachmodells Objektplanung an die Tragwerksplanung. Die TWP modelliert die Tragstruktur innerhalb dieser Geometrie. Dabei ist es von Bedeutung, nur die statisch relevanten Elemente und Komponenten zu modellieren. Die Modellierung einzelner Holzständer einer Holztafelbauwand erfolgt erst in der Arbeitsvorbereitung des Holzbauunternehmens.

5. Informationsmanagement und Attribuierung

5.1 Informationsbedarf

Die BIMwood-Informationsaustauschanforderungen beschreiben den Informationsbedarf für die Planung im mehrgeschossigen Holzbau. Die nachfolgenden Merkmallisten zeigen, in welchem Umfang und zu welchem Zeitpunkt Informationen in den jeweiligen Fachmodellen benötigt werden. Dabei wird definiert, wer wann welche Informationen in welchem Detaillierungsgrad bereitstellt und wer sie empfängt. Die Erstellung der nachfolgenden Merkmallisten erfolgte im Forschungsprojekt BIMwood unter der Prämisse „so wenig wie möglich – so viel wie nötig“, wobei der Fokus auf holzbauspezifischen Informationsanforderungen an die Fachmodelle Objektplanung und Tragwerksplanung liegt. Die Listen legen die Mindestanforderungen an die Fachmodelle fest. Die Merkmallisten sind integraler Bestandteil des BAP. Sie werden projektspezifisch angepasst und im Laufe der Planung aktualisiert. Es ist entscheidend, die Anforderungen der Auftraggebenden an die Informationstiefe in den Bauteilen bereits zu Beginn der Planung in der Modellerstellung zu berücksichtigen.

5.2 Merkmallisten

Die BIMwood-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 im Bauteilkatalog (BTK) oder in den Konzepten der Fachplanungen integriert werden. Der BTK beschreibt die Bauteile detailliert in tabellarischer Form und listet alle Komponenten und Eigenschaften auf. Die Informationsdichte im geometrischen Modell wird durch die referenzierenden Merkmale (Eigenschaften) des BTK verbessert.

In den Zeilen „Merkmale in Bauteilen 3D-Fachmodell(e)“ sind die Merkmale aufgeführt, die von den gekennzeichneten Fachplanenden verantwortet werden und in einem Fachmodell verortet sind. Die Verlinkung des BTK zu den Bauteilen kann über die Eigenschaft „BTK-Nummer“ erfolgen. Der Bauteilkatalog wird während der Vorplanung erstellt und im weiteren Planungsverlauf sukzessive ergänzt und angepasst. Die genaue Zuordnung der Informationen muss je nach Bauprojekt bei der Erstellung des BAP weiter definiert werden, um sicherzustellen, dass die Projektbeteiligten die Informationen jederzeit eindeutig finden können. Die Kategorisierung der Merkmale in der Spalte „Typ“ nach Basis, Konstruktion/ Qualitäten, Anforderungen, Brandschutz, Wärmeschutz oder Schallschutz dient der weiteren Strukturierung der Merkmale. Je nach Projektart können in jeder Kategorie zusätzliche Merkmale notwendig sein. „Basis-Merkmale“ sind grundlegende Eigenschaften der Bauteile, wie die Geometrie des Bauteils. Im Abschnitt „Konstruktion und Qualitäten“ werden spezifische Merkmale und Eigenschaften aufgelistet, die in den Bauteilen im jeweiligen 3D-Fachmodell integriert sind. Im Abschnitt „Anforderungen“ werden die maßgeblichen Anforderungen aufgeführt, die durch die Bauteile mindestens erfüllt werden müssen.

Für die verantwortlichen Fachplanungen werden folgende Abkürzungen verwendet:

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

Die farbliche Codierung der Zellen entspricht den auf Prozesskarten markierten Planungsständen der Vorplanung und der Entwurfsplanung. Sie 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 Entwurfsplanung | Holzbauplanung |
| TWP | Übergabemodell Ausführungsplanung | Tragwerksplanung |

| Quelle | Typ | Name | Wandbauteile | | | | | | | |
|--|---------------------------|--|--------------|------------|-------------|--------------|-------------|--------------|------------------------|---------|
| | | | Baugrube | Fundamente | Bodenplatte | Bekleidung 1 | Tragschicht | Bekleidung 2 | Ständer/Rähim Schwelle | Stützen |
| Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en) | Basis | Name | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC |
| | | Bauteil ID | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC |
| | | Geschoss | ARC | ARC | ARC | ARC | | TPW | ARC | |
| | | Quantitäten (Länge, Breite, Fläche, ...) | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC |
| | | BTK Nummer | - | - | BPW | BPW | | TPW | BPW | |
| | Konstruktion / Qualitäten | Außenbauteil | - | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC |
| | | tragendes Bauteil | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW |
| | | Orientierung (Tragrichtung) | - | - | - | - | TPW | - | TPW | TPW |
| | | vorgefertigtes Element | - | ARC | ARC | HLZ | HLZ | HLZ | HLZ | HLZ |
| | | Gewerk | - | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC |
| | | Material | - | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | TPW | TPW |
| | | Festigkeitsklasse | - | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW |
| | | Nutzungsklasse | - | - | - | - | TPW | - | TPW | TPW |
| | | Oberflächenqualität | - | - | ARC | ARC | ARC | ARC | - | ARC |
| | | Anforderungen | Bauart | - | - | - | BRS | | - | - |
| Feuerwiderstandsklasse | - | | BRS | BRS | BRS | | - | BRS | | |
| Kapselkriterium | - | | - | - | BRS | | BRS | BRS | | |
| Schallschutzanforderungen | - | | - | - | BPS | | - | - | | |
| Energetische Kennwerte (U-Ert) | - | | - | - | 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 | | - | - | |

Abb. 16: Merkmalliste Baugrube, Fundamente, Bodenplatte, Wandbauteile, Stützen

| Quelle | Typ | Name | Deckenbauteile | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|--|----------------------------|-------------|------------|-------------------------|--------|--------|----------|-----------|--------------------------|-------------------------|
| | | | Deckenbelag Dachaufbau | Tragschicht | Bekleidung | Deckenbalken Randbalken | Träger | Treppe | Geländer | Sperrzone | Einbauteile Verbindungen | Schlitz und Durchbrüche |
| Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en) | Basis | Name | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC | ARC | ARC | TPW | TPW | TGA |
| | | Bauteil ID | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC | ARC | ARC | TPW | TPW | TGA |
| | | Geschoss | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC | ARC | ARC | TPW | TPW | TGA |
| | | Quantitäten (Länge, Breite, Fläche, ...) | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC | ARC | ARC | TPW | TPW | TGA |
| | | BTK Nummer | ARC | | - | ARC | ARC | - | - | - | - | |
| | Konstruktion / Qualitäten | Außenbauteil | ARC | | TPW | ARC | ARC | ARC | - | - | - | |
| | | tragendes Bauteil | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | TPW | - | - | TPW | - |
| | | Orientierung (Tragrichtung) | - | TPW | - | TPW | TPW | TPW | - | - | - | - |
| | | vorgefertigtes Element | - | HLZ | - | HLZ | HLZ | HLZ | - | - | - | - |
| | | Gewerk | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC | ARC | - | - | - | TGA |
| | | Material | ARC | ARC | ARC | TPW | ARC | ARC | ARC | - | - | - |
| | | Festigkeitsklasse | - | TPW | - | TPW | TPW | TPW | - | - | TPW | - |
| | | Nutzungsklasse | - | TPW | - | - | - | - | - | - | TPW | - |
| | | Oberflächenqualität | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | ARC | - | TPW | - |
| | | Anforderungen | Bauart | BRS | | - | - | BRS | - | - | - | - |
| Feuerwiderstandsklasse | BRS | | - | BRS | BRS | - | - | - | TGA | | | |
| Kapselkriterium | BRS | | BRS | BRS | BRS | - | - | - | - | | | |
| Schallschutzanforderungen | BPS | | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| Energetische Kennwerte (U-Ert) | 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 | | - | - | - | - | - | - | - | |

Abb. 17: Merkmalliste Deckenbauteile, Träger, Treppe, Geländer, Sperrzone, Einbauten, Schlitz 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 | S* Wärmeschutz | Wärmedurchgangskoeffizient Verglasung | BPW | BPW | |
| | | Verglasung Energiedurchlassgrad g | BPW | BPW | |
| | | Temperatur-Korrekturfaktor | BPW | BPW | |
| | S* Luftschalldämm-Maß | BPS | BPS | | |

S* = Schallschutz

Abb. 18: Merkmalliste Fassade und Fenster

| Quelle | Typ | Name | Türen | |
|--|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | | | | |
| Merkmale in Bauteilen 3D Fach-Modell(en) | 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 | S* Wärmeschutz | Temperaturkorrekturfaktor |
| | Wärmedurchgangskoeffizient Verglasung | | | BPW |
| | Verglasung Energiedurchlassgrad g | | | BPW |
| | S* Luftschalldämm-Maß | | BPW | |

S* = Schallschutz

Abb. 19: 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 | |
| | | Konst./Qualit. | Nutzungsart (DIN 277) | - | ARC | ARC |
| | Lichte Höhe | | - | - | ARC | |
| | Anforderungen | Barrierefreiheit | - | - | ARC | |
| | | notwendiger Flur | - | - | BRS | |
| | | Raumakustik | - | - | BPS | |
| | | TGA | Raumtemperatur Winter | - | - | TGA |
| | | | Heizsystem | - | - | TGA |
| | | | spez. Heizlast | - | - | TGA |
| | | | RLT-Anlage | - | - | TGA |
| | | | Lüftungssystem | - | - | TGA |
| | | | Luftwechselberechnungsart | - | - | TGA |
| | | | Raumtemperatur Sommer | - | - | TGA |
| | | | Kältesystem | - | - | TGA |
| | | | spez. Kühllast | - | - | TGA |
| | | | ELT spez. Leistung | - | - | TGA |
| | | Sprinklerschutz | - | - | TGA | |
| | | SPR Brandgefahrenklasse | - | - | TGA | |
| | Sprinklersystem | - | - | TGA | | |
| | MSR-Regelzone | - | - | TGA | | |

Abb. 20: Merkmalliste BGF, Nutzungseinheiten, Räume

Schlusswort

Die digitale Transformation stellt eine Herausforderung für die Baubranche dar. Digitale Werkzeuge und Methoden haben bereits Prozesse, Strukturen, Denk- und Sichtweisen sowie die Zusammenarbeit in Unternehmen und in der Wertschöpfungskette Bau verändert. Im Rahmen von BIMwood wurden Grundlagen für eine Umsetzungsstrategie für BIM-basierte Planungs- und Datenmanagementprozesse für den vorgefertigten Holzbau erarbeitet. Der Referenzprozess definiert relevante multidisziplinäre Datensätze und regelt den Datenaustausch unter Berücksichtigung von Rollenkonzepten und Verantwortlichkeiten. Für die einzelnen Fachmodelle wurde der notwendige Informationsbedarf für geometrische Ausprägungen und relevante Daten entlang der Planungsphasen definiert. Bei der Festlegung der Rollen und Zuständigkeiten wurde zudem die erforderliche Kompetenz im Holzbau berücksichtigt. Die erarbeiteten Lösungsansätze wurden in Mock-up Szenarien mit Praxispartner:innen erörtert und evaluiert. Diese Lösungen können nun in die Planungspraxis integriert werden und die vorliegende Handlungsempfehlung soll dabei als Leitfäden dienen.

Der vollständige Schlussbericht des Forschungsprojektes ist verfügbar unter:
<https://mediatum.ub.tum.de/17123819>
 doi:10.14459/2023md1712381

Impressum

Das Forschungsprojekt wurde an der Technischen Universität München von den Lehrstühlen für Architektur und Holzbau (Prof. Stephan Birk) und für Architektur-informatik (Prof. Frank Petzold) bearbeitet. Es waren die folgenden Personen (in alphabetischer Reihenfolge) beteiligt:
 Johanna Arnold, Julia Behm, Prof. Stephan Birk, Katja Breitenfelder, Prof. Hermann Kaufmann, Anne Niemann, Prof. Dr.-Ing. Frank Petzold, Dr.-Ing. Sandra Schuster und Manfred Stieglmeier

Am Projekt haben Praxispartner unterschiedlicher Disziplinen mitgearbeitet:
 AEC3 Deutschland GmbH, BIM-Expert:innen
 Gump & Maier GmbH, Holzbauunternehmen
 IBF Ingenieure mbH, TGA-Planende
 Lattke Architekten, Architekturbüro
 Prause Holzbauplanung GmbH & Co. KG, Ingenieurbüro für Holzbauplanung

Besonderer Dank an alle ExpertInnen:

Samuel Blumer, Andreas Fischer, Martin Fischnaller, Dominik Hehn, Reinhard Kropf, Markus Lager, Michael Lampe, August Pries, Johanna Maria Priebe, Pavla Ryzlerova, Robert Schmid, Dorothee von Schnakenburg, Oliver Sommer, Florian Willers

und unseren Studierenden an der TUM

Maximilian Jost, Constantin Maas, Selina Möbius, Marieke Stritzke

Projektinformation

BIMwood wurde gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unter Projekträgerchaft der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR).

Gestaltung

Wagner/Rexin Kommunikationsdesign, Stutensee

Druck

Druckerei Vogl GmbH & Co. KG, Zorneding

Zitation

Birk, S.; Schuster, S.; Arnold, J.; Petzold, F.; Lattke, F.; Prause, G.; Behm, J.
 BIMwood - Eine Handlungsempfehlung, 2024.

Internetseite und Forschungsbericht

www.BIMwood.eu | <https://mediatum.ub.tum.de/1712381> |
 doi:10.14459/2023md1712381

© 2023 Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Architektur und Holzbau. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Herausgeber

Lehrstuhl für Architektur und Holzbau, Prof. Stephan Birk

BIMwood

Entwicklung von Building Information Modeling
basierten Lösungen für projektbezogenen Kooperationen
in der Wertschöpfungskette vorgefertigter Holzbauten