

Abschlussbericht

zum Vorhaben

BIM-Fachmodell Holzbauproduktion im Wohnungsbau

Zuwendungsempfänger:

Hochschule Biberach
Biberach University of Applied Sciences
IBP - Institut für Innovatives Bauen und Projektmanagement
Prof. Dr.-Ing Hannes Schwarzwälder

Projektleitung:

Prof. Dr.-Ing. Hannes Schwarzwälder
Lehrstuhl für Nachhaltige Digitalisierung in Planung und
Bauausführung

Projektkoordination:

Wiss. Mitarbeiter B.Eng. Jonathan Bundies

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Hannes Schwarzwälder
Wiss. Mitarbeiter B.Eng. Jonathan Bundies

Kooperationspartner:

Weinmann Holzbausystemtechnik GmbH
Dr. Stefan Bockel
Dipl.-Ing. Sven Müller
M.Sc. Richard Ries
hsbcad GmbH
B.Pro. David Weizsäcker

Förderkennzeichen:

DBU-Az. 38339/01-25

Laufzeit:

01.01.2023 bis 18.12.2023 (Verlängerung bis 30.06.2024)

Monat der Erstellung:

05/2024

Gefördert durch:



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Kurzfassung	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 Stand der Technik.....	1
1.2 Ziele des Forschungsvorhabens.....	2
2 Theoretische Grundlage.....	3
2.1 Quellmodell und Empfängersysteme.....	3
2.2 Rekombination von Informationen.....	6
2.3 Schnittstellen.....	7
2.3.1 Open BIM und Close BIM.....	7
2.3.2 IFC/BCF.....	7
2.3.3 DWG/DXF.....	7
3 Methodik	9
4 Interaktionen bei mehrgeschossigen Holzbauprojekten.....	10
4.1 Informationsaustausch	11
4.2 Interdisziplinäres Arbeiten und Haftung.....	12
5 Umfrage.....	14
5.1 Konzeption.....	14
5.2 Durchführung.....	15
5.3 Auswertung	16
5.3.1 Austauschformate	17
5.3.2 Betrachtung der Attribution.....	18

6	Attribution.....	19
6.1	Holzbauteile	19
6.2	Art des Bauholzes.....	20
6.3	Verbindungsmitel	21
6.4	Maschinendaten	22
7	Level of Detail	23
7.1	Definition.....	23
7.2	Erstellung.....	24
7.3	Angliederung des Fachmodells Holzbau an einen LOD.....	24
8	Fachmodell Holzbau.....	26
8.1	Eigenschaften.....	26
8.2	Ausprägungen.....	27
8.3	Bauteilbezogene Informationen des Fachmodells.....	27
8.4	Bearbeitungen	28
8.5	Vorfertigungs-bezogene Informationen des Fachmodells	32
9	Fazit	35
9.1	Herausforderungen	35
9.2	Maschinenlesbarkeit.....	36
9.3	Ganzheitlichkeit des Industriestandards	36
9.4	Potenzial des Industriestandards.....	37
9.5	Veröffentlichung und Verbreitung.....	37
10	Literaturverzeichnis	39
11	Anlagen.....	41
11.1	Vorlage der Umfrage	41

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 - Zusammenwirken von Quellmodell und Empfängersystemen [1] S. 77.....</i>	<i>4</i>
<i>Abbildung 2 - Hierarchische Darstellung der Gruppierung der Attribute (Eigene Darstellung).....</i>	<i>20</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 - Übersicht über eine Auswahl möglicher Fachmodelle</i>	5
<i>Tabelle 2 - Mögliche Anwendungsfälle die in den Empfängersystemen wirken</i>	5
<i>Tabelle 3 - Übersicht aus der Umfrage über die verwendeten Austauschformate</i>	17
<i>Tabelle 4 - Eigenschaften und Ausprägungen von Elementen</i>	29
<i>Tabelle 5 - Eigenschaften und Ausprägungen von Stabbauteilen</i>	30
<i>Tabelle 6 - Eigenschaften und Ausprägungen von Plattenbauteilen</i>	31
<i>Tabelle 7 - Eigenschaften und Ausprägungen von Verbindungsmitteln</i>	32
<i>Tabelle 8 - Eigenschaften und Ausprägungen von Fräsungen</i>	32
<i>Tabelle 9 - Eigenschaften und Ausprägungen von Sägeschnitten</i>	33
<i>Tabelle 10 - Eigenschaften und Ausprägungen von Bohrungen</i>	33
<i>Tabelle 11 - Eigenschaften und Ausprägungen von Befestigungen</i>	33
<i>Tabelle 13 - Eigenschaften und Ausprägungen vom Dämmen</i>	33
<i>Tabelle 14 - Eigenschaften und Ausprägungen vom Riegelwerk/ Platten legen</i>	34
<i>Tabelle 16 - Eigenschaften und Ausprägungen von Markierungen/ Beschriftungen</i>	34

Abkürzungsverzeichnis

BAP	BIM-Abwicklungsplan
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BSH	Brettschichtholz
CAD	Computer Aided Design
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWG	Drawing
DXF	Drawing Interchange Format
EN	Europäische Norm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IDM	Information Delivery Manual
IFC	Industry Foundation Classes
KVH	Konstruktionsvollholz
LOD	Level of Detail
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
TGA	Technische Gebäudeausrüstung

Kurzfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes *BIM-Fachmodell Holzbauproduktion im Wohnungsbau*, welches durch die *Deutsche Bundestiftung Umwelt* (DBU) gefördert wurde, wurde ein Konzept für einen maschinenlesbaren Industriestandard für Informationsmodelle im mehrgeschossigen Holzbau entwickelt. Ziel dieses Standards ist es, die Verbindung zwischen Planung und Ausführung im Holzbau zu optimieren. Das übergeordnete Ziel der Forschung besteht darin, die Möglichkeiten der Digitalisierung für den Holzbau nutzbar zu machen, seinen Marktanteil im mehrgeschossigen Bau zu erhöhen und die Dekarbonisierung der Bauwirtschaft voranzutreiben. Der Holzbau spielt eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung, da er aufgrund seiner ökologischen Eigenschaften im Vergleich zur konventionellen Bauweise bei ähnlichen Trageigenschaften überzeugen kann.

Für die Entwicklung eines Industriestandard wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern *Weinmann Holzbausystemtechnik GmbH* und *hsbcad GmbH* verschiedene Anstrengungen unternommen. Es folgte die Analyse der Zusammenhänge von Beteiligten bei mehrgeschossigen Holzbauprojekten. Mittels einer Umfrage, die sowohl online als auch durch direkten Austausch mit Unternehmen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz durchgeführt wurde, wurden relevante Informationen gesammelt, um die erforderlichen Daten für ein digitales Informationsmodell in einem mehrgeschossigen Holzbauprojekt zu identifizieren. Diese Informationen dienten als Grundlage zur Erstellung eines Fachmodells für den Holzbau, das gemäß dem entwickelten Konzept einen ersten Teil des Industriestandards bildet.

Um das entwickelte Konzept für einen Industriestandard in der Holzbauwirtschaft optimal zu nutzen, ist es erforderlich, weitere Fachmodelle für die einzelnen Fachbereiche im mehrgeschossigen Holzbau zu erstellen. Zusätzlich müssen diese Fachmodelle in ein geeignetes Datenaustauschformat integriert werden. Untersuchungen haben ergeben, dass der IFC (Industry Foundation Classes), der von einer Non-Profit-Organisation verwaltet und weiterentwickelt wird, das am besten geeignete Datenaustauschformat ist.

1 Einleitung

1.1 Stand der Technik

Die Digitalisierung im Bauwesen schreitet im Vergleich zu anderen Industriebereichen langsam voran. Dies wird insbesondere durch die ausbleibenden Aktivitäten im Bereich der Automatisierungstechnik, als Reaktion auf den sich verschärfenden Fachkräftemangel deutlich. Software als Werkzeug für eine Produktivitätssteigerung in der Planung ist mittlerweile reichlich auf dem Markt vorhanden. Jeder an einem Bauprojekt Beteiligte kann aus einer Vielzahl verschiedener Softwareprodukte auswählen. Die Zusammenarbeit in einem Bauprojekt erfordert zwangsläufig einen kontinuierlichen Informationsaustausch. Der Architektur als gestalterischer Teil kommt dabei eine grundlegende Rolle zu. Der Architekt bespricht die Grundstruktur des zu bauenden Gebäudes mit dem Bauherrn und erstellt eine Planungsgrundlage für die weiteren Projektbeteiligten. Aufgrund der Vielzahl der Informationen, die heutzutage in ein 3D-Modell einfließen, wird in diesem Forschungsbericht der zutreffendere Begriff „Informationsmodell“ verwendet. Damit das Gebäude auch die erforderliche technische Ausstattung wie Elektroinstallation und Wasserleitungen erhält, überträgt der Architekt das Informationsmodell mit Hilfe eines Datenaustauschformat wie IFC oder DWG an den TGA-Planer.

Der TGA-Planer öffnet das erhaltene Informationsmodell mit seiner speziellen Planungssoftware für technische Gebäudeausrüstung. In vielen Fällen stellt er fest, dass die Daten nicht verlustfrei übertragen wurden. Folglich bleibt dem Planer oft keine andere Wahl, als das Informationsmodell anhand von 2D-Plänen neu zu erstellen und anschließend seine fachspezifischen Informationen in das neu erstellte Modell zu integrieren. Dies führt zu erheblichem Mehraufwand. Wenn man den gesamten Mehraufwand aller beteiligten Planer aufsummiert, ergibt sich ein erhebliches Potenzial zur Ressourceneinsparung. Der Mehraufwand, der aufgrund von Datenverlusten beim Austausch von Informationsmodellen entsteht, betrifft alle an einem Bauprojekt beteiligten Planer. Zur Vermeidung der Datenverluste entwickeln Unternehmen bereits

interne Schnittstellen, sogenannte „Insellösungen“. Diese Insellösungen ermöglichen jedoch kein flächendeckenden, unternehmensübergreifenden Datenaustausch.

Die entstehenden Informationsverluste sind größtenteils darauf zurückzuführen, dass jede Software von jedem Hersteller seine eigene Datenkommunikationssprache verwendet. Obwohl Austauschformate wie IFC oder DWG entwickelt wurden, um Daten ohne größere Verluste zu übertragen, funktioniert dies nur dann reibungslos, wenn die Software, in die Daten importiert oder mithilfe welcher diese exportiert werden, das jeweilige Format unterstützt. Das bedeutet, dass die Datenkommunikationssprache des Austauschformats in die Software integriert sein muss. Ein Datenaustauschformat ist die gemeinsame Sprache, die zwischen Softwareprodukten verschiedener Hersteller verwendet wird, um Informationen auszutauschen. Dennoch reicht allein die Implementierung eines Datenaustauschformats in eine Software nicht aus, um einen verlustfreien Datenaustausch zu gewährleisten. Damit ein Softwarehersteller weiß, welche Informationen über das Austauschformat übermittelt werden sollen, müssen diese Informationen im Voraus festgelegt werden. Das Festlegen der auszutauschenden Informationen und deren Integration in ein Datenaustauschformat ist für die Holzbaubranche zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgt.

1.2 Ziele des Forschungsvorhabens

Um zukünftig einen verlustfreien Informationsaustausch zwischen Planenden und Ausführenden im mehrgeschossigen Holzbau zu gewährleisten, unabhängig von der verwendeten Software, wurde das vorliegende Forschungsvorhaben umgesetzt. Ziel dieses Vorhabens war es, zu untersuchen was notwendig ist, um digitale Planungsdaten aus Informationsmodellen zwischen Planenden und Ausführung bis hin zur maschinellen Fertigung verlustfrei auszutauschen und insb. weiterverwenden zu können.

Das übergeordnete Ziel des Industriestandards sowie dieses Forschungsvorhabens besteht darin, die Kommunikation der Projektbeteiligten zu optimieren, um Ressourcen bei der Planung von Holzbauprojekten einzusparen. Durch die Senkung der

Herstellungskosten und die Förderung eines fortschrittlichen Images soll die Marktpräsenz des Holzbaus gestärkt werden, was wiederum den Anteil der zu errichtenden Holzgebäude erhöht. Die daraus resultierende zunehmende Verwendung von Holzbauwerken reduziert den Anteil konventioneller Bauwerke und trägt damit zur Dekarbonisierung der Bauwirtschaft bei.

2 Theoretische Grundlage

Die Idee eines Konzeptes für ein Fachmodell Holzbau im Kontext eines Industriestandards basiert auf der theoretischen Grundlage von Prof. Dr.-Ing. Hannes Schwarzwälder. Im Mai 2023 veröffentlichte er sein Buch mit dem Titel „Die digitale Bauwirtschaft – Wege aus der Branchenlogik“.

2.1 Quellmodell und Empfängersysteme

Signifikant für die neue Denkweise von Herrn Schwarzwälder für die Digitalisierung im Bauwesen ist die Unterscheidung zwischen dem Quellmodell und dem Empfängersystem. Das Quellmodell bildet die Grundlage des Informationsmodells und setzt sich aus einzelnen Fachmodellen zusammen. In diesem Stadium definieren die planenden Gewerke *WAS* gebaut werden soll. Die Empfängersysteme nutzen diese definierten und maschinenlesbaren Informationen aus dem Quellmodell, um festzulegen, *WIE* das Bauvorhaben umgesetzt werden soll. Ein Beispiel anhand eines Holzgebäudes soll das Prinzip verdeutlichen. Im Quellmodell beschreibt die Architektur in einem Fachmodell die Geometrie des Gebäudes und definiert die Raumaufteilung. Das Holzbauunternehmen erstellt ein Holzbaukonzept in einem weiteren Fachmodell, innerhalb der vom Architekten festgelegten Geometrien. Parallel wird das Informationsmodell an den Statiker übertragen, der die Tragfähigkeit des geplanten Gebäudes überprüft und statische relevante Informationen hinzufügt. Dadurch ist im Quellmodell festgelegt, wie das Gebäude aussehen wird, wo die geometrischen Grenzen verlaufen, aus welchen Materialien es besteht und wie die Tragfähigkeit gewährleistet werden soll.

Die Verantwortung für die Umsetzung des Gebäudes liegt auf Seiten des Empfängersystems. Dies bedeutet, dass nach Abschluss des Quellmodells und unter Verwendung der vorhandenen Daten eine Ausführungsplanung erstellt wird, die beschreibt, wie die zuvor geplanten Bauteile gebaut werden. Insbesondere im Holzbau, der seit einigen Jahren auf die Vorfertigung im Werk setzt, können Details bezüglich der Elemente und Baustellenmontage festgelegt werden. Dieses Beispiel verdeutlicht,

dass das Holzbauunternehmen sowohl an der Definition des Quellmodells beteiligt, ist als auch Teil des Empfängersystems ist. [1] S. 76–77 Dies bietet den Vorteil, dass Fachleute, die sich auf Herstellung und Montage von Holzbauteilen fokussieren in die Planung einbezogen werden und die Umsetzbarkeit sichergestellt werden kann.

Die Informationen aus dem Quellmodell sind nicht nur auf die Erstellung von Werkplänen beschränkt. Aufgrund der Maschinenlesbarkeit der Informationen können Empfängersysteme auch Daten für verschiedene Anwendungsfälle automatisch lesen und verarbeiten, wie z.B. Kalkulation, Baustellenlogistik oder Terminplanung. Die Software der Empfängersysteme kann die für ihren spezifischen Bereich relevanten Informationen aus dem Quellmodell rekombinieren, und der Planer kann diese Informationen um weitere Details aus seinem spezifischen Anwendungsbereich ergänzen. Der Vorteil der Standardisierung und der Maschinenlesbarkeit der Informationen besteht darin, dass Informationen nicht mehr manuell in andere Software übertragen oder mangelhafte Datensätze importiert werden müssen. Eine manuelle und redundante Nachpflege und Übersetzung von aufwändig erstellten Planungsinformationen entfällt.

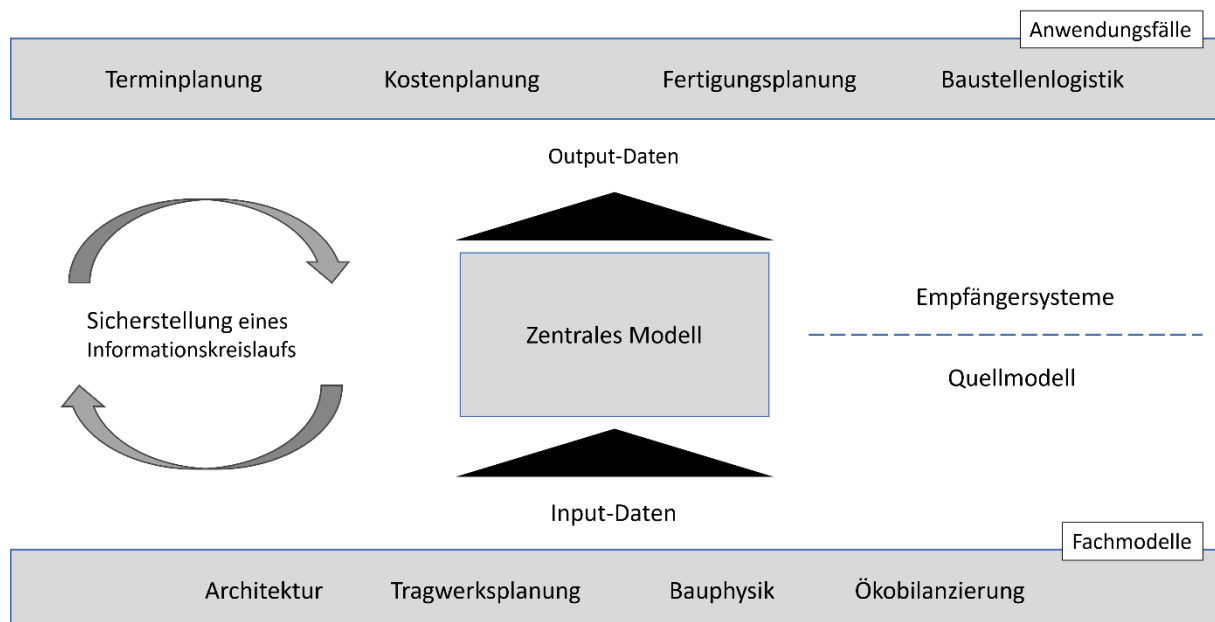


Abbildung 1 - Zusammenwirken von Quellmodell und Empfängersystemen [1] S. 77.

Tabelle 1 - Übersicht über eine Auswahl möglicher Fachmodelle

Fachmodell	Beschreibung
Architektur	Raumbildende Bauten, Entwurf, baurechtliche Belange
Tragwerksplanung	Definition der tragwerksrelevanten Eigenschaften
Bauphysik (Wärme, Schall, Feuchte, Licht, Brandschutz)	Definition der bauphysikalischen Eigenschaften
Außenanlagen	Gestaltung, Umweltschutz
Möblierung und Einrichtung	Innenraumgestaltung, Funktionalität
Heizung	Sicherstellung der Rauminnentemperatur
Lüftung	Sicherstellung des Luftwechsels, Hygiene
Klima	Sicherstellung Klimatisierung
Wasser und Abwasser	Ver- und Entsorgungsleitungen Wasser/ Braunwasser
Elektro	Stromversorgung, Photovoltaik
Variantenuntersuchung	Untersuchung von Planungsvarianten
Planungsfreigaben	Freigabe von Informationsmodellen
Holzbau	Abbildung der produktionsrelevanten Informationen für den Holzbau, inkl. Geometrische Elementierung
Klimaschutz	Bauliche Einflüsse aus der Notwendigkeit des Klimaschutzes z.B. Emissionen an Treibhausgasen der verwendeten Materialien
Materialkreisläufe	Angaben zur Wiederverwendbarkeit der Materialien
Und weitere mehr	

Quelle: [1] S. 79

Tabelle 2 - Mögliche Anwendungsfälle die in den Empfängersystemen wirken

Anwendungsfall	Beschreibung
Kostenschätzung	Grobe Ermittlung der erwarteten Kosten
Kostenkalkulation	Detaillierte Ermittlung der erwarteten Kosten
Erstellung von Leistungsverzeichnissen	Textliche Definition der prognostizierten Leistungen
Mengenermittlung für Leistungserfassung	Nachvollziehbare Mengen für die Leistungen
Baulogistik (Transport)	Materialtransport und Transportsimulation auf der Baustelle
Baustellenlogistik	Logistik innerhalb des Baufeldes
Terminplanung	Ableitung der Dauern für die Vorgänge
Gerüstbau	Einrüstung und Sicherheit
Finanzielles Controlling	Soll/Ist-Vergleich der Kosten
Technisches Controlling	Abweichungen Dokumentationen im Bauprozess
Bautagebuch	Dokumentation des Tagesfortschritts

Schalungsplanung	Einsatzplanung für Schalhaut bei Betonbauteilen
Materialbeschaffung	Erforderliche Materialien von Lieferanten
Koordination der Nachunternehmer	Rechtzeitige Regelung der Nachunternehmer und Abweichungsanalyse sowie Umsetzungskontrolle
Leistungsmeldung	Abbildung des Baufortschritts
Abrechnung	Leistungsvergütung und Abrechnungsmengen
und weitere mehr	

Quelle: [1] S. 82

2.2 Rekombination von Informationen

Die Standardisierung der Informationen hat das Ziel sicherzustellen, dass sämtliche Planende dieselben Informationen verwenden, um ein Holzgebäude in einem Informationsmodell zu beschreiben. Durch das Implementieren dieser Informationen in ein Datenaustauschformat, wie den IFC, wird die Maschinenlesbarkeit der Information gewährleistet. Dadurch können digitale Endgeräte von anderen Planern, die nicht das ursprüngliche Informationsmodell erstellt haben, diese Informationen verlustfrei lesen und für ihre eigenen Anforderung nutzen. In der jeweiligen Software, die für den neuen Anwendungsfall entwickelt wurde, erfolgt die Rekombination der Daten. Die Software entnimmt aus dem Austauschformat alle relevanten Informationen, die sie speziell für den jeweiligen Anwendungsfall benötigt und setzt sie wieder zusammen. Die involvierten Planungsbeteiligten können anschließend mit diesen Daten in einer spezifischen Software arbeiten und entsprechend, je nach den Anforderungen ihres Anwendungsfalls weitere Informationen hinzufügen. Die Weiterverarbeitung der maschinenlesbaren Informationen des Informationsmodells können dadurch beliebig rekombiniert werden. Der Austausch zwischen der Domäne des Quellmodells und den Empfängersystemen wird durch eine Kommunikationsschnittstelle gewährleistet. Hierfür bietet sich z.B. das bereits vorhandene BCF-Format (BIM-Collaboration Format) an. [1] S. 80–81

2.3 Schnittstellen

2.3.1 Open BIM und Close BIM

Den Austausch von Informationsmodellen zwischen Planenden, unabhängig von den von ihnen verwendeten Softwarelösungen, wird als Open-BIM-Methode bezeichnet. Hingegen bezieht sich die Closed-BIM-Methode auf den Austausch von Informationsmodellen zwischen Planenden Softwareanwendungen von Herstellern, welche eine native Schnittstelle entwickelt haben. Die Wahl der Closed-BIM-Methode bedeutet, dass Bauherren oder Unternehmen bei der Auswahl unterstützender planender Unternehmen eingeschränkt sind. Bei der Closed-BIM-Methode können nur Unternehmen miteinander arbeiten und Informationen austauschen, welche die native Schnittstelle von Herstellern verwenden. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass es derzeit keinen einzelnen Softwarehersteller oder einen Zusammenschluss von Softwarehersteller gibt, die über native Schnittstellen alle Bereiche des Bauwesens abdecken.

2.3.2 IFC/BCF

Dateiformate wie das IFC und BCF sind Austauschformate, die von der Non-Profit-Organisation buildingSMART entwickelt wurden. buildingSMART hat sich zum Ziel gesetzt, die digitale Transformation weltweit in der Baubranche voranzutreiben. Dabei legen sie besonderen Wert auf offene und herstellerunabhängige Standards und Lösungen. Dank des IFC-Standards ist es bereits in einigen Softwarelösungen unterschiedlicher Hersteller möglich, Daten verlustfrei auszutauschen. Das Hauptziel von buildingSMART besteht darin, die Open-BIM-Methode zu stärken. [2]

2.3.3 DWG/DXF

Die Dateiformate DWG und DXF wurden von dem Unternehmen Autodesk entwickelt [3]. Obwohl es sich um unternehmenseigene Austauschformate handelt, finden sich DWG- und DXF-Dateien auch in Softwarelösungen anderer Hersteller. Dies ermöglicht es Autodesk, den Datenaustausch mit Softwareprodukten sicherzustellen, die nicht von ihnen entwickelt wurden, beispielsweise für Kalkulationszwecke.

Allerdings ist hierbei Voraussetzung, dass die Software des anderen Herstellers das Datenaustauschformat von Autodesk in ihre Software integriert hat. Zudem kann ein verlustfreier Datenaustausch nur gewährleistet werden, wenn Autodesk die relevanten Informationen als mögliche Attribute im Datenaustauschformat hinterlegt hat.

3 Methodik

Für die Entwicklung eines maschinenlesbaren Industriestandards für Informationsmodelle im mehrgeschossigen Holzbau, gemäß des hier beschriebenen Systems von Quellmodell und Empfängersystemen, benötigte es ein Konzept und die Überprüfung der Machbarkeit. Dieser Aufgabe widmeten sich die beteiligten Projektpartner des Forschungsvorhabens.

Zu Beginn des Projekts wurde eine eingehende Analyse der Strukturen im Bereich der Planung und Ausführung von mehrgeschossigen Holzbauten durchgeführt. Diese Untersuchung diente der Klärung der Zielgruppe des beabsichtigten Industriestandards sowie der Identifikation der Verbindungen zwischen den einzelnen Projektbeteiligten.

Angesichts der Dichte an Informationen, der Vielzahl der beteiligten Akteure und der Abhängigkeiten zwischen Ihnen während des Entwicklungsprozesses eines neuen Gebäudes, soll der zu entwickelnde Standard sich aus einzelnen Fachmodellen zusammensetzen. Jeder Fachbereich soll sein eigenes Fachmodell erhalten, in dem die relevanten Informationen herausgearbeitet und im Standard verankert werden. Die Summe der Fachmodelle ergibt ein ganzheitliches und maschinenlesbares Informationsmodell.

Als Schlüsselement und erster Bestandteil des Industriestandards wurde das Fachmodell für den Holzbau erstellt. Um die relevanten Informationen für dieses Fachmodell zu ermitteln, wurde eine Umfrage unter Holzbauunternehmen durchgeführt. Die gesammelten Daten wurden anschließend anhand bestimmter Kriterien ausgewertet, um daraus die Erfordernisse für das Fachmodell Holzbau abzuleiten.

Um das entwickelte Fachmodell als ersten Teil eines Industriestandards in der digitalen Planung nutzen zu können, ist es notwendig, dieses in einem weiteren Schritt in ein geeignetes Datenaustauschformat zu implementieren. Entsprechende Untersuchungen wurden vorgenommen

4 Interaktionen bei mehrgeschossigen Holzbauprojekten

Die Forschungsarbeit hat verdeutlicht, dass eine Vielzahl an Beteiligten an einem mehrgeschossigen Holzbauprojekt zusammenwirken und diese durch einen gemeinsamen Informationsfluss vernetzt sind (vgl. Abbildung 1). Das zentrale Element ist das Holzbauunternehmen, das die Planung der Holzkonstruktion und die Ausführung übernimmt. Vor der eigentlichen Planung durch das Holzbauunternehmen legt jedoch der Architekt die Kubatur und die Raumaufteilung fest. Der Architekt ist bei mehrgeschossigen Wohnbauten oft der erste Anlaufpunkt des Bauherrn. Gemeinsam definieren beide was gebaut werden soll. Die Holzbauplaner übersetzen dann die vom Architekten erstellten Wandhüllen in eine tragende Holzkonstruktion, wobei sie die ästhetische Anforderung des Architekten und des Bauherrn, sowie der rechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigen. Zeitgleich sind zahlreiche weitere Planungsdisziplinen wie technische Gebäudeausrüstung (TGA), Bauphysik, Brandschutz beteiligt. Weitere Bereiche der Planung können der *Tabelle 1* entnommen werden. Die Planungsdisziplinen bilden ein Netzwerk, welches sicherstellt, dass das zu errichtende Bauwerk in einem gemeinsamen Aushandlungsprozess zunehmend detailliert wird. Die Gefahr von Planungsfehlern innerhalb des Informationsmodells besteht, wenn die Abstimmung zwischen den beteiligten Planern in diesen frühen Phasen nicht ausreichend ist. Diese Fehler können während der Ausführung nur schwer und mit erheblichen Kosten behoben werden.

Nach Abschluss des Quellmodells folgt die Phase der Empfängersysteme, in der weitere Beteiligte die Informationen aus dem Informationsmodell nutzen, um die Ausführung und den Bau des Gebäudes zu planen. Dies umfasst Fachleute, die die Bauarbeiten planen, sowie Bauleiter, die den Baufortschritt auf der Baustelle überwachen und dokumentieren. Die Informationen aus dem Quellmodell können in einer Vielzahl von Anwendungsfällen, wie in der *Tabelle 1 - Übersicht über eine Auswahl möglicher Fachmodelle* dargestellt, genutzt werden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Quellmodell und Empfängersystemen besteht darin, dass auf der Seite des Empfängersystems keine Abstimmung zwischen den Gewerken erforderlich ist. Es werden lediglich die verfügbaren Informationen, welche das geplante Gebäude beschreiben, für den jeweiligen spezifischen Anwendungsfall verwendet. Die Planung WAS gebaut werden soll, ist abgeschlossen und wird ab einer bestimmten Projektreife nur selten geändert. Jede Änderung des Quellmodells nach Abschluss seiner endgültigen Definition würde, je nach Fortschritt der Ausführung oder Errichtung, hohe Kosten verursachen. Bei Holzbau ist diese Phase vor der Produktion der Bauwerksbauteile (Wand, Decke usw.) erreicht.

4.1 Informationsaustausch

Wie aus dem vorherigen Kapitel hervorgeht, sind zahlreiche Beteiligte an dem Aushandlungsprozess eines mehrgeschossigen Bauprojekts beteiligt, was eine erhebliche Koordinationsaufgabe darstellt. Die BIM-Methode ist ein ganzheitlicher Ansatz, der die gesamte Planung bis hin zur Verwaltung und Demontage eines Gebäudes bei gleichzeitiger Vernetzung aller Beteiligten an einem Projekt betrachtet. Seit 2010 soll sie die Zusammenarbeit und Koordination zwischen den Projektbeteiligten verbessern und die Produktivität der seit Jahren stagnierenden Baubranche erhöhen. [1] S. 11 Die Idee hinter dieser Methode ist, dass alle Beteiligten über digitale Endgeräte auf ein zentrales Informationsmodell zugreifen können. Theoretisch ermöglicht dieses Konzept der digitalen, vernetzten Planung einen Echtzeit-Informationsaustausch. Alle Beteiligten können jederzeit auf dem aktuellen Stand sein und auf Modelländerungen reagieren. Ein Vorteil dieser Methode ist die frühzeitige und intensive Kommunikation aller Projektbeteiligten. [4] S. 8 Zudem wird ein Informationsmodell erstellt, auf das jede Fachdisziplin zugreifen kann, wodurch der Austausch von 2D-Plänen hierfür überflüssig wird. Im Gegensatz zu einem 2D-Modell lassen Informationsmodelle keine Interpretationen zu, was die Gefahr von Missverständnissen bei der Gebäudeplanung minimiert.

Eine der größten Herausforderungen bei der Umsetzung der BIM-Methode ist derzeit das Problem der Datenbrüche beim Austausch digitaler Informationen. Das Datenaustauschformat IFC wurde von der Non-Profit-Organisation buildingSMART entwickelt, um genau dieses Problem zu lösen[5]. Die grundlegende Idee besteht darin, ein branchenweites Austauschformat zu schaffen, das von jeder Software im Bauwesen importiert und exportiert werden kann, ähnlich dem universellen PDF-Format. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass der IFC-Standard derzeit noch nicht ausgereift genug ist, um Informationen im Holzbau ohne Datenverluste zu übertragen. Der Datenaustausch von Geometrie und Parameter zwischen nativen Anwendungen (Closed BIM) verläuft häufig zuverlässiger. Eine Durchgängigkeit über alle Planungsbereiche ist aber auch mit einer nativen Schnittstelle nicht möglich. Um eine Monopolbildung durch die Verwendung von Softwareprodukten eines oder weniger Herstellers auszuschließen, bildet die IFC-Schnittstelle folgerichtig eine sinnvolle Grundlage für den Austausch von Informationsmodellen in der Bauwirtschaft. Die Entwicklung eines digitalen Standards in einem offenen Austauschformat soll den Datenaustausch ohne Verluste ermöglichen. Die Standardisierung von Informationen kann dabei mit der Festlegung einer gemeinsamen Sprache verglichen werden, die von allen Beteiligten verwendet wird. Jede Software verwendet derzeit eine andere Datenstruktur. Die Einführung eines Austauschformats wie dem IFC, das eine standardisierte Datenstruktur verwendet, ermöglicht es, Informationen verlustfrei von einer Software zur anderen zu übertragen, sofern die Informationen in ihrem jeweiligen Fachbereich standardisiert sind und die Softwarehersteller bereit sind, das IFC-Datenformat in ihre Produkte zu integrieren.

4.2 Interdisziplinäres Arbeiten und Haftung

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit der BIM-Methode betrifft das unterschiedliche Verständnis an die Anforderungen zur Weiterverwendung der Informationen und Haftbarkeit. Insbesondere Unternehmen im Holzbau legen großen Wert auf eine präzise Planung, da diese die Grundlage für die Fertigung von Holzbauelementen bildet. Die Fertigung erfolgt heutzutage größtenteils in Fabriken zur Vorfertigung und erfordert eine enge Einhaltung der Maßtoleranzen [6] S. 11.

Abweichungen könnten zu erheblichen Problemen bei der Montage der Holzelemente auf der Baustelle führen. Architekten haben oft einen anderen Fokus und legen ihren Schwerpunkt auf die gestalterische Seite des Projekts, wie die Kubatur, das Raumkonzept und die ästhetische Gestaltung. Höchste Maßgenauigkeit ist für sie oft von geringer Bedeutung. Um ressourceneffizientes Bauen zu fördern und vermeidbare Kosten zu senken, sollte zukünftig bereits in der Entwurfsphase ein präzises Informationsmodell erstellt werden, das von allen Projektbeteiligten gemeinsam genutzt wird.

Das interdisziplinäre Arbeiten wirft auch Fragen zur Haftung auf. Es stellt sich die Frage, wer die Gewährleistung dafür übernimmt, dass das übergebene Informationsmodell im Sinne der Weiterverwendung der enthaltenen Informationen korrekt ist und keine Abweichungen oder Widersprüche zwischen den einzelnen Elementen bestehen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann und will niemand eine solche Gewährleistung geben, und das Vertrauen zwischen den Projektbeteiligten ist oft nicht ausreichend vorhanden. Aus diesem Grund nehmen viele Planer in Kauf, das Modell mit den für sie relevanten Informationen neu zu erstellen, um die erforderliche Genauigkeit für ihren jeweiligen Anwendungsfall sicherzustellen. Wenn es gelingt, ein durchgängiges Datenaustauschformat zu etablieren, wird es in Zukunft möglich sein, dass alle Projektbeteiligten in einem zentralen Modell arbeiten, das höchste Genauigkeit von allen erfordert. Zur Sicherstellung der Qualität könnte ein sogenannter BIM-Manager oder Koordinator eingesetzt werden, der die Veränderungen im Modell überwacht, Fehler frühzeitig erkennt und sicherstellt, dass sie von den entsprechenden Planern behoben werden. Ein angestrebter Standard für Informationsmodelle für das Fachmodell Holzbau, unterstützt die Beteiligten darin, dass es nicht zu unterschiedlichen Interpretationen oder falschen Annahmen über das zu errichtende Bauwerk kommt.

5 Umfrage

Der Anspruch bei der Entwicklung eines Konzeptes für einen Industriestandard für Informationsmodelle im mehrgeschossigen Holzbau besteht darin, einen Mehrwert für den Praxiseinsatz zu generieren, weshalb von Anfang an bei der Entwicklung Wert auf die Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft gelegt worden ist. Dies wurde unter anderem durch die Durchführung einer Online-Umfrage realisiert, die von verschiedenen Holzbauverbänden an ihre Mitglieder weitergeleitet wurde. Um sicherzustellen, dass der zu entwickelnde Standard nicht nur auf nationaler Ebene, sondern ggf. im deutschsprachigen europäischen Kontext Anwendung finden kann, wurde Kontakt zu Verbänden in Österreich, der Schweiz und Deutschland aufgenommen.

Zusätzlich zur Online-Umfrage wurden mehrere Holzbauunternehmen persönlich kontaktiert, um in Interviews Informationen über ihre Arbeitsweise im Zusammenhang mit Informationsmodellen zu erhalten. Jedes dieser Unternehmen erstellte zudem eine Liste aller Attribute, die sie zur Beschreibung eines mehrgeschossigen Holzgebäudes verwenden.

5.1 Konzeption

Bei der Konzeptionierung der Umfrage zur Identifizierung der relevanten Informationen für einen Industriestandard für Informationsmodelle im mehrgeschossigen Holzbau gab es einige wichtige Aspekte zu berücksichtigen. Aufgrund dessen, dass die Onlineumfrage durch Verbände an ihre Mitglieder weitergeleitet wurde, konnte nicht aktiv gesteuert werden, welche Holzbauunternehmen die Umfrage erhalten und beantworten. Für die Entwicklung des Industriestandards waren jedoch nur die Rückmeldungen von Unternehmen von Bedeutung, die im Bereich mehrgeschossigen Holzbau oder ähnlichen Bereichen tätig sind. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass sich die Anforderungen an ein Ein- bzw. Mehrfamilienhaus und dem Objektbau unterscheiden.

Die Holzbauunternehmen in Österreich, Deutschland und der Schweiz sind in der Regel klein strukturiert. Über 70% der Unternehmen haben maximal 9 Angestellte [7] S. 14. Folglich gehören viele Mitglieder der Holzbauverbände Kleinstunternehmen an, die nicht im Objektbau oder im mehrgeschossigen Holzbau tätig sind und daher für die Umfrage nicht relevant sind. Um die Datensätze von Unternehmen, die im Objektbau tätig sind, von denen zu unterscheiden, die es nicht sind, wurde eine Abfrage ergänzt in welchen Bereichen des Holzbaus die Unternehmen tätig sind. Diese Bereiche können beispielsweise Ein- und Mehrfamilienhausbau, Sanierung, Modulbau, Gewerbebau oder mehrgeschossiger Wohnungsbau umfassen, wobei die letzten drei Kategorien zum Objektbau gehören.

Um weitere Einblicke in die unterschiedlichen Arbeitsweisen der Unternehmen im Umgang mit Informationsmodellen zu erhalten, sind zusätzliche Fragen enthalten, die Informationen über die Unternehmensgröße in Bezug auf die Mitarbeiterzahl sowie die spezifischen Tätigkeitsbereiche der Unternehmen liefern. Darüber hinaus wurden Fragen entwickelt, um Erkenntnisse über die Verwendung digitaler Systeme in der Arbeit zu gewinnen.

Die Hauptfrage, die in der Umfrage an die Unternehmen gestellt wurde, zielte darauf ab, Informationen darüber zu gewinnen, welche Attribute in einem Informationsmodell benötigt werden, um ein mehrgeschossiges Holzgebäude in seiner Gesamtheit darzustellen. Im Kontext dieser Arbeit bedeutet "in seiner Gesamtheit", dass das Gebäude mit allen seinen Holzbauerelementen vollständig für die Errichtung abgebildet wird. Eine detaillierte Übersicht über die Umfrage befindet sich in den Anlagen unter den Titel *Vorlage der Umfrage* auf Seite 41.

5.2 Durchführung

Die Umfrageverteilung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Holzbauverbänden in Österreich, Deutschland und der Schweiz. Die Verbände leiteten die Umfrage dann an ihre Mitglieder weiter. Es ist wichtig anzumerken, dass die Mitglieder der Verbände eine breite Vielfalt von Zimmererbetrieben und Holzbauunternehmen umfassen. Eine

gezielte Sortierung der Mitglieder nach den Kriterien der erstellten Umfrage durch die Verbände war nicht durchführbar. Darüber hinaus wurden persönliche Gespräche mit sieben mittelständischen Holzbauunternehmen in Österreich, Deutschland und der Schweiz geführt. In diesen Gesprächen wurden die Umfragen überreicht und die Unternehmen gebeten, diese auszufüllen.

Die Umfrage wurde am 12.04.2023 an die Verbände sowie die zuvor genannten ausgewählten Unternehmen versandt. Diese hatten bis zum 12.05.2023 Zeit, die Umfrage auszufüllen und zurückzusenden. Die Online-Umfrage wurde ebenfalls am 12.05.2023 geschlossen.

5.3 Auswertung

Im Zeitraum zwischen dem 12.04.2023 und dem 12.05.2023 haben insgesamt 155 Personen die Online-Umfrage aufgerufen und davon haben 65 daran teilgenommen. Teilgenommen bedeutet, dass diese Personen die Umfrage vollständig ausgefüllt haben. Die durchschnittliche Dauer, die benötigt wurde, um die Umfrage zu beantworten, betrug 17 min. Zusätzlich zur Online-Umfrage stehen die ausgefüllten Umfragen der sieben persönlich kontaktierten Unternehmen zur Verfügung. Diese persönlichen Gespräche erwiesen sich als besonders hilfreich, da spezifische Fragen geklärt werden konnten und die Unternehmen auf Anfrage besonders detaillierte Antworten gegeben haben. Durch die Nachbesprechungen der ausgefüllten Umfragen konnten Unklarheiten geklärt werden und mögliche fehlerhafte Interpretationen, insbesondere im Zusammenhang mit den erforderlichen Attributen aus Frage neun, ausgeschlossen werden. Mithilfe dieses Vorgehens wurde sichergestellt, dass sowohl die Unternehmen der Onlineteilnahme wie auch die Unternehmen aus den direkten Interviews, im Ergebnis vergleichbar sind. Zusammenfassend haben insgesamt 72 Unternehmen an der Umfrage teilgenommen.

Die Auswertung der Umfrage erfolgte in drei Schritten. Im ersten Schritt wurden die Datensätze mithilfe von Microsoft Excel sortiert. Datensätze von Unternehmen, die nicht im Bereich des Objektbau tätig sind, wurden ausgesondert. Diese Sortierung

erfolgte mit Hilfe bedingter Formatierungen. Im zweiten Schritt erfolgte die Auswertung der Informationen, die Einblicke in die Vorgehensweise bei der digitalen Planung und den Austausch von Informationsmodellen gewährten. Im dritten Schritt wurden die Attribute ausgewertet, die von den Unternehmen zur Beschreibung eines mehrgeschossigen Holzgebäudes im Informationsmodell verwendet werden.

5.3.1 Austauschformate

Für den digitalen Informationsaustausch gibt es in der Bauwirtschaft verschiedene Dateiformate, die dazu dienen, Informationsmodelle zwischen verschiedenen Planern und ausführenden Unternehmen auszutauschen. Die Umfrage hat ergeben, dass das IFC-Datenaustauschformat, das meist verwendet ist. Das Ergebnis kann der Tabelle 3 entnommen werden.

Für die Entwicklung eines maschinenlesbaren Industriestandards, der unabhängig von Softwarehersteller sein soll, bietet das IFC-Format die besten Eigenschaften unter den Datenaustauschformaten. Es ist bereits im Bauwesen als Datenaustauschformat weit verbreitet und als Dateiformat einer Non-Profit-Organisation wird die Intention eines offenen Austauschformats unabhängig von der verwendeten Software vertreten. Weitere Informationen über Austauschformate können dem Kapitel 2.3 entnommen werden. Die Tatsache, dass das Format noch keine Spezifikationen des Holzbaus enthält, deutet darauf hin, dass kein vollends geeignetes Format vorhanden ist und die Praxis auf das zurückgreift, was vorhanden ist.

Tabelle 3 - Übersicht aus der Umfrage über die verwendeten Austauschformate

Datenformate	IFC	DWG	DXF	SAT
Deutschland	30	18	14	4
Österreich	11	4	1	1
Schweiz	4	1	2	1
Gesamt	45	23	17	6

5.3.2 Betrachtung der Attribution

Die Analyse der Frage neun aus der Umfrage befasste sich mit den erforderlichen Attributen zur Beschreibung eines mehrgeschossigen Holzgebäudes in Informationsmodellen. Eine erste Prüfung der Informationen ergab, dass viele Holzbauunternehmen unterschiedliche Terminologien für dasselbe Attribut verwenden. Anschließend wurde die Relevanz der einzelnen Attribute überprüft. Dies geschah sowohl anhand der quantitativen Häufigkeit jedes einzelnen Attributes als auch anhand des Kriteriums der Nützlichkeit für Dritte.

Das Konzept des Industriestandards sieht vor, nur die Informationen in das Quellmodell aufzunehmen, die einen Mehrwert für andere beteiligte Fachmodelle bieten. Dies führt zu einer Reduzierung der benötigten Eigenschaften. Die daraus resultierende Reduktion verhindert die Überfüllung des Zentralmodells. Spezifische Informationen für einen Anwendungsfall, die nicht für dritte relevant sind, sollen von den entsprechenden Planern oder Unternehmen lokal gehalten.

6 Attribution

6.1 Holzbauteile

Zur weiteren Konkretisierung der erforderlichen Attribute und zur Beschreibung eines mehrgeschossigen Holzgebäudes in einem Informationsmodell, wurden diese Elementtypen und ihren Bauteilen zugeordnet. Zudem wurden verschiedene Ebenen erstellt, welche die Attribute hierarchisch aufgliedern. Die oberste Ebene beschreibt die unterschiedlichen Bauweisen, die in Holzrahmenbau, Holzmassivbau und Holzskelettbau unterteilt sind. In der zweiten Ebene werden die Elementtypen beschrieben, die zur Abbildung eines Gebäudes benötigt werden: Wand-, Decken- und Dachelemente.

Zwischen den Ebenen der Bauweise und den erforderlichen Elementtypen wurden die spezifischen Anforderungen im mehrgeschossigen Holzbau definiert. Diese Anforderungen umfassen Aspekte wie tragend oder nicht tragend, Bundseite, Feuerwiderstandsklasse, Wärmeschutzanforderung, Luftschallanforderungen und Trittschallanforderungen. Die Trittschallanforderung bezieht sich dabei ausschließlich auf den Elementtyp Decke.

Die dritte Ebene enthält Bauteile wie Rähm oder Schwelle. Hier sind alle Bauteile aufgeführt, die im Holzbau benötigt werden, um den aktuellen Anforderungen im Holzbau gerecht zu werden. Die vierte und letzte Ebene enthält die Attribute, die erforderlich sind, um ein Bauteil zu beschreiben. Viele dieser Attribute wiederholen sich, da sie beispielsweise für jedes Bauteil, wie den "Namen", notwendig sind. Diese Vorgehensweise wurde zudem verwendet, um die notwendigen Attribute für

Verbindungsmittel und Maschinendaten zu identifizieren. Die hierarchische Darstellung der Attribute wird in der Abbildung 2 beispielhaft dargestellt.

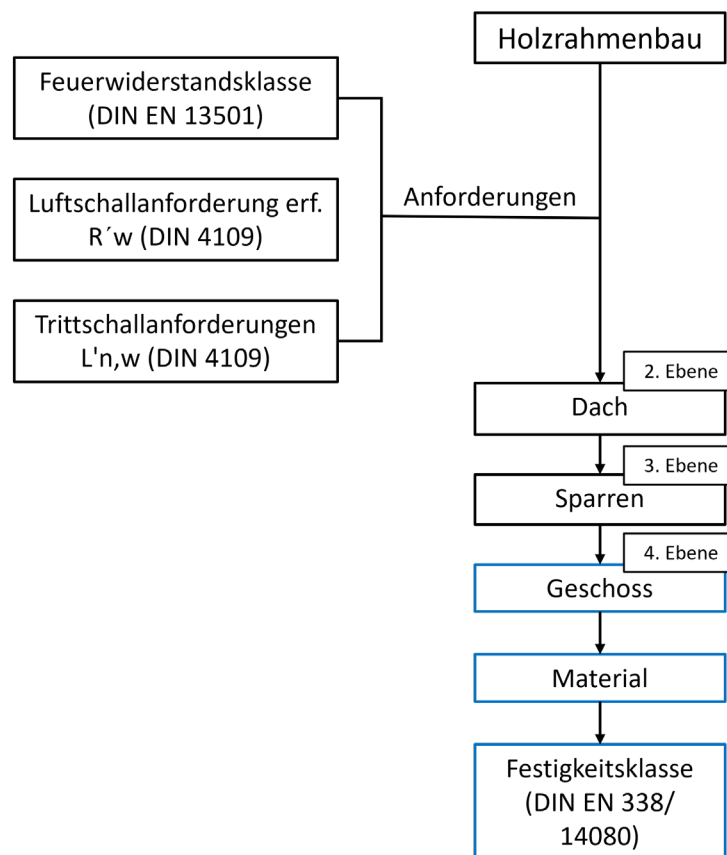


Abbildung 2 - Hierarchische Darstellung der Gruppierung der Attribute (Eigene Darstellung).

6.2 Art des Bauholzes

Durch die detaillierte Aufgliederung der einzelnen Komponenten im Holzbau wurde deutlich, dass nicht nur der Typ des Bauteils relevant ist, sondern auch das verwendete Material. Verschiedene Bauteile erfordern unterschiedliche Attribute, um sie entsprechend zu beschreiben, abhängig davon, ob sie beispielsweise aus Konstruktionsvollholz, Kantholz, Brettschichtholz oder Brettsperrholz bestehen. Daher wurde eine separate Ebene für die Beschreibung des verwendeten Materials hinzugefügt.

In dieser Ebene wurden spezifischen Attribute für Kantholz, Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz und Brettsperrholz aufgelistet. Die Unterschiede betreffen hauptsächlich das Brettschichtholz und das Brettsperrholz. Bei

Leimschichtholzprodukten sind Informationen zur Schichtstärke bzw. Dicke der einzelnen Lamellen und zur Anzahl der Schichten von besonderer Bedeutung. Zusätzlich hat die Faserrichtung der obersten Holzschicht beim Brettsper Holz auch statische Relevanz.

6.3 Verbindungsmittel

Im Bereich des Holzbaus sind Verbindungsmittel von großer Bedeutung. Die Anzahl und Art der Verbindungsmittel werden in der Regel von der Tragwerksplanung berechnet und sind entscheidend für die Erstellung der Ausführungsplanung. Um Verbindungsmittel, herstellerunabhängig, in einem Informationsmodell zu beschreiben, ist die Identifizierung der relevanten Attribute notwendig.

Die verfügbaren Produkte auf dem Markt, um Holz mit sich selbst oder mit anderen Materialien zu verbinden, sind vielfältig. Innerhalb des Forschungsvorhabens wurden die notwendigen Attribute für verschiedene Arten von Verbindungsmitteln untersucht, darunter Individuelle Stahlverbindungen, Blechformteilverbindungen, Unterlegescheiben, Bolzen, Stabdübel, Schrauben, Nägel und Klammern. Individuelle Stahlverbindungen sind maßgeschneiderte Verbindungsmittel aus Stahl, die speziell für das jeweilige Bauteil angefertigt werden. Unter Blechformteilverbindungen versteht man im Holzbau Verbindungsmittel wie z.B. Balkenschuhe.

Der größte Unterschied zwischen den vielen Verbindungsmitteln ist die Geometrie. Darüber hinaus bestehen einige Unterschiede im Einbau der Verbindungsmittel. Ein Bolzen z.B. benötigt ein Attribut, das den Lochdurchmesser beschreibt, in das er eingebaut wird. Einige Schrauben müssen mit einem bestimmten Drehmoment angezogen werden, um die vom Hersteller angegebenen Lasten aufnehmen zu können. Um diese Information im Informationsmodell abzubilden, sind entsprechende Attribute erforderlich.

6.4 Maschinendaten

Damit das Bauteil, welches im Informationsmodell maschinenlesbar definiert wurde, durch eine Maschine entsprechend automatisiert gefertigt werden kann, bedarf es dem Hinzufügen der einzelnen Bearbeitungsschritten innerhalb einer CAD-Software. Diese beschränken sich im Holzbau auf das Fräsen, Sägen, Nageln, Bohren, Legen und Dämmen. Auch hier wurde mittels einer hierarchischen Tabelle die Attribute identifiziert, welche notwendig sind, um einzelner Fertigungsschritte digital abzubilden.

7 Level of Detail

7.1 Definition

Der LOD beschreibt im umgangssprachlich den Detaillierungsgrad von Informationsmodellen zu einem bestimmten Zeitpunkt im Projekt. LOD ist ein Akronym aus dem Englischsprachigen und steht für Level of Detail. Je nach Anwendung bzw. Beschreibung kann fachspezifisch auch LOI (Level of Information) oder LOG (Level of Geometrie) verwendet werden. Der LOI bezieht sich dabei auf die alphanumerischen Informationen und der LOG auf die geometrischen Informationen. In den meisten Fällen sind die einzelnen Stufen an die Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) angelehnt.

100	Vorentwurfsphase
200	Entwurfsphase
300	Genehmigungsphase
400	Ausführungsphase
500	Nutzungsphase

Eine verbindliche Definition eines LOD dient dazu, innerhalb eines Projektes festzulegen, welche Informationen zu welchem Zeitpunkt im Informationsmodell verfügbar sein sollen. In Bauprojekten, an denen mehrere Planungsunternehmen beteiligt sind, wird oft ein individuell angepasster LOD im Vertrag festgelegt. Dies ermöglicht es jedem Planer zu wissen, wann er welche Informationen bereitstellen sollte. Diese Festlegung basiert auf den Projektzielen und den jeweiligen Informationsanforderungen für die verschiedenen Phasen des Projekts. [8] Ein branchenweiter Industriestandard für Informationsmodelle würde den wiederkehrenden Aufwand der Erstellung eines projektbezogenen LODs überflüssig machen.

7.2 Erstellung

Der Anspruch an den zu erstellenden Industriestandard ist jener der praxistauglichen Verbindlichkeit. Dies bedeutet, dass die wiederholte Erstellung und Definition von Informationen für verschiedene Projektphasen vermieden werden soll, da dies einen wiederkehrenden Aufwand für die beteiligten Unternehmen darstellt. Daher wird in diesem Industriestandard angestrebt, einen einzigen LOD zu erstellen und diesem LOD die Attribute aus den verschiedenen Fachmodellen zuzuordnen.

Die Rücksprache mit Unternehmen aus der Holzbranche zeigt, dass die Holzbauunternehmen in der Frühphase der Planung eingebunden sein möchten, um den Architekten frühzeitig beratend zur Seite zu stehen. Ein verspäteter Einstieg des fachkundigen Holzbauers in die Planung eines Holzgebäudes kann zu erneuter Planung und zusätzlichem Ressourceneinsatz führen.

7.3 Angliederung des Fachmodells Holzbau an einen LOD

Im Folgenden werden die einzelnen LOD bezüglich des Fachmodells Holzbaus näher beschrieben.

LOD 100 – Vorentwurfsphase

In der Vorentwurfsphase eines Bauprojekts werden die grundlegenden Parameter und Anforderungen festgelegt, die für die weitere Entwicklung des Entwurfs entscheidend sind. Dies spiegelt sich im Fachmodell Architektur wider, welches vom Architekten erstellt wird.

LOD 200 – Entwurfsphase

In der Phase LOD 200, in der ein erster Entwurf des geplanten Gebäudes vorliegt, wird das Fachmodell Architektur um erste Informationen aus dem Fachmodell Holzbau erweitert. Diese Informationen dienen lediglich dazu, eine erste visuelle Darstellung des geplanten Gebäudes in Holzbauweise zu ermöglichen sowie eine grobe Schätzung der Kosten und Bauzeit vorzunehmen

LOD 300 – Genehmigungsphase

Das geplante Gebäude soll in einer Holzbauweise gebaut werden. Um die erforderliche Baugenehmigung von den staatlichen Behörden zu erhalten, werden alle notwendigen Informationen dem Informationsmodell hinzugefügt, um sicherzustellen, dass das geplante Gebäude den Bauvorschriften des jeweiligen Bundeslandes entspricht.

LOD 400 – Ausführungsphase

Wie bereits im Kapitel 2.1 *Quellmodell und Empfängersysteme* geschildert, ist der Holzbauer sowohl am Quellmodell beteiligt als auch ein Nutzer des Empfängersystems für den Anwendungsfall Holzbau-Ausführungsplanung. Ab dem LOD 400 werden die Informationen aus dem Fachmodell Holzbau nicht mehr vollumfänglich dem Quellmodell hinzugefügt. Spezifische holzbezogene Fertigungsinformationen, wie Produktionsnummern und Bearbeitungsschritte von Fertigungsanlagen sind nur für das ausführende Unternehmen von Bedeutung. Diese Daten werden in deren Fachmodell Holzbau festgelegt und verwaltet.

LOD 500 - Nutzungsphase

Nachdem das Gebäude fertiggestellt und an den Bauherrn übergeben wurde, endet der Informationsfluss des Fachmodells Holzbau in das Quellmodell mit dem LOD 400. Im LOD 500 werden alle relevanten Informationen aus Fachmodellen hinzugefügt, die im Zusammenhang mit der Nutzung, Umnutzung, Sanierung und des Rückbaus des Gebäudes in der Endphase seines Lebenszyklus stehen.

8 Fachmodell Holzbau

Anhand der identifizierten Attribute aus der Umfrage (Kapitel 5) und der Attribute aus der Aufgliederung der notwendigen Bauteile (Kapitel 6) wurden nachfolgend die Tabellen 4 bis 16 gebildet. Diese Tabellen enthalten die erforderlichen Attribute, um die Eigenschaften und Ausprägungen widerzuspiegeln, die für ein Fachmodell Holzbau in der mehrgeschossigen Bauweise benötigt werden. Das Fachmodell Holzbau, das als Kernfachmodell dient, bildet die Grundlage für den maschinenlesbaren Industriestandard.

Die in den 4 bis 16 aufgeführten Attribute repräsentieren die Eigenschaften von Holzbauteilen, Verbindungsmitteln und der maschinellen Fertigung. Jedem dieser aufgeführten Eigenschaften werden mehrere Ausprägungen zugeordnet, die die entsprechende Eigenschaft beschreiben. Es wird deutlich, dass die Ausprägungen je nach Eigenschaft vielfältig sein können. Um eine umfassende Maschinenlesbarkeit sicherzustellen, ist es erforderlich, alle Ausprägungen zu definieren und zu standardisieren. Das Thema der Ausprägung und warum es eine Herausforderung bei der Erstellung eines Fachmodells darstellt, wird im Kapitel 9.1 näher erläutert.

8.1 Eigenschaften

Eigenschaften und Ausprägungen beschreiben ein Material auskömmlich. Eine Eigenschaft kann dabei auf mehrere Bauteile zutreffen, während sich ihre Ausprägungen unterscheiden. So ist z.B. die Eigenschaft Festigkeitsklasse universal für sämtliche Holzbauteile zu verwenden. Die Ausprägung beschreibt die zum Bauteil gehörende Festigkeitsklasse. Aufgrund der Kleinteiligkeit der Informationsstruktur ist es nicht erforderlich, alle Informationen des Informationsmodells als Planer für den jeweiligen Anwendungsfall zu empfangen. Stattdessen werden nur diejenigen Eigenschaften und Ausprägungen dem Datenaustauschformat entnommen, die für den jeweiligen Anwendungsfall relevant sind. Dies ermöglicht die Erstellung schlanker und leicht handhabbarer Informationsmodelle.

8.2 Ausprägungen

Eine Ausprägung ist ein möglicher Wert eines Attributs, der eine spezifische Eigenschaft beschreibt und in alphanummerischer Form auftritt. Ein Beispiel für eine Ausprägung ist die *eindeutige Bauteilbezeichnung*, die sich aus einer Kombination von zwei Worten und einer Zahl zusammensetzt. Sie beinhaltet den Typ des zugehörigen Elements, das Geschoss, in dem sich das Bauteil befindet und eine fortlaufende Nummer: AW_EG_001.

Die leeren Zellen in den Tabellen unter der Rubrik Ausprägungen des Fachmodells Holzbau repräsentieren spezifische Werte und beziehen sich auf eine Einheit oder eine Darstellung im Informationsmodell. Um dies zu verdeutlichen, nehmen wir die Eigenschaft "Bundseite" als Beispiel. Die Bundseite beschreibt im Holzbau die Seite eines Elements, welche passgenau an die Bundseite eines anderen Elements anschließen soll. Die spezifische Ausprägung kann nicht alphanumerisch dargestellt werden, sondern wird visuell im Informationsmodell vergeben.

8.3 Bauteilbezogene Informationen des Fachmodells

Das hier abgebildete Fachmodell entspricht einer Grundlage des maschinenlesbaren Industriestandards. Um es jedoch in der Praxis anwenden zu können, ist es notwendig, dieses Fachmodell in ein geeignetes Datenaustauschformat zu überführen. Das Fachmodell umfasst die Beschreibung und Anforderungen an Elemente wie Stäbe und Plattenbauteile sowie Verbindungsmittel und Abbund bezogene Informationen.

Zusätzlich zu den alphanumerischen Informationen, die in den Eigenschaften und Ausprägungen definiert sind, gehört zu der Beschreibung der Objekte die Geometrie.

Da CAD-Softwares, die für die Holzbauplanung verwendet werden, vektorbasiert sind, werden einzelne Bauteile entsprechend einem x,y,z -Koordinatensystem in ihrer Geometrie definiert, wobei die Maßeinheit in Millimetern angegeben ist. Zudem werden die Eigenschaften Faserrichtung, Bundseite bzw. Referenzseite und Sperrflächen als 2-dimensionale vektorbasierte Geometrien angegeben.

8.4 Bearbeitungen

Bearbeitungen in der CAD-Modellierung bestehen aus zweidimensionalen oder dreidimensionalen Geometrien, die durch Vektoren dargestellt werden. Dabei wird von einer Basisgeometrie ausgegangen, der verschiedene Bearbeitungsflächen und -körper zugeordnet werden. Ein Beispiel hierfür ist die Herstellung eines Gratsparrens mit einer Herzkerve aus einem Holzständer mit den Abmessungen 100 mm x 160 mm. Hierbei werden entsprechende Abzugskörper auf das Ausgangsmaterial angewendet, um die gewünschten Formen zu erzeugen. Für die Ausarbeitung der Gratflächen können beispielsweise zwei Flächen verwendet werden, während für die Ausarbeitung der Kerbe ein spezifischer Abzugskörper angewendet wird.

Tabelle 4 - Eigenschaften und Ausprägungen von Elementen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Name	Innenwand, Außenwand, Decke, Dach, Bodenplatte	200
Typ	Element	200
Geschoss	UG, EG, 1OG, 2OG, 3OG, ...	200
GUID	32 Ziffern, 4 Bindestriche	200
Bauabschnitt	01,02,03,04,05, ...	300
Eindeutige Bauteilbezeichnung	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	300
Tragend/ nicht tragend	tragend, nicht tragend	300
Bundseite	[Geometrie]	300
Feuerwiderstandsklasse (DIN EN 13501)	REI30, REI90, R120, RI60	300
Luftschallanforderung erf. R´w (DIN 4109)	[dB]	300
Trittschallanforderungen L'n,w (DIN 4109)	[dB]	300
Wärmeschutz (GEG 2023)	U-Wert [W/(m ² *K)]	300
Produktionsnummer	01,02,03,04,05, ...	400
Transportnummer	01,02,03,04,05, ...	400

Tabelle 5 - Eigenschaften und Ausprägungen von Stabbauteilen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Name	Rähm, Schwelle, Riegel, Pfosten, Strebe, Fußpfette, Sparren, Mittelpfette, Unterzug, Firstpfette, Dachlatte, Konterlatte, Latte, Träger, Fachwerkträger, Satteldachträger, Pultdachträger, Parallelträger, Bogenträger, Gekrümerträger, Fischbauchträger	200
Typ	Stab, Platte, Element	200
Geschoss	UG, EG, 1OG, 2OG, 3OG, ...	200
Faserrichtung	[Geometrie]	200
Material	Konstruktionsvollholz, Brettsperrholz, Brettschichtholz, Vollholz, Baubuche, HEA-Träger, HEB-Träger, HEM-Träger, IPE-Träger, U-Träger	200
Materialart	Fichte, Tanne, Lärche, Eiche, Buche, Kiefer, Ahorn, Esche, Akazie, Erle, Douglasie, Birke, Walnuss, Kirsche, S235, S355	200
Rohdichte (DIN 68384)	[kg/m ³]	200
Festigkeitsklasse (DIN EN 338/14080)	C16, C24, C30, C35, D30, D35, D40, D60, GL24h, GL24c, GL28h, GL28c, GL30h, GL30c, GL32h, GL32c	200
GUID	32 Ziffern, 4 Bindestriche	200
Bauabschnitt	01,02,03,04,05, ...	300
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	300
Oberflächenqualität (Qualität)	Nsi (Nicht sichtbar), Si (Nicht sichtbar)	300
Oberflächenbehandlung	UV-Lasur, Brandschutzanstrich, Korrosionsschutz,	300
Brennbarkeitsklasse (DIN EN 13501)	A1, A2, B, C, D, E, F	300
Wärmeleitfähigkeit	λ [W/(m*K)]	300
Sortierklasse (DIN 4074)	S7, S10, S13	300
Produktionsnummer	01,02,03,04,05, ...	400
Transportnummer	01,02,03,04,05, ...	400

Tabelle 6 - Eigenschaften und Ausprägungen von Plattenbauteilen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Name	Schalung, Beplankung, Dämmung, Putz, Bohle, Brett, Schüttung, Luftdichtdichtung, Winddichtung, DWD(Diffusionsoffene Wand und Dachplatte)	200
Typ	Stab, Platte, Element	200
Geschoss	UG, EG, 1OG, 2OG, 3OG, ...	200
Faserrichtung	[Geometrie]	200
Material	Brettsperrholz, Siebdruckplatte, Dreischichtplatte, OSB (Oriented Stand Board), Vollholz, Holzfaserplatte, Holzfaser-Dämmplatte, Zellulose, Stroh, Furnierschichtholz, Gipsfaserplatte, Gipskartonplatte, Mineralwolle, Glaswolle, Schafswolle, Expandiertes Polystyrol, Extrudiertes Polystyrol, Folie, Bitumen, Dreischichtplatte, Spanplatte, Schindeln, Kork, Gipsputz, Kalkputz, Kalkzementputz, Lehmputz, Kunstharzputz, Wärmedämmputz	200
Materialart	Fichte, Tanne, Lärche, Eiche, Buche, Kiefer, Ahorn, Esche, Akazie, Erle, Douglasie, Birke, Walnuss, Kirsche; A, AB, B, C, K(Dreischichtplatte); 1, 2, 3, 4(OSB); Imprägnierte Gipskarton-Bauplatte (GKBi), Gipskarton-Putzträger-Bauplatte (GKP), Gipskarton-Feuerschutzplatte (GKF), Imprägnierte Gipskarton-Feuerschutzplatte (GKFi)	200
Rohdichte (DIN 68384)	[kg/m ³]	200
Festigkeitsklasse (DIN EN 338/14080)	C16, C24, C30, C35, D30, D35, D40, D60, GL24h, GL24c, GL28h, GL28c, GL30h, GL30c, GL32h, GL32c	200
GUID	32 Ziffern, 4 Bindestriche	200
Bauabschnitt	01,02,03,04,05, ...	300
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	300
Oberflächenqualität (Qualität)	Nsi (Nicht sichtbar), Si (Nicht sichtbar); Q1, Q2, Q3, Q4 (Putz)	300
Oberflächenbehandlung	UV-Lasur, Brandschutzanstrich, Korrosionsschutz,	300
Brennbarkeitsklasse (DIN EN 13501)	A1, A2, B, C, D, E, F	300
Wärmeleitfähigkeit	λ [W/(m*K)]	300
Wasserdampfdiffusionswiderstand	Sd-Wert [m]	300
Anzahl der Schichten	1, 2, 3, 4, 5	300
Schichtstärke	[mm]	300
Sortierklasse (DIN 4074)	S7, S10, S13	300
Produktionsnummer	01,02,03,04,05, ...	400
Transportnummer	01,02,03,04,05, ...	400

Tabelle 7 - Eigenschaften und Ausprägungen von Verbindungsmitteln

Attribute	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Schraube, Nagel, Dübel, Bolzen, Zuganker, Balkenschuh, Schwalbenschwanz, Zapfen, Überblattung, Winkel, Windrispenband, Pfostenenträger, Sparrenpfettenanker, Sparrenfuß, Passverbinder	300
Geschoss	UG, EG, 1OG, 2OG, 3OG, ...	300
Bauabschnitt	01,02,03,04,05, ...	300
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, DA_001_01; Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	300
Material	Edelstahl, Stahl, Aluminium, Kupfer	300
Materialart	A1, A2, A3, A4, A5 (Edelstahl), S355, S235 (Stahl)	300
Oberflächenqualität	Galvanisiert, Feuerverzinkt, Verchromt	300
Brennbarkeitsklasse (DIN EN 13501)	A1, A2, B, C, D, E, F	300
Wärmeleitfähigkeit	λ [W/(m*K)]	300
Einbauort	Baustelle, Werk	300
GUID	32 Ziffern, 4 Bindestriche	200
Produktionsnummer	01,02,03,04,05, ...	400
Transportnummer	01,02,03,04,05, ...	400
Schweißnaht	Kehlnaht, I-Naht, V-Naht, DV-Naht, HV-Naht	400
Drehmoment	[Nm]	400

8.5 Vorfertigungs-bezogene Informationen des Fachmodells

Tabelle 8 - Eigenschaften und Ausprägungen von Fräsungen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Fräsen	400
Bearbeitungsseite	Links, Rechts, Mittig	400
Bearbeitungsrichtung	In Faserrichtung, Gegen Faserrichtung	400
Bestimmung der Bearbeitungstiefe	Getastet, Vakuum	400
Überschreitung der Bearbeitungslinien	Ja/Nein	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

Tabelle 9 - Eigenschaften und Ausprägungen von Sägeschnitten

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Sägen	400
Bearbeitungsseite	Links, Rechts, Mittig	400
Mit oder gegen die Faserrichtung	In Faserrichtung, Gegen Faserrichtung	400
Bestimmung der Bearbeitungstiefe	Getastet, Vakuum	400
Überschreitung der Bearbeitungslinien	Ja/Nein	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

Tabelle 10 - Eigenschaften und Ausprägungen von Bohrungen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Bohren	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

Tabelle 11 - Eigenschaften und Ausprägungen von Befestigungen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Befestigen	400
Bearbeitungsseite	Links, Rechts, Mittig	400
Einzubringendes Material	Nagel, Klammer, Schraube	400
Art des Einbringens	Geschossen, Gedrückt, Geschraubt	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

Tabelle 12 - Eigenschaften und Ausprägungen vom Dämmen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Dämmen	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

Tabelle 13 - Eigenschaften und Ausprägungen vom Riegelwerk/ Platten legen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	Riegelwerk legen, Platten legen	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

Tabelle 14 - Eigenschaften und Ausprägungen von Markierungen/ Beschriftungen

Attribute (Eigenschaften)	Ausprägung	Projektphase (LOD)
Typ	markieren, beschriften	400
Bauteilzugehörigkeits Nr.	AW_EG_001_01, IW_1.OG_001_01, Modulbau: AW_EG_A_001_01; AW = Außenwand, IW = Innenwand, DA = Dach, DE = Decke	400

9 Fazit

Dieses Forschungsprojekt hat die ersten Schritte unternommen und Untersuchungen durchgeführt, um einen maschinenlesbaren Industriestandard für Informationsmodelle im mehrgeschossigen Holzbau zu entwickeln. Dazu wurde das Fachmodell Holzbau als erstes Fachmodell des Industriestandards erstellt. Es ist wichtig zu betonen, dass dieses Fachmodell Holzbau lediglich einen Teil eines potenziellen maschinenlesbaren Industriestandards für Informationsmodelle im mehrgeschossigen Holzbau darstellt. Für die Vollständigkeit und der vollen Entfaltung des potenziales des angestrebten Industriestandards, müssen weitere Fachmodelle analysiert und implementiert werden.

Das Konzept, welches in diesem Projekt erarbeitet wurde, bietet eine Möglichkeit, einzelne Fachmodelle zu einem ganzheitlichen Industriestandard zusammenzuführen. Um sicherzustellen, dass dieser Industriestandard in der Praxis relevant ist und akzeptiert wird, ist eine enge Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der Bauindustrie unerlässlich.

Ein wichtiger nächster Schritt zur Überprüfung der praktischen Anwendbarkeit und Vollständigkeit des hier vorgestellten Fachmodells für den mehrgeschossigen Holzbau wäre ein Praxistest anhand eines realen Holzbauprojektes. Dies unterstreicht, dass die in dieser Forschungsprojekt präsentierten Ergebnisse lediglich einen Entwurf darstellen, der verdeutlichen soll, wie ein erstes Fachmodell für einen umfassenden Industriestandard erstellt werden kann und welche Inhalte dabei notwendig sind. Nachfolgend sollen die Erkenntnisse dargestellt werden.

9.1 Herausforderungen

Ein Teil des hier vorgestellten Konzeptes ist die Ausprägung. Ausprägungen beschreiben die Eigenschaften. Wenn die Eigenschaft „Material“ beispielhaft betrachtet wird, wird deutlich, wie vielfältig die möglichen Ausprägungen sein können. Selbst wenn es gelinge jedes Material in der Bauwirtschaft aufzulisten, wäre die nächste Herausforderung, sicherzustellen, dass jedes neue Material, das auf den Markt gebracht

wird, in den Standard aufzunehmen. Um das entwickelte Konzept zur Digitalisierung vollends umzusetzen, muss das tiefreichende Thema der Ausprägung vertieft behandelt werden, um den Ansprüchen des Konzeptes, Schlantheit und Anwendbarkeit, zu entsprechen.

9.2 Maschinenlesbarkeit

Das Fachmodell Holzbau, das im Rahmen dieses Projektes entwickelt wurde, entspricht einem analogen Model. Um den Fortschritt der Digitalisierung in der Baubranche zu fördern, ist es notwendig, das Fachmodell Holzbau in ein Datenaustauschformat zu integrieren. Wie bereits im Kapitel 2.3 und 5.3.1 behandelt, bietet der IFC als offenes Datenaustauformat, das von einer Non-Profit-Organisation verwaltet wird, die geeigneten Voraussetzung für die Implementierung eines allgemein zugänglichen Industriestandards. Zudem zeigt die durchgeführte Umfrage, dass viele Unternehmen in der Holzbaubranche bereits den IFC-Standard verwenden.

9.3 Ganzheitlichkeit des Industriestandards

Ein alleiniges standardisiertes Fachmodell hat für die Baubranche nur begrenzten Nutzen. Das in diesem Forschungsprojekt entwickelte Konzept zur Standardisierung des Informationsflusses im Holzbau erreicht seine volle Wirksamkeit durch die Ergänzung weiterer Fachmodelle. Um das volle Potenzial des zu entwickelnden Industriestandards auszuschöpfen, ist es notwendig, weitere Fachmodelle für beteiligte Planungsbereiche, wie z.B. der Architektur oder der Statik zu entwickeln.

Was auf den ersten Blick wie eine Einschränkung des Industriestandards erscheinen mag, erweist sich als seine Stärke. Es ist nicht erforderlich, alle Fachmodelle aller beteiligten Planungsbereiche für ein Holzgebäude gleichzeitig zu standardisieren, damit der Industriestandard sein Potenzial entfaltet. Es genügt, nach und nach Fachmodelle zu entwickeln. Jedes neue Fachmodell kann die Vorteile des Industriestandards nutzen und Informationen über ein Datenaustauschformat verlustfrei mit anderen bereits standardisierten Fachmodellen austauschen. Sofern für alle Bereiche Fachmodelle erstellt wurden, erhält der Standard seine Ganzheitlichkeit.

9.4 Potenzial des Industriestandards

Die Vorteile dieses Konzeptes sind vielfältig. Wie bereits geschildert, ist einer der größten Vorteile die Handbarkeit. Die Aufteilung in separate Fachmodelle macht die Generierung für Menschen greifbar und ermöglicht eine schrittweise Entwicklung.

Es ist anzunehmen, dass die Einführung eines Industriestandards für Informationsmodelle die Produktivität der Unternehmen steigern kann. Wie bereits beschrieben, liegt in einer zunehmend digitalisierten Bauindustrie eines der größten Potenziale zur Prozessoptimierung im unternehmensübergreifenden Datenaustausch. Aufgrund von Informationsverlusten werden derzeit viele Ressourcen aufgewendet, um Informationen, die bereits in einem Informationsmodell vorhanden waren, nach der Übermittlung an weitere Projektbeteiligte, erneut hinzuzufügen.

Durch die Vereinheitlichung von Attributen werden Daten nicht nur maschinenlesbar, zusätzlich entsteht der positive Effekt, dass alle Unternehmen dieselben Begriffe für Eigenschaften und Ausprägungen verwenden. Mit anderen Worten, die verwendete Fachsprache wird vereinheitlicht. Derzeit wird für jedes Bauprojekt, das nach der BIM-Methode umgesetzt wird, ein individueller BIM-Abwicklungsplan (BAP) erstellt, der unter anderem alle Informationen mit ihrem Detaillierungsgrad festlegt, die in ein Informationsmodell einfließen sollen. Durch die Einführung eines Informationsstandards könnte dieser Standard anstelle der wiederholten Festlegung in jedem neuen Projektvertrag verwendet werden. Die Projektbeteiligten müssten sich nicht immer wieder mit den im BAP festgelegten Informationen vollumfänglich auseinandersetzen. Durch die Standardisierung der zu verwendenden Attribute würden sich diese von Projekt zu Projekt nicht mehr maßgeblich unterscheiden.

9.5 Veröffentlichung und Verbreitung

In der Vergangenheit wurden bereits Beiträge über das Thema Digitalisierung und die Entwicklung eines Industriestandards für die Bauwirtschaft auf Social-Media-Plattformen sowie dem Business-Netzwerk LinkedIn über den offiziellen Institutskanal veröffentlicht.

Im Verlauf des Forschungsprojektes war durch den kontinuierlichen Austausch mit Vertretern der Holzbaubranche eine fortlaufende Informationsübermittlung über die Inhalte des Projektes gegeben. Darüber hinaus hat Herr Schwarzwälder als Koautor des Buches *Agile Digitalisierung im Baubetrieb* auf die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens Bezug genommen [9] S. 501–511.

Zukünftig ist geplant, weitere Veröffentlichungen sowohl auf den genannten Netzwerken als auch auf der Institutswebseite zu präsentieren. Zur Erhöhung der Aufmerksamkeit für das Projekt soll die Hochschule Biberach sowie Veranstaltungen der Praxispartner als Plattformen genutzt werden, um über das Thema zu referieren.

10 Literaturverzeichnis

- [1] SCHWARZWÄLDER, Hannes: *Die digitale Bauwirtschaft - Wege aus der Branchenlogik : Status Quo und Chancen der digitalen Transformation*. [S.l.] : Springer Vieweg, 2023
- [2] BUILDINGSMART DEUTSCHLAND E. V.: *Wer wir sind*. URL <https://www.buildingsmart.de/buildingsmart/wer-wir-sind>. – Aktualisierungsdatum: 2023-05-07 – Überprüfungsdatum 2023-05-14
- [3] ADOBE SYSTEMS SOFTWARE IRELAND LIMITED: *Vergleich der Dateiformate DWG und DXF*. URL <https://www.adobe.com/de/creativecloud/file-types/image/comparison/dwg-vs-dxf.html>
- [4] VDI 2552 Blatt 1. 07.2020. *Building Information Modeling - Grundlagen*
- [5] BUILDINGSMART DEUTSCHLAND E. V.: *Ziele und Arbeitsweise*. URL <https://www.buildingsmart.de/buildingsmart>
- [6] KYJANEK, Ondrej ; KRIEG, Oliver David ; SCHWINN, Tobias ; MENGES, Achim: *Mensch-Roboter-Kooperation im Holzbau: Potentiale für die Vorfertigung : Abschlussbericht*. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2020 (Forschungsinitiative Zukunft Bau F 3180)
- [7] KOHL, Holger ; BUNSCHOTEN, Raoul ; OERTWIG, Nicole ; KULICK, Christian ; BLACKBURN, Phoebe: *Studie zur Stärkung der Holzbau-wirtschaft und der Metropolregion Berlin-Brandenburg*. URL https://www.ipk.fraunhofer.de/content/dam/ipk/IPK_Hauptseite/dokumente/marktstudien/um-studie-holzbauwirtschaft-bb.pdf
- [8] HEINZE GMBH: *Was bedeutet LOD/LOI?* URL <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/modellinhalte/was-bedeutet-lod-loi-5285890>

-
- [9] HOFSTADLER, Christian (Hrsg.); MOTZKO, Christoph (Hrsg.): *Agile Digitalisierung im Baubetrieb : Innovative Wege zur Transformation und Best Practices*. [S.l.] : Springer Vieweg, 2024

11 Anlagen

11.1 Vorlage der Umfrage

Umfrage zu Informationen in einem Holzbau 3D-Modell

Erfassung der Informationen die in ein 3D-Modell
für ein mehrgeschossiges Holzhaus fließen

Forschung zum Thema Holzbau Industriestandard von der Hochschule Biberach, aus
dem Institut für innovatives Bauen und Projektmanagement unter der Leitung von
Prof. Dr.-Ing. Hannes Schwarzwälder

Unterstützt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Jonathan Bundies

Projektleiter für das Projekt „Industriestandard Holzbau“

bundies@hochschule-bc.de

1. Wo ist Ihr Geschäftssitz?
 - Deutschland
 - Österreich
 - Schweiz

2. Wie viele Mitarbeiter hat Ihr Unternehmen (ungefähre Angabe)?
 - ≤25
 - >25
 - >50
 - >75
 - >100

3. In welchen Bereichen ist Ihr Unternehmen tätig?
 - Ein- und Mehrfamilien Hausbau
 - Mehrgeschossiger Wohnungsbau
 - Sanierung
 - Modulbau
 - Gewerbebau
 - Sonstige

4. Welche Bauweise findet in Ihrem Unternehmen am häufigsten Anwendung?
 - Holzrahmenbau
 - Holzmassivbau
 - Holzskelettbau
 - Sonstige

5. Hat Ihr Unternehmen eine eigene Holzfertigung?
 - Ja
 - Nein

6. Wenn ja, mit welchen Anlagen von welchem Hersteller wird abgebunden?

7. Mit welcher CAD-Software arbeitet Ihr Unternehmen?

8. Welche Dateiformate werden für den Austausch von 3D-Modellen mit anderen Projektpartnern verwendet?

9. Die unten aufgeführte Tabelle ist die umfangreichste Aufgabe aber auch für unsere Forschung die wichtigste. Bei dieser Frage, möchte ich Sie bitten uns mitzuteilen, welche Informationen sie als Unternehmen in Ihr 3D Modell für den Holzbau einfließen lassen und warum. Ich würde Sie bitte diese Frage so ausführlich und so präzise wie möglich auszufüllen. Die ersten zwei Zeilen in Orange dienen als Beispiel. Sollten Ihnen die Zeilen in der Tabelle ausgehen, zögern Sie nicht welche hinzuzufügen.

Information/ Attribute	Information/ Attribut Beschreibung	Projektphase	Relevanz für weitere Projektbeteiligte
Eindeutige Bauteilbezeichnung	01_Elementtype_Geschoss 01_AW_1OG Die Nummer ist fortlaufend, es gibt nur ein Bauteil mit der Nummer 1	Vergabe bei Erstellung des Bauteils	Relevanz für die Werkplanung, Übersichtlichkeit für jeden der mit dem 3D-Modell arbeitet
Material/Festigkeitsklasse	Verknüpft mit der Bauteilfarbe sind die Informationen	Projekt wird umgesetzt,	Relevant für Bauphysiker, Statiker

	hinterlegt für Material, Festigkeitsklasse, Rohdichte.	Detailplanung beginnt	