



BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Endbericht zum Forschungsvorhaben

Detaillierte Entwicklung von BIM-basierten Prozessen des Betreibens von Bauwerken zur Integration in eine lebens- zyklusübergreifende Prozesskette

Das Forschungsvorhaben wird mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

Aktenzeichen: SWD- 10.08.18.7-17.09

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

**Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft**

Projektleitung: Manfred Helmus, Prof. Dr.-Ing.
Anica Meins-Becker, Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Agnes Kelm, M. Sc. Elektrotechnik

Bearbeitung: Norbert Damerau, M. Sc. Arch.
Matthias Kaufhold, M.A. Wirtsch.-Ing.
Daiki John Feller, M. Sc. Baulng.

unter Mitwirkung
von: Michael Zibell, M. Sc., Baulng.
Melanie Quessel, M.Sc. Arch.
Nils Koch to Krax, M. Sc. Baulng.

Datum: 13.12.2019, Wuppertal

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS	IV
1 ZIELSETZUNG UND PROJEKTAUFBAU	1
1.1 AUSGANGSSITUATION	1
1.2 ZIELSETZUNG.....	1
1.3 PROJEKTAUFBAU.....	2
1.4 FÖRDERMITTELGELDGEBER UND PRAXISPARTNER	5
1.5 INHALTLICHE ABGRENZUNG VON WEITEREN FORSCHUNGSPROJEKTEN	7
2 ERSTELLUNG DES INFORMATIONSFUSSPROZESSES FÜR DEN BETRIEB EINER IMMOBILIE	10
2.1 SZENARIO.....	10
2.1.1 RAHMENBEDINGUNGEN DES SZENARIOS	10
2.1.2 LEISTUNGSPHASEN IM BETRIEB.....	10
2.1.3 FACHLICHER FOKUS.....	14
2.1.4 VERANTWORTUNGSSPHÄREN UND ROLLEN	15
2.2 ERSTELLUNG DES INFORMATIONSFUSSPROZESSES.....	18
2.3 HERANGEHENSWEISE DER INFORMATIONSPROZESSERFASSUNG.....	20
2.4 BIM-ANWENDUNGSFÄLLE	21
2.4.1 UNTERSUCHUNG EINER EINHEITLICHEN STRUKTUR ZUR BESCHREIBUNG VON BIM-ANWENDUNGSFÄLLEN.....	21
2.4.2 IDENTIFIZIERTE BIM-ANWENDUNGSFÄLLE IM BETRIEB	22
3 ABLEITUNG UND BEREITSTELLUNG VON INFORMATIONSANFORDERUNGSBESCHREIBUNGEN FÜR ANWENDUNGSFÄLLE DER BETRIEBSPHASE AUS DEM BUW-PROZESSMODELL	26
3.1 AUSWERTUNG UND EXPORTE VON BIM-ANWENDUNGSFÄLLEN AUS DEM BUW-PROZESSMODELL.....	26
3.2 EXPORT VON BIM-ANWENDUNGSFÄLLEN AUS DEM BUW-PROZESSMODELL IM RAHMEN DER BIM- PROFILERSTELLUNG	27
3.3 KONZEPT ZUR ANBINDUNG DES BUW-PROZESSMODELLS MIT CAFM-CONNECT	28
3.4 ERSTELLUNG VON BIM-PROFILIEN	30
4 INTEGRATION VON BAUWERKSDATEN IN CAFM-ZIELSYSTEMEN	34
4.1 BAUWERKSDATENERFASSUNG	34

4.1.1	GEOMETRISCHE BAUWERKSDATENMODELLIERUNG.....	35	
4.1.2	STRUKTURELLE BAUWERKSDATENMODELLIERUNG	35	
4.1.3	GEGENÜBERSTELLUNG DER METHODEN ZUR BAUWERKSDATENERFASSUNG	37	
4.2	DATENAUSTAUSCH IN DER BAU- UND IMMOBILIENWIRTSCHAFT.....	38	
4.2.1	KLASSIFIZIERUNGSSYSTEME.....	39	
4.2.2	ROHDATENFORMATE	41	
4.2.3	BIM COLLABORATION FORMAT	47	
4.2.4	CONTAINERFORMATE	48	
4.3	BAUWERKSDATENVERWENDUNG IN CAFM-ZIELSYSTEMEN	48	
4.3.1	BIM-VIEWER	49	
4.3.2	CAFM-SYSTEME	50	
5	<u>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</u>	60	
6	<u>AUFSTOCKUNGEN IM RAHMEN DER PROJEKTBEARBEITUNG.....</u>	63	
6.1	BIM-LEITFADEN FÜR DEN MITTELSTAND.....	63	
6.2	ENTWICKLUNG EINES DEMONSTRATORS FÜR DIE VISUALISIERUNG DES BUW-PROZESSMODELLS	64	
7	<u>LITERATURVERZEICHNIS.....</u>	66	
<u>ANLAGE 1 DRUCKBERICHT DES INFORMATIONSFLOSSPROZESSES AUS DEM BUW-PROZESSMODELL MIT DEM FOKUS BETRIEB</u>			I
<u>ANLAGE 2 RECHERCHEERGEBNISSE ÜBER VERÖFFENTLICHTE BIM-ANWENDUNGSFÄLLE.....</u>			I
<u>ANLAGE 3 DRUCKBERICHTE DER IDENTIFIZIERTEN BIM-ANWENDUNGSFÄLLE IM IMMOBILIENBETRIEB.....</u>			I
<u>ANLAGE 4 DEMONSTRATORDATENSATZ ZUR ABBILDUNG DES BIM-ANWENDUNGSFALLS „REINIGUNGSMANAGEMENT“ IM CAFM-CONNECT-EDITOR</u>			I
<u>ANLAGE 5 HANDLUNGSEMPFEHLUNG ZUR DIGITALEN BAUWERKSAUFNAHME.....</u>			I
<u>ANLAGE 6 ANWENDUNGSBESCHREIBUNG CAFM-CONNECT-EDITOR</u>			I
<u>ANLAGE 7 VORLÄUFIGER PRÜFBERICHT ÜBER DIE KONFORMITÄT DER ABBILDUNG EINES EXPORTS AUS DEM CAFM-CONNECT-EDITOR AUF IFC4.....</u>			I

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fokus des Forschungsprojektes im Immobilienlebenszyklus	2
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Projektaufbaus.....	4
Abbildung 3: Praxispartner im Projekt „BIM-basiertes Betreiben“	5
Abbildung 4: Übersicht und Eingliederung der BUW-Forschungsprojekt im Immobilienlebenszyklus ...	9
Abbildung 5: Projekt-Scope: Leistungsphasen im Betrieb	11
Abbildung 6: Projekt-Scope: Leistungsphasen und Fachfokus.....	14
Abbildung 7: Übersicht der Prozessarten.....	19
Abbildung 8: Prozessebenen im BUW-Prozessmodell	19
Abbildung 9: Aufbau der Struktur des Exports von BIM-Anwendungsfällen	28
Abbildung 10: Konzept zur Anbindung des BUW-Prozessmodells an CAFM-Connect.....	29
Abbildung 11: Gesamtklassifizierungssystem nach CAFM-Connect für BIM-Profile	31
Abbildung 12: Abbildung von Teilprozessen des BIM-Anwendungsfalls "Reinigungsmanagement" als IfcTasks	32
Abbildung 13: Schematische Darstellung des Informationsflusses von Bauwerksdaten für die Nutzung in einem Zielsystem.....	34
Abbildung 14: Gegenüberstellung der geometrischen und strukturellen Bauwerksdatenmodellerstellung	38
Abbildung 15: Übersicht Schichtenmodell IFC	44
Abbildung 16: Informationsmanagement untersuchter CAFM-Anwendungen.....	51
Abbildung 17: Informationsverarbeitung untersuchter CAFM	52
Abbildung 18: Übersicht und Anpassung der Objektinformationen im Objektkataster des eTASK FM- Portals.....	54
Abbildung 19: Darstellung von modellelementbezogenen Informationen (hier für Fläche) sowie Einfärbung von Modellelementen nach Informationen (hier: Flächennutzungsart).....	55
Abbildung 20: Schematische Darstellung: Ableitung des Typenbetriebskonzeptes über REG-IS	56
Abbildung 21: Beispielobjekt auf der Weltkarte.....	57
Abbildung 22: Gebäudedetails des Beispielobjektes	57
Abbildung 23: Flächen nach Komponenten	58
Abbildung 24: Flächen nach Bereichen.....	59
Abbildung 25: 3D-Modell des Beispielobjektes	59
Abbildung 26: Screenshot aus der VR-Visualisierung des BUW-Prozessmodells, Objektdaten.....	64
Abbildung 27: Screenshot aus der VR-Visualisierung des BUW-Prozessmodells, Anwendungsfall Kostenkontrolle	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Richtlinien zur Vergabe	12
Tabelle 2: Identifizierte BIM-Anwendungsfälle des Forschungsprojektes im TGM.....	22
Tabelle 3: Identifizierte BIM-Anwendungsfälle des Forschungsprojektes im IGM.....	24
Tabelle 4: Gegenüberstellung IFC-Schema-Spezifikationen	43

1 Zielsetzung und Projektaufbau

1.1 Ausgangssituation

Die Digitalisierung hat die Bau-Branche längst erreicht und schreitet weiter voran. Konzepte und Technologien, wie die BIM-Methode, werden aktiv diskutiert und angewendet.

Damit sich die BIM-Methode in der deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft in vollem Umfang etablieren kann, ist die Entwicklung von Standards im digitalen Prozess der Betriebsphase einer Immobilie von wesentlicher Bedeutung. Bei einer durchschnittlichen Gebäudelebensdauer von 50 Jahren entfallen ca. 45 Jahre auf die Phase des Betriebs. Mit Blick auf die Bewirtschaftungskosten eines Immobilienlebenszyklus¹ entspricht dies ca. 80% der Gesamtkosten. Folglich wird in dieser Phase ein erhebliches Optimierungspotenzial durch den Einsatz der Methode BIM gesehen. Eine Darstellung, wie der digitalisierte Prozess in der Phase des Betriebs unter Zugrundelegung der BIM-Methode aussehen kann oder idealtypischer Weise ablaufen kann, liegt vertieft nicht vor.

Aus dem Forschungsprojekt "Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken"¹ liegen erste Ergebnisse vor, jedoch bleibt der Detaillierungsgrad auf einer groben Ebene. Es bedarf somit einer tiefergehenden Untersuchung der Phase des Betriebs von Gebäuden im Zusammenspiel mit der BIM-Methode. Für die Analyse ist entscheidend, aus verschiedenen Blickwinkeln der am Betrieb einer Immobilie Beteiligten zu prüfen, welcher Nutzen durch Anwendung der Methode BIM (BIM-Ziele) entsteht und wer wem welche Informationen mit welchem Detaillierungsgrad zur Verfügung stellen muss, sodass Informationen prozessgerecht zur Verfügung stehen und das BIM-Ziel erreicht werden kann.

1.2 Zielsetzung

Das Forschungsprojekt „BIM-basiertes Betreiben von Bauwerken“ gliedert sich in die bisherige Forschungs-Methodik vorhergegangener Projekte der BUW im Bereich der Anwendung der BIM-Methode ein. Hierin wird über den gesamten Immobilienlebenszyklus identifiziert, wer welche Informationen mit welchem Detaillierungsgrad verfügbar macht, sodass Informationen prozessgerecht zur Verfügung stehen. Im vorliegenden Projekt erfolgt die Erfassung der relevanten Informationen eines für den Immobilien-Betrieb ausgerichteten Bauwerksdatenmodells auf Attribut-Ebene für das technische und infrastrukturelle Gebäudemanagement. Deren Anwendung soll transparente Datenanforderungen definieren und als Grundlage zur strukturierten Datenerfassung einen absprachelosen Austausch zu weiteren Zielsystemen (beispielsweise CAFM-Systemen) ermöglichen. Hierzu werden Datenschnittstellen zwischen dem Bauwerksdatenmodell und weiteren Zielsystemen dargestellt, um die Informationen, insbesondere in CAFM- Zielsystemen, zu verwenden.

¹ Forschungsprojekt der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Aktenzeichen SWD- 10.08.18.7-15.21, abrufbar über <http://www.biminstitut.de/forschung/downloads>, Fachbericht BIM – Prozesse – Lebenszyklus

Als Teil eines Großprojektes zum Thema „BIM-basiertes Bauen im Prozess“ trägt das Projekt zur Schaffung eines lebenszyklusübergreifenden Informationsprozesses und den damit in Verbindung stehenden Prozessen, Verantwortlich- und Abhängigkeiten bei, um transparent aufzuzeigen, welche Informationen mittels der Methode BIM erzeugt, generiert und verfügbar gemacht werden.

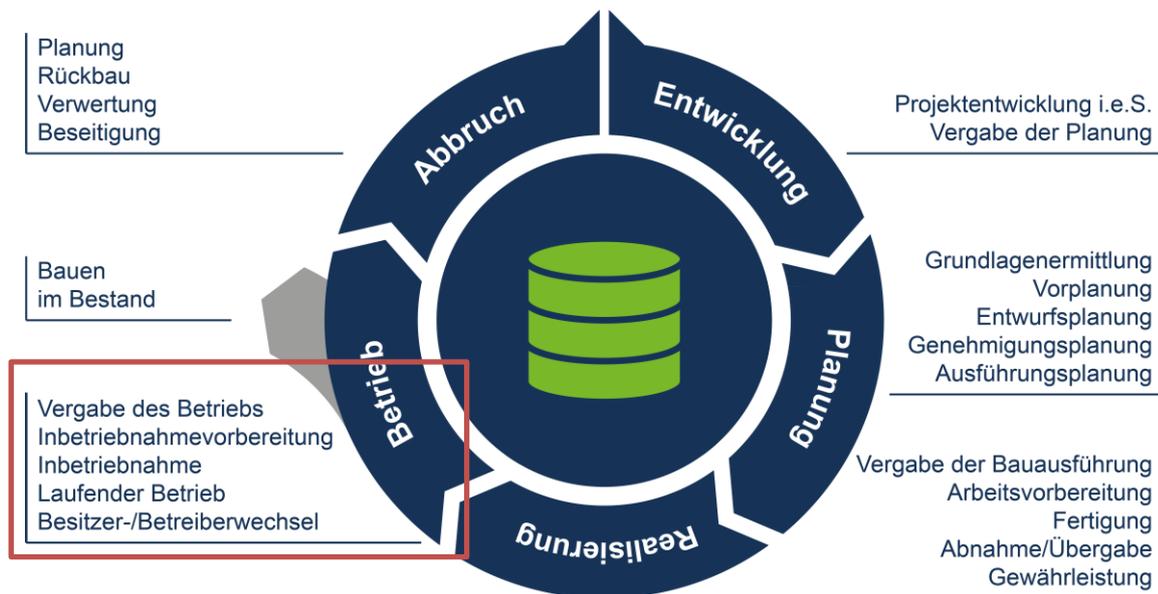


Abbildung 1: Fokus des Forschungsprojektes im Immobilienlebenszyklus

Der vorliegende Fachbericht stellt die Darstellung der Vorgehensweise und Ergebnisse zum Forschungsprojekt dar und baut inhaltlich auf dem Grundlagenbericht (Teil 1 zum Bericht des Forschungsprojektes) auf; ein Verweis auf diesen wurde an einigen Stellen des Dokumentes vorgenommen. Weiterhin werden im Verlaufe des Fachberichtes Begrifflichkeiten genutzt, die im Glossar des Grundlagenberichtes definiert sind. Infolge der lebenden Thematik von BIM mit immer fortschreitenden Erkenntnissen und Ergebnissen besteht die Möglichkeit, dass eine beigefügte Version des Grundlagenberichtes (Stand 31.10.2019) durch eine aktualisierte Version ersetzt wurde. Der aktuelle Stand ist über die Homepage der Verfassenden abrufbar.²

1.3 Projektaufbau

Das erste Kapitel beschreibt die Ausgangssituation der Immobilienbetriebsphase in Bezug auf das Thema BIM und definiert die Zielsetzung des Projektes. Im weiteren Verlauf werden der Fördermittelgeldgeber sowie die an dem Projekt beteiligten Praxispartner vorgestellt (Kap. 1.4). Eine fachliche Eingliederung der vorliegenden Ausarbeitung im Gesamtkontext der im Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft bestehenden Forschungsprojekte schließt das Kapitel ab (Kap. 1.5).

Im zweiten Kapitel folgt die Beschreibung und Detaillierung der Informationsprozesserstellung. Anhand eines Szenarios werden zunächst Rahmenbedingungen festgelegt. Für die Schaffung einer genauen

² Grundlagenbericht, abrufbar über <http://www.biminstitut.de/forschung/downloads>

Abgrenzung werden hierzu die Leistungsphasen im Betrieb definiert und vorherrschende Akteure der Immobilienbetriebsphase den Verantwortungssphären zugewiesen (vgl. Kap. 2.1). Im Anschluss wird die Methodik der Erstellung eines Informationsflussprozesses als Weg zur Erfassung der betriebsrelevanten Informationen im BUW-Prozessmodell mit dem Kapitel 2.2. in Kürze erläutert. Eine umfangreiche Darlegung und Beschreibung dieser findet sich im zugehörigen Grundlagenbericht zu diesem Fachbericht wieder. Den Abschluss des zweiten Kapitels bilden die Beschreibung der fachlichen Prozesserstellung und die Einbindung der relevanten Praxispartner im Kapitel 2.3.

Mit dem dritten Kapitel wird die Verwendung der im BUW-Prozessmodell erfassten Prozesse und damit verbundener Attribute anhand von anwendungsspezifischen Abfragen, die dazu genutzt werden sollen, standardisierte Strukturen für BIM-Anwendungsfälle im Betrieb exportieren zu können (vgl. Kap. 3.1 und Kap. 3.2), beschrieben. Zur Herstellung einer Verbindung der bislang getrennten Systeme der BIM-Profile respektive CAFM Connect und dem BUW-Prozessmodell wird eine Schnittstelle für den gegenseitigen Austausch von Attributen konzipiert und entwickelt (Kap. 3.3). Das Vorgehen wird anhand ausgewählter BIM-Anwendungsfälle dargestellt und in BIM-Profile überführt; BIM-Profile stellen eine Möglichkeit für den digitalen Austausch von bauteilbezogenen Informationsanforderungen aus BIM-Anwendungsfällen zwischen Softwaresystemen dar, die anwenderspezifisch und absprachefrei auf IFC-Basis erfolgt (vgl. Kap. 3.4).

Nach der Informationsdefinition und technischen Übersetzung unter Verwendung von BIM-Profilen werden im vierten Kapitel die Möglichkeiten zur Umsetzung der Verknüpfung von Bauwerksdaten und Modellelementen in Form von Bauwerksdatenmodellen dargestellt; dabei wird eine Unterscheidung zwischen geometrischen und strukturellen Bauwerksdatenmodellen vorgenommen (vgl. Kap. 4.1). Damit im Zusammenhang stehende, relevante Datenschnittstellen werden in Kapitel 4.2 aufgeführt und untersucht. Die zuvor beschriebene Weitergabe der Bauwerksdaten in Form von strukturellen Bauwerksdatenmodellen wird für Verwendung in verschiedenen Zielsystemen in Kapitel 4.3 aufgegriffen. Für die Untersuchung der Datenübergabe an Zielsysteme werden dabei die Softwareanwendungen beteiligter Praxispartner genutzt.

In Kapitel fünf werden die gewonnenen Erkenntnisse abschließend zusammengefasst. Eine Ableitung ergänzender Maßnahmen zur weiteren Entwicklung werden in Form eines Ausblicks dargestellt.

Ergänzend erfolgten in dem vorliegenden Projekt zwei Aufstockungen, die als ergänzende Ausarbeitungen durchgeführt wurden. Diese umfassen den BIM-Leitfaden für den Mittelstand am Beispiel des Neubauprojektes Fachmarktzentrum Leinefelde (Kap. 6.1) sowie die Entwicklung eines Demonstrators für die Visualisierung des BUW-Prozessmodells in Form einer VR-gestützten Darstellung des BUW-Prozessmodells, welcher im Rahmen der Messe Bau 2019 in München auf dem Messestand der Forschungsinitiative Zukunft Bau der Öffentlichkeit präsentiert wurde (Kap. 6.2).

Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der Vorgehensweise.

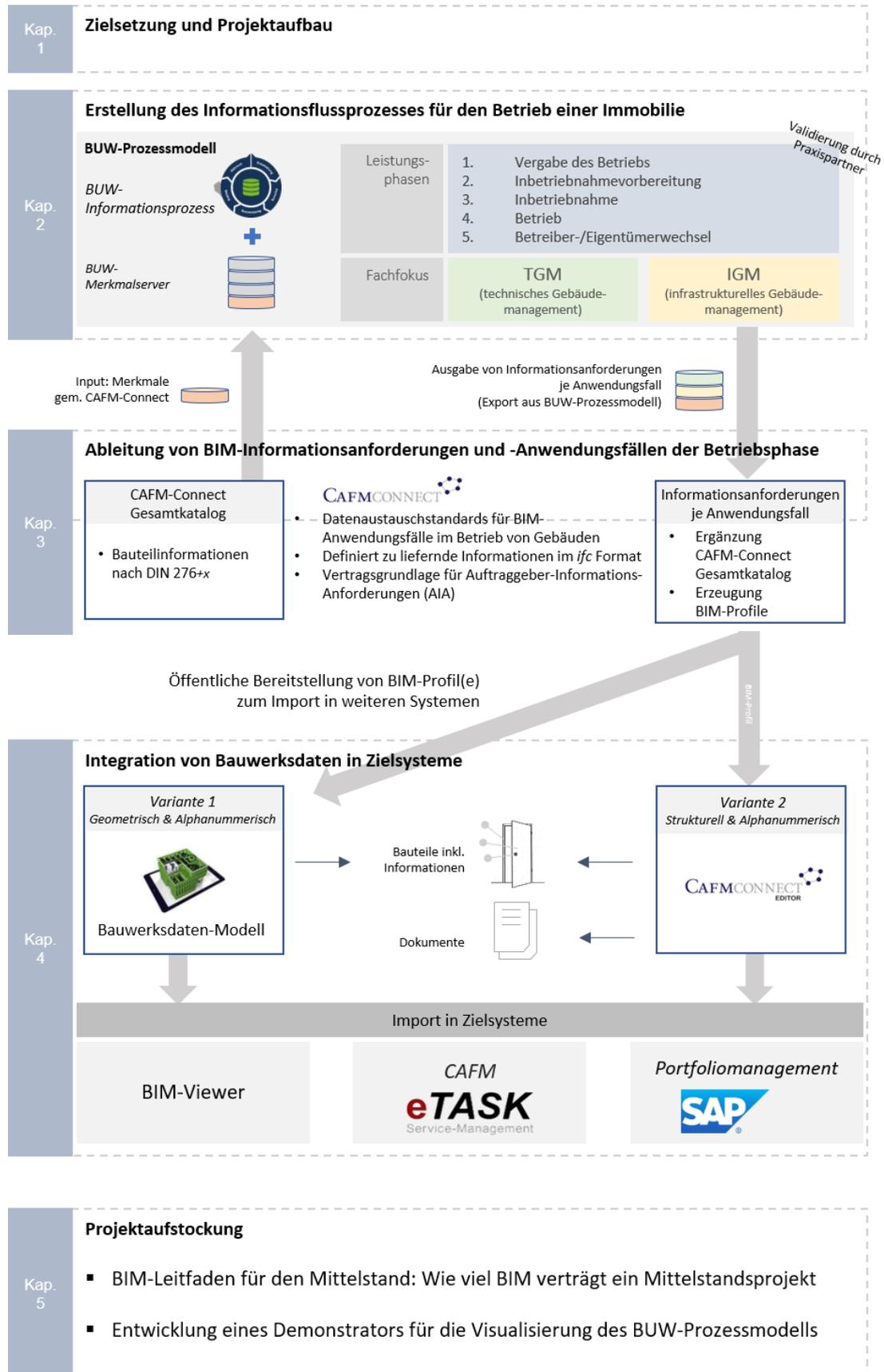


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Projektaufbaus

1.4 Fördermittelgeldgeber und Praxispartner

Das vorliegende Forschungsprojekt wurde finanziell mit 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. Die Projektumsetzung erfolgt von September 2017 bis Dezember 2019.

Eine fachliche und technische Unterstützung wurde durch die Praxispartner des Projektes gewährleistet: Die fachliche Unterstützung erfolgte im Rahmen der Informationsflussprozesserstellung (vgl. Kap. 2) und der damit einhergehenden Definition von Informationsanforderungen (vgl. Kap. 3). Eine technische Unterstützung wurde im Rahmen der Vorbereitung, Abbildung und Übersetzung des Informationsflussprozesses und der daraus abgeleiteten Informationsanforderungen als digitale Inhalte in Zielsysteme geleistet.



Abbildung 3: Praxispartner im Projekt „BIM-basiertes Betreiben“

AEC3 (fachliche und technische Unterstützung)

Die AEC3 Deutschland GmbH ist ein BIM-Beratungsunternehmen mit Sitz in München und verfügt über ein professionelles BIM-Team, welches für die Beratung in allen Fragen der Einführung von BIM (Building Information Modeling) in einem Unternehmen zur Verfügung steht. Weitere Ziele sind die Entwicklung von systemübergreifenden Lösungen für die Prozessoptimierung im Bauwesen und die Unterstützung von Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsprozessen mit der Anwendung von offenen, integrierten und modellbasierten IT-Lösungen.

Apleona (fachliche Unterstützung)

Apleona ist ein in Europa führender Immobiliendienstleister mit Sitz in Neu-Isenburg bei Frankfurt am Main und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in mehr als 30 Ländern, die Immobilien aller Assetklassen betreiben, managen, bauen, betreiben und ausrüsten. Das Dienstleistungsspektrum reicht dabei vom integriertem Facility Management, vielfältigen Industriedienstleistungen über Gebäudetechnik und Innenausbau bis hin zum Property Management und der Beratung bei Planung, Entwicklung, Vermarktung und Verkauf von Immobilien und ganzen Immobilienportfolios. Mit einer europäischen Plattform und einem internationalen Netzwerk mit länderübergreifender Account-Struktur und Organisation bietet Apleona einen einheitlich hohen Qualitätsstandard über Ländergrenzen hinweg.

Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW (fachliche Unterstützung)

Der BLB NRW betreibt als Landesbetrieb des Landes Nordrhein-Westfalen professionelles und effizientes Immobilienmanagement nach kaufmännischen Grundsätzen. Die Leistungen umfassen den gesamten Immobilienlebenszyklus von der Standortsuche und der Projektentwicklung für neue Gebäude über die Planung, Realisierung und den Betrieb bis hin zur Verwertung nicht mehr benötigter Immobilien.

eTASK Immobilien Software GmbH (fachliche und technische Unterstützung)

Die eTASK Immobilien Software GmbH mit Stammsitz in Köln bietet Unternehmen Hilfe, um ihre Immobilienprozesse mittels standardisierter Softwareprodukte effizient zu organisieren und digital zu steuern. eTASK entwickelt unter der gleichnamigen Produktlinie Softwareprodukte rund um die Prozesse im Betrieb und in der Nutzung von Immobilien. Der Schwerpunkt aller eTASK-Produkte liegt in deren Nutzung über den Browser, ohne lokale Installation beim Anwender sowie ohne funktionale Einschränkung bei einer hohen Performance, wobei maximale Investitionssicherheit und Kostentransparenz gewährleistet werden. Die eTASK GmbH ist Mitglied des CAFM-Rings und aktiv an der Erarbeitung von Standards und Forschung beteiligt.

FS facility solutions (fachliche Unterstützung)

FS facility solutions bietet individuelle Lösungen für Unternehmen in Hinblick auf die Nutzungsphase einer Immobilie. Sie bietet professionelles Facility Management bei den Herausforderungen der Analyse und Optimierung von Prozessen, der Einhaltung gesetzlicher Anforderungen und der Beratung, Qualitätssicherung und Strategieentwicklung. Sie unterstützt Unternehmen zudem bei der Ausschreibung und Vergabe von Dienstleistungen.

SAP SE (technische Unterstützung)

Die SAP SE mit Sitz in Walldorf ist ein deutscher Softwarehersteller und nach Umsatz der größte europäische (und außereuropäische) Softwarehersteller. SAP steht im Mittelpunkt der aktuellen Technologierevolution mit Tätigkeitsschwerpunkt in der Entwicklung von Software zur Abwicklung sämtlicher Geschäftsprozesse eines Unternehmens wie Buchführung, Controlling, Vertrieb, Einkauf, Produktion, Lagerhaltung und Personalwesen. SAP bietet Hilfe bei der Optimierung von Geschäftsabläufen und eigene Datenbanklösungen an. Der Bereich Real Estate beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit dem Schwerpunkt Immobilien.

TÜV SÜD (fachliche Unterstützung)

Der TÜV Süd ist ein international tätiges, deutsches, führendes Dienstleistungsunternehmen mit Hauptsitz in München. Zum Leistungsspektrum gehören neben technischen Prüfungen Beratungen, Gutachten und Tests, die klassischen Dienstleistungen: Hauptuntersuchung, Anlagenprüfung, Produkttests und Gutachten. Darüber hinaus engagiert sich TÜV SÜD für den Mehrwert von Kunden durch frühzeitige Beratung und kontinuierliche Begleitung, um nachhaltige Entwicklungen durchzusetzen. Ziel ist es, Arbeitsabläufe zu optimieren, globale Märkte zu erschließen und Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

Vonovia (fachliche Unterstützung)

Die Vonovia SE ist ein deutsches Wohnungsunternehmen mit Sitz in Bochum. Sie ist Deutschlands führendes Immobilienunternehmen und das erste Wohnungsunternehmen Deutschlands, das in den DAX-30-Index aufgenommen wurde. Vonovia geht aus dem Zusammenschluss der Deutschen Annington und der GAGFAH hervor mit Wurzeln im gemeinnützigen Wohnungsbau. Sie nimmt die Rolle des Vermieters ein und zusätzlich die Rolle des Dienstleisters mit kundenorientiertem Service in Bezug auf das Wohnen. Es werden kleine und große Handwerksdienstleistungen angeboten, vom Austausch eines Waschbeckens bis zur Sanierung eines Mehrfamilienhauses. Neben Instandhaltung und Kleinreparaturen leistet Vonovia auch energetische Modernisierungen sowie den seniorenfreundlichen Umbau von Immobilienbeständen.

Wolff und Müller (fachliche Unterstützung)

Die Wolff & Müller Holding GmbH & Co. KG gehört zu den führenden Bauunternehmungen in Deutschland in privater Hand mit Sitz in Stuttgart. Sie ist ein traditionsbewusstes, mittelständisches Familienunternehmen mit Hauptsitz in Stuttgart. Zu den Geschäftsfeldern gehören Bauleistungen, Baustoffe / Rohstoffe und Dienstleistungen, wobei das Geschäftsfeld Bauleistungen im Hoch- und Ingenieurbau, im Tief- und Straßenbau, im Spezialtiefbau, im Stahlbau und in Bauwerkssanierungen vertreten ist. Dazu kommen bau- und baunahe Unternehmensbeteiligungen und Dienstleistungen sowie eigene Rohstoffgewinnungsanlagen.

1.5 Inhaltliche Abgrenzung von weiteren Forschungsprojekten

Im Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal werden verschiedene Projekte zu den Themen Datendurchgängigkeit im Immobilienlebenszyklus und BIM durchgeführt. Die Forschungsprojekte und -kooperationen werden nachstehend in Kürze vorgestellt.

- **BIM-Prozesse Realisierung (Kurztitel)**
Analyse der Anforderungen der aus der Planung kommenden Bauwerksinformationsmodelle hinsichtlich Informationstiefe und –breite in Zusammenarbeit mit bauausführenden Unternehmen für eine effektive Nutzung für die Bauausführung
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 07/2015 bis 09/2017
- **BIM und Arbeitsschutz (Kurztitel)**
Identifizierung, Definition, und Standardisierung arbeitsschutzrelevanter Informationen und Bereitstellung von Präventionsmaßnahmen mit Hilfe der Methode BIM; dadurch elementare Verbesserung von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz infolge medienbruchfreier Durchgängigkeit von arbeitsschutzrelevanten Prozessen durch Digitalisierung
Fördermittelgeber: DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Projektlaufzeit: 11/2015 bis 10/2017

- **BIM-Prozesse Arbeitsplanung (Kurztitel)**
Erfassung der Prozesse von KMU in der Realisierung von Bauwerken, daraus Entwicklung eines kostenlosen Datenviewers für die Ankopplung an BIM-Systeme ohne die notwendige Benutzung von Modellierungswerkzeugen
Fördermittelgeber Bundesinstitut für Bau-, Stadt und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR), Projektlaufzeit: 10/2016 bis 08/2018
- **BIM und Ressourceneffizienz (Kurztitel)**
Optimierung des Recyclings und der Reparaturfreundlichkeit in Schadens- und Sanierungsfällen für eine Steigerung der Rückführung von Materialien in den Rohstoffkreislauf, sowie die Schaffung einer weitreichenden und frühzeitigen Aufnahme und Speicherung produkt- und stoffbezogener Informationen zu eingebauten Materialien und Zuordnung in digitalem Bauwerksdatenmodell
Fördermittelgeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Projektlaufzeit: 01/2017 bis 12/2019
- **Living Lab Gebäudeperformance**
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 Decarbonierung und Energieversorgung.
Fördermittelgeber: Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) „Investitionen 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
- **BIM2digitalTWIN (Kurztitel)**
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 Weiterentwicklung.
Fördermittelgeber: German Council of Shopping Centers, Bergische Universität Wuppertal beteiligte & Partnerunternehmen, Projektlaufzeit: 07/2018 bis 07/2020
- **BIM-Modellierungsrichtlinie (Kurztitel)**
Entwicklung einer standardisierten BIM-Modellierungsrichtlinie für die Schaffung einer einheitlichen und öffentlich verfügbaren Basis-Richtlinie für die Modellierung von Bauwerksinformationsmodellen und Modellobjekten durch Definition notwendiger Parameter, dadurch Schaffung einer sauberen Datengrundlage für den Datenaustausch und die Datennutzung
Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 03/2019 bis 08/2020

- BIM Informations-Lieferungs-Controlling**
 Entwicklung eines projektbegleitenden Controllinginstrumentes auf Demonstratorniveau sowie Strukturierung der Anforderungen an Datenanforderung und –lieferung bei BIM-basierten Bauvorhaben, dazu inhaltliche und strukturelle Definition von AIA und BAP.
 Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Projektlaufzeit: 03/2019 bis 08/2020

Die nachstehende Abbildung ordnet die Forschungsprojekte Immobilienlebenszyklusphasen und Detaillierungsgraden zu.

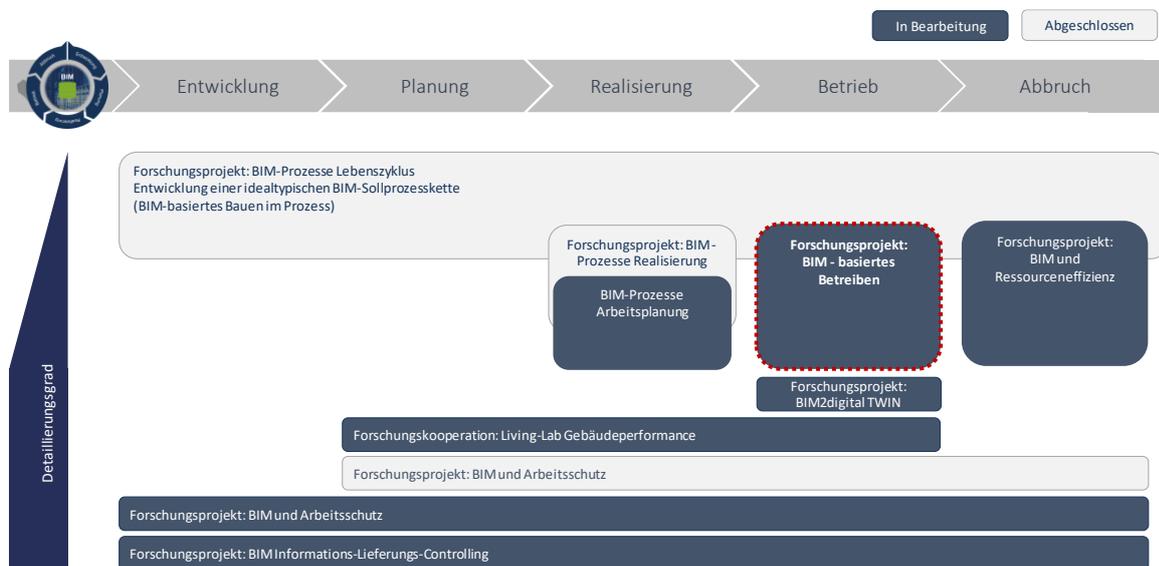


Abbildung 4: Übersicht und Eingliederung der BUW-Forschungsprojekt im Immobilienlebenszyklus

Im oberen Bereich der Abbildung befinden sich die Lebenszyklusphasen einer Immobilie, denen die Forschungsprojekte zugeordnet sind. Das hier gegenständliche Forschungsprojekt „BIM-basiertes Betreiben“ betrachtet die Lebenszyklusphase Betrieb. Auf der vertikalen Achse werden die Forschungsprojekte einem Detaillierungsgrad zugewiesen. Damit steht mit der horizontalen Achse eine zeitliche, und der vertikalen Achse eine inhaltliche Gliederungsebene zur Verfügung.

2 Erstellung des Informationsflussprozesses für den Betrieb einer Immobilie

2.1 Szenario

Zur Abgrenzung des Forschungsprojektes wird für die Erfassung des fachlichen Prozesses ein Szenario gebildet. Zum gegenwärtigen Stand sind hierzu folgende Einflussgrößen definiert:

- Rahmenbedingungen des Szenarios
- Betrachtete Leistungsphasen im Betrieb
- Betrachteter fachlicher Fokus
- Betrachtete Akteure (i.S.v. Sphären und Rollen)

2.1.1 Rahmenbedingungen des Szenarios

Sowohl das Gefüge der am Bau Beteiligten als auch die wahrzunehmenden Aufgaben und die zu durchlaufenden Verfahren und Prozesse unterscheiden sich in Abhängigkeit der Bauwerkstypen, die auch verschiedenen Sparten der Bauwirtschaft zugeordnet werden können. So sind beispielsweise die Ablauforganisationen für den Betrieb eines Autobahnbrückenbauwerks andere als diejenigen zum Betrieb eines Verwaltungsgebäudes. Aus diesem Grund sind für den weiteren Forschungsverlauf bestimmte Festlegungen hinsichtlich des betrachteten Bauwerkstypen und der betrachteten Ausgangssituation zu treffen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird der nachfolgende Bauwerkstyp behandelt:

Öffentliches Bauvorhaben – Hochbau – Verwaltungs- bzw. Wohnungsbau

Die Entscheidung für die Auswahl der Rahmenbedingung eines öffentlichen Bauherrn wurde aufgrund der besonderen Vorgaben bezüglich der Vergabe- und Vertragsstruktur, beispielsweise gemäß GWB, und der damit einhergehenden Komplexität der Kommunikationsschnittstellen getroffen. Ziel ist es, einen möglichst umfassenden Prozess, insbesondere bezüglich des Informationsaustausches, zu schaffen.

2.1.2 Leistungsphasen im Betrieb

Für die Entwicklung des Szenarios sollen im Folgenden die dafür betrachteten Leistungsphasen in der Betriebsphase einer Immobilie erläutert werden. Die Betriebsphase wird für die hier betrachteten Prozesse in fünf Leistungsphasen gegliedert, welche in Abbildung 5 aufgeführt sind.

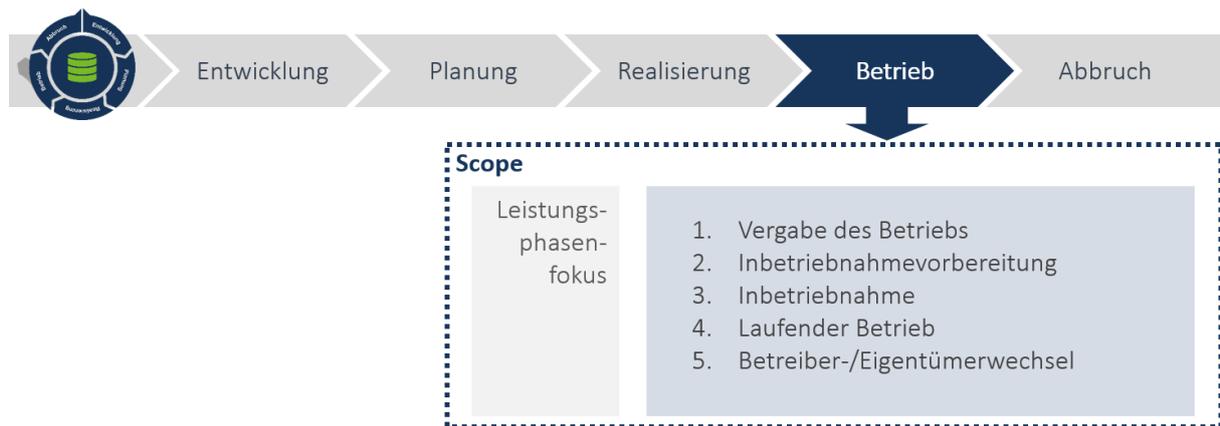


Abbildung 5: Projekt-Scope: Leistungsphasen im Betrieb

Vergabe des Betriebs

In der Dienstleistungsvergabe wird der Bedarf und die Anforderungen an die jeweiligen Dienste ermittelt, ausgeschrieben und vergeben. Für Gebäudemanagement-Dienstleistungen existieren Ausschreibungen mit unterschiedlichen Detailierungsgraden, von der Angabe von Pauschalpreisen bis hin zur detaillierten Untergliederung der Leistungen mit Angabe zahlreicher Einzelpreise. Der Prozessablauf des Vergabeverfahrens soll im Folgenden in seinen Grundzügen aufgezeigt werden³:

1. Definition der Leistungen
2. Definition der Rahmenbedingungen, unter denen Leistungen zu vollbringen sind
3. Festlegung, ob die Anfrage/ Ausschreibung selbst oder durch einen Dritten erfolgt
4. Erstellung der Anfrage-/Ausschreibungsunterlagen
5. Suche und Auswahl potentieller Anbieter
6. Versendung der Anfrage-/Ausschreibungsunterlagen
7. Bearbeitungsprozess des Anbieters
8. Angebotsabgabe und -präsentation durch den Anbieter
9. Entscheidung über die Auftragsvergabe

Allgemein ist das deutsche Vergaberecht in zwei Teile gegliedert:

- *Oberhalb der EU-Schwellenwerte*: Verpflichtung zu einer europaweiten Ausschreibung öffentlicher Aufträge
- *Unterhalb der EU-Schwellenwerte*: Verpflichtung zu einer nationalen öffentlichen Ausschreibung

Für das Vergabeverfahren oberhalb der EU- Schwellenwerte gibt es in Deutschland als Rechtsgrundlage das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) mit Regelungen zum Anwendungsbereich, zu Grundsätzen des Vergaberechts und Regelungen zu den einzelnen Vergabeverfahren. Wei-

³ Vgl. VDMA, 2000

tere Regeln für das Vergabeverfahren finden sich in der Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (VgV). Diese beinhaltet den A-Teil der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/A-EG), den A-Teil der Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL/A-EG) und die Vergabeordnung für freiberufliche Leistungen (VOF). In der folgenden Tabelle sind die für das Vergabeverfahren oberhalb der Schwellenwerte geltende Verordnungen mit Angabe des zugehörigen Bereichs aufgelistet.

Tabelle 1: Richtlinien zur Vergabe

Verordnung	Inhalt/Bereich
VOL/A	Vergabe von Liefer- und Dienstleistungsaufträgen
VOB/A	Vergabe von Bauaufträgen
VOF	Vergabe von freiberuflichen Leistungen
VgV	- Angaben zur Höhe der Schwellenwerte - Angaben zur Schätzung des Auftragswertes - Hinweise für die Art und Weise der Vergabe von Liefer-, Bau- und Dienstleistungsaufträgen
SektVO	Vergabe in den Bereichen Trinkwasserversorgung, Verkehr und Energie
VSVgV	Vergabe von verteidigungs- und sicherheitsrelevanten Liefer- und Dienstleistungsaufträgen

Für das Vergabeverfahren unterhalb der EU-Schwellenwerte gilt das nationale Vergaberecht, somit sind die Vorschriften des Bundes, der jeweiligen Bundesländer oder der Kommunen anzuwenden. Herangezogen werden dabei die ersten Abschnitte von VOB/A und VOL/A. Zudem können in den einzelnen Bundesländern Mittelstandsförderungs- oder Landesvergabegesetze zu beachten sein⁴.

Inbetriebnahmevorbereitung

Die Phase der Inbetriebnahmevorbereitung beginnt nach der Bedarfsplanung parallel zum Beginn der Bauphase. Dabei wird das Bauwerksdatenmodell an die Betreiber des Bauwerks ausgehändigt. Dies

⁴ Vgl. Deutsches Vergabeportal, 2018

kann beispielsweise in Form einer Kopie des Modells aus der Bauphase geschehen. Aus dieser Kopie können zum Teil erste Entscheidungen hervorgehen, die den Bau der Immobilie betreffen. Das übertragene Bauwerksdatenmodell wird anschließend in ein BIM-basiertes CAFM-System überführt und bildet die Grundlage für verschiedene Anwendungsfälle, wie beispielsweise die modellbasierte Planung und Simulation, Preisermittlungen und Vergabe.⁵

Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme einer Immobilie führt zu einer Umverteilung der Verantwortlichkeiten. Zu diesem Zeitpunkt gibt der Bauherr des Bauwerks Verantwortlichkeiten an den Betreiber des Bauwerks ab, wodurch für den Betreiber sog. Betreiberpflichten entstehen. Diese werden gesetzlich vorgeschrieben und sind von dem Betreiber nachweislich zu erfüllen. Um seinen Pflichten rechtmäßig nachzukommen, besteht ein gewisser Informationsbedarf rund um das Bauwerk. Damit sind beispielsweise Informationen gemeint, die den Ort des Bauwerks anbelangen, und zugehörige Regelwerke und Vorgaben. Die Informationsanforderungen zur Erfüllung der Betreiberpflichten werden grundsätzlich durch geltende Gesetze und Regelwerke definiert. Das digitale Bauwerksdatenmodell soll nach der Übergabe in das Portfoliodatenmodell eingegliedert werden und kontinuierlich weitergeführt werden. Damit wird die Grundlage für alle bauwerksbezogenen digitalen Anwendungen während des Betriebs geschaffen, welche durch verschiedene Anwender und Anwendungen einheitlich genutzt werden. Die Vorteile, die hierbei durch die BIM-Methode entstehen, liegen darin, dass für den hier getätigten Datenaustausch keine Absprache zwischen den Beteiligten notwendig ist. Der Austausch von Informationen erfolgt auf Basis von standardisierten Datenformaten und Klassifikationen, die eine verlustfreie Übergabe der Daten und eine Überprüfung ermöglichen.⁶

Laufender Betrieb

Die Betriebsphase eines Bauwerks erstreckt sich über einen langen Zeitraum von bis zu 50 Jahren. In dem Zeitraum der Nutzungsphase kehren Prozesse wie beispielsweise Wartung und Inspektion immer wieder und wiederholen sich in geregelten Abständen. Dadurch ergeben sich viele verschiedene Anwendungsbereiche, die geeignet sind für die BIM-Methode. So kann der Betreiber mithilfe der BIM-Methode seiner Verantwortung nachgehen und gesetzliche Anforderungen für den Betrieb der Immobilie stets erfüllen. Aber auch in den Bereichen Sicherheitsmanagement, Inspektion und Wartung der technischen Anlagen ist die BIM-Methode vorteilhaft beispielsweise in Form von unterstützenden Technologien wie virtuelle Realität (VR) und Augmented Reality / Mixed Reality (AR). Des Weiteren kann das Flächenmanagement optimal durch BIM unterstützt werden. Das BIM-basierte Bauwerksdatenmodell bietet neben herkömmlichen CAD-Plänen eine intelligente Abbildung der einzelnen Elemente, wodurch Flächenwerte automatisch bestimmt werden können.⁷

⁵ Vgl. Aengenvoort, Krämer, 2018a, S. 1ff

⁶ ebenda

⁷ ebenda

Betreiber-/Eigentümerwechsel

Während des Betriebs einer Immobilie kann es je nach Typ des Bauwerks oftmals zu einem Besitzerwechsel kommen. Dies stellt eine Herausforderung für die Übertragung der in der Bauphase entstandenen Daten dar und erschwert die optimale Nutzung aller vorhandener Daten durch den Erwerber der Immobilie. Idealerweise kann die Übergabe der Bauwerksinformationen durch die BIM-Methode unterstützt werden. Dabei kann auf digitale Datenmodelle beispielsweise auf Basis offener Standards zurückgegriffen werden, wodurch der manuelle Aufwand minimiert wird und somit der Betrieb durch den Erwerber bequem organisiert werden kann. Werden die Informationen in digitaler Form bereits vor der Unterzeichnung des Kaufvertrags übergeben, ist eine detaillierte Preiskalkulation für den Käufer möglich, da die Folgekosten für die Übernahme automatisiert ermittelt werden können. Für die Übergabe der Funktionen werden im Vertrag Informationsaustauschanforderungen festgelegt, beispielsweise auf Grundlage der verfügbaren Verfahren der offenen Standards (Open BIM), individuelle Informationsaustauschanforderungen (Closed BIM) oder eine Kombination aus beiden (Open + Closed BIM) vereinbart.⁸

2.1.3 Fachlicher Fokus

Der Fachfokus in den beschriebenen Leistungsphasen wird in Abbildung 6 dargestellt. Sie umfassen die Vergabe des Betriebs, die Inbetriebnahmevorbereitung, Inbetriebnahme und den laufenden Betrieb. Aufgrund des Fokus' der Verwendung von Bauwerksdatenmodellen und damit in Verbindung stehenden Bauteil- und Anlageinformationen liegt der Fokus der fachlichen Prozesse auf dem technischen (TGM) und infrastrukturellen Gebäudemanagement (IGM) der jeweiligen Phasen.

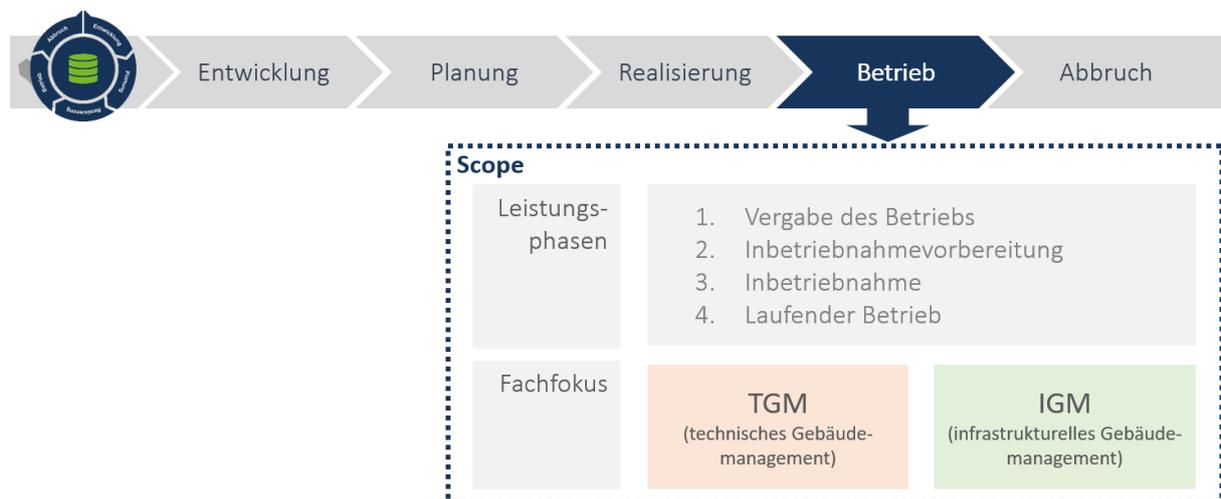


Abbildung 6: Projekt-Scope: Leistungsphasen und Fachfokus

⁸ Vgl. Aengenvoort, Krämer, 2018a, S. 1 ff

Technisches Gebäudemanagement

Ziel des technischen Gebäudemanagements ist die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit des Gebäudes mit sämtlichen zugehörigen Anlagen. Dabei sind alle Leistungen gemeint, die zum Betreiben und Bewirtschaften der Immobilie samt baulichen und technischen Anlagen benötigt werden. Gemäß *DIN 32736* sind dies:

- Betreiben
- Dokumentieren
- Energiemanagement
- Informationsmanagement
- Modernisieren
- Sanieren
- Umbauen
- Verfolgen der technischen Gewährleistung

Infrastrukturelles Gebäudemanagement

Im infrastrukturellen Gebäudemanagement liegt der Fokus auf den geschäftsunterstützenden Dienstleistungen, die die Nutzung eines Gebäudes verbessern. Dazu gehören beispielsweise das Reinigungsmanagement, Schlüsselmanagement und Sicherheitsdienste. Gemäß *DIN 32736* gehören folgende Leistungen in den Bereich des Infrastrukturellen Gebäudemanagements:

- Verpflegungsdienste
- DV-Dienstleistungen
- Gärtnerdienste
- Hausmeisterdienste
- Interne Postdienste
- Kopier- und Druckereidienste
- Parkraumbetreiberdienste
- Reinigungs- und Pflegedienste
- Sicherheitsdienste
- Umzugsdienste
- Waren- und Logistikdienste
- Winterdienste
- Zentrale Telekommunikationsdienste
- Entsorgen
- Versorgen

2.1.4 Verantwortungssphären und Rollen

Bei der Betrachtung des Prozessszenarios kann auf folgende Verantwortungssphären verwiesen werden, denen verschiedenen Einzelrollen zugehören:

- Bauherren-Sphäre
- Planungs-Sphäre
- Ausführungs-Sphäre
- Genehmigungs- und Aufsichts-Sphäre

Die aufgeführten Verantwortungssphären werden im Folgenden vorgestellt und beschrieben.

2.1.4.1 Bauherren-Sphäre

Neben ursprünglichen Bauherrenaufgaben umfasst die Verantwortungssphäre des Bauherrn ebenfalls die Rolle des Eigentümers, Investors, Projektsteuerers, Betreibers, Facility Managers und des Nutzers.

Bauherr

„Bauherr ist derjenige: der selbst oder durch Dritte, im eigenen Namen oder auf eigene Verantwortung, für eigene oder fremde Rechnung, ein Bauvorhaben – wirtschaftlich und technisch vorbereitet und durchführt, bzw. vorbereiten und durchführen lässt.“⁹ Weiter ist der Bauherr jener, der „zur Vorbereitung und Ausführung eines genehmigungsbedürftigen Bauvorhabens eine Entwurfsverfasserin oder einen Entwurfsverfasser (§ 58), Unternehmerinnen oder Unternehmer (§ 59) und eine Bauleiterin oder einen Bauleiter (§ 59 a)“¹⁰ beauftragt. „Die Bauherrin oder der Bauherr hat gegenüber der Bauaufsichtsbehörde die nach den öffentlich-rechtlichen Vorschriften erforderlichen Anzeigen und Nachweise zu erbringen, soweit hierzu nicht die Bauleiterin oder der Bauleiter verpflichtet ist.“¹¹

Eigentümer

„Eigentum (materielles) ist nach § 903 BGB die Herrschaftsbeziehung einer natürlichen Person oder juristischen Person über eine Sache, mit der der Eigentümer nach seinem eigenen Belieben verfahren und Einwirkungen Dritter ausschließen kann und die selbstverständlich auch staatliche Stellen – beispielsweise in Falle einer beabsichtigten Enteignung – zu achten haben“¹²

Projektsteuerer

„Das Leistungsbild der Projektsteuerung umfasst die Leistungen von Auftragnehmern, die Funktionen des Auftraggebers bei der Steuerung von Projekten mit mehreren Fachbereichen in Stabsfunktion übernehmen“¹³

⁹ Pfarr, 1984, S. 99

¹⁰ LBO NRW, § 57, Stand 15.12.2016

¹¹ ebenda

¹² Handschumacher, 2014, S. 8

¹³ AHO Fachkommission, 2009, S. 8

Betreiber

„Natürliche oder juristische Person oder rechtsfähige Personengesellschaft, die Träger der Betreiberverantwortung [...] ist.“¹⁴

Nutzer

Jener, der die Immobilie/ das Bauwerk in erster Linie nur als ein Mittel zur Erfüllung seiner Kernaufgaben „nutzt“.¹⁵

2.1.4.2 Planungssphäre

Facility-Manager

Oberste Leitung der¹⁶ *„Facility Management-Auftragnehmer-Organisation, die sich zur Bereitstellung von Facility Services vertraglich verpflichtet und hinsichtlich der Erbringung der vertraglich festgelegten Leistung rechenschaftspflichtig ist“¹⁷, so z.B. „Funktionsfähiger Arbeitsplatz, Verfügbarkeit von Anlagen und Einrichtungen, effizienter Energieeinsatz, Sauberkeit und Hygiene“¹⁸.*

2.1.4.3 Ausführungssphäre

In der Verantwortungssphäre der Ausführung werden sämtliche am Immobilienlebenszyklus beteiligte Fachunternehmer und Gebäude-Dienstleister, welche beispielsweise innerhalb der Realisierungsphase sowie im Rahmen der späteren Betriebs- und Nutzungsphase tätig werden, betrachtet.

Fachunternehmer

Jener (Fach)-Unternehmer, der nach *„den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den Bauvorlagen entsprechende Ausführung der von ihr oder ihm übernommenen Arbeiten und insoweit für die ordnungsgemäße Einrichtung und den sicheren bautechnischen Betrieb der Baustelle sowie für die Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen verantwortlich“* ist.¹⁹

Die Fachunternehmer werden innerhalb des Gebäudebetriebs auch mit dem Oberbegriff des „Service-Dienstleisters“ erschlossen. Diese sind vorrangig für Umsetzung der operativen Maßnahmen zuständig und erbringen Dienstleistungen im Sinne des Gebäudemanagements. Bei klarer Eingrenzung von Dienstleistungen des technischen Gebäudemanagements findet gleichermaßen der Begriff „Service-Techniker“ Verwendung.

¹⁴ GEFMA 190, 2004, S. 2

¹⁵ Kochendörfer et al., 2010, S. 11

¹⁶ GEFMA 100, -2, Anhang B, S. 4

¹⁷ DIN EN 15221-1, 2007, S. 6

¹⁸ GEFMA 100, -2, 2004, S. 5

¹⁹ LBO NRW §59, Stand 15.12.2016

2.1.4.4 Genehmigungs- und Aufsichts-Sphäre

Der Genehmigungs-/Aufsichts-Sphäre sind nachfolgende Rollen zugeordnet.

Bauaufsichtsbehörden

Jeweilige oberste, obere und untere Bauaufsichtsbehörde, die „*bei der Errichtung, der Änderung, dem Abbruch, der Nutzung, der Nutzungsänderung sowie der Unterhaltung baulicher Anlagen darüber [...] wachen, dass die öffentlich-rechtlichen Vorschriften und die aufgrund dieser Vorschriften erlassenen Anordnungen eingehalten werden*“²⁰

Prüfstatiker/Prüfingenieur

„*Die untere Bauaufsichtsbehörde kann die erforderliche Prüfung der Standsicherheitsnachweise, der Nachweise des Brandverhaltens der Baustoffe und der Feuerwiderstandsdauer der tragenden Bauteile einem Prüfingenieur übertragen. Prüfingenieur ist, wer als solcher von der obersten Bauaufsichtsbehörde anerkannt ist.*“²¹ Auch kann sich die erforderliche Prüfung auf überwachungsbedürftige Einrichtungen und technische Anlagen beziehen. Diese Prüfungen „*sind von einer zugelassenen Überwachungsstelle [...] durchzuführen.*“²²

2.2 Erstellung des Informationsflussprozesses

Die Erfassung der fachlichen Prozesse jeweiliger Rollen erfolgt durch die Entwicklung eines Informationsprozesses mittels einer Business-Process-Management (BPM) Software. Zur strukturierten Informationserfassung und Auswertung wird zwischen verschiedenen Prozessebenen und Prozessarten unterschieden. Bei Prozessarten handelt es sich um eine Differenzierung von strategischen und operativen Prozessen. Ein strategischer Prozess beschreibt einen Ablauf so kompakt wie möglich, mit dem Ziel, eine übergeordnete Darstellung der Prozesse von Anfang bis Ende zu erzeugen. Der Betrachter kann auf einen Blick erkennen, für wen der Prozess welche Leistung erbringt. Die operativen Prozesse hingegen bilden die dafür notwendigen detaillierten Arbeitsschritte (Prozesse) ab. Der operative Prozess ist in fachliche und technische Prozesse zu unterscheiden. Die fachlichen Prozesse stellen sodann die fachlichen Aktivitäten und Abläufe der Prozessverantwortlichen dar. Damit dienen sie ebenfalls als Orientierung und Hilfestellung bei der täglichen Arbeit. Die Erfassung des fachlichen Prozesses ist ein wesentlicher Schwerpunkt im Forschungsprojekt und beantwortet die Frage „wer braucht welche Information von wem wann wofür“. Im Gegensatz zum technischen Prozess beschränkt sich der fachliche Prozess zumeist auf die von Menschen ausgeführten Schritte. Technische Prozesse umfassen demgegenüber zum Beispiel die Ausführung von einzelnen Diensten und somit ein informationstechnisch automatisierter Prozess.

²⁰ Rabe, Heintz, 2006, S. 355

²¹ Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung, 2016

²² BetrSichV §15, Stand 03.02.2015

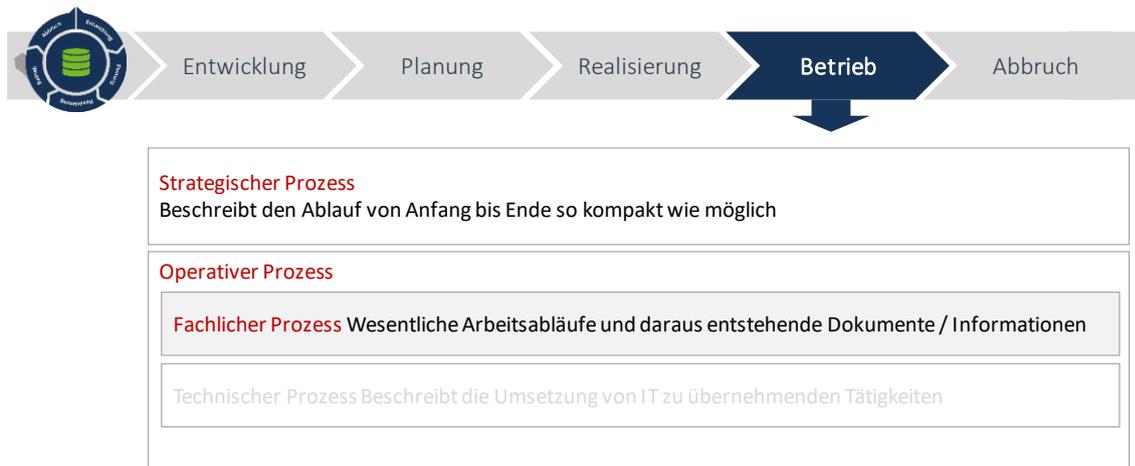


Abbildung 7: Übersicht der Prozessarten

Neben der Kategorisierung von strategischen und operativen Prozessen erfolgt eine Einteilung in fünf Prozessebenen. Die Prozessarten sind den verschiedenen Prozessebenen eindeutig zugeordnet. Strategische Prozesse umfassen die Prozessebenen eins und zwei. Operative Prozesse umfassen die Prozessebenen drei bis fünf. Mit aufsteigender Prozess-Ebenen-Ziffer ist eine höhere Detaillierung verbunden. Die Verbindung von Prozessebenen wird anhand des nachstehenden Beispiels sichtbar:

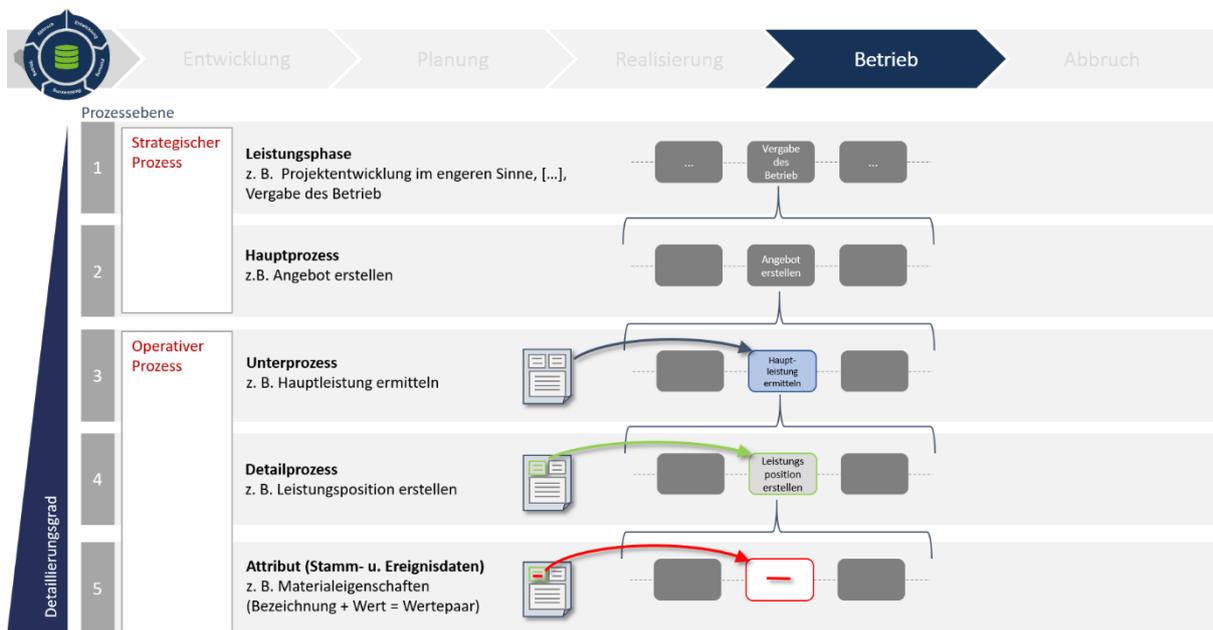


Abbildung 8: Prozessebenen im BUW-Prozessmodell

Auf der ersten Prozessebene gliedert sich das BUW-Prozessmodell in Leistungsphasen, beispielsweise die „Vergabe des Betriebs“. Die zweite Prozessebene bildet eine Detaillierung von Hauptprozessen, die im Rahmen der Leistungsphase umgesetzt werden. In diesem Beispiel findet in der Leistungsphase „Vergabe des Betriebs“ die Angebotserstellung statt. Die dritte Prozessebene zeigt innerhalb des operativen Prozesses Unterprozesse auf. Für die Leistungsphase der „Vergabe des Betriebs“ wäre bei-

spielsweise die Ermittlung der Hauptleistung als Unterprozess zu benennen. In der vierten Prozessebene wird der Unterprozess tiefergehend gegliedert, in sogenannte Detailprozesse. In dem aufgeführten Beispiel bedeutet dies die Erstellung einer Leistungsposition, nachdem zuvor die Hauptleistung ermittelt wurde. Die abschließende fünfte Prozessebene liefert den höchsten Detaillierungsgrad und beinhaltet das Attribut. Sie stellt in dem gegebenen Beispiel Materialeigenschaften dar, die als Wertepaare die Bezeichnung und den dazugehörigen Wert umfassen.

2.3 Herangehensweise der Informationsprozesserschfassung

Die Erfassung des fachlichen Prozesses im Rahmen des Forschungsprojektes umfasst für alle Prozesse des TGM und IGM die Prozessebenen 1 bis 3; für die dabei identifizierten BIM-Anwendungsfälle wurde die Prozessdefinition bis zu einem Detaillierungsgrad der Detailprozesse (Ebene 4) und auf Attributen-Ebene (Ebene 5) durchgeführt (vgl. Kap. 2.4.2). Die nachfolgende Abbildung stellt den Aufbau des BUW-Prozessmodells über die Ebenen 1 bis 5 schematisch dar.

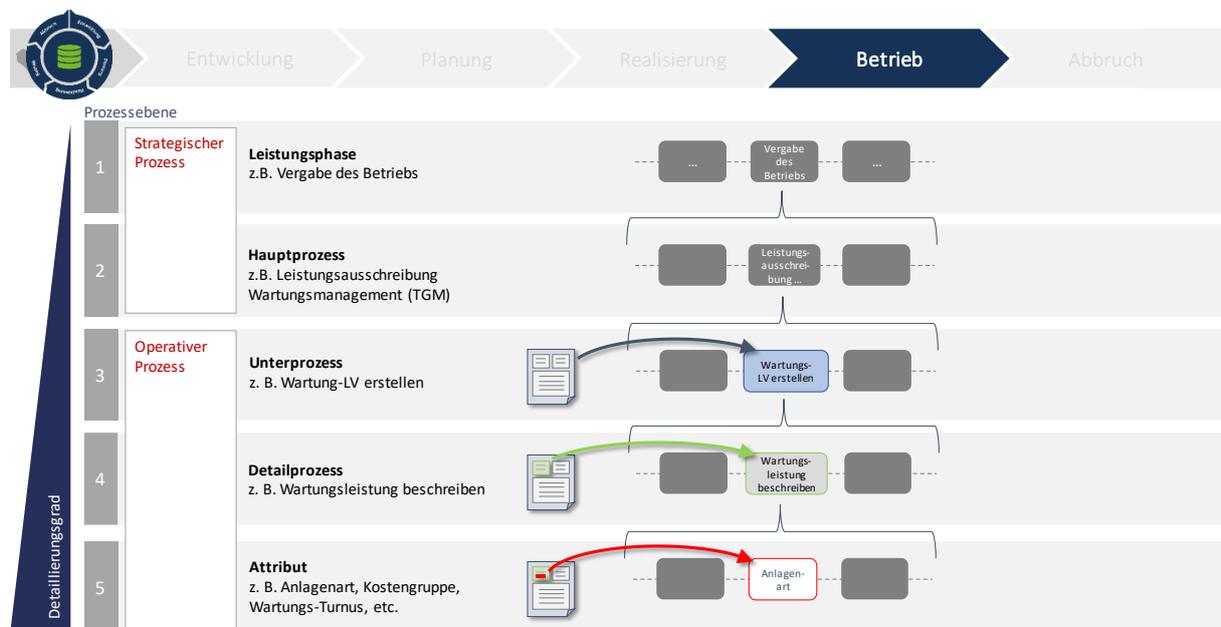


Abbildung 11: Detaillierungstiefe der erfassten fachliche Prozesse TGM und IGM

Zur Schaffung eines belastbaren Fundamentes für die Prozesserschfassung wurden die nachfolgenden themenspezifische Erhebungsmethoden angewandt:

- Themenbezogene, reflektierte Aufbereitung des vorhandenen, eigenen Erfahrungs-Fachwissens,
- Literaturrecherchen zu verschiedenen Detailthemen,
- Analyse der einschlägigen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Handbücher,
- Analyse der Funktionalitäten fachspezifischer Softwareprodukte,
- Durchführen von Experteninterviews,
- Durchführen von Experten-Workshops,
- Einbeziehen von Wissen aus Gremienarbeit,

- Teilnahme an Seminaren,
- Teilnahme und Veröffentlichung an Messeveranstaltungen.

Somit wurden einerseits möglichst viele verschiedene Impulse aus unterschiedlichen Perspektiven erhalten und andererseits das themenspezifische Wissen fundiert aufgebaut und dargestellt. Die Prozessaufnahme und -abstimmung erfolgte in Zusammenarbeit mit den unten aufgeführten Praxispartnern:

- BLB (Prozesse TGM, IGM)
- Apleona (Prozesse TGM, IGM)
- eTASK (Prozesse TGM, IGM)
- Vonovia (Prozesse TGM, IGM)
- Wolff & Müller (Prozesse TGM, IGM)

Eine tabellarische Aufstellung der erfassten Prozesse auf Prozessebene 3, gegliedert nach Verantwortlichkeiten und Phasen im Sinne der Prozessebene 1, ist der Anlage zu entnehmen.

2.4 BIM-Anwendungsfälle

Im Rahmen der fachlichen Prozessfassung und -modellierung konnten diverse BIM-Anwendungsfälle aus der Betriebsphase einer Immobilie identifiziert werden. BIM-Anwendungsfälle beschreiben dabei die Abwicklung einer spezifischen Aufgabe zum Erreichen eines BIM-Zieles.²³

Im folgenden Abschnitt werden über eine allgemeine Strukturbeschreibung von BIM-Anwendungsfällen Anforderungen an die Darstellung eines Anwendungsfalles abgeleitet und auf die Erstellung des fachlichen Prozesses im Rahmen der identifizierten Anwendungsfälle abgebildet.

2.4.1 Untersuchung einer einheitlichen Struktur zur Beschreibung von BIM-Anwendungsfällen

Über eine Analyse bisher veröffentlichter Anwendungsfälle unter Verwendung der Methode BIM sollte eine Strukturbeschreibung erstellt werden, um die identifizierten BIM-Anwendungsfälle aus vorliegendem Forschungsprojekt den notwendigen Anforderungen entsprechend abzubilden. Hierfür wurde eine Recherche über bereits veröffentlichte BIM-Anwendungsfälle angestoßen. Im Ergebnis wurde eine Vielzahl an Anwendungsfällen unterschiedlichster Herausgeber gefunden: Infolge der Masse an Rechercheergebnissen wurde eine Eingrenzung des Betrachtungsgebietes auf Deutschland, Schweiz und Österreich getroffen, um die Fülle an recherchierten BIM-Anwendungsfällen managen und so einen Abgleich vereinfachen zu können. Die aktuelle Auflistung über die recherchierten BIM-Anwendungsfälle aus der DACH-Region (Stand Juli 2019) ist dem Forschungsbericht als Anlage beigefügt. Weiterführende Aktualisierungen dieses Bearbeitungsstandes können über die Website des BIM-Instituts aufgerufen werden.²⁴

²³ Vgl. Grundlagenbericht

²⁴ BIM-Anwendungsfälle, abrufbar über <http://www.biminstitut.de/forschung/downloads>

Die auf den Ergebnissen der Recherche aufbauende Analyse mit dem Fokus der Identifizierung einer einheitlichen Struktur, eines einheitlichen (inhaltlichen) Kerns oder Definition weiterer, beschreibender Parameter für BIM-Anwendungsfälle kam zum Ergebnis, dass keine allgemeingültigen Festlegungen für oben beschriebenen Kriterien oder ein einheitliches Verständnis über den Inhalt besteht. Dabei wurde unter anderem festgestellt, dass inhaltliche Abweichungen und unterschiedliche Betrachtungs- und Beschreibungsfokusse bei gleicher Benennung von Anwendungsfällen vorhanden sind.

Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse wurde der vorhandene Prozesserstellungsansatz mit dem alleinigen Fokus auf den fachlichen Prozess konsistent und konsequent für die Prozessmodellierung der identifizierten BIM-Anwendungsfälle beibehalten. Infolge von Bestrebungen des Lehr- und Forschungsgebiets für Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal für die Entwicklung eines einheitlichen Standards zur Abbildung von BIM-Anwendungsfällen ist eine Erweiterung des fachlichen Prozesses der identifizierten Anwendungsfälle für den Betrieb einer Immobilie, so wie er im Zuge des vorliegenden Forschungsprojektes erfasst und dokumentiert wurde, für die Zukunft denkbar.

2.4.2 Identifizierte BIM-Anwendungsfälle im Betrieb

Im Zuge der Erstellung der fachlichen Prozesskette für den Betrieb (vgl. Kap. 2) wurden nachfolgende BIM-Anwendungsfälle für das vorliegende Forschungsprojekt identifiziert. Hierbei wurde eine Unterteilung zum technischen (acht Anwendungsfälle) und infrastrukturellen (acht Anwendungsfälle) Gebäudemanagement durchgeführt. Eine Auflistung dieser BIM-Anwendungsfälle findet sich mit Bezeichnung und Zieldefinition in Tabelle 2 und Tabelle 3 wieder.

Tabelle 2: Identifizierte BIM-Anwendungsfälle des Forschungsprojektes im TGM

BIM-Anwendungsfälle aus dem technischen Gebäudemanagement	
Bezeichnung	Zieldefinition
Arbeitsschutz TGM	Berücksichtigung von Anforderungen und Einhaltung des Arbeitsschutzes aus Sicht des TGM.
Inspektionsmanagement	Ableitung der notw. Informationen gem. Bauwerksdatenmodell für die Überprüfung der Funktionsweise einer techn. Anlage, sowohl für die Gesamtheit der Anlage als auch für einzelne Elemente der Anlage.
Instandsetzung (Sonderleistung)	Ableitung der objektspezifischen Kennwerte und Informationen aus dem Bauwerksdatenmodell für die Gesamtheit einer technischen Anlage als auch derer vereinzelter Elemente für Arbeiten gegen Defekte und derer Vorbeugung.

Netzdienlichkeit von Nichtwohngebäuden im Soll/Ist-Vergleich Planung/Betrieb	Vergleich der simulierten Technischen Gebäude Ausrüstung (TGA) von Nichtwohngebäuden in der Planungsphase und in der Betriebsphase in Bezug auf ihre Netzdienlichkeit für das vorgelagerte Nieder-/Mittelspannungsnetz.
Sachkundigen-Prüfung	Ermittlung der Notwendigkeit von SK-Prüfung für techn. Anlagen, daraus Ableitung der notw. Informationsmenge und -tiefe für anstehende Prüfungen (sowohl Bestands- als auch Ereignis-/Betriebsdaten).
Sachverständigen-Prüfung	Ermittlung der Notwendigkeit von SV-Prüfung für techn. Anlagen, daraus Ableitung der notw. Informationsmenge und -tiefe für anstehende Prüfungen (sowohl Bestands- als auch Ereignis-/Betriebsdaten).
Soll-Ist-Vergleich von Performance-Kennwerten von Nichtwohngebäuden	Vergleich zwischen festgelegten und simulierten Raum- sowie Energie-Performance-Kennwerten aus der Planungsphase mit den vorliegenden und gemessenen Parametern im Gebäudebetrieb.
Wartungsmanagement	Ableitung der für Arbeiten gegen den Verschleiß einer technischen Anlage relevanten Informationen und Attribute aus dem Bauwerksdatenmodell unter Berücksichtigung von Bestands- und Betriebsdaten.

Eine Verknüpfung der wesentlichen Prozesse der Ebene 3 zu den zugehörigen BIM-Anwendungsfällen wurde für alle identifizierten Anwendungsfälle durchgeführt. Der Fokus bei der Selektion der referenzierten Prozesse lag dabei auf dem Informationsfluss; anfallende Prozesse, wie beispielsweise die „Benachrichtigung von Bietern ohne Zuschlag“, stellen in dem Zusammenhang keinen Mehrwert dar und wurden daher nicht berücksichtigt. Infolge der Prozessmodellierung bis auf Ebene 3 (vgl. Kap. 2.3) ist so die Auswertung der Anwendungsfälle im Rahmen eines Druckberichtes mit Nennung der Prozessbezeichnung, zuständigen Verantwortlichkeit für die Informationsbearbeitung sowie dem generierten Dokument als Output des jeweiligen Prozesses möglich. Die Form dieser Informationsaufbereitung ermöglicht beispielsweise eine Verwendung in Transaktions- und Interaktionsdiagrammen.²⁵

²⁵ Transaktions- und Interaktionsdiagramme stellen eine Möglichkeit zur Darstellung von Informationsflüssen gemäß DIN EN ISO 29481 (IDM) dar.

Aus dem technischen und infrastrukturellen Gebäudemanagement wurden jeweils drei BIM-Anwendungsfälle bis Prozessebene 5 modelliert. Hierdurch wird eine detaillierte und umfangreiche Datengrundlage für die Bearbeitung eines definierten BIM-Anwendungsfalls bis auf Informationsebene geschaffen. Die Erfassung der Prozesse der Ebene 4 und 5 orientierte an bereitgestellten Dokumenten und Prozessbeschreibungen und -anforderungen der Praxispartner. Die folgende BIM-Anwendungsfälle wurden im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes modelliert:

- technisches Gebäudemanagement
 - Inspektionsmanagement
 - Sachverständigen-Prüfung
 - Wartungsmanagement
- infrastrukturelles Wartungsmanagement
 - Außenanlagenpflege
 - Reinigungsmanagement
 - Schädlingsbekämpfungsmanagement

Tabelle 3: Identifizierte BIM-Anwendungsfälle des Forschungsprojektes im IGM

BIM-Anwendungsfälle des infrastrukturellen Gebäudemanagements	
Bezeichnung	Zieldefinition
Abfallmanagement	Nutzung des Bauwerksdatenmodells für die Abwicklung von Arbeiten des Abfallmanagements.
Arbeitsplatzplanung	Erstellung (und ggfs. Controlling der Performance) von Arbeitsplätzen durch Berücksichtigung aktueller Richtlinien und Rechtslage im Datenmanagement des Bauwerksdatenmodells.
Arbeitsschutz IGM	Berücksichtigung von Anforderungen und Einhaltung des Arbeitsschutzes aus Sicht des IGM.
Außenanlagenpflege	Nutzung des Bauwerksdatenmodells für die Pflege der Außenanlagenflächen und -elemente.
Hausmeisterdienst	Abwicklung und Koordination von Hausmeisterdiensten und -dienstleistungen.

Reinigungsmanagement	Nutzung des Bauwerksdatenmodells für die qualitative und quantitative Ermittlung des Leistungs- und Arbeitsaufwandes des Reinigungsmanagements.
Schädlingsbekämpfungsmanagement	Nutzung des Bauwerksdatenmodells für die Durchführung des Schädlingsbekämpfungsmanagements.
Sicherheits-/Schließ- und Zugangsmanagement	Ableitung der wesentlichen Informationen über Schließungs- und Schlüsselmanagement auf Informationsgrundlage des Bauwerksdatenmodells.

Eine Auswertung der Daten aus dem BUW-Prozessmodell wird beispielhaft für den BIM-Anwendungsfall „Inspektionsmanagement“ in Kapitel 3.1 beschrieben.

3 Ableitung und Bereitstellung von Informationsanforderungsbeschreibungen für Anwendungsfälle der Betriebsphase aus dem BUW-Prozessmodell

Im nachfolgenden Abschnitt wird die Möglichkeit der Extraktion des erstellten Informationsflussprozesses sowie von Teilprozessen und Prozessinformationen aus dem BUW-Prozessmodell eingegangen. Darauf aufbauend wurde die Schaffung von digitalen Informationsanforderungsvorlagen für definierte BIM-Anwendungsfälle aus dem BUW-Prozessmodell an Bauwerksdatenmodelle untersucht und geschaffen.

3.1 Auswertung und Exporte von BIM-Anwendungsfällen aus dem BUW-Prozessmodell

Infolge der Erstellung des fachlichen Prozesses mit den Prozessebenen 1 bis 3 bzw. 1 bis 5 für den Betrieb einer Immobilie (und der Erstellung und lebenszyklusphasenübergreifenden Referenzieren der benötigten und generierten Input- und Output-Objekte) können diese als Exporte aus dem System gezogen werden. Im nachfolgenden Abschnitt wird diese Möglichkeit anhand eines definierten BIM-Anwendungsfalles als Beispiel angeführt.

Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten des Exportes der einem BIM-Anwendungsfall zugeordneten Prozesse samt Input-Anforderungen und Output-Ergebnissen möglich und zu unterscheiden:

- Export 1: Informationsanforderungen der Prozesse
- Export 2: Informationsanforderungen der Prozesse bei Verantwortlichkeitswechsel

Der Export „Informationsanforderung der Prozesse“ gibt sämtliche, mit dem betrachteten BIM-Anwendungsfall verknüpften, Prozesse samt Verantwortlichkeit für die Prozessbearbeitung, der notwendigen Input-Objekte (auf Prozessebene 3 Dokumente, Informationscluster auf Ebene 4 sowie Attribute auf Ebene 5) sowie dem im Prozess generierten Output-Objekt (siehe zuvor) tabellarisch aus. Diese Möglichkeit des Exportes stellt einen einfachen Auszug des modellierten, fachlichen Prozesses aus dem BUW-Prozessmodell für einen Anwendungsfall dar und eignet sich prinzipiell für Weitergabe von Informationsanforderungen, beispielsweise in Form von BIM-Profilen (vgl. Kap. 3.4), und demzufolge als Bestandteil der Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA).

Inhalt des zweiten Exportes „Informationsanforderungen der Prozesse bei Verantwortlichkeitswechsel“ sind sämtliche Prozesse mit Nennung der Verantwortlichkeiten sowie deren Input-Objekte, die für die eigene Bearbeitbarkeit Informationsanforderungen an eine andere Verantwortlichkeitssphäre stellen (vgl. Kap. 2.1.4). Prozesse, deren Objekte und Informationen innerhalb einer Verantwortlichkeitssphäre erstellt und verwendet werden und somit kein Datentransfer bedingen, werden unter der Annahme der Verfügbarkeit und Durchgängigkeit dieser Daten und Informationen nicht berücksichtigt, da das Risiko des Informationsverlustes bei sauberem und konsistentem Datenmanagement als minimal anzusetzen ist. Demzufolge werden alle Prozesse, in denen eine Kommunikation und ein Transfer zwischen mind.

zwei verschiedenen Projektbeteiligten stattfinden muss, dargestellt. Die Benennung der verantwortlichen Parteien richtet sich dabei nach der DIN EN ISO 29481 („Handbuch der Informationslieferung“) und unterscheidet zwischen Initiator (Informationsanforderndem) und Ausführer (Informationslieferndem). Eine Nutzung dieses Exportes ist beispielsweise im Rahmen des BIM-Abwicklungsplanes (BAP) denkbar.

Die Bereitstellung der Daten erfolgt für beide Exportansätze im Tabellenformat (*.csv) oder als Dokument (*.PDF). Im nachfolgenden Abschnitt wird der Export eines BIM-Anwendungsfalls auszugsweise dargestellt und beschrieben, welcher für die Überführung in ein BIM-Profil genutzt wurde.

3.2 Export von BIM-Anwendungsfällen aus dem BUW-Prozessmodell im Rahmen der BIM-Profilerstellung

Für die Betrachtung der Daten- und Informationsausgabe aus dem BUW-Prozessmodell wurde der BIM-Anwendungsfall „Inspektionsmanagement“ exportiert; der betrachtete Anwendungsfall wurde wie bereits beschrieben als fachlicher Prozess erfasst und modelliert sowie die Verantwortlichkeiten der Prozessbearbeitung zugeordnet. Ausgegeben wurde der Export als Tabellenformat (*.csv).

Der Aufbau der Tabelle wird hierarchisch als Baumstruktur aufgefächert: Ausgehend vom Ebene 3-Prozess (Ausgangsprozess) bauen sich die enthaltenen Ebene 4-Prozesse (Teilprozesse) auf, welche weitere, eigene Ebene 5-Prozesse (Teilprozesse) enthalten. Die Anordnung der Ausgangsprozesse orientiert sich anhand des jeweiligen Prozessbearbeitungszeitpunktes in der jeweiligen Leistungsphase im Sinne des Kapitels 2.1.2, denen sie zugeordnet sind; so wird die Einhaltung einer aufeinander aufbauenden, logischen Reihenfolge für den Informationsfluss gewährleistet. Aufgelistet werden dabei für die Ausgangsprozesse die folgenden Prozessdaten:

- Leistungsphase i. S. von Kap. 2.1.2 (übergeordneter Ebene 1-Prozess),
- Leistungsphase gem. HOAI,
- Verantwortlichkeitssphäre der Prozessbearbeitung i. S. von Kap. 2.1.4,
- Prozessbezeichnung,
- Inputs des Prozesses (Dokumente) und
- generierter Output des Prozesses (Dokument).

Infolge logischer Abhängigkeiten und Vererbungsbeziehungen von Inhalten der dritten Prozessebene auf darunterliegende Teilprozesse ist die (erneute) Angabe einiger Prozessdaten nicht erforderlich. Hierzu zählen die zeitliche Einordnung des Teilprozesses und die Nennung bzw. Zuordnung der Verantwortlichkeitssphäre, da Teilprozesse Inhalte des Outputs des Ausgangsprozesses generieren und daher eine eindeutige Beziehung zu diesem bedingen. Für die Teilprozesse ergibt sich folgende Auflistung der Prozessdaten:

- Prozessbezeichnung,
- Inputs des Prozesses (Informationscluster bzw. Information) und

- Generierter Output des Prozesses (Informationscluster bzw. Information).

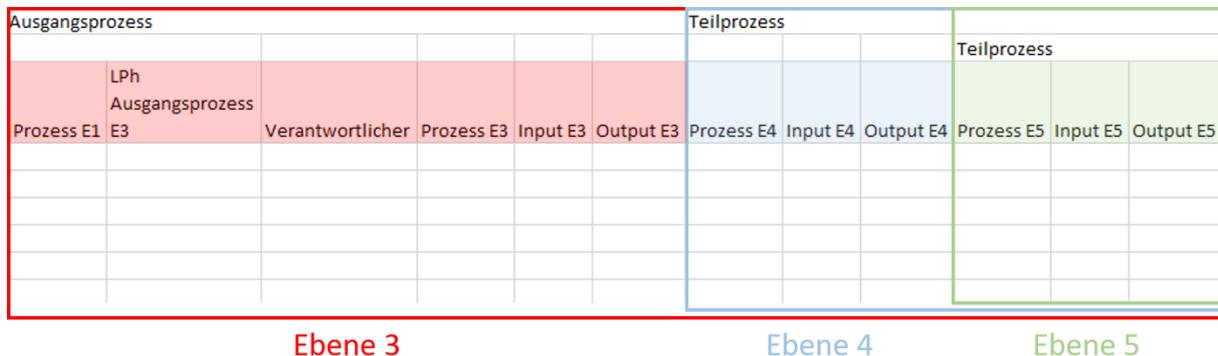


Abbildung 9: Aufbau der Struktur des Exports von BIM-Anwendungsfällen

Von einer Auflistung weiterer Prozessdaten aus dem System, beispielsweise der Identifikationsnummer der Prozesse, wurde abgesehen, da diese systemeigen sind und für eine Weiterverwendung in einem Zielsystem keinen Mehrwert darstellen.

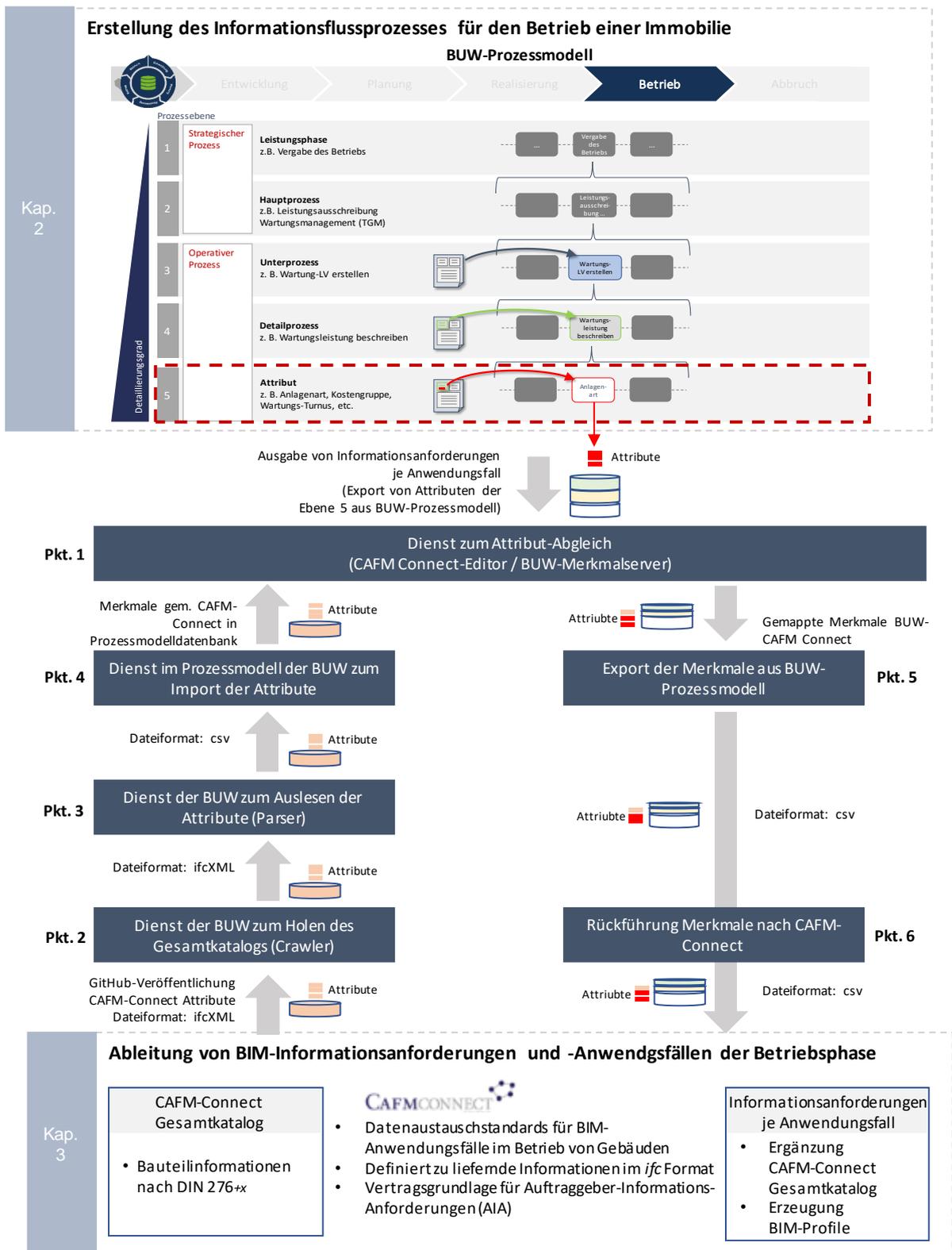
Der betrachtete BIM-Anwendungsfall umfasst 162 Teilprozesse der Prozessebene 5, die in 22 Teilprozessen der Ebene 4 und 12 Ausgangsprozessen der Ebene 3 abbilden. Entsprechend lässt sich die Anzahl der generierten Output-Objekte der jeweiligen Prozessebene ableiten.

3.3 Konzept zur Anbindung des BUW-Prozessmodells mit CAFM-Connect

Als Ergebnis der Prozessmodellierung werden aus dem BUW-Prozessmodell anwendungsfallsspezifische Informationsanforderungen ausgegeben. Die Informationsanforderungen sind auf Attribut-Ebene vorliegend. Ergänzend zu diesen im BUW-Prozessmodell erzeugten Attributen existieren gegenwärtig vielzählige Attribute, beispielsweise in dem CAFM-Connect Standard. Um einen Abgleich beider Attribut-Listen zu schaffen, wurde ein Konzept zur Anbindung des BUW-Prozessmodells und dem CAFM-Connect Standard geschaffen, dargestellt in Abbildung 10.

Ausgehend von der Ausgabe der Informationsanforderungen (Attribute) je Anwendungsfall aus dem BUW-Prozessmodell erfolgt eine Überführung in einen Dienst zum Attributen-Abgleich (vgl. Pkt. 1. Abbildung 10). Auf der anderen Seite bestehen die Attribute des CAFM-Connect Standards, welche gegenwärtig durch den Online-Dienst GitHub bereitgestellt werden. Diese umfassen die Inhalte des CAFM-Connect Gesamtkatalogs mit Bauteilinformationen nach DIN 276+x im ifcXML-Format. Durch die BUW wurde ein technischer Dienst entwickelt, der die Attribute des CAFM-Connect Gesamtkatalogs von GitHub abrufen (vgl. Pkt. 2. Abbildung 10). Im nächsten Schritt werden die Attribute der CAFM-Connect ifcXML-Datei in eine csv-Datei überführt (vgl. Pkt. 3. Abbildung 10), sodass ein anschließender Import in den Dienst zur Durchführung eines Abgleichs der Attributen-Listen ermöglicht (vgl. Pkt. 4. Abbildung 10).

Nach dem Abgleich der Attribute erfolgt ein Export dieser und die Rückführung nach CAFM-Connect (vgl. Pkt. 5 und 6, Abbildung 10).



Für die Abbildung Informationsanforderungen der BIM-Anwendungsfälle aus dem BUW-Prozessmodell als BIM-Profil bzw. Informationsanforderungskatalog ist neben einer Datengrundlage für die zuzuweisenden Attribute zusätzlich eine Datengrundlage entsprechender Bauteiltypen notwendig. Die Klassifizierung der verschiedenen Bauteiltypen erfolgt auf Grundlage der DIN 276 Bauteilstruktur.

Im BUW-Prozessmodell erfolgt zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine durchgängige Verknüpfung der drei erforderlichen Prozessmodellobjekte Prozess, Bauteil und Attribut. Bei dem Prozess handelt es sich um die unterste, also die detaillierteste Ebene des BUW-Prozessmodells. Über die im Folgendem dargestellte Struktur besteht eine Beziehung zwischen jedem Prozess und den für diesen Prozess relevanten Bauteilen und allen sowohl für den Prozess als auch für die entsprechenden Bauteile erforderlichen Attribute.

3.4 Erstellung von BIM-Profilen

Für die Abbildung eines konkreten BIM-Anwendungsfalles im Betrieb einer Immobilie werden spezifische Anforderungen an die Modellelementattribuierung gestellt, um diesen Anwendungsfall, fachlich wie technisch, abbilden zu können. Dabei dient das BIM-Profil als digitale Vorlage und Datenaustauschstandard für Informationsanforderung an die Modellelemente eines Bauwerksdatenmodelles. Initiiert, entwickelt und bereitgestellt wurden und werden diese durch den CAFM-Ring über dessen Plattform CAFM-Connect.

Als Grundlage für die Erstellung sämtlicher BIM-Profile dient das CAFM-Basisprofil (CAFM-Gesamtkatalog), welcher unter anderem die Gesamtheit aller gesammelten, notwendigen Attribute für den Betrieb einer Immobilie abbildet. Weiterhin „regelt“ das Basisprofil die Klassifizierung der Dokumente bzw. der Dokumentation sowie die Flächennutzungsarten; das Basisprofil stellt hierbei das „Gesamtklassifizierungssystem“ dar und baut auf folgende drei Typenklassifizierungssysteme auf:

- DIN 276 „Kosten im Bauwesen“, bzw. DIN 276+
Klassifizierung der Bauteiltypen nach DIN 276, erweitert um betriebsnotwendige, zu beschreibende Elemente, wie beispielsweise Antriebe technischer Anlagen
- DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen“
Klassifizierung der Raumnutzungsarten im Sinne der DIN 277-2
- GEFMA 198 „FM-Dokumentation“
Klassifizierung der Dokumententypen nach GEFMA-Richtlinie 198

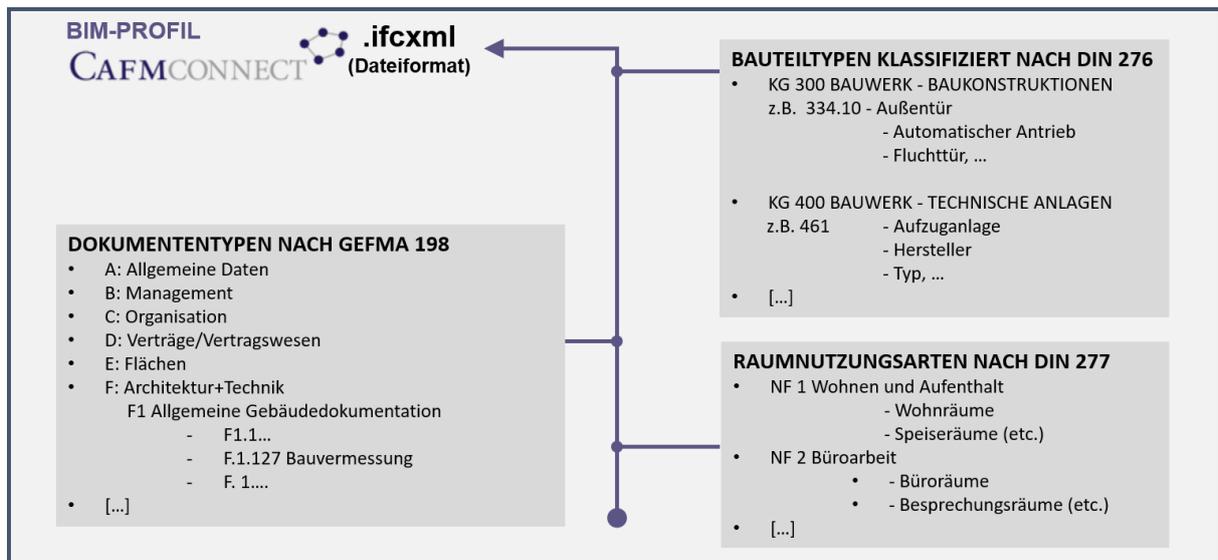


Abbildung 11: Gesamtklassifizierungssystem nach CAFM-Connect für BIM-Profile

Ein BIM-Profil stellt daher einen komprimierten Teil des Basisprofils dar. Am Beispiel der Informationsanforderungen an eine technische Anlage für die Abbildung eines Anwendungsfalles gibt das BIM-Profil die Gesamtheit derjenigen notwendigen Modellelemente sowie deren -informationen aus, die in Abhängigkeit zum betrachteten BIM-Anwendungsfall stehen. Eine Zuordnung der Attribute wird hierbei je Bauteiltyp im Sinne der oben genannten Klassifizierung (DIN 276+X) durchgeführt. Infolge der höheren Granularität durch die Beschreibung von Elementen des Bauteiltypen (beispielsweise Antriebe, Steuerungselemente der technischen Anlage) kann hier eine genauere Zuordnung der notwendigen Informationsanforderungen durchgeführt werden: Auftretende Informationsanforderungen für mehrere Elemente der technischen Anlage werden den betreffenden Elementen zugeteilt und sind nicht der Gesamtheit der technischen Anlage im Sinne der DIN 276 zugewiesen, was einen Mehrwert für eine spätere Auswertung der Informationen oder den Betrieb der Anlage darstellt.

Die Veröffentlichung der BIM-Profile und des CAFM-Gesamtkatalogs (Basisprofil) erfolgt über die Homepage von CAFM-Connect²⁶ oder über GitHub²⁷. Neben der Möglichkeit einer Webdarstellung in Form eines Strukturbaumes können die Profile für Excel (*.xlsx) oder als *.ifczip heruntergeladen werden. Der Download des BIM-Profiles als *.ifczip enthält neben dem Profil-Template (*.ifcxml) auch eine Model View Definition (MVD im Datenformat *.mvdxml) der BIM-Profile.

Infolge der Definition der Informationsanforderungen von Modellelementen eignen sich BIM-Profile beispielsweise als Vertragsbestand innerhalb der Auftraggeber-Informationsanforderung (AIA). Weiterhin ist eine Nutzung als Vorlage zur Erstellung von Prüfregeln im Rahmen von Model Checkern für die Qualitätskontrolle von Bauwerksinformationsmodellen im Sinne einer Attributenabfrage denkbar.

²⁶ Abrufbar über <https://www.cafm-connect.org/bim-profile/>

²⁷ Abrufbar über <https://github.com/CAFM-Connect/BIM-Profiles/tree/master/ProfileFiles>

Ziel für die sechs identifizierten und auf Informationsebene modellierten BIM-Anwendungsfälle war es, diese in BIM-Profile zu konvertieren und zu veröffentlichen. Dafür wurde der Export „Informationsanforderungen der Prozesse“ (vgl. Kap. 3.1) insofern angepasst, dass nur die generierten Informationen der Teilprozesse (Prozessebene 5) exportiert wurden; weitergehende Informationen, wie Prozessbezeichnung oder Verantwortlichkeitssphären, werden im Rahmen der BIM-Profile nicht abgebildet. Da, wie in Kapitel 3.3 beschrieben, kein Bezug zwischen den generierten Informationen des fachlichen Prozesses zu Bauteilen besteht, kann eine Konvertierung der Exporte aus dem BUW-Prozessmodell in BIM-Profile nicht automatisiert durchgeführt werden. Eine Nachbearbeitung der exportierten Informationen in Form der Zuordnung dieser zu Bauteiltypen im Sinne des Basisprofils muss manuell durchgeführt werden und befindet sich aktuell in der Bearbeitung.

Weiterhin wurde in Zusammenarbeit mit dem Praxispartner eTASK eine Möglichkeit geschaffen, die Prozesse der exportierten BIM-Anwendungsfälle im CAFM-Connect-Editor abzubilden und zu bearbeiten: Hierfür wurde der BIM-Anwendungsfall „Reinigungsmanagement“ aus dem BUW-Prozessmodell exportiert (Export „Informationsanforderungen der Prozesse“). Für die Abbildung des Anwendungsfalles im Editor werden die Ausgangsprozesse (Prozessebene 3) als IfcProcess sowie darunterliegende Teilprozesse (Prozessebenen 4 und 5) als zugehörige IfcTasks angelegt. Eine weitergehende Abstufung ist im Rahmen der angewandten IFC-Struktur zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht möglich gewesen.

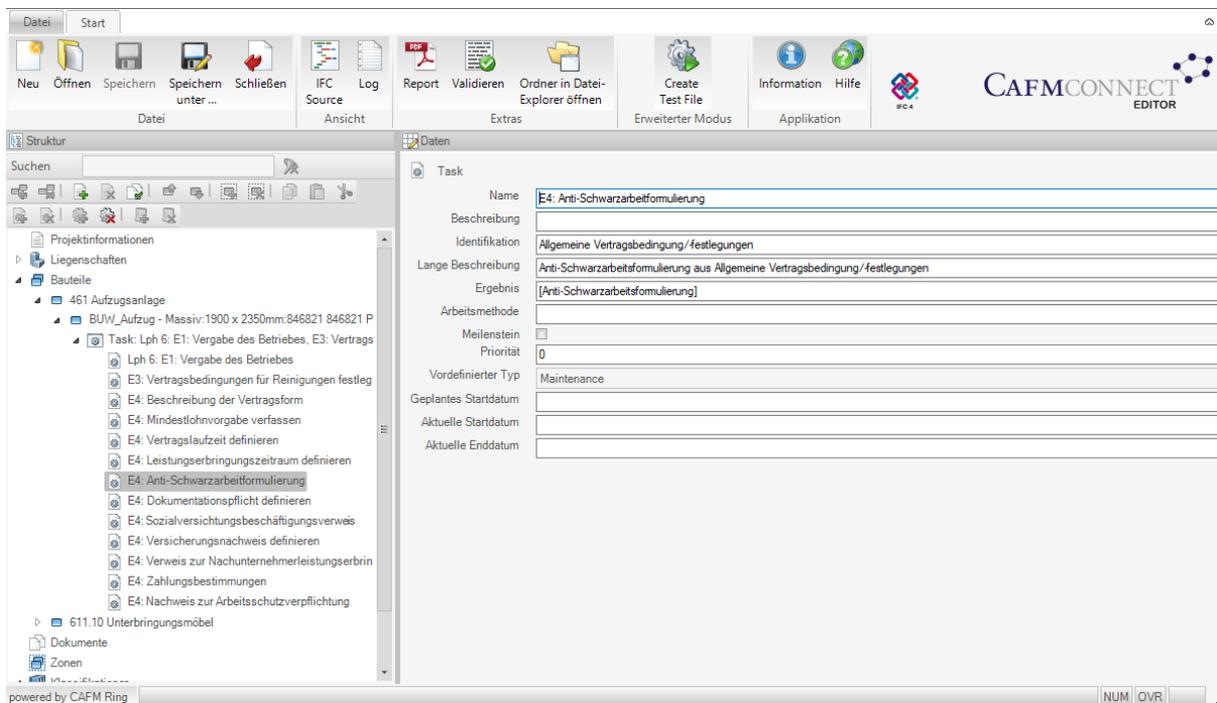


Abbildung 12: Abbildung von Teilprozessen des BIM-Anwendungsfalles "Reinigungsmanagement" als IfcTasks

Die Eingabemaske der Teilprozesse (vgl. Abbildung 12) orientiert sich dabei an der internen Schablone zur Abbildung von IfcTasks; der Mehraufwand für die Anpassung der Eingabemasken bzw. der Datenfeldbezeichnung würde die Erstellung prozesseigener Vorlagen für sämtliche Teilprozesse (Prozess-

ebene 4), respektive Teilprozesse der Prozessebene 5, bedingen. Durch die Füllung der einzelnen Datenfelder mit den jeweiligen Werten (mit folgender Struktur: Prozessbezeichnung Ausgangsprozess, Leerzeile, Prozessbezeichnung Teilprozess, notwendige Inputs, generierter Output) wurde ein Work-around geschaffen, der sämtliche Prozessdaten (hier für Ebene 4) einheitlich abbildet.

Hierdurch ist ein erster Ansatz für den Transfer definierter Prozesse samt weiterer Prozessdaten, allen voran Verantwortlichkeiten, notwendiger Inputs und des generierten Outputs, geschaffen worden, welche im Gesamtpaket die Abbildung des BIM-Anwendungsfalls ermöglichen. Die Abbildung der einzelnen Prozesse erfolgt als *.ifczip; der Demonstrator-Datensatz für den beschriebenen BIM-Anwendungsfall ist der Anlage zu entnehmen.

4 Integration von Bauwerksdaten in CAFM-Zielsystemen

Im vorliegenden Kapitel wird der Workflow für die Erfassung, den Transfer und die Integration von Bauwerksdaten untersucht. Der Aufbau des Kapitels orientiert sich dabei am Bauwerksdatenfluss (vgl. Abbildung 13). Dabei wurden folgende Instanzen untersucht und dokumentiert:

- Erfassung von Bauwerksdaten,
- Transfer von Bauwerksdaten und
- Nutzung von Bauwerksdaten.

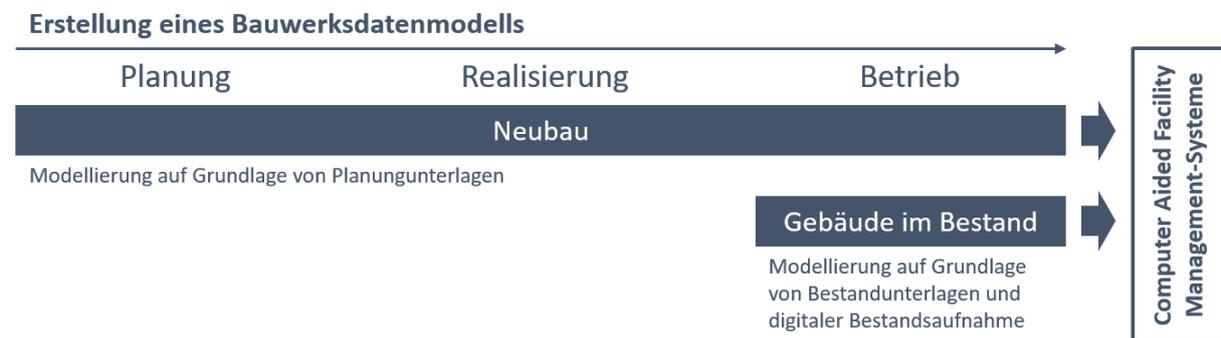


Abbildung 13: Schematische Darstellung des Informationsflusses von Bauwerksdaten für die Nutzung in einem Zielsystem

4.1 Bauwerksdatenerfassung

Bauwerksdaten lassen sich in verschiedensten Ausprägungen definieren und erfassen: Am Beispiel der geometrischen Größen eines Bauwerkes eröffnen sich unterschiedliche Wege, diese aufzunehmen. Neben der klassischen, analogen Erfassung von Bauwerksdaten und (möglicher) anschließender Digitalisierung gibt es weitere Ansätze, Bauwerksinformationen direkt digital aufzunehmen, beispielsweise durch den Einsatz von Laserscannern oder Drohnen. Diese Form der Datenaufnahme bietet sich insbesondere für die Bauwerksdatenmodellierung von Bestandsgebäuden an. Da die tiefere Erfassung von Bauwerksdaten im Sinne von Datenwerten nicht betrachteteter Gegenstand des vorliegenden Projektes ist, wird darauf im weiteren Verlauf nicht eingegangen; eine Handlungsempfehlung über zur digitalen Bauwerksaufnahme einer Bestandsimmobilie mit dem Ziel der Bauwerksdatenmodellierung sowie der Nachbearbeitung der aufgenommenen Punktwolke und Überführung in eine AutoCAD-Software ist dem vorliegenden Forschungsbericht dennoch als Anlage beigefügt.

Neben der Erfassung von Datenwerten ist weiterhin die Betrachtung der Strukturerfassung eines Bauwerkes notwendig, da die Weitergabe und Verwaltung von digitalen Bauwerksdaten – perspektivisch für die Nutzung in einem Zielsystem – grundsätzlich in Abhängigkeit zu einer Gebäudestruktur durchgeführt wird. Dafür wurden unterschiedliche Wege der Bauwerksdatenmodellierung in unterschiedlichen AutoCAD-Softwares untersucht. Methodisch wurden im Rahmen des Forschungsprojektes grundsätzlich zwischen zwei Möglichkeiten der Bauwerksdatenmodellierung differenziert:

- geometrische Bauwerksdatenmodellierung und
- strukturelle Bauwerksdatenmodellierung.

4.1.1 Geometrische Bauwerksdatenmodellierung

Ein geometrisches Bauwerksdatenmodell liefert neben einer alphanummerischen Informationstiefe die grafische Darstellung (in Form von 2D-Plänen oder eines 3D-Modelles) der modellierten Modellelemente. Hierfür werden in einer Autorensoftware die einzelnen Modellelemente je darzustellendem Bauteil erstellt und modellelementspezifische Informationen eingepflegt. Ein Stamm an Modellelementinformationen, wie beispielsweise eine eindeutige Identifikationsnummer je Bauteil, wird automatisiert generiert; weitere Informationsanforderungen an ein erstelltes Modellelement orientieren sich anhand eines systemseitig definierten Anforderungskatalogs für den modellierten Bauteiltypen. Die systemseitige Identifikation des erstellten Bauteils erfolgt durch Bestimmung des verwendeten Modellierungstools innerhalb der Autorensoftware; eine Anpassung des Bauteiltyps kann aber manuell erfolgen. Die Erweiterung des Anforderungsprofils durch definierte Informationsanforderungen in einigen Autorensystemen ist prinzipiell möglich. Da die Verknüpfung von Bauwerksdaten in einem geeignetem Bauwerksdatenmodell Inhalt der Untersuchungen ist, konnte keine querschnittsumfängliche Beschreibung für die Anpassung des Anforderungskataloges innerhalb von Autorensystemen untersucht werden. Im Rahmen der Erstellung von geometrischen Bauwerksdatenmodellen innerhalb des Forschungsprojektes wurde dieser Workaround jedoch für den Import des CAFM-Connect-Basisprofils in das verwendete Autorensystem (Autodesk Revit) durchgeführt, um entsprechende Modellelementinformationen (hier: Bauteilkennzeichnung im Sinne des Basisprofils) einpflegen zu können. Die Ausgabe des Bauwerksdatenmodelles kann, neben dem Export in ein proprietäres Datenformat, als *ifc (IFC2x3) durchgeführt werden; eine saubere Abbildung des Modells auf entsprechende IFC-Struktur ist – gemäß Aussage der beteiligten Praxispartner – jedoch nicht flächendeckend der Fall, wodurch es Unstimmigkeiten bei der Überführung von Bauwerksdatenmodellen in Zielsysteme kommen kann.

4.1.2 Strukturelle Bauwerksdatenmodellierung

Die zweite Möglichkeit ist die strukturelle Beschreibung von Bauwerksdaten (Erstellung eines strukturellen Bauwerksdatenmodelles). Diese liefert neben den alphanummerischen Modellelementinformationen keine grafische Darstellung des Modelles infolge der Eigenart der Bauwerksdatenmodellierung: Die Erstellung des Bauwerksdatenmodelles erfolgt nicht – wie in Autorensystemen – objektbasiert. Vielmehr wird die Bauwerksdatenmodellstruktur über eine Verkettung von Abhängigkeiten der Modellelemente zueinander beschrieben.

Für die Untersuchung der Erstellung eines strukturellen Bauwerksdatenmodelles im Rahmen des Forschungsprojektes wurde der CAFM-Connect-Editor genutzt. Dieser wird als Freeware (in Form einer Schenkung) durch den CAFM Ring bereitgestellt und legt das CAFM-Connect-Basisprofil bzw. BIM-Profile zugrunde, welche eine definierte und dokumentierte Informationsanforderungstiefe bedingen. Eine detaillierte Anwendungsbeschreibung für die Erstellung eines strukturellen Bauwerksdatenmodelles im CAFM-Connect-Editor eines Beispiel-Gebäudes ist der Anlage zu entnehmen

Das strukturelle Bauwerksdatenmodell wird über die folgenden zwei Strukturbäume dargestellt:

- Liegenschaften

- Bauteile

Der Strukturbaum „Liegenschaften“ beschreibt das Modell aus Sicht der Zuordnung der Bauteile zu einem Ort. Ausgehend von der Liegenschaft können die Ebenen Gebäude, Etage und Raum (absteigende Reihenfolge) modelliert werden. Die füllbaren Datenfelder variieren je Hierarchiestufe; die Werte Name und Beschreibung stellen Pflichtfelder der ersten drei Ebenen dar, für den Raum müssen Angaben über die Raumnummer sowie Bezeichnung gefüllt werden. Die Erstellung mehrerer Liegenschaften in einer Datei wird ermöglicht; durch eine 1:n-Beziehung wird hier eine eindeutige Zuordnung von Modellelementen zu der darüber liegenden Ebene ermöglicht.

Der bauteilbeschreibende Strukturbaum stellt einen hierarchischen Aufbau von Bauteilen dar. Der Aufbau der Struktur wird dabei durch folgende Hierarchieebenen beschrieben:

Erstellung des Bauteiltypen > Erstellung einer Bauteilgruppe > Erstellung eines Modellelementes > ...

Zu beachten sind zwei Herangehensweisen: Das Zusammenfassen gleicher Bauteiltypen mit unterschiedlichen Herabstufungen und das Modellieren von Bauteilen mit logischen Abhängigkeiten voneinander. Am Beispiel der Modellierung einer Innentür mit der Bezeichnung A bildet sich für den ersten Lösungsansatz folgende Hierarchie:

Erstellung des Bauteiltypen Türen > Erstellung einer Bauteilgruppe Innentüren > Erstellung eines Modellelementes Innentür A

Die zweite Modellierungsoption, das Modellieren von Bauteilen in logischen Abhängigkeiten voneinander, verfolgt den Ansatz der Beschreibung mittels einer „ist Bestandteil von“-Abhängigkeit. Die Beschreibung der Beispieltür wird über die nächst höher gelegene Ebene beschrieben:

Erstellung des Bauteiltypen Innenwände > Erstellung der Bauteilgruppe Innenwand A > Erstellung des Modellelements Innenwand A > Erstellung des Modellelements Innentür A

Beide Modellierungsansätze verfolgen unterschiedliche Herangehensweisen: Das oben beschriebene Zusammenfassen von gleichen Bauteiltypen ermöglicht eine Auflistung aller im Modell enthaltenen gleichen Bauteile (wie im Beispiel alle Türen>Innentüren), wodurch eine übersichtliche Darstellung dieser Elemente möglich ist. Eine Beziehung von Modellelementen zueinander, beispielsweise der Innentür zu einer Wand, wird nicht beschrieben. Ansatz zwei bietet diese Möglichkeit infolge der Beschreibung logischer Abhängigkeiten; eine übersichtliche Darstellung gleicher Modellelemente wie oben ist hier nicht gegeben.

In beiden Fällen ist eine Modellierung des Strukturbaumes auf mindestens drei Ebenen notwendig, um ein Modellelement anzulegen sowie entsprechende Eigenschaften anzupassen. Die Informationsanforderungstiefe an die Modellelemente leitet sich in Abhängigkeit des verwendeten BIM-Profiles bzw. des CAFM-Connect-Basisprofils ab.

Das Bauwerksdatenmodell wird über im Dateiformat *.ifcxml ausgegeben. Zusätzlich besteht Möglichkeit, an ein Modellelement beschreibende oder betriebsnotwendige Dokumente zu referenzieren. Infolge des Referenzierens wird das Dokument beim Export des Bauwerksdatenmodelles mitgegeben; das Ausgabeformat ändert sich dahingegen in ein *ifczip-Format. Eine Prüfung des Datenexportes auf Konformität der Strukturabbildung auf IFC4 wird im Rahmen des Forschungsprojektes vom Praxispartner AEC3 durchgeführt. Inhaltlich fällt das Ergebnis positiv aus, jedoch wurden ein paar Abweichungen von der offiziellen IFC-Spezifikation festgestellt. Der vorläufige Prüfbericht ist der Anlage zu entnehmen.

Neben der Möglichkeit der Bauwerksdatenerstellung bietet der Editor die Validierung (Prüfung des Vorhandenseins von Werten der Pflichtfelder) und die Erstellung eines Reports (Export der Strukturbäume als PDF).

4.1.3 Gegenüberstellung der Methoden zur Bauwerksdatenerfassung

Beide Lösungsansätze verfolgen eigene Ziele und bedingen unterschiedliche Arbeitsabläufe, daher ist eine Gegenüberstellung beider Methoden in Abhängigkeit der beabsichtigten Modellnutzung nur bedingt möglich.

Aus dem ersten Ansatz (geometrische Modellierung) geht im Ergebnis ein mehrdimensionales Bauwerksdatenmodell hervor, welches sich, neben der reinen Bauwerksdatenverwaltung und -übergabe, auch für die Abbildung anderer BIM-Anwendungsfälle, wie beispielsweise Kommunikation und Kollaboration, Visualisierung etc. eignet. Auch ermöglicht die grafische Darstellung des Bauwerksdatenmodells die Nutzung von weiteren Zielsystemen, die nicht ausschließlich auf die Nutzung der enthaltenen Informationen abzielt, beispielsweise BIM-Viewern und Model Checkern, und ist daher als Mehrwert anzusehen. Der verbundene zeitliche Aufwand für die Modellerstellung infolge der objektbasierten Modellierung ist im Vergleich höher einzuschätzen und bedingt eine entsprechende Qualifikation des Anwendenden.

Die strukturelle Beschreibung eines Bauwerksdatenmodelles stellt eine simplere Form der Bauwerksdatenmodellerstellung dar: Infolge der Aufnahme von Modellelementen in Abhängigkeit zueinander wird keine hohe fachliche Qualifikation an den Anwendenden für das Modellieren gestellt. Weiterhin wird durch das Fehlen einer grafischen Darstellung des Bauwerksdatenmodelles die Dateigröße des Übergabeformats im Allgemeinen reduziert; die Übergabe von an Modellelementen referenzierten Dokumenten stellt zusätzlich einen Mehrwert dar. Für eine Überführung des Modelles in zuvor beschriebene Zielsysteme eignet sich dieser Modellierungsansatz nicht. Die Repräsentation eines Gebäudes als strukturelles Bauwerksdatenmodell ist gemäß Aussage der beteiligten Praxispartner für das Betreiben einer Immobilie ausreichend. Durch die Nutzung des CAFM-Connect-Basisprofils (bzw. der BIM-Profile) wird so der notwendige Informationsanforderungskatalog aus Sicht des Betriebes abgebildet.

Abbildung 14 stellt einen einfachen Vergleich der betrachteten Untersuchungskriterien dar.

Untersuchungskriterien	Geometrisches Bauwerksdatenmodell	Strukturelles Bauwerksdatenmodell
Notwendige Tools	div. Autorensoftware	CAFM Connect-Editor
Art des Modells	geometrisches Modell	strukturelles Modell
Informationsdarstellung	grafische und alphanumerische Informationen	alphanumerische Informationen
Modelldarstellung	2D-/3D-Darstellung	tabellarische Darstellung
zeitlicher Aufwand (Modellerstellung)	höherer Zeitaufwand	geringerer Zeitaufwand
verbundene Kosten (Software)	höhere Kosten	frei verfügbares Tool
Qualifikation (Modellerstellung)	erfordert fachliche Kenntnisse zur Erstellung des Modells	erfordert keine fachlichen Kenntnisse Erstellung des Modells

Abbildung 14: Gegenüberstellung der geometrischen und strukturellen Bauwerksdatenmodellerstellung

4.2 Datenaustausch in der Bau- und Immobilienwirtschaft

Im folgenden Abschnitt werden die in Bezug auf das Forschungsprojekt stehenden, relevanten Klassifizierungssysteme und darauf aufbauend Datenformate beschrieben. In Abhängigkeit des Konzepts zur projektbezogenen Bearbeitung und Zusammenarbeit müssen die Informationen in Zielsysteme transferiert werden. Die dafür benötigten Schnittstellen sind Teil der Planung einer gemeinsamen Datenumgebung und werden auf die Formate der Daten zugeschnitten. In Abhängigkeit der Umsetzung (z.B. in Form eines Projektraums) existieren bereits von den Herstellern vordefinierte Schnittstellen.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Methode BIM ist neben der Durchgängigkeit der Informationen die Verknüpfung dieser untereinander. Dementsprechend muss die gemeinsame Datenumgebung über Funktionalitäten zur Verknüpfung von Daten verfügen. Die zentrale Rolle spielt hierbei in Bezug auf BIM der Globally Unique Identifier (GUID). Dabei handelt es sich um eine Zeichenkette mit 36 Zeichen, die jedes damit versehene Objekt eindeutig identifizierbar macht. Über die Verknüpfung der jeweiligen GUIDs lassen sich Objekte in der CDE dauerhaft miteinander in Beziehung setzen. Schlussendlich müssen Daten in der gemeinsamen Datenumgebung über die Lebensdauer des Bauwerks les- und interpretierbar archiviert werden können. Dies dient dazu, die Datenmenge über eine entsprechende Verdichtung zu reduzieren und somit die Ressourcen zu schonen. Zu beachten ist hierbei insbesondere die Lesbarkeit von proprietären Dateiformaten, da Softwarehersteller die Kompatibilität i. d. R. nicht über den Zeitraum der Lebensdauer eines Bauwerks gewährleisten.

Neben der reinen Datenhaltung ist auch die Datennutzung durch die Projektbeteiligten bei der Planung einer Common Data Environment (CDE) zu beachten. Die dabei durchgeführten Aufgaben bzw. Prozesse werden über sogenannte Workflows abgebildet. Sie dienen dazu, den Bearbeiter durch vordefinierte Abläufe, beispielsweise mithilfe einer Eingabemaske, zu leiten. Dadurch sollen zum einen Hilfestellungen gegeben, zum anderen Fehlerquellen ausgeschlossen werden.

4.2.1 Klassifizierungssysteme

Klassifizierungs- oder auch Ordnungssysteme dienen in der Bau- und Immobilienwirtschaft dazu, Bedeutungen und Begriffe von Produkten, die im Rahmen von Leistungen verbaut werden, eindeutig und neutral zu beschreiben, festzulegen, zu strukturieren und zu klassifizieren. Durch die konsequente Nutzung von Klassifizierungssystemen werden erstellte „Strukturen“ von Informationen maschinenlesbar und -bearbeitbar gemacht, um beispielsweise Auswertungen und Interpretationen erleichtern. Im Zusammenhang mit BIM können über Klassifizierungssysteme die in der Planung zu definierenden Bauteile realen Produkten semantisch zugeordnet werden. In der Praxis existieren vielzählige Klassifizierungs- und Ordnungssysteme, die jeweils mit Vor- und Nachteilen verbunden sind. Im Folgenden wird hierzu ein kurzer Überblick gegeben.

4.2.1.1 *Bau:Class, ecl@ss und proficl@ss*

Ein Ansatz, sämtliche im Bau verwendete Produkte nach einem neutralen Schema zu katalogisieren, wurde von f:data GmbH im Rahmen des Projektes mit der Bezeichnung „bau:class“ erarbeitet. Zeitweise konnte unter der Online-Adresse www.baustoffkatalog.com bereits eine herstellerbezogene Produktzuordnung in das vorgegebene Schema von Klassen und Attributen vorgenommen werden, so dass Produkte, die bestimmte, herstellerunabhängig beschriebene Eigenschaften erfüllen, aufgelistet werden konnten. Ebenfalls war eine Integration des branchenspezifischen Standardisierungsvorschlags „bau:class“ in das branchenübergreifende Konzept „ecl@ss“ unter Berücksichtigung eines weiteren, sparten-spezifischen Konzeptes „profi@ss“ vorgesehen. Entsprechende Projekte wurden bzw. werden gefördert. Auch der Ansatz aus der Elektrobranche, bekannt unter der Bezeichnung „ETIM“, sollte hierbei Berücksichtigung finden.

In diesem Zusammenhang ist auch auf das „DIN-Merkmallexikon“ (Normenreihe DIN 4002 „Merkmale und Geltungsbereiche zum Produktdatenaustausch“, ISO 13587, IEC 61360) hinzuweisen, bei dem verschiedene Klassifikationsanbieter nach einer Vereinfachung ihrer Systeme streben, um gegenüber ausländischen Anbietern Vorteile zu erlangen. Im Rahmen dieses DIN-Merkmallexikons sollen branchenübergreifend Merkmale eindeutig festgelegt werden.²⁸

²⁸ DIN (Hg.), 2013, Stammdaten: Genormte Stammdaten

Auch im „Uniclass“- bzw. „OmniClass“-Konzept wird das Thema der Produktklassifikation aufgegriffen: In den USA wird die OmniClass für die Klassifizierung von BIM-Elementen herangezogen (basierend auf der ISO 12006²⁹), in Großbritannien dessen britisches Pendant (Uniclass).³⁰

4.2.1.2 ISO 12006 und bSDD

Hervorgegangen aus dem schwedischen SfB-System steht mit den drei Teilen der ISO 12006-Norm ein Rahmenwerk zur Definition von Klassifikationssystemen auf internationaler Ebene zur Verfügung. Dieses „International Framework for Dictionaries“ (IFD) ist – wie die IFC und MVD – offizieller Bestandteil der Standards des buildingSMART e.V. In Teil 2 dieses Standards wird eine allgemeine Hauptstruktur der im Bauwesen zu beschreibenden Konzepte definiert, wie etwa die Gliederung in „Produkt“, „Prozess“, „Ressource“, die aber lediglich den allgemeinen konzeptionellen Rahmen bereitstellen, ohne bindend für die modellierbaren Gliederungen zu sein. Teil 3 der ISO 12006-Norm stellt ein konkretes Datenmodell zur Modellierung baurelevanter Konzepte zur Verfügung (ISO 12006-3:2007). Eine zentrale Bedeutung für die Modellierung hat hierbei das Basisprinzip, dass alle Konzepte jeweils Bezeichner (engl.: label) und Beschreibungen (engl. description) in unterschiedlichen Sprachen haben können. Maßgeblich für die Identifizierung und Verwendung eines Konzeptes sind dabei nicht die Bezeichnungen in einer bestimmten Sprache („Türgriff“, „door knob“), sondern die Globally Unique Identifier (GUID). Werden an ein Konzept verschiedensprachige Bezeichner und Erläuterungen gehängt, entsteht ein mehrsprachiges Wörterbuch, welches die Grundlage für länderübergreifende Zusammenarbeit bildet. Die Referenzimplementierung dieses Datenschemas ist das buildingSMART Data Dictionary (bSDD), das zum gegenwärtigen Zeitpunkt ca. 60.000 Begriffe in mehreren Sprachen umfasst.

Seit der Version 2x4 ist das bSDD darüber hinaus der zentrale Speicherort für die PropertySet-Erweiterungen des IFC-Modells, wobei jede einzelne Eigenschaft durch ein Konzept repräsentiert wird. Zahlreiche Relationen zu anderen Konzepten (Spezialisierung, Teil-Ganzes-Beziehungen etc.), den jeweils relevanten Klassendefinitionen im IFC Modell sowie Verknüpfungen zu verschiedenen Normen und Vorschriften machen dieses Ordnungssystem zu einem wichtigen, maschinenlesbaren Wissenskorpus, der zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen wird.³¹

4.2.1.3 DIN SPEC 91400

Die Klassifikation DIN SPEC 91400 ist ein weiterer Schritt in Richtung der umfassenden, maschinenlesbaren Aufbereitung von Ordnungssystemen. Wie im vorangegangenen buildingSMART Data Dictionary sind viele Konzepte dieser umfassenden Klassifikation mit den jeweiligen Klassendefinitionen des Datenmodells der IFC verlinkt. Während im bSDD bislang jedoch vor allem Ordnungssysteme aus dem englischsprachigen, skandinavischen und niederländischen Raum verknüpft sind, ist das Alleinstellungsmerkmal der DIN SPEC 91400 ihre Anlehnung an das in Deutschland verwendete Standardleistungsbuch Bau (STLB-Bau), das seinerseits mit weiteren Normen, Vorschriften und Richtlinien wie der

²⁹ Stuhlmacher et al., 2012, S. 46.

³⁰ ebenda

³¹ Vgl. Borrmann et al., 2015, S. 169 ff

Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) und den Kostengruppen nach DIN 276 verbunden ist. Ähnlich dem bSDD ist auch der Inhalt der DIN SPEC 91400 über verschiedene Schnittstellen, darunter Webinterfaces, verwendbar. Verbindungen zu Bauteilkatalogen namhafter Bauprodukterhersteller befinden sich ebenso in der Entwicklung wie die Verknüpfung zu Objekten und Eigenschaften innerhalb von proprietären Objektmodellen und BIM-Formaten.³²

4.2.2 Rohdatenformate

Wesentlicher Bestandteil zur Umsetzung der Methode BIM ist die Weitergabe erzeugter oder verarbeiteter Informationen – dem Informationsfluss. Dazu gibt es aus technischer Sicht unterschiedliche Möglichkeiten, die mit steigender Qualität gleichermaßen auch Komplexität mit sich bringen. Eine mögliche Abgrenzung wird über die sogenannten BIM-Level beschrieben.

Der Austausch von Informationen geschieht in BIM-Projekten aktuell im Wesentlichen über Dateien. Dies entspricht Level 2 der zuvor benannten Abgrenzung. Demnach sind entsprechende Austauschformate wesentlich in der gegenwärtigen Umsetzung der Methode BIM in der Bau- und Immobilienwirtschaft. Dabei ist zwischen proprietären Dateiformaten und offenen Standards zu differenzieren: Erstere sind die Entwicklung eines Softwareherstellers und im Wesentlichen für das Speichern von, mit einem konkreten Softwareprodukt erarbeiteten Inhalten konzipiert. Auch bei Unterstützung dieser Formate durch andere Hersteller sind beispielsweise die Weiterentwicklungen und Implementierungsmöglichkeiten vom Herausgeber abhängig. Bei offenen Datenformaten hingegen sind die Entwicklungsstände frei zugänglich dokumentiert, sodass grundsätzlich jeder diese weiterentwickeln oder frei für sich nutzen kann. Darüber hinaus sind sie zumeist über Non-Profit-Organisationen unterstützt, welche die Verwaltung von Informationen dazu oder Versionierungen übernehmen.

Im Kontext mit der Methode BIM gibt es eine Reihe von Austauschformaten, die sich in diese Kategorien einteilen lassen. Im Rahmen der Forschungsarbeiten des Lehr- und Forschungsgebietes Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal wird der Fokus jedoch auf offene Standards gelegt, da Sie es zum einen jedem Interessenten ermöglichen die Forschungsergebnisse nachzuvollziehen und selber anzuwenden. Zum anderen sind offene Standards Grundvoraussetzung für die Umsetzung von Big Open BIM. Dieser Ansatz ist nach Auffassung der Verfassenden der einzige, mit dem langfristig die gesamte Bau- und Immobilienbranche die Methode BIM erfolgreich anwenden kann. Aus diesem Grund werden im Folgenden keine proprietären Formate beschrieben.

4.2.2.1 Industry Foundation Class (IFC)

Die Industry Foundation Classes (IFC) ist ein Datenschema zur strukturierten Beschreibung von bauwerksbezogenen Informationen. Die Weiterentwicklung und Standardisierung wird durch die buildingSMART e.V. durchgeführt. Das Datenschema findet weltweit Anwendung im Rahmen von her-

³² Vgl. Borrmann et al., 2015, S. 172

stellerneutralen Datenaustausch-Szenarien zwischen verschiedenen Softwaresystemen, jedoch im Wesentlichen in der Bau- und Immobilienwirtschaft. Konkret wird es zur digitalen Übermittlung der Geometrie und Semantik eines Gebäudes in Form objektorientierter Gebäudemodelle genutzt. Ausgewählte Versionen des Schemas werden vom buildingSMART sowohl in einem eigenständigen (STEP) als auch weiteren (z. B. XML) offenen und standardisierten Datenformaten veröffentlicht.

Schemaspezifikationen

1996 wurde durch die Organisation International Alliance for Interoperability (IAI) die erste Version 1.0 der Industry Foundation Classes veröffentlicht. Eine Implementierung dieser in Softwaresysteme geschah erst 1998 mit Version 1.5.1.³³ Alle Spezifikationen wurden durch die IAI und ab 2005 von dem daraus hervorgehenden buildingSMART e.V. veröffentlicht.³⁴ Über die darauffolgenden Jahre folgten weitere Veröffentlichungen durch die IAI, wie beispielsweise IFC 2x. Bei der darauf aufbauenden Nummer wurden weitere, fachliche Aspekte ergänzt.³⁵ Mit der Version 2x3 im Jahr 2006 als EXPRESS- bzw. 2007 als XSD-Schema erschienen die ersten Spezifikationen unter dem neuen Organisationsnamen. IFC2x3 enthält neben der 3D-Objektbeschreibung auch 2D-Layout-Elemente, wie Beschreibungen, Texte, Symbole und Schraffuren; damit konnte IFC erstmalig auch für Layouts genutzt werden. Die Version IFC4 wurde 2013 unter der ISO 16739 standardisiert und seit April 2017 für Deutschland in die DIN EN ISO 16739:2017-04 überführt.³⁶ In der Praxis werden aktuell sowohl IFC2x3, als auch IFC4 eingesetzt, da die Implementierung bzw. Zertifizierung von IFC4 bei vielen Softwareherstellern noch läuft. Eine Übersicht mit den wesentlichen Veränderungen von Spezifikation 2x3 zu 4 bietet Tabelle 4.

³³ Vgl. Laakso, Kiviniemi, 2012

³⁴ Vgl. Borrmann et al., 2015, S. 84

³⁵ Vgl. von Both, 2007

³⁶ Vgl. buildingSMART, 2013

Tabelle 4: Gegenüberstellung IFC-Schema-Spezifikationen

	IFC 2x3	IFC 4
Anzahl Entities	653	776
Anzahl Property Sets	317	506
Definierte Views	Coordination View 2.0 Referenzieren und koordinieren von Objekt- und Fachplanung	Reference View Referenzieren, koordinieren und visualisieren von Objekt- und Fachplanung Design Transfer View Übergabe von Daten in andere Software-Systeme

Datenschema

Das IFC-Schema bietet eine formale Struktur zur Beschreibung von objektorientierten Bauwerksmodellen. Es enthält eine Vielzahl von Objekttyp-Definitionen, die dazu dienen Elemente eines Bauwerks, deren Eigenschaften (Merkmale) und Beziehungen untereinander (Relationen) digital und in einem standardisierten Rahmen abzubilden.

Das Schema ist hierarchisch in vier Schichten aufgebaut. Jede Schicht beschreibt unterschiedliche Arten von Klassen; Klassen aus einer Schicht können immer nur Klassen aus der darunterliegenden Schicht referenzieren, das Referenzieren „nach oben“ ist nicht möglich. Das Referenzieren dient u.a. dazu, eine objektbasierte Vererbungshierarchie vom Core-Layer bis zum Domain-Layer aufzubauen (vgl. Abbildung 15).³⁷ Es beschreibt das Ableiten neuer Klassen auf Basis von bestehenden Klassen: Eine neue Klasse kann die ursprüngliche Klasse erweitern oder einschränken. Die Beziehung zwischen zwei solchen Klassen ist dauerhaft.

Entsprechend der Vererbungshierarchie stellt der Core-Layer mit dem Kernel und der darin enthaltenen Klasse *IfcRoot* den Ausgangspunkt dar. *IfcRoot* ist die oberste Klasse in der Vererbungshierarchie des IFC-Schemas und definiert grundlegende Aspekte wie beispielweise die Identifikation von Entitäten über Global Unique Identifier (GUID). Alle anderen Klassen in der gleichen oder den darüber liegenden Schichten stammen direkt oder indirekt von *IfcRoot* ab.³⁸

³⁷ Vgl. Liedtke, 2016

³⁸ Vgl. Borrmann et al., 2015, S.89 ff

Der Ressource-Layer stellt als unterste Schicht eine Besonderheit dar: Enthaltene Elemente stellen grundlegende Datenstrukturen dar und können aus allen Ebenen referenziert werden. Die Elemente des Ressource-Layers stammen als einzige nicht von IfcRoot ab, verfügen dementsprechend nicht über eine GUID und können daher nur dann existieren, wenn sie von Instanzen einer Unterklasse von IfcRoot referenziert werden.³⁹

Die spezifizierenden Ebenen des Schemas Interoperability- und Domain-Layer leiten sich entsprechend der zuvor beschriebenen Vererbung aus dem Core-Layer ab und referenzieren Klassen aus dem Resource-Layer. Dabei stellt der Interoperability-Layer eine Zwischenebene mit wichtigen „[...] Bauteilklassen wie IfcWall, IfcColumn, IfcBeam, IfcPlate, IfcWindow usw. [...]“⁴⁰ dar. Im Domain-Layer werden diese dann nach fachspezifischen Domänen aus der Bau- und Immobilienbranche für die konkreten Anwendungsfälle spezifiziert.



Abbildung 15: Übersicht Schichtenmodell IFC

³⁹ Vgl. Bormann et al., 2015, S.90

⁴⁰ Bormann et al., 2015, S.89

Semantische Beschreibung und geometrische Repräsentation

Innerhalb des Schemas erfolgt eine klare und eindeutige Trennung zwischen der semantischen Beschreibung eines Bauteils und dessen geometrischer Repräsentation. Ein Bauteil wird zunächst als semantische Entität beschrieben und im Anschluss mit einer oder mehreren geometrischen Repräsentationen in Beziehung gesetzt. Hierbei gibt es verschiedene Anwendungsszenarien, welche unterschiedliche Geometriebeschreibungen bedürfen, da diverse geometrische Repräsentationen mit einem Objekt verknüpft werden können. Die Sicherstellung der Beschaffenheit der Repräsentationen liegt bei den modellerzeugenden Programmen, da das IFC-Datenmodell selbst keine Funktionalitäten in dieser Hinsicht zur Verfügung stellt.⁴¹

Property Sets und Proxys

Im IFC- Datenmodell werden grundlegende Merkmale von Bauteilen zum Teil mithilfe von Attributen in einer Entity-Definition direkt im Schema abgelegt. Solche Merkmale können bspw. die absolute Höhe und Breite eines Bauteils sein, die mit den entsprechenden Attributen *OverallWidth* und *OverallHeight* beschrieben werden. Neben solchen Merkmalen gibt es weitere wichtige Merkmale eines Bauteils, die jedoch das umfangreiche Schema langwieriger machen würden. Außerdem wären alle vom Nutzer gewünschten nicht vorhergesehenen oder international standardisierten Merkmale ohne Änderungen am Schema kaum möglich. Innerhalb des IFC-Datenmodells wurde zur Problemvermeidung eine Unterscheidung und Teilung von Merkmalsdefinitionen eingebaut in:

- statisch im Schema definierte Attribute
- dynamisch erzeugbare Eigenschaften (engl. properties).

Dynamisch erzeugbare Eigenschaften, die sog. Properties, können mithilfe der Subklassen der *IfcProperty* frei definiert werden und anschließend dem Instanzmodell hinzugefügt werden. Die neue Objekteigenschaft kann dabei über einfache Name-Wert-Datentyp-Einheit-Tupel definiert werden. Es kann zudem eine Gruppierung von einzelnen *IfcProperty*s erfolgen (*IfcPropertySet*) und einem Objekt zugewiesen werden (*IfcRelAssignsProperties*). Der Erweiterungsmechanismus für Eigenschaftsdefinitionen wird durch die Platzhalterentität *IfcProxy* ergänzt. Sie bietet die Möglichkeit, die semantische Bedeutung einer Klasse dynamisch (also „zur Laufzeit“) festzulegen. Somit stellt IFC ein Metamodell bereit, das eine Vielzahl semantischer Erweiterungen bietet, die ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten abdecken. In der Praxis werden spezielle Objekte oftmals nicht von bestehenden Schemata abgedeckt, da sie nicht allgemein gültig sind, wodurch diese Möglichkeit eine geeignete Lösung zur Flexibilitätssteigerung bietet. Solche Inhalte können somit jederzeit im Modell erstellt werden.

Die freie Erzeugung von Eigenschaften bedingt jedoch ebenfalls eine große Anzahl von Objekten und Eigenschaften, die von verschiedenen Parteien für ein und denselben Zweck beliebig beschrieben wer-

⁴¹ Borrmann et al., 2015, S. 100 f

den und zu Mehrfachdefinitionen führen können. Eine Lösung dafür wird von Anwendern und Entwicklern geboten, indem diese die an den häufigsten erstellten Eigenschaften auf Mehrfachdefinitionen prüfen und diese zweckgemäß standardisieren. Sie werden als separate Dateien in die Dokumentation des Modells eingefügt, auf den Webseiten der buildingSMART-Organisation bereitgestellt und als einfache XML-Dateien gespeichert.⁴²

Angabe von Materialien

Die Angabe von Informationen zu Materialien einzelner Bestandteile des Bauwerks mit zugehörigen Parametern ist Voraussetzung für Berechnungen und Simulationen, wie bspw. statische Nachweise oder automatisierte Mengenermittlungen. Durch das IFC-Datenmodell ist die Möglichkeit zur Abbildung von verschiedenen Bauteilen, die jeweils aus mehreren Materialien bestehen, gegeben. Zur Veranschaulichung lässt sich das Beispiel einer mehrschichtigen Wand heranziehen: Die Materialien werden einem Bauteil (einer beliebigen Subklasse von `IfcElement`) durch die Beziehungsklasse `IfcRelAssociatesMaterial` zugeordnet. Das Attribut `RelatingMaterial` ist wiederum mit einem Objekt der Klasse `IfcMaterialDefinition` in Verbindung gebracht, die mehrere Unterklassen besitzt. Die wichtigsten Unterklassen in diesem Anwendungsbeispiel sind dabei:

- `IfcMaterial`: grundlegendes Entity zur Beschreibung eines Materials
- `IfcMaterialConstituent`: Beschreibung des Materials eines Teils eines Bauteils. Das Attribut `Material` bezieht sich auf ein `IfcMaterial`-Objekt. Das Attribut `Name` ordnet das Material dem jeweiligen Teil zu.
- `IfcMaterialConstituentSet`: Beschreibung einer Menge von `IfcMaterialConstituent`-Objekten, wobei jedes dieser Objekte dem Teil eines Bauteils zugeordnet ist.
- `IfcMaterialLayer`: Beschreibung des Materials einer Schicht eines mehrschichtigen Bauteils.
- `IfcMaterialLayerSet`: Beschreibung einer Menge von `IfcMaterialLayer`-Objekten

Die Modellierung von Verbundmaterialien erfolgt mithilfe der Beziehungsklasse `IfcMaterialRelationship`. Diese lässt die Abbildung einer Aggregations-Beziehung zu. Durch das Attribut `RelatedMaterials` wird dabei auf die Einzelbestandteile verwiesen und durch das Attribut `RelatingMaterial` auf das Verbundmaterial. Das Material wird weiterhin mit einem externen Klassifikationssystem (`IfcExternalReferenceRelationship`) durch Verknüpfung charakterisiert, wobei mithilfe der Klasse `IfcMaterial`, das Attribut `Name` für die eindeutige Bezeichnung dargestellt wird. Weiterhin werden Materialparameter durch die Verknüpfung mit einem oder mehreren Objekten des Typs `IfcMaterialProperties` angegeben. Diese werden über das inverse Attribut `HasProperties` erreicht. In Form einer Name-Wert-Liste bietet die Klasse `IfcMaterialProperties` eine Beschreibung von Sätzen an Materialeigenschaften, wobei es eine Reihe

⁴² Vgl. Borrmann et al., 2015, S. 114

vordefinierter Eigenschaftssätze für verschiedenartige Eigenschaften (bspw. mechanische, optische) gibt und vor allem für wichtige Baustoffe wie Beton, Stahl und Holz. Durch ein `IfcMaterial` können zugehörige Darstellungsinformationen herangezogen werden. Dazu verweist das inverse Attribut `HasRepresentation` auf ein Objekt vom Typ `IfcMaterialDefinitionRepresentation`, welches bspw. Linientyp, Liniendicke und Schraffur (für die 2D-Darstellung) festlegt.⁴³

4.2.2.2 Anwendung in der Praxis

Der Import in oder der Export aus einer Softwareanwendung umfasst in der Regel nur eine Teilmenge der Informationen, die in dem proprietären Informationsmodell der Softwareanwendung enthalten sind. Was in dieser Teilmenge enthalten ist, regeln sogenannte Modell-Ansichtsdefinitionen (engl.: Model View Definition, kurz: MVD). Das Transformieren und Exportieren der proprietären Daten in eine IFC-Datei ist deshalb oft mit einem Informationsverlust verbunden. Aus diesem Grund wird normalerweise in den Projekten vereinbart, die Planungsergebnisse zu einem gewissen Modellstand in einer Datei im IFC-Format, auch in einer Datei im proprietären Format der Softwareanwendung, aus der der IFC-Export erfolgt ist, zu übermitteln.

Obwohl die Entwicklung der IFC aus der ISO-Standardisierung STEP herausgelöst wurde, wurden dennoch die zugrundeliegenden Technologien beibehalten. Dazu zählt vor allem die Datenmodellierungssprache EXPRESS, die im STEP-Standard Teil 11 definiert ist (ISO 2004b).

4.2.3 BIM Collaboration Format

Im Rahmen der kollaborativen Zusammenarbeit der Projektbeteiligten unter Einsatz der Methode BIM werden zu verschiedenen Zeitpunkten Bauwerksmodelle ausgetauscht. Auf Basis der ausgetauschten Modelle werden unter anderem neue Fachmodelle erstellt oder bestehende für Kollisionsprüfungen übereinandergelegt. Dabei identifizierter Anpassungsbedarf der erstellten Modelle muss für eine Überarbeitung an den Erzeuger übermittelt werden; ein Format was dies ermöglicht, ist das BIM Collaboration Format (BCF). Ziel der 2009 gestarteten Entwicklung war die Entwicklung einer offenen Kommunikationstechnologie basierend auf IFC. Beteiligt an der Entwicklung dieses Standards waren die Implementation Support Group (ISG) von buildingSMART International sowie die Initiatoren Solibri und Tekla und das Institut für angewandte Bauinformatik (iabi) der Hochschule München. Das erste Schema (`bcfXML v1`) mit verschlüsselten Nachrichten, die Bezug zu Modellobjekten hatten, wurde bereits 2010 durch Solibri und Tekla vorgestellt. Basierend auf den Erfahrungen in der Praxis wurde 2013 eine Task Force in der ISG von buildingSMART unter der Leitung von Solibri initialisiert: Diese sollte das bestehende Schema in Bezug auf flexiblere, projektspezifische Aspekte und maschinenlesbare Topics mit sogenannten BIM-Snippets erweitern. Die entsprechende Version `bdfXML v2` wurde im Oktober 2014

⁴³

Vgl. Borrmann et al., 2015, S. 100

veröffentlicht. Die neuesten, veröffentlichten Versionen von buildingSMART sind die "bcfXML v2.1" und "bcfAPI v2.1". Während bei der BCF v2.0 noch viel Wert auf die Aufrechterhaltung der Abwärtskompatibilität mit der ersten BCF-Version gelegt wurde, weist BCF v2.1 diese Kompatibilität nicht mehr auf, um die Komplexität für den Nutzer zu verringern.⁴⁴

Als Basis für die Kommunikation nutzt BCF IFC-Modelle. Die darauf aufsetzende modellbasierte Kommunikation legt sogenannte Topics an, die einen eindeutigen Bezeichner (GUID) und Informationen „[...] über Status, Ort, Blickrichtung, Bauteil, Bemerkung, Anwender und Zeitpunkt [...]“⁴⁵ beschreiben. Durch die Verknüpfung mit dem Modell ist ein Empfänger in der Lage sich die Anmerkung im Modell anzeigen zu lassen und zu beheben.

4.2.4 Containerformate

Neben den zuvor beschriebenen Rohdatenformaten existieren unterschiedliche Containerformate, die sich für den Datenaustausch in der Bau- und Immobilienwirtschaft eignen. Containerformate dienen dazu, verschiedene Dateien (z.B. Rohdatenformate) zu bündeln, die in einem Kontext zueinander stehen. Das Zusammenführen der Inhalte in einen Container wird als packen bezeichnet. Einige Formate bieten die Möglichkeit, die Inhalte komprimiert zu packen, um die Dateigröße zu minimieren: Ein Beispiel hierfür ist ifcZIP, dessen Ziel es ist die Größe von Bauwerksmodellen im IFC-Format durch das Packen zu verkleinern. Bei dem Vorgang kommen bei unterschiedlichen Formaten diverse Algorithmen zum Einsatz, die an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden.

Zusätzlich zu den beschriebenen Funktionen rückt in der Bau- und Immobilienwirtschaft das Verknüpfen von Teilinformationen aus den gepackten Dateien innerhalb der Containerformate zunehmend in den Fokus der Einsatzmöglichkeiten. Die in diesem Zusammenhang verwendeten Methoden werden unter dem Begriff Linked Data (- im Bauwesen) zusammengefasst. Ihre Entwicklung erfolgte allgemein im Kontext des Semantic Web.⁴⁶ Containerformate, die in der Lage sind die zugehörige Komplexität in Form von Beziehungsdefinitionen Abzubilden sind die Multi-Modell-Container aus dem Forschungsprojekt Mefisto, die Coins-Container aus den Niederlanden und die seit Oktober 2018 im Entwurf genormten Informationscontainer zur Datenübergabe, kurz ICDD⁴⁷ nach DIN EN ISO 21597.

4.3 Bauwerksdatenverwendung in CAFM-Zielsystemen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden verschiedene Möglichkeiten zur Verwendung von digitalen Bauwerksdaten mit Bezug zum Betreiben einer Immobilie betrachtet. Die Untersuchung wird für nachfolgende zwei Zielsystemarten dargestellt:

⁴⁴ Vgl. buildingSMART international, BCF Releases

⁴⁵ buildingSMART Germany, Standards

⁴⁶ Vgl. Werbrouck, et al., 2019

⁴⁷ Engl.: Information container for data drop

- **BIM-(Daten-)Viewer**
Der BIM-Viewer stellt eine „einfache“ Art und Weise der Bauwerksdatenmodell-Visualisierung dar, wodurch eine Darstellung der übergebenden Bauwerksdaten mit Hinblick auf geometrische Modelldarstellung und -übergabe, Informationsdurchgängigkeit etc. ermöglicht wird.
- **CAFM-Umgebungen**
Im Rahmen der Untersuchung von CAFM-Zielsystemen wird der Fokus auf die Modellintegration sowie die Daten- und Informationsdurchgängigkeit.

4.3.1 BIM-Viewer

Im Rahmen der Untersuchung des Bauwerksdatentransfers wurden bestehende BIM-Viewer aufgelistet und im Hinblick auf die Import- und Export-Möglichkeiten und die Informationsübertragung von Dateien analysiert. BIM-Viewer bieten die Möglichkeit, Modelle zu öffnen, anzuschauen und ggf. auch in Form verschiedener Dateiformate zu speichern. So kann das Modell im Zuge eines Projektes für verschiedene Projektpartner visualisiert werden, ohne dass Veränderungen an dem Modell vorgenommen werden. BIM-Viewer ermöglichen damit einen Austausch zwischen den Projektbeteiligten und stellen verschiedene Betrachtungsoptionen zur Verfügung.

Um einen Überblick zu verschaffen, wurde tabellarisch eine BIM-Viewer-Übersicht erstellt. Grundsätzlich werden derzeit zahlreiche kostenlose BIM-Viewer angeboten, die verschiedene Betrachtungsfunktionen bieten und sowohl den Import als auch den Export von Dateien ermöglichen. Dabei werden größtenteils auch die den Bauteilen zugehörigen Informationen und Eigenschaften in das Modell übertragen und können somit in den Viewern eingesehen werden. Im Viewer selbst können verschiedene Optionen gewählt werden, die es ermöglichen, das Modell in unterschiedlicher Weise darzustellen. Zudem können in den meisten BIM-Viewern auch die zu einzelnen Bauteilen zugehörigen Attribute und Informationen abgefragt werden. Diese werden in den Viewern selbst oft in tabellarischer Form angezeigt. Der Import von Modellen geschieht über verschiedene Dateiformate, insbesondere über IFC-Formate, aber auch Datenaustauschformate wie rvt (Revit)- oder DWG-Formate. Der Export erfolgt in der Regel über die programmeigenen Formate und IFC-Formate. Die kostenlosen Viewer bieten in der Regel keine Möglichkeiten für einen Export der Attribute in Form von textuellen Listen oder Tabellen. Dies kann oftmals nur in der jeweiligen kostenpflichtigen Version oder aber über kostenpflichtige Plug-Ins erfolgen. Allerdings bietet der BIM-Viewer BIMcraft, der von dem Institut für Bauinformatik der TU Dresden entwickelt wurde, die Möglichkeit, Informationen als Excel-Liste auszugeben. Der BIM-Viewer ermöglicht, ausgewählte Elemente mit zugehörigen Eigenschaften, wie beispielsweise geometrische Eigenschaften und Materialeigenschaften, in Form von Excel-Tabellen zu exportieren. Der BIM-Viewer BIM Vision bietet als kostenfreie Version insbesondere die Möglichkeit, die einem Modell zugehörige IFC-Struktur und die Eigenschaften darzustellen. Diese können über ein kostenpflichtiges Plug-In („Advanced Reports“) auch als XLS-Formate exportiert werden. Einige BIM-Viewer, wie beispielsweise Areddo, bieten lediglich die Import-Funktionen und eine Darstellung des Modells. Eine Abfrage von Informationen und zu-

gehörigen Eigenschaften wird hierbei nicht geboten. Der Solibri Model Viewer ermöglicht eine detaillierte Anzeige von Informationen bzgl. Eigenschaften wie Position, Mengen, Material, Klassifikation etc., der Export erfolgt allerdings nur im SMV-Format. Der DDS-Cad-Viewer bietet ebenfalls eine detaillierte Anzeige von Informationen, die ähnliche Eigenschaften betreffen. Hierbei erfolgt der Export in verschiedenen Formaten wie beispielsweise DXF, 3DS etc. Weitere Viewer, die eine Abfrage und Anzeige von Element-Informationen bieten, sind beispielsweise der KIT FZK Viewer und BIM Collab ZOOM.

4.3.2 CAFM-Systeme

Computer Aided Facility Management-Systeme stellen informationsgestützte, die Abwicklung von Aufgaben des Facility Managements unterstützende Anwendungen für das operative Betreiben eines Gebäudes dar. Dabei werden die Gebäudestruktur im System sowie notwendige alphanummerische Informationen zu Objekten im Gebäude angelegt. Alternativ bieten einige CAFM-Anwendungen die Integration von Bauwerksdatenmodellen an, wodurch der Aufwand der Erstellung, Strukturierung und erstmaligen Informationspflege des Gebäudes bzw. der Gebäudeinformationen reduziert bzw. verlagert wird. Auf Grundlage der eingepflegten Informationen kann das Facility Management des integrierten Gebäudes über die CAFM-Anwendung gesteuert, Aufgaben und Tickets vergeben und das Gebäude verwaltet werden. Durch die Nutzung einer CAFM-Software kann so eine erhöhte Transparenz von Kosten und Leistungen und eine verbesserte Dokumentation erfolgen. Zudem können Kosten eingespart werden und Betriebsunterbrechungen minimiert werden.

Um eine (nahezu) verlustfreie Informationsübernahme und -verwendung zu ermöglichen, muss das Modell den Modellierungs- und Schnittstellenanforderungen der genutzten CAFM-Anwendung entsprechen. Diese variieren zwischen den einzelnen Anbietern, wodurch bisher kein einheitlicher Standard für die Erstellung und Informationstiefe des zu integrierenden Bauwerksdatenmodells abgebildet werden kann. Ein erster Wegweiser zur standardisierten Informationstiefe und Datenaustausch stellt das Basis-Profil bzw. die BIM-Profile des CAFM Rings dar: Diese definieren die notwendigen Informationen, die einem Bauteil für die Abbildung eines definierten BIM-Anwendungsfalles zugeordnet sein müssen.

4.3.2.1 Marktanalyse CAFM-Anwendungen

Um den aktuellen Standpunkt des Marktes an CAFM-Anwendungen zu erfassen wurde eine Übersicht mit aktuellen Softwareanwendungen erstellt. Diese wurden anhand einer Onlinerecherche ausgewählt. Eine Unterscheidung zwischen webbasierten und lokalen Anwendungen wurde nicht vorgenommen, da die Art und Weise der Ausführung keine Auswirkung auf das Leistungsvermögen der jeweiligen Anwendung hat. Die in der Übersicht betrachteten Kategorien beziehen sich dabei auf das Informationsmanagement, die Integration von BIM (-Daten) in das CAFM-System sowie dem Leistungsumfang der jeweiligen Anwendungen.

Das Informationsmanagement umfasst die Schnittstellen der CAFM-Anwendungen mit weiteren EDV-Anwendungen. Diese sind nicht grundsätzlich bauspezifisch. Dabei können die betrachteten CAFM-Systeme mehrheitlich mit Office-Anwendungen (86%) und Geoinformationssystemen (GIS; 61%), jedoch vereinzelt nur CAD- (39%) oder ERP-Anwendungen (3%) kommunizieren. Weiterhin

werden Funktionen zur Editierung von Informationen im Informationsmanagement zusammengefasst. Hierbei werden Funktionen wie Reportgeneratoren (100%) und Dashboards (89%) von fast allen dargestellten Herstellern angeboten; Funktionen wie beispielsweise das Editieren von CAD-Dateien innerhalb der CAFM-Anwendung werden nur von einem der Anbieter aufgegriffen (vgl. Abbildung 16)

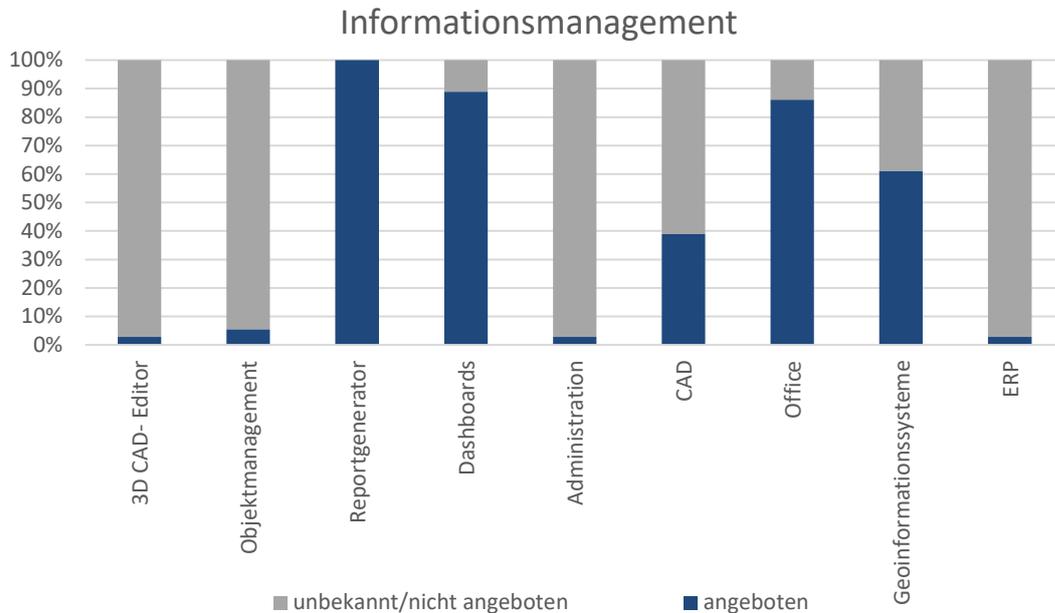


Abbildung 16: Informationsmanagement untersuchter CAFM-Anwendungen

Bei der Integration von Bauwerksdatenmodellen wurde hierfür das Datenformat IFC als Referenzdaten-austauschformat festgelegt. Die Untersuchung zeigt, dass fast zwei Drittel (ca. 64%) der betrachteten CAFM-Anwendungen über eine IFC-Schnittstelle verfügen. Über die restlichen 36% kann bisher noch keine Aussage getroffen werden. Weiterhin wurde die Übernahme von Informationen aus dem Bauwerksinformationsmodell in das CAFM-System untersucht. Hierbei wird eine Unterscheidung zwischen geometrischen und alphanummerischen Informationen vorgenommen, um einen einfachen Überblick über das Nutzungspotenzial bzw. den Nutzungsgrad der Informationstiefe des importierten Modells zu erhalten. Es wurde festgestellt, dass die Übernahme von geometrischen Informationen aus dem Bauwerksdatenmodell nur von 22% der untersuchten CAFM-Anwendungen durchgeführt wird. Alphanummerische Informationen wurden hierbei von ca. 17% der Anwendungen ins System übernommen (vgl. Abbildung 17).

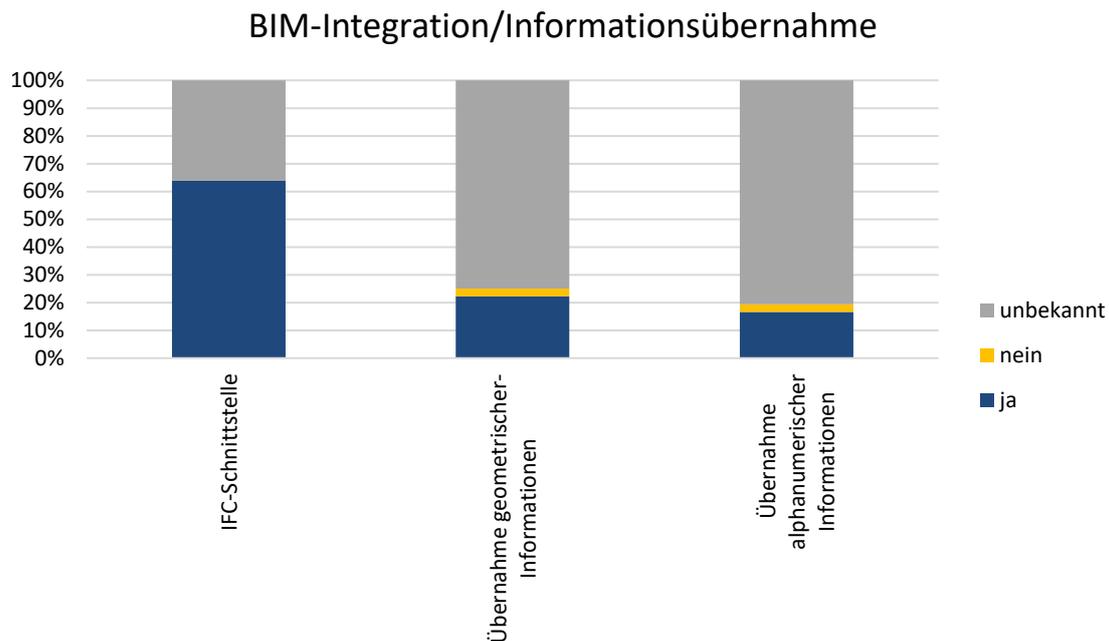


Abbildung 17: Informationsverarbeitung untersuchter CAFM

Für die Vergleichbarkeit der betrachteten CAFM-Anwendungen wurden je Anwendung die angebotenen Leistungsbilder tabellarisch aufgearbeitet und kategorisiert. Die Clusterung erfolgte in die Kategorien Flächenmanagement, kaufmännisches Facility Management, infrastrukturelles Facility Management, Liegenschaftsmanagement, technisches Facility Management, Netzwerkmanagement, Glasfasermanagement, Workflowmanagement und Sonstiges, welche Bausteine des operativen Facility Managements darstellen. Hierbei ist anzumerken, dass sich keine klare Tendenz bei der Verknüpfung von Leistungsbildern mit der Fähigkeit zum IFC-Import des Bauwerksdatenmodells bzw. der Übernahme von geometrischen oder alphanumerischen Informationen ableiten lässt: Das Flächenmanagement wird beispielsweise sowohl von CAFM-Anwendungen mit genannten Schnittstellen angeboten als auch von Anwendungen ohne technische Umsetzungen des Importes oder der Informationsübernahme.

4.3.2.2 Testing des Datenaustausches

Für die Entwicklung eines Konzeptes zur Anbindung von Bauwerksdatenmodellen in CAFM-Anwendungen wurde der derzeitige Stand der Datenintegration und des Datenaustausches untersucht. Im Fokus steht dabei die Integration, das Darstellungs- und Weiterverarbeitungsvermögen der im Modell zu übertragenen Informationen sowie die Daten- bzw. Informationsausgabe aus der CAFM-Anwendung. Als Referenzmodell wurden hierfür Revit-Beispielmodelle erstellt und genutzt, wodurch ein genaues Wissen über die integrierten Attribute und Daten, in Hinblick auf Vollständigkeitsprüfungen, gegeben ist. Folgende Punkte standen im Fokus des Testings:

- Datenaustauschmöglichkeiten eines Bauwerksdatenmodells
- Daten- und Informationsdurchgängigkeit der Modell- und Modellelementinformationen
- (Weiter-)Bearbeitung und Weiterverwendbarkeit der Modell- und Modellelementinformationen

Für den beschriebenen Sachverhalt werden das eTASK Facility Management-Portal der eTASK Immobilien Software GmbH sowie die SAP Cloud for Real Estate untersucht; beide Unternehmen stehen im Rahmen der Praxispartnerschaft für vorliegendes Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der Bergischen Universität Wuppertal. Das Testing der beiden genannten Anwendungen soll einen kurzen und einfachen Überblick über das derzeit abrufbare Leistungsvermögen von CAFM-Anwendungen bei der Integration, dem Umgang und der Ausgabe/Weitergabe von Bauwerksdatenmodellen geben; die Abbildung eines vollständigen Querschnitts über die aktuelle Funktionsfähigkeit von CAFM-Anwendungen beim Datenaustausch im oben genannten Sinne ist nicht Gegenstand des Forschungsprojektes gewesen.

eTASK Facility Management-Portal

Das eTASK Facility Management-Portal (im weiteren Verlauf „FM-Portal“) ist eine modulare und webbasierte Anwendung für die Verwaltung einer Immobilie und der damit einhergehenden Prozesse für das Gebäudemanagement (technisches, infrastrukturelles sowie kaufmännisches Gebäudemanagement/Property Management), welches ganzheitlich abgebildet wird.

Der Import eines Bauwerksdatenmodells kann über zwei Wege in das FM-Portal durchgeführt werden: Einerseits als IFC-Datei (Übergabeformat *.ifc (Version 2x3) oder *.ifczip) über die Benutzeroberfläche des Portals in das System geladen werden. Hierbei wird der Import durch eine maximale Dateigröße von 250 Megabyte begrenzt; weiterhin darf nur ein Gebäude je Datei übergeben werden. Andererseits bietet eTASK die Möglichkeit, das Bauwerksdatenmodell aus der Autorensoftware direkt über ein eigenes Add-In in das Portal zu laden; diese Möglichkeit eröffnet sich aktuell jedoch nur für Nutzer von Autodesk Revit. Anforderungen an die Modelldatei sind hier analog zum ersten Lösungsweg. Für das System notwendig sind die Angaben über den Modelltypen (Auswahl zwischen Architektur-, Raumlufttechnik- und Stahlbau-Modell) sowie die Registrierung im System in Form der Zuordnung des Modells zu einem vordefinierten Standort.

Nach dem Import des Bauwerksdatenmodells wurden das Gebäudemodell und die enthaltenen Objektinformationen im System integriert. Die Zuordnung des Gebäudemodells zu einem Standort erfolgt infolge der manuellen Zuordnung problemlos. Für die Prüfung der Daten- und Informationsdurchgängigkeit des Imports besteht unter anderem die Möglichkeit, über das Objektkataster eine Übersicht aller importierten (registrierten) Modellelemente einzusehen. Es können hier durch die Auswahl eines Modellelementes die zugehörigen Eigenschaften eingesehen werden. Eine Anpassung der Informationen, beispielsweise die Änderung des Objekttyps, der Flächennutzungsart nach DIN 277 und Ähnliches, ist über diese Eingabemaske möglich. Das Einpflegen weiterer betriebsnotwendiger Informationen, die nicht in während der Modellierung (technisch) eingepflegt wurden oder werden konnten, können hier eingefügt werden (siehe Abbildung 18); die Auswahl der Informationsfelder orientiert sich bauteiltypenbezogen am hinterlegtem Klassifizierungssystem. Durch Speicherung der Änderung werden die Anpassungen des Modellelements im System synchronisiert.

Abbildung 18: Übersicht und Anpassung der Objektinformationen im Objektkataster des eTASK FM-Portals

Die Visualisierung des Modelles im integrierten Viewer des FM-Portals stellt eine abgeleitete Form der Daten- und Informationsdurchgängigkeitsprüfung der zuvor beschriebenen Form dar. Über das Viewer-Tool „Objektinformationen ein-/ausschalten“ können bei Auswahl eines Modellelementes die modellelementspezifischen Informationen angezeigt werden. Diese werden in „eTASK-“ und „IFC-Objektinformationen“ unterschieden: Als „eTASK-Objektinformationen“ sind grundsätzlich all diejenigen Informationen zu verstehen, die für den Gebäudebetrieb notwendig sind; Anzahl und Inhalt der angezeigten Informationsfelder orientieren sich – wie bereits oben beschrieben – am hinterlegten Klassifizierungssystem. „IFC-Objektinformationen“ sind in diesem Zusammenhang sämtliche übergebene Informationen, die sich aus der IFC-Struktur des Modellexportes ergeben oder ableiten lassen, wie beispielsweise *lfcTyp*, Höhe (*Height*), Netto-Bodenfläche (*NetFloorArea*).

Das Tool „Darstellung“ ermöglicht weiterhin das Einfärben von Modellelementen nach Elementeigenschaften, wodurch eine visuelle Kontrolle einer Wertzuordnung von Informationen sowie eine Plausibilitätsprüfung der hinterlegten Modellelementinformationen nach Modellelement ermöglicht wird. Diese Möglichkeit der Informationsdarstellung ist insbesondere für die Verwaltung von Flächeninformationen (Flächennutzungsart, Bodenoberflächeninformationen, Arbeitsplatzzuordnung etc.) interessant.

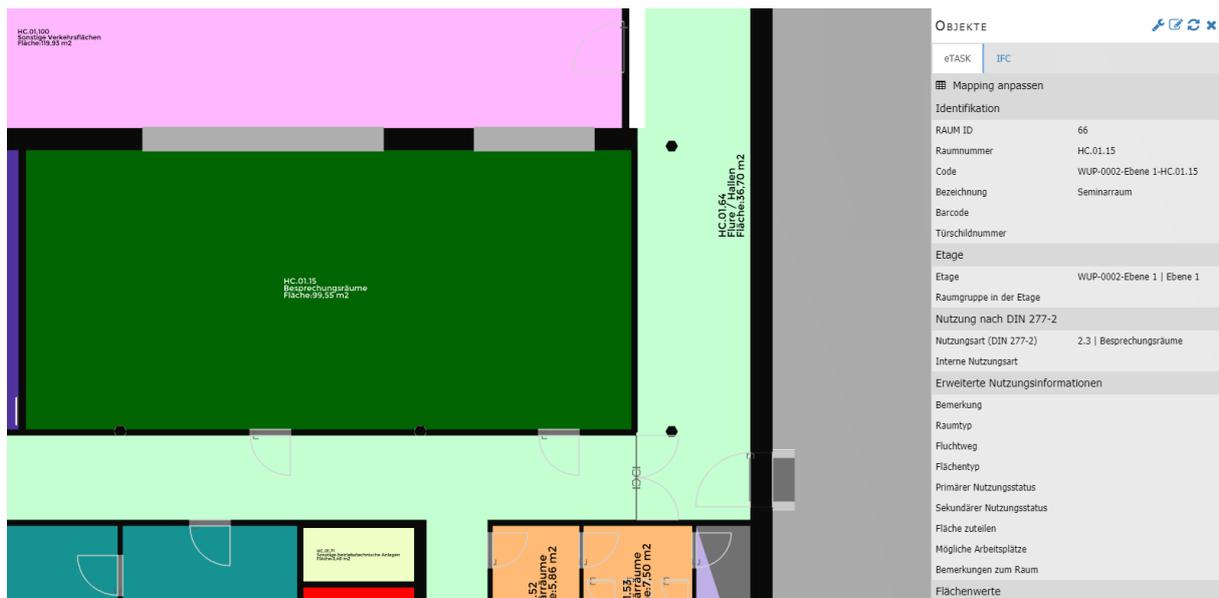


Abbildung 19: Darstellung von modellelementbezogenen Informationen (hier für Fläche) sowie Einfärbung von Modellelementen nach Informationen (hier: Flächennutzungsart)

Weiterhin bietet der Viewer die Möglichkeit, Modellelemente über den Filter „IfcTyp“ zu identifizieren und anzuzeigen. Eine Identifizierung, Verortung und anschließende Registrierung von Modellelement-Proxys (IfcProxy) wird dadurch unterstützt und erleichtert.

Für die Weiterverwendbarkeit lassen sich Modell- und Modellelementinformationen um weitere betriebs-spezifische Informationen erweitern, beispielsweise durch betriebliche Informationen (Wartungsdaten, Unterhaltskosten etc.) oder durch Anbindung an externe Datenbanken. Für die Weiterverwendbarkeit der integrierten Modellelemente und -informationen wird im weiteren Verlauf exemplarisch auf die Ableitung der Betreiberpflichten für eine technische Anlage (hier: Personenaufzug) eingegangen. Dafür wird die Anbindung des FM-Portals an die Datenbank von REG-IS (Regelwerks-Informationssystem) genutzt; REG-IS ist ein Online-Informationssystem, welches aktuelle und geltende Regelwerke für das Facility Management strukturiert darstellt und unter anderem bauteilbezogene Pflichten, beispielsweise für Tätigkeiten, Fristen oder Qualifikation zur Ausführungen von Leistungen an einer technischen Anlage, ableitet. Abbildung 20 stellt den Informationsfluss der beschriebenen Thematik für die Ableitung des Typenbetriebskonzeptes einer Aufzugsanlage schematisch dar.

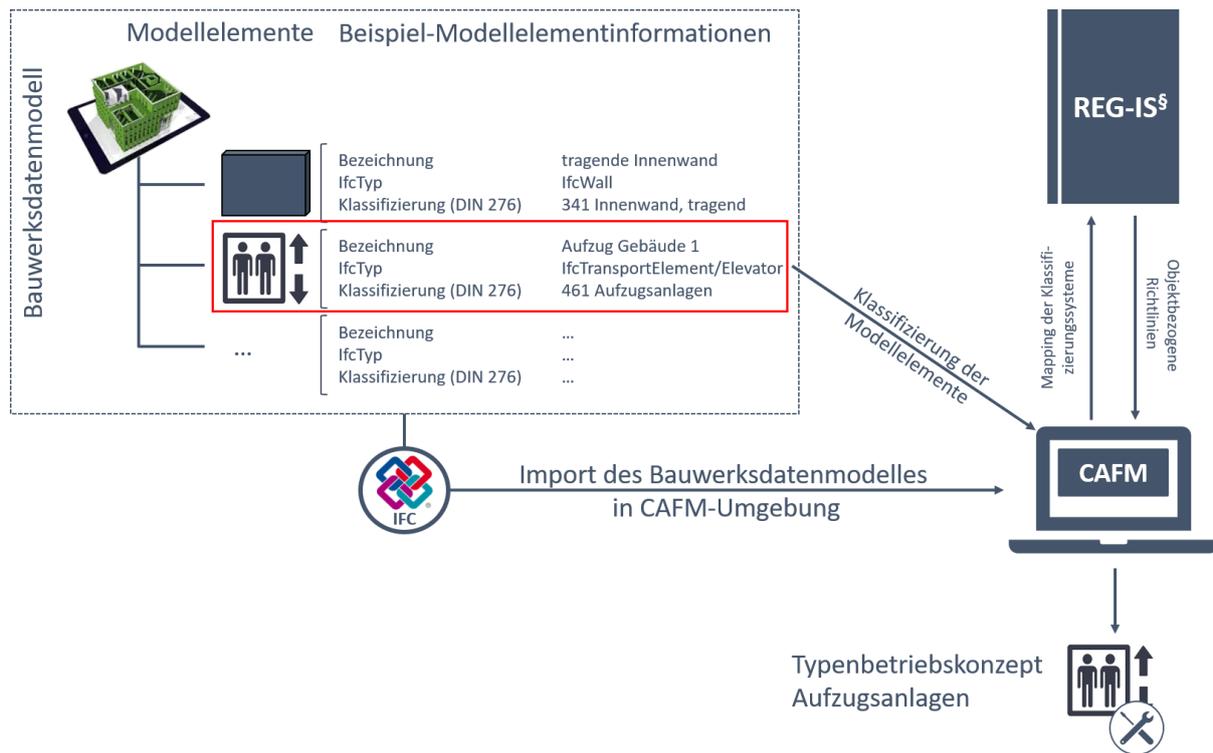


Abbildung 20: Schematische Darstellung: Ableitung des Typenbetriebskonzeptes über REG-IS

Über diese Anbindung an REG-IS bietet das FM-Portal die Möglichkeit, über die modellelementbasierten Informationen eine gefilterte, bauteilspezifische Auswahl an geltenden Regelwerken an das Modellelement zu koppeln. Das FM-Portal mappt dabei das verwendete Klassifizierungssystem (hier: CAFM-Connect) mit dem Klassifizierungssystem der externen Datenbank (REG-IS), wodurch eine eindeutige Zuordnung der in REG-IS hinterlegten Regelwerke je Bauteil entsteht. Werden dann die aktuellen Regelwerke für die Beispiel-Aufzugsanlage abgefragt, wird ein Katalog ebendieser im FM-Portal generiert. Der Benutzer wählt aus dieser Auswahl notwendige Regelwerke aus und generiert abgeleitete Tätigkeiten in Form von Service-Tickets oder Beauftragungen.

SAP Cloud for Real Estate

Die Cloud for Real Estate der SAP SE ist eine webbasierte Softwarelösung. Sie bietet Funktionen für das Location Management, das Workspace Management, das Team Management sowie Integrationen zu weiteren Bereichen wie dem Contract Management.⁴⁸

Im Rahmen einer Bauwerksmodellierung wurde ein Beispielobjekt in Cloud for Real Estate eingepflegt. Hierbei wird ersichtlich, inwieweit die Informationen des Objektes in Cloud for Real Estate verwendet werden können. Im ersten Schritt wird das Beispielobjekt auf der Weltkarte angezeigt und verortet.

⁴⁸ Der beschriebene Funktionsumfang gilt für die untersuchte Trial-Version der SAP Cloud for Real Estate.

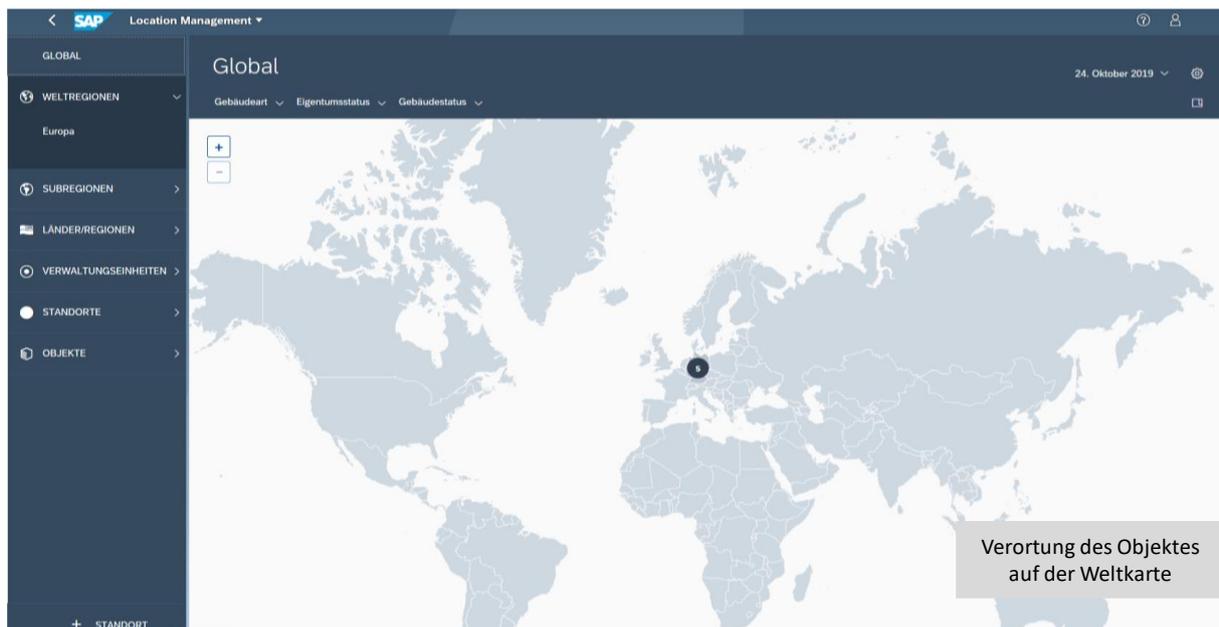


Abbildung 21: Beispielobjekt auf der Weltkarte

Neben der globalen Ansicht kann der Kontinent ausgewählt werden und im Weiteren das Land, Bundesland sowie zuletzt das Objekt.

Im Objekt selbst können verschiedene Informationen aufgerufen werden. Beispielsweise enthält die Übersicht Angaben über Gebäudedetails wie die Adresse, das Baujahr, den Gebäudestatus sowie den Eigentumsstatus.

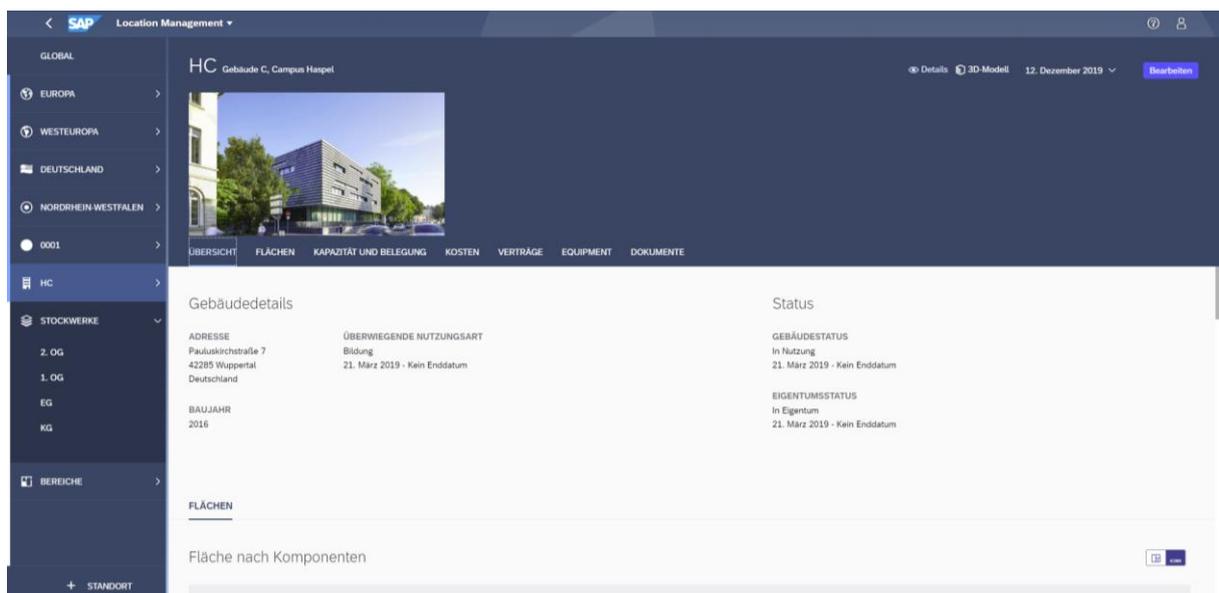


Abbildung 22: Gebäudedetails des Beispielobjektes

Des Weiteren können Informationen über Flächen des Objektes, Kapazität und Belegung, Kosten, Verträge, Equipments sowie Dokumente aufgerufen werden, welche Teilweise aus Integrationen weiterer SAP Modelle stammen.

Aus dem Modell importierte Flächen des Objektes werden nach sog. Komponenten aufgeschlüsselt. Hierzu zählen zum Beispiel Arbeitsbereiche, Verkehrsflächen, Verkaufsflächen. In dieser Ansicht ist ebenfalls die Gesamtgröße des Objektes ersichtlich, die im Weiteren nach Stockwerken gegliedert sind. Der Import von Flächenarten wird nach dem IPMS Standard unterstützt.

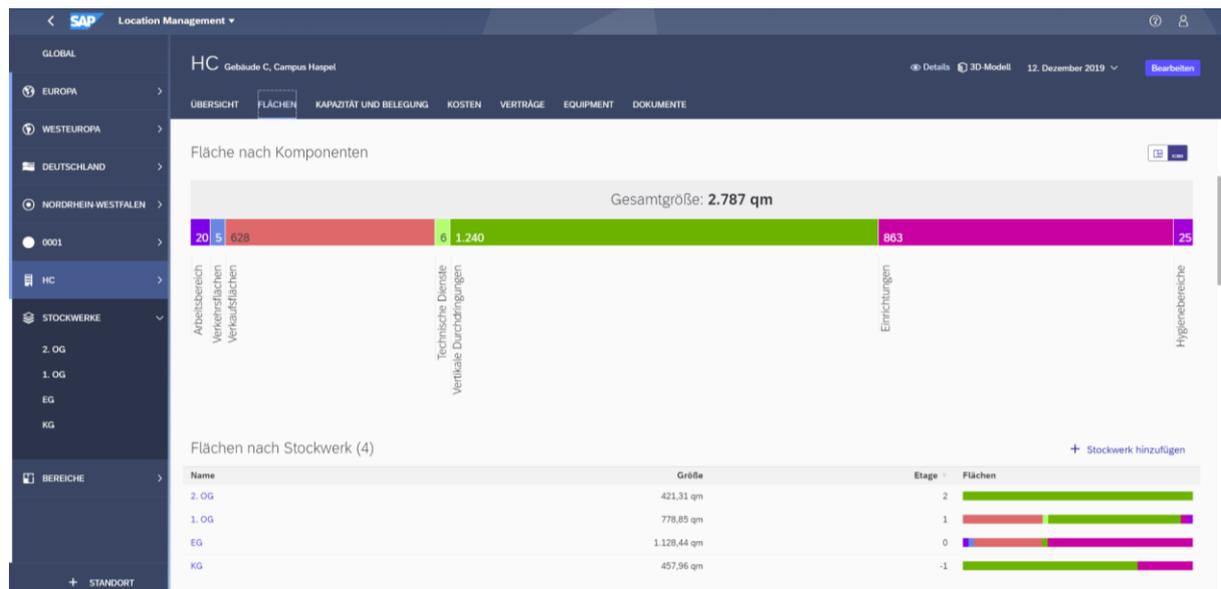


Abbildung 23: Flächen nach Komponenten

Die Flächen des Objektes werden anschließend in Bereiche aufgeschlüsselt. Hierbei entsprechen die Bereiche in Cloud for Real Estate den Räumen aus dem Bauwerksdatenmodell. Zu jedem Raum bzw. Bereich wird hierbei die zugehörige Größe in Quadratmeter, der Hauptflächentyp und die Fläche nach Komponente angezeigt.

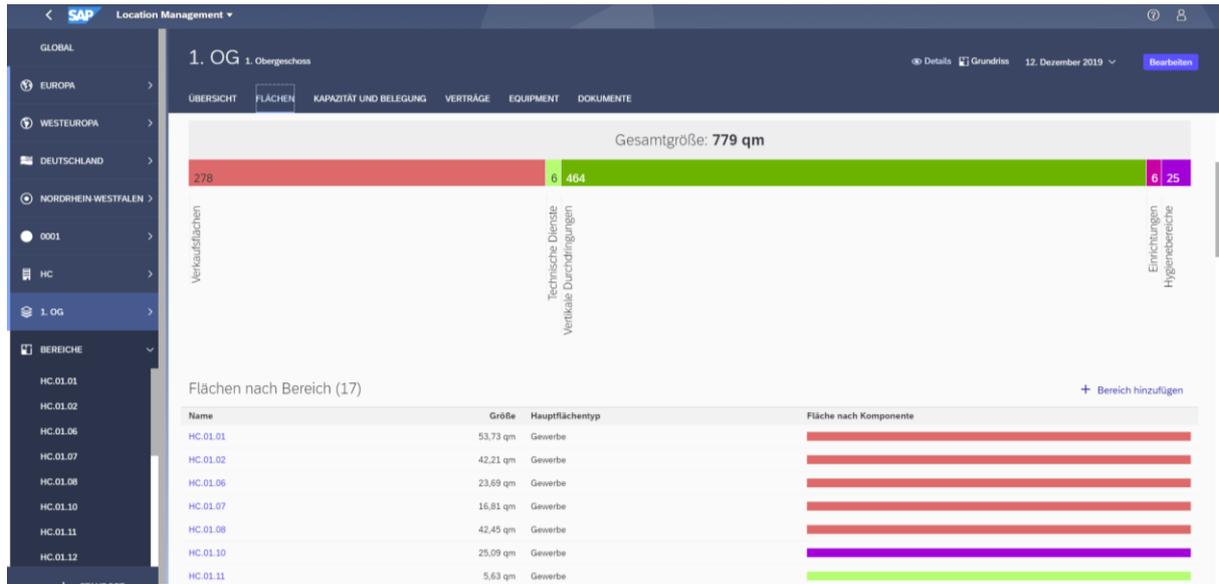


Abbildung 24: Flächen nach Bereichen

Das Beispielobjekt des Bauwerksdatenmodells lässt sich in Cloud for Real Estate ebenfalls als 3D-Modell anzeigen.

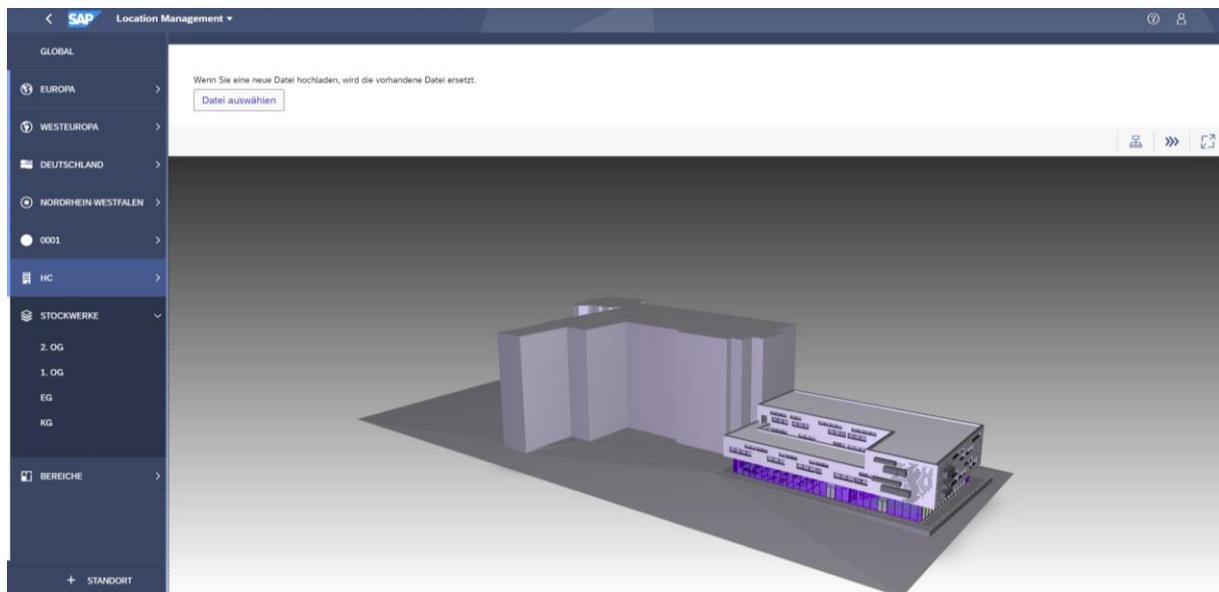


Abbildung 25: 3D-Modell des Beispielobjektes

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden die relevanten Informationen eines auf den Immobilien-Betrieb ausgerichteten Bauwerksdatenmodells auf Attributebene für das technische und infrastrukturelle Gebäudemanagement erfasst. Ziel der Anwendung war die Definition transparenter Datenanforderungen und das Ermöglichen eines absprachelosen Austausches zu weiteren Zielsystemen (bspw. CAFM-Systemen) als Grundlage zur strukturierten Datenerfassung. Hierzu wurden Datenschnittstellen zwischen dem Bauwerksdatenmodell und weiteren Zielsystemen dargestellt, um die Informationen, insbesondere in CAFM Zielsystemen, zu verwenden.

Als Grundlage für den weiteren Verlauf des Forschungsprojektes wurde der Informationsflussprozess erstellt: in Zusammenarbeit mit den beteiligten Praxispartnern wurden die Prozesse für den Betrieb einer Immobilie erfasst, modelliert und validiert. Hierbei erfolgte eine Differenzierung von strategischen und operativen Prozessen: Während ein strategischer Prozess einen Ablauf so kompakt wie möglich beschreibt, um eine übergeordnete Darstellung der Prozesse von Anfang bis Ende zu erzielen, bildet ein operativer Prozess hingegen die dafür notwendigen detaillierten Arbeitsschritte (Prozesse) ab und ist in fachliche und technische Prozesse zu unterscheiden. Im Rahmen des Forschungsprojektes war die Erfassung des fachlichen Prozesses wesentlicher Schwerpunkt, welcher die Frage „wer braucht welche Information von wem wann wofür“ zugrunde legt. Als Zielsystem wurde dafür das BUW-Prozessmodell genutzt, welches eine Möglichkeit zur strukturierten Erfassung und Ableitung von Information für die Methode BIM und die damit in Verbindung stehenden BIM-Ziele und BIM-Anwendungen darstellt. Die Einteilung des BUW-Prozessmodells in fünf Prozessebenen, wobei die strategischen Prozesse die Prozessebenen 1 und 2 und die operativen Prozesse die Prozessebenen 3 bis 5 umfassen, ermöglicht einen tiefgehenden Detaillierungsgrad mit aufsteigender Prozess-Ebenen-Ziffer, wobei die abschließende, fünfte Prozessebene die informationsbeschreibende Ebene darstellt. Das BUW-Prozessmodell ermöglicht mit seinem fünfstufigen Ebenen-Aufbau bestehende fachliche Prozesse der Ebenen 3 und 4 mit BIM-spezifischen Informationsobjekten des IFC-Standards der Ebene 5 in Bezug zueinander zu setzen. Die Beschreibung des fachlichen Prozesses wurde für alle erfassten Prozesse bis Ebene 3 modelliert.

Aufbauend auf dem beschriebenen Informationsflussprozess konnten 16 BIM-Anwendungsfälle aus der Betriebsphase identifiziert werden; sechs dieser identifizierten Anwendungsfälle (jeweils drei aus dem technischen und infrastrukturellen Gebäudemanagement) wurden in Kooperation mit den Praxispartnern bis Prozessebene 5 (Informationsebene) modelliert. Aus den so entstandenen Prozesszusammenhängen können die Informationsanforderungen für die Bearbeitung dieser betrachteten Anwendungsfälle abgeleitet und für die Übersetzung in digitale Informationsanforderungsvorlagen in Form von BIM-Profilen umgesetzt werden. Dabei dient das durch den CAFM-Ring entwickelte BIM-Profil als Datenaustauschstandard für Informationsanforderung an die Modellelemente eines Bauwerksdatenmodells. Das CAFM-Basisprofil gilt als Grundlage zur Erstellung sämtlicher BIM-Profile, welches unter anderem die Gesamtheit aller gesammelten, notwendigen Attribute für den Betrieb einer Immobilie abbildet. BIM-Profile eignen sich beispielsweise als Vertragsbestand innerhalb der Auftraggeber-Informationsanforderung (AIA) oder können als Vorlage zur Erstellung von Prüfregeln im Rahmen von Model Checkern

für die Qualitätskontrolle von Bauwerksdatenmodellen im Sinne einer Attributabfrage genutzt werden. Der notwendige Abgleich sowie Übereinbringung der im BUW-Prozessmodell erfassten Attributlisten mit denen des CAFM-Basisprofils, welche den BIM-Profilen zugrunde liegt, wurde durch die Erarbeitung eines Konzeptes Schaffung einer technischen Synchronisierungsmöglichkeit geschaffen. Hierzu wurde ein Dienst zum Attributen-Abgleich entwickelt, sodass ein Export der Merkmale und die Rückführung nach CAFM-Connect erfolgen konnte.

Infolge der Abbildung der Informationsanforderungen eines BIM-Anwendungsfalls für den Betrieb einer Immobilie als BIM-Profil werden spezifische Anforderungen an die Modellelementattribuierung gestellt, um die Bauwerksdaten des betrachteten Anwendungsfalls, fachlich wie technisch, abbilden zu können. Die Weitergabe von digitalen Bauwerksdaten erfolgt dabei in der Regel in Form eines Bauwerksdatenmodells. Im Rahmen des Projektes wurden daher auf die Möglichkeiten zur Erstellung von Bauwerksdatenmodellen, mit dem Fokus auf die Nutzung innerhalb von Zielanwendungen des Betriebs, eingegangen: Unterschieden werden dabei zwischen der geometrischen Modellerstellung (objektbasiertes Modellieren) und der strukturellen Modellerstellung (strukturbasiertes Modellieren). Aufbauend auf der Erstellung der Bauwerksdatenmodelle wurden die Möglichkeiten des Datentransfers untersucht. Im Zusammenhang mit der Methode BIM wurde dabei der Fokus auf offene Standards (hier: IFC) gelegt, da die Bereitstellung eines universal zugänglichen und bearbeitbaren Datenstandards - aus der Sicht der Verfassenden - die einzige Möglichkeit darstellt, perspektivisch die Methode BIM im Sinne eines Big Open BIM für die gesamte Bau- und Immobilienbranche umsetzen zu können. Der Transfer der Bauwerksdatenmodelle erfolgte dementsprechend als IFC-Datei (IFC2x3).

Im Fokus der Untersuchung der Integration von Bauwerksdatenmodellen in Zielsystemen der Betriebsphase lag auf der Daten- und Informationsdurchgängigkeit sowie der Möglichkeit der Informationsnutzung für angebundene, externe Zielsysteme. Hierfür wurden die CAFM-Anwendungen der Praxispartner eTASK und SAP genutzt, die ihren Schwerpunkt auf das operativen Facility Management bzw. das Property/Asset Management legen. Im Ergebnis der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass eine Integration im Sinne der Datendurchgängigkeit sowie der Weiternutzung der enthaltenen Daten und Informationen, beispielsweise für eine integrierte externe Datenbank, möglich sind und funktionieren. Die Nutzung des Bauwerksdatenmodells als Grundlage für die Datenhaltung und -pflege der Betriebsdaten stellt damit einen großen Hebel für Abbildung der Potentiale der Methode BIM für den Betrieb einer Immobilie dar.

Der aktuelle Stand der Technik stellt bereits jetzt Vorteile für den Immobilienbetrieb dar: Die Nutzung des Bauwerksdatenmodells als Dreh- und Angelpunkt zur Abwicklung des operativen Facility Managements, unter anderem für die Datenvorhaltung, -bearbeitung und -nutzung sowie die Beauftragung von Leistung unter Verwendung der betroffenen, integrierten Daten und Informationen, bedeutet eine Performanceverbesserung unter Anwendung der Methode BIM. Dabei sind noch weitere Hebel im Rahmen der Untersuchung aufgefallen, um weiterführende Vorteile der Digitalisierung in Form von BIM zu erzielen, beispielsweise die Zugrundelegung eines gemeinsamen Standards für Struktur und Schnittstellen der Bauwerksdatenmodelle bei Referenzieren von Betriebsdaten und -informationen hinsichtlich der Kompatibilität bei einem möglichen Zielsystemwechsel. Als Anfang können dafür die Bemühungen des

CAFM-Rings betrachtet werden. Die Bereitstellung einer sauberen Datenstruktur der Bauwerksdaten innerhalb eines Bauwerksdatenmodelles ist dabei vorauszusetzen: Im Rahmen der Überführung von Bauwerksdatenmodellen in die Zielsysteme konnte teilweise festgestellt werden, dass einige Modellelemente nicht als ihr Äquivalent innerhalb der IFC-Struktur, sondern als IfcProxy, übergeben wurden. Hier lässt sich unter anderem eine unsauberere Abbildung der Modellelemente auf die IFC-Struktur im Rahmen des Exportes aus der Autorensoftware annehmen, welche als Störquelle für die Nutzung der Modelle in einem Zielsystem gelöst werden muss. Auf die Nutzung des CAFM-Connect-Editors für die Erstellung eines solchen Modelles kann hier infolge der positiv ausgefallenen Prüfung auf IFC4-Konformität des Bauwerksdatenmodellexportes verwiesen werden. Weiterhin kann durch Definition weiterer BIM-Anwendungsfälle zu den bereits veröffentlichten darüber hinaus eine Möglichkeit geschaffen werden, (perspektivisch) sämtliche Informationsanforderung an Modellelemente und Bauwerksdatenmodelle abzubilden und so die Nutzung von CAFM-Zielsystemen zu optimieren.

6 Aufstockungen im Rahmen der Projektbearbeitung

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurden darüber hinaus zwei Projektaufstockungen umgesetzt: Die Entwicklung eines BIM-Leitfaden für den Mittelstand im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der RMA Management, POS4 und DEUBIM sowie die Entwicklung eines Demonstrators für die Visualisierung des BUW-Prozessmodells, welche im Rahmen der Messe BAU im Januar 2019 in München präsentiert wurde. Im Folgendem wird auf beide Projektaufstockungen eingegangen.

6.1 BIM-Leitfaden für den Mittelstand

Im Rahmen der Projektaufstockung „BIM-Leitfaden für den Mittelstand“ entstand in der Zeit von April bis Oktober 2018 ein praxisnaher Leitfaden, der sich mit der Frage beschäftigt, wieviel BIM ein mittelgroßes Bauprojekt mit Beteiligten aus dem Mittelstand vertragen kann. Der Leitfaden dokumentiert praxisnah und transparent die Schritte der Implementierung der Methode BIM von der Planung über die Bauausführung bis zum Betrieb. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit den Praxispartnern RMA Management, POS4 und DEUBIM erarbeitet. Die unternehmerischen Abwägungen zwischen BIM-Zielen, möglichen Anwendungsfällen und den Anforderungen werden am Beispiel des Fachmarktzentriums Leinefelde übersichtlich dargestellt. Am 8. Oktober 2018 stellte das Projektteam auf der EXPO REAL in München den Leitfaden und die Erfahrungen zu dem Pilotprojekt der Öffentlichkeit vor. Zur BAU 2019 wurde der Leitfaden außerdem in einer neuen Auflage durch das BBSR in seiner Reihe *Forschung für die Praxis* veröffentlicht.

Die BUW begleitete den Projektverlauf des Pilotprojektes von Beginn an und erhielt von den Projektbeteiligten Einblick in alle Entscheidungsprozesse und relevanten Dokumente. Mit fortschreitendem Projektverlauf wurden Interviews mit den Projektbeteiligten geführt, wozu neben Befragungen der Beteiligten bei RMA, POS4 und DEUBIM auch Gespräche mit Fachplanern und Akteuren aus den ausführenden Unternehmen geführt wurden. Ziel war es, ein möglichst ganzheitliches Bild vom Verlauf des Projektes und der Verwendung der Methode BIM in diesem Projekt zu erhalten. Die konkrete Dokumentation der Vorgehensweise bezüglich BIM geschah über eine Evaluation der unterschiedlichen BIM-Anwendungsfälle in enger Zusammenarbeit mit DEUBIM und POS4.

Der Leitfaden begleitet und dokumentiert den konkreten Projektverlauf in der Praxis, inklusive aller Herausforderungen und Probleme, und bildet gleichzeitig eine allgemeine Handreichung mit Erläuterungen der relevanten BIM-Management Grundlagen, die bei der Umsetzung von BIM konkret benötigt werden. Hierbei geht der Leitfaden systematisch vor: In jeder Projektphase von der Projektaufsetzung bis zur Abnahme wird die Umsetzung von BIM-Zielen mit konkreten Anwendungsfällen im Workflow erörtert. Die Grundlage bildet eine BIM-Dokumentenmatrix, bestehend u.a. aus BIM-Strategie, Auftraggeber-Informationsanforderungen und BIM-Abwicklungsplan. Sie steht für eine präzise Planungsdokumentation und eine frühzeitige Fehlererkennung und ist die Basis für ein erfolgreiches Gewährleistungsmanagement und eine verbesserte Kosten- und Terminalsicherheit. Die Festlegung der Informationsverfügbarkeit, -verantwortlichkeit, -zuständigkeit, -tiefe und des Informationsbedarfs ist eine weitere Voraussetzung für die erfolgreiche und vor allem schlanke Umsetzung der BIM-Methode im Projekt. Dabei liegt der Fokus nicht auf der globalen Verfügbarkeit aller Informationen für alle am Bau Beteiligten, vielmehr

steht die Regelung und Organisation der Informationsverfügbarkeit und -tiefe zum benötigten Zeitpunkt im Zentrum der Betrachtung.

Der Leitfaden stellt das Informationsmanagement für das FMZ Leinefelde dar. Nach der systematischen Aufbereitung des BIM-Pilotprojektes schließt der Leitfaden mit einer Checkliste zur Projektumsetzung ab, die den Lesern und Leserinnen als konkrete Handreichung bei der Umsetzung eigener Projekte dienen kann. Der BIM-Leitfaden für den Mittelstand wurde im Zuge des buildingSMART Awards 2019 aus über 100 Einreichungen als einer der drei Finalisten in der Kategorie „Design“ (Entwurf) aufgenommen. Über die Homepage des Bundesinstituts für Bau-, Stadt und Raumforschung⁴⁹ kann dieser kostenfrei heruntergeladen werden.

6.2 Entwicklung eines Demonstrators für die Visualisierung des BUW-Prozessmodells

Das in verschiedenen Forschungsvorhaben am Lehrstuhl für Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal entwickelte und fortlaufend weiterentwickelte BUW-Prozessmodell für den Hochbau wurde im Rahmen der Messe Bau 2019 in München visualisiert. Als Basis für die Visualisierung wurde das Bauwerksdatenmodell des Neubaus Gebäude HC, Bergische Universität Wuppertal, ausgewählt. Hierfür wurde das Modell in Revit anhand der vorhandenen Grundrisspläne des Architekturbüros kadawittfeldarchitektur erstellt und alphanummerische Objektinformationen eingepflegt. Das Gebäudemodell wurde durch den Einsatz der Unity-Engine in eine VR-kompatible Umgebung überführt, wodurch die Visualisierung über eine VR-Brille interaktiv erlebbar wird.



Abbildung 26: Screenshot aus der VR-Visualisierung des BUW-Prozessmodells, Objektdaten

⁴⁹URL: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ZukunftBauenFP/2019/band-19.html?nn=396894>

Im Demonstrator kann die Eingangshalle der Universität begangen werden. Über die Auswahl der im BUW-Prozessmodell angelegten Lebenszyklusphasen Entwicklung, Planung, Realisierung, Betrieb und Abbruch kann die dargestellte Umgebung sukzessiv entsprechend der Auswahl verändert werden. Weiterhin können unterschiedliche modellierte Objekte in der Anwendung ausgewählt werden, von denen eine vorher definierte Auswahl objektspezifischer Informationen, unterteilt in Stamminformationen (unter anderem Material, Hersteller, Herstellungsdatum) und Ereignisinformationen (beispielsweise Zustandsdaten), angezeigt wird. Es können durch die Auswahl voreingestellter BIM-Anwendungen (Objektdaten, Terminkontrolle und Kostenkontrolle) gefilterte Informationen der am Projekt Beteiligten (Architekt, Fachplaner, Bauausführender, Betreiber etc.) je Bauteil und Lebenszyklusphase angezeigt werden. Gleichzeitig wird ersichtlich, dass diese Informationen aus dem BUW-Prozessmodell stammen. Entsprechend der Auswahl der Lebenszyklusphase ändert sich die Informationstiefe der an den Objekten hinterlegten Daten.



Abbildung 27: Screenshot aus der VR-Visualisierung des BUW-Prozessmodells, Anwendungsfall Kostenkontrolle

7 Literaturverzeichnis

- Aengenvoort, K., & Kärmer, M. (2018b). *Entwurfsbeitrag - 1. Auflage Building Information Modelling*.
- Aengenvoort, K., & Krämer, M. (2018a). BIM in the Operations of Buildings. In M. K. André Borrmann, *Building Information Modeling – Technology Foundations and Industry Practice*. Springer.
- AHO-Fachkommission. (2009). *Projektmanagementleistungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft*. AHO Heft Nr. 9, Bundesanzeiger Verlag.
- Berner, F., Kochendörfer, B., & Schach, R. (2013). *Grundlagen der Baubetriebslehre 1*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Betriebssicherheitsverordnung. (2015).
- Borrmann, A. K. (2015). *Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. München: Springer Vieweg.
- buildingSMART. (2013). *Das Warten hat sich gelohnt. IFC4 ist da!* Von <https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=News.show&id=142>. abgerufen
- buildingSMART. (kein Datum). *BCF Releases*. Von buildingSMART international: <https://web.archive.org/web/20181124220315/http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases> abgerufen
- buildingSMART. (kein Datum). *Standards*. Von buildingSMART: <https://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards> abgerufen
- Chies, S. (2016). *Change Management bei der Einführung neuer IT-Technologien*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Dageförde, A. (2018). *Checkliste 1: Wie funktioniert das deutsche Vergaberecht?* Von Deutsches Vergabeportal: https://www.dtv.de/sites/default/files/1_DTVP.pdf abgerufen
- DIN. (2007). *DIN EN 15221-1:2007-01*.
- DIN. (kein Datum). *Stammdaten: Genormte Stammdaten*. Von Beitrag auf Informationswebsite des DIN e.V. über die Entwicklung eines Leitfadens für genormte Produktmerkmale und Klassen (ISO/IEC Guide 77-1 bis 3): <http://www.din.de/cmd?level=tpl-artikel&languageid=de&cmstextid=stammdaten> abgerufen
- GEFMA. (2004). *GEFMA 100*.
- GEFMA. (2004). *GEFMA 190*.
- Handschumacher, J. (2014). *Immobilienrecht praxisnah: Basiswissen für Planer*. Springer Vieweg.
- IM. (15. Dezember 2016). Landesbauordnung BauO NRW. NRW.
- Kaufhold, M., & Khorrami, N. (2017). *Entwicklung einer idealtypischen Soll-Prozesskette zur Anwendung der BIM-Methode im Lebenszyklus von Bauwerken*.
- Kochendörfer, B., Liebchen, J., & M., V. (2010). *Bau-Projekt-Management - Grundlagen und Vorgehensweisen*. Vieweg+Teubner Verlag.
- Laakso, M., & Kiviniemi, A. (Mai 2012). The IFC Standard - A Review of History, Development, and Standardization. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*.
- Liedtke, S. (Mai 2016). *Was ist IFC (Industry Foundation Classes) ?* Von BIMSource.de: <https://bimsource.de/was-ist-ifc-industry-foundation-classes/> abgerufen
- Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr. (14. 12 2016). Von <http://www.mbwsv.nrw.de/bauen/bautechnik/pruefingenieureFbaustatik/index.php> abgerufen
- Pfarr, K. (1984). *Grundlagen der Betriebswirtschaft*. Essen: Dt. Consulting Verlag.
- Rabe, K., & Heintz, D. (2006). *Bau- und Planungsrecht, 6. Auflage*. Stuttgart: Deutscher Gemeindeverlag GmbH.
- Stuhlmacher, K., Liebich, T., Adolf, C., & Goitowski, S. (Oktober 2012). GAEB – Europäischer Vergleich: Wissenschaftliche Untersuchung der verschiedenen europäischen Datenaustauschformate für

Ausschreibung und Vergabe im Vergleich zum GAEB-Datenaustauschformat. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

VDMA. (2000). *Instandhaltungs-Information Nr. 19*. Frankfurt am Main.

von Both, P. (2007). *Leitfaden IFC 2x3*. München: Nemetschek Technology GmbH. Von http://www.allplan.net/cms/fileadmin/media/pdf/IFC/IFC_Nemetschek_Leitfaden20.pdf abgerufen

Werbrouck, J. &, & Pauwels, P. (2019). *Querying Heterogeneous Linked Building Data with Context-expanded GraphQL Queries*.

Wikipedia. (kein Datum). *Vererbung (Programmierung)*. Von Wikipedia.de: [https://de.wikipedia.org/wiki/Vererbung_\(Programmierung\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Vererbung_(Programmierung)) abgerufen

Anlage 1 Druckbericht des Informationsflussprozesses aus dem BUW-Prozessmodell mit dem Fokus Betrieb

Anlage 2 Rechercheergebnisse über veröffentlichte BIM-Anwendungsfälle

Anlage 3 Druckberichte der identifizierten BIM-Anwendungsfälle im Immobilienbetrieb

Anlage 4 Demonstratordatensatz zur Abbildung des BIM-Anwendungsfalls „Reinigungsmanagement“ im CAFM-Connect-Editor

Anlage 5 Handlungsempfehlung zur digitalen Bauwerksaufnahme

Anlage 6 Anwendungsbeschreibung CAFM-Connect-Editor

Anlage 7 Vorläufiger Prüfbericht über die Konformität der Abbildung eines Exports aus dem CAFM-Connect-Editor auf IFC4