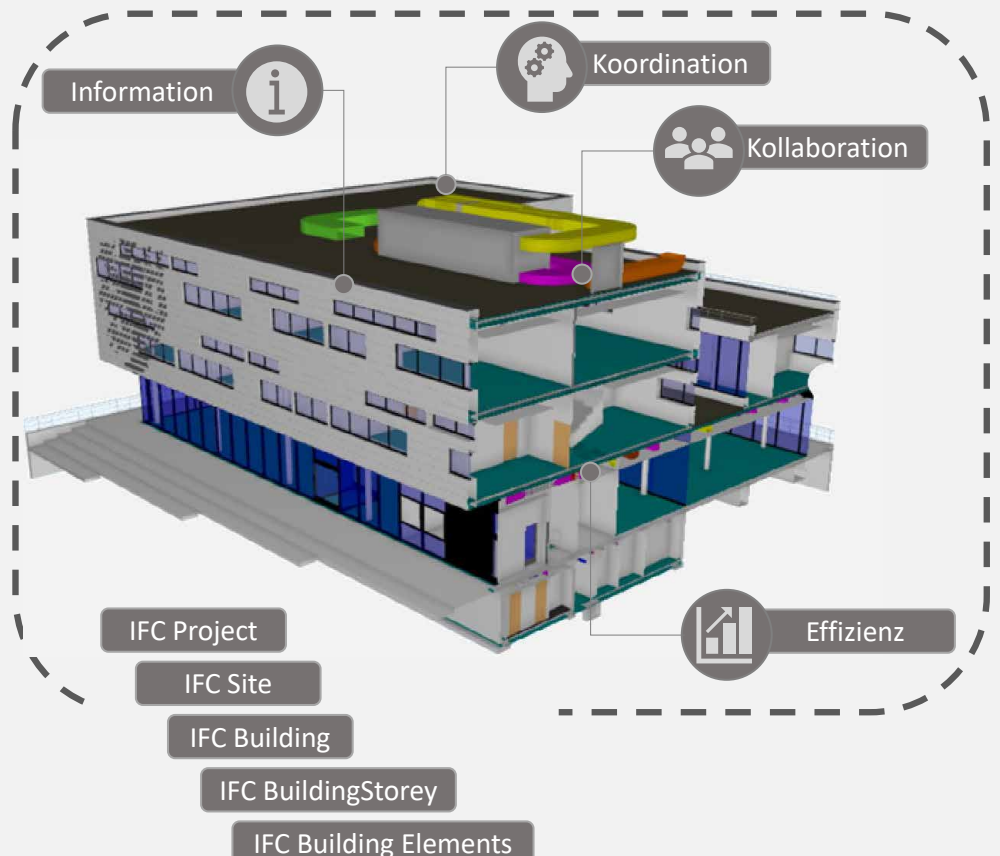


BBSR-
Online-Publikation
43/2023

Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie

von

Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Anica Meins-Becker
Daiki John Feller
Gamze Hort
Felix Butenhof
Agnes Kelm
Zhiwei Meng
Dr.-Ing. Abdelmoumen Norrdine



Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-18.28

Projektlaufzeit: 03.2019 bis 11.2021

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Fachbetreuerin

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung und Innovation im Bauwesen“
Verena Kluth
verena.kluth@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

Bergische Universität Wuppertal
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft / BIM-Institut

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Helmus
helmus@uni-wuppertal.de

PD Dr.-Ing. habil. Anica Meins-Becker
a.meins-becker@uni-wuppertal.de

Daiki John Feller, M. Sc.
Gamze Hort, M. Sc.
Felix Butenhof, M. Sc.
Agnes Kelm, M. Sc.
Zhiwei Meng, M. A.

Technische Universität Darmstadt
Dr.-Ing. Abdelmoumen Norrdine

Redaktion

Bergische Universität Wuppertal

Stand

September 2022

Gestaltung

Bergische Universität Wuppertal

Bildnachweis

Titelbild: Bergische Universität Wuppertal

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Helmus, Manfred; Meins-Becker, Anica; Feller, Daiki John; Hort, Gamze; Butenhof, Felix; Kelm, Agnes; Meng, Zhiwei; Norrdine, Abdelmoumen, 2023: Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie. BBSR-Online-Publikation 43/2023, Bonn.

Genderhinweis

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird im vorliegenden Forschungsbericht das generische Maskulinum bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen (zum Beispiel Nutzer, Planer) verwendet. Dies impliziert keine Benachteiligung des weiblichen sowie weiterer Geschlechter, sondern ist im Sinne der sprachlichen Vereinfachung und der Lesbarkeit als geschlechtsneutral zu verstehen.

Inhaltsverzeichnis

Genderhinweis	4
Inhaltsverzeichnis	5
1 Zielsetzung und Projektaufbau	6
1.1 Ausgangssituation	6
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Projektumsetzung.....	8
1.4 Fördermittelgeber und Praxispartner	8
1.5 Inhaltliche Einordnung zu weiteren Forschungsprojekten	9
2 Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie	11
2.1 Kategorisierung und Analyse der bereitgestellten Modellierungsrichtlinien	11
2.1.1 Analyse der Struktur der Modellierungsrichtlinien	12
2.1.2 Analyse des Inhaltes der Modellierungsrichtlinien	12
2.1.3 Schnittmengen zwischen den bereitgestellten Modellierungsrichtlinien	15
2.1.4 Differenzen zwischen den bereitgestellten Modellierungsrichtlinien	15
2.2 Ableitung des Regelungsbedarfes	15
2.3 Entwicklung der standardisierten Modellierungsrichtlinie	16
2.3.1 Konzept einer Basis-Modellierungsrichtlinie	16
2.3.2 Hauptdokument zur Modellierungsrichtlinie	17
2.3.3 Anlagen zur Modellierungsrichtlinie	32
2.4 BIM-Anwendungsfälle im Kontext der BIM-Modellierungsrichtlinie	35
2.4.1 Status Quo BIM-Anwendungsfälle.....	35
2.4.2 Grundlagenmodell als Basis für BIM-Anwendungsfälle	36
2.5 Validierung der BIM-Modellierungsrichtlinie	36
2.5.1 Aufbau, Rahmen und Inhalte der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie.....	37
2.5.2 Fazit der Validierung entlang der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie	39
3 Entwicklung einer Datenbank und technischer Lösungsansätze	41
3.1 Entwicklung einer Datenbank.....	41
3.1.1 PostgreSQL.....	41
3.1.2 Datenbankmodellierung	41
3.1.3 Datenabfragen und -ausgabe	44
3.1.4 Bereitstellung der Datenbank	48
3.2 Entwicklung und Nutzung von technischen Lösungsansätzen im Kontext der Methode BIM.....	48
3.2.1 Import in Autorensoftware	49
3.2.2 Erstellung von Model View Definitions.....	51
3.2.3 Solibri-Prüfregeln	52
4 Fazit und Ausblick	54
5 Literaturverzeichnis	55
6 Abkürzungsverzeichnis	56
7 Abbildungsverzeichnis	57
8 Tabellenverzeichnis	58
9 Anlagen	59

1 Zielsetzung und Projektaufbau

Im nachfolgenden Kapitel wird auf die Motivation für die Entwicklung und Bereitstellung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie für Bauwerksdatenmodelle eingegangen (vgl. Kapitel 1.2); hierfür wird im Vorfeld der gelebte Status Quo beschrieben, auf dem das Projekt aufbaut (vgl. Kapitel 1.1). Anschließend wird auf die Projekt- und Arbeitsstruktur für die Entwicklung der Modellierungsrichtlinie eingegangen (vgl. Kapitel 1.3) sowie Fördermittelgeber und Praxispartner vorgestellt (s. Kapitel 1.4). Abschließend wird das vorliegende Projekt im Gesamtkontext der Forschungsbestrebungen und -arbeiten des BIM-Teams der Bergischen Universität Wuppertal (BUW) eingeordnet (s. Kapitel 1.5).

1.1 Ausgangssituation

Die Digitalisierung und die damit verbundene Entwicklung digitaler Technologien und Prozesse spielen eine immer zentraler werdende Rolle im notwendigen Wandel der Bauindustrie. Innovationen ermöglichen neue Funktionalitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Projektentwicklung über die Planung, Realisierung und den Betrieb einer Immobilie bis hin zum Rückbau dieser. Building Information Modeling (BIM), das Management aller relevanten Informationen einer Immobilie in einem Bauwerksdatenmodell, rückt dabei in den Fokus dieses Wandels: Die Anwendung dieser Methode ermöglicht unter anderem ein konsistentes und einheitliches Informationsmanagement sowie die Schaffung einer transparenten und sauberen Kommunikations- und Kollaborationsbasis über sämtliche Lebenszyklusphasen der betrachteten Immobilie. Infolge der wesentlichen Position, die das Bauwerksdatenmodell innerhalb der Methode BIM einnimmt, sind die Anforderungen an ebendiese ein vor der Modellierung zu definierender Gegenstand. Dabei ist die Beschreibung von Koordinationsvorgaben für ein anforderungsgerechtes Zusammenführen von Fachmodellen zu einem Koordinationsmodell sowie weiterer grundlegender Modellierungsvorgaben nur ein Beispiel, das erfasst, dokumentiert und vereinbart werden muss.

Da diese Modellierungsanforderungen von Projekt zu Projekt in Bezug auf die Detaillierung und verwandte Aspekte individuell ausgeprägt sein können, der Modellierungsprozess per se aber innerhalb eines Unternehmens einen gewissen Standard verfolgt, sind einige Unternehmen hierfür intern dazu übergegangen, eigene Modellierungsrichtlinien zu entwickeln, welche diese Sachstände dokumentieren und für auszuführende Projekte zugrunde gelegt werden. Diese Modellierungsrichtlinien beschreiben in der Regel die entwickelte und gelebte Best Practice des jeweiligen Unternehmens und stellen in einigen Fällen gewachsene CAD-Anwendungsanleitungen dar. Neben Unterschieden beim inhaltlichen Fokus sind dabei auch variierende Detaillierungsgrade betreffend Projektorganisation, Modellstruktur und/oder Modellelementen bei den Institutionen zu beobachten. Hierdurch ergibt sich insgesamt ein heterogener Ansatz, auf dessen Grundlage die einzelnen Unternehmen arbeiten. Weiterhin werden diese Modellierungsrichtlinien zumeist als Unternehmensressource intern behalten, sodass keine über die eigenen Vertragspartner und Projekte hinausgehende Anwendung angedacht ist oder stattfindet. Infolge möglicher, proprietärer Prozesse für die Modellierung samt weitergehender Rahmenbedingungen (genutzte Autorensoftware, nationaler oder internationaler Fokus der Arbeiten etc.) ergibt sich für den Fall einer öffentlich frei verfügbaren Unternehmensmodellierungsrichtlinie die Notwendigkeit der Adaption dieser an eigene Prozesse und Softwareumgebungen, welche sich in Aufwänden äußert und eine einfache Übernahme fremder Modellierungsrichtlinien in den eigenen Modellierungsworkflow erschwert.

Das notwendige Wissen, welches in einer solchen Richtlinie abgebildet würde, wird durch das bearbeitende Personal angewandt, akkumuliert, fortgepflegt und vermittelt, wodurch sich ein interner, nicht-dokumentierter Standard für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen entwickelt; ein möglicher Abgang dieses Personals stellt dabei in der Regel einen Wissens- und dementsprechend einen Ressourcenverlust dar. Für die Möglichkeit, solche Modellierungsrichtlinien intern zu entwickeln und fortzuschreiben, bedarf es in Unternehmen darüber hinaus Kapazitäten. Für kleine und mittlere Unternehmen können sich dahingehend Problematiken entwickeln, sodass der unmittelbare Bedarf eines solchen Dokumentes erkannt wird, die Umsetzung, eine eigene Modellierungsrichtlinie zu erstellen, weiterzuentwickeln und zu pflegen, jedoch bedingt oder gegebenenfalls gar nicht möglich ist.

Infolge des beschriebenen Sachverhalts wird die Bereitstellung einer einheitlichen, standardisierten Modellierungsrichtlinie im Kontext der Methode BIM essentiell und notwendig. Die Darlegung eines solchen Dokumentes bietet eine Grundlage für ein einheitliches Verständnis und eine transparente Kommunikation sowie einen Ansatzpunkt für die Verbesserung modellierungsbezogener Prozesse. Die Entwicklung und Bereitstellung

über eine neutrale Instanz gewährleistet dabei weitestgehend Produktneutralität sowie die Freiheit von unternehmenseigenen Prozessen. Eine in Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis erarbeitete BIM-Modellierungsrichtlinie vereint weiterhin den aktuellen Stand der Technik mit der notwendigen Praxistauglichkeit und bietet dadurch einen Mehrwert für die Wertschöpfungskette Bau sowie die Bauindustrie.

1.2 Zielsetzung

Ziel des gegenständigen Forschungsprojektes war die Entwicklung und Bereitstellung einer Modellierungsrichtlinie für die Erstellung von standardisierten Bauwerksdatenmodellen im Kontext der Methode. Diese Modellierungsrichtlinie definiert und bedient einen festgelegten Regelungsbedarf allgemeingültig und eindeutig. Die entwickelte Modellierungsrichtlinie unterscheidet dabei zwischen verschiedenen Gliederungsstufen eines Bauwerksdatenmodells und beschreibt jeweilig entsprechende Anforderungen an diese. Ein auf Grundlage der entwickelten Modellierungsrichtlinie erstelltes Bauwerksdatenmodell ist dabei allgemeingültig und frei von Anforderungen aus BIM-Anwendungsfällen. Das heißt, dass nur grundlegende, allgemeine Anforderungen an das Projekt als Ganzes, die Koordination und die Detaillierung (sowohl für geometrische als auch nicht-geometrische Informationen) beschrieben werden; jeder BIM-Anwendungsfall kann auf diesem erstellten Bauwerksdatenmodell aufbauen, wobei weitere spezifische Anforderungen zu formulieren und integrieren sind.

Infolge der Bereitstellung einer solchen Modellierungsrichtlinie erhalten verschiedene Institutionen Anwendungsmöglichkeiten: Unternehmen, die bereits über ein artgleiches Dokument verfügen, erhalten die Option des Vergleichs mit einer in Zusammenarbeit aus der Praxis und Wissenschaft entwickelten BIM-Modellierungsrichtlinie. Die so gegebenen externen Anregungen können folglich dafür genutzt werden, den eigenen Modellierungsstandard zu hinterfragen, optional zu prüfen, zu validieren und zu bestätigen oder gegebenenfalls anzupassen. Unternehmen, die in der Vergangenheit nicht auf Grundlage einer (eigenen) Modellierungsrichtlinie für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells gearbeitet haben, finden mit dem Ergebnis dieses Forschungsprojektes eine Arbeitsgrundlage sowie Anhalts- und Ausgangspunkte, um eine interne Entwicklung anzustoßen. Die entwickelte Modellierungsrichtlinie ist dementsprechend als Leitfaden und Handreichung zu verstehen, die als Grundlage für die institutionsinterne Neu-, Fort- und Weiterentwicklung dient. Eine Angleichung der bereitgestellten BIM-Modellierungsrichtlinie inklusive Erweiterung oder Reduktion der Inhalte auf die eigenen Prozesse, Anwendungen und das jeweilige Projekt ist dabei notwendig. Darüber hinaus wird durch die Definition von Anforderungen an ein Bauwerksdatenmodell und damit zusammenhängend an den Modellierungsvorgang eine Vereinheitlichung der Projekt- und Modellstruktur sowie des Informationsgehaltes von Modellen angestrebt, welche sich unter anderem in einer Steigerung der Transparenz und Konsistenz sowie der Schaffung einer einheitlichen Arbeits- und Kommunikationsbasis äußert. Eine Verwendung der entwickelten BIM-Modellierungsrichtlinie als Teil der Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) ist daher denkbar, da eine klare Definition der Informationsanforderungen auf Modellelementebene sowie eine Zuordnung der zuständigen Verantwortlichkeitssphären bereitgestellt wird. Eine saubere, konsistente und klare Kommunikationsgrundlage für Modellierungsleistungen wird damit eröffnet.

Das vorliegende Forschungsprojekt gliedert sich weiterhin in die bisherige Forschungsmethodik vergangener Forschungsprojekte der Bergischen Universität Wuppertal im Kontext der BIM-Methode ein: Als zentrale Forschungsfrage über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie steht im Fokus, wer welche Informationen mit welchem Detaillierungsgrad verfügbar machen muss, sodass diese Informationen zeitpunkt- und anforderungsgerecht zur Verfügung stehen und weitergenutzt werden können. Hieraus lassen sich spezifische fachliche Informationsflüsse identifizieren. Als Plattform der so definierten fachlichen Prozesse dient das Prozessmodell des Instituts für das Management digitaler Prozesse für die Bau- und Immobilienwirtschaft / BIM-Institut der Bergischen Universität Wuppertal (s. hierzu Grundlagenbericht¹). Inhalte aus vorausgegangenen Forschungsprojekten wurden daher im Rahmen des gegenständigen Forschungsprojektes berücksichtigt. Weiterhin dienen die im weiteren Verlauf des Endberichtes dargestellten Inhalte als Input für parallellaufende und nachfolgende Forschungsfragen und -projekte.

¹ Abrufbar in der aktuellsten Version über <https://biminstitut.uni-wuppertal.de/de/forschung/download-bereich/forschungsprojekte.html>

1.3 Projektumsetzung

Das Forschungsprojekt wurde mit einer ursprünglichen Laufzeit von 18 Monaten im März 2019 gestartet. Der Fokus des Forschungsprojektes lag für diesen Zeitraum auf der Entwicklung einer allgemeingültigen Modellierungsrichtlinie für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen im Kontext der Methode BIM. Als Grundlage hierfür dienten Modellierungsrichtlinien teilnehmender Partner aus der Praxis mit unterschiedlichen Geschäftstätigkeiten, darunter Architekten, Bauunternehmer und Softwarehersteller.

Infolge identifizierter Potentiale, welche sich aus der Weiterentwicklung der Inhalte des Regelprojektes ergaben, wurde das Projekt um insgesamt 15 Monate aufgestockt. Ziel der Aufstockung war es, die Inhalte der entwickelten Modellierungsrichtlinie technisch zugänglicher zu machen, indem die Inhalte in eine Datenbank übergeben wurde. Hierdurch versprechen sich die Autoren zum einen, die Inhalte flexibler und anforderungsgerechter bereitstellen zu können, unter anderem durch die Entwicklung von Parsern, welche den Import der aus der Datenbank exportierten Inhalte in beispielsweise eine Autorensoftware ermöglichen. Auf der anderen Seite wird durch die Erweiterung des Interfaces des ILC-Tools (vgl. Forschungsprojekt „Informationslieferungscontrolling“, s. Kapitel 1.5) um die Datenbank eine geschlossene Anwendung bereitgestellt, die den Informationsbereitstellungsprozess ganzheitlicher betrachtet und diesen für den Anwender verschlankt (vgl. Kapitel 3.1).

Im weiteren Verlauf wird auf die Beschreibung der ursprünglichen Arbeitspaketplanung verzichtet, da diese starre Herangehensweise durch eine dynamische bei der Bearbeitung des Forschungsprojektes und dessen Inhalten im Zuge der Arbeiten ersetzt wurde. Inhaltlich lässt sich das Forschungsprojekt in folgende vier Thematiken aufteilen, welche inhaltlich ineinander übergehen:

1. Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie (2.3),
2. Entwicklung einer Datenbank (Kapitel 3.1),
3. Erstellung von technischen Lösungen für Importe und Prüfungen (Kapitel 3.2) sowie
4. Validierung der Modellierungsrichtlinie (Kapitel 2.5).

1.4 Fördermittelgeber und Praxispartner

Das vorliegende Forschungsprojekt wurde aus Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) gefördert. Das bewilligte Fördervolumen betrug 415.583,99 Euro bei einem geplanten Projektvolumen von 672.801,76 Euro.



Abbildung 1: Fördermittelgeber des Forschungsprojektes

Im Rahmen des Forschungsprojektes arbeiteten drei Lehrstühle zweier deutscher Universitäten zusammen: Das BIM-Team des Lehr- und Forschungsgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft wurde während der Projektlaufzeit in das neu gegründete BIM-Institut der Bergischen Universität Wuppertal überführt, übernahm dabei die Projektleitung und wurde unterstützt vom Lehrstuhl für Darstellungsmethodik und Entwerfen (ebenfalls Bergische Universität Wuppertal) sowie dem Institut für Baubetrieb der Technischen Universität Darmstadt.



Abbildung 2: Beteiligte Universitäten des Forschungsprojektes

Aus der Praxis heraus wurde das Forschungsteam durch 11 Praxispartner unterschiedlicher Tätigkeitsfelder, darunter Planung und Bauausführung, und Projektrollen innerhalb der Bauindustrie unterstützt. Namentlich mitgearbeitet haben (alphabetische Reihenfolge, Logos s. Abbildung 3):

- auxalia GmbH
- BIMsystems GmbH
- DEUBIM GmbH
- Firmengruppe Max Bögl
- Gerber Architekten GmbH
- HOCHTIEF Infrastructure GmbH
- Implenia Holding GmbH
- Koschany + Zimmer Architekten GmbH
- mg Architekt
- PERI GmbH
- RKW Architektur + Rhode Kellermann Wawrowsky GmbH

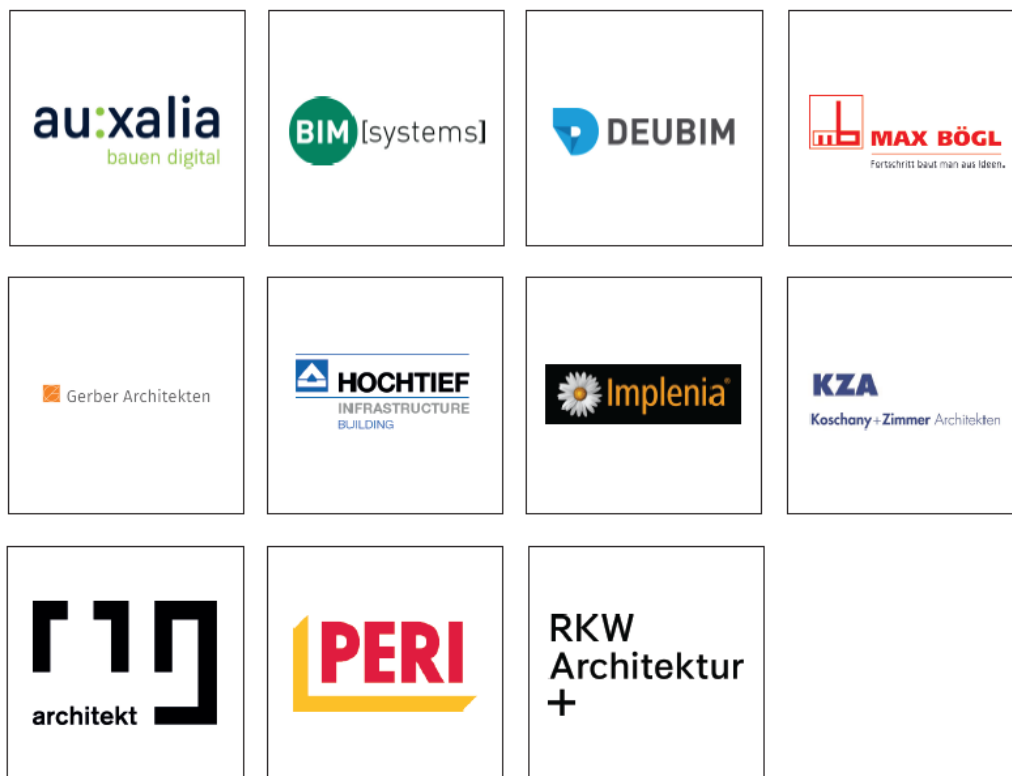


Abbildung 3: Beteiligte Praxispartner des Forschungsprojektes

Im Rahmen der Entwicklung des Anforderungskatalogs TGA (vgl. 2.3.3.3) wurden die Forschungsnehmer intern durch das BIM-Labor der Bergischen Universität Wuppertal sowie extern durch weitere Unternehmen mit dem Tätigkeitsfeld der Planung der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) unterstützt; namentlich waren diese (alphabetische Reihenfolge):

- CAD-Agentur Lehmann,
- Julius Berger International GmbH sowie
- OBERMEYER Gebäudeplanung GmbH & Co. KG.

1.5 Inhaltliche Einordnung zu weiteren Forschungsprojekten

Das BIM-Institut der Bergischen Universität Wuppertal beschäftigt sich mit der Anwendung der Methode BIM bei Betrachtung des gesamten Lebenszyklus'. Infolgedessen wurden und werden verschiedene Projekte zu diesem Themenkomplex durchgeführt; direkt im Zusammenhang mit dem vorliegenden Forschungsprojekt stehende, laufende Forschungsvorhaben und -kooperationen werden nachfolgend in Kürze vorgestellt (alphabetische Reihenfolge).

- **BIM-Effizienz** (Kurztitel)
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 01/2021 bis 06/2022
Entwicklung eines Standardprozessmodells für das BIM-basierte Kostenmanagement, anhand dessen ein quantitativer Nachweis der Effizienz- und Effektivitätsvorteile der BIM-Methode für das Kostenmanagement gegenüber konventioneller Projektdurchführung erfolgt und gemessen wird.
- **Entwicklung einer standardisierten Struktur für BIM-Anwendungsfälle**
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 03/2019 bis 08/2019
Entwicklung einer praxistauglichen Struktur für BIM-Anwendungsfälle für die Harmonisierung des zu beschreibenden Definitionsgehalts. Die Struktur dient weiterhin als Grundlage für die Vereinheitlichung des bisher heterogenen Verständnisses von BIM-Anwendungsfällen.
- **Entwicklung eines Leitfadens zur Erstellung der BIM-basierten AIA und des BAP sowie eines Informationslieferungscontrollings zur digitalen Erfassung, Kontrolle, Steuerung und Dokumentation von Informationen** (Langtitel; Kurztitel: Informationslieferungscontrolling)
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 03/2019 bis 08/2019
Entwicklung eines projektbegleitenden Controllinginstrumentes auf Demonstratorniveau sowie Strukturierung der Anforderungen an Datenanforderungen und -lieferung bei BIM-basierten Bauvorhaben, dazu inhaltliche und strukturelle Definition von AIA und BAP.

Darüber hinaus bestehen weitere Zusammenhänge zu Forschungsprojekten des Forschungsnehmers, welche sich infolge der Natur des gegenständigen Projektergebnisses der Beschreibung von Anforderungen an ein jeweiliges Bauwerksdatenmodell in einem neutralen Kontext ergeben: Die Forschungsarbeiten des Lehr- und Forschungsgebiets Baubetrieb und Bauwirtschaft sowie des Instituts für das Management digitaler Prozesse in der Bau- und Immobilienwirtschaft konzentrieren sich auf Forschungsfrage- und Forschungsproblemstellungen rund um den Lebenszyklus eines Bauwerks beziehungsweise einer Immobilien, getrieben aus (informations-)prozessualer Sicht. Dem zugrunde liegt dabei in der Regel ein Bauwerksdatenmodell, welches als Quell- und/oder Zielsystem für den betrachteten Informationsfluss dient. Durch die allgemeingültige und neutrale Beschreibung dieses allgemeingültigen Bauwerksdatenmodells, frei von weiteren, spezifischen Anforderungen, welche nicht aus der reinen Modellierung erfolgen, kann dieses für sämtliche Forschungsfragen zugrunde gelegt und um entsprechende Anforderungen angereichert und herangezogen werden. In diesem Zusammenhang können diese Betrachtungen beziehungsweise Perspektiven aus den Forschungsprojekten mit BIM-Anwendungsfällen gleichgesetzt werden, welche auf Grundlage des allgemeingültig beschriebenen Bauwerksdatenmodells weiter beschrieben werden. Dieser Argumentation folgend steht das Forschungsprojekt „Entwicklung einer standardisierten Struktur für BIM-Anwendungsfälle“ im direkten Zusammenhang (Nutzung des allgemeingültigen Bauwerksdatenmodells als Grundlage für BIM-Anwendungsfälle im Allgemeinen) und entsprechende, weitere Forschungsprojekte (aktuelle und aus der jüngsten Vergangenheit) im indirekten Zusammenhang mit dem gegenständigen Forschungsprojekt. Indirekt im Zusammenhang stehende Forschungsprojekte des Forschungsnehmers sind (alphabetische Reihenfolge):

- **BIM2DigitalTWIN**
Fördermittelgeber: German Council of Shopping Centers, Bergische Universität Wuppertal und Partnerunternehmen, Projektlaufzeit: 07/2018 bis 07/2020
Aufzeigen bestehender Methoden und Möglichkeiten zur Verwendung von Bauwerksdatenmodellen im Property- und Asset-Management für das Betreiben von Shopping-Centern unter Berücksichtigung bestehender Commercial digitalTWIN-Ansätze sowie deren Weiterentwicklungen.
- **BIM-basiertes Betreiben** (Kurztitel)
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 09/2017 bis 12/2019
Erfassung der relevanten Informationen eines für den Immobilienbetrieb ausgerichteten Bauwerksdatenmodells auf Attributebene für das technische und infrastrukturelle Gebäudemanagement sowie die Definition der Datenaustauschanforderungen. Untersuchung der Datendurchgängigkeit und -nutzbarkeit eines Bauwerksdatenmodells in CAFM-Anwendungen.
- **BIM-basiertes Risikomanagement** (Kurztitel)
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 03/2019 bis 08/2021

Das Forschungsvorhaben „Maßnahmen zur Umsetzung eines effizienten Projektrisikomanagements durch Einsatz der Methode BIM“ soll Risikomanagementprozesse mit einer auf Bauwerksinformationsmodellen (BIM) basierten Planung verknüpfen. Dafür werden Risiken auf Seiten der Bauherren und der Bauunternehmen betrachtet. Während auf Bauherrenseite der gesamte Planungs- und Bauprozess untersucht wird, liegt bei der Risikoanalyse auf Bauunternehmensseite der Fokus auf der Realisierungsphase. Ziel ist es, das Risikomanagement als effektives Projektsteuerungsmittel zu stärken und in die BIM-Methode zu integrieren, um die Risiken bei Bauvorhaben zu verringern. Das Forschungsprojekt BIM-basiertes Risikomanagement entwickelt eine konkrete BIM-Anwendung für das gegenständige Forschungsprojekt, da dort die relevanten Informationsanforderungen zur Risikobewertung gesammelt und strukturiert werden.

- **LivingLab Gebäudeperformance** (Kurztitel)

Fördermittelgeber: Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) „Investition in Wachstum und Beschäftigung“ in Verbindung mit Landesmitteln des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen (MHKBG NRW), Projektlaufzeit: 11/2017 bis 10/2020

Aufzeigen von Methoden durch konsequente Informationsvernetzung, Definition, Überprüfung von Gebäudequalität sowie kontinuierlicher Qualitätssicherung für die Verbesserung der Performance von Nichtwohngebäuden im Betrieb sowie die Reduzierung der Umweltbelastung durch effiziente Dekarbonisierung und Energieversorgung.

Die nachfolgende Abbildung 4 ordnet die mit dem gegenständigen Forschungsprojekt zusammenhängenden (laufenden wie abgeschlossenen) Forschungsprojekte und -kooperationen der Bergischen Universität Wuppertal den zugehörigen Immobilienlebenszyklusphasen und Detaillierungsgraden zu: Die vertikale Achse bildet den inhaltlichen Detaillierungsgrad, auf der horizontalen Achse der Abbildung befinden sich dabei die Lebenszyklusphasen einer Immobilie, denen die Forschungsprojekte zugeordnet sind.

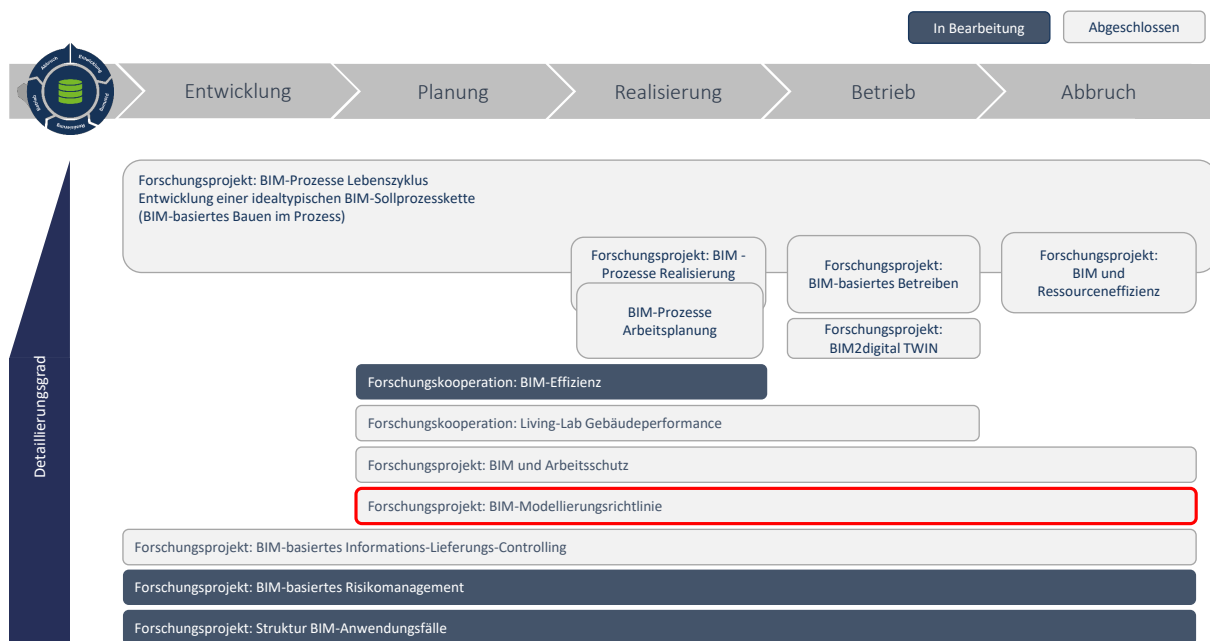


Abbildung 4: Übersicht und Eingliederung der BUW-Forschungsprojekte im Immobilienlebenszyklus

Der vorliegende Endbericht stellt die durchgeführten Aktivitäten und Überlegungen sowie die entstandenen Ergebnisse zum Forschungsprojekt dar. Es wird an dieser Stelle zudem auf den Grundlagenbericht der BUW verwiesen, der detailliert das an der BUW entwickelte Prozessmodell und die dafür notwendigen Grundlagen erläutert. Weiterhin werden im Verlaufe des Berichtes gegebenenfalls Begrifflichkeiten genutzt, die im Glossar des Grundlagenberichtes definiert sind. Infolge der lebenden Thematik von BIM, mit immer fortschreitenden Erkenntnissen und Ergebnissen, wird der Grundlagenbericht fortlaufend aktualisiert. Der aktuelle Stand ist über die Homepage des BIM-Instituts der BUW abrufbar.² Darüber hinaus finden sich dort auch weitergehende Informationen zu allen abgeschlossenen Forschungsaktivitäten zur Methodik BIM

² Abrufbar über <https://biminstitut.uni-wuppertal.de/de/forschung/download-bereich.html>

2 Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie

In den nachfolgenden Abschnitten wird auf die Herleitung des Regelungsbedarfes, welcher durch eine Modellierungsrichtlinie bedient wird, sowie die Herangehensweise für die Erstellung der entsprechenden Inhalte des identifizierten Regelungsbedarfs eingegangen (vgl. Kapitel 2.1). Darauf aufbauend wird das im Rahmen des Forschungsprojektes erstellte Dokument, aufgeteilt in das Hauptdokument (vgl. Kapitel 2.3.2) und entsprechende Anlagen (vgl. Kapitel 2.3.3), vorgestellt. Anschließend wird auf den Zusammenhang zwischen der entwickelten Modellierungsrichtlinie und BIM-Anwendungsfällen im Allgemeinen (vgl. Kapitel 2.4) und die Validierung der Modellierungsrichtlinie (vgl. Kapitel 2.5) eingegangen.

2.1 Kategorisierung und Analyse der bereitgestellten Modellierungsrichtlinien

Für die Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie wurde zunächst der Regelungsbedarf, welcher eine Modellierungsrichtlinie im Allgemeinen absteckt, identifiziert. Hierfür konnten die Teilnehmer auf Modellierungsrichtlinien vieler teilnehmender Praxispartner zurückgreifen, da diese bereits vor Beginn des Forschungsprojektes über ein solches Dokument verfügten. Diese Modellierungsrichtlinien entstammen in vielen Fällen CAD-Anleitungen, welche mit zunehmender Anwendung weitergewachsen sind. Unternehmen, die über keine dedizierte Modellierungsrichtlinie verfügten, wurden in diesem Zusammenhang interviewt, sodass über diesen Weg der Modellierungsstandard des jeweiligen Unternehmens festgehalten werden und in die weitere Bearbeitung eingehen konnte.

Allgemein sind die erhaltenen Inhalte als Best Practice des jeweiligen Unternehmens anzusehen und können entsprechend unterschiedlich ausfallen. Diese unterschiedlichen Ausprägungen und Herangehensweisen sind auf verschiedene Einflüsse zurückzuführen, darunter zum Beispiel die genutzte Autorensoftware und allgemein das Leistungsspektrum, welches das Unternehmen erbringt. Für die Ableitung des Regelungsbedarfs wurden Kategorien für die Einordnung der Inhalte aus den jeweiligen Modellierungsstandards erarbeitet (s. Abbildung 5). Die identifizierten Kategorien wurden dann priorisiert und anschließend im Austausch mit den Praxispartnern diskutiert, sodass hier im Anschluss der formale Rahmen für die zu entwickelnde Modellierungsrichtlinie geschaffen wurde. Die Kategorien umfassen dabei:

- Kategorie Strukturen, unter anderem
 - Struktur der Richtlinie: Betrachtet den formalen Aufbau des Dokumentes
 - Struktur des Projektes: Betrachtet den beschriebenen strukturellen Aufbau des Projektes
 - Struktur des Modells: Betrachtet den beschriebenen strukturellen Aufbau des beschriebenen Bauwerksdatenmodells
- Kategorie Ziel: Betrachtet die Motivation für die Erstellung, Weiterentwicklung und Bereitstellung einer Modellierungsrichtlinie

- Kategorie Inhalte, unter anderem
 - Klassifizierungssystem: Betrachtet die genutzten Klassifizierungssysteme innerhalb einer Modellierungsrichtlinie
 - Modellelementinformationen: Betrachtet die beschriebenen Informationen je Modellelement

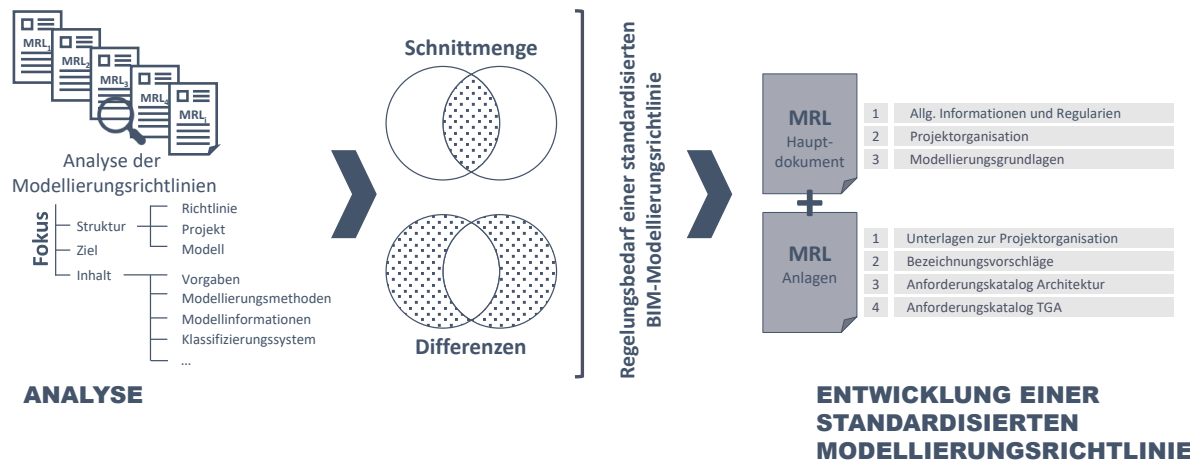


Abbildung 5: Vorgehensweise zur Ermittlung des Regelungsbedarfes von Modellierungsrichtlinien

Die Kategorisierung diente neben der Identifizierung der thematischen Rahmenbedingungen, welche in eine Modellierungsrichtlinie einfließen, auch der Vorbereitung der Inhalte für die anschließende Analyse dieser Inhalte. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Analyse dargestellt.

2.1.1 Analyse der Struktur der Modellierungsrichtlinien

Die zur Verfügung gestellten Modellierungsrichtlinien wurden zunächst auf die Struktur und den Umfang der Dokumente analysiert. Obwohl sich die Modellierungsrichtlinien in ihrem Aufbau und Umfang unterscheiden, lässt sich folgender, übergeordneter struktureller Aufbau ableiten:

- **Einleitung**
In dem einleitenden Teil werden die Ziele, welche das Unternehmen mit der Bereitstellung der jeweiligen Modellierungsrichtlinie verfolgt, erläutert sowie allgemeine Regeln definiert. Zu beschreiben ist beispielsweise, dass die Darstellungen und Informationen auf dem Plan nur aus der reinen 3D-Geometrie resultieren oder dass Modellelemente nur mit den dafür vorgesehenen Modellierungswerkzeugen erstellt werden. In diesem Zusammenhang werden ebenfalls Begriffe, wie zum Beispiel Level of Information (LoI), beschrieben und der Bezug zu mitgeltenden Dokumenten geschaffen.
- **Projektorganisation**
Die für die ersten Schritte notwendigen Informationen zur Erstellung von Bauwerksdatenmodellen werden beschrieben. Hierbei wird unter anderem auf die verschiedenen Modellarten und auf den Umgang mit den Dateien, wie etwa die Modellteilung und Modellbenennung, verwiesen. Regeln zur Gliederung der Modellstruktur, wie zum Beispiel zeitliche Abfolgen, räumliche Strukturen, Arbeitsbereiche etc., werden definiert.
- **Modellierungsgrundlagen**
Allgemeine Modellregularien, wie etwa der Umgang mit Modelleinheiten, 2D-Darstellungen, Beschriftungen und Datenpflege, werden erläutert. Zudem findet eine detaillierte Beschreibung für das Anlegen eines Bauwerksdatenmodelles statt: Hierzu gehören beispielsweise Themen wie die Georeferenzierung, Achsraster, Nordung oder Geschossdefinition.
- **Modellierungsvorhaben für Räume und Bauelemente**
Ergänzend zu den Modellierungsgrundlagen werden die zu modellierenden Bauelemente einzeln aufgelistet und die Modellierungsmethode dargestellt. Es werden Vorgaben zur Codierung der Modellelemente gemacht. Zudem wird für jedes aufgelistete Bauelemente detailliert das Level of Geometry und das Level of Information beschrieben.

2.1.2 Analyse des Inhaltes der Modellierungsrichtlinien

Aufbauend auf der analysierten Struktur der Modellierungsrichtlinien wird diese für die Darstellung der Analyseergebnisse mit dem Fokus Inhalt genutzt.

Inhaltliche Analyse der Einleitung

Die Herangehensweise, welche Aspekte im einleitenden Teil der Modellierungsrichtlinie zu definieren sind, erstreckt sich, in Abhängigkeit der herausgebenden Institution, von dem sofortigen Einstieg in die Modellierungsmethode bis zur Vorstellung der Motivation für die Bereitstellung einer Modellierungsrichtlinie für die Anwendung der Methode BIM. Nachfolgend werden diese Aspekte im Zusammenhang der Analyse erläutert.

- **Zielsetzung der Modellierungsrichtlinie**
Die Motivation zur Bereitstellung einer Modellierungsrichtlinie wird institutionsübergreifend unterschiedlich formuliert: Dabei wird zwischen der Bereitstellung eines Leitfadens als Handlungsrahmen für die Anwendenden und der Definition von Mindestanforderung für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodelles unterschieden. Ergänzend zu den angeführten Zieldefinitionen streben einzelne Beteiligte dabei unter anderem auf die störungsfreie Erstellung eines digitalen Gebäudemodelles unter Verknüpfung der relevanten Informationen an, welches perspektivisch für den gesamten Lebenszyklus der Immobilie genutzt werden kann. Zum Teil werden weitergehende, spezifische Ziele mit dem Bereitstellen der Modellierungsrichtlinie betrachtet, beispielsweise die Auswertung der Mengen- und Massen- sowie die daraus ableitbare Kostenermittlung oder die Erstellung von Energieausweisen auf Basis der Bauwerksdatenmodelle. Eine Berücksichtigung von BIM-Anwendungsfällen innerhalb der Modellierungsrichtlinien ist daraus erkennbar.
- **Bezugnahme zur Methode BIM**
Teilweise werden im Rahmen der Einleitung der Bezug zur BIM-basierten Planung aufgegriffen und Grundsätze der Modellerstellung erläutert. In diesem Zusammenhang tauchen unter anderem Begriffe wie Single Source of Truth (kurz: SSoT), Level of Information, Level of Geometry oder BIM-Abwicklungsplan auf. Diese werden mit unterschiedlicher Detaillierungstiefe erläutert. Andere Modellierungsrichtlinien verweisen wiederum auf die mitgeltenden Dokumente, in denen insbesondere auf das Level of Information und Level of Geometry eingegangen wird.
- **Grundprinzipien der Modellerstellung**
Weiterhin werden im einleitenden Teil der Modellierungsrichtlinie Grundprinzipien der Modellerstellung aufgegriffen. Hieraus lassen sich drei übergeordnete Prinzipien ableiten:
 1. Das Bauwerksdatenmodell ist als einzige Quelle für die Plan- und Dokumentenableitung gemäß dem Prinzip Single Source of Truth anzuwenden. Alle Informationen, die aus den Plänen oder Dokumenten hervorgehen, resultieren demnach aus den im Bauwerksdatenmodell integrierten Informationen. Eine Ausnahme bilden Detailkonstruktionen ab einem Planmaßstab von 1:20 sowie 2D-Schemata. Diese müssen weiterhin im Bauwerksdatenmodell verknüpft und integriert werden, um dem oben genannten Prinzip des SSoT gerecht zu werden.
 2. Im Rahmen der Modellierung ist weiterhin der Leitsatz „Modellieren wie gebaut wird“ zu berücksichtigen. Hierunter sind beispielsweise die geschossweise und fachspezifische Modellierung oder die Trennung der Modellierung von Rohbau und Ausbau zu verstehen.
 3. Das dritte Grundprinzip schreibt Mindestanforderung an die Qualitätssicherung vor: Bauwerksdatenmodelle sind zum Beispiel in ihrer Struktur und Qualität gemäß der Modellierungsrichtlinie sowie unter Berücksichtigung der Festlegungen der mitgeltenden Dokumente aufzubauen, Modellelemente sind mit den entsprechenden Werkzeugen zu modellieren und gemäß den Vorgaben der Modellierungsrichtlinie zu klassifizieren. Modelldaten sind dabei konsistent zu pflegen.

Inhaltliche Analyse der Projektorganisation

Die Projektorganisation wurde von allen Beteiligten mit unterschiedlicher Herangehensweise und Definitionstiefe aufgefangen. Diese unterscheiden sich beispielsweise in der Bereitstellung einer Checkliste, die vor dem Beginn der Modellerstellung jedes Projektes zu besprechen ist, über die Festlegung einer Nomenklatur innerhalb von Projekten bis hin zu der im Zuge der Projektbearbeitung zu verwendenden Software. Hierbei werden beispielsweise die zu erbringenden Modelle (unter anderem Objektplanermodell, Fachplanermodell, Koordinationsmodell) sowie dazugehörige Datenaustauschformate und Dokumentationspflichten festgelegt. In diesem Zusammenhang soll, je nach Projektumfang oder Bauablauf, entschieden werden, ob die Gliederung des Projektes in mehrere Teilmodelle sinnvoll ist.

Gemeinsamkeiten wurden unter anderem in der Festlegung und Dokumentation von Modelleinheiten, Modellursprungspunkt, zu verwendende Arbeitsbereiche etc. erkannt. Falls nicht übergreifend festgelegt, beispielsweise in Form eines BIM-Abwicklungsplanes, werden zudem die Datenlieferungszeitpunkte definiert und festgehalten. Hierunter werden sowohl das Koordinationsmodell, welches für die fachübergreifende Qualitätsprüfung notwendig ist, als auch für die Meilensteinsetzung notwendige Modelle aufgegriffen.

Inhaltliche Analyse der Modellierungsgrundlagen

Die in der Projektorganisation behandelten Themen, wie etwa der Umgang mit Modelleinheiten oder dem Modellursprungspunkt, werden in vielen Modellierungsrichtlinien für die Anwendung in den Modellierungsgrundlagen einzeln betrachtet und detailliert beschrieben: Diese werden über textliche Beschreibungen, ergänzt um Illustrationen, oder entlang eines Beispielprojektes erläutert. Die Modellierungsgrundlagen beschreiben dabei Mindestanforderungen an einen sauberen Datenaustausch, die saubere Modell- und Datenauswertung sowie der internen und fachübergreifenden Qualitätsprüfung. Ein Mehrwert aus der Festlegung und Anwendung der beschriebenen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die konsistente Verwendung metrischer Einheiten für alle Modelle eines Projektes oder die Festlegung einheitlicher Koordinierungsvorgaben (zum Beispiel einheitliches Koordinatensystem, tatsächliche Ausrichtung des Bauwerks, identischer Einfügpunkt, identisches Achsraster), spiegeln sich dabei unter anderem in der einwandfreien, modellbasierten Kommunikation und Kollaboration wider.

Darüber hinaus werden folgende weitere Aspekte der Modellierungsgrundlagen in den Modellierungsrichtlinien aufgefangen:

- Weitere Koordinationsfestlegungen: Durch die Integration eines einfachen Koordinationskörpers im Rahmen einer Vorlagedatei von Seiten des Objektplaners kann so für alle weiteren Fachplaner eine Hilfestellung für die korrekte Zusammenführung der Modelle gewährleistet werden.
- Klassifizierung und einheitliche Namenskonventionen: Für eine einfache und konsistente Identifizierung von Modellelementen sowie für das interne Qualitätsmanagement sind getroffene Klassifizierungs- und Namenskonventionen für alle Modellelemente des Projektes anzuwenden und beizubehalten. Hierbei wurden in allen Modellierungsrichtlinien unterschiedliche Klassifizierungssysteme aufgelistet (zum Beispiel DIN 276, Omni Class, Uniformat II) und zum Teil den jeweiligen Modellelementen zugeordnet sowie durch einige Beteiligte Vorschläge für einzelnen Modellelementbezeichnungen, beispielsweise Räume, Türen und Wände, gegeben.
- Modellierungsvorgaben für Räume und Bauelemente: Nachfolgend werden für die aufgelisteten Punkte auszugswise allgemeingültige Beschreibungen und Regularien dargestellt.
 - o Räume: Räume sind von Wänden, Decken und Böden umgebene Volumen. Alle Räume müssen modelliert und bei der Datenübergabe mitgeliefert werden.
 - o Modellelemente: Modellelemente beschreiben Körper, die einen einheitlichen Aufbau und Konstruktion beziehungsweise eine Funktion aufweisen (zum Beispiel Wände und Decken). Diese sind, sofern vorgegeben, mit den vordefinierten Werkzeugen zu erzeugen. Es ist auf die richtige geometrische Modellierung (zum Beispiel Verschneidung) und konsistente Datenpflege der hinterlegten Informationen zu achten.
 - o Bibliothekselemente: Bibliothekselemente sind komplexere Bauelemente, die sich aus mehreren Modellelementen zusammensetzen (zum Beispiel Oberlicht, Attika). Hierbei wird unterschieden zwischen softwarebezogenen, internen und externen Bibliothekselementen. Hierbei ist insbesondere auf die einheitliche Datenstruktur, Herstellerneutralität und richtige Auswertbarkeit zu achten.

Inhaltliche Analyse der bauelementspezifischen Anforderungsvorgaben

Einige der untersuchten Modellierungsrichtlinien greifen die Thematik der bauelementspezifischen Anforderungen auf: Hierzu werden die Modellelemente aufgelistet und unter Nennung von konkreten Vorgaben zur Modellierung detailliert beschrieben. Bestandteil der Vorgaben sind das zu verwendende Werkzeug und die richtige Platzierung der Modellelemente in der Modellumgebung. Diese wird größtenteils softwarebezogen beschrieben. Unterschieden wird zwischen den Werkzeugen, die von der Software vorgegeben werden, wie zum Beispiel Wände, Decken, Dach und „Modellobjekten“, die zum Teil der unternehmensinternen Bibliothek zu entnehmen sind. Außerdem werden Festlegungen zur Klassifizierung und zur Bezeichnung der Modellelemente gemacht. Je nach Bauelement werden zusätzliche Hinweise und Empfehlungen gegeben, wie beispielsweise das Fixieren von Achsrastern nach deren Erstellung. Die wenigsten Modellierungsrichtlinien schaffen die Zuordnung von Modellelementen zu den genaueren Anforderungen an die Geometrie und Information im Sinne des Level of Geometry und Level of Information, obwohl diese in der jeweiligen Modellierungsrichtlinie beschrieben werden. Auch die Definition der liefernden und einpflegenden Verantwortlichkeitssphären wird nicht aufgenommen.

2.1.3 Schnittmengen zwischen den bereitgestellten Modellierungsrichtlinien

Im Rahmen der Analyse der bereitgestellten Modellierungsrichtlinien konnten strukturelle und inhaltliche Schnittmengen gebildet werden: Die beteiligten Praxispartner sehen die Notwendigkeit einer allgemeinen Erläuterung der Methode BIM beziehungsweise der Einordnung der Modellierungsrichtlinie in ebendiese sowie die der Darstellung des Ziels, welches durch die Bereitstellung erreicht werden soll. Darauf aufbauend wird auf die notwendigen Vorgehensweisen, die im Rahmen der Erstellung eines Bauwerksdatenmodells zu berücksichtigen sind, eingegangen. Im Fokus der Modellierungsrichtlinien steht dabei immer die objektbasierte Modellierung. Beschreibungen zur geometrischen Modellierung einzelner Bauelemente sowie Festlegungen zur Klassifizierung von Modellelementen erfolgen übereinstimmend. Die betrachtete Tiefe variiert dabei in Abhängigkeit des Herausgebenden, eine grundsätzliche Notwendigkeit eines einheitlichen Klassifizierungssystems innerhalb des Projektes wird dabei aber deutlich.

Übereinstimmungspotential gibt es insbesondere bei der Lieferung der Beschreibung zur Modellierweise von Projektbeginn an: Dies bedeutet unter anderem die Klärung der zu liefernden Modelle inklusive der gemeinsam abgestimmten Dateinamen und -typen oder die Erläuterung der Erstellung und des strukturellen Aufbaus eines Bauwerksdatenmodells innerhalb vordefinierter Softwareanwendungen. Ein weiteres Übereinstimmungsmerkmal findet sich darüber hinaus in der Beschreibung der Koordination verschiedener Modelle über die Georeferenzierung, einem einheitlichen Achsraster und der Nordung des Bauwerks sowie der Gliederung des Bauwerks in vordefinierte Geschosse.

2.1.4 Differenzen zwischen den bereitgestellten Modellierungsrichtlinien

Differenzen gibt es hauptsächlich in der Beschreibung der elementbezogenen Anforderungsbeschreibung an die geometrische und nicht-geometrische Detaillierungstiefe der zu modellierenden Bauelemente: Beispielsweise wird in den meisten Modellierungsrichtlinien zu Beginn auf die Anforderungen an geometrische (LoG) und nicht-geometrische (LoI) Information eingegangen, jedoch werden diese im Nachgang nicht näher (bauelementbezogen) erläutert. Andere Unternehmen gehen hingegen sehr detailliert auf die bauelementbezogenen Anforderungen ein. Infolge der hohen Anzahl an Modellelementen wird dies umfangreich in Form von Anlagen aufgefangen. Ein weiterer Unterschied findet sich im Bezug zu den Rollen und Verantwortlichkeiten innerhalb eines Projektes: Zwar wird bei einem Praxispartner im Anhang auf allgemeine Rollen und Verantwortlichkeiten eingegangen, jedoch werden lediglich in einer der vorliegenden Modellierungsrichtlinien bauelementbezogene Vorschläge zu der Verantwortlichkeit der Informationslieferung und Informationsintegration gemacht.

2.2 Ableitung des Regelungsbedarfes

Grundsätzlich lässt sich durch die Analyse der vorliegenden Modellierungsrichtlinien zunächst eine allgemeine Zieldefinition ableiten: Mit der Bereitstellung einer Modellierungsrichtlinie für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen liegt der Fokus auf der objektorientierten Modellierung. Hierzu muss es Anforderungsbeschreibungen zur Modellerstellung geben, da nur so eine Vereinheitlichung der Projekt- und Modellstruktur gewährleistet werden kann. Diese ist Grundvoraussetzung zur Verwendung des Bauwerksdatenmodells während des gesamten Lebenszyklus⁷ und sollte Basis einer standardisierten Modellierungsrichtlinie bilden. Auch geht aus der Analyse hervor, dass neben der Auflistung und Beschreibung der geometrischen Modellierweise der einzelnen Modellelemente die Klassifizierung ebendieser notwendig ist.

Der Bedarf an Regelungen für übergeordnete Projekt- und Modellstruktur, die softwareneutral zu definieren sind, wird deutlich, wodurch ein sauberes Grundgerüst zu Beginn der Modellerstellung als Arbeitsbasis gewährleistet wird. Weiterhin muss ein Klassifizierungssystem für die Benennung und Zuordnung der Modellelemente konsistent über die gesamte Projektlaufzeit genutzt werden; die Vorgabe eines bestimmten Klassifizierungssystems innerhalb der Modellierungsrichtlinie ist dabei bei gleichwertigen Alternativen sekundär.

Durch die detaillierte Beschreibung der Anforderungen an die jeweiligen Modellelemente in Form eines anzuwendenden Detaillierungsgrads (LoG) und der Bereitstellung einer Auflistung der möglichen Informationen, die über das jeweilige Modellelement abgebildet werden können, wird die Strukturierung der Datenmenge erleichtert. Die exemplarische Zuordnung der Verantwortlichkeiten, wer diese Informationen zu liefern und einzupflegen hat, schafft abschließend eine durchgängige Transparenz und eine einheitliche Arbeits- und Kommunikationsbasis.

2.3 Entwicklung der standardisierten Modellierungsrichtlinie

Aus der vorangegangenen Analyse und des daraus abgeleiteten Regelungsbedarfes einer Modellierungsrichtlinie erfolgt in den folgenden Unterkapiteln die Darstellung der entwickelten, standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie. Zunächst wird auf das Konzept der Modellierungsrichtlinie eingegangen, um eine allgemeine Einordnung des Ergebnisses zu leisten (s. Kapitel 2.3.1). Daran anschließend wird auf die erstellten Inhalte entlang der Struktur der Richtlinie eingegangen. Aufbauend auf den Ergebnissen ist die zu entwickelnde Modellierungsrichtlinie folgendermaßen strukturiert:

- **Hauptdokument zur Modellierungsrichtlinie (s. Kapitel 2.3.2)**
Das Hauptdokument zur Modellierungsrichtlinie beschreibt die Grundlagen zur Erstellung eines Bauwerksdatenmodells. Hierin wird auf die Intention, die mit der Bereitstellung einer Modellierungsrichtlinie beabsichtigt wird, und die allgemeingültigen Regularien sowie projekt- und modellstrukturelle Anforderungen, die vor und während der Modellierung eines Bauwerksdatenmodells zu berücksichtigen sind, eingegangen.
- **Anlagen zur Modellierungsrichtlinie (s. Kapitel 2.3.3)**
Die Anlagen zur Modellierungsrichtlinie stellen Erweiterungen des Hauptdokumentes dar. Hierin findet unter anderem eine Vertiefung der bauelementspezifischen Anforderungen über Anforderungskataloge statt. Die Anforderungskataloge stellen dabei bauelementbezogene Gesamtprofile an Informationsanforderungen mit den dazugehörigen Verantwortlichkeitssphären dar, entlang welcher relevante Anforderungen zu einer durch den Anwender zu bestimmenden Detaillierung bereitgestellt werden.

2.3.1 Konzept einer Basis-Modellierungsrichtlinie

Infolge der Analyse der bereitgestellten Modellierungsrichtlinien und der entsprechenden, unterschiedlichen Ausprägungen eröffnet sich die Problematik, dass eine standardisierte Modellierungsrichtlinie für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen im Kontext der Methode BIM unterschiedliche Anwender mit verschiedenen Kenntnissen, Qualifikationen, Softwareanwendungen, Geschäftstätigkeiten etc. bedienen können muss. Entsprechend werden Faktoren wie beispielsweise die Produktneutralität, sowohl in Bezug auf die reine Nomenklatur der Attribute und Werkzeuge, als auch bezogen auf die Umsetzung der Anforderungen innerhalb der Modellierungssoftware, prominenter. Zudem muss eine Trennschärfe gefunden werden, welche Anforderungen über die Modellierungsrichtlinie im Allgemeinen zu regeln ist, und welche über den Horizont der zu entwickelnden Modellierungsrichtlinie herausragt.

Ausgehend von der Analyse der bereitgestellten Modellierungsstandards lässt sich eine Modellierungsrichtlinie auf einen allgemeingültigen Umfang reduzieren, welcher als Ausgangspunkt für die Erstellung aller Bauwerksdatenmodelle geltend ist. Die entwickelte Modellierungsrichtlinie ist infolge der Allgemeingültigkeit einer Basis-Modellierungsrichtlinie gleichzusetzen. Diese setzt sich aus den folgenden Dokumenten der im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelten Modellierungsrichtlinie zusammen:

- Hauptdokument: Modellierungsgrundlagen
- Anlage 1: Unterlagen zur Projektorganisation
- Anlage 2: Bezeichnungsvorschläge
- Anlage 3: Anforderungskatalog Architektur
- Anlage 4: Anforderungskatalog TGA

Die Trennschärfe der zu beschreibende Informationsanforderungen (Anlage 3 und Anlage 4) betreffend wurde ein entsprechendes Szenario entwickelt, um dem Wesen einer allgemeingültigen Modellierungsrichtlinie gerecht zu werden. Aufbauend auf der durchgeführten Analyse der bereitgestellten Modellierungsrichtlinien konnten BIM-Anwendungsfälle identifiziert werden, welche mitbeschrieben wurden, jedoch kein Muster erkennen ließen, welche BIM-Anwendungsfälle stetig umzusetzen seien. Für ein entsprechendes Szenario wurde daraufhin das Leistungsbild des Architekten herangezogen, um etwaige Meilensteine in Bezug auf zu liefernde Modellstände und -detaillierungen ableiten zu können. Hieraus resultierend konnten die Detaillierungsgrade der Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung gezogen werden. Der Vorteil dieser Herangehensweise ist, dass Anwender in der konventionellen Planung in der Regel ein genaues Verständnis haben, wie ein entsprechendes Anforderungsprofil an beispielsweise die Ausführungsplanung aussieht, sodass dieses im Rahmen der Modellierungsrichtlinie beziehungsweise der Erstellung eines Bauwerksdatenmodells „nur“ um weitere, aus der objektorientierten Modellierung resultierende Anforderungen ergänzt werden muss. Für eine gesamtheitliche Betrachtung des Lebenszyklus' einer Immobilie wurden weiterhin die Meilensteine des As

built- sowie des Betriebsmodells als Grundlage für Anforderungsprofile herangezogen. Die so beschriebenen Bauwerksdatenmodelle und Detaillierungen können als „BIM-anwendungsfallfrei“ betrachtet und als Grundlage(-nmodell) für sämtliche BIM-Anwendungsfälle adaptiert werden (vgl. Kapitel 2.4): Ausgehend von diesem Grundlagenmodell kann dieses durch die Integration weiterer, BIM-anwendungsfallspezifischer Informationen für die jeweiligen Modellelemente erweitert und genutzt werden. Hierdurch würde eine universelle und interdisziplinär nutzbare Bauwerksdatenmodellenschablone bereitgestellt.

2.3.2 Hauptdokument zur Modellierungsrichtlinie

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen zur Erstellung eines Bauwerksdatenmodells, welche über die standardisierte BIM-Modellierungsrichtlinie abgebildet werden, näher erläutert. Hierzu zählen die Einleitung (vgl. Kapitel 2.3.2.1), Vorgaben zur Projekt- und Modellorganisation (vgl. Kapitel 2.3.2.6) sowie die Festlegung von Modellierungsgrundlagen (vgl. Kapitel 2.3.2.2 sowie 2.3.2.3).

2.3.2.1 Einleitung

Nachfolgend wird die Modellierungsrichtlinie zunächst in den Gesamtkontext der Methode BIM eingeordnet, die Zieldefinition, welche mit Bereitstellung der Modellierungsrichtlinie beabsichtigt wird, erläutert und die daraus resultierende Definition der Modellierungsrichtlinie als solche sowie die Grundprinzipien der Modellierung festgehalten.

Hintergrund und Ziel

Die erfolgreiche, durchgängige Anwendung der Methode BIM über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken hängt wesentlich von der Abstimmung der Projektbeteiligten bezüglich der relevanten Informationen und des Datenaustausches ab. Hierzu zählen strukturelle Abstimmungen innerhalb eines Projektes und innerhalb der Modellumgebung sowie die notwendige Detaillierungstiefe der geometrischen Modelldaten und die zugehörigen parametrischen Attribute der Modellelemente. Die Entwicklung eines Standards für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen ermöglicht eine erhebliche Verschlankung des Abstimmungsprozesses der Projektbeteiligten durch die Nutzung von allgemeingültigen Anforderungsbeschreibungen.

Ziel der Modellierungsrichtlinie ist es, einen Leitfaden für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen zu entwickeln und bereitzustellen. Der Fokus liegt hierbei auf der objektorientierten Modellierung. Die Modellierungsrichtlinie beschreibt dabei die Rahmenbedingungen zur Erstellung von Bauwerksdatenmodellen sowohl der Projektstruktur als auch die notwendige Informationstiefe und -eingabe in Abhängigkeit der geplanten Anwendung des Modells, wodurch ein sauberes Informationsmanagement für den Datentransfer und die Weiternutzung der Bauwerksdaten beziehungsweise des Bauwerksdatenmodells gewährleistet wird. Dies schafft Transparenz, fördert den Planungsprozess und die Kommunikation zwischen allen Beteiligten. In Abhängigkeit der Akzeptanz und Durchdringung aus beziehungsweise in der Praxis ist die Berücksichtigung des vorliegenden Modellierungsleitfadens (vollständig oder auszugsweise) als Teil der Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) denkbar.

Zusammenfassend lässt sich folgende Definition für die zu entwickelnde Modellierungsrichtlinie ableiten:

„Modellierungsrichtlinien definieren die in einer Organisation oder einem Projekt einzuhaltenden Rahmenbedingungen zur Erstellung von Bauwerksdatenmodellen.“

Mitgeltende Dokumente

Die allgemeinen Erläuterungen zu den Modellanforderungen wie Level of Information und Level of Geometry werden für ein besseres Verständnis in den Anlagen gesondert behandelt, um so umfangreicher auf diese eingehen zu können. Da der Fokus der Modellierungsrichtlinie auf der objektorientierten Modellierung liegt, ist zudem ein Anforderungskatalog an Modellelemente beigefügt, worin auf die Auflistung der einzelnen Modellelemente mit den jeweiligen bauelementspezifischen Anforderungen eingegangen wird. Weiterhin werden anwenderunterstützende Unterlagen, beispielsweise für die Benennungssystematik der Modellelemente (unter anderem für ein eigenes Qualitätsmanagement) oder Checklisten für die Projektorganisation, bereitgestellt.

2.3.2.2 Modellierungsgrundlagen

Die für den sauberen Datenaustausch, die saubere Modell- und Datenauswertung sowie interne und fachübergreifende Qualitätsprüfung notwendigen Modellierungsgrundlagen werden nachfolgend behandelt. Neben den Grundprinzipien der Modellerstellung, allgemeinen und koordinierenden Modellregularien werden ebenso modellelementbezogene Vorgaben gemacht.

Grundprinzipien der Modellerstellung

Das Gerüst eines jeden Fach- und Teilmodells bilden folgende aufgelistete Grundprinzipien:

- Das Bauwerksdatenmodell ist als einzige Quelle für die Plan- und Dokumentenableitung gemäß dem Prinzip des Single Source of Truth (kurz: SSoT) anzuwenden. Nur so kann eine Grundlage der Gebäudedokumentation über alle Lebenszyklusphasen gewährleistet werden. Alle Darstellungen im Plan resultieren daher aus der Verwendung intelligenter 3D-Geometrien. Eine Ausnahme bilden Detailkonstruktionen ab einem Planmaßstab von 1:20 sowie 2D-Schemata. Der Grund hierfür ist, dass beispielsweise in den frühen Entwurfsphasen noch keine 3D-Geometrien zur Entscheidungsfindung oder Variantenanalyse benötigt werden. Zudem ist die Modellierungstiefe ab dem Maßstab 1:20 zum einen aufgrund der daraus resultierenden Datenmenge unzumutbar und zum anderen wird oft im Zuge der Ausführungsplanung mit Leitdetails gearbeitet, die das Erstellen derselben Details für weitere Bauwerksdatenmodelle nichtig macht. Dennoch gilt es die notwendigen Daten wie Detailkonstruktionen oder 2D-Schemata nach dem Prinzip des Single Source of Truth in die Bauwerksdatenmodelle zu hinterlegen.
- Bei der Modellierung gilt grundsätzlich, dass alle Modelle eines Projektes an das Vorbild des tatsächlichen Bauablaufs und der tatsächlichen Baukonstruktion anzulehnen sind. Dies bedingt für die architektur- und tragwerkrelevanten Modellelemente eine geschossweise Modellierung und die Trennung von Rohbau- von Ausbauelementen. Für technische Gebäudeelemente bedeutet dies die Trennung nach Gewerk, beispielsweise in Sanitär und Lüftung sowie die genaue Platzierung und Art im Modell. Eine nähere Beschreibung der Modellstruktur befindet sich in Kapitel 2.3.2.5.
- Die Bauwerksdatenmodelle sind in ihrer Struktur und Qualität gemäß der entwickelten BIM-Modellierungsrichtlinie sowie unter Berücksichtigung der Festlegungen der mitgeltenden Dokumente aufzubauen. Modellelemente sind mit den entsprechenden Werkzeugen zu modellieren und gemäß einem vereinbarten Klassifizierungssystem zu klassifizieren. Die konsistente Pflege der Daten ist zu gewährleisten. Vor Datenübergabe ist das Modell auf Vollständigkeit und Richtigkeit der Daten, beispielsweise durch Model Checker oder MVDs, zu prüfen (vgl. Kapitel 2.3.2.3). Zwischen den verschiedenen Projektbeteiligten sind Testdateien für die Sicherstellung des sauberen Datentransfers zu erstellen.

2.3.2.3 Allgemeine Modellregularien

Modelleinheiten

Alle Modelle eines Projektes müssen konsistent metrische Einheiten aufweisen. Das Objektplaner- und Tragwerksmodell wird im dem Maßstab 1:1 in der Einheit [m] erstellt. Die Einheit Meter [m] ist mit drei Nachkommastellen zu verwenden. Winkel sind im Dezimalgrad mit drei Nachkommastellen anzugeben, wobei ein rechter Winkel 90,000 Grad entspricht. Die Modelleinheiten der weiteren Fachmodelle sind projektspezifisch zu vereinbaren und zu dokumentieren, sodass das saubere Umstellen der Modelleinheiten bei Zusammenführung der Modelle sichergestellt ist (ergänzend hierzu s. Anlage 1).

Achsraster

Achsraster sind nicht als Linien, sondern als 3D-Raster mit Benennungen zu erstellen, wodurch die Darstellung in allen Projektionsebenen (Grundrisse, Schnitte, Ansichten) gewährleistet wird. Die Unterteilung des Achsrasters in verschiedene Rastertypen, zum Beispiel in Hauptraster (Gebäuderaster/Konstruktionsraster) und Hilfsraster (Ausbauraster, Fassadenraster etc.) ist empfehlenswert. Sie sind einmal vom Objektplaner anzulegen und von allen weiteren Fachplanern zu übernehmen. Achsraster sind gegen unbeabsichtigtes Verschieben zu sperren.

Materialien, Texturen und Schraffuren

Alle Modellelemente sind mit entsprechenden Materialzuweisungen zu definieren. Die Modellelementmaterialien müssen auf die verschiedenen Anzeigendarstellungen im Modell und beim Generieren von 2D-Plänen,

Texturen und Schraffuren in ihrer Art und Größe der DIN entsprechen. Das heißt, die Plandarstellung muss mit dem Modell übereinstimmen.

Schematische Darstellungen

Alle schematischen 2D-Darstellungen, welche keine Verbindung zum 3D-Modell besitzen, können mit einer 2D-Software erstellt werden (zum Beispiel Anlagenschemata, Funktionsschemata, Stromlaufpläne etc.). Die 2D-CAD-Daten müssen nach Fertigstellung als 2D-Zeichnung in der 3D-Software referenziert werden. Diese Referenzen dürfen kein Bestandteil des Exports sein.

Beschriftungen

Beschriftungen von modellierten Bauelementen sind immer aus Bauelementinformationen abzuleiten und müssen, soweit technisch möglich, mit den Bauelementbeschriftungen auf der Plandarstellung übereinstimmen. Manuelle Textbeschriftungen von Bauelementen und Räumen sollten nach Möglichkeit vermieden werden. Abweichungen sind nur nach vorheriger Abstimmung zulässig.

Bezeichnungskonventionen

Bezeichnungskonventionen sind vor der Modellierung zu definieren und konsistent einzuhalten. Die Einhaltung gilt für Dateibezeichnungen, Geschossdefinitionen bis hin zu Bezeichnungen von Modellelementen und ihren Attributen. Die Wahrung der Bezeichnungskonvention ist notwendig, um die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten zu erleichtern und den einwandfreien Austausch der Projektdateien und deren Inhalte zu gewährleisten. Die einheitliche und konsistente Bezeichnung von Modellelementen dient beispielsweise zum einen dem internen Qualitätsmanagement, da auf diese Weise beispielsweise Dopplungen oder fehlerhafte Angaben zu Materialien oder Abmessungen schneller identifiziert werden können, und zum anderen zur einfachen Identifizierung von Elementen im Modell. Bezeichnungen sind ferner die Basis für die Weiterverarbeitung der angelegten Daten für verschiedene Anwendungen wie beispielsweise die Prüfung der Daten, die Erstellung von Vergabeunterlagen etc. und müssen daher fortlaufend gepflegt werden. Die Strukturierung von Bezeichnungen kann je nach Unternehmen variieren. Wichtig ist eine konsistente Einhaltung der Bezeichnungsstruktur innerhalb eines Bauvorhabens und die Transparenz für Externe beispielsweise in Form von Listen oder Legenden. In der Anlage 2 sind exemplarische Bezeichnungsvorschläge zur Orientierung enthalten.

Folgende Bezeichnungskonventionen, die größtenteils aus technischen Gründen und Gründen der Usability resultieren, sind dahingehend zwingend einzuhalten:

- Umlaute wie ä,ö,ü müssen ausformuliert werden zu ae, oe, ue
- Buchstaben wie Eszett (ß) oder mit diakritischen Zeichen und Glyphen wie é, à etc. dürfen nicht verwendet werden
- Sonderzeichen können in der Programmiersprache verschiedene Befehle übergeben, weswegen folgende Sonderzeichen nicht verwendet werden dürfen: ^ / ; * + # = ? & % \$ [] { } " < >
- Ebenfalls dürfen keine Leerzeichen verwendet werden, da sie ebenfalls technisch interpretiert werden. Nutzen Sie stattdessen Unterstrich _ oder Bindestrich –
- Bezeichnungen müssen einem einheitlichen und sinnvollen Schema folgen. Zu lange Bezeichnungen sollten vermieden werden.

Import

Zur Erstellung von Bauwerksdatenmodellen können verschiedene Medien, unter anderem schematische Darstellungen, Liegenschaftspläne, Punktwolken, Objekt- oder Fachplanermodelle in den verschiedensten Dateiformaten (.dwg, .dxf, .dgn, .skp, .sat, .3dm, .pdf, .jpeg, .rcp etc.), in das Modell als Referenz importiert werden. Beim Import eines Mediums ist sicherzustellen, dass Maßstab, Einheiten und Nachkommastellen identisch zu denen des Modelles sind; bei mehreren Importmedien sind diese zueinander auszurichten. Zu importierende Referenzdateien sind immer auf ihre Richtigkeit und Genauigkeit zu prüfen. Der definierte Einfügepunkt sowie die Achsen dienen hierbei als Kontroll- und Orientierungshilfe (vgl. „Achsraster“ und „Fachübergreifende Modellkoordination“, beide Kapitel 2.3.2.4).

Export

Für den Export von Bauwerksdatenmodellen mit dem Ziel des Datenaustausches ist das IFC-Datenformat als offener Datenstandard zu nutzen. Der Austausch des Modells in einem nativen Datenformat ist in Abstimmung mit den Projektpartnern weiterhin auch möglich. In Abhängigkeit der genutzten Autorensoftware bieten diese verschiedene Einstellungen für den IFC-Export. Die Auswahl der Einstellung ist dabei abhängig von der jeweiligen Anwendung beziehungsweise Weiterverwendung des Modells. Um die Vollständigkeit und Qualität des sauberen Datenaustauschs sicherstellen zu können, ist nach den Exporteinstellungen eine Probeübergabe zu machen.

Bei den Exporteigenschaften sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- nur benötigte Geschosse weitergeben,
- nur benötigte Bauelemente weitergeben (zum Beispiel nur Decken, Wände, Fenster, Rohbau, Ausbau, Räume etc.) und importierte Referenzdateien ausblenden/nicht mit exportieren,
- nur benötigte Eigenschaften weitergeben,
- sicherstellen, dass die GUID mitgeliefert wird,
- überprüfen, ob den Modellelementen die richtigen IFC-Klassen zugeordnet sind und bei Bedarf gemäß Modellierungsrichtlinie anpassen sowie
- bei Bedarf die Zuordnung der Merkmale zu den jeweiligen Property Sets überprüfen und anpassen.

2.3.2.4 Koordinierende Modellregularien

Modellqualität

Die Verantwortung für die Erbringungen geschuldeter Modellqualitäten verbleibt weiterhin beim jeweiligen Autor für Fachmodelle sowie der koordinierenden Partei für das Koordinations- und Gesamtmodell. Die Konsistenz innerhalb der Klassifizierung, Bezeichnungen sowie die korrekte Berücksichtigung der erforderlichen Daten sind vor Weiterleitung eigenständig und fachspezifisch zu prüfen.

Fachübergreifende Modellkoordination

Für die einwandfreie Kommunikation und Kollaboration auf Basis der Modelle sind ein identisches Koordinatensystem, die tatsächliche Ausrichtung des Bauwerks, ein identischer Einfügepunkt, ein identisches Achsraster und vordefinierte Geschosse zu verwenden. Diese sind durch das vom Objektplaner erstellten Grundlagenmodell festzulegen und von allen Fachplanern zu übernehmen. Es ist zwingend erforderlich, die Kompatibilität zwischen den Modellen zu testen und die Positionierung der einzelnen Modelle vor Beginn der Modellierungsarbeiten zu überprüfen.³ Nachfolgend werden die einzelnen Vorgaben näher erläutert:

Vorlagedatei

Das zentrale interdisziplinäre Koordinationsmodell ist eine einfache Hilfestellung für die Sicherstellung der fachübergreifenden Qualitätsprüfung. Um die technische Umsetzung des Zusammenführens der Modelle zu erleichtern, wird im Rahmen des Forschungsprojektes eine Vorlagedatei erstellt, welche zur Hilfestellung einen Koordinationskörper (vgl. Abbildung 6) beinhaltet, wodurch das saubere Positionieren der verschiedenen Modelle sichergestellt wird. Der Umfang mit der Vorlagedatei wird nachfolgend erläutert:

Einfügepunkt, Georeferenzierung, Achsraster, Nordung

Als Einfügepunkt dient ein Koordinationskörper, dessen Schnittstelle auf den Koordinaten $(x,y,z) = (0,0,0)$ liegt und den geometrischen Projektionnullpunkt definiert. Dieser Projektionnullpunkt hat der OKFF des Erdgeschosses zu entsprechen (s. Abbildung 6). Grund hierfür ist, dass der Vermesser stets die OKFF als Referenzwert für weitere Modellelemente in sein Meterriss aufnimmt. Die entsprechende Höhe über Normalnull (m. ü. NHN) wird anhand der Vermessungsdaten eingefügt. Die Tragwerksplaner, welche ausschließlich mit den Rohbauwerten arbeiten, können sich weiterhin an den Rohhöhenkoten orientieren. Der referenzierte Projektionnullpunkt sollte bei Höhenversprüngen innerhalb von Teilmodellen fortbestehen.

³ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (2018), S. 12

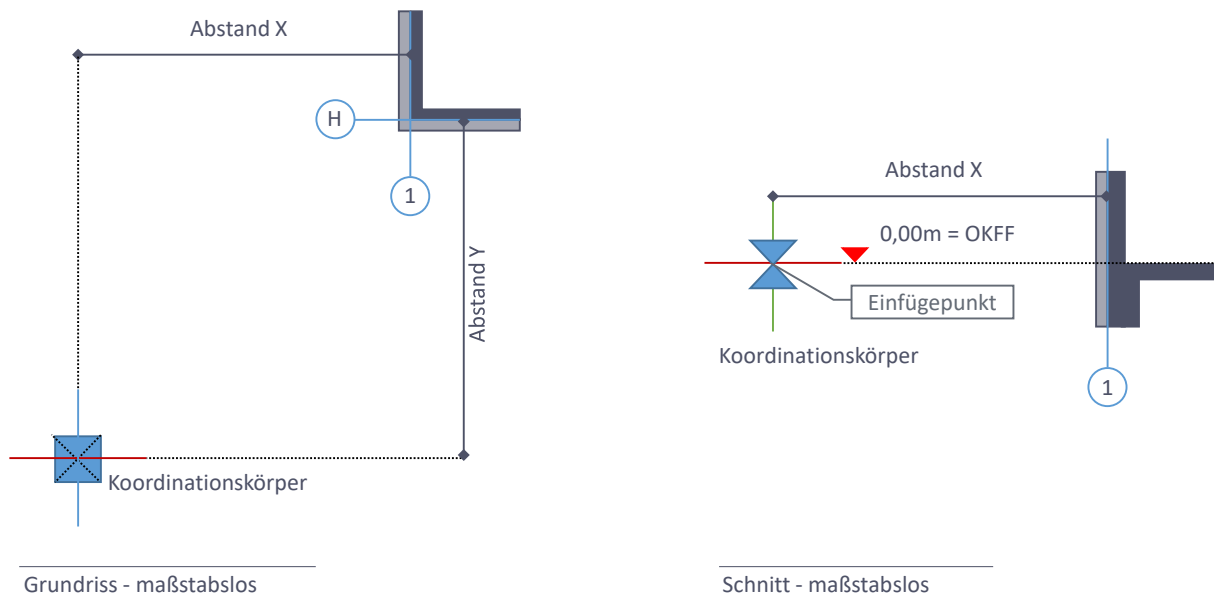


Abbildung 6: Modellbasierte, fachübergreifende Koordination

Das Bauwerk mitsamt dem Achsraster wird in die Vorlagendatei unter Berücksichtigung der tatsächlichen Ausrichtung in einem festen Abstand vom Koordinationskörper modelliert (vgl. Abbildung 6). Sowohl der Koordinationskörper als auch das Raster dürfen während der Planungs- und Realisierungsphase nicht verändert werden und sind gegen unbeabsichtigtes Verschieben und Löschen zu sperren. Die Dokumentation der Platzierung gemäß Abbildung 6 ist zu empfehlen.

2.3.2.5 Modellstruktur

Die festgelegte Modellstruktur ist während des gesamten Projektverlaufs einzuhalten (vgl. Abbildung 7). Abweichungen hiervon dürfen nur in Zustimmung aller Planungsbeteiligten erfolgen. In Abhängigkeit von inhaltlichen und softwaretechnischen Anforderungen muss die Modellstruktur in Abstimmung mit allen Projektbeteiligten erfolgen und kommuniziert werden. Neben technischen Aspekten, beispielsweise dem Handling des Modells und die Modellgrößen, sind auch projektspezifische Gegebenheiten sowie die Verwendung der Modelle für verschiedene Zwecke, wie zum Beispiel für die Gewerkoordination oder für die Prüfung von funktionalen Anforderungen zu berücksichtigen.⁴

Folgende Unterscheidung zwischen den Bauelementen im Modell ist abzustimmen:

- zeitliche Abfolgen (zum Beispiel Bauabschnitte, Planungsabschnitte),
- räumliche Strukturen (zum Beispiel Baulose, Bauwerke, Geschosse, Zonen),
- Gewerke und Systeme (zum Beispiel Tiefbau, Rohbau, Ausbau, Fassade, Außenanlage, Heizung, Kühlung, Lüftung, Elektro) und
- beschreibende Modellelementeigenschaften (zum Beispiel Material, Stärke).⁵

⁴ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (2018), S. 12

⁵ Vgl. Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW (2019), S. 44

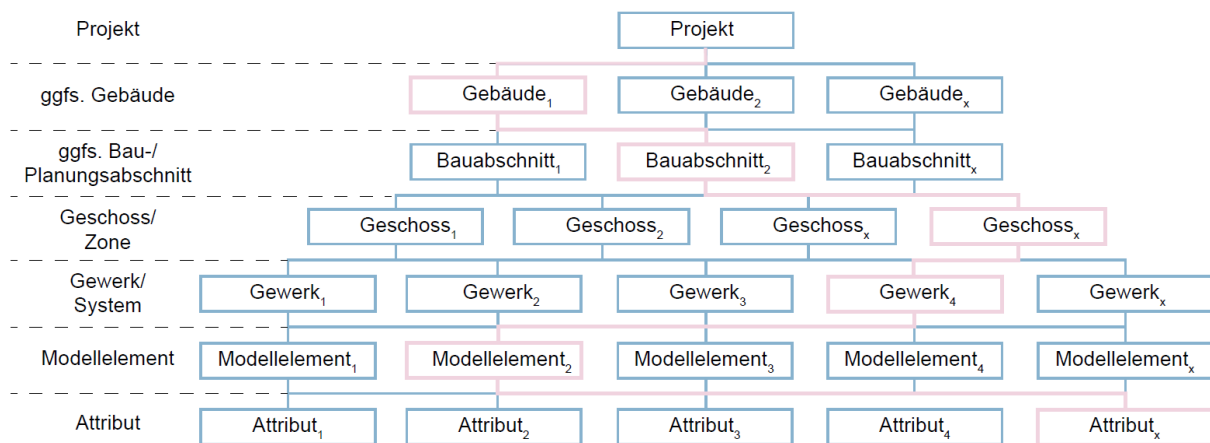


Abbildung 7: Modellstruktur

Geschosse

Für die einwandfreie Kollaboration und Kommunikation sind abgestimmte Geschosse inklusive der Zwischengeschosse ebenfalls eine wesentliche Grundlage. Geschosse sind in ihrer exakten Höhenlage zu platzieren und zu dokumentieren.⁶ Es ist zu gewährleisten, dass bei der Datenübergabe ausschließlich alle relevanten Gebäudegeschosse angezeigt werden (s. rot markierte Geschosse in Abbildung 8). Jedes Gebäudegeschoss darf nur einmal erstellt werden. Die Geschosshöhe wird von OKRD bis OKRD des oberen Geschosses gemessen.

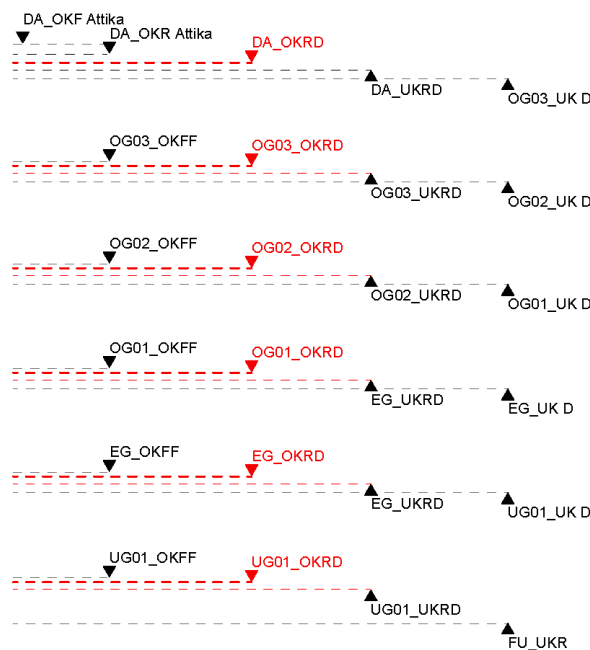


Abbildung 8: Geschossdefinition

Modellierungsvorgaben für Räume und Bauelemente

Modellelemente

⁶ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (2018), S. 13

Modellelemente sind sowohl Räume als auch Bauelemente, die in dem Bauwerksdatenmodell erstellt werden. Bei der Erstellung dieser sind neben dem in Kapitel 2.3.2.3 aufgelisteten allgemeinen Regularien weitere modellelementbezogene Regularien zu beachten, welche nachfolgend genannt werden.

Räume

Ein Raum ist ein von Wänden, Decken und Böden umgebenes Volumen. Für das Modellelement Raum werden folgende Vorgaben festgehalten:

- Räume sind in dem Modell als solche zu definieren und gemäß dem vereinbarten Klassifizierungssystem zu klassifizieren.
- Räume müssen direkt an ihre umgebenden Bauelemente grenzen. Bei Räumen oder Raumzonen, welche nicht vollständig von Elementen begrenzt werden, sind entsprechende Trennungslinien oder ähnliches zu verwenden.
- Räume oder Raumzonen müssen als geschlossene Volumina existieren und dürfen sich nicht überschneiden.
- Technische Schächte, Lichtschächte, Aufzugsschächte und sonstige Schächte sind als Räume in jeder Ebene zu modellieren.
- Raumnummerierungen sind vor Planungsbeginn mit dem Arbeitgeber abzustimmen.
- Die Voreinstellung zur Flächen- und Volumenberechnung müssen in allen Räumen identisch sein.
- Alle Räume müssen im Modell enthalten sein und bei der Datenübergabe mitgeliefert werden.

Bauelemente

Bauelemente beschreiben Körper, die einen einheitlichen Aufbau und Konstruktion beziehungsweise eine Funktion aufweisen. Folgende Festlegungen werden für Bauelemente festgehalten:

- Kein gleiches Bauelement darf doppelt modelliert werden, wodurch Kollisionen und falsche Mengen- und Massenermittlungen vermieden werden.
- Jedes Bauelement muss gemäß dem vereinbarten Klassifizierungssystem klassifiziert werden.
- Bauelemente müssen eine einheitliche Codierung aufweisen. Diese sind vor Planungsbeginn mit dem Arbeitgeber abzustimmen und zu dokumentieren.
- Bauelementbeschriftungen sind immer aus den Bauelementinformationen abzuleiten.
- Das Spiegeln von Bauelementen ist zu vermeiden, sodass diese nicht spiegelverkehrt ausgewertet werden.
- Verschneidungen von Bauelementen sind so zu definieren, dass diese zu keinen falschen Massen führen und möglichst soweit auszuarbeiten, dass diese auch plangrafisch sinnvoll sind.

2.3.2.6 Projektorganisation

Vor Beginn der Modellerstellung sind, falls nicht bereits im BIM-Abwicklungsplan (BAP) erfolgt, projektspezifische Festlegungen, wie beispielsweise die zu erbringenden Modelle sowie dazugehörige Datenaustauschformate und das zu verwendende Klassifizierungssystem zu definieren und zu dokumentieren.⁷

Folgende Punkte sind dabei zu berücksichtigen:

Definition der Projektstruktur

Die festgelegte Projektstruktur ist während des gesamten Projektverlaufs einzuhalten (vgl. Kapitel 2.3.2.5). Abweichungen hiervon dürfen nur in Abstimmung mit allen Planungsbeteiligten erfolgen und müssen kommuniziert werden. Die jeweiligen Modelle, ihre einheitliche Namensgebung (gemäß Bezeichnungskonvention, s. Kapitel 2.3.2.3) und Inhalte sind, falls nicht bereits im BAP geschehen, festzuhalten und zu dokumentieren. Eine mögliche Vorlage zur Dokumentation der zu liefernden Modelle ist in Anlage 1 enthalten und mögliche Abkürzungen zur Verwendung der verschiedenen Modelltypen können aus Anlage 2 entnommen werden.

⁷ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (2018), S. 8 ff.

Grundsätzlich werden BIM-basierte Projekte „nach dem Prinzip des fachmodellbasierten Arbeitens abgewickelt.“⁸ Das Objektplanermodell oder das Bestandsmodell, welches gemäß der Modellierungsrichtlinie aufgebaut sein soll, dient hierbei als Referenzmodell für die Erstellung aller weiteren Fach- und Teilmodelle. Je nach Projektumfang oder Bauablauf ist es zu empfehlen, dieses in Teilmodelle zu untergliedern und mit dem Objektplanermodell/Bestandsmodell zu referenzieren.

Definition der Projektinformationen

Für die kontinuierliche Nutzung der Modelle insbesondere für den Zeitraum nach der Realisierung ist das Einpflegen der Projektinformationen relevant, sodass die Rückverfolgung der Inhalte über das Modell gewährleistet wird. Eine Liste mit den zu liefernden Projektinformationen mit den dazugehörigen Verantwortlichkeiten ist der Anlage 3 zu entnehmen.

Definition des Klassifizierungssystems/ der Klassifizierungssysteme

Für eine einfache und konsistente Identifizierung von Modellelementen während des gesamten Lebenszyklus⁹ eines Projektes ist vor Beginn der Modellerstellung das in dem Projekt anzuwendende Klassifizierungssystem festzulegen. Jedes Objekt der zu übergebenden Modelle muss einen entsprechenden Klassifikationsschlüssel tragen. Die Übereinstimmung zwischen Objekttyp und Klassifikationsschlüssel ist zu gewährleisten. In dem beiliegenden Anforderungskatalog (s. Anlage 3 und 4) sind den Modellelementen Klassifizierungssysteme wie beispielsweise IFC4, DIN276, Omni Class 21 und Unifomat II zugeordnet.

Definition des Einfügepunktes

Der Einfügepunkt ist für sämtliche Modelle vor Modellierung zu definieren und zu dokumentieren. Ein mögliches Vorgehen kann gemäß den Vorgaben in Kapitel 2.3.2.4 berücksichtigt werden.

Definition der Verantwortlichkeiten

Eine eindeutige Definition der Verantwortlichkeiten ist vor Beginn der Projekterstellung zwingend zu definieren und zu dokumentieren. Hierfür ist die Erstellung eines Projekt-Organigramms sinnvoll. Die modellerstellenden Beteiligten sind entlang ihrer fachplanerischen Aufgaben aufzuführen. Der Erstellung der Modelle entsprechend ist gegebenenfalls eine Differenzierung zwischen einer liefernden (Information(-swert) bestimmenden) und einer übertragenden (Information(-swert) in das Modell einpflegenden) Rolle innerhalb einer Fachplanungsdiziplin notwendig. Anlage 3 und 4 geben hierfür eine Orientierungshilfe vor, die es individuell anzupassen gilt.

2.3.2.7 Modellierungsempfehlungen

Umgang mit Nordung

Das Bauwerk mitsamt dem Achsraster wird in die Vorlagedatei in einem festen Abstand vom Koordinationskörper modelliert. Da die genaue Nordung vor Beginn der Entwurfsplanung oft unbekannt ist, hat sich für den Umgang mit der Nordung folgende Vorgehensweise in der Praxis bewährt: Der Objektplaner modelliert das Projekt orthogonal und platziert den Nordpfeil zur ersten Orientierung. Sobald die Vermesserdaten vorliegen, wird lediglich der Nordpfeil an die exakte Position angepasst. Koordinationskörper, Achsraster und Gebäudeausrichtung bleiben unverändert. Sofern das Modell inklusive Achsen und Koordinationskörper, beispielsweise im Fall der Modellteilung oder für die Berechnung des Wärmeschutzes, gedreht werden muss, kann die Rotation im jeweiligen Fach- beziehungsweise Teilmodell erfolgen. Bei Datenübergabe ist das gesamte Modell anhand des Koordinationskörpers an die Ursprungsposition zu drehen und zu platzieren. Die Dokumentation der Platzierung ist zu empfehlen.

Umgang mit Platzierung von Modellelementen

Wie in den Modellierungsvorgaben für Bauelemente in Kapitel 2.3.2.5 beschrieben, müssen Bauelemente der Architektur geschossweise modelliert werden. Je nach Software variieren die Methoden zur Platzierung der Elemente in den jeweiligen Geschossen. Beispielsweise werden Geschosse „Untergeschoss, Erdgeschoss, 1. Obergeschoss“ etc. in weitere, sogenannte Ebenen wie etwa „UKRD“ oder „OKRD“ untergliedert. Dadurch verändern sich die Regeln für Platzierungen und Erstreckungen der Elemente. Dennoch können grundlegende

⁸ Vgl. Verein Deutscher Ingenieure (2018), S. 8

Vorgehensweisen für die Platzierung der Elemente im richtigen Geschoss festgehalten werden, die in Abbildung 9, Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt und erläutert werden.

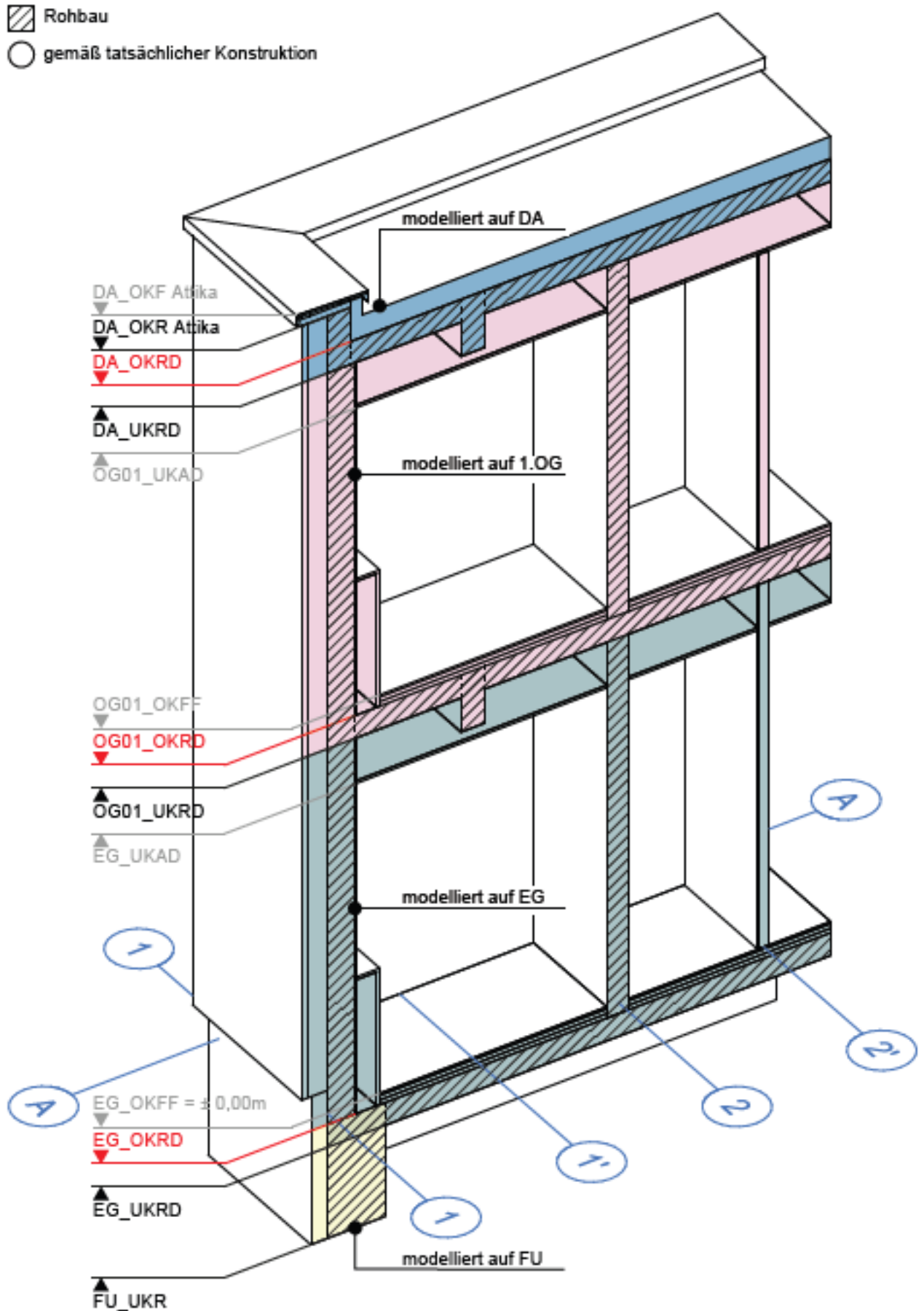


Abbildung 9: Platzierung der Elemente

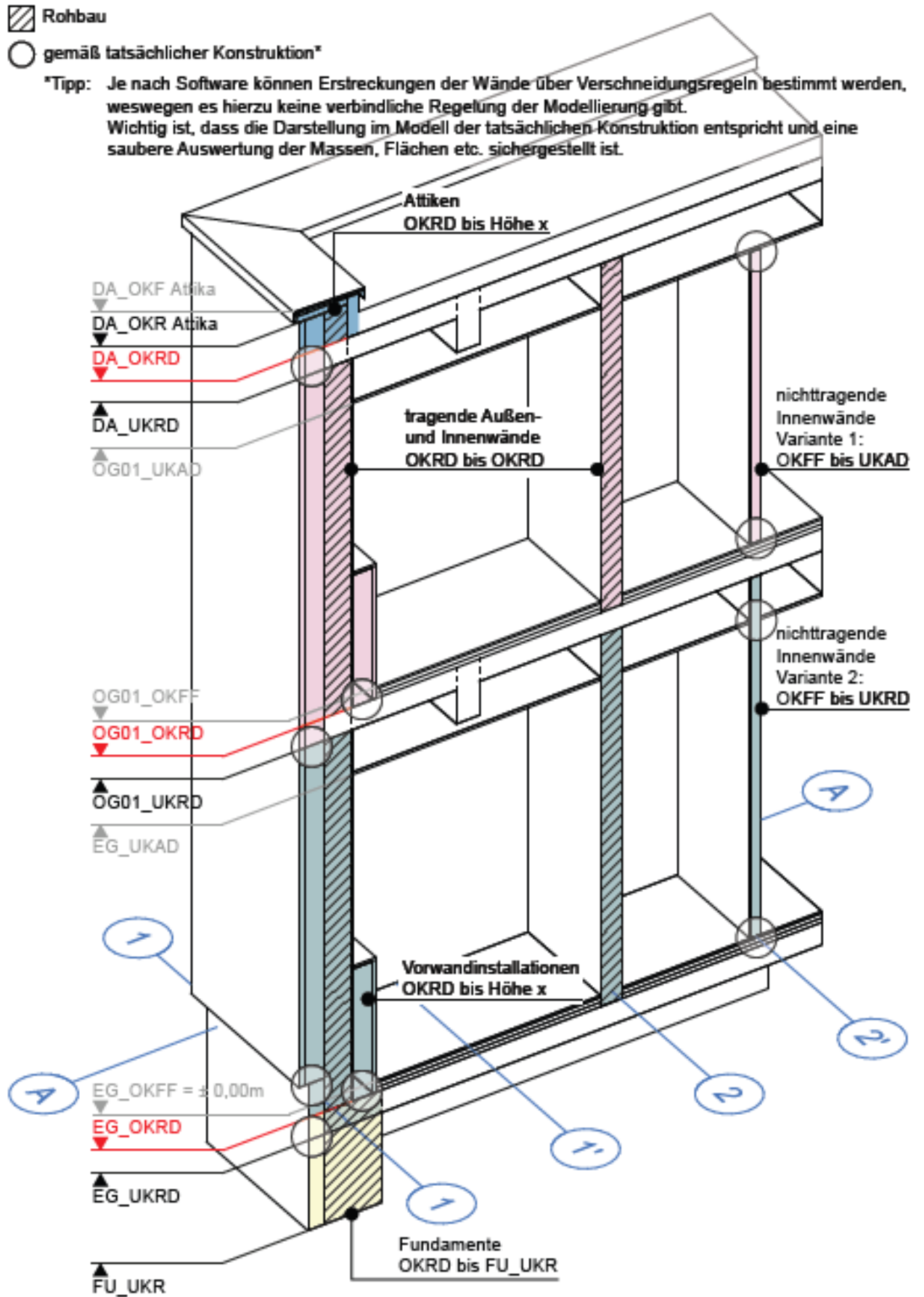


Abbildung 10: Erstreckung vertikale Elemente

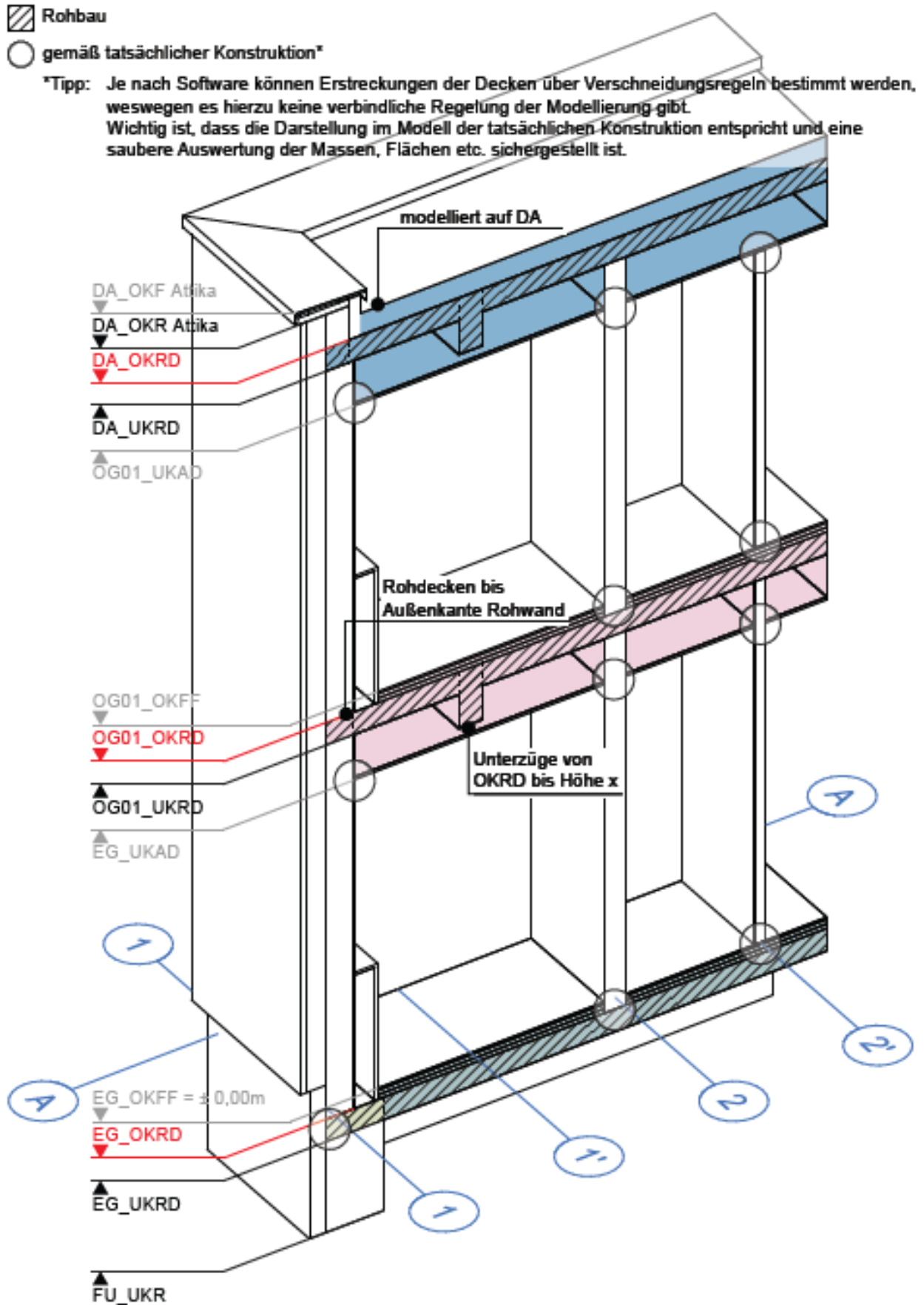


Abbildung 11: Erstreckung horizontale Elemente

Umgang mit mehrschichtigen Modellelementen

Abhängig vom gewählten Level of Geometry sind einige Modellelemente wie etwa Wände, Decken und Dächer in ihren einzelnen Schichten darzustellen. Hierzu gibt es verschiedene technische Modellierungsmethoden, die nachfolgend erläutert und mit ihren Vor- und Nachteilen aufgelistet werden. Für den erfolgreichen Datentransfer, insbesondere in der interdisziplinären Zusammenarbeit, sind diese projektspezifisch unter Berücksichtigung der Weiterverarbeitung der Modelle zu diskutieren und die anzuwendende Modellierungsmethode festzulegen.⁹

- Einzelschicht-Modellierweise
„Bei der Einzelschicht-Modellierweise wird jede Schicht eines bautechnischen Verbundsystems (wie zum Beispiel einer gedämmten, tragenden Außenwand) einzeln modelliert. So werden bei einer vier-schichtigen Wand vier separate direkt aneinandergrenzende Wände modelliert.“¹⁰
- Hybrid-Modellierweise
„In Hybridmodellen werden Rohbauelemente wie zum Beispiel Rohdecken separat modelliert, sämtliche sonstigen Aufbauten aber in mehrschichtigen Paketen, zum Beispiel ein Fußbodenaufbau.“¹¹
- Mehrschicht-Modellierweise
„Beim Mehrschicht-Modellieren werden bautechnische Verbundsysteme als „Pakete“ gezeichnet. So wird zum Beispiel ein Wandaufbau „AW01“ zentral in der BIM Software in seinen Schichten definiert und die Wand dann mit diesem Aufbau versehen.“¹²

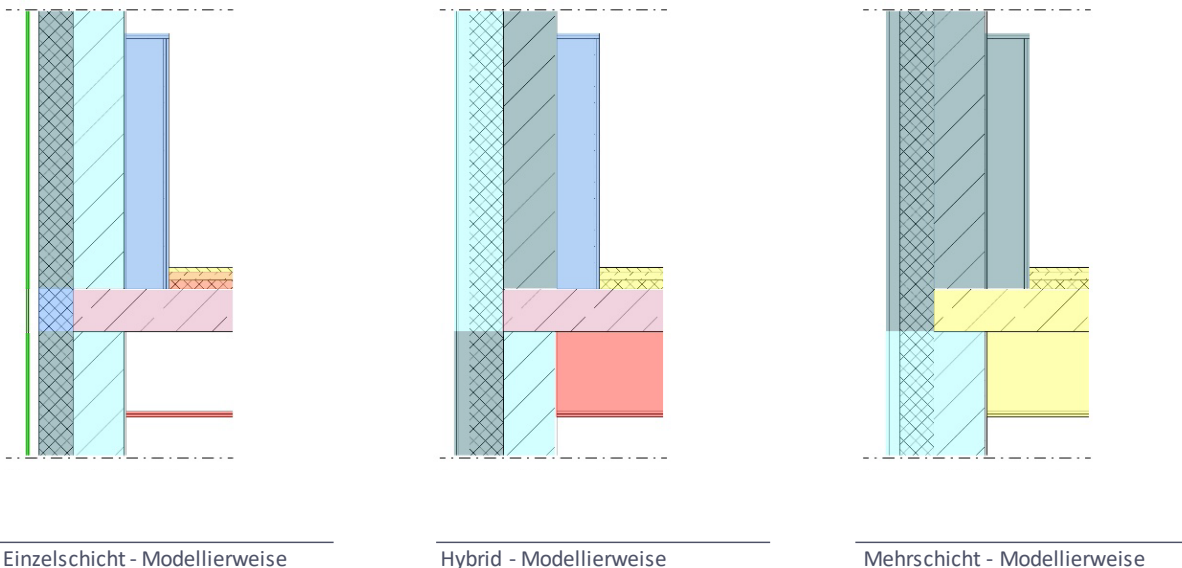


Abbildung 12: Modellierweisen

Tabelle 1 beschreibt die Vor- und Nachteile, welche sich aus der Anwendung der jeweiligen Methode, im Vergleich zu den beiden anderen dargestellten Alternativen, ergeben.

⁹ Vgl. Plandata (o. D.)

¹⁰ Plandata (o. D.)

¹¹ Plandata (o. D.)

¹² Plandata (o. D.)

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der verschiedenen Modellierweisen

	Einzelschicht-Modellierweise	Hybrid-Modellierweise	Mehrschicht-Modellierweise
Modellierungsaufwand	- hoher Modellierungsaufwand bei Durchbrüchen, Fenstern, Türen	o normaler Modellierungsaufwand, jedoch je nach Software bei Durchbrüchen, Fenstern, Türen etwas umständlich	o normaler Modellierungsaufwand, jedoch gegebenenfalls Verschneidungsproblematiken bei mehrschichtigen Systemen + erleichterte Modellierung von Durchbrüchen, Fenstern, Türen
Änderungen	- fehleranfällig, da jede Schicht einzeln angepasst werden muss	+ durch Typenzuordnung (zum Beispiel bei Bodenpalet) leichte Anpassung bei Änderung o bei Durchbrüchen, Fenstern, Türen je nach Software etwas umständlich, jedoch geringe Fehleranfälligkeiten	+ durch Typenzuordnung (zum Beispiel Wandpaket 1) leichte Anpassung bei Änderungen + leichte Anpassung bei Durchbrüchen, Fenstern, Türen
Mengen- und Massenauswertungen	+ leicht anwendbare und genaue modellbasierte Mengen- und Massenermittlung (durch einzelne Schichten und präzise Verschneidungen)	o modellbasierte Mengen- und Massenermittlung umständlich, jedoch durch Typenzuordnung handhabbar	- modellbasierte Mengen- und Massenermittlung schwierig O gegebenenfalls ungenaue Massenauswertungen durch Verschneidungsproblematiken
Datenaustausch	+ erleichtertes Ein- und Ausblenden einzelner Schichten für spezifische Anwendungen (zum Beispiel Bauablaufsimulation) sowie Planableitung (zum Beispiel Rohbau-/Ausbauplan) - schwierige Zuordnung von Gesamtkennwerten mehrschichtiger Bauelemente für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung	+ erleichtertes Ein- und Ausblenden von Rohbau- und Ausbauelementen für die Planableitung sowie erleichterte Datenübergabe an den Tragwerksplaner - schwierige Zuordnung von Gesamtkennwerten mehrschichtiger Bauelemente für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung	+ Zuordnung von Gesamtkennwerten mehrschichtiger Bauelemente für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung sind gegeben - schwieriges Ein- und Ausblenden für spezifische Anwendungen sowie Planableitung (zum Beispiel Rohbau-/Ausbauplan)

Umgang mit Basislinien

Viele Modellelemente beziehen ihre geometrische Struktur auf sogenannte Basislinien. Sie dienen bei der Erstellung von Modellelementen zur Orientierung, wie es vergleichsweise Achsen auch tun, mit dem Unterschied, dass Basislinien nicht nur projektbezogen, sondern modellelementbezogen sind. Somit wird bei Änderungen gewährleistet, dass die Ursprungsposition des modellierten Elementes gesichert ist, unabhängig von den geänderten Abmessungen des jeweiligen Modellelementes. Zudem sind Basislinien insbesondere bei Modellelementen, die von fachübergreifender Relevanz sind, maßgeblich, wie zum Beispiel tragende Außenwände, da auf diese Weise beim Austausch der Modelle die Ursprungsposition sichergestellt werden kann. Aufgrund dessen sind Referenzlinien vor Beginn der Modellelementmodellierung zu definieren und anzulegen.

Nachfolgend werden Basislinien anhand des Beispiels „Wand“ erläutert:

In der Regel wird bei der Erstellung von Wänden zwischen folgenden Basislinien unterschieden:

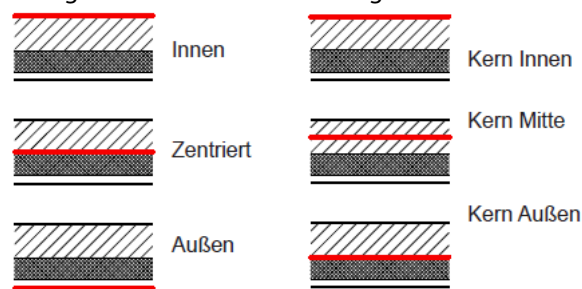


Abbildung 13: Basislinienvarianten

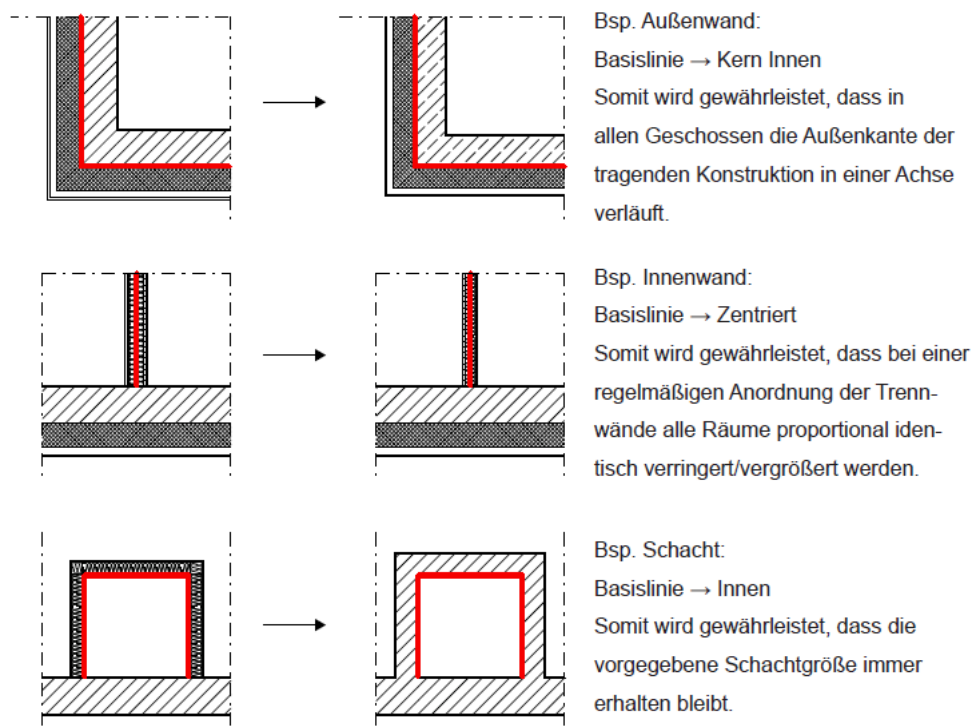


Abbildung 14: Anwendungsbeispiele zur Verwendung von Basislinien

2.3.3 Anlagen zur Modellierungsrichtlinie

Der nachfolgende Abschnitt stellt eine vertiefte Darstellung der projektorganisatorischen sowie modell- und modellelementspezifischen Bestimmungsbereiche und Informationsanforderungen der Modellierungsrichtlinie dar.

2.3.3.1 Anlage 1: Unterlagen zur Projektorganisation

In Anlage 1 werden ergänzend zu den im Hauptdokument aufgelisteten projektorganisatorischen Aspekten, falls nicht bereits im BIM-Abwicklungsplan bereits definiert und dokumentiert, Orientierungshilfen zur Dokumentation der beschriebenen Inhalte zur Verfügung gestellt. Hierzu zählen die

- Dokumentation der Modellierungs- und Auswertungssoftware inklusive der zu liefernden Austauschformate
- Dokumentation der zu liefernden Modelle unter Berücksichtigung der Projektstruktur mit Dateibenennung, Modellinhalt und Modelleinheit
- Dokumentation der einzuhaltenden Einheiten
- Dokumentation des anzuwendenden Klassifizierungssystems
- Dokumentation des Einfügebereiches, des Projektnulls und der Verdrehung gegen den geographischen Norden in Grad
- Dokumentation der Geschosse in ihren exakten Höhenlagen
- Vervollständigung der Verantwortlichkeiten in Anlage 3, wer welche Information für das jeweilige Modellelement zu liefern hat, und wer diese Information in das Modell einzupflegen hat
- Dokumentation der Projektinformationen

2.3.3.2 Anlage 2: Bezeichnungsvorschläge

Anlage 2 enthält zur Veranschaulichung exemplarischen Abkürzungen Listen für die Verwendung von Bezeichnungen für Dateien und Modellelemente.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Bezeichnungen zu strukturieren. Wichtig ist die konsistente Einhaltung der Bezeichnungsstruktur innerhalb eines Bauvorhabens und die Transparenz für Externe über Bezeichnungslisten, Legenden oder Ähnliches sowie die Berücksichtigung der Bezeichnungskonventionen aus dem Hauptdokument (vgl. Kapitel 2.3.2). Insbesondere für den Datenaustausch über alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes hinweg, wo verschiedene Beteiligte für ihre jeweilige Anwendung das Bauwerksdatenmodell als Referenz zur Ableitung notwendiger Informationen verwenden, spielt die konsistente Einhaltung einer strukturellen Bezeichnungskonvention eine Rolle. In dieser Anlage werden daher exemplarische Bezeichnungen für Dateien, Räume und Modellelemente aufgelistet. Diese Auflistungen dienen lediglich der Orientierung und entsprechen keiner Normung.

Tabelle 2 zeigt einen exemplarischen Aufbau für Bezeichnungen von Bauelementen, wobei die einzelnen Themengebiete/Spalten durch Underline „_“ getrennt werden.

Tabelle 2: Bezeichnungssystematik (Beispiel)

Lage (innen/außen)	Typ	Material/Konstruktion	weitere aussagekräftige Eigenschaft
A	WR	STB	240

Die Lage bezieht sich auf die Position im Gebäude. Elemente wie Außenwände, Balkondecken, Geländer werden mit „A“ für außen gekennzeichnet, Innenwände, Innenstützen und Ähnliche mit „I“ für innen.

Der Typ bezieht sich auf die Typbezeichnung der jeweiligen Modellelemente, die der Attributliste der Anlage 3 entspricht. Mögliche Abkürzungen für die verschiedenen Typen werden in der Anlage aufgelistet. „WR“ steht beispielsweise für „Wand Rohbau“.

Für die Material- oder Konstruktionsangabe werden ebenfalls mögliche Abkürzungen zur Verfügung gestellt. Bei Wänden kann man beispielsweise das Material „Mauerziegel (MW), Stahlbeton (STB) oder Porenbetonstein

(PP)“ angeben. Bei Ausbauwänden, die aus Gipskarton bestehen, kann man hingegen die Konstruktion angeben, ob es sich beispielsweise um eine Gipskartoninstallationswand (GKI), Gipskartonschachtwand (GKS) oder Gipskartonvorsatzschale (GKV) handelt. Weitere aussagekräftige Eigenschaften können beispielsweise Abmessungen, Feuerwiderstandsklasse, Festigkeitsklasse oder die Angabe, dass es sich um einen Notausgang handelt, sein.

2.3.3.3 **Anlage 3 und 4: Anforderungen an die Modellelemente Architektur/TGA**

Anlage 3 und 4 beschreiben die relevanten Anforderungen an die Modellelemente der Architektur und der Technischen Gebäudeausrüstung. Nach einleitenden Worten zum Aufbau des Dokumentes sowie einer kurzen allgemeinen Beschreibung zu den Level of Geometry (LOG) und Level of Information (LOI) werden die einzelnen Modellelemente beziehungsweise Komponenten aufgelistet. Alle möglichen Eigenschaften, die den Modellelementen als Attribut hinterlegt werden können, werden je Modellelement einzeln aufgelistet. Die Erörterung und Dokumentation der Verantwortlichkeiten für die Informationslieferung sowie das Einpflegen ebendieser ist vor Projektbeginn zwingend erforderlich und daher Bestandteil der Anforderungskataloge.

In der Anlage 3 werden alle Elemente des Architekturmodells, inklusive der Rohbauelemente der Tragwerksplanung nach IFC, Omni Class 21 und Unifomat II klassifiziert und in Abhängigkeit der geometrischen sowie nicht-geometrischen Informationsdetaillierung der Modellierung beschrieben. Neben den allgemeinen Modellelementen wie Wände, Decken, Türen etc. sind ebenfalls Projektstrukturelemente wie Projekt, Gebäude, Geschoss, Koordinationskörper und Raum aufgeführt, da das Architekturmodell als Referenzmodell dient und diese Informationen Bestandteil des Architekturmodells sein müssen.

Das Modell der Technischen Gebäudeausrüstung umfasst eine wesentlich umfangreichere Anzahl an Komponenten. Daher wurde in der Anlage 4 das TGA-Modell zunächst in die einzelnen Fachmodelle untergliedert. Im Rahmen des Austauschs mit den Experten aus dem Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung wurde beschlossen, den Fokus auf das Fachmodell „Sanitärmodell“ zu setzen. Der Anforderungskatalog für das Sanitärmodell ist analog zum Anforderungskatalog der Architektur aufgebaut. Anschließend werden in der Anlage 4 der Vollständigkeit halber alle weiteren Komponenten des TGA-Modells in Form eines Klassifizierungskataloges, strukturiert nach der DIN 276, abgebildet. Jeder technischen Komponente ist hierbei ein Fachmodell zugeordnet.

Darstellung der Modellelementanforderungen

Für jedes Modellelement beziehungsweise für jede Komponente werden jeweils Vorgaben zu Arbeitsbereich/Fachmodell, Darstellung, Klassifizierungssystem, Level of Geometry und Level of Information getroffen.

Arbeitsbereich/Fachmodell

Für die Schaffung einer sauberen Modellstruktur wird jedem Modellelement ein *Arbeitsbereich/Fachmodell* zugeteilt, in dem es modelliert werden muss. Die Zuordnung eines Modellelements zu einem Arbeitsbereich/Fachmodell orientiert sich dabei an der gewerke- beziehungsweise fachplanerspezifischen Zuordnung während der Realisierung der Bauelemente beziehungsweise technischen Komponenten. Folgende Arbeitsbereiche werden für das Architekturmodell, welches die Rohbauelemente der Tragwerksmodells inkludiert, innerhalb der Anlage 3 der Modellierungsrichtlinie vorgegeben:

- Tiefbau,
- Rohbau,
- Ausbau sowie
- Fassade.

Für das Modell der Technischen Gebäudeausrüstung wird differenziert zwischen:

- Sanitär,
- Heizung,
- Lüftung,
- Elektro,
- Sicherheitstechnik,
- Fahranlagen sowie
- Gebäudeautomation.

Darstellung

Mit Darstellung wird die die Nutzung der richtigen Schraffur je Material ab einem definierten Planmaßstab angegeben. Hierbei wird sich in der Regel auf die Darstellung der Materialität ab einem Planmaßstab von 1:100 (entsprechend der Genehmigungsplanung) gestützt.

Angegebene Klassifizierungssysteme der Modellelemente

Im Rahmen der Darstellung von Modellelementen spielt die Definition des zu verwendenden Klassifizierungssystems für Modellelemente eine zentrale Rolle: Klassifizierungssysteme im Rahmen der Modellierung dienen dazu, Bedeutungen und Begriffe von Modellelementen eindeutig und neutral zu beschreiben, festzulegen und zu strukturieren. Durch die konsequente Nutzung von Klassifizierungssystemen werden erstellte Strukturen von Informationen maschinenlesbar und -bearbeitbar gemacht, um beispielsweise Auswertungen und Interpretationen zu erleichtern.

In den Anlagen zur Modellierungsrichtlinie werden die Klassifizierungssysteme IFC, DIN 276 (beziehungsweise ergänzend DIN 277 für Räume), OmniClass und Unifomat II für jedes Modellelement unter Nennung der jeweiligen Bezeichnungen berücksichtigt. Die Bereitstellung einer Auswahl unterschiedlicher Klassifizierungssysteme geht aus der Ansicht der hervor, dass die Modellierungsrichtlinie auch für nichtdeutsche, das heißt internationale, Projekte adaptierbar sein soll. Die zwingende Verwendung nur eines Klassifizierungssystems innerhalb eines Projektes wird für eine konsistente Arbeitsweise dabei vorgeschrieben.

Beschreibung des notwendigen Levels of Geometry

Das definierte Level of Geometry für Modellelemente gestaltet sich analog zu dem der Modelle (vgl. Kapitel 2.3.2). Ergänzend werden im Rahmen der Definition des Level of Geometry für Modellelemente Beschreibungen getroffen, was in welcher Detaillierung modelliert werden muss. Hierfür wird die Darstellungsdetaillierung auf einer Skala von 100 bis 500 beschrieben, wobei LOG300 bereits die höchste Detaillierung darstellt, da diese Phase der Ausführungsplanung, und somit dem maximalen geometrischen Detaillierungsgrad entspricht.

Beschreibung der Informationsanforderungen je Modellelement (Level of Information)

Neben den zuvor beschriebenen und definierten Anforderungen an Modellelemente spielt die Bestimmung der Informationsanforderungen eine zentrale Rolle für die Modellierung. Hierfür werden im Zuge des Projektes die bereitzustellenden Kataloge um ebendiesen Regelungsbedarf ergänzt. Abbildung 15 zeigt die Struktur, in welcher die Informationsanforderungen dargestellt werden.

Attributkatalog Modellelement				Informationstiefe LoI						
Kategorie ¹	Ausprägung ²	Format ³	Einheit ⁴	100	200	300	400	500	I _L ⁵	I _A ⁶
Klasse	IfcStandardWall	Text	ohne	x	x	x	x	x	MRL	O
...

- 1 Bezeichnung Attribut
- 2 Beispielausprägung
- 3 Datentyp
- 4 Bezeichnung Einheit
- 5 Verantwortlichkeit Informationslieferung
- 6 Verantwortlichkeit Informationsintegration (Ausführung)

Abbildung 15: Strukturabbildung der Informationsanforderungsmatrix

Für jedes Modellelement werden die notwendigen, „grundlegenden“ Informationsanforderungen abgebildet: Hierbei wird die maximal betrachtete Tiefe der Informationsanforderungen an Modellelemente grundsätzlich mit dem informativen Detaillierungsgrad der Ausführungsplanung gleichgesetzt. Sämtliche Informationen, die während der Ausführungsplanung Modellelementen beigefügt werden, werden innerhalb der Informationsanforderungskataloge fixiert. Diese Informationstiefe entspricht dabei einem Level of Information 300 im Sinne der Modellierungsrichtlinie. Darüber hinaus einzupflegende Informationen, beispielsweise aus der Abnahme (zum Beispiel Baujahr, Hersteller oder Inbetriebnahmedatum), werden einem höheren Level of Information zugeordnet; hierbei handelt sich im Wesentlichen mehr um die Integration von Informationswerten als um weiter zu definierende Informationen als solche. Analog sind die Level of Information 400 und 500 dem

As Built-Modell zuzuordnen. Die Darstellung der Zuordnung von Informationsanforderungen zur Detaillierungstiefe des Modells (Level of Geometry) erfolgt dabei als Matrix (vgl. Abbildung 15).

Zu den jeweilig aufgelisteten Attributen wird eine Auswahl an (Beispiel-)Ausprägungen mitgeliefert, die dem Attribut dann als Wert zugeordnet werden. Für die Auswahl des jeweiligen Datenwertes sind geltende Regelwerke, Vorschriften und Normen zu beachten (beispielsweise im Rahmen der Feuerwiderstandklasse). Weiterhin werden für die Attribute entsprechende Datentypen (zum Beispiel Text oder Datum) und SI-Einheiten beigefügt. Dem Attribut entsprechend werden darüber hinaus zuständige Verantwortlichkeiten geliefert. Dabei werden zwei Sphären unterschieden:

- Informationsliefernder (I_L): Beschreibt die Verantwortlichkeit der Bereitstellung eines Informationswertes.
- Informationsintegrierender („Ausführender“; I_A): Beschreibt die Verantwortlichkeit der Integration des Informationswertes in ein entsprechendes Modell.

Die beiden beschriebenen Verantwortlichkeiten können dabei voneinander abweichen. Durch die Definition, wer welche Informationen zu liefern und wer diese in ein entsprechendes Modell zu integrieren hat, wird eine transparente Grundlage für das Informationsmanagement geliefert. Die im Zuge des Projektes erstellten Informationsanforderungen können als eine Art modellelementbezogene, grundlegende Standardbibliothek für Attribute gesehen und referenziert werden.

2.4 BIM-Anwendungsfälle im Kontext der BIM-Modellierungsrichtlinie

In den nachfolgenden Unterkapiteln wird auf den aktuellen Stand und Umgang von und mit BIM-Anwendungsfällen in Deutschland und der DACH-Region eingegangen. Daran anknüpfend wird eine Einordnung der entwickelten Modellierungsrichtlinie mit der Thematik der BIM-Anwendungsfälle wie bereits in Kapitel 2.3.1 angedeutet vorgenommen. In diesem Zusammenhang wird die Brücke zum laufenden Forschungsprojekt „Entwicklung einer standardisierten Struktur für BIM-Anwendungsfälle“ (s. Kapitel 1.5) geschlagen beziehungsweise auf den Mehrwert aus der Beschreibung eines Grundlagenmodells für BIM-Anwendungsfälle eingegangen.

2.4.1 Status Quo BIM-Anwendungsfälle

Im Rahmen einer 2019 durchgeführten Recherche (letzte Aktualisierung 2020) hat das Institut für das Management digitaler Prozesse in der Bau- und Immobilienwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal frei verfügbare BIM-Anwendungsfälle innerhalb der DACH-Region zusammengeführt. Im Ergebnis konnten zahlreiche definierte BIM-Anwendungsfälle (in Summe > 250 BIM-Anwendungsfaldefinitionen) identifiziert werden, welche von ca. 20 herausgebenden Einheiten veröffentlicht wurden. Bei den Herausgebern handelt es sich dabei um Unternehmen unterschiedlicher Geschäftszwecke und Projektrollen sowie um Institutionen der öffentlichen Hand und der Wissenschaft. Im Zuge der Recherche konnten die Forschungsnehmer feststellen, dass bei der hohen Anzahl an BIM-Anwendungsfaldefinitionen wenige individuelle BIM-Anwendungsfälle beschrieben wurden. Durch die inhaltliche Gruppierung der BIM-Anwendungsfaldefinitionen in thematische Cluster ließen sich so 16 BIM-Anwendungsfelder eingliedern. Die Rechercheergebnisse sind über die Homepage des Forschungsnehmers einsehbar.¹³

Aufbauend auf den Ergebnissen der Recherche und der Gliederung dieser in Felder konnten die Forschungsnehmer feststellen, dass rein auf der Beschreibungsebene kein einheitliches, herausgeberübergreifendes Verständnis darüber herrscht, welche Inhalte ein BIM-Anwendungsfall zu bedienen hat oder in welcher Detaillierungstiefe dieser zu beschreiben ist. Hieran anschließend wurde eine Analyse der bereitgestellten BIM-Anwendungsfälle je Herausgeber, exemplarisch aus einem thematischen BIM-Anwendungsfeld, durchgeführt. Fokus der Analyse war dabei der Aufbau des jeweiligen BIM-Anwendungsfalles, auch im Vergleich zu seinen themenverwandten, aber herausgeberfremden Alternativen. Die Analyse bestätigte das zuvor genannte Problem, dass keine einheitliche Herangehensweise an die Definition eines BIM-Anwendungsfalles vorliegt.

Um diesen Problemen gerecht zu werden, wurden bereits unterschiedliche Initiativen begonnen, unter anderem im Rahmen des VDI, des buildingSMART, von BIM Deutschland und durch den Forschungsnehmer. Auf eine Darstellung der Initiativen wird im Rahmen des gegenständigen Forschungsberichtes verzichtet.

¹³ Abrufbar über <http://www.biminstitut.de/forschung/downloads>

2.4.2 Grundlagenmodell als Basis für BIM-Anwendungsfälle

Aufbauend auf der Argumentation in Kapitel 2.3.1 beschreibt die im gegenständigen Forschungsprojekt entwickelte Modellierungsrichtlinie Anforderungen an ein Bauwerksdatenmodell, welches universell für sämtliche BIM-Anwendungsfälle herangezogen werden kann: Die beschriebenen Anforderungen der Modellierungsrichtlinie, insbesondere die nicht-geometrischen Informationen betreffend, sind für jedes Szenario in Abhängigkeit der notwendigen dann zu wählenden Detaillierungen geltend.

Ein beliebiger BIM-Anwendungsfall umfasst, neben der fachlichen Durchführung des BIM-Anwendungsfalls, eine Beschreibung von Anforderungen an die geometrische und nicht-geometrische Detaillierung und Informationen. Dieses Anforderungsprofil beschreibt damit die minimalen Anforderungen zur Durchführung des BIM-Anwendungsfalls und definiert ein dafür funktionales Bauwerksdatenmodell. Jedes Anforderungsprofil ist dabei für einen jeweiligen BIM-Anwendungsfall individuell zu erstellen, kann jedoch mit dem eines anderen BIM-Anwendungsfalls deckungsgleich sein. Auf dieser Grundlage ergibt sich eine natürliche Schnittmenge der im Rahmen des BIM-Anwendungsfalls und der entwickelten Modellierungsrichtlinie definierten Anforderungen für ein Bauwerksdatenmodell, welche über das Grundlagenmodell abgedeckt sind. Hieraus entfällt die Beschreibung der grundlegenden Anforderungen an das Bauwerksdatenmodell im Rahmen der BIM-Anwendungsfallbeschreibung, sodass nur noch differenzierende Anforderungen aufzugreifen sind. Extrapoliert auf sämtliche BIM-Anwendungsfälle ergibt sich so die Situation, dass alle BIM-Anwendungsfälle miteinander kompatibel sind, da alle auf dieselbe Grundlage (das Grundlagenmodell) zurückgreifen. Die Kombination vieler BIM-Anwendungsfälle, beispielsweise im Rahmen eines Projektes, kann somit durch die Summe der individuellen Anforderungen abzüglich der Anforderungen gemäß Modellierungsrichtlinie erfasst und abgebildet werden. Somit dockt jeder einzelne BIM-Anwendungsfall sowie jede Konstellation / Kette mehrerer BIM-Anwendungsfälle auf dem Grundlagenmodell an und baut darauf auf, indem die spezifischen Anforderungen des BIM-Anwendungsfalls das bereitgestellte Gerüst erweitern.

Die so bereitgestellte Systematik erlaubt neben der einheitlichen Arbeitsgrundlage für sämtliche BIM-Anwendungsfälle eine Fokussierung auf die fachliche Definition der differenzierenden Anforderungen: Ein Autor kann so auf einer grundsätzlichen Vollständigkeit und Richtigkeit der Modellierungsgrundlagen und -anforderungen aufbauen, sodass er hierdurch unterstützt wird, sich auf den wesentlichen, fachlichen Teil der Definition des BIM-Anwendungsfalls zu konzentrieren. Der Definitionsprozess wird dahingehend effizienter und effektiver. Die Anforderungsprofile werden schlanker gestaltet, da nur differenzierende Anforderungen (unter Referenzieren einer notwendigen Detaillierung gemäß Modellierungsrichtlinie) bereitzustellen sind. Für einen Anwender ergibt sich somit auch ein einfacherer und schlankerer Umgang bei der Recherche und Auswahl von BIM-Anwendungsfällen, da ein wesentlicher Teil der Anforderungen über die Modellierungsrichtlinie ausgelagert, die grundsätzliche, modellbezogene Funktionsfähigkeit jedoch gewährleistet werden kann.

2.5 Validierung der BIM-Modellierungsrichtlinie

Eine erste Validierung der entwickelten BIM-Modellierungsrichtlinie wurde im Verlauf der Fertigstellung durch die Praxispartner durchgeführt. Hierbei erhielten die Praxispartner die jeweiligen Arbeitsstände der Modellierungsrichtlinie zu definierten Meilensteinen (beispielsweise nach Fertigstellung des ersten Teils der Modellierungsrichtlinie). Die Modellierungsrichtlinie wurde dabei kritisch durch die Praxispartner geprüft und kommentiert, um so eine möglichst hohe Praxisgenauigkeit sowie -tauglichkeit erreichen zu können. Eine projektbegleitende Validierung der Modellierungsrichtlinie durch die Forschungsnehmer war weiterhin im Rahmen der Projektbearbeitung angedacht. Hierfür wurden verschiedene Gespräche mit unterschiedlichen Praxispartnern und externen Partnern durchgeführt, um potentielle Projekte und entsprechende Kapazitäten zu bestimmen. Die Finalisierung der fortgeschrittenen Gespräche und damit die Realisierung der praxisbegleitenden Validierung konnten jedoch infolge der anhaltenden Pandemie in den Kalenderjahren 2020 und 2021 nicht durchgeführt werden.

Eine praktische Erprobung der Inhalte der erstellten Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes hat diese durch den Praxispartner DEUBIM GmbH erfahren: Im Rahmen einer Beratungsdienstleistung hat die DEUBIM eine Modellierungsrichtlinie für einen Auftraggeber erstellt, welche für dessen fortfolgende Projekte zugrunde gelegt wird. Für die Erstellung der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie wurde die entwickelte Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes als Basis neben der bestehenden, unternehmenseigenen Modellierungsrichtlinie der DEUBIM (Stand vor Beginn des Forschungsprojektes) herangezogen. In Korrespondenz mit den Zielen des Auftraggebers wurden weitere Inhalte für die Erstellung der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie identifiziert und adaptiert. Dieser finale Stand wurde den Forschungsnehmern durch die DEUBIM bereitgestellt und erläutert, sodass hieraus eine Bewertung bzw. Validierung der aus dem Forschungsprojekt entwickelten Modellierungsrichtlinie entlang einer daraus für die Praxis abgeleiteten Instanz durchgeführt werden

konnte. Die hierfür durchgeführte Synopse der beiden Modellierungsrichtlinieninstanzen (Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM und Modellierungsrichtlinie Forschungsprojekt) wird im weiteren Verlauf auszugswise und verkürzt dargestellt. Eine vollständige Bereitstellung des durchgeführten Abgleichs kann infolge Auftraggeber-sensibler Informationen und Anforderungen im Rahmen des Forschungsprojektes nicht geleistet werden.

2.5.1 Aufbau, Rahmen und Inhalte der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie

Die erstellte Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie wird anders als die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes als ein zusammenhängendes Dokument (exklusive tiefergehender, Auftraggeber-spezifischer Informationsanforderungen) bereitgestellt. Hintergrund ist die Verwendung der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie als zusammenhängende und konzentrierte Beschreibung der relevanten Anforderungen an die Modellierung und die Inhalte des Modells. Infolge der gesamtheitlich zusammenhängenden und beschriebenen Anforderungen an ein zu erstellendes Modell finden Auftraggeber und Anwender durch diese Herangehensweise Unterstützung für die Recherche und Bereitstellung sämtlicher modellierungsrelevanter und einzuhaltender Anforderungen durch die Verschlinkung des Daten- bzw. Dokumentenmanagements.

Hintergrund der Aufteilung der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes in unterschiedliche Dokumente ist die Bereitstellung der dazugehörigen Erläuterungen für die dargestellten Inhalte: Die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes verfolgt neben einem fachlichen auch einen wissenschaftlichen Auftrag, weswegen neben der bloßen Präsentation von Inhalten auch auf Erläuterungen zu diesen und alternative Lösungsansätze eingegangen wird. Diese Alternativen sind dabei unter anderem fallspezifisch auszuwählen (vgl. Kapitel 4.3 [Umgang mit mehrschichten Modellelementen], Anlage 1). Diese Herangehensweise füllt eine bereitzustellende Modellierungsrichtlinie um ein Vielfaches, ist jedoch aus Sicht der Methoden- und Produktneutralität unerlässlich. Aus Sicht eines Auftraggebers hat dieser die Freiheit, entsprechende Freiheitsgrade (alternative Lösungsansätze) zu reduzieren und sich auf eine Alternative im Rahmen der eigenen Modellierungsrichtlinie festzulegen. Für die Bereitstellung der wie in Abbildung 16 dargestellten Inhalte der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie sind im Kontext der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes drei vollständige Dokumente notwendig.

1	Einleitung	3
	Hintergrund	3
	Ziel 3	
2	Grundsätze der Modellierung	4
3	Aufbau der Modellstruktur	5
3.1	Geschosse	6
3.2	Raster	7
3.3	Referenzlinien	8
3.4	Georeferenzierung	9
3.5	Templates	10
3.6	Projektnullpunkt	10
4	Granularität von Daten / Modellentwicklungsgraden (LoIN) – Ausarbeitungsgrad 11	
4.1	Level of Geometry (LoG)	11
4.2	Level of Information (LoI)	13
4.3	Asset-(Liegenschafts-) Informationsanforderungen (AIR)	14
5	Anlagen	15

Abbildung 16: Auszug Inhaltsverzeichnis, Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM

Weiterhin wird im Rahmen der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie im Gegensatz zu der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes auf weitere, projektspezifische Dokumente (beispielsweise auf den BAP, vgl. Abbildung 17) im Kontext der Inhalte verwiesen. Die Unterscheidung von Inhalten der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie aus AIA- und BAP-spezifischer Sichtweise dient der Ausdifferenzierung ziel- und anforderungsgerechter Dokumente im angemessenen Umfang. Im Gegensatz hierzu differenziert die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes nicht zwischen verschiedenen Auslegungen und Zielsetzungen von Inhalten des Dokumentes, sondern summiert sämtliche für den Modellierungsprozess und das Modell relevante Anforderungen. Diese Herangehensweise ist wie bereits zuvor beschrieben der Tatsache geschuldet, dass die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes aus neutraler Perspektive erarbeitet und verfasst wurde. Für die praktische Anwendung ergäben sich neben der Anpassung der Inhalte an die eigene Wertschöpfungskette

differenzierbare Inhalte, die je nach Rolle des Anwenders in einem Projekt relevanter sind. Die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes berücksichtigt weitere adressierte Inhalte im Rahmen der Anlagen 1 (Unterlagen zur Projektorganisation) und Anlage 2 (Bezeichnungsvorschläge). Da der referenzierte BAP im Rahmen des Austausches nicht eingesehen werden konnte, kann keine weitergehende Aussage zu konkreten, in den BAP ausgelagerten Inhalten getroffen werden.

Ein georeferenzierter Projektnullpunkt stellt die Mindestanforderung an ein Template dar. Weitere Inhalte des Templates werden im BIM-Abwicklungsplan (BAP) spezifiziert.

Abbildung 17: Auszug „Templates“, Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM

Abbildung 18 zeigt einen Auszug zum Inhalt „Grundlagen der Modellierung“ aus der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie. Auffällig ist hierbei, dass die beschriebenen Inhalte in reduzierter Form dargestellt werden: Hier werden Modellierungsanforderungen kompakt in einem Satz inklusive einem zugehörigen Beispiel/ einer weiteren, einordnenden Information dargestellt. Des Weiteren sind die beschriebenen Inhalte konkreter ausformuliert als in der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes (beispielsweise wird konkret die Anwendung des Klassifizierungssystems DIN 276 vorgegeben; im Rahmen der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes wird das Klassifizierungssystem DIN 276 nur als eines der möglichen Klassifizierungssysteme angeführt). Die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes beinhaltet selbige Informationen, führt jedoch weitergehende Beschreibungen zu den jeweiligen Inhalten an, um Anwendern die Möglichkeit einzuräumen, unterschiedliche Alternativen zu verstehen und die für die eigene Wertschöpfungskette geeignetste Alternative wählen zu können. Die Ausprägung dieser Inhalte ist daher dem Kontext der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie zuzuordnen, da der Herausgeber der Modellierungsrichtlinie entsprechende Vorgaben durchsetzen kann, die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes hingegen nur Optionen aufzeigt.

In diesem Abschnitt werden die Grundsätze softwareunabhängiger Modellierung dargestellt. Diese bilden das Gerüst eines jeden Fach- und Teilmodells. Die Prüfung und Freigabe erfolgt im Einzelfall durch den BIM-Koordinator.

Modellelemente werden geschossweise modelliert

typischerweise OKFF zu OKFF oder OKRD zu OKRD

Die Modellelemente werden gemäß ihrer Bauteilkategorie (DIN276-12:2018) und mit entsprechender Elementklassifizierung (IFC-Entität) erstellt

Unterzüge als Bauteilkategorie Träger, Türen als Bauteilkategorie Tür

Die Erstellung von Bauteilgruppen ist zwingend zu vermeiden

Nur zur vorübergehenden Erstellung geeignet, muss vor Datenübergaben bereinigt werden

Spiegeln von Modellelementen ist zu vermeiden

Modellelemente könnten spiegelverkehrt wiedergegeben werden.

Beachtung der ID der Modellelemente ist erforderlich

Geht beim Löschen von Modellelementen verloren, kann zu Inkonsistenzen beim Datenaustausch führen.

Mehrschichtige Wände können als ein Modellelement modelliert werden

Als Beispiel: WDWB

Abbildung 18: Auszug Grundlagen der Modellierung, Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM

2.5.2 Fazit der Validierung entlang der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie

Im Rahmen des dargestellten Abgleichs der Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie und der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes sowie dem Austausch mit der DEUBIM zeigt sich, dass eine Adaption der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes für die Praxis möglich und die dargestellten Inhalte praxistauglich aufbereitet sind. Die Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes verfolgt dabei das Ziel, als Grundlage für die Erstellung oder den Abgleich mit einer eigenen Modellierungsrichtlinie alle hierfür relevanten Anforderungen zu adressieren und entsprechende, praxisrelevante Alternativen bzw. Lösungsansätze je Anforderung aufzuzeigen. Anwender erhalten so einen wissenschaftlich aufgearbeiteten Querschnitt der Best Practice des Modellierungsprozesses (vgl. Kapitel 2.1) und können eigenständig die für sich geeignetste Option auswählen. Die Validierung der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes im Kontext der Nutzung als Grundlage und für den Abgleich mit einer bereits bestehenden, unternehmenseigenen Modellierungsrichtlinie wird daher von den Forschungsnehmern positiv bewertet.¹⁴

¹⁴ Zu berücksichtigen ist, dass die DEUBIM GmbH bereits über Kompetenzen bei der Erstellung und Anwendung von Modellierungsrichtlinien im Kontext der Methode BIM verfügt.

3 Entwicklung einer Datenbank und technischer Lösungsansätze

Im folgenden Kapitel wird auf die technischen (Weiter-)Entwicklungen im Rahmen des Forschungsprojektes eingegangen. Dabei wurde die Notwendigkeit erkannt, weg von einer dokumentenorientierten Bereitstellung der Inhalte und Informationen hin zu einer auswertbareren Möglichkeit zu arbeiten, da diese den Zugang zu und den Umgang mit den erarbeiteten Inhalten verbessert und skalierbarer macht. Hierfür wurde im ersten Schritt ein Datenbanksystem aufgesetzt, in welches die Inhalte der entwickelten Modellierungsrichtlinie, insbesondere die modellelementspezifischen, nicht-geometrischen Informationsanforderungen, einfließen (vgl. Kapitel 3.1). Dieser Schritt unterstützt die Weitergabe der Information und erlaubt die Individualisierung derjenigen Abfragen und Ausgaben, welche eine effektivere Arbeitsweise mit der Modellierungsrichtlinie unterstützen. Aufbauend auf der Entwicklung des Datenbanksystems wurden weitere technische Lösungsansätze entwickelt, welche einen Anwender in der Umsetzung und Prüfung der bereitgestellten Inhalte unterstützen: Zum einen wurde hierfür der Prozess der Informationsintegration in ein Bauwerksdatenmodell innerhalb von Autorensoftware betrachtet und technisch umgesetzt (vgl. Kapitel 3.2.1), zum anderen wurden Möglichkeiten für die Prüfung des Bauwerksdatenmodells im Rahmen des Lösungskonzeptes des Forschungsprojektes betrachtet und integriert. Hierfür wurden zum einen Prüfgesetze im Solibri Model Checker formuliert und bereitgestellt (vgl. Kapitel 3.2.3), zum anderen wurden Synergieeffekte im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt „Informationslieferungscontrolling“ gehoben (vgl. hierfür Kapitel 3.2.2).

3.1 Entwicklung einer Datenbank

Das folgende Unterkapitel beschreibt das Vorgehen im Rahmen des Forschungsprojektes in Bezug auf die Erstellung der Datenbank. Dabei wird zunächst auf das gewählte Datenbankmanagementsystem (DBMS) eingegangen (vgl. Kapitel 3.1.1). Daran anschließend wird die Modellierung der Datenbank dargestellt (vgl. Kapitel 3.1.2) sowie auf die erstellten Datenbankabfragen und -ausgaben (vgl. Kapitel 3.1.3) und deren Bereitstellung (vgl. Kapitel 0) eingegangen.

3.1.1 PostgreSQL

Im Rahmen der Bereitstellung der Daten aus der Modellierungsrichtlinie in Form einer abfragbaren und erweiterbaren Datenbank fiel die Wahl auf das verbreitete, objektrelationale Datenbankmanagementsystem (DBMS) PostgreSQL¹⁵. PostgreSQL ist im Kern eine relationale Datenbank, deren Konsistenzsicherung hier genutzt wird, um die logische Verknüpfung der Daten sicherzustellen. Die logische Verknüpfung der Daten basiert dabei auf der Datenbankmodellierung, welche in Kapitel 3.1.2 erläutert wird. Im Gegensatz zu anderen relationalen Datenbanken wie MySQL¹⁶ und dem darauf basierenden MariaDB¹⁷ ermöglicht die Objektrelationalität von PostgreSQL eine optimierte Abbildung und Verwaltung von Daten aus Bauwerksdatenmodellen. Das DBMS nutzt außerdem die im Namen schon enthaltene standardisierte, etablierte Datenbanksprache SQL, welche zur Verwaltung (Erstellung, Abfrage, Änderung, Löschung) der Datensätze verwendet wird. Die Bereitstellung von PostgreSQL als Open-Source-Software ohne Lizenzgebühren¹⁸ ermöglicht außerdem eine flexible und dauerhafte Bereitstellung und Weiterentwicklung des hier vorgestellten Prototypen. Andere Datenbanksysteme wie NoSQL-Datenbanken wurden für die Verwendung in diesem Forschungsprojekt nicht berücksichtigt, da diese für andere Anwendungsfälle (unstrukturierte, große Datenmengen [Big Data]) zu priorisieren sind.¹⁹

3.1.2 Datenbankmodellierung

Die Nutzung der entwickelten Datenbank setzt folgende Softwarevoraussetzungen voraus: PostgreSQL 13, Python 3.9.2²⁰ sowie mehrere Python Module, die in der Einrichtungsdokumentation Datenbankanwendung (Anlage 6) aufgeführt werden.

¹⁵ The PostgreSQL Global Development Group [1] (o. D.)

¹⁶ MySQL (o. D.)

¹⁷ MariaDB Foundation (2019)

¹⁸ Vgl. The PostgreSQL Global Development Group [2] (o. D.)

¹⁹ Begerow Beratungsgesellschaft (2019)

²⁰ Entspricht der Entwicklungsversion. Möglicherweise mit älteren oder neueren Versionen kompatibel.

Um die Datenbankstruktur zu modellieren, wurden die einzulesenden Informationen der Modellierungsrichtlinie zunächst analysiert. Die unterschiedlichen Bezeichnungen aus der Modellierung und der Implementierung werden im Folgenden als Kurzbezeichnungen eingeführt und daraufhin synonym verwendet. Bei der Analyse wurden mehrere Sachverhalte berücksichtigt, die die Modellierung der Datenbank maßgeblich beeinflussten:

- 1) Basierend auf der Struktur der Informationsanforderungstabellen (s. Anlage 3) sind die einzelnen Tabellen Bauteilkategorien (Kurzbezeichnung: Kategorie) zugeordnet, welche bisweilen mehrere Bauteiltypen (Kurzbezeichnung: Typ) enthalten können. So beinhaltet beispielsweise die Kategorie *Dränage* die Typen *Flächendränage*, *Dränleitung* und *Dränschicht*.
- 2) Während die Informationsanforderungen (Kurzbezeichnung: Attribut) eines Bauteiltyps einige Zeilen umfassen, sind speziell allgemeine Attribute wie *Geschoss* oder *GUID* in vielen Bauteiltypen vorhanden. Dies führt zu einer n:m-Beziehung, welche nicht in einer relationalen Datenbank abgebildet werden können und daher mithilfe einer Relationstabelle, genannt „Matching“, in mehrere 1:n-Beziehungen umgewandelt wurde. Eine Entität in der Tabelle Matching enthält somit eine eindeutige Paarung (ein Match) aus Typ und Attribut.
- 3) Weitere Eigenschaften wurden als Aufzählungstabellen ergänzt, anhand derer die Korrektheit der eingefügten Informationen durch die Verwendung von Fremdschlüsseln verifiziert werden kann. So gibt es für die Datenformate (Kurzbezeichnung: Format) nur einige Einträge. Wird ein neuer Eintrag in der Tabelle „Attribut“ eingefügt, beinhaltet dieser Eintrag den Fremdschlüssel eines Formats. Dieser Fremdschlüssel muss einen vorhandenen Eintrag der Tabelle „Format“ referenzieren, da der neue Eintrag des Attributs sonst ungültig ist. So werden falsche Schreibweisen und Dopplungen vermieden.

Diese und Aspekte der gleichen Art wurden in vereinfachter Form in einem klassischen Entity-Relationship-Diagramm (ER-Diagramm) der Datenbank zusammengeführt, welches in Abbildung 19 die Entitäten und deren Beziehungen darstellt. Alternativ kann die Datenbankmodellierung auch mit einem UML-Diagramm modelliert werden.²¹ Basierend auf dem ER-Diagramm wurden die Entitäten und ihre vollständigen Beziehungen als Datenbank-UML-Diagramm modelliert, welches in Abbildung 20 dargestellt ist. Basierend auf dieser theoretischen Modellierung erfolgte die praktische Implementierung der Datenbank und der Skripte für Setup und Abfrage der Datenbank.

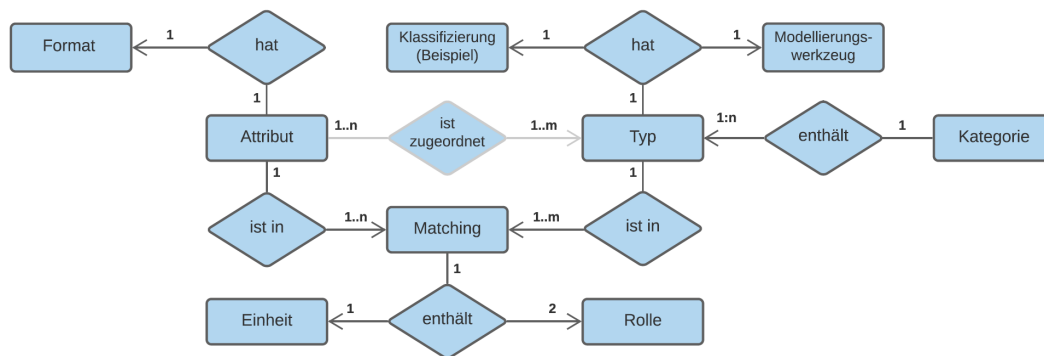


Abbildung 19: Entity-Relationship-Diagramm der Datenbank zur Modellierungsrichtlinie

²¹ web-engineering.info (o. D.)

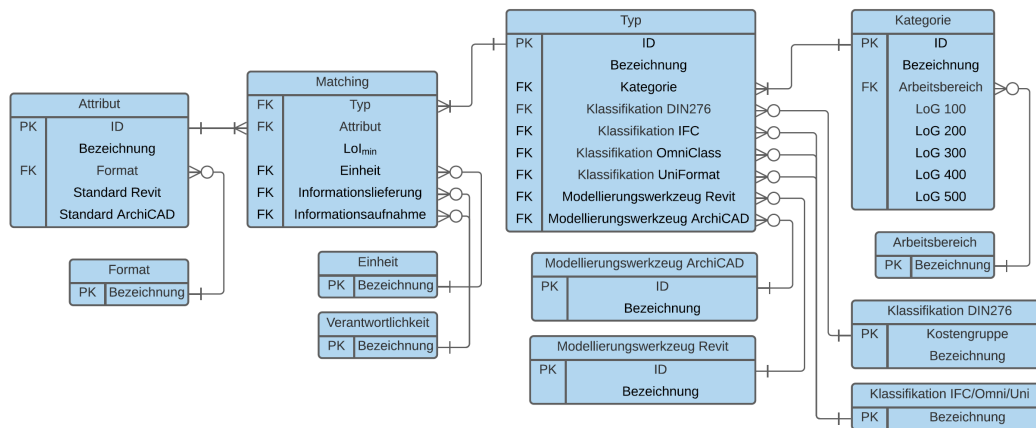


Abbildung 20: UML-Diagramm der Datenbank zur Modellierungsrichtlinie

Die PostgreSQL-Umgebung kommt mit dem Datenbankmanagementtool pgAdmin²², welches unter anderem zum Aufsetzen der Datenbank verwendet wurde. Anschließend wurde das Setup-Skript der Datenbank als Python-Skript geschrieben. Zur Anknüpfung des Skripts an die PostgreSQL-Datenbank wurde das Python-Modul *psycopy2*²³ verwendet. Außerdem wurden zum Lesen und Verwalten der Daten aus den Excel-Tabellen während der Laufzeit die Python-Module *pandas*²⁴ und *XlsxWriter*²⁵ genutzt.

Zum Setup der Datenbank wurden mehrere Schritte implementiert, die wie folgt ausgeführt werden:

- 1) Reset der Datenbank: Da es sich um ein Skript zur Ersteinrichtung handelt, werden die vorhandenen Tabellen gelöscht und neu erzeugt, sodass bei korrekter Datenlage (der einzulesenden Daten) ein sauberer Start sichergestellt ist.
- 2) Lesen, Säubern und Verknüpfen der Daten: Die in Form von Excel-Tabellen vorliegenden Daten der Anlage 3 der Modellierungsrichtlinie werden in die Laufzeitumgebung des Skripts geladen und dabei von systematisch erkennbaren Fehlern wie doppelten Leerzeichen, Umbrüchen etc. befreit. Die Tabellen werden dabei automatisch von der Webseite des BIM-Instituts abgerufen und können somit stets angepasst und in ihrer aktuellsten Fassung bereitgestellt werden.
- 3) Die Daten werden anhand automatischer Spaltenerkennung der Excel-Daten und darauf basierend fest programmierter Regeln verknüpft und so in die modellierte Struktur der Datenbank überführt. Anhand dieser Struktur können sie anschließend eins zu eins über SQL-Transaktionen in die Datenbank geschrieben werden.

Die Datenbank ist damit fertig befüllt. Kontrollen der Daten, wie etwa auf Duplikate durch falsche Schreibweisen (s. Abbildung 21), können nun deutlich effektiver als in den Tabellen durchgeführt und die Daten korrigiert werden. Anschließend sind die Daten bereit zur Abfrage.

²² pgAdmin (o. D.)

²³ The Psycopy Team (o. D.)

²⁴ The Pandas Development Team (o. D.)

²⁵ XlsxWriter (o. D.)

bezeichnung [PK] text
1 ohne
2 m2
3 m
4 m. ü. NHN
5 m3
6 h
7 *
8 %
9 lumen
10 kg/m3
11 mm
12 kg/m³

Abbildung 21: Abfrage aller Daten der Tabelle "Einheit" zur Kontrolle auf konsistente Daten

3.1.3 Datenabfragen und -ausgabe

Im Rahmen des Datenbankaufbaus wurden weiterhin zwei Abfragen (A1 und A2) umgesetzt, welche im Kontext der Modellierungsrichtlinie Anwender bei deren Umsetzung unterstützen: Zum einen erhalten Anwender die Möglichkeit, die Ausgabe von bauteiltypspezifischen Anforderungsprofilen in Abhängigkeit einer auszuwählenden Detaillierung vorzunehmen. Diese Ausgabe stellt den einfachsten und häufigsten Anwendungsfall der Modellierungsrichtlinie dar. Zum anderen erhält der Anwender die Möglichkeit, den Bezug einer ausgewählten Informationsanforderung innerhalb eines Detaillierungsgrades zu den hierfür relevanten Bauteiltypen einzusehen, welche über dieses Merkmal gemäß Modellierungsrichtlinie und Detaillierungsgrad verfügen (müssen). Das Ergebnis dieser Abfrage kann, gerade in Bezug auf den Informationsimport in ein Bauwerksdatenmodell innerhalb einer Autorensoftware (vgl. Kapitel 3.2.1), herangezogen werden, um individuelle Informationsanforderungen, die einem betrachteten Detaillierungsgrad gemäß Modellierungsrichtlinie (noch) nicht entsprechen, mit zu berücksichtigen. Dies kann insbesondere im Kontext von BIM-Anwendungsfällen der Fall sein, sollte dieser eine allgemeine Detaillierung gemäß Modellierungsrichtlinie erfordern, welche die spezifische Informationsanforderung nicht inkludiert, diese jedoch im Kontext des BIM-Anwendungsfalls relevant ist. Für den skizzierten Fall ist diese spezifische Informationsanforderungen Bestandteil des Informationspools der Modellierungsrichtlinie, jedoch als zusätzliche Informationsanforderung im Rahmen des BIM-Anwendungsfalls aufzuführen, falls der BIM-Anwendungsfall einen niedrigeren, allgemeinen Detaillierungsgrad fordert, als diese Informationsanforderungen grundsätzlich bedingt. Die Ausgabe kann weiterhin für ein einfaches Qualitätsmanagement herangezogen werden, durch welches ein Anwender einsehen, prüfen und nachvollziehen kann, an welchem Modellelementen ein spezifisches Merkmal im Modell integriert sein muss.

Beide Abfragen erlauben eine Mehrfachauswahl von Informationsanforderungen oder Bauteiltypen, sodass hier individuelle wie auch clusterbezogene Abfragesituationen bedient werden können. Die Datenausgabe erfolgt bei beiden Fällen als Excel-Datei, um Anwendern so ein vertrautes und flexibles Umfeld für die manuelle Datenanpassung und -weiterverarbeitung bereitstellen zu können. Die Datenbankausgaben dienen weiterhin als Grundlage für die sonstigen technischen Lösungsansätze im Rahmen des Forschungsprojektes (vgl. Kapitel 3.2.1 und 3.2.2). Hierfür wurden, neben den zwei beschriebenen Abfragen, weitere Abfragen für Datenbankausgaben („MVD-Datenvorlage“ sowie „Parservorlage“ vgl. Abbildung 22) erstellt, welche als Grundlage für diese Lösungen dienen sowie einen Export der gesamten Rohdaten („DB-Rohdaten“, vgl. Abbildung 22) ermöglichen.

3.1.3.1 A1: Bauteiltypbezogene Informationsanforderungen nach Detaillierungsgrad

Für die Durchführung der Abfrage A1 wählt der Anwender die Option „Attributliste“ aus, wodurch das Auswahlfeld „Auswahl aufklappen“ bei „Attribute“ ausgegraut wird und nicht mehr auswählbar ist (vgl. Abbildung 22). Zusätzlich kann der Anwender über das Drop-Down-Menü „Level“ den in der Modellierungsrichtlinie zugrundeliegenden Detaillierungsgrad auswählen. Da die Datenbank rein als Prototyp und Demonstrator einer möglichen Überführung der Modellierungsrichtlinie in ein Datenbanksystem dient, wurde für diesen Fall eine

Proportionalität des Level of Information zum Level of Geometry angenommen, sodass die Level beider Detaillierungen auf der Skala gleichgestellt werden. Standardmäßig wird für das „Level“ die Detaillierung 100 ausgegeben

MRL-Datenbank abfragen

Attributliste Typliste MVD-Datenvorlage Parservorlage DB-Rohdaten

Typen:

Attribute:

Level:

Abbildung 22: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 1 (allgemein)

Wie in Abbildung 23 dargestellt, kann der Anwender dann über das Feld „Typen“ > „Auswahl aufklappen“ die für ihn relevanten Bauteiltypen auswählen. Über das Feld „Download Excel-Datei“ kann dann die Datenausgabe im Excel-Format angestoßen werden. Tabelle 3 zeigt den Aufbau der Datenausgabe von Abfrage 1 aus der Datenbank.

MRL-Datenbank abfragen

Attributliste Typliste MVD-Datenvorlage Parservorlage DB-Rohdaten

Typen:

- Alle
- Akustikdecke (Dach)
- Akustikdecke (Decke)
- Alu-Paneeldecke (Dach)
- Alu-Paneeldecke (Decke)
- Attika

Abbildung 23: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 1 (Auswahl der Bauteiltypen)

Tabelle 3: Aufbau der Datenausgabe aus Datenbank (Abfrage 1)

Spaltenbezeichnung	Beschreibung
Typ	Beschreibt den Bauteiltyp, welcher im Rahmen der Abfrage ausgewählt wurden.
DIN 276	Beschreibt die Kostengruppe des Bauteiltyps nach DIN 276, welcher im Rahmen der Abfrage ausgewählt wurde.
IFC Entität	Beschreibt die IFC Entität des Bauteiltyps im IFC-Schema, welcher im Rahmen der Abfrage ausgewählt wurde.
Attribut	Beschreibt die relevanten nicht-geometrischen Informationsanforderungen in Abhängigkeit des ausgewählten Detailierungsgrades des Bauteiltyps, welcher im Rahmen der Abfrage ausgewählt wurde.
PSet	Beschreibt das Property Set, welches für die Kombination des Bauteiltyps und Merkmals im Kontext der Modellierungsrichtlinie definiert wurde.
Lol_min	Beschreibt den niedrigsten Detaillierungsgrad (betreffen nicht-geometrische Informationen) des Bauteiltyps, ab welchem die nicht-geometrische Informationsanforderung ausgegeben wird.
Format	Beschreibt das Datenformat der nicht-geometrischen Informationsanforderung.
Einheit	Beschreibt die Einheit der nicht-geometrischen Informationsanforderung in Abhängigkeit zum ausgewählten Bauteiltypen, welcher im Rahmen der Abfrage ausgewählt wurde.
IL	Beschreibt die verantwortliche Rolle für die Lieferung des zugehörigen Werten für die nicht-geometrische Informationsanforderung.
IA	Beschreibt die verantwortliche Rolle für die Aufnahme der nicht-geometrischen Informationsanforderung inklusive zugehörigem Wert für den ausgewählten Bauteiltypen im Modell.

3.1.3.2 A2: Informationsbezogenen Bauteilspezifikation nach Detaillierungsgrad

In Analogie zu Abfrage 1 wird für Abfrage 2 das Option „Typliste“ ausgewählt, wodurch das Feld „Auswahl aufklappen“ bei „Typ“ ausgegraut wird (vgl. Abbildung 24). Auch hier wählt der Anwender ein entsprechendes Level aus. Über „Attribute“ > „Auswahl aufklappen“ werden nun sämtliche nicht-geometrischen Informationsanforderungen der Modellierungsrichtlinie aufgelistet, welche ausgewählt werden können und dadurch für die Abfrage berücksichtigt werden (vgl. Abbildung 25). Eine Mehrfachauswahl ist möglich. Tabelle 4 zeigt den Aufbau der Datenausgabe von Abfrage 2 aus der Datenbank.

MRL-Datenbank abfragen

The screenshot shows a web interface for querying the MRL database. At the top, there are five radio buttons for selection: 'Attributliste', 'Typliste' (which is selected), 'MVD-Datenvorlage', 'Parservorlage', and 'DB-Rohdaten'. Below this, there are three sections: 'Typen:' with a greyed-out 'Auswahl aufklappen' button; 'Attribute:' with a dark grey 'Auswahl aufklappen' button; and 'Level:' with a dropdown menu showing '100'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Download Excel-Datei'.

Abbildung 24: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 2 (allgemein)

MRL-Datenbank abfragen

This screenshot shows the same interface as above, but with the 'Attribute:' section expanded. The 'Auswahl aufklappen' button is now dark grey and labeled 'Auswahl einklappen'. Below it, there is a list of checkboxes for selecting information requirements: 'Alle', 'Abkürzung', 'Ableitfähigkeit gem. EN 14041', 'Abmessungen', and 'Abnahme'. The 'Alle' checkbox is currently selected.

Abbildung 25: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 2 (Auswahl Informationsanforderungen)

Tabelle 4: Aufbau der Datenausgabe aus Datenbank (Abfrage 2)

Spaltenbezeichnung	Beschreibung
Attribut	Beschreibt die relevanten nicht-geometrischen Informationsanforderungen, welche im Rahmen der Abfrage ausgewählt wurden.
Typ	Beschreibt den Bauteiltyp, welcher in Abhängigkeit von ausgewählten Detaillierungsgrad über die ausgewählte nicht-geometrische Informationsanforderung verfügt.
LoI_min	Beschreibt den niedrigsten Detaillierungsgrad (betreffend nicht-geometrische Informationen) des Bauteiltyps, ab welchem die ausgewählte nicht-geometrische Informationsanforderung zu integrieren ist.
DIN 276	Beschreibt die Kostengruppe des Bauteiltyps nach DIN 276, welcher in Abhängigkeit von ausgewählten Detaillierungsgrad über die ausgewählte nicht-geometrische Informationsanforderung verfügt.
IFC	Beschreibt die IFC Entität des Bauteiltyps im IFC-Schema, welcher in Abhängigkeit von ausgewählten Detaillierungsgrad über die ausgewählte nicht-geometrische Informationsanforderung verfügt.
Kategorie	Beschreibt die übergeordnete Gliederungsebene der Bauteiltypen.
Arbeitsbereich	Beschreibt den Arbeitsbereich, in welchem das Modellelement zu modellieren ist.
LoG	Beschreibt die geometrischen Anforderungen an das betreffende Modellelement in Abhängigkeit der ausgewählten Detaillierung (Level).

3.1.4 Bereitstellung der Datenbank

Für eine intuitivere Nutzung der Datenbank verfügt diese über eine grafische Benutzeroberfläche, welche die Auswahl der durchzuführenden Abfrage und relevanten Datenbankobjekte vereinfacht. Zurückgegriffen wurde hierfür auf die entwickelte Anwendung des Projektes „Informationslieferungscontrolling“ (vgl. 1.5). Der Hintergrund der Erweiterung des bestehenden Tools des Projektes um die Datenbank-Anwendung des gegenständigen Projektes wird in Kapitel 3.2.2 näher beschrieben.

Die Datenbank-Anwendung wird über GitHub²⁶ frei zur Verfügung gestellt. Eventuelle Updates der Datenbank erfolgen über diesen Kanal.

3.2 Entwicklung und Nutzung von technischen Lösungsansätzen im Kontext der Methode BIM

Ausgehend von der zuvor beschriebenen Datenbanklösung wurden Konzepte erstellt, um Anwendern beim Umgang mit der Modellierungsrichtlinie unterstützen zu können. Hierbei wurde bei den Prozessen der Informationsnutzung respektive dem Import der nicht-geometrischen Informationsanforderungen in ein Modell über eine Autorensoftware sowie die Prüfung der dann integrierten Informationen im Modell das größte Po-

²⁶ Abrufbar über <https://github.com/BIMInstitut/MRL-Datenbank>

tential identifiziert. Für beide Prozesse wurden dann technische Lösungsansätze gesucht, erarbeitet und umgesetzt: Betreffend den Import der nicht-geometrischen Informationsanforderungen in das Modell wurden Workflows für die Autorensoftwares Autodesk Revit und Graphisoft ArchiCAD (vgl. Kapitel 3.2.1) entwickelt. Für die Prüfung der dann angereicherten Modelle wurden zum einen die Möglichkeit der Nutzung von Model View Definitions (MVD, vgl. Kapitel 3.2.2) betrachtet und hierfür Synergien mit dem parallelgestarteten Forschungsprojekt „Informationslieferungscontrolling“ (s. Kapitel 1.5) gehoben. Infolge der noch zurückhaltenden Durchdringung und Nutzung von MVDs wurden weiterhin Prüfredsätze für den Solibri Model Checker erstellt, welche neben der Prüfung einer nicht-geometrischen Informationsanforderung für ein Modellelement auch eine Prüfung der geometrischen Anforderungen erlaubt (vgl. Kapitel 3.2.3). Allgemein lassen sich sämtliche, nachfolgend dargestellten technischen Lösungsansätze losgelöst von den Inhalten der für die Beschreibung zugrundeliegenden Datenbank beziehungsweise Modellierungsrichtlinie nutzen; eine Einhaltung der verwendeten (aus der Datenbank ausgegebenen) Datenstruktur ist zu berücksichtigen.

3.2.1 Import in Autorensoftware

Wie zuvor beschrieben, vereinfacht die Bereitstellung technischer Lösungsansätze für den Import der nicht-geometrischen Informationsanforderungen in ein Modell über eine Autorensoftware den Umgang und damit auch die Anwendung der erstellten Modellierungsrichtlinie beziehungsweise deren Inhalte. Hierfür wird im Folgenden dargestellt, wo diese technischen Lösungsansätze für zwei verbreitete Vertreter von Autorensoftware anknüpfen und einen Anwender dadurch in seinen Tätigkeiten unterstützen.

3.2.1.1 Autodesk Revit

Die Nutzung der entwickelten Anwendung setzt folgende Softwarevoraussetzungen voraus: Python 3.9.2²⁷, pandas, NumPy (alle für Parser), RvtMetaProp²⁸, Microsoft Visual Studio, Revit Dynamo (nur für Manipulation bestehender Modelle).

Im Rahmen der Entwicklung eines technischen Lösungsansatzes für die Integration der in der Modellierungsrichtlinie definierten nicht-geometrischen Informationsanforderungen in Revit wurde ein Workflow definiert, der zum einen die allgemeine Integration der Informationsanforderungen nach Revit adressiert und zum anderen die Manipulation gezielter Modellelemente mit den integrierten Informationsanforderungen bewerkstelligt. Die reine Integration bedient dabei den Fall, dass ein Modell inklusive seiner Modellelemente noch zu modellieren sei, sodass hier vom Fall „vor Modellierung“ ausgegangen wurde (Fall 1). Der zweite Fall skizziert das Szenario, dass ein Modell bereits erstellt wurde und eine nachträgliche Anpassung der modellelementbezogenen Informationen gemäß Modellierungsrichtlinie durchgeführt werden soll, wobei dieser Arbeitsschritt die Integration aus Fall 1 voraussetzt. Zur Umsetzung dieses Workflows wurde eine entsprechende Anwendung (Parser) entwickelt (vgl. Abbildung 26).

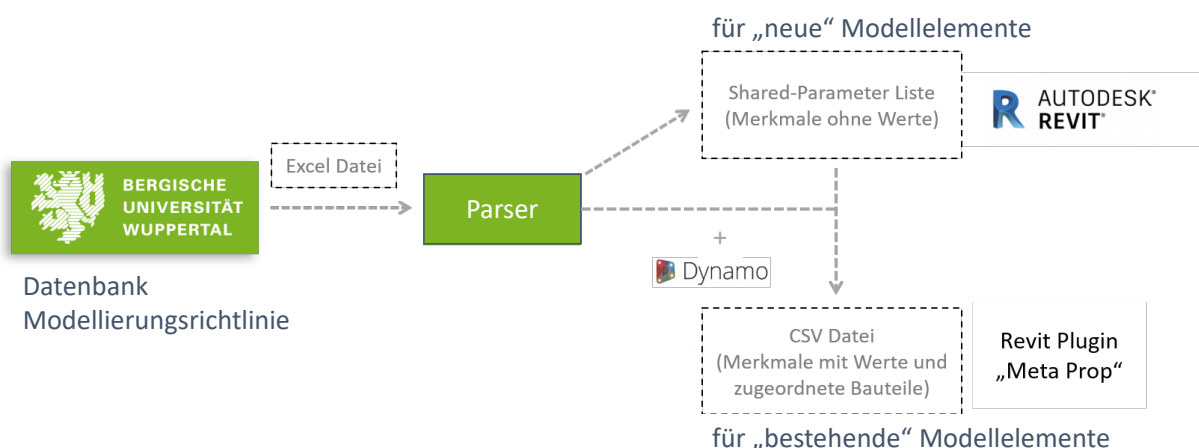


Abbildung 26: Schematischer Workflow für Import in Revit

²⁷ Entspricht der Entwicklungsversion. Möglicherweise mit älteren oder neueren Versionen kompatibel.

²⁸ Abrufbar über <https://github.com/jeremytammik/rvtmetaprop>

Betreffend die Integration der Informationsanforderungen in Revit generiert der entwickelte Parser eine sogenannte Shared-Parameter-Datei, die auf der aus der Datenbank exportierten Exceldatei basiert. Die Shared-Parameter-Datei beschreibt in diesem Fall diejenigen Informationen (Parameter), welche in Revit importiert werden sollen. Zusätzlich beschreiben sie die Clusterung dieser Parameter als Gruppen in Analogie zu Property Sets. Revit verfügt dabei über eine Import-Funktion für Shared-Parameter-Dateien, sodass die Parameter nach Import in der Autorensoftware verfügbar sind und genutzt werden können (vgl. Abbildung 26).

Die weitergehende Manipulation gezielter Modellelemente (Fall 2) setzt das Auslesen der UniqueIDs dieser Elemente voraus. Hierfür wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein Dynamo-Skript genutzt, welches die UniqueIDs der selektierten Modellelemente in eine Textdatei überführt. Der Parser erstellt dann bei der Ausführung der Anwendung eine zusätzliche CSV- („MetaProperty.csv“)²⁹ sowie Textdatei („PsetList.txt“)²⁹. Die CSV-Datei stellt das Mapping der aus der Datenbank ausgegebenen Informationsanforderungen zu den UniqueIDs der selektierten Modellelemente dar und wird durch die Anwendung „MetaProperty“ (über Microsoft Visual Studios) verwendet, um das Revit-Modell beziehungsweise die entsprechenden Modellelemente um die integrierten Parameter zu manipulieren (erweitern). Die Manipulation funktioniert bei laufender Revit-Anwendung. Die Generierung der CSV funktioniert zum aktuellen Zeitpunkt nur gesamtheitlich mit den UniqueIDs und anzureichernden Modellelementinformationen, sodass eine separate Generierung von CSVs, aufgeteilt nach anzureichernden, unterschiedlichen Modellelementen in Abhängigkeit der anzureichernden Modellelementinformationen, durchgeführt werden muss. Die integrierten Parameter werden bei den entsprechenden Modellelementen unter der Gruppe „IFC-Parameter“ aufgeführt. Die darüber hinaus generierte Textdatei dient dem Export des Modells als IFC-Datei. Hierbei wird diese Textdatei in den Exportoptionen von Revit eingelesen. Das so exportierte IFC-Modell beziehungsweise dessen Modellelemente verfügen somit über die entsprechenden nicht-geometrischen Informationsanforderungen gemäß Modellierungsrichtlinie und können für weitere Arbeitsschritte bereitgestellt werden (vgl. Abbildung 26).

Eine vertonte Anleitung über die Umsetzung des skizzierten Workflows wurde über den YouTube-Kanal der Forschungsnehmer veröffentlicht.³⁰

3.2.1.2 Graphisoft ArchiCAD

Im Gegensatz zum zuvor dargestellten Lösungsansatz für Revit (Anreicherung der Modellelementinformationen für bereits modellierte Elemente) über unterschiedliche Anwendungen enthält ArchiCAD standardmäßig die Funktionalität, Klassifizierungssysteme für zu modellierende Elemente unter Berücksichtigung der Informationstiefe zu importieren und anschließend zu verwenden. Weiterhin ist hierbei eine Abhängigkeit der Informationsanforderungen zu definierbaren Phasen (Meilensteinen) darstellbar, sodass ein importiertes Klassifizierungssystem dem wachsenden Informationsgehalt im Verlauf eines Projektes gerecht werden kann. Dabei werden auch sämtliche modellierten Modellelemente adressiert, sofern sie einer Klassifizierung zugeordnet werden. Das Klassifizierungssystem kann dafür im „Klassifizierungs-Manager“ angelegt und durchdefiniert werden: Entlang einer Baumstruktur können Modellelementgruppen und Modellelemente als Unterobjekte erstellt und mit Eigenschaften verknüpft werden (vgl. Abbildung 27). Neue, nicht standardmäßig enthaltene Eigenschaften und/oder Eigenschaftssätze sind im Vorfeld über den „Eigenschafts-Manager“ zu erstellen. Beide Manager-Funktionalitäten lassen den Export der so erstellten Eigenschafts- beziehungsweise Klassifizierungssysteme wie auch den Import eines extern definierten Systems zu. Diese werden als XML-Dateien bereitgestellt beziehungsweise importiert, wobei die Klassifizierungssystem-XML über die enthaltenen und den Modellelementen zugeordneten Eigenschaften verfügt.

²⁹ Die Bezeichnungen der beiden Dateien sind im Skript vorgegeben. Eine Änderung der Dateinamen vor Durchführung der Anwendung oder eine Änderung der Dateinamen im Skript führen zu Fehlern bei der Ausführung.

³⁰ Abrufbar über <https://www.youtube.com/channel/UCGrvjfQLyxa1MNSlkuhrA>

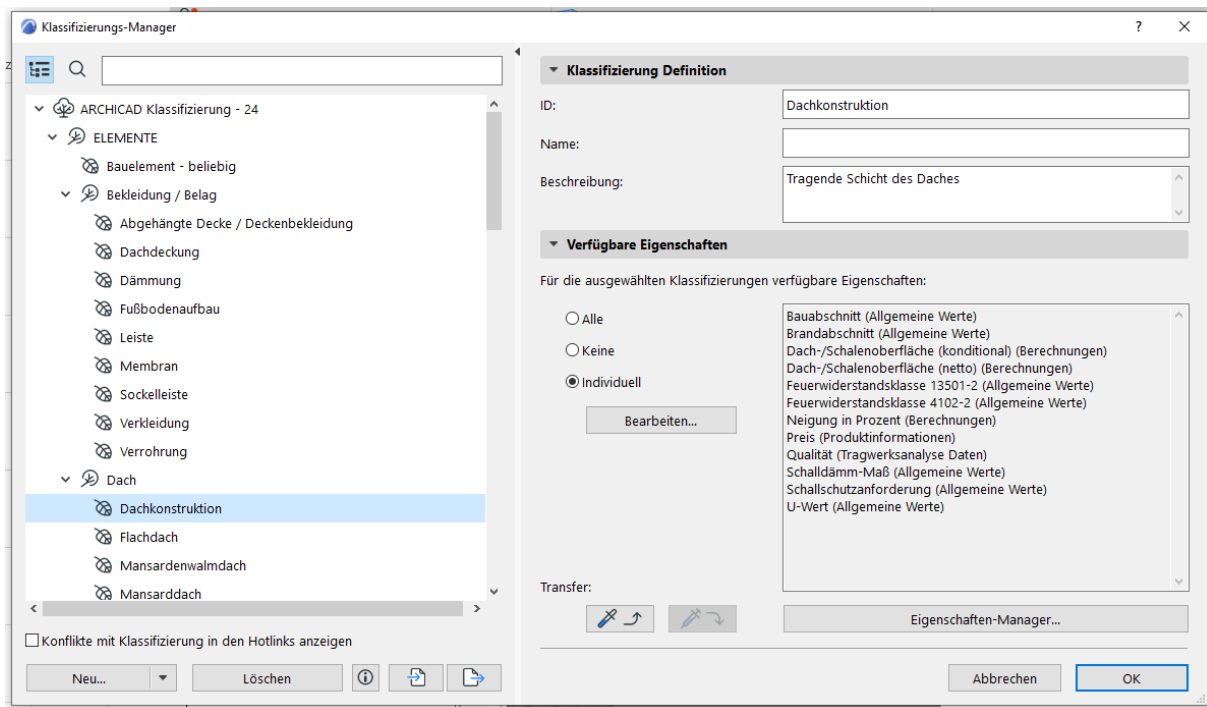


Abbildung 27: Klassifizierungs-Manager ArchiCAD, hier: Standardklassifizierungssystem

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde dahingehend begonnen, einen Parser für die Generierung einer solchen Klassifizierungssystem-XML zu entwickeln. Als Datengrundlage wurde dafür ein vereinfachtes Ergebnis der Abfrage 1, reduziert auf ein Modellelement, verwendet; nach erfolgreicher Generierung und Verwendung der so erstellten Dateien wird die Generierung einer XML mit mehreren Modellelementen begonnen. Hierfür wurde zunächst die Struktur einer vereinfachten, exportierten XML aus dem „Klassifizierungs-Manager“ in ArchiCAD analysiert. Im Austausch mit Graphisoft wurde den Forschungsnehmern weiterhin eine Dokumentation der XSD (XML Schema Definition) bereitgestellt.

Der ArchiCAD-XML-Generator beziehungsweise -Parser konnte im Rahmen der Forschungsbearbeitung infolge technischer Probleme nicht fertiggestellt werden: Erste XML konnten dabei bereits erfolgreich generiert, ein verlässlicher Import dieser in ArchiCAD jedoch noch nicht gewährleistet werden. Die Fertigstellung verschiebt sich daher auf die Zeit nach Projektabschluss. Eine Bereitstellung der Anwendung erfolgt über die in Kapitel 3.2.1.3 beschriebene Plattform GitHub.

3.2.1.3 Bereitstellung der Parser

Die entwickelten Anwendungen werden über GitHub³¹ frei zur Verfügung gestellt. Eventuelle Updates der Anwendungen erfolgen über diesen Kanal. Weiterhin werden die Quellcodes der Anwendungen als Anlage zum Endbericht beigefügt.

3.2.2 Erstellung von Model View Definitions

Modellsichten (Model View Definitions) erlauben die Beschreibung einer Auswahl von Entitäten des gesamten IFC-Schemas.³² Modellsichten können unterschiedlich ausgeprägt sein und ermöglichen dabei reduziert auf ein IFC-Modell die Beschreibung eines Modellelementes im Modell bis hin zu einem Teil- oder dem Gesamtmodell. Formalisiert als beispielsweise mvdXML können Modellsichten für eine einfachere Abbildung und Austausch der für ein Szenario relevanten Informationen herangezogen werden. Neben der Speicherung der Informationen eines ausgewählten Szenarios können MVD-Dateien auch für die Überprüfung einer erhaltenen IFC-Datei dienen: Hierbei dient die MVD als Schablone, welche die notwendigen Informationsanforderungen je Modellelement definiert. Auf eine tiefgehende Beschreibung der Anwendung und Limitationen sowie

³¹ Abrufbar über <https://github.com/BIMInstitut/Schnittstellen-zu-Autorensoftware>

³² Vgl. buildingSMART International (2021)

Ausführungen für ein tiefergehendes Verständnis über Modellsichten wird im weiteren Verlauf des Forschungsendberichtes verzichtet; der Forschungsendbericht zum Forschungsprojekt „Informationslieferungscontrolling“ (s. Kapitel 1.5) kann hierfür als einsteigende Literatur herangezogen werden.³³

Diese Funktionalität (Nutzung einer MVD als „Prüfschablone“) lässt sich vorteilhaft für das gegenständliche Forschungsprojekt einsetzen: Infolge der Beschreibung von Anforderungen (insbesondere nicht-geometrischer Informationsanforderungen) an ein Bauwerksdatenmodell entsteht ein Anforderungskatalog, welcher für die Prüfung erstellter Bauwerksdatenmodelle herangezogen werden kann. Die Generierung von MVDs, basierend auf Anforderungen aus der Modellierungsrichtlinie, ermöglicht damit die Qualitätsprüfung von erhaltenen wie auch die Qualitätsprüfung von bereitzustellenden Bauwerksdatenmodellen. Die aus dem Forschungsprojekt „Informationslieferungscontrolling“ entwickelte Anwendung für die Generierung von MVDs und Prüfung von IFC-Modellen mit MVDs stellt damit eine gelungene Plattform für die Umsetzung einer Prüfmechanik für die Modellierungsrichtlinie dar, sodass direkte Synergieeffekte für das hiesige Forschungsprojekt gehoben werden konnten. Dieser Argumentation folgend wurde (wie bereits in Kapitel 0 angedeutet) die entwickelte MVD-Anwendung um die Datenbank-Anwendung des gegenständlichen Forschungsprojektes erweitert, um Anwendern so eine gesamtheitliche Anwendung an die Hand geben zu können. Im Kontext der Modellierungsrichtlinie kann der Workflow eines Anwenders dadurch ganzheitlich von der Eruiierung der (nicht-geometrischen Informations-)Anforderungen über die Integration dieser in seine Autorensoftware hin zum Export und der Prüfung des Exportes über diese notwendigen Anforderungen unterstützt werden.

Die Generierung von MVDs auf Grundlage der Modellierungsrichtlinie-Datenbankausgabe bedingt die manuelle Eingabe von projektspezifischen Randbedingungen. Weitere Informationen für die Anwendung der MVD-Anwendung sowie relevante Erklärungen zu den bereitzustellenden Informationen sind dem oben genannten Forschungsendbericht zum Projekt „Informationslieferungscontrolling“ zu entnehmen. Die beschriebene, erweiterte Anwendung wird über GitHub bereitgestellt (vgl. Kapitel 0).

3.2.3 Solibri-Prüfregeln

Aufbauend auf der Frage, wie die Anforderungen der Modellierungsrichtlinie in der Modellierung eingehalten werden können, wurde im Rahmen der Aufstockung des Forschungsprojektes ein Prüfredsatz in Solibri entwickelt, welche der Qualitätsprüfung nach Fertigstellung der Modelle gemäß Modellierungsrichtlinie dient. Der Vorteil von Solibri im Gegensatz zu MVDs ist, dass man nicht nur die nicht-geometrischen Informationsanforderungen für ein Modellelement prüfen kann, sondern darüber hinaus auch die Projektstruktur nach IFC und weitere geometrische Anforderungen.

Für die Erstellung des Prüfredsatzes wurden als Basis die von Solibri zur Verfügung stehenden Prüfredeln genutzt und für verschiedene Prüfredzwecke angepasst. Jede Prüfredel verfügt über eine Beschreibung, welche die Funktion der Regel detailliert beschreibt. Projektspezifisch anzupassende Prüfredeln sind entsprechend markiert. Der zur Verfügung gestellte Redsatz ist analog zur Modellierungsrichtlinie in drei Kategorien untergliedert:

- Projektstruktur und Vollständigkeit
- Geometrie Modellelemente
- Informationen Modellelemente

Projektstruktur und Vollständigkeit

Mit diesem Redsatz wird das Modell auf die Einhaltung der IFC-Baumstruktur, des definierten Klassifizierungssystems sowie der projektspezifischen Geschosshöhen und des Projektnullpunktes überprüft. Zudem werden Elemente, die nicht einem Klassifizierungssystem zugeordnet sind, und leere Klassifikationen zur ersten Übersicht über das Modell angezeigt.

Geometrie Modellelemente

Mit diesem Redsatz wird das Modell auf geometrische Kollisionen überprüft. Hierbei wird unterschieden zwischen Überschneidungen gleicher Modellelemente und Überschneidungen verschiedener Modellelemente untereinander. Des Weiteren werden die Rohbauanschlüsse überprüft; sprich: „Entspricht die Unterkante der Rohbauwand der Oberkante Rohdecke?“ usw. Ferner werden über die Abfrage minimaler Komponentenabmessungen (am Beispiel Wände zum Beispiel „Dicke darf nicht kleiner sein als 10cm“) identifiziert.

³³ Abrufbar über <https://biminstitut.uni-wuppertal.de/de/forschung/download-bereich/forschungsprojekte.html>

Informationen Modellelemente

Dieser Regelsatz überprüft, ob das Modell die erforderlichen Eigenschaftensets und Eigenschaften gemäß Anforderungskatalog (Anlage 3) enthält. Der Regelsatz kann auch überprüfen, ob die Eigenschaften einen Wert aufweisen und ob der Typ des Wertes zulässig ist. Hierzu kann entweder eine manuelle Eingabe innerhalb der Regel erfolgen oder eine entsprechende Excel-Datei importiert werden. Im Rahmen der Aufstockung des Forschungsprojektes wurde eine Gesamtmatrix in Excel als Basisdatei erstellt. Diese wird ebenfalls zur Verfügung gestellt und kann je nach Anwendung und Benennung des Eigenschaftensets angepasst werden. Aktuell enthält dieser Regelsatz alle Modellelemente der Architektur mit dem Level of Information 500, wodurch sie sich zur Ableitung der niedrigeren Level of Information 100, 200, 300 und 400 eignet.

4 Fazit und Ausblick

Ausgehend von der immer weiter in den Fokus rückenden Relevanz der Methode BIM und der damit verbundenen Prominenz von Bauwerksdatenmodellen in (BIM-)Projekten wurde ein Lösungsansatz für die Forschungsfrage nach einer standardisierten und allgemeingültigen Beschreibung von Anforderungen an ebendieses erarbeitet. Hierbei wurde, auf Grundlage bereitgestellter Modellierungsrichtlinien für Bauwerksdatenmodelle aus der Praxis, zunächst der zu erwartende Regelungsbedarf, welcher durch eine Modellierungsrichtlinie im Allgemeinen zu decken ist, erarbeitet. Aufbauend auf der parallel durchgeführten Kategorisierung der Inhalte der bereitgestellten Modellierungsrichtlinien und Analyse dieser konnten entsprechende Inhalte für die zu entwickelnde Modellierungsrichtlinie erarbeitet werden, sodass zeitnah ein erster Entwurf entstand. Im Austausch mit den Praxispartnern sowie externen Experten wurde dieses Ergebnis diskutiert und Feedback zu den Inhalten in der Modellierungsrichtlinie integriert. Eine Beschreibung der relevanten (nicht-geometrische Informations-)Anforderungen an die allgemeine Modellierung sowie an die Objekte der Architektur konnte dabei vollständig umgesetzt werden; infolge der erhöhten Komplexität sowie der Anzahl der relevanten Objekte und Komponenten der Technischen Gebäudeausrüstung fokussierten sich dahingehend die Arbeiten auf die relevanten Objekte des Fachmodells Sanitär. Hierdurch konnte eine anforderungsgerechte Definition und Beschreibung der entsprechenden Objekte und Anforderungen an diese bewerkstelligt sowie ein erster Weg aufgezeigt werden, wie eine weiterführende Beschreibung von Anforderungen aussehen kann. Im Ergebnis wird eine Modellierungsrichtlinie bereitgestellt, die als Querschnitt der Best Practice der involvierten Unternehmen für verschiedene Anwendungsfälle herangezogen werden kann, unter anderem für den Einstieg in die Modellierung von Bauwerksdatenmodellen, für den Abgleich der eigenen Modellierungsrichtlinie mit einer Richtlinie aus Wissenschaft und Praxis oder für BIM-Anwendungsfälle.

Weiterhin wurden im Rahmen des Forschungsprojektes mögliche Workflows betrachtet und umgesetzt, die einen Anwender bei der Integration der entwickelten Modellierungsrichtlinie beziehungsweise deren Inhalte in den eigenen Arbeitsablauf unterstützen: Hierbei wurden sowohl für die Integration der beschriebenen Anforderungen in die Modellierungsumgebung als auch für die Prüfung von adaptierten Bauwerksdatenmodellen an die Anforderungen der Modellierungsrichtlinie technisch umgesetzt, sodass Anwender auf einen gesamtheitlich unterstützenden Prozess zurückgreifen können.

Denkt man den Gedanken einer standardisierten Modellierungsrichtlinie beziehungsweise im Ergebnis standardisierter Bauwerksdatenmodelle konsequent weiter, ergeben sich weitere Potentiale: Im Kontext weiterer, aktueller Forschungsfragen und -arbeiten ordnet sich die Modellierungsrichtlinie als Grundlage ein, die in vielerlei Hinsicht für sämtliche Projekte mit Modellierungsrelevanz als Vorleistung dienen kann. Greift man die im Forschungsendbericht bereits skizzierte Synergie zu BIM-Anwendungsfällen auf, können BIM-Anwendungsfälle durch die entwickelte Modellierungsrichtlinie auf einem funktionalen Fundament aufbauen, das die grundlegenden Bedürfnisse der Modellierung im Sinne eines Grundlagenmodells bereits berücksichtigt. Eine Fokussierung der notwendigen, zu beschreibenden Anforderungen an Informationen eines Bauwerksdatenmodells beschränkt sich dahingehend nur auf die darüber hinausgehenden Informationsanforderungen, die sich aus dem BIM-Anwendungsfall ergeben. Projiziert man diese Herangehensweise auf sämtliche BIM-Anwendungsfälle, so sind diese übergreifend miteinander kompatibel, da alle auf demselben Unterbau aufsetzen. Eine Verkettung mehrerer durchzuführenden BIM-Anwendungsfälle mithilfe eines Modells wird so ermöglicht und hierdurch eine vereinfachende Umsetzung von BIM-Anwendungsfällen ohne Komprimierung der Konsistenz dieser bewerkstelligt.

Gleichermaßen eröffnet die Durchdringung eines einheitlichen (grundsätzlichen) Anforderungsprofils für Bauwerksdatenmodelle die Möglichkeit, zentralisiert Dokumente, Vorlagen und ähnliche Inhalte durch die öffentliche Hand zu erarbeiten und bereitstellen zu können. Hierbei könnten bestehende oder zukünftige Initiativen als Anlaufstelle für die Bereitstellung von beispielsweise Prüffregelsätzen und -dateien für relevante Anforderungsprofildetaillierungen im ersten Schritt, folgend für Vorlage-Dateien für Autorensoftware, sein. Hierdurch würden diese Initiativen diejenigen Anwender entlasten, die gegebenenfalls unerfahren in die Modellierungsthematik eintauchen oder nicht über entsprechende Kapazitäten verfügen, eigene, wesensgleiche Unterlagen und Dateien zu erstellen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die im Rahmen des gegenständigen Forschungsprojektes entwickelte Modellierungsrichtlinie für die Erstellung von Bauwerksdatenmodellen im Kontext der Methode BIM einen ersten Schritt für die grundsätzliche Harmonisierung von Bauwerksdatenmodellen von neutraler Seite aus darstellt.

5 Literaturverzeichnis

- Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW (2019): BIM-Richtlinie des BLB NRW für die BIM-Projekte. Auftraggeber-
Informations-Anforderungen.
- Begerow Beratungsgesellschaft (2019): *Wann werden Datenbanken eingesetzt? Einsatz von Datenbanken | Datenbank Grundlagen*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.datenbanken-verstehen.de/datenbank-grundlagen/einsatz-von-datenbanken/>
- buildingSMART International (2021): *Model View Definition (MVD). An Introduction*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/>
- Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (2018): *BIM im Hochbau. Technisches Positionspapier der Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis Digitalisiertes Bauen im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.*
- MariaDB Foundation (2019). Abgerufen am 30. September 2021, von <https://mariadb.org/>
- MySQL (o. D.). Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.mysql.com/de/>
- pgAdmin (o. D.). Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.pgadmin.org/>
- The Pandas Development Team (o. D.). Abgerufen am 30. September 2021, von <https://pandas.pydata.org/>
- Plandata (o. D.): *Mehrschichtige Bauteile*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.bimpedia.eu/artikel/1297-mehrschichtige-bauteile>
- The PostgreSQL Global Development Group [1] (o. D.): *About*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.postgresql.org/about/>
- The PostgreSQL Global Development Group [2] (o. D.): *License*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.postgresql.org/about/licence/>
- The Psycopg Team (o. D.): *Psycopg – PostgreSQL database adapter for Python*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://www.psycopg.org/docs/>
- Verein Deutscher Ingenieure (2018): *Building Information Modeling. Anforderungen an den Datenaustausch*. Beuth Verlag GmbH.
- Verein Deutscher Ingenieure (2018): *Building Information Modeling. Begriffe*. Beuth Verlag GmbH.
- web-engineering.info (o. D.): *9.2 Deriving a Table Model from an Information Design Model*. Abgerufen am 30. September 2021, von <https://web-engineering.info/book/InformationManagement/MakingTableModels.html>
- XlsxWriter (o. D.). Abgerufen am 30. September 2021, von https://xlsxwriter.readthedocs.io/working_with_pandas.html

6 Abkürzungsverzeichnis

A	Außen (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
AIA	Auftraggeber-Informationen-Anforderungen
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BIM	Building Information Modeling
BUW	Bergische Universität Wuppertal
CAD	Computer-Aided Design
CAFM	Computer-Aided Facility Management
CSV	Comma-Separated Values
DBMS	Datenbankmanagementsystem
DIN	Deutsches Institut für Normung
ER-Diagramm	Entity-Relationship-Diagramm
GK	Gipskarton (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
GKI	GK-Installationswand (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
GKV	GK-Schachtwand (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
GKV	GK-Vorsatzschale (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
GUID	Globally Unique Identifier
I	Innen (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
IA	Informationsaufnehmer
IFC	Industry Foundation Classes
IL	Informationslieferant
LoG	Level of Geometry
LoI	Level of Information
MVD	Model View Definition (Modellsicht)
MW	Mauerziegel (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
NHN	Normalhöhennull
OKFF	Oberkante Fertigfußboden
OKRD	Oberkante Rohdecke
PP	Porenbetonstein (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
PSet	Property Set
SSoT	Single Source of Truth
STB	Stahlbeton (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
UKRD	Unterkante Rohdecke
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WR	Wand Rohbau (i. S. der Bezeichnungssystematik für Modellelemente)
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition (XML Schema)

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fördermittelgeber des Forschungsprojektes.....	8
Abbildung 2: Beteiligte Universitäten des Forschungsprojektes.....	8
Abbildung 3: Beteiligte Praxispartner des Forschungsprojektes.....	9
Abbildung 4: Übersicht und Eingliederung der BUW-Forschungsprojekte im Immobilienlebenszyklus.....	11
Abbildung 5: Vorgehensweise zur Ermittlung des Regelungsbedarfes von Modellierungsrichtlinien.....	12
Abbildung 6: Modellbasierte, fachübergreifende Koordination.....	21
Abbildung 7: Modellstruktur.....	22
Abbildung 8: Geschossdefinition.....	22
Abbildung 9: Platzierung der Elemente.....	26
Abbildung 10: Erstreckung vertikale Elemente.....	27
Abbildung 11: Erstreckung horizontale Elemente.....	28
Abbildung 12: Modellierweisen.....	29
Abbildung 13: Basislinienvarianten.....	31
Abbildung 14: Anwendungsbeispiele zur Verwendung von Basislinien.....	31
Abbildung 15: Strukturabbildung der Informationsanforderungsmatrix.....	34
Abbildung 16: Auszug Inhaltsverzeichnis, Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM.....	37
Abbildung 17: Auszug „Templates“, Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM.....	38
Abbildung 18: Auszug Grundlagen der Modellierung, Auftraggeber-Modellierungsrichtlinie DEUBIM.....	38
Abbildung 19: Entity-Relationship-Diagramm der Datenbank zur Modellierungsrichtlinie.....	42
Abbildung 20: UML-Diagramm der Datenbank zur Modellierungsrichtlinie.....	43
Abbildung 21: Abfrage aller Daten der Tabelle "Einheit" zur Kontrolle auf konsistente Daten.....	44
Abbildung 22: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 1 (allgemein).....	45
Abbildung 23: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 1 (Auswahl der Bauteiltypen).....	45
Abbildung 24: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 2 (allgemein).....	47
Abbildung 25: Eingabemaske Datenbank für Abfrage 2 (Auswahl Informationsanforderungen).....	47
Abbildung 26: Schematischer Workflow für Import in Revit.....	49
Abbildung 27: Klassifizierungs-Manager ArchiCAD, hier: Standardklassifizierungssystem.....	51

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der verschiedenen Modellierweisen.....	30
Tabelle 2: Bezeichnungssystematik (Beispiel)	32
Tabelle 3: Aufbau der Datenausgabe aus Datenbank (Abfrage 1)	46
Tabelle 4: Aufbau der Datenausgabe aus Datenbank (Abfrage 2)	48

9 Anlagen

Anlage 1: BIM-Modellierungsrichtlinie (Hauptdokument)

Anlage 2: BIM-Modellierungsrichtlinie (Anlage 1 - Unterlagen zur Projektorganisation)

Anlage 3: BIM-Modellierungsrichtlinie (Anlage 2 - Bezeichnungsvorschläge)

Anlage 4: BIM-Modellierungsrichtlinie (Anlage 3 - Anforderungskatalog Architektur)

Anlage 5: BIM-Modellierungsrichtlinie (Anlage 4 - Anforderungskatalog TGA)

Anlage 6: Einrichtungsdokumentation Datenbankanwendung

Anlage 7: Anwendungsdokumentation des Solibri Prüfregelsets zur Überprüfung der Modelqualität gem. BIM-Modellierungsrichtlinie

Die Anlagen können auf Anfrage per E-Mail zugesandt werden. Bitte wenden Sie sich an: zb@bbr.bund.de