

# **BIM-basiertes Bestands- management von Gebäuden**

M. Krammer, M. Monsberger,  
M. Amberger, G. Zucker, T. Lewis,  
T. Bednar, R. Beck, G. Sinkovits,  
M. Kroisz, C. Eichler, S. Hauer,  
J. Morten Loes, K. Onur Arisan,  
M. Hollaus, C. Hollaus, C. Urschler,  
F. Spitzer, G. Brandauer, A. Waschl

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**38/2024**

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren: Martin Krammer, Michael Monsberger, Moritz Amberger,  
Gerhard Zucker, Thomas Lewis, Thomas Bednar, Rebecca Beck, Günter Sinkovits, Michael Kroisz,  
Christoph Eichler, Stefan Hauer, Jan Morten Loes, Kazim Onur Arisan, Martin Hollaus, Christian  
Hollaus, Christoph Urschler, Florian Spitzer, Georg Brandauer, Alfred Waschl

Wien, 2023

# BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden

Martin Krammer, Michael Monsberger  
Institut für Bauphysik Gebäudetechnik und Hochbau, TU Graz

Moritz Amberger, Gerhard Zucker  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Thomas Lewis, Thomas Bednar  
Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie, TU Wien

Rebecca Beck, Günter Sinkovits, Michael Kroisz, Christoph Eichler, Stefan Hauer, Jan Morten Loes,  
Kazim Onur Arisan  
Flughafen Wien AG

Martin Hollaus, Christian Hollaus  
Ingenieurstudio Hollaus

Christoph Urschler  
TBH Ingenieur GmbH

Florian Spitzer, Georg Brandauer  
ALLPLAN Gesellschaft m.b.H.

Alfred Waschl  
buildingSMART Austria

Graz, Juli 2023

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von





## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM  
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>11</b>
	3.1. Motivation.....	11
	3.2. Stand der Technik .....	11
	3.3. Vorprojekte .....	14
	3.4. Zielsetzung des Projekts BIMBestand .....	15
<b>4</b>	<b>Projekthalt</b> .....	<b>17</b>
	4.1. Anforderungs- und State-of-the-Art-Analysen .....	18
	4.1.1. Analyse bestehender Forschungsarbeiten und -projekte .....	19
	4.1.2. Analyse existierender Normen und Richtlinien .....	19
	4.1.3. Analyse von BIM-Regelwerken und Datenaustauschkonzepten aus praktischen Projekten.....	19
	4.1.4. Gebäudebetriebsevaluierungen .....	19
	4.1.5. Zusammenfassung von FM-Prozessen, Bedarfsanforderungen und zusammenhängenden Technologien .....	20
	4.1.6. Ausarbeitung von User-Stories.....	20
	4.1.7. Objektivierung mit Stakeholder-Interviews .....	21
	4.1.8. Markt- und Feature-Evaluierung von betroffenen Softwareprodukten .....	22
	4.2. Anwendungsdesign .....	22
	4.3. Infrastrukturentwicklung und BIM-Setup.....	25
	4.4. Integrale praktische Evaluierung und Validierung.....	27
	4.5. Wissenstransfer .....	28
	4.6. Bewertung der angewendeten Methoden .....	28
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>30</b>
	5.1. Anforderungs- und State-of-the-Art-Analysen .....	30
	5.1.1. Beispiele relevanter nationaler und internationaler Forschungsprojekte .....	30
	5.1.2. Normen und Richtlinien.....	33
	5.1.3. Anforderungen für BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden auf Basis von Realprozessen .....	33
	5.1.4. Praxisfeedback involvierter Stakeholder für BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden.....	35
	5.2. Anwendungsdesign .....	38
	5.2.1. UC Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden .....	38
	5.2.2. UC Bauablauf-integrierte asBuilt-Dokumentation .....	39
	5.2.3. UC Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens .....	40

5.2.4.	UC BIM-Daten in Werk- und Montageplanung .....	40
5.2.5.	UC Wartungs- und Prüfungsmaßnahmen .....	41
5.3.	Infrastrukturentwicklung- und BIM-Setup.....	41
5.3.1.	Prototypische Entwicklung einer demonstrationsfähigen Softwareumgebung auf Basis von RKV View .....	42
5.3.2.	Erweiterungen der Plattform SIMULTAN .....	44
5.4.	Integrale praktische Demonstration und Validierung .....	45
5.4.1.	Aufgaben und Ziele der Validierung .....	45
5.4.2.	Validierungsformat .....	45
5.4.3.	Ausgewählte Ergebnisse der Validierung .....	49
5.5.	Wissenstransfer .....	53
5.6.	Beitrag des Projekts zu den Gesamtzielen des Programms „Stadt der Zukunft“ .....	53
5.6.1.	Beitrag für nachhaltige Energiesysteme und Reduktion der Klimawirkung.....	54
5.6.2.	Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und der F&E Qualität .....	54
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>55</b>
6.1.	Gewonnene Erkenntnisse .....	55
6.2.	Weiterführende Aktivitäten des Projektteams.....	59
6.2.1.	Weiterführende Aktivitäten der wissenschaftlichen Projektpartner:innen.....	59
6.2.2.	Weiterführende Aktivitäten der Unternehmenspartner:innen .....	59
6.3.	Relevante Zielgruppen .....	61
6.4.	Verwertungs- und Verbreitungsaktivitäten .....	62
<b>7</b>	<b>Ausblick und Empfehlungen .....</b>	<b>65</b>
<b>8</b>	<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>67</b>

# 1 Kurzfassung

## **Motivation und Forschungsfrage**

Die Reduktion des Energiebedarfs im Gebäudesektor ist ein entscheidendes Kriterium zum Erreichen der Klimaziele. Die Entwicklung und Anwendung digitaler Methoden in der Bau- und Immobilienwirtschaft wird in diesem Zusammenhang als Schlüsselfaktor und unabdingbare technologische Säule gesehen, um in dieser klimapolitisch hoch relevanten Branche die europäischen Zielsetzungen zu erreichen. Die weitere Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebetriebs ist dabei von maßgebender Bedeutung. Deshalb ist es wesentlich, den Gebäudebetrieb bestmöglich durch den Einsatz digitaler Methoden und Verfahren zu unterstützen und zu optimieren. Building Information Modeling (BIM) ist in diesem Zusammenhang eine elementare Methodik, die in Zukunft massiv an Bedeutung gewinnen und eine signifikante Rolle im Gebäudebetrieb spielen wird. Daher gilt es, die Potentiale von BIM für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb zu nutzen und die Methodik selbst hinsichtlich dieser Zielsetzung weiterzuentwickeln bzw. die dazu notwendigen technischen und prozessualen Grundlagen zu schaffen.

## **Ausgangssituation/Status Quo**

BIM wird in der Nutzungsphase von Gebäuden derzeit noch nicht breit eingesetzt, womit viele Potentiale ungenutzt bleiben. Dies schließt insbesondere den energie- und ressourceneffizienten Gebäudebetrieb mit ein. Das langfristige Ziel einer vollständigen BIM-Integration in das Facility Management (FM) und die Betriebsführung von Gebäuden ist damit eine wichtige zu lösende Aufgabenstellung. Studien und praktische Beispiele zeigen, dass die Überführung eines BIM-Modells in das Facility Management momentan noch mit großen Informationsverlusten verbunden ist. Auch die Interoperabilität von Softwaretools ist oft nicht gegeben, da überwiegend proprietäre Applikationen eingesetzt werden und offene Datenformate, wie zum Beispiel die Industry Foundation Classes (IFC), noch unzureichend Verwendung finden. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang auch die, bis dato noch nicht gegebene, praktische Etablierung eines projektphasenübergreifenden Einsatzes der BIM-Methode. Ein Schlüsselaspekt ist hierbei das Erzielen einer hohen Datendurchgängigkeit, die eine nahtlose modellbasierte Übergabe von Daten aus dem Planungs- und Ausführungsprozess in die Betriebsphase von Gebäuden ermöglicht.

## **Projekt-Inhalte und Zielsetzungen**

Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, strukturiert Informationsanforderungen und Prozessbeschreibungen aus dem operativen Gebäudebetrieb anhand von Use-Cases abzuleiten und diese Use-Cases beispielhaft praxisnah zu validieren. Diese übergeordnete Zielsetzung umfasst als Teilziele die detaillierte Ausarbeitung und Evaluierung von Use-Cases, die Verbesserung der Durchgängigkeit von fachübergreifenden Datenmodellen, die Entwicklung einer softwaretechnischen Lösung für die Kopplung von Softwaresystemen der operativen Betriebsführung auf Basis offener Datenschnittstellen sowie den Wissenstransfer zu Stakeholdern.

## **Methodische Vorgehensweise**

Die angewandte Forschungsmethodik setzt sich aus den folgenden, aufeinander aufbauenden Schritten zusammen. Den Ausgangspunkt bildet eine umfassende Anforderungsanalyse zur Feststellung des Bedarfs. Diese umfasst die Evaluierung von FM- und Betriebsprozessen, die Ausarbeitung von User-Stories sowie die Durchführung von Stakeholder-Interviews. Auf dieser Basis

erfolgt im nächsten Schritt die Entwicklung von Use-Cases und deren Abbildung auf einer Use-Case-Management-Plattform. Um die praktische Implementier- und Anwendbarkeit der entwickelten Use-Cases zeigen zu können, bedarf es der Entwicklung einer geeigneten Softwareumgebung. Diese erfolgt im Rahmen des Projekts prototypisch auf Basis offener Schnittstellen. In dieser Softwareumgebung werden abschließend die ausgearbeiteten Use-Cases getestet und einer Evaluierung unterzogen.

### **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Im Rahmen des Forschungsprojektes BIMBestand konnte gezeigt werden, dass der Ansatz eines open-BIM-basierten Bestandsmanagements von Gebäuden umsetzbar ist. Es wurde deutlich gemacht, wie ausgehend von der grundlegenden Definition und Formulierung von konkreten Anwendungsfällen Prozesse und Workflows aufgesetzt und durch die Integration offener Datenschnittstellen in einem realen Umfeld implementiert und nutzbringend eingesetzt werden können. Im Rahmen einer Validierung konnten die Machbarkeit dieses Ansatzes sowie dessen Vorteile aufgezeigt werden. Alle im Lebenszyklus eines Bauprojekts beteiligten Akteure können signifikant durch den Einsatz von open-BIM profitieren. Die Formulierung von Use-Cases ist eine Grundvoraussetzung für eine zielführende und erfolgreiche Anwendung von BIM-Modellen in der Nutzungsphase von Gebäuden. Mittels Use-Cases kann ein gemeinsames und gegenseitiges Verständnis hinsichtlich der Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit einer detaillierten Modellerstellung im gesamten Projektumfeld geschaffen werden, was die Zusammenarbeit erleichtert. Wesentlich ist außerdem, dass alle Kommunikationsschritte auf Grundlage von offenen Schnittstellen realisiert werden. Dadurch ist der flexible Einsatz von Software-Werkzeugen, sowohl was die Planung bzw. Ausführung als auch das Bestandsmanagement betrifft, möglich. Dies unterstreicht die Notwendigkeit und Bedeutung genormter offener Datenformate bzw. Schnittstellen.

### **Ausblick**

Die Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien im Bestandmanagement und der Betriebsführung von Gebäuden sind breit und reichen vom Einsatz von IoT-Technologien bis hin zum Einsatz von Methoden aus dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz. Wesentlich sind auch die Bereiche Interaktion und Kommunikation, beispielsweise bei der Vernetzung smarterer Energieinfrastrukturen mit Gebäuden und der damit verbundene automatisierte Austausch von Daten und Metadaten sowie deren Verarbeitung. Die Verfügbarkeit strukturierter und maschinell verarbeitbarer Modelle und Daten von den bewirtschafteten Gebäuden ist eine grundlegende Voraussetzung für den breiten Einsatz hochentwickelter digitaler Methoden im Gebäudebetrieb. BIM-Modelle sind dabei ein wesentlicher Faktor. Daher gilt es, den Einsatz von BIM in der Nutzungsphase von Gebäuden voranzutreiben, damit im Zusammenwirken mit anderen digitalen Technologien das volle Potential der Digitalisierung zur Realisierung eines nachhaltigen Gebäudebetriebs genutzt werden kann.

## 2 Abstract

### **Motivation and research question**

The reduction of energy demand in the building sector is a crucial factor for achieving the climate targets. The development and application of digital methods in the construction and real estate industry is seen as a key element and important pillar in order to achieve the European targets in this most relevant sector. Increasing the energy efficiency of building operation is of utmost importance in this context. It is therefore essential to support and optimise building operation in the best possible way through digital technologies and methods. In this context, Building Information Modelling (BIM) is a fundamental methodology that will gain substantial importance in the future and play a significant role in building operation. It is therefore important to exploit the potential of BIM in terms of sustainable building operation and to enhance the method by developing necessary technological foundations and processes.

### **Initial situation/status quo**

BIM is not yet widely used in the operational phase of buildings, which means that much potential remains untapped. This includes, in particular, energy and resource-efficient building operation. The long-term goal of fully integrating BIM into facility management (FM) and the operational management of buildings is therefore an important task to be solved. Studies and practical examples show that data transfer via BIM to facility management is currently associated with significant losses of information. Interoperability of software tools is often missing, as proprietary applications are still prevalent and open data formats such as the Industry Foundation Classes (IFC) are insufficiently used. In this context, it is also important to establish the practical use of BIM across all project phases, which has not yet been done. A key aspect here is to achieve a high level of data consistency, enabling a seamless model-based data transfer from the design and construction process to the operational phase of buildings.

### **Project contents and objectives**

The aim of this research project is to derive information requirements and process descriptions from operational building management by means of use cases and to validate these use cases in a practical manner. This includes detailed development and evaluation of use cases, improvement of the flow of information and models across different project phases, development of a software solution for coupling relevant software tools on the basis of open data interfaces and transfer of knowledge to stakeholders.

### **Methodical procedure**

The applied research methodology consists of the following consecutive steps. The starting point is a comprehensive requirements analysis. This includes evaluating FM and building operation processes as well as elaborating user stories and conducting stakeholder interviews. The next step is to develop use cases and to publish them on a use case management platform. In order to demonstrate the feasibility and practical applicability of the developed use cases, a suitable software environment has to be developed. For this purpose, a software prototype based on open interfaces is implemented. Finally, the developed use cases are tested and evaluated in this software environment.

## **Results and conclusions**

The research project BIMBestand has demonstrated the feasibility of an open BIM-based building management approach. Starting from the basic definition and formulation of use cases, it has been shown how processes and workflows can be set up, implemented and used in a close to reality environment by integrating open data interfaces. The feasibility of this approach and its benefits were demonstrated in a validation study. The use of open BIM can bring significant benefits to stakeholders in the different phases of a construction project. Use cases are an important prerequisite for the targeted and successful use of BIM models in the operational phase of buildings. They help to create a common understanding of the need for and value of detailed modelling across the project environment, facilitating collaboration. It is also essential that all communication steps are based on open interfaces. This enables the flexible use of software tools during the design, construction and operation of buildings and underlines the need and importance of standardised open data formats and interfaces.

## **Outlook**

There is a wide range of potential applications of digital technologies in building management, ranging from the use of IoT technologies to the application of artificial intelligence methods. Interaction and communication are also essential, e.g. for linking buildings to smart energy infrastructures and for the associated automated exchange and processing of data and metadata. The availability of structured and machine-processable models and data of buildings is a fundamental prerequisite for the widespread use of sophisticated digital methods in building operations. BIM models are an essential part of this. It is therefore important to promote the use of BIM in the operational phase of buildings so that, in combination with other digital technologies, the full potential of digitalisation can be used to enable sustainable operation of buildings.

# 3 Ausgangslage

## 3.1. Motivation

Der Einsatz von Building Information Modeling (BIM) wird zukünftig das digitale Fundament in der Abwicklung von Bauprojekten bilden, auf welchem alle Projektbeteiligten aufbauen werden. Die Etablierung einer vollständigen Integration von BIM in das Facility Management (FM) unter Einsatz von open-BIM-Anwendungen ist das langfristige Ziel. Im Facility Management bildet das technische Gebäudemanagement eine der wichtigsten Grundsäulen des Gebäudemanagements. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Überführung von BIM-Modellinhalten der technischen Gebäudeausrüstung in die operative Betriebsführung, um einen energieeffizienten Gebäudebetrieb sicherzustellen.

Bei der Überführung eines digitalen Modells (BIM), welches in der Errichtungsphase eines Gebäudes verwendet wird, in ein Facility-Management-Modell sind derzeit meist große Informationsverluste beobachtbar. Auch die Interoperabilität von verschiedenen Softwaretools im Facility Management ist nicht gegeben, da überwiegend proprietäre Applikationen eingesetzt und offene Datenaustauschformate wie zum Beispiel die Industry Foundation Classes (IFC) kaum verwendet werden. Als wesentlicher Grund werden oft fehlende praktikable Standards und unvollständige Datenmodelle genannt, aber auch fehlende Prozesse und Workflows.

International wird daher an der Standardisierung der vielen Einzelaspekte von BIM gearbeitet. Die praktikable Abstimmung der Bereiche aufeinander hängt in Projekten aktuell jedoch noch sehr an individuellen Kompetenzen, Projektressourcen und Motivationen. Daher sind die theoretisch vielseitigen und ganzheitlichen Anwendungen der BIM-Methodik in Bauprojekten derzeit oft nur in Pilotprojekt-Implementationen zu finden. Durch die fehlende Kalkulierbarkeit konnte sich auch die Nutzung von BIM im Gebäudebetrieb noch nicht breit etablieren.

Um BIM als belastbares Mittel für praktische, ganzheitliche Effizienz zu stärken, zeigt das vorliegende Forschungsprojekt „BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden (BIMBestand)“ systematische Ansätze, wie BIM-Methodiken und Technologien wiederholbar implementiert und mit Mehrwert eingesetzt werden können. Es knüpft dabei an die in ambitionierten BIM-Projekten bereits angewendete Trennung nach BIM-Zielen bzw. „BIM-Anwendungsfällen“ (Use-Cases) an. Die Genese von BIM-Anwendungsfällen in Projekten, von der Definition bis zur Umsetzung, wird in Österreich jedoch sehr individuell, wenig systematisch und vor allem nur bedingt softwaregestützt umgesetzt.

BIMBestand evaluiert die bestehenden fachlichen Bedürfnisse und Vorgehensweisen des Gebäudebetriebs, um diese in Verknüpfung mit dem vielseitig existierenden baulichen BIM-Wissen praktikabel, BIM-basiert bzw. BIM-bewusst zu erfüllen.

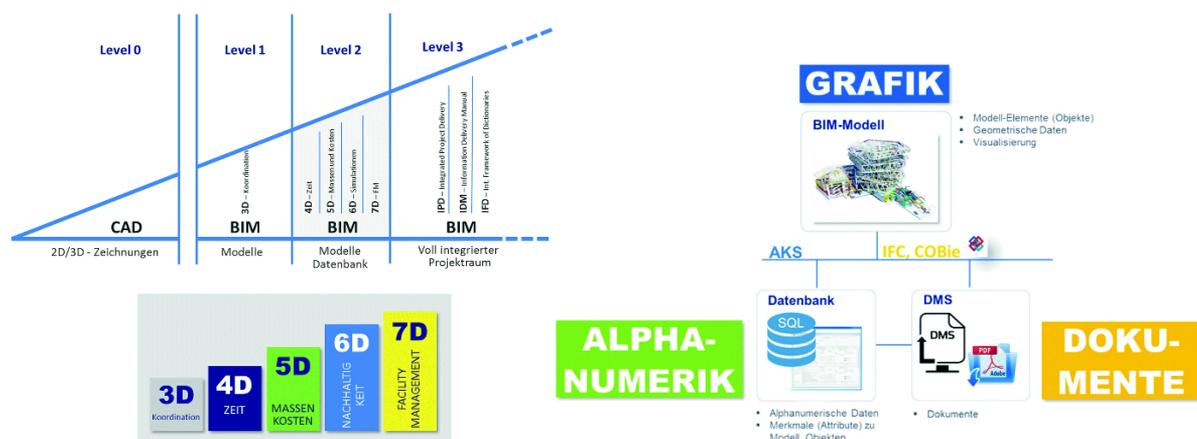
## 3.2. Stand der Technik

Einer der größten zukünftigen Profiteure der Building Information Modeling (BIM) Methodik ist das Facility Management (FM). Die nahtlose Übergabe von umfassenden Gebäudeinformationen entlang der einzelnen Projektlebenszyklusphasen in Form eines digitalen Bauwerksmodells an die Betreiber:innen von Gebäuden führt zu einer höheren Qualität der Inbetriebnahme (Aktualisierung

und Synchronisation der Gebäudedokumentation) bei gleichzeitiger Reduktion der Aufwände (Borrmann et al. 2015). Durch den Wegfall von manuellen Neueingaben können Fehler minimiert und dadurch Personalressourcen und Kosten eingespart werden.

Die Überführung eines sogenannten asBuilt-Modells unmittelbar nach Abschluss der Ausführungsphase, unter Verwendung des open-BIM-Ansatzes mithilfe von neutralen Datenaustauschformaten wie z.B. den Industry Foundation Classes (IFC) und deren Verknüpfung mit einem Computer-Aided Facility Management System (CAFM), ist eine wesentliche zukünftige Zielsetzung zur Erreichung einer lebenszyklusorientierten Anwendung von BIM. Abbildung 1 (links) zeigt die Anwendung von BIM im Facility Management als eigene BIM-Dimension (7D-BIM). In BIM liegen unterschiedliche Ausprägungen von Datenstrukturen vor (Borrmann et al. 2015). Das richtige Zusammenwirken von Datenstrukturen (Abbildung 1 - rechts) ist daher ein wesentlicher Aspekt zur Erreichung eines durchgängigen Datenflusses.

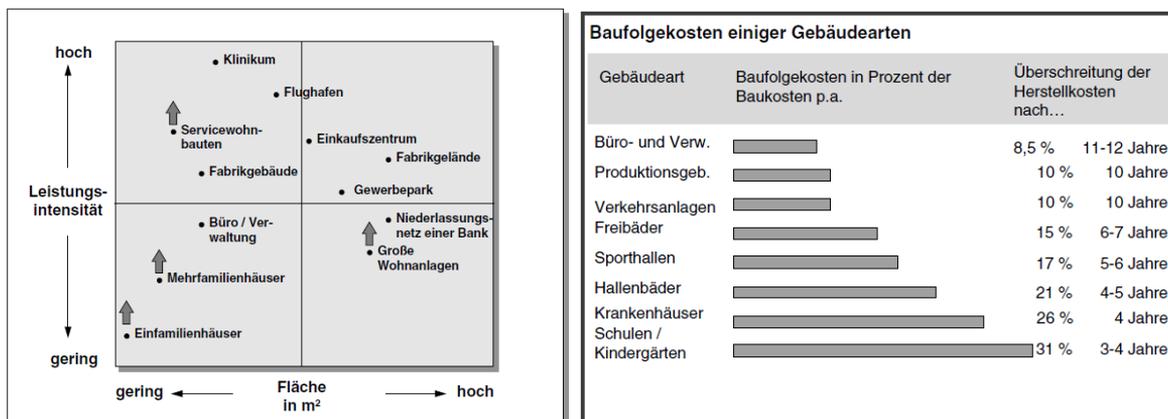
Abbildung 1: Überblick über die verschiedenen Dimensionen in BIM (links) und Überblick über das Zusammenspiel von unterschiedlichen Datenstrukturen in BIM (rechts) (Bender et al. 2018: S. 299 & S. 304)



Trotz der großen Vielfalt an digitalen Softwareanwendungen im Bau- und Immobilienwesen liegt der Grad der Weiternutzung von digitalen Informationen hinter anderen Branchen zurück. Ein Mitgrund dafür sind die komplexen Strukturen und Beziehungen im Facility Management. Die Leistungsintensität des Facility Managements ist z.B. bei Flughäfen und Krankenhäusern aufgrund des hohen Ausrüstungsgrads und häufiger Umnutzung besonders hoch, wie in Abbildung 2 dargestellt. Bereits nach wenigen Jahren übersteigen die Baufolgekosten die Errichtungskosten bei komplexen Gebäuden (Hellerforth 2006).

Die am häufigsten eingesetzte Informationstechnologie im Facility Management ist das Computer Aided Facility Management (CAFM). Einzelne CAFM-Hersteller unterstützen dabei auch eine IFC-Schnittstelle und verwenden diese für den Datenaustausch von alphanumerischen Informationen im CAFM-System. Für die geometrische Modellierung wird BIM-Autorensoftware eingesetzt. Dies entspricht dem gegenständlichen Stand der Technik und ist gekennzeichnet durch eine partielle BIM-CAFM-Integration. Das langfristige Ziel einer vollständigen BIM-CAFM-Integration (BIM Level 3) hat sich im Facility-Management bisher noch nicht als Standard etabliert (Bender et al. 2018).

Abbildung 2: Überblick über Leistungsintensität von Facility Management für verschiedene Immobilientypen (links) und Baufolgekosten von unterschiedlichen Gebäudearten (rechts) (Hellerforth 2006: S. 28 & S. 36)



In der österreichischen FM-Branche ist CAFM weit verbreitet. Etwa 450 CAFM-Installationen sind in Österreich registriert. In den meisten Fällen werden nur Teilbereiche des kaufmännischen und technischen Facility Management unterstützt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Bestandsdokumentation von CAD-Plänen und dem Dokumentenmanagement. Der Einsatz von ERP-Systemen und webbasierten Softwarelösungen im FM-Bereich wächst stetig. Die größte Herausforderung ist die Integration und Verknüpfung der einzelnen Softwaresysteme. Auch in der Schweiz und in Deutschland ist CAFM ein bewährtes Instrument in der operativen Betriebsführung. (Hohmann et al. 2018)

Abbildung 3 gibt einen Auszug von Standards, die für das Forschungsprojekt BIMBestand relevant sind. Die angeführten Normen und Richtlinien sind essenziell für die Nutzung von BIM im Facility Management. Für das technische Gebäudemanagement sind vor allem die Standards für gebäudetechnische Komponenten in Kombination mit der Anlagenautomation als Basis für das Datenmonitoring relevant. Auch die Dokumentation von Arbeitsabläufen (Prozessmodellen), der produktneutrale Datentransfer in einem Common Data Environment (CDE) spielen eine wichtige Rolle. Auf nationaler Ebene gewinnt mit der ÖNORM A 7010-6 die geometrische Modellierung von Bewegungsräumen für Instandhaltung und Betrieb immer mehr Bedeutung.

Ein wichtiger Bereich ist die Ausarbeitung von Austausch-Informationsanforderungen (AIA) und deren digitale Abwicklung im Projekt auf Basis eines BIM-Abwicklungsplans (BAP). Die VDI 2552 (Blatt 10) und die übergeordnete EN ISO 19650 definieren Anforderungen an das Informationsmanagement aus dem Blickfeld der Errichtungs-, Betriebs-, und Nutzungsphase. Für lebenszyklusorientierte Projekte wird vor Beginn der Planung und der Ausführung mithilfe von AIAs definiert, welche Mindestanforderungen an Prozesse, Daten und die Qualifikation gestellt werden. Die Beschreibung von AIAs und deren Umsetzung in der Planungs- und Bauphase mit BAPs spielt eine zentrale Rolle, da diese in Vertragsvereinbarungen festgeschrieben werden. (van Treeck et al. 2019)

Eine wichtige Zielsetzung dieser verschiedenen Initiativen, Richtlinien und Normen ist die Überführung der in der Errichtungsphase des Bauwerks generierten Informationen in das Facility Management. Aufgrund des Jahrzehnte-dauernden Gebäudebetriebs ist nur ein auf offenen Datenformaten und Datenschnittstellen fokussierter BIM-Ansatz nachhaltig. Deshalb müssen

Informationslieferungen aus Bauprojekten dem open-BIM-Ansatz folgen, um die nahtlose und verlustfreie Überführung von BIM-Modellen in die operative Betriebsführung sicherzustellen.

Abbildung 3: Auszug der BIM-Normenlandschaft mit Relevanz für das Forschungsprojekt BIMBestand auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene

	BIM	Gebäudetechnik und Anlagenautomation	Facility Management	Datenmodelle und IFC	Prozessmodelle
International	ISO 19650 BIM - Allgemein	ISO 16757 Data structures for electronic product catalogues for building services	ISO 41001 Management systems -- Requirements with guidance for use	ISO 16739 Industry Foundation Classes	ISO 29481 BIIM – Business processes
Europäische Normung	CEN/TC 442/WG1 Strategy	CEN/TC 442/WG2 Information Exchanges	CEN/TC 442/WG3 Information Delivery		
Nationale Richtlinien		VDI 3805 Produktdatenaustausch in der Technischen Gebäudeausrüstung	VDI 2519 Blatt 2 Lastenheft / Pflichtenheft	VDI 2552 Blatt 4 BIM – Anforderungen an den Datenaustausch VDI 2552 Blatt 5 BIM – Datenmanagement VDI 2552 Blatt 11 BIM – Informationsaustauschanforderungen	VDI 2552 Blatt 7 BIM – Prozesse
• Deutschland	VDI 2552 Blatt 1 Grundlagen	DIN 6779-12 Kennzeichnungssystematik für technische Produkte und technische Produktdokumentation – Teil 12: Bauwerke und Technische Gebäudeausrüstung	VDI 2552 Blatt 6 BIM – Facility Management VDI 2552 Blatt 10 BIM – AIA und BAP		
• Österreich	ÖNORM A 6241-1 Technische Zeichnungen für das Bauwesen - Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) - Level 2,  ÖNORM A 6241-2 Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM	ÖNORM H 6010 Pläne der Gebäudetechnik	ÖNORM EN 15221 Facility Management  ÖNORM A 7010-6 Objektbewirtschaftung - Datenstrukturen - Teil 6: Anforderung an Daten aus Building Information Modeling (BIM)-Modellen über den Lebenszyklus		

### 3.3. Vorprojekte

Das Forschungsprojekt BIMBestand baut auf einer Reihe von Vorprojekten und den im Rahmen dieser Projekte gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse auf:

Das Projekt BIM4BEMS (FFG 854677) zeigt auf, dass eine Weiterverwendung der Informationen aus der Planung sowie asBuilt-Dokumentation großen Nutzen für den effizienten Betrieb eines Gebäudes hat. BIM4BEMS zeigt die Nutzung eines BIM-Modells in Kombination mit Energiemanagementsystemen (BEMS) im Betrieb, um die Verbindung zwischen BIM und Gebäudeleittechnik (BMS) für verbessertes Reporting und Erkennung von Ineffizienzen im bestehenden Gebäudebetrieb zu zeigen. BIM4BEMS fokussiert sich somit auf den Betrieb und insbesondere auf das Reporting, welches ein kleiner Teil des Facility Managements ist. Insbesondere die Lessons-Learned aus diesem Projekt flossen in das Projekt BIMBestand ein.

Im Projekt SIMULTAN (FFG 845164) wurde eine Grundlage zur Erstellung und Verwendung von Stadtmodellen geschaffen. SIMULTAN basiert auf frei zugänglicher Technologie und wird auf Grundlage einer openSource-Lizenz bereitgestellt. Das Ergebnis dieses Forschungsvorhabens ist ein Entscheidungsunterstützungssystem zur simultanen, integralen und multidisziplinären Planung von hocheffizienten Gebäudekomplexen von der Vorentwurfsphase in der Planung bis zur Inbetriebnahme. Im Rahmen des Projektes BIMBestand wurde im Rahmen des Use-Cases „Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens“ eine Erweiterung der IT-Umgebung SIMULTAN durchgeführt.

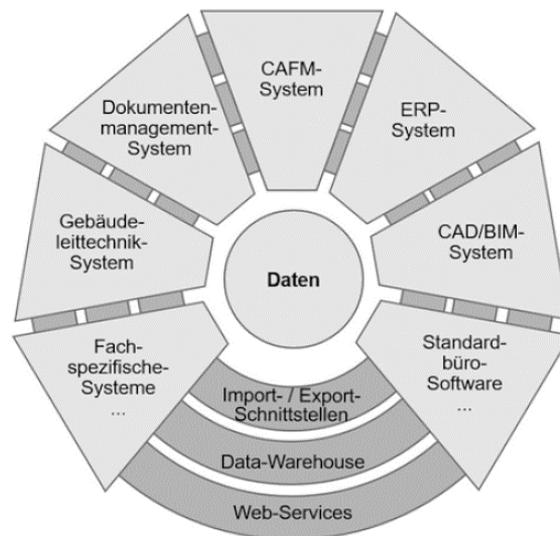
Das Projekt Smart Airport City (FFG 864947) zeigt am Testfeld des umfangreichen Gebäudebestands des Wiener Flughafens, wie der Betrieb von Gebäuden optimiert werden kann. Der Grundgedanke ist, Betriebsmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz auszutesten. Dazu werden physisch ein umfangreiches Monitoringsystem am Flughafen eingerichtet und in der Folge entsprechende Sensor- und Zählerdaten auf Plausibilität geprüft. Zentral dabei ist der digitale Zwilling der Gebäude, der mittels der Software SIMULTAN verwaltet wird. Der Einsatz der BIM-Methode in der Planung wurde bislang noch nicht erprobt. Die Ergebnisse aus BIMBestand erweitern die Anwendung von SIMULTAN im Sinne eines open-BIM-Ansatzes, da diese Fragestellungen nicht inhaltlicher Gegenstand der Forschungsprojekte SIMULTAN und Smart Airport City waren.

Das Projekt metaTGA (FFG 861729) fokussierte auf die Entwicklung von Daten- und Prozessmodellen in BIM für Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) mit dem Schwerpunkt erneuerbarer Energiesysteme. Der Bereich Facility Management stellte im Projekt metaTGA lediglich einen kleinen Teilbereich dar, welcher nicht primär behandelt wurde. Dennoch bilden die entwickelten Metadaten- und Prozessmodelle von metaTGA eine wichtige Basis, welche im Projekt BIMBestand genutzt und mit der Zielrichtung FM anhand von Use-Cases weiterentwickelt wurde.

### **3.4. Zielsetzung des Projekts BIMBestand**

Das offene Datenaustauschformat Industry Foundation Classes (IFC) wird im Projektlebenszyklus eines Gebäudes kaum genutzt. Ein reibungsloser Projektablauf mit offenen Standards (open-BIM) bzw. neutralen Austauschformaten von digitalen Gebäudemolldaten findet nur sehr eingeschränkt statt. Die Klassifizierung von Schnittstellen und semantischen Daten für den bidirektionalen Datenaustausch und die Synchronisation von Facility Management Daten, stellt einen hohen technischen und koordinativen Aufwand dar. Im Facility Management werden verschiedenste Hard- und Softwaretechnologien (Plattformen, Web-Services und Softwarekomponenten) für das Datenmanagement eingesetzt, wie in Abbildung 4 (links) dargestellt. Das Verknüpfen von verschiedenen Softwarekomponenten miteinander, welche ihre eigenen proprietären Standards umsetzen, führt in der Folge zu Informationsverlusten während der Übernahmephase in die operative Betriebsführung (Sacks et al. 2018). Das Potential der digitalen Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) wird dementsprechend gegenwärtig noch nicht ausgeschöpft.

Abbildung 4: Verschiedene Softwarekomponenten, die im Facility Management zur Datenhaltung eingesetzt werden (May et al. 2018: S. 417)



Das Ziel dieses Forschungsprojekts ist es daher, strukturiert Informationsanforderungen und Prozessbeschreibungen aus dem Facility Management anhand von Use-Cases abzuleiten und diese Use-Cases beispielhaft praxisnah anzuwenden und zu validieren. Dazu werden zwei aufeinander aufbauende Hauptzielsetzungen definiert:

1. Aufbau einer durchgängigen Datenumgebung auf Basis von systematisch erhobenen Informationsanforderungen und Prozessbeschreibungen aus dem operativen Facility Management.
2. Aufbau einer technischen Lösung zur Übertragung und Verknüpfung von BIM-Bauwerksmodellen mit typischen Softwaresystemen im Facility Management bzw. der Betriebsführung von Gebäuden.

Zur Erreichung dieser übergeordneten Hauptziele werden als Teilziele (a) die detaillierte Beschreibung von Informationsanforderungen und deren Umsetzung aus dem Blickwinkel des Facility Managements, (b) die detaillierte Konzeptionierung, Beschreibung und beispielhafte Anwendung von Use-Cases, (c) die Verbesserung der Durchgängigkeit von fachübergreifenden Datenmodellen, durch die Beschreibung und Definition von Modellinhalten und Qualitätsmerkmalen, (d) die Entwicklung einer softwaretechnischen Lösung für die Kopplung von Softwaresystemen der operativen Betriebsführung auf Basis von IFC sowie (e) der Wissenstransfer zu Stakeholdern verfolgt.

# 4 Projektinhalt

Der wesentliche Projektinhalt des Forschungsprojekts BIMBestand besteht darin, strukturiert Informationsanforderungen und Prozessbeschreibungen aus dem Facility Management für die Nutzung von BIM-Modellen abzuleiten und diese demonstrativ in zusammenhängenden Anwendungsfällen (Use-Cases) praktikabel wiederholbar zu implementieren. Die im Rahmen des Projekts durchgeführte prototypische Softwareentwicklung ermöglichte die Schaffung von fehlenden Schnittstellen und Komponenten zur Erreichung von lebenszyklusorientiert durchgängigen Gebäudeinformationsflüssen für die betrachteten Use-Cases.

Zu Projektbeginn wurden grundlegende Anforderungen des Facility Managements ermittelt. Unter Berücksichtigung der Projektschwerpunkte wurden die Aufgabenstellungen nach Betriebsrelevanz priorisiert. Um deren Auswirkungen auf BIM praxisnah evaluieren zu können, wurde alle weiteren Projektaktivitäten im Rahmen der im Bestandsmanagement regelmäßigen, interdisziplinären Aufgabe „BIM-basierter Umbau im Gebäudebetrieb“ betrachtet. Auf Grundlage dieser Rahmenbedingungen wurden fünf BIM-Use-Cases gemäß der Information Delivery Manual (IDM) Systematik erarbeitet und interdisziplinär-kollaborativ auf der Use-Case-Management-Plattform (UCM-Plattform) von buildingSMART International (bSI 2023) erfasst. Die Use-Cases von BIMBestand zeigten modular auf, welche Prozess- und Softwareanpassungen nötig waren, um die zugrundeliegenden Zielsetzungen der Anwendungsfälle zu erreichen. Die einzelnen Teile der durchgeführten Entwicklungen im Projekt BIMBestand (z.B. Mustermodelle und Softwarekomponenten) wurden zur Objektivierung von Beginn an in diversen Gebäudebestandssituationen am Flughafen Wien getestet.

Die gesamtheitliche Validierung nach der demonstrationsfähigen Fertigstellung der zusammenhängenden Use-Cases wurde beispielhaft anhand des Szenarios eines BIM-basierten Umbaus im Betrieb in einem Gebäude des Flughafen Wien als Ablauf von FM-Bedürfnis, über Planung bis Bauausführung, Übergabe und (Wieder-)Inbetriebnahme durchgeführt. Die im Umbauablauf gewonnenen Erkenntnisse dienten einer iterativen Optimierung.

Um die weitläufigen Anforderungen und Möglichkeiten zur Nutzung von BIM im Bestandsmanagement erheben zu können, wurden im Projektablauf von BIMBestand verschiedene Phasen mit aufeinander aufbauenden Inhaltsorientierungen durchlaufen.

Die Phasen bzw. Inhaltsschwerpunkte können thematisch wie folgt bezeichnet werden:

1. Anforderungs- und State-of-the-Art-Analysen
2. Anwendungsdesign
3. Infrastrukturentwicklung und BIM-Setup
4. Integrale praktische Evaluierung und Validierung
5. Wissenstransfer

In dieser Strukturierung werden folgend relevante Details bzgl. Vorgangsweise, Methoden und verwendete Daten bzw. deren Erhebung beschrieben.

## 4.1. Anforderungs- und State-of-the-Art-Analysen

Das Thema Anforderungs- und State-of-the-Art-Analysen wurde im Arbeitspaket *Bedarfsermittlung und Anforderungsanalyse* abgehandelt, womit eine Wissensbasis für die weiteren Themengebiete geschaffen werden konnte. Dabei wurden folgende Ziele verfolgt:

- Eingrenzung der relevanten technischen Rahmenbedingungen mittels Untersuchung unterschiedlicher Forschungsergebnisse, Normen und technischer Entwicklungen.
- Identifikation der faktischen BIM-Informationsanforderungen mittels Zusammenfassung von nationalen und internationalen Richtlinien für die Übergabe von Daten an die Betriebsführung.
- Identifikation der regulativen Informationsanforderungen mittels Untersuchung typischer BIM-Regelwerke (AIA, BAP) aus der Praxis.
- Identifikation der relevanten Stakeholder und Zuordnung in international verständliche Einordnungsschematas.

Aufgrund der großen Projektthemenvielfalt wurden verschiedene Themengruppen definiert, welche im Zuge der Arbeiten näher betrachtet und in einem projektinternen Wissensdokument festgehalten wurden. Zur Erreichung einer Gesamtsicht auf die Projektthemen wurden methodisch sowohl Top-Down- als auch Bottom-Up-Vorgangsweisen gewählt. Der Top-Down-Ansatz, also eine theoriefokussierte Vorgangsweise, betraf die Analyse von anderen Forschungsprojekten sowie Standards, Normen bzw. Projektregelwerken. Im Zuge des Bottom-Up-Ansatzes, als praktischer Gegenpart, wurden Gebäudebetriebsevaluierungen und Expert:innen-Interviews zu relevanten Themen des Facility Managements und BIM durchgeführt. Die Betriebsbegehungen und interdisziplinären Diskussionen vor Ort konnten detaillierte Einblicke liefern und auch teilweise nicht offensichtliche operative Problempunkte aufzeigen, was eine Klassifikation ermöglichte. In Folge der Problemabsteckung wurden zu besonders relevanten Themen vertiefte Analysen mittels der informellen Methodik „User-Stories“ durchgeführt. Die Sammlung dieser wichtigen bzw. aufwändigen FM-Themen sollte im weiteren Projektablauf dazu dienen, den Fokus auf die FM-operativ relevantesten Bereiche zu lenken. Zur Objektivierung der Erkenntnisse wurden Expert:innen-Gespräche als Stakeholder-Interviews durchgeführt.

Letztlich wurden alle Erkenntnisse aus den vielfältigen Tätigkeiten zu einer projektrelevanten Gesamtsicht zusammengefasst, welche es erlaubte, konkrete, zusammenhängende Use-Cases zu definieren. Mit diesem Use-Case-basierten Ansatz wird in BIMBestand gezeigt, wie modular umsetzbare, kalkulierbare BIM-Nutzung im Bestandsmanagement implementiert werden kann. Darüber hinaus ist die gezeigte methodische Vorgehensweise für die Schaffung von BIM-Mehrwerten zu empfehlen. Nachfolgend werden methodische Eckpunkte zu den Ausarbeitungsschwerpunkten genannt.

#### **4.1.1. Analyse bestehender Forschungsarbeiten und -projekte**

Im Zuge der Top-Down-Analyse wurden unterschiedliche Forschungsprojekte dahingehend untersucht, ob sie die Aufgabenstellung von BIMBestand unterstützen, bzw. welche Inhalte in BIMBestand weiterverwendet werden können. Dahingehend wurden mehrere Projekte betrachtet, die in Abschnitt 5.1.1 angeführt und kurz erläutert sind. Die Erkenntnisse für BIMBestand-relevante Bereiche wurden abgeleitet und zusammengefasst.

#### **4.1.2. Analyse existierender Normen und Richtlinien**

Bei der Evaluierung relevanter Normen und Richtlinien wurde eine umfassende Analyse von ca. 80 Normen aus den Bereichen BIM, TGA, FM, sowie deren Daten- und Prozessmodelle betreffend, erstellt. Die Analyse wurde tabellarisch dokumentiert, worin alle relevanten Hauptinformationen wie beispielsweise Art der Norm, Relevanz in Bezug auf das Projekt, Kurzzusammenfassung, eine Zuordnung zu den möglichen Use-Case-Kategorien etc. aufgezeigt wurden.

Für eine bessere Übersicht und leichtere Analyse wurden die untersuchten Normen in Kategorien unterteilt. Dazu gehören *BIM allgemein*, *TGA*, *FM*, sowie *Datenmodelle und Prozessmodelle*. Die Untersuchungen fokussierten sich auf nationale bzw. internationale Ebene. Die Normen mit hoher Relevanz (basierend auf ersten Untersuchungen bzw. Einschätzungen im Konsortium) wurden für die Projektthemen zielgerichtet festgehalten.

#### **4.1.3. Analyse von BIM-Regelwerken und Datenaustauschkonzepten aus praktischen Projekten**

Es wurden BIM-Regelwerke und Datenaustauschkonzepte aus realen Projekten evaluiert. Zu diesen Dokumenten zählen die Betreiberinformationsanforderung (BIA), die Auftraggeber- Informationsanforderung bzw. laut ÖNORM EN ISO 19650 Austausch-Informationsanforderung (AIA) sowie der BIM-Projektentwicklungsplan (BAP). In diesen Dokumenten werden BIM-Anforderungen, Rahmenbedingungen, Prozesse aufeinander aufbauend auf Unternehmensbetriebs- bzw. Projektauftragsebene definiert, um strukturierte Zusammenarbeit und zielgerichteten Informationsaustausch zu ermöglichen. BIMBestand konnte über die BIM-Bauprojektaktivitäten der Konsortialpartner Einblick in die Systematik und Inhalte dieser Dokumente gewinnen, um bei den durchgeführten Entwicklungen die Bedürfnisse der aktuellen BIM-Praxis berücksichtigen zu können.

#### **4.1.4. Gebäudebetriebsevaluierungen**

Die Begehungen wurden in verschiedenen Gebäuden des Flughafens Wien sowie der Technischen Universität Wien durchgeführt. Unter Führung der betriebsverantwortlichen operativen Abteilungen konnten für die operative Betriebsführung relevante Bereiche und Problemstellungen praxisnah identifiziert und evaluiert werden.

#### **4.1.5. Zusammenfassung von FM-Prozessen, Bedarfsanforderungen und zusammenhängenden Technologien**

Die Herangehensweise bei der Erhebung der Betreiberanforderungen (BIA) wurde in einem iterativen Prozess gelöst. Zunächst wurden in zahlreichen Arbeitsmeetings FM-Prozesse in den jeweiligen Evaluierungsgebäuden analysiert und dokumentiert. Dazu wurde eine Excelliste mit Metadaten angelegt. Diese beinhaltet im Wesentlichen: Die Prozessbeschreibung (Problem/Aufgabenstellung), aktuell verwendete Software, beteiligte Abteilung und benötigte Informationen. In einem nächsten Schritt wurden Aspekte der Prozesse durch textuelle Ergänzungen ergänzt, um die real ablaufenden Prozesse im Betrieb detailliert verstehen zu können.

#### **4.1.6. Ausarbeitung von User-Stories**

User-Stories dienen dem einfachen, praxisnahen Einblick in operative Fachabläufe. Sie sind eine Methodik aus der agilen Softwareentwicklung und wurden im Projekt BIMBestand für die BIM-Anforderungsanalysen adaptiert. User-Stories wurden im Projekt eingeführt, da sich im Zuge der Evaluierungen herausstellte, dass die ursprünglich angedachte unmittelbare anwendungsfallbasierte Bearbeitung des Projekts zu abstrakt ist, um aus praxisnahen Problemkommentaren des operativen Personals abgeleitet zu werden. User-Stories ermöglichen es, die Problembereiche im Kontext der operativen Personen und Tätigkeiten breit darzustellen, worauf später die detaillierte inhaltliche Ausarbeitung von relevanten, spezifischen BIM-Anwendungsfällen erfolgen kann.

Eine User-Story startet mit einer treffenden Überschrift zum dargestellten Ablauf und einer Nummerierung. Weiters soll eine sogenannte „Persona“ mit Namen, Ort, Alter, Position, Beschreibung zur Grundcharakterisierung der handelnden Person mit zugehörigen beruflichen Agenden definiert werden. Die Persona soll dabei bloß der besseren Kontext-Einordnung der User-Story-Darstellungen dienen. Der Name dient nur der vereinfachten Kommunikation im User-Story-Text bzw. der Nachbesprechung und soll ein Pseudonym sein, um eventuelle Schreibhemmnisse wegen Datenschutzbedenken zu beseitigen. Das Schreiben einer User-Story bedeutet, einen fachlichen Tätigkeitsablauf aus Sicht der durchführenden Persona niederzuschreiben. Der Ablauf ist in einer treffenden Überschrift zusammenzufassen. Der Ablauf betrifft nur das Thema der Überschrift und beschränkt sich auf den Umfang von max. zwei A4-Seiten Text. Kürzere User-Stories sind zu bevorzugen, da sie für Praktiker:innen schneller zu formulieren und später leichter zu analysieren sind. Die Sprache soll bewusst handlungsorientiert, dem Tagesgeschäft der Persona entsprechend einfach gehalten sein. Für größere Themen können sinnvoll abgegrenzte Handlungsstränge über mehrere User-Stories verteilt werden und gegenseitig im Text referenziert werden.

Es ist aufzuschreiben, was die Persona zu tun hat, was sie benötigt, was sie sich bei der Tätigkeit denkt, was sie ärgert oder was ihr gefällt usw. Jedoch immer im Hinblick auf die Relevanz für den betrachteten Ablauf (die Haarfarbe der Persona ist nicht relevant, wenn sie eine Nachtragsforderung formuliert, sehr wohl aber ist relevant, dass sie z.B. eigentlich oft im Stress ist und 100 neue E-Mails im Postfach sind – zwecks Erkenntnis, dass es effizient ablaufen sollte). Die Analyse der User-Stories ermöglicht es Fachexpert:innen, relevante Bedürfnisse und Anforderungen zu extrahieren, welche eine Grundlage für die Definition und Ausarbeitung von Anwendungsfällen sind.

#### 4.1.7. Objektivierung mit Stakeholder-Interviews

Über einen Zeitraum von über zwei Monaten wurden zwei- bis vierstündige Expert:innen-Interviews mit 19 projekt-externen Stakeholdern in den Geschäftsfeldern *Auftraggeber, Planung, Betrieb/Facility Services, Software* und *Forschung* durchgeführt. Je Kategorie wurde mit drei bis fünf unterschiedlichen Stakeholdern gesprochen. Jedes Gespräch betraf die folgenden 18 Fragen, welche in die Themengebiete Unternehmensbackground, FM-Prozess, Best-Practice, FM-Software und notwendige Entwicklungen unterteilt wurden:

1. Was sind Ihre Kernbereiche im Unternehmen? Haben Sie konkrete Hauptaufgaben im FM Sektor? Wenn ja, welche bzw. welche Bereiche umfassen diese (technisch, kaufmännisch, infrastrukturell)?
2. Wie definieren Sie open-BIM? Sind Begriffe wie IFC, open-BIM, CAFM, BIM, etc. bekannt? Wenn ja, wie kommen diese Technologien in Ihrem Unternehmen zum Einsatz?
3. Wo steht aus Ihrer Sicht BIM und FM im Bau- bzw. FM-Sektor derzeit?
4. Wo steht Ihr Unternehmen bezüglich BIM und FM derzeit?
5. Wie stellen Sie sicher, dass Ihre Mitarbeiter BIM in Kombination mit FM erlernen? Gibt es Aspekte, die bei der derzeitigen Ausbildung fehlen?
6. Brille FM bzw. BIM: Gibt es bei Ihren Aufgabenbereichen Anwendungsfälle, wo sich Informationsflüsse zwischen BIM und FM überschneiden? Wenn ja, welche bzw. wie werden diese Informationen ausgetauscht? Bitte geben Sie nach Möglichkeit positive bzw. negative Beispiele an.
7. Können Sie aktuell auf BIM Modelle aufbauen bzw. diese weiterverwenden? Ja, bitte beschreiben Sie einige Beispiele. Nein, was sind die aktuellen Hemmnisse?
8. Wie gehen Sie mit unterschiedlicher Datenqualität um bzw. wie sind ihre Erfahrungen mit Bestandsplänen? Hilfestellung: ergänzend zu vorheriger Frage zu sehen.
9. Welche Aufgaben könnten im Bereich FM bzw. BIM/FM durch Automation (z.B. neu Prozesse, Software, Datenflüsse, ...) unterstützt werden? Bitte geben Sie einige Beispiele an.
10. Welche (FM)-Prozesse sind bei Ihnen digitalisiert? Hilfestellung: Welche davon sind durch BIM unterstützt? Bitte um eine Aufzählung und 1-2 detailliertere Beispiele.
11. Welche Funktionalitäten laufen gut? Hilfestellung: In Verbindung mit vorheriger Frage. Welche Software kommt bei Ihnen zum Einsatz?
12. Welche Funktionalitäten laufen weniger gut bzw. welche zusätzlichen würden Sie sich wünschen?
13. Welche Entwicklungen sind notwendig, um BIM im Bereich des FM besser verwenden zu können?
14. Welche neuen Formen der Zusammenarbeit erhoffen Sie sich von BIM zu FM?
15. Was sind Ihre Erwartungen an einen BIM-Prozess bzw. der weiteren Kopplung BIM und FM? Waren Sie schon an einem BIM-Planungsprozess beteiligt?
16. Was wünschen Sie sich zukünftig von Ihren Projektpartnern? Hilfestellung: Stichwort Zusammenarbeit, Datenaustausch, etc.
17. Welche Entwicklungen sollen sich vor allem Forschungsbereiche annehmen?
18. Mit welchen Kompetenzen bzw. wie könnten Sie als Unternehmen die Weiterentwicklung von BIM und FM unterstützen?

Die Ergebnisse der Gespräche wurden in Form von Präsentationsfolien individuell dokumentiert und zusammengefasst. Basierend darauf konnten explizite und implizierte Anforderungen von Stakeholdern für das BIMBestand-Projekt identifiziert werden.

#### **4.1.8. Markt- und Feature-Evaluierung von betroffenen Softwareprodukten**

Es wurden auch marktverfügbare Softwareprodukte für die Problemstellungen evaluiert. Dies hatte den Zweck, die Softwareentwicklung in BIMBestand mit praxisüblichen Produkten kompatibel zu machen und so eine gut abgestimmte praktikable Gesamtsoftwarelösung entwickeln zu können.

## **4.2. Anwendungsdesign**

In der Phase des Anwendungsdesigns mit weiterführenden Definitionen wurden die Arbeitspakete *Beschreibung von BIM Use-Cases für die Bauwerksübergabe und den Betrieb* sowie *Erforderliche Modellinhalte und Modellqualität* zur Konkretisierung der im Projekt betrachteten betrieblich und BIM-relevanten Use-Cases bearbeitet. Ziel der Tätigkeiten war die Definition der Anforderungen zu Abläufen der Akteure, Funktionalitäten der genutzten Werkzeuge und Zusammensetzung der ausgetauschten Informationen sowie die darauf aufbauende Konzeption einer optimierten Vorgangsweise, welche die Potentiale neuer methodischer Erkenntnisse und neuer Technologien der Digitalisierung ausschöpft.

Die wesentlichen Aufgaben waren:

- Beschreibung typischer Arbeitsabläufe und Informationsbedürfnisse beim Übergang von Bauprojekten in Betrieb,
- Beschreibung typischer Anwendungsfälle, Informationsbedürfnisse und Funktionalitäten in der Betriebsführung,
- Identifikation wesentlich involvierter Organisationseinheiten und deren Anforderungen,
- Gesamtlagebild der Datenübergabepunkte und zugehöriger Rechte und Pflichten,
- Identifikation/Definition der relevanten standardkonformen Kriterien/Vorgaben für die Prozessunterstützung der Use-Cases (durch Software) und involvierte BIM-Methoden und Modellinhalte (alphanumerisch und geometrisch).

Die Use-Cases sollen sich – zur anschaulichen Demonstration der BIM-Vorteile – in einem betrieblich möglichst zusammenhängenden Aufgabenfeld bzw. Anwendungsbereich einbetten. Idealerweise sollten sich im BIMBestand Projekt die BIM-basiert zu verbessernden, betriebsrelevanten Vorgänge in einem örtlich begrenzten Bereich abspielen, damit mit kohärenten, zusammenhängenden Gebäudemolldaten, auch verknüpfte Betriebsproblemstellungen gelöst werden können. Dies sollte demonstrativ den Mehrfachnutzen von gleichartigen, zentral verfügbaren Gebäudeinformationen für verschiedene, vernetzte Betriebsanwendungen verdeutlichen. Dieser Mehrfachnutzen von kompatiblen Gebäudedatenflüssen entspricht einem wichtigen Ziel von BIMBestand.

In einem ersten Schritt wurden bestehende Arbeitsabläufe der Betriebsführung am Beispiel des Flughafens Wien (Ist-Prozesse) untersucht und formalisiert. Dies wurde in folgenden Teilschritten durchgeführt:

1. Befragung der Akteure mittels Expert:innen-Interviews auf Basis der ausgearbeiteten User-Stories
2. Zusammenstellen von Ablaufbeschreibungen mittels regelmäßiger Workshops
3. Analyse der Problempunkte in bestehenden Abläufen mittels Arbeitssitzungen
4. Erarbeiten einer Zusammenfassung als Grundlage für darauffolgende Arbeitsschritte sowie zur Dissemination.

Die Zusammenstellung der Ablaufbeschreibungen wurde auf Grundlage von iterativ verfeinerten Business Process Model and Notation (BPMN) Darstellungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise hat sich im Zuge der Arbeit sehr bewährt und wurde stetig weiterentwickelt, um die Lesbarkeit und Vergleichbarkeit trotz komplexer Inhalte zu gewährleisten. Auf Grundlage der erfassten bestehenden Arbeitsabläufe sowie der gesammelten Erfahrungen, erfolgte die Konzeption einer optimierten Betriebsführung (Soll-Prozesse). Dies wurde in folgenden Teilschritten durchgeführt:

1. Auf Basis der zuvor durchgeführten allgemeinen Analysen in der Anforderungsanalysephase wurden nutzbare methodische und technologische Möglichkeiten mittels Workshops bzw. mittels Erhebung der Erfahrungen aus Pilotprojekten strukturiert erfasst.
2. Konzeption der neuen Abläufe auf Grundlage der Ablaufbeschreibungen (Ist-Prozesse) und Analysen in Form von BPMN-Darstellungen.
3. Identifikation und Ausformulierung der Anforderungen an Funktionalitäten für die erforderlichen Werkzeuge (Funktionsbedarf).
4. Identifikation der Anforderungen an erforderliche Informationen der beteiligten Akteure und Werkzeuge (Informationsbedarf).

Die Beschreibung des Funktions- und Informationsbedarfs wurde in einer Liste aufgebaut, welche die Funktionen zu folgenden Themenbereichen darstellt:

- Informationsabfrage Gebäudeinformationen
- Kontrolle von Inhalten
- Überwachung von Betriebsverhalten
- Analyse von Inhalten, Steuerung, Simulation, Prognose, Report, Navigation, Dokumentation, Arbeitspläne.

Insgesamt wurde eine Vielzahl von Funktionen zu den genannten Themenbereichen identifiziert und jeweils die dazugehörigen Basisanforderungen an die angestrebte Softwareunterstützung, den dazugehörigen Nutzer:innen-Kreis, die Zielsetzung sowie die erforderlichen Ergebnisse und Eingangentscheidungen definiert. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine Zusammenstellung von 13 gereihten Anwendungsszenarien, deren Diskussion ein Gesamtlagebild ermöglicht hat und einen Überblick über BIM-Anwendungspotentiale im Bestandsmanagement von Gebäuden gibt.

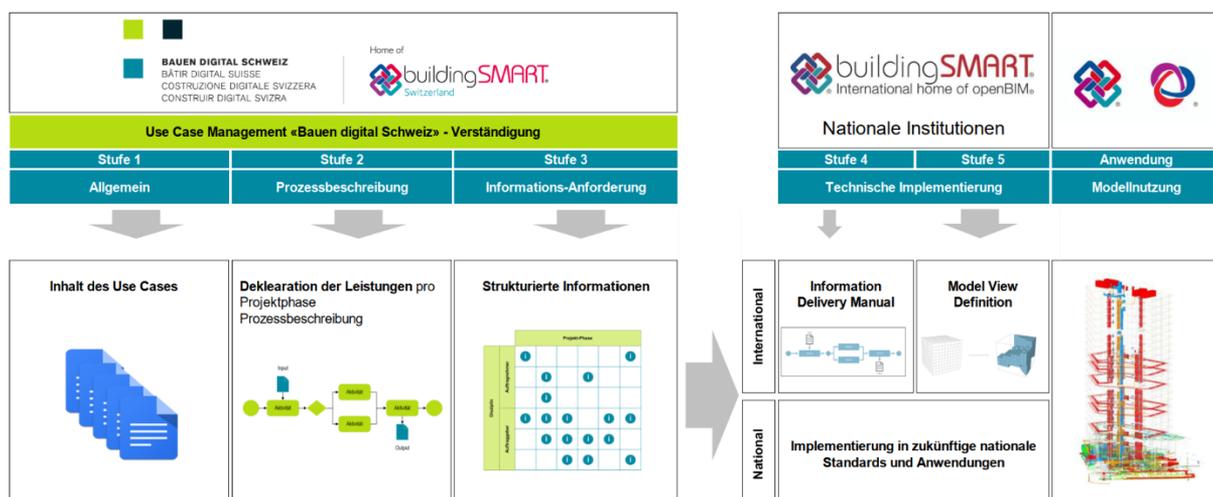
Auf dieser Basis wurden in weiterer Folge im Rahmen des Anwendungsdesigns die folgenden Use-Cases in der Systematik der Use Case Management (UCM) Webplattform von buildingSMART International formal zur weiteren Verfeinerung für die Implementation ausgearbeitet:

- Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden
- Bauablaufintegrierte asBuilt-Dokumentation
- Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens
- BIM-Daten in Werk- und Montageplanung
- Wartungs- und Prüfungsmaßnahmen

## Use Case Management (UCM)

Ein gemäß ISO 24981 standardisiertes Vorgehensmodell zur Definition und Überführung von Prozessbeschreibungen, Informationsanforderungen und allgemeinen Anforderungen an ein BIM-Projekt ist die Systematik der Information Delivery Manuals (IDM). Die Use Case Management Webplattform der buildingSMART International (bSI) ist eine praxistaugliche Umsetzung zur kollaborativen Erstellung von IDMs. Die von *Bauen Digital Schweiz* entwickelte UCM-Plattform basiert auf einer dreistufigen Methodik, um die Anforderungen technisch in den BIM-Prozess zu implementieren (siehe Abbildung 4). Die Use-Cases stellen für jede Projektphase eindeutige Anforderungen an die Projektbeteiligten und definieren, welche Informationen zu welchem Zeitpunkt und in welchem Detaillierungsgrad von der jeweiligen Fachdisziplin zu erstellen sind. Durch die kontinuierliche Sammlung solcher Use-Cases entsteht ein großer Pool an verschiedenen Anwendungsfällen. Durch die öffentliche Bereitstellung und Publikation dieser Use-Cases können etablierte BIM-Prozesse verglichen bzw. wiederverwendet werden. (Weber 2018)

Abbildung 5: Methodik zur Überführung von Anforderungen in den BIM-Prozess – Use Case Management in der Schweiz (Weber 2018: Folie 15)



Eine Beschreibung der ausgearbeiteten und veröffentlichten Use-Cases findet sich in Abschnitt 5.2. Die Kombination der entwickelten Use-Cases ermöglicht die Umsetzung des in BIMBestand betrachteten Projektszenarios „BIM-basierter Umbau im Gebäudebetrieb“, welches in weiterer Folge demonstriert und evaluiert wird. Die Use-Cases sind für das Projektszenario als wesentlicher

inhaltlicher Teil der in der Praxis zugehörigen Austausch-Informationsanforderungen (AIA) zu betrachten.

Abschließend wurden die modellbezogenen, formellen Vorgaben (Exchange-Requirements) der Use-Cases auf datentechnischer Ebene formuliert. Die Beschreibung dieser Use-Case-Informationsbedürfnisse erfolgte im Datenstrukturwerkzeug BIMQ (2023). Hierfür wurde die IFC4-basierte Datenstruktur von buildingSMART Austria (bSAT), sowie die Ergebnisse des vorangegangenen Forschungsprojekts metaTGA als Basis für die Weiterentwicklung je Anwendungsfall verwendet.

### 4.3. Infrastrukturentwicklung und BIM-Setup

In der Phase Infrastrukturentwicklung bzw. BIM-Prozesssetup wurde das Arbeitspaket *Erforderliche Modellinhalte und Modellqualität* zur Überleitung der formalen BIM-Use-Case-Anforderungen in Software-Requirements bzw. zur Datenverwendung fortgeführt, womit das Arbeitspaket *Entwicklung eines openBIM Interfaces zur Datenübertragung an die Betriebsführungssoftware* abgestimmt durchgeführt werden konnte.

Die wesentlichen Aufgaben waren:

- Erzeugung von Mustermodellen, die in der Validierung der Projekt-Use-Cases benötigt werden.
- Erstellung von Prüfregelein, welche die Vorgaben für Modellinhalte möglichst automatisiert prüfen können bzw. mit denen sich diese validieren lassen.
- Implementierungsansätze zur Übertragung von Gebäudemodellinhalten für den modellbasierten Gebäudebetrieb.
- Prototypische Entwicklung einer demonstrationsfähigen Softwareumgebung.
- Standardkonforme Anbindung von operativ im Einsatz befindlichen IT-Strukturen.

Durch die überlappende Bearbeitung zwischen Anforderungsphase und Infrastrukturentwicklung konnten schrittweise (Use-Case-getrennt) prinzipielle Anforderungen an die Projekt-Software formuliert werden. Dadurch konnten notwendige Softwarekomponenten und Schnittstellen definiert werden, welche einerseits durch marktverfügbare Software abdeckbar waren, andererseits im Projekt entwickelt werden mussten. Die Kenntnisse der Betriebssituation am Flughafen Wien aus der Anforderungsphase im Projekt ermöglichte eine zielgerichtete Einbettung der notwendigen BIM-Prozesse unter Beachtung der bestehenden Bedürfnisse der Organisation im laufenden Betrieb.

Um die Softwarekomponenten zu evaluieren, wurden im Projekt für ausgesuchte Validierungsgebäude und -prozesse am Flughafen Wien reale Bestandsdatenquellen verwendet bzw. zu den Vorgaben passende BIM-Musterdaten erzeugt. Die Erzeugung der BIM-Modelle basierte auf konventionellen Bestandsplänen sowie 3D-Laserscans mit unterschiedlicher BIM-Autorensoftware. Es wurde eine BIM-Planung mit IFC-referenzierender Fachmodelltrennung (mit Architektur, Vermessungsfestpunktnetz, TGA-Lüftung, TGA-Elektro, TGA-Sanitär, Laserscanpunktswolken) aufgesetzt. Für die praktischen Akteure relevante Erkenntnisse wurden in einem projektinternen Wissensdokument individuell festgehalten, was in der Praxis wichtige Fragmente eines lebendigen BIM-Projektablaufplans (BAP) als Lösung der Anforderungen darstellen würde.

Die in BIMQ zuvor formalisierten Exchange Requirements wurden als maschinenlesbare Vorgaben (Konfigurationsdateien) zur Musterdatenerzeugung an die verwendeten BIM-Autorensoftwares geliefert. Weiters wurden entsprechende Modellprüfregeln in SOLIBRI zur Lieferdaten-Qualitätsprüfung erstellt. Dies erfolgte auf Grundlage einer API-Anbindung. Im Zuge der Musterdatenerzeugung bzw. -prüfung und deren Verwendung in den Softwarekomponententests wurden die Modellierungsvorgaben bzw. die Softwarekomponenten mehrfach iterativ verfeinert bzw. angepasst.

Der interdisziplinäre Ablauf und die testweise Verwendung der erzeugten Musterdaten hat aus Disziplinsichtweisen natürlich entstehende Inkompatibilitäten zwischen der baupraxisüblich durchgeführten BIM-Modellierung und der Projektsoftware im Bereich der lebenszyklusorientierten BIM-Strukturierung und Geopositionierung Mängel aufgedeckt. Aufgrund der interdisziplinären Diskussion der Konsortialpartner zu Sichtweisen auf diverse BIM-Arbeitsweisen wurde festgestellt, dass es im Rahmen der im Projekt bewusst praxisüblich durchgeführten Modellierleistungen der Projektpartner nicht ausreichend ist, nur formale, generalisierte Anforderungen im Sinne der Use Case Management (UCM) Systematik an Modelle zu definieren. Analog zu realen BIM-Bauprojekten hat man sich darauf verständigt, dass zusätzlich zur anforderungsdefinierenden BIM-Projektleitungsfunktion (BPL) für die folgende integrale, praxisrelevante Validierungsphase mit dem geplanten BIM-basierten Umbau im Betrieb auch Steuerungs- und Koordinationsfunktionen für BIM-Leistungen im Forschungsprojekt eingeführt werden müssen. Für die relevanten Aspekte wurden dafür zur projektspezifischen effizienten Ablaufsteuerung die praxisüblichen Rollen BIM-Projektsteuerung (BPS) bzw. BIM-Gesamtkoordination (BGK) sowie BIM-Fachkoordination (BFK) im Projekt eingeführt. Aufgrund der interdisziplinären Wissensunterschiede wurden zusätzlich praxisnahe BIM-Kolloquien zur BIM-Koordination konzipiert, die letztlich Inhalte für einen wachsenden BAP zur Umsetzung lieferten.

Der BAP in BIMBestand wurde als lebendes, gemeinsam bedarfsabhängig aufgebautes Lösungsdokument der Anforderungen behandelt und sollte die Planungspartner in ihrer Projektzusammenarbeit unter Kontrolle der BPS formlos effizient inhaltlich-organisatorisch unterstützen und nicht unnötig beschränken. Die inhaltlichen Austausch-Anforderungen waren in den UCM-Use-Case Definitionen zu finden, welche in der Praxis in einem AIA-Dokument projektspezifisch gemeinsam im Rahmen der Bauaufgabe dargestellt werden.

Mit diesem Setup konnte die Validierung der Use-Cases auf Basis der entwickelten Softwareumgebung exemplarisch für einen prototypischen Funktionsnachweis umgesetzt werden. Der integrierte Softwareentwicklungsansatz entsprach einem modularen, Use-Case-basierten, agilen Vorgehen. Dadurch konnten die BIMBestand Softwarekomponenten in Teilen der IT- und Prozesslandschaft bei Flughafen Wien exemplarisch erprobt werden, wodurch in weiterer Folge die Grundlage für die praktikable BIM-softwaregestützte Evaluierung des Use-Case-verknüpfenden BIM-basierten Umbaus im Betrieb geschaffen wurde.

## 4.4. Integrale praktische Evaluierung und Validierung

In dieser Phase wurden im Rahmen des Arbeitspakets *Use-Case Validierung* die einwickelten Projekt-Use-Cases im Rahmen des integralen Projektdemonstrationsszenarios „BIM-basierter Umbau im Gebäudebetrieb“ einer praktischen Evaluierung und Validierung unterzogen.

Die wesentlichen Aufgaben waren:

- Definition der Rahmenbedingungen und Qualitätskriterien für die Validierung der Projekt-Use-Cases,
- Koordinierte, integrale Validierung der Projekt-Use-Cases im Kontext des Flughafens Wiens,
- Kontinuierliche Verbesserung der Anforderungen und Spezifikationen basierend auf den Ergebnissen der Validierung.

Zum Erreichen einer hohen Praxisrelevanz wurde ein intensives Validierungsszenario gewählt, in dem der betrieblich regelmäßig wichtige „Umbaufall infolge von Betriebsbedürfnissen“ abgebildet wird, welcher den ineinandergreifenden Charakter der Projekt-Use-Cases anschaulich zusammenhängend, über unterschiedliche Modellverwendungen von Betrieb über Planung und Ausführung bis zur Wiederinbetriebnahme, darstellt. Die einzelnen Fachmodelle aus der vorangegangenen Projektphase dienen für die Validierung als Bestandsmustermodelle und werden für die Use-Case-gemäße Umbauplanung und -ausführung mit den definierten BIM-Workflows inklusive Projekt-Software weiterverwendet.

Damit konnte die Validierung als BIM-Umbauplanung mit praxisnahen BIM-Koordinations- und -Steuerungsrollen auf Grundlage von IFC-referenzierender Fachmodelltrennung aufgesetzt werden. Durch die koordinative Begleitung der BIM-Planung konnten Details zur praxisnahen Verwendung und zu notwendigen Einstellungen in externen Softwaresystemen für die ganzheitliche Validierung erhoben und im BAP dokumentiert werden, welche selektiv in die Dissemination eingeflossen sind. Es kamen diverse praktisch übliche BIM-Softwaresysteme zum Einsatz, weshalb der Datenaustausch über offene Formate zu erfolgen hatte. Über ca. drei Monate hinweg wurde der nötige baulich-betrieblich verzahnte Ablauf einer Raumteilung infolge einer Nutzungsänderung, BIM-basiert im Sinne der Use-Case-Prozesse mit Unterstützung der Projektsoftware und praxisnaher Rollenverteilung, BIM-gesamtkoordiniert im Validierungsgebäude am Flughafen Wien durchgeführt. Abbildung 7 (Kapitel 5.3.1, Seite 43) zeigt ein Modell des gewählten Validierungsgebäudes am Flughafen Wien.

Auf Basis der Bestandsmusterdaten und BIM-Prozesse löste die Betriebstätigkeit der modellbasierten Objektbegehung aus dem Use-Case „Wartungs- und Prüfmaßnahmen“ die Umbauprojektinitiative aus. Dabei wurden Anforderungen aus dem Facility Management entsprechend des Use-Cases „Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden“ kompatibel zur BIM-basierten, betrieblichen Entwurfsplanung erhoben und weitergeleitet. Über das entstandene Architektur-Ubbaumodell konnten die TGA-Planungen für den BIM-basierten Umbau der betroffenen Lüftungs-, Sanitär- und Elektrokomponenten im koordinierten BIM-Prozess inkl. interdisziplinärer Schlitz- und Durchbruchplanung durchgeführt werden. Nach einem Validierungsfeedback-Workshop, wo im Zuge der BIM-Gesamtkoordination entdeckte Planungsmängel gelöst wurden, konnte die Umbauplanung abgeschlossen werden.

Die Planungsdaten sowie aufgenommene Laserscans unterstützten die nachfolgende Durchführung eines simulierten Umbaus im Rahmen des Use-Cases „Baublauf-integrierte asBuilt-Dokumentation“, welcher in diesem Zuge validiert wurde. Im Rahmen der Use-Cases „BIM-Daten in Werk- und Montageplanung“ und „Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden“ konnten die bauplanerischen open-BIM Modelldaten (asBuilt) strukturiert an die Betriebsführung weitergereicht werden. Damit können die betrieblichen Tätigkeiten im Facility Management auf der umgebauten Bestandsdatenbasis modellbasiert weitergeführt werden. Das umgebaute Modell der Lüftung wurde im Rahmen des Use-Cases „Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens“ simulatorisch weiterverarbeitet und unterstützt die energetische Optimierung der Betriebsführung auf Basis des Umbau-Datenupdates. Am Ende der praktischen Validierungsphase wurden alle Tätigkeiten in einem Validierungsworkshop im Konsortium von allen operativen Projektmitarbeiter:innen demonstriert, diskutiert und dokumentiert. Mit diesem integralen Validierungsprozedere konnten die Vorteile und Herausforderungen der lebenszyklusorientierten Modellverwendung äußerst anschaulich und praxisfähig gezeigt werden.

#### **4.5. Wissenstransfer**

Die inhaltlichen Projektaktivitäten wurden über die gesamte Laufzeit durch das Arbeitspaket *Stakeholder-Beteiligung und Wissenstransfer* begleitet. Die primäre Aufgabe ist der Wissenstransfer von und zu unterschiedlichen Stakeholdern. Im Speziellen wurden folgende Ziele verfolgt:

- Informationsaustausch und Wissenstransfer zu Stakeholdern (Durchführung von Stakeholder-Workshops)
- Sicherstellen eines Informationsaustausches im Bereich Betriebsführung und Digitalisierung
- Wissenstransfer durch Publikationen und Konferenzteilnahmen

Als interdisziplinäres Forschungsprojekt mit Anspruch an die Praxisverwendbarkeit der Ergebnisse wurde bei den Ausarbeitungen und Disseminationsaktivitäten darauf Wert gelegt, zielgruppengerecht und praktikabel vorzugehen. Eine Übersicht der durchgeführten Disseminationsaktivitäten zum Wissenstransfer ist in Abschnitt 6.4 gegeben.

#### **4.6. Bewertung der angewendeten Methoden**

Die vorgestellten Methoden haben sich im Zuge der Projektabwicklung im Einzelnen wie auch gesamtheitlich betrachtet bewährt, was eine vollumfängliche Erreichung der Ziele des BIMBestand-Projekts ermöglichte. Aus der Anwendung der Methoden kann folgendes Resümee gezogen werden.

Durch die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Herangehensweisen war es möglich, theoretische Herangehensweisen, wie sie in der einschlägigen BIM-Literatur beschrieben sind, mit realen Anforderungen und Gegebenheiten in der Praxis zu verbinden. Durch die Einbettung des Projekts in die reale Betriebsumgebung des Flughafens Wien sowie die Einbeziehung externer Expert:innen im Rahmen des Stakeholder-Prozesses, konnten Detailherausforderungen, die sich primär im praktischen täglichen Leben und der praktischen Arbeit ergeben, bei der Entwicklung der Lösungen einbezogen werden. Dies führte dazu, dass die im Rahmen der experimentellen Entwicklung dieses Forschungsprojekts exemplarisch erarbeiteten Lösungsansätze eine hohe

Praxistauglichkeit aufweisen. Als nützlich hat sich z.B. das Instrument der User-Stories erwiesen. Der Vorteil dieser Methodik mit wenig Formalzwang ist, dass diese leicht von den operativen Personen durchgeführt werden kann und die „echten“ Betriebsbedürfnisse aufgenommen werden. Die operativen Personen fühlen sich durch die Erzählung „ihrer Arbeitsgeschichten“ gehört und können Ihre Sicht der Dinge in Ihren Worten wiedergeben. Die Summe dieser „Betriebsgeschichten“ geben für die Anforderungsfindung ein gutes schriftliches Gesamtbild mit Fokus auf das Wesentliche, denn Betriebsmitarbeiter:innen fokussieren bei Zusammenfassungen gerne auf das (für sie) Relevante. Auch die Stakeholder-Interviews haben sich als Instrument zur Identifikation von Bedürfnissen und Anforderungen aus der Praxis bewährt. Die Interviewten haben dieses Format dezidiert als sehr interessant bezeichnet, was sich auch darin äußerte, dass die Gespräche entlang des Fragenkatalogs teilweise über drei Stunden dauerten.

Hervorzuheben ist außerdem die Formalisierung der BIM-Anforderungen auf Basis von Use-Cases. Dabei hat sich das Framework des bSI Use Case Managements als äußerst nutzbringend erwiesen. Es ist gelungen, die im Projekt betrachteten relevanten Use-Cases stringent abzubilden und zu veröffentlichen. Auf dieser Basis war es in weiterer Folge möglich, Anforderungen für die im Projekt notwendigen Softwareentwicklungen abzuleiten. Die Entwicklungsarbeiten für Softwarekomponenten wurden iterativ im Sinne „agiler Softwareentwicklung“ durchgeführt. D.h. regelmäßiges Feedback zwischen Entwicklung, Anforderung und Betriebsbedürfnis konnten die Lösungen ständig verbessern. Auch diese Herangehensweise hat sich im Projekt sehr bewährt. Abschließend sei der Validierungsablauf als Highlight hervorgehoben. In dem ganzheitlich aufgesetzten Validierungsszenario konnten das Ineinandergreifen und die Abhängigkeiten zwischen den Use-Cases gesamthaft abgebildet und validiert werden. Dadurch konnten reale Gegebenheiten, wie sie in der Praxis auftreten, sehr gut abgebildet werden, was bei einer isolierten Betrachtung und Evaluierung der einzelnen Use-Cases nicht der Fall gewesen wäre.

# 5 Ergebnisse

## 5.1. Anforderungs- und State-of-the-Art-Analysen

Ziel dieser Projektphase war es, den aktuellen Stand des Wissens als Grundlage für die Projektarbeit zu dokumentieren. Um dies zu erreichen, wurden unterschiedliche Themenfelder untersucht und zusammengefasst, unter anderem:

- Es wurde eine Analyse relevanter Forschungsprojekte durchgeführt. Hier wurden schwerpunktmäßig FM-lastige Projekte ins Auge gefasst, welche sich mit Datenintegration, Taxonomie, Datenaustausch, Datenspezifikation etc. beschäftigen.
- Es wurde eine BIM- und FM-Normenübersicht erstellt, die grob darstellt, welche Normen für eine spätere BIMBestand-Umsetzung (Use-Cases) von Relevanz sein können. Hier wurde bewusst der Weg eines Überblicks gewählt. Eine anwendungsabhängige Detailanalyse muss im Bedarfsfall erfolgen.
- Auf Basis von User-Stories wurden Anforderungen für BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden auf Basis von Realprozessen erhoben.
- Durch Stakeholder-Interviews konnten häufige Problemstellungen und Anforderungen aus der Praxis identifiziert werden, die einen Anhaltspunkt bzw. eine Basis für Entwicklungen in BIMBestand bilden.

Je Kategorie wurden die wichtigsten Informationen, die für das Projekt BIMBestand relevant sind, abgeleitet. Weiters wurden im Zuge der Stakeholder-Beteiligung Probleme identifiziert und basierend darauf Anforderungen für das Projekt abgeleitet, die in der Durchführung berücksichtigt werden sollten. Nachfolgend sind wesentliche Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

### 5.1.1. Beispiele relevanter nationaler und internationaler Forschungsprojekte

Eine holistische Literaturbetrachtung der letzten zehn Jahre von Matarneh et al. (2019) konkludiert den weiterhin bestehenden Mangel an Konsens zwischen Wissenschaft und Praxis über den erfolgreichen und praktischen Informationsaustausch zwischen Bauwerksinformationsmodell (BIM) und Computer-Aided Facility Management (CAFM) infolge einer hoch komplexen Softwareinteroperabilität. Kučera et al. (2018) vergleichen Informationssysteme (BIM, CAFM, BMS – Building Management Systems) im Bereich des Facility Managements hinsichtlich bereitgestellter Daten und Aufgaben, welche in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt sind.

Tabelle 1: Vergleich Informationssysteme im Facility Management

	BIM	CAFM-System	BMS
<b>Bedeutung</b>	Datenmodell bestehend aus geometrischer und alpha-numerischer Information	computerunterstütztes FM-System	Gebäudemanagementsystem, Gebäudeautomatisierung
<b>Aufgabe</b>	Umgebungsdarstellung Lokalisierung von Objekten bzw. Einrichtungen	Beispielsweise Flächen-, Energie- oder Instandhaltungsmanagement	Fernauslesung,-steuerung & -wartung
<b>Datenvolatilität</b>	Referenzdokumentation	Analyse und Reporting	Online-Steuerung und -Monitoring

Obwohl Gebäudeinformation in allen drei Informationssystemen digital verarbeitet wird, erfolgt kein systematisch-automatischer Datenfluss. Zusammenarbeit zwischen Softwaresystemen scheitert aktuell an Definition und Implementation gemeinsamer Datenschnittstellenstandards. Aufgrund der sehr verschiedenen Branchen und Akteure erfolgt eine unzureichende inhärente Zusammenarbeit. Eine wichtige Aufgabe von BIMBestand ist daher, die Machbarkeit des Zusammenspiels mittels einer funktionierenden, flexiblen, allgemein gültigen technischen Lösung darzustellen und Rahmenbedingungen von durchgängigen Datenflüssen zu zeigen. Um dabei auf bereits vorhandene Erfahrungen und Ergebnisse aufbauen zu können, wurden bereits durchgeführte Forschungsprojekte analysiert, welche nachfolgend zusammenfassend dargestellt sind.

**Fallstudie PÄRN et al. (2017): Conceptualising the FinDD API plug-in A study of BIM-FM integration**

Die von Pärn et al. (2017) beschriebene Forschungsarbeit adressierte die Erweiterung eines Construction Operations Building Information Exchange (COBie) Informationsmodells mit Eigentümeranforderungen. Es zeigt ein Beispiel für erfolgreiche Datenintegration auf. Hierbei können sowohl Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Partizipationsprozesses, als auch die Entwicklung einer projektspezifischen Anlageninformationsmatrix und deren Einbindung innerhalb des Bauwerksinformationsmodells angedacht werden. Anders ausgedrückt, kann ein BIM FM „Totem“ als BIM-Andockschnittstelle (Interface) für FM-Systeme gesehen werden. Dabei holt sich das „Totem“ native live Daten aus spezifischen BIM-Modellen und leitet diese zu den CAFM-Systemen weiter.

**Fallstudie KUČERA et al. (2018): Semantic BMS allowing usage of building automation data in facility benchmarking**

Ziel dieser Arbeit war es, ein Gebäudeautomationssystem mit semantischen Verknüpfungen zu Entitäten in anderen Systemen (BIM-, CAFM-Systeme) anzureichern und eine neue Schicht semantischer Metadaten hinzuzufügen, welche an anderer Stelle nicht verfügbar sind. Das Projekt zeigt, wie man unterschiedliche Branchendaten leichter verknüpfen kann, indem eine Übersetzungsschicht („Middleware“) implementiert wird, wodurch jede Branchentechnologie in ihrer Begriffs- und Nutzungswelt bleibt und der Datenzugriff semantisch anwendungsgerecht bleibt. (Kučera et al. 2018)

### **Fallstudie FARGHALY et al. (2018): Taxonomy for BIM and Asset Management Semantic Interoperability**

Wie im Paper von Farghaly et al. (2018) beschrieben, wird eine Klassifizierung („Betriebsverwendung“) und Auflistung von zugehörigen Anlageninformationen geschaffen, welche im Betrieb benötigt werden. Themen-Verantwortliche auf Betreiberseite können anhand solcher Taxonomien schnell bekanntgeben, welche Informationen für ihren Betrieb nötig sind. Das ausgearbeitete Taxonomie-Modell erstellt Klassifizierungen für das Energiemanagement von Gebäuden und stellt 60 generische FM-Anforderungen aus Sicht des Eigentümers zur Verfügung. Hinsichtlich der Interoperabilität werden Datenaustauschprozesse für das BIM zusätzlich identifiziert.

### **Fallstudie PISHDAD-BOZORGI et al. (2018): Planning and developing facility management-enabled building information model**

Ziel des Projekts in dieser Fallstudie war es, ein ganzheitliches Informationsmanagementsystem für Gebäude bzw. Einrichtungen unter Verwendung eines offenen BIM-Standards (COBie) inklusive der Demonstration von Informationsaustauschprozessen aufzubauen. Mit Hilfe einer entworfenen Abarbeitungscheckliste kann der digitale Austauschprozess für das Erfassen, Verwalten und zum weiteren Austausch von Daten auf Ebene der FM-Aktivität beschrieben werden. Damit kann eine ganzheitliche Definition von Datenbedürfnissen systematisch erfasst werden. (Pishdad-Bozorgi et al. 2018)

### **BIM2GIS**

Das Projekt BIM2GIS ist eine Aktivität im Rahmen der buildingSMART International Airport Domain. Zielsetzung dieser Aktivität ist der Aufbau standardisierter Übertragungsverfahren von IFC-basierten digitalen Modellen in GIS-Plattformen, die Eingrenzung der zu transferierenden geometrischen und alphanumerischen Informationen sowie die Mitgestaltung der GIS/cityGML-Standards im Sinne der Flughafen-Anforderungen.

### **MissingEntities**

Das Projekt MissingEntities ist eine Aktivität im Rahmen des buildingSMART international Airport Domain. Zielsetzung dieser Aktivität ist das Identifizieren des zu IFC4 zusätzlich benötigten Bedarfs an Datenstruktur zur Abbildung von Flughäfen (Elementklassen, Typen, Psets, Merkmale) sowie das Präzisieren der Definition von Elementklassen zur Abgrenzung derer Verwendungsmöglichkeiten und Harmonisierung der künftigen Modellzusammensetzung.

### **SurveyManual**

Das Projekt SurveyManual ist eine Aktivität im Rahmen der Facility Management Austria in Kooperation mit der MA34 der Stadt Wien und der Bundesimmobiliengesellschaft (BIG). Zielsetzung dieser Aktivität ist es, eine generelle Grundlage zur Bestellung von Laserscan-Vermessungen und darauf basierender BIM-Modellierung von Bestandsmodellen sowie eine detaillierte Bestimmung der Anforderungen auf Grundlage der ÖNORM A 6250 zu erstellen.

Von Relevanz sind außerdem die in Abschnitt 3.3 dargestellten Vorprojekte BIM4BEMS, SIMULTAN, Smart Airport City und metaTGA.

### 5.1.2. Normen und Richtlinien

Im Rahmen des Projekts wurde eine umfassende Analyse von etwa 80 Normen aus den Bereichen BIM, TGA, FM sowie deren Daten- und Prozessmodelle durchgeführt. Für eine bessere Übersicht und leichtere Analyse wurden die untersuchten Normen in Cluster unterteilt, die in Abbildung 6 ersichtlich sind. Dazu gehören BIM allgemein, TGA, FM, sowie Datenmodelle und Prozessmodelle. Die Untersuchungen fokussierten sich auf national bzw. internationale Ebene. Abbildung 6 zeigt einen Auszug der untersuchten Normen. Jene mit höherer Relevanz für das BIMBestand-Projekt (basierend auf ersten Untersuchungen bzw. Einschätzungen im Konsortium) wurden mit Stern-Symbol (\*) gekennzeichnet.

Abbildung 6: Zusammengefasste Übersicht relevanter Normen für das Projekt BIMBestand

	<b>Building Information Modelling (BIM)</b>	<b>Technische Gebäudeausrüstung (TGA)</b>	<b>Facility Management (FM)</b>	<b>Datenmodelle</b>	<b>Prozessmodelle</b>
International	ISO 19650-1* ISO 19650-2* ISO 19650-3 [E]* ISO 19650-5 [E]* ISO 16739*	ISO 16757-1*	ISO 41001* ISO 41001* ISO 41001	ISO 16739* ISO 12006-3	ISO 23386* ISO 29481-1* ISO 29481-2*
Europäische Normung	CEN/TC 442/WG1	VDMA GEFMA CEN/TC 442/WG2 EN 15232	VDMA GEFMA CEN/TC 442/WG3	CEN/TC 442/WG3	VDMA GEFMA CEN/TC 442/WG3
Deutschland	VDI 2552-1* VDI 2552-10*	VDI 3805* DIN 6779-2* DIN 6779-12*	VDI 2519-2 VDI 2552-6 (E)*	VDI 2552-4* VDI 2552-5* VDI 2552-11*	VDI 2552-7* DIN 31051
Österreich	ÖNORM B 1800* ÖNORM A 6241-1* ÖNORM A 6241-2* ÖNORM EN 13306*	ÖNORM A 7010-2* ÖNORM A 6010*	ÖNORM B 1300 ÖNORM B 1301* ÖNORM B 1800* ÖNORM A 7010-3* ÖNORM A 7010-5* ÖNORM A 7010-6* ÖNORM A 7002 ÖNORM EN 15221 ÖNORM EN 15459 ÖNORM EN 16310	ÖNORM B 1801-1* ÖNORM B 1801-3* ÖNORM B 1801-5* ÖNORM B 1801-6 (E) ÖNORM A 7010-1* ÖNORM EN 15221-4* ÖNORM A 6250-2	ÖNORM B 1801-2 ÖNORM B 1801-4 ÖNORM A 6250-1* ÖNORM A 7010-4

### 5.1.3. Anforderungen für BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden auf Basis von Realprozessen

Um eine möglichst an praktischen Gegebenheiten im FM-Realbetrieb orientierte Grundlage für die Ausarbeitung der Use-Cases zu erhalten, wurden User-Stories entwickelt. User-Stories sind ein geeignetes Instrument um reale Betriebsabläufe und Problemstellungen aufzuzeigen und konkret verständlich zu machen. Sie bilden einen Ausgangspunkt, um Realprozesse detailliert verstehen zu können. Die User-Stories sind so aufgebaut, dass geklärt wird, wer an einem Prozess beteiligt ist,

worum es in dem Prozess geht (welche Daten/Informationen werden benötigt und ausgetauscht) und wie diese Informationen bearbeitet werden (Softwaretools).

Dahingehend wurden auf Basis realer FM-Prozesse bei Projektpartnern User-Stories zu folgenden Themen ausgearbeitet:

- Störmeldung Brandschutzttore
- Störmeldung des Lüftungssystems
- Störmeldung des partiellen Stromausfalls
- Flächenmanagement
- Instandhaltungsmanagement
- Energieoptimierung einer Lüftungsanlage

Aus den erstellten User-Stories lassen sich überblicksmäßig die nachfolgend dargestellten Erkenntnisse zusammenfassen.

### **User-Story Erkenntnis 1: Betriebsablauf Änderungen von Bauplänen**

Gebäudebestandspläne werden in verschiedenen Betriebsfachanwendungen verwendet und müssen somit konsistent gehalten werden. Dies geschieht in der betrachteten Praxisanalyse vorwiegend auf Planbasis mit manueller, anwendungsbezogener Planerweiterung. Baupläne zu durchgeführten Umbauten müssen gewissen Standards genügen und die Realität widerspiegeln, um im Betrieb weiterverwendet/-verarbeitet werden zu können. Jede Änderung löst erneut Anpassungsaufwendungen von verschiedenen Personen/Abteilungen aus.

Schlussfolgerung für BIMBestand: Gebäudeinformationen müssen „planertauglich“ als Plan sowie BIM-Modell in das AIM-System, auf den geforderten Planstandard überprüft, übernommen werden können. Ebenso muss zur Überprüfung, ob die Planung der Realität entspricht, eine Verifikationsmöglichkeit zur Bestätigung der Gleichheit von Bau-Ist und Planungs-Soll entstehen (z.B. Laserscans im Baufortschritt zur Baudokumentation). Systeme mit abgeleiteten/erweiterten Gebäudeinformationen müssen im Sinne von Single-Source-of-Truth auf Basisplandaten zusammenhängen bzw. müssen Änderungen in der Basis automatisch auch Änderungsanforderungen in nachfolgenden Systemen auslösen.

### **User-Story Erkenntnis 2: Betriebsablauf Änderungen von Flächen**

Gebäudeflächendaten müssen über verschiedene Systeme hinweg konsistent gehalten werden, jedoch unterscheiden sich Flächenangaben aufgrund unterschiedlicher Normvorgaben je nach Anwendung. Dies geschieht in der betrachteten Praxisanalyse vorwiegend auf Planbasis und extrahierten Daten bzw. manueller Manipulation. Pläne für Änderungen müssen gewissen Standards genügen, um weiterverarbeitet werden zu können. Jede Änderung löst erneut die Anpassungsaufwendungen von verschiedenen Personen/Abteilungen aus.

Schlussfolgerung für BIMBestand: Durch anwendungsgerechten Zugriff auf eine gemeinsame Gebäudeinformationsbasis sollte jedes Fachanwendungssystem jeder Abteilung zielgerichtet passende Daten abrufen können, unter automatisierter Beachtung von notwendigen Vorarbeiten durch andere Systeme/Personen/Abteilungen. Zur Kontrolle und Beweissicherung der „vermieteten Flächen“ sollten ebenso Laserscan-Punktwolken im Gebäudeinformationssystem eingespielt werden können, um Abweichungsanalysen zu Plan/Modell zu ermöglichen.

### **User-Story Erkenntnis 3: Betriebsablauf Technische Störungen**

Technische Störungen können jederzeit und überall auftreten. Einerseits kann man Störungen durch frühzeitige (sinnvolle/optimierte) Anlagenwartung vermindern, andererseits hilft im Störfall eine mobile, störungsgerichtete Informationsbereitstellung (inkl. Historie) sowie eine effiziente Kommunikation der interdisziplinär Beteiligten (Störungsmelder:in, Störungsbehebungs-koordinator:in, Störungsbeheber:in).

Schlussfolgerung für BIMBestand: Mit dem Projektziel durchgängiger Datenflüsse versucht BIMBestand nicht Lösungen zur Störungsvermeidung zu finden (z.B. durch „Predictive Maintenance“), sondern soll durch modellbasierte Informationsbereitstellung, Zusammenarbeit und Kommunikation eine effiziente Meldung und Behebung von Störungen technisch unterstützen. Ideen zur Lösungsfindung können folgende Schlagworte umfassen: BIM/Location based Workflow, Betriebsanleitungen im Modell, BCF-Kommunikation zur Anlage für alle Tätigkeiten (zur Generierung einer natürlichen Anlagenhistorie).

### **User-Story Erkenntnis 4: Optimierung Lüftungsanlage**

Lüftungssysteme sind wesentliche Energieverbraucher in Gebäuden. Aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit und Komplexität ist die Einregulierung auf optimale Zustände bzw. Erkennung von notwendigen Wartungen für Verantwortungsträger sehr herausfordernd.

Schlussfolgerung für BIMBestand: Simulationen des optimalen Zustandes, Druckverlust-Sensoranbindung für Realzustandserfassung und verknüpfte softwarebasierte Optimierungsentscheidungsunterstützung sollten verantwortlichen Facility Manager:innen ein objektives Feedback bzw. Hinweise geben und sich an passender Stelle als „Energie-Assistenzsystem“ in den Prozess der Betriebsführung einbinden.

## **5.1.4. Praxisfeedback involvierter Stakeholder für BIM-basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden**

Um die aktuelle Situation bzw. Meinung von Fachexpert:innen in der Praxis zum Thema BIM-basiertes Bestandsmanagement zu erheben und daraus Anforderungen für die Forschungsarbeiten im Projekt BIMBestand abzuleiten, wurden Stakeholder-Interviews mit 20 Expert:innen durchgeführt. Die 2- bis 4-stündigen Interviews wurden mit Vertreter:innen aus folgenden Kategorien geführt: Bauherr, Planung, Betrieb/Facility Service Firmen, Software und Forschung. Es wurden pro Kategorie 3 bis 5 unterschiedliche Interviews geführt. Die resultierenden Ergebnisse sind nachfolgend als anonymisierte Statements je Stakeholder-Kategorie zusammengefasst bzw. ausgewählt dargestellt.

### **Allgemeine Statements**

- open-BIM und deren offenen Standards sind den meisten befragten Stakeholdern ein Begriff und kommen auch in der ein oder anderen Form zum Einsatz.
- Die Mitarbeiter:innen-Qualifikation (Aus- und Weiterbildung) versuchen sehr viele Firmen intern zu lösen. Hierbei ist zumeist das „integrale Denken und Verständnis“, das wichtig für BIM und FM ist, gemeint. Die Qualität (gemäß des Praxisbedarfs des vernetzten und gewerkübergreifenden Denkens) der Ausbildung (Universität bzw. Fachhochschule) wird stark bemängelt. Facility Management wird teilweise als kaufmännisches Thema gesehen, ist jedoch unterlagert mit

technischen Aufgaben und dafür notwendigem Verständnis. Technische (BIM)-Schulungen mit Fokus auf Softwarefunktionalitäten werden jedoch in Anspruch genommen.

- Das Format des persönlichen Interviews bzw. Fachgespräches ist bei allen Beteiligten sehr gut angekommen. Das Zeitmanagement sowie die individuelle Anpassung der Fragen im Verlauf eines Interviews stellte sich teilweise als herausfordernd dar. Dies ist bei neuerlichen Fachgesprächen zu berücksichtigen
- Es konnten Kommunikationsprobleme und daraus resultierende Herausforderungen identifiziert werden. Generell ist jedem klar, dass alle Beteiligten (Auftraggeber, Planung, Betreiber etc.) frühzeitig miteinander reden sollten, um Anforderungen etc. zu definieren. Stichwort: „FM sollte Teil integraler Planung sein“. Dennoch scheitert dies oft in der Praxis. Kommunikation und Abstimmungen im Lebenszyklus eines Gebäudes sind essentiell.

### **Architektur und Bauherr:innen**

- Das Thema vernetztes Denken (interdisziplinäre Kompetenzen) wurde hinsichtlich der Ausbildungsqualität stark bemängelt.
- Neue Technologien wie Künstliche Intelligenz oder Algorithmen am Beispiel der Fotodokumentation oder Übernahme bei Wartungsterminen von TGA-Komponenten in CAFM würden viele manuelle Zwischenschritte einsparen.

### **Aus Sicht der Planung und BIM-Konsulent:innen**

- Das generelle vernetzte Denken ist allen bewusst. Dennoch passiert es, dass – auch aufgrund der Vertragslage – ein gekapseltes Denkmuster entsteht. BIM- und FM-Modelle werden teilweise komplett getrennt gesehen, obwohl das eine auf dem anderen aufbauen soll. Eine robuste Referenzierung unterstützt hier sehr.
- Bestandspläne sind in manchen Fällen qualitativ nicht hochwertig vorhanden, oft nicht normkonform. Dies führt zu Mehraufwänden und Unsicherheiten.
- BIM-Abwicklungspläne sind lebende Dokumente. Die Qualität wächst mit der Projekterfahrung. Es macht Sinn, AIAs und Betreiberinformationsanforderungen (BIA) zu trennen, da heutige in der Praxis verwendete AIAs eher auf die „Planung fokussieren“ und BIAs auf FM.
- Die Durchgängigkeit der Planungsdaten im Lebenszyklus des Gebäudes wird unumstößlich als positiv erachtet. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass Modelle und Daten auch sinnvoll und effizient weiter genutzt werden können.
- Definierte BIM/FM-Konzepte sollen es ermöglichen, dass über alle (Um-)Bauphasen hinweg Daten sinnvoll/effizient weitergenutzt werden können. Es muss bereits bei einem Erstgespräch zwischen Planung und Auftraggeber über die Anforderungen des Auftragsgebers gesprochen werden.
- Das Zusammenspiel der unterschiedlichsten Softwarelandschaften funktioniert oft nicht reibungslos. Damit ist gemeint, dass sich die Datenaustauschstrukturen oft nicht „kennen“ und Lücken in der Übertragung entstehen. Betrachtet man den Ablauf und die Rückmeldung von CAD-Technikern, so sind oft x Stunden in Problembehebungen gebucht. Es sollte seitens der Hersteller bereits erprobt sein, wie und ob die Strukturen funktionieren. Auch sollten Empfehlungen und Best-Practice-Beispiele erarbeitet werden, welche Software mit welcher Anbindung am besten funktioniert.

- Aus Sicht der Planung ist es aufgrund von fehlenden Informationen etc. schwierig, in der Anfangsphase in das Projekt zu „finden“. Vieles bedarf oft einer zusätzlichen Abklärung, wodurch Mehrkosten verursacht werden. Klassische Vorwürfe wie „Warum ist die BIM-Planung so teuer“, sind jedoch diesen Tatsachen geschuldet. Die eigentliche Stärke von BIM – eine durchgängige Kette zwischen Auftraggebern, Planung, Ausführung und FM – wird durch solche Situationen verhindert.
- Es müsste eine „öffentliche“ Vorgabe geben: „Diese 20 Parameter sind so und so für FM zu verwenden“. Mit diesen Vorgaben kann man zu Softwareherstellern gehen und diese argumentativ einfordern.
- Um die Brücke via open-BIM (IFC) zu schlagen, müssen ausreichend Property-Sets in der IFC-Datenstruktur vorhanden sein. International gesehen ergibt sich ein positives Bild, im DACH-Raum gibt es definitiv Verbesserungspotential, da viele Parameter fehlen oder nicht eindeutig sind. Es soll vermieden werden, dass jeder Akteur sein „eigenes Süppchen“ kocht.
- Medien- bzw. Informationsbrüche müssen unbedingt vermieden werden.
- Zur Sensibilisierung zwischen den Akteuren BIM und FM sollten mehr CAFM-Softwarehersteller auf BIM-Events präsent sein und ihre technischen Lösungen präsentieren (was geht, was geht nicht und was muss davon von BIM kommen).

#### **Aus Sicht der Betreiber:innen und Facility Manager:innen**

- Generell ist ein im Vorfeld zu definierendes Raum- und Anlagenkennzeichnungssystem extrem wichtig. Somit schafft man es, durch Referenzierung ein „Überladen“ des Modells zu vermeiden.
- Eine große Effizienzsteigerung wäre eine Darstellung von rechtlichen Vorgaben auf Komponentenebene.
- Kritisch gesprochen sind Informationsflüsse zwischen BIM und FM theoretisch existent, praktisch wird komplettes „littleBIM oder closedBIM (Denken)“ umgesetzt, sämtliche Infos werden selbst beschafft und umgesetzt, was nicht dem Grundgedanken von BIM entspricht.
- Ein internationaler Standard für die Anlagenbezeichnung von Komponenten fehlt. Dahingehend sind betriebsrelevante Metadaten auf Komponentenebene nicht wirklich vorhanden.

#### **Aus Sicht von Software-Hersteller:innen**

- Ein User-Interface muss durchgängig sein und den User intuitiv durch den Prozess leiten können.
- Kollaboration und Informationsfluss muss im Vordergrund stehen.
- Forschungsunternehmen sollen eine Wirtschaftlichkeitsanalyse über die Verwendung von BIM im FM durchführen und den Aufwand/Nutzen aufzeigen. Weiters wäre interessant zu analysieren, welche Optimierung durch eine Verfügbarkeit von Daten ermöglicht wird.
- Wenn BIM- und FM-Abteilungen getrennt sind, führt das oft zu Zielkonflikten.

#### **Aus Sicht der Forschung**

- BIM-Modelle sind derzeit nicht als Ausgangsbasis für FM-relevante Informationen geeignet, weil die Planer:innen und ausführenden Unternehmen noch nicht lebenszyklusorientiert denken.
- Die Polierpläne und Ausführungspläne der Fachplaner:innen passen mit dem errichteten Gebäude nicht überein – es kommt zur Neuvermessung des errichteten Gebäudes – mit entsprechendem Aufwand.

## 5.2. Anwendungsdesign

Eine wesentliche Aufgabe im Projekt BIMBestand lag in der Ausarbeitung konkreter Anwendungsfälle für den Einsatz von BIM in Bestandsmanagement von Gebäuden. Dahingehend wurde eine Vielzahl von Funktionalitäten analysiert. Ein wesentliches Ergebnis dieser Arbeiten sind die im Projekt erarbeiteten Anwendungsfälle (Use-Cases). Diese beschreiben die konkrete Anwendung von BIM im Bestandsmanagement anhand definierter Aufgabestellungen und dazugehörigen (Funktions-) Anforderungen. Die Use-Cases wurden anhand des in Abschnitt 4.2 beschriebenen Use-Case-Management (UCM) Ansatzes entwickelt. Sie beinhalten unter anderem eine Beschreibung der Anforderungen an den Use-Case, eine Beschreibung des zugrundeliegenden Prozesses mittels BPMN-Darstellung, eine Beschreibung der Exchange Requirements sowie eine Definition von Verantwortlichkeiten im Prozess. Die Use-Cases bilden die Grundlage für alle Folgearbeiten im Projekt und können in der vorliegenden veröffentlichten Form für Projekte in der Praxis herangezogen werden.

Die ausgearbeiteten Use-Cases wurden auf der [UCM-Plattform von buildingSMART International](#) publiziert als:

- **UCM-UC „Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden“**
- **UCM-UC „Bauablauf-integrierte asBuilt-Dokumentation“**
- **UCM-UC „Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens“**
- **UCM-UC „BIM-Daten in Werk- und Montageplanung“**
- **UCM-UC „Wartungs- und Prüfungsmaßnahmen“**

Die Use-Cases sind auf der UCM-Plattform öffentlich zugänglich, wobei eine kostenfreie Registrierung für die Nutzung der Plattform notwendig ist. Nachfolgend findet sich eine Zusammenfassung der ausgearbeiteten Use-Cases.

### 5.2.1. UC Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden

Der Use-Case löst die komplexen Prozesse zwischen Datenmanagement und anderen operativen Einheiten bei auftretenden Bauwerksveränderungen von Bestandsgebäuden durch Integration der BIM-Methodik. Es wird aufgezeigt, dass ein Betriebsführungsmodell (asBuilt) zu einem transparenteren, qualitätsbewussteren Prozessablauf führt und diverse Vorteile generiert und u.a. die Planung neuer Umbaumaßnahmen, die Dokumentation durchgeführter Baumaßnahmen, die Wiederinbetriebnahme nach erfolgten Umbaumaßnahmen, etc. deutlich erleichtert.

Im Gegensatz zu Use-Case „Bauablauf-integrierte asBuilt-Dokumentation“, welcher die Baudokumentation für Neubauprojekte bzw. große Umbauprojekte beschreibt, bezieht sich dieser Use-Case auf kleinere und mittlere Umbauten in Bestandsgebäuden. Dabei wird ein existierendes asBuilt-Modell adaptiert und nicht neu erstellt. Diese Unterscheidung ist wichtig, da bereits bestehender Kontext des Betriebsführungsmodells erhalten bleiben muss.

Der zentrale Aspekt, wie das asBuilt-Modell bei auftretenden Bauwerksveränderungen von Bestandsgebäuden „essentiell“ wird, liegt in der „modellbasierten“ Betriebsführung. Alle relevanten Informationen der Betriebsführung werden entweder direkt im Modell geführt oder zumindest in

dessen Kontext verknüpft. Jedenfalls sind über das Betriebsführungsmodell alle Betriebsführungsinformationen zentral erreichbar, daher ist seine Übereinstimmung mit der baulichen Wirklichkeit essentielle Voraussetzung (asBuilt).

Der Use-Case beschreibt den standardisierten Prozessablauf des Datenmanagements einer Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden im laufenden Gebäudebetrieb mittels BIM-Methodik. Dabei wird beschrieben, zu welchem Zeitpunkt Bestandsdaten zur Verfügung gestellt bzw. adaptiert werden müssen. Der Use-Case kann für kleine bis mittlere Umbauarbeiten angewendet werden. Große Bestandsänderungen werden als gesonderte Projekte betrachtet. Der Use-Case unterscheidet nicht, warum Bestandsänderungen stattfinden sollen. Es wird lediglich der Prozess ab der Entscheidung „Umbauarbeiten genehmigt“ beschrieben. Der Use-Case unterscheidet im Prozessablauf zwischen „externen“ und „firmen-internen“ Planungstätigkeiten. Darüber hinaus wird exemplarisch ein detailliertes Datenmanagement bezogen auf Flughafen Wien AG (FWAG) Softwaresysteme (Stand 2021) beschrieben. Dieser Prozess beinhaltet den gesamten Ablauf, den eine Bauwerksveränderung mit sich bringt, d.h. von der freigegebenen Umbaumaßnahme, dem eigentlichen Umbau bei laufendem Gebäudebetrieb bis hin zur Inbetriebnahme des fertigen Umbaus.

### **5.2.2. UC Bauablauf-integrierte asBuilt-Dokumentation**

Der Use-Case versucht häufig auftretende quantitative und qualitative Lieferprobleme betreffend der asBuilt-Dokumentation, d.h. der realitätstreuen Darstellung des gebauten Gebäudezustandes unter Nutzung der BIM-Methodik, durch essentielle Integration in den Bauablauf zu lösen. Es wird gezeigt, dass das baufortschrittsgemäße Vorhandensein des asBuilt-Modells zu einem transparenteren, qualitätsbewussteren Bauablauf führt und dabei die für den Gebäudebetrieb wichtige asBuilt-Dokumentation automatisch realitätskonform entsteht.

Der zentrale Aspekt, wie das asBuilt-Modell im Bauablauf „essentiell“ wird, liegt in der „modellbasierten“ Bauabrechnung. Der Prozess der Bauabrechnung muss bei jedem Bauvorhaben nachvollziehbar und realitätsgemäß „wie gebaut“ durchgeführt werden. Konventionell erstellen Bauauftragnehmer (BauAN) dafür prüfbare Skizzen und zugehörige Aufmaßblätter, welche durch die Örtliche Bauaufsicht (ÖBA) als Vertreter des Bauauftraggebers (AG) auf Konformität mit der gebauten Realität geprüft wird. Der konventionelle Ablauf ist jedoch aufwändig und fehleranfällig für BauAN und AG mit entsprechenden monetären Konsequenzen. Eine modellbasierte Bauabrechnung verspricht dagegen weitgehende Automatisierung des Prozesses (wenn Modell objektiv plausibel) mit entsprechendem Effizienzgewinn für BauAN und AG.

Nach der Erkenntnis, dass eine modellbasierte Abrechnung für BauAN und AG vorteilhaft ist, sind die notwendigen Rahmenbedingungen dafür zu definieren. Die modellbasierte Abrechnung benötigt ein realitätskonformes asBuilt-Modell. Der BauAN hat natürliches Interesse daran, dass das asBuilt-Modell zeitnah erstellt wird, da der verrechnete Umsatz seine vorab geleisteten Baukosten zeitnah ausgleichen muss. Ebenso trägt die angestrebte Realitätstreue dazu bei, dass die Rechnungsfreigabe durch die ÖBA rasch erfolgen kann. Der BauAN ist außerdem auch bisher – spätestens zur Übergabe fertiggestellter Bauteile – verantwortlich, die zugehörige Dokumentation zur von ihm gebauten Realität zu liefern.

Mit dem (lebenszyklusorientiert definierten) asBuilt-Modell als zentrale Abrechnungsgrundlage hat der BauAN sowie AG einen klar definierten Ort und Modus der Datenübergabe, welcher im asBuilt-

modellbasierten Gebäudebetrieb sofort verwendbar ist (wäre) – jedenfalls hat eine so entstandene Baudokumentation durch die zeitnahe, klare Definition und baupraktikable Einbindung das Potential so gut wie möglich geliefert zu werden.

### **5.2.3. UC Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens**

Der Use-Case unterstützt Facility Manager:innen und Planer:innen bei der Aufgabe, die Lüftungsplanung im Falle eines Umbaus bezüglich a) geeigneter Ventilatorleistung und b) Auswirkung der Umbaumaßnahme auf den Jahresstrombedarf zu überprüfen.

Lüftungsanlagen können zu den bedeutendsten Stromverbrauchern in Nichtwohngebäuden gehören. Ausschlaggebend für den Strombedarf von Lüftungsanlagen sind:

1. die Nutzungsart eines Gebäudes
2. die Dimensionierung der Anlagenkomponenten, insbesondere des Lüftungsgeräts, der Leitungslängen und -querschnitte sowie der Einbaukomponenten wie Brandschutzklappen, Volumenstromregler, Lüftungsgitter, Schalldämpfer oder Filter
3. der topologische Aufbau der Lüftungsnetzwerke (welche Gebäudeteile werden von welcher Anlage über welche Leitungen versorgt)
4. die Anlagenregelung; Stand der Technik ist hier eine bedarfsgeführte Regelung

Für die dargestellten Abläufe ist nicht wesentlich, ob es sich beim Planenden um ein aus Sicht des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin externes Unternehmen handelt oder um eine interne Planungsabteilung.

### **5.2.4. UC BIM-Daten in Werk- und Montageplanung**

Dieser Use-Case beschreibt den Prozess der Werks- und Montageplanung von Bauwerksänderungen im laufenden Gebäudebetrieb, welche den Workflow und notwendigen Datenaustausch zwischen Projektleitung (Auftraggeber:innen) und externen Planungsteams (Auftragnehmer:innen) beschreibt. Der Use-Case fokussiert sich ausschließlich auf Planungstätigkeiten mit externen Planungsteams und setzt State-of-the-Art-Planungsmethoden (BIM) voraus, um u.a. dessen Vorteile in der Planung und bei der Informationsweitergabe an das Datenmanagement zur digitalen Betriebsführung zu nutzen. Dieser Use-Case ist ein Teilprozess des Use-Cases „Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden“, der einen vollständigen Überblick über die modellbasierte Bestandsdokumentation und dessen unterschiedliche Prozesse zur digitalen Betriebsführung darstellt.

Der Use-Case beschreibt den standardisierten Prozessablauf des Datenmanagements einer Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden im laufenden Gebäudebetrieb mittels BIM-Methodik und externen Planungsteams. In diesem Prozess wird definiert,

- zu welchem Zeitpunkt Bestandsdaten wie für Planungstätigkeiten zur Verfügung gestellt werden müssen und
- in welcher Qualität und in welchem Informationsumfang diese wieder retourniert werden müssen,

um für die digitale Betriebsführung verwendet werden zu können. Der Use-Case kann für kleine bis mittlere Umbauarbeiten angewendet werden. Große Bestandsänderungen werden als gesonderte Projekte betrachtet. Der Use-Case betrachtet nicht den Auslösegrund einer Bestandsänderung und fokussiert sich ausschließlich auf den Bereich externe Planungstätigkeiten. Als Eintrittspunkt in den Use-Case „BIM-Daten in Werk- und Montageplanung“ ist die Entscheidung „externe Planungstätigkeit notwendig“. Das Ende des Use-Cases ist die Freigabe der Planungstätigkeiten der Auftragnehmer:in durch die Auftraggeber:in. Der Freigabeprozess (ein sogenanntes „Quality Gate“) stellt sicher, dass die Planungsunterlagen den Vorgaben der Umbaumaßnahmen und den Vorgaben der digitalen Betriebsführung entsprechen.

### **5.2.5. UC Wartungs- und Prüfungsmaßnahmen**

Dieser Use-Case (operativer Bereich: Betriebsführung von Objekten) beschreibt den Teilprozess „Mängel- bzw. Änderungswunscherfassung“, der im Zuge von Wartungs- und Prüftätigkeiten (bspw. bei regelmäßigen vorgeschriebenen Objektbegehungen) auftreten kann. Es wird der softwareunterstützte Prozess von der Erfassung eines Mangels bzw. Änderungswunsches bis hin zum Anlegen einer Instandsetzungs- bzw. Umbaumaßnahme, auf Basis von Bestandsgebäudemodellinformationen, beschrieben. Der Prozess baut auf marktüblichen CAFM-Tools und BIM-Standards auf.

Der Use-Case beschreibt abstrakt typische Prozessschritte einer Wartungs- und Prüfmaßnahme, insbesondere den Fall einer Mängelfeststellung und die darauffolgenden Schritte. Dieser Prozess baut auf typische betriebliche Abläufe der Flughafen Wien AG auf. Aufgrund des Prozessdesigns der verwendeten Software und des Informationsgehalts, ist dieser Prozess auch universell für eine Änderungswunscherfassung, bspw. durch Gebäudemietter:innen selbst, verwendbar. Eine wesentliche Besonderheit des Use-Cases ist die softwareunterstützte Prozessintegration zwischen Modelldaten (BIM) und typischen Facility Management Tools. Sprich, die Integration von BIM ins CAFM und vice versa. Insbesondere der Informationsgehalt, der bei einem Mangel transportiert werden kann, stellt eine wesentliche Verbesserung in der digitalen Betriebsführung von Gebäuden in der Flughafen Wien AG dar. Hierbei ist zwischen zwei Ausbaustufen zu unterscheiden: Planbasiert = Raumbezogene Verortung des Mangels, Elementbasiert = Modellbasierte Verortung des Mangels auf ein Element.

## **5.3. Infrastrukturentwicklung- und BIM-Setup**

Eine wichtige Zielsetzung des Projekts war es, die praktische Implementier- und Anwendbarkeit der entwickelten Use-Cases zu zeigen. Dies erforderte die Entwicklung einer geeigneten Softwareumgebung auf Basis offener Schnittstellen. In dieser wurden im Anschluss die ausgearbeiteten Use-Cases getestet und einer Validierung unterzogen (siehe 5.4). Dazu wurden die im Zuge des Projekts entwickelten Softwaremodule und Schnittstellen teilweise in die Softwarelandschaft des Flughafen Wien, im Sinne eines prototypischen Funktionsnachweises, exemplarisch eingebettet. In der Phase Infrastrukturentwicklung und BIM-Setup wurden die folgenden vorgelagerten Arbeiten für diese finale Validierung der Use-Cases durchgeführt:

1. Erzeugung von Mustermodellen auf Basis eines realen Gebäudes, anhand derer die Use-Case-Validierung durchgeführt werden konnte

2. Abbildung der entsprechend der Use-Cases relevanten Informationsanforderungen in einem Datenstrukturwerkzeug sowie Erstellung von Prüfregeln zur entsprechenden Prüfung von Modellinhalten
3. Prototypische Entwicklung einer demonstrationsfähigen Softwareumgebung
4. Standardkonforme Anbindung von operativ im Einsatz befindlicher Applikationen

Das grundlegende Softwareökosystem, welches im Rahmen des Projekts entwickelt wurde, umfasste folgende Werkzeuge:

- RKV View Desktop: Basissoftware für die prototypische Entwicklung der Softwareumgebung
- SIMULTAN: Basis für die Anknüpfung von Analysetools
- BIM-Collab: BCF-Server
- BIMQ: Datenstrukturwerkzeug
- Solibri: BIM-Prüfsoftware
- SAP: ERP-Software
- Diverse BIM-Autorensoftware zur Erzeugung von IFC-Modellen

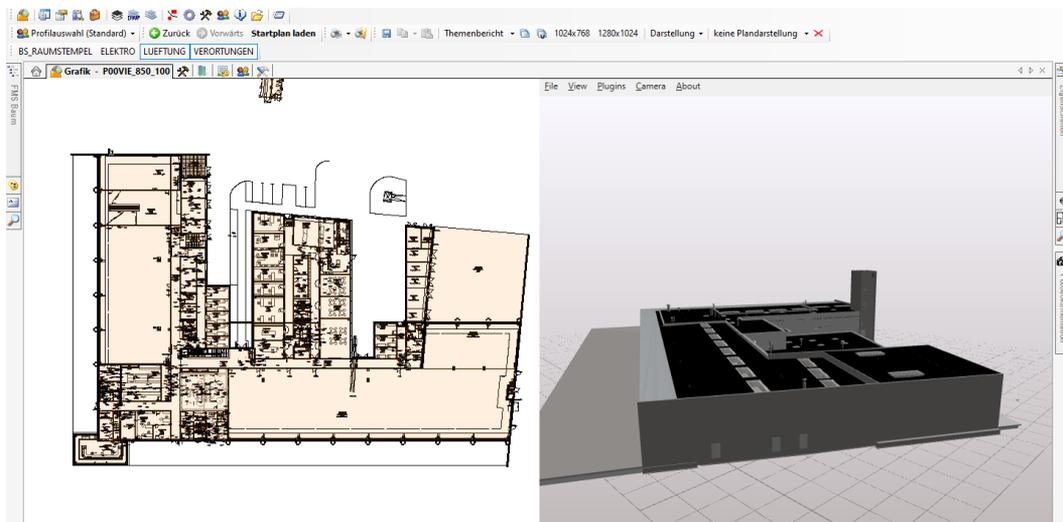
Ein wesentlicher Teil der Arbeiten in dieser Projektphase lag bei der prototypischen Entwicklung der Softwareumgebung und der Implementierung offener Schnittstellen zum Datenaustausch. Die Entwicklungsarbeiten umfassten die prototypische Weiterentwicklung der CAFM-Software RKV View des Projektpartners Ingenieurstudio Hollaus sowie die Erweiterung der Plattform SIMULTAN des Projektpartners TU Wien. Die erzielten Ergebnisse sind nachfolgend erläutert. Die Erzeugung der Mustermodelle und die Abbildung der Informationsanforderungen der Use-Cases inkl. Prüfregeln werden in Abschnitt 5.4 näher erläutert.

### **5.3.1. Prototypische Entwicklung einer demonstrationsfähigen Softwareumgebung auf Basis von RKV View**

Im Rahmen dieser Softwareentwicklungsarbeiten wurde eine prototypische Softwareumgebung für die Use-Case-Demonstration aufgesetzt und im Sinne eines prototypischen Funktionsnachweises exemplarisch in Teilen der IT-Landschaft des Flughafens Wien integriert. Grundlage für diese Entwicklungsarbeiten bildeten die im Zuge der Anforderungsanalyse erhobenen Vorgaben hinsichtlich geforderter Funktionalitäten, von denen der Daten- und Informationsaustausch auf Basis offener Schnittstellen die wesentlichste war. Dementsprechend wurde für den Austausch von BIM-Modellen IFC und für die Kommunikation BCF verwendet. Die entwickelten Komponenten und Schnittstellen ließen sich auf Grundlage der Vorgaben in Teilen in die herausfordernd heterogene Prozess- und IT-Landschaft des Flughafens Wiens integrieren, was im Zuge der Validierung der Use-Cases demonstriert wurde.

Das zentrale Implementationsframework zur exemplarischen prototypischen Demonstration der Projektsoftwarekomponenten bildete die Systemumgebung RKV View des Projektpartners Ingenieurstudio Hollaus. Von dieser ausgehend, wurden Use-Case-abhängig Daten zur Anzeige und Weiterverarbeitung in am Flughafen Wien im Einsatz befindlicher Software zur Verfügung gestellt. Abbildung 7 zeigt ein IFC-Modell des im Rahmen der Validierung verwendeten Beispielgebäudes des Flughafens Wien in RKV View.

Abbildung 7: IFC-Modell des Validierungsgebäudes in RKV View (links Grundriss und rechts IFC-Modell)



Die im Rahmen des BIMBestand-Projekts entwickelte Softwareumgebung zeigt einen möglichen Weg, BIM-basierte Bauprojektinformationen für unterschiedliche Use-Cases und Softwareanbindungen ohne Medienbrüche mittels offener Formate wie IFC zu übernehmen, wenn zuvor definierte Anforderungen (Exchange Requirements) eingehalten werden.

Abbildung 8 zeigt einen Rauchmelder im untersuchten Beispielraum des Validierungsgebäudes in RKV View in drei verknüpften Darstellungsformen: Grundriss 2D-Plan (links), IFC-Modell (Mitte), alphanumerische Informationen/BIM-Properties (rechts). Eine Darstellung des Raumes mit einem Panoramafoto ist in Abbildung 9 gezeigt. Auch eine Darstellung von Laserscans ist möglich.

Abbildung 8: Rauchmelder im Validierungsgebäude in RKV View; Grundriss (links), IFC-Modell (Mitte), BIM-Properties (rechts)

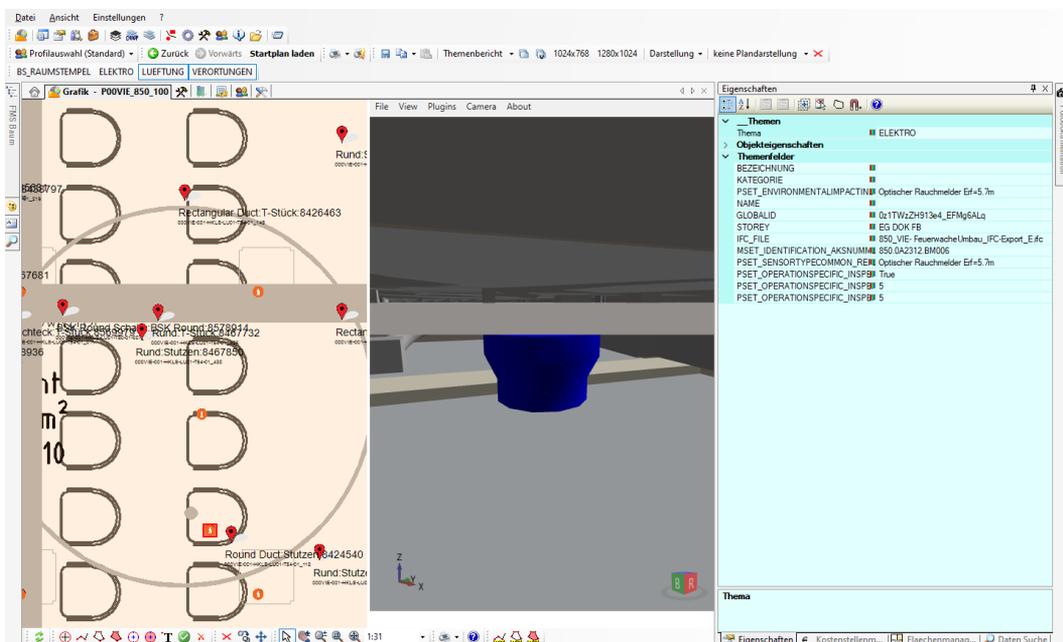
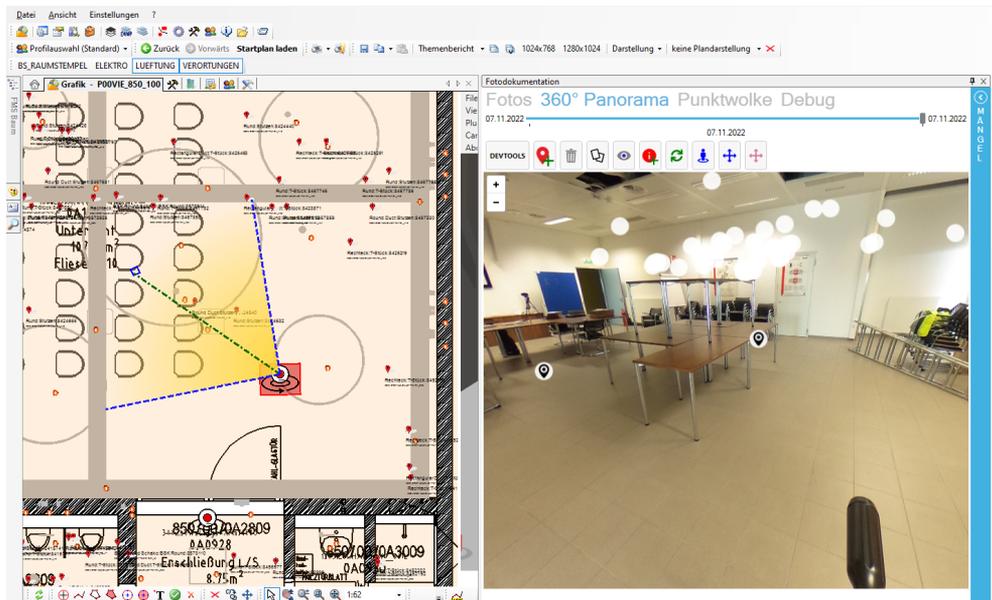


Abbildung 9: 3D-Innenansicht als Panoramafoto des Beispielraums im Validierungsgebäude in RKV; links der in der 2D-Ansicht festgelegte Betrachter-Standort



### 5.3.2. Erweiterungen der Plattform SIMULTAN

Die zentrale Aufgabe lag bei der Erstellung der IFC-Import-Schnittstelle in SIMULTAN und der Konvertierung der lüftungsrelevanten IFC4-Klassen im Kontext von `IfcDistributionSystem` in die entsprechenden Klassen der Software SIMULTAN. Bei beiden Datenschemen (IFC, SIMULTAN) handelt es sich um ein Netzwerk, wobei aber der Unterschied darin besteht, dass SIMULTAN einen gerichteten Graphen mit Knoten und Kanten abbildet, während `IfcDistributionSystem` auf dem Konzept eines Ports als Verbindung zwischen zwei Knoten aufbaut. Über die Konvertierung zwischen den beiden Darstellungen des Netzwerks hinaus wurden auch die für den Zweck einer Druckverlustberechnung in der Planung angeforderten Attribute aus dem IFC-Modell der Lüftungskomponenten importiert. Diese Eigenschaften wurden aufbauend auf Vorergebnissen aus dem Projekt metaTGA sowie auf der VDI-Richtlinie 2087 (VDI 2006) definiert und in den BIM-Prozess von BIMBestand integriert. Das Lüftungsnetzwerk wird in seiner Topologie in SIMULTAN auch als 2D-Netzwerk von Knoten und Kanten dargestellt. Die SIMULTAN-Daten zum Lüftungsnetzwerk waren Grundlage für die Implementation des Druckverlustberechnungstools DeltaP. Dieses Berechnungstool erlaubt eine Druckverlustberechnung eines Lüftungsnetzwerkes durchzuführen. Das Tool ermittelt aus den Auslegungsvolumenströmen an den Luftdurchlässen (aus IFC-Properties ausgelesen) den Luftstrom und die Luftgeschwindigkeit in jeder Netzwerkkomponente. Sofern keine Querschnittsangabe zu einer Komponente in IFC ermittelbar ist, wird der Querschnitt der nächstliegenden, stromaufwärts liegenden Komponente herangezogen. Daraus wird der zeitabhängige Druckverlust in jeder Komponente und jedem Strang ermittelt, der letztlich zu einer Zeitreihe der elektrischen Leistung der beiden Ventilatoren (Außenluft -> Zuluft, Abluft -> Fortluft) führt. Die Zeitreihe fungiert als simulatorische Datengrundlage für regelmäßig nötige betriebliche Schritte zur energetisch-nachhaltig orientierten Betriebsführung. Diese regelmäßig wiederholbare Berechnungs-Pipeline kann durch die implementierte IFC-Import-Schnittstelle in SIMULTAN immer wieder angestoßen werden und so bei Bedarf (Umplanungen) oder regelmäßig eine Entscheidungsgrundlage für den optimierten Zeitpunkt von energetisch relevanten Betriebstätigkeiten sein.

## **5.4. Integrale praktische Demonstration und Validierung**

### **5.4.1. Aufgaben und Ziele der Validierung**

Die Aufgaben der Validierung waren die Definition der Rahmenbedingungen für die Durchführung des Validierungsprozesses, die Validierung der im Projekt erarbeiteten Use-Cases anhand eines Validierungsgebäudes sowie die kontinuierliche Verbesserung der Anforderungen und Spezifikationen der im Rahmen des Projekts entwickelten Werkzeuge und Prozesse basierend auf den Ergebnissen der Validierung. Dazu wurden die für jeden Use-Case in Form von BPMN-Darstellungen beschriebenen Prozesse mit betroffenen Akteuren und entsprechenden Musterdaten des Validierungsgebäudes durchexerziert.

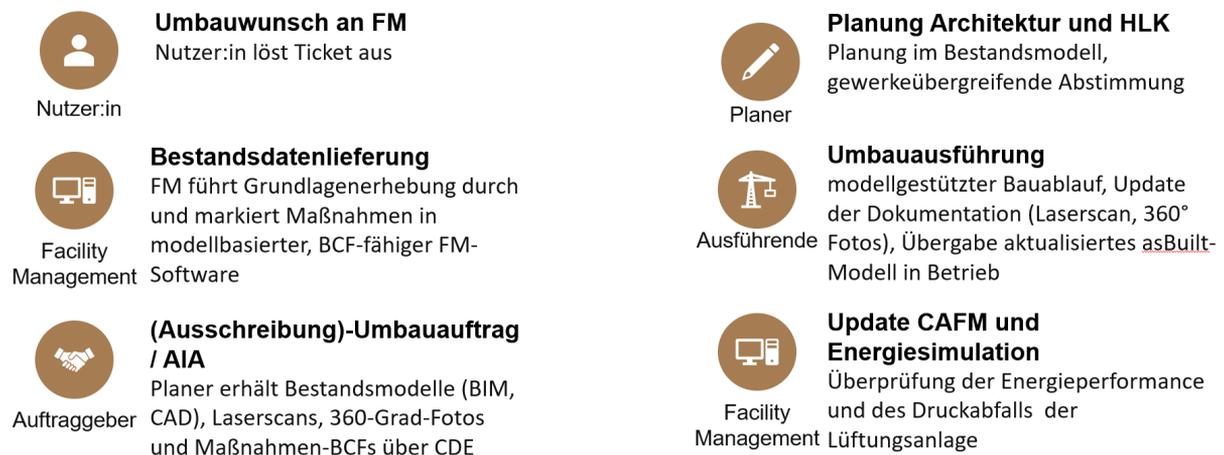
Ziel der Validierung ist es aufzuzeigen, dass der Datenfluss zwischen unterschiedlichen Software-Tools und Akteuren in unterschiedlichen Projektphasen so erfolgt, dass es zu keinen Brüchen kommt und modellbasierte Daten zwischen diesen Phasen ausgetauscht werden können. Insbesondere soll anhand der Use-Cases gezeigt werden, dass der nutzbringende Einsatz von BIM im Bestandsmanagement in der im Rahmen des Projekts entwickelten Systemlandschaft auf Basis offener Standards und Schnittstellen möglich ist.

Die Validierung erfolgte über ca. drei Monate hinweg, indem der nötige baulich-betrieblich verzahnte Ablauf eines Umbaus infolge einer Nutzungsänderung BIM-basiert im Sinne der Use-Case-Prozesse in der im Rahmen des Projekts entwickelten Softwareumgebung (siehe Abschnitt 5.3) und praxisnaher Rollenverteilung anhand des Validierungsgebäudes durchgeführt wurde.

### **5.4.2. Validierungsformat**

Für die Validierung wurden alle Use-Cases im Kontext des typischen Realprozesses einer Umbaumaßnahme verknüpft. Dabei erfolgt in der Chronologie der Validierung ein sukzessiver Wechsel zwischen den einzelnen Use-Cases. Der im Zuge der Validierung betrachtete Workflow einer Umbaumaßnahme sowie die jeweils verantwortlich handelnden Hauptakteure in jeder Phase des Umbaus sind in Abbildung 10 dargestellt.

Abbildung 10: Workflow des Validierungsszenarios „BIM-basierter Umbau im Gebäudebetrieb“



Zunächst werden seitens der Nutzer:innen oder aufgrund der Betriebstätigkeit (z.B. im Zuge von Objektbegehungen erkannte notwendige Sanierungs- bzw. Wartungs- und Prüfmaßnahmen) Umbaumaßnahmen ausgelöst. Für die Validierung der Use-Cases im Rahmen von BIMBestand wurde dazu im Detail der Umbau eines Seminarraums inkl. TGA im Validierungsgebäude betrachtet, wobei die Umbaumaßnahme durch den Use-Case „Wartungs- und Prüfmaßnahmen“ ausgelöst wird.

Auf Basis der Anforderungen der Umbaumaßnahmen, welche in einem modellbasierten BCF-gestützten Kommunikationsprozess spezifiziert werden, erfolgt eine Bestandsdatenerhebung seitens des Facility Managements. Dabei werden entsprechend des Use-Cases „Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden“ sämtliche relevanten Bestandsmodelle und -daten für eine BIM-basierte Durchführung der Umbaumaßnahme erhoben. Zur Durchführung dieses Validierungsschrittes wurden im BIMBestand-Projekt von den Projektpartnern Mustermodelle des Validierungsgebäudes und der im Detail betrachteten Räumlichkeiten erstellt.

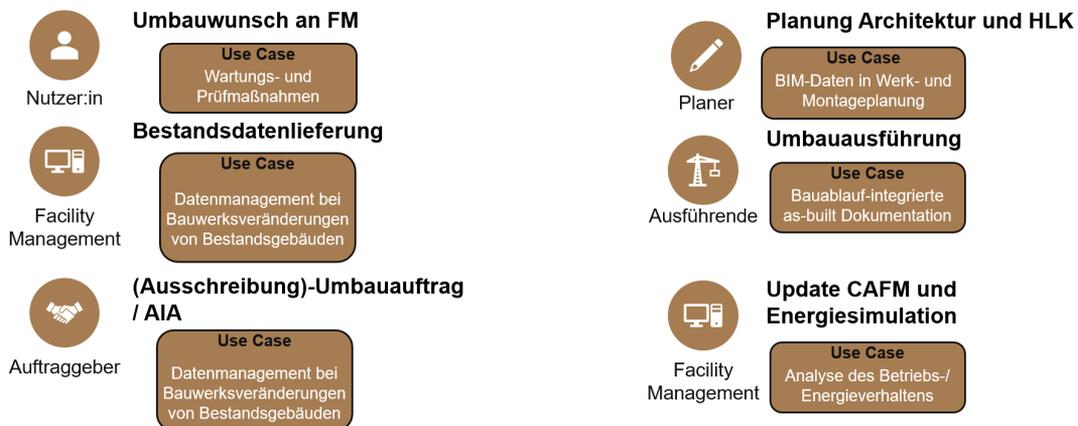
Im Anschluss erfolgt der Auftrag an interne oder externe (Ausschreibung) Auftragnehmer:innen (je nach Bedarf Architektur, Gebäudetechnik, Bauphysik, Tragwerk etc.) zur Durchführung der BIM-Planung der Umbaumaßnahme. Für die Validierung wurden diese Umbauplanungen intern seitens der Projektpartner durchgeführt (Use-Case „BIM-Daten in Werk- und Montageplanung“).

Der nächste Schritt ist die Ausführung der Umbaumaßnahme. Diese wurde im Rahmen der Validierung auf Basis des Use-Cases „Bauablauf-integrierte asBuilt-Dokumentation“ anhand eines fiktiven Umbaus durchexerziert. Auf Basis von realen Bestandsdaten (BIM-Modelle und Laserscans) wurde der Prozess der asBuilt-Modellerstellung simuliert und alle im Use-Case relevanten Prozessschritte hinsichtlich des Datenflusses getestet. Damit wurde demonstriert, dass in der im Projekt entwickelten Systemlandschaft die Use-Case-gemäße asBuilt-Modellerstellung abgebildet und durchgeführt werden kann.

Das auf diese Weise resultierende asBuilt-Modell wurde in einem finalen Schritt in die Softwareumgebung rückgeführt, wo es als neues Bestandsmodell im Facility Management genutzt wird. Ein Anwendungsfall ist die simulationsbasierte energetische Betriebsoptimierung, welche in der Validierung im Rahmen des Use-Cases „Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens“ betrachtet wurde.

Abbildung 11 zeigt die den einzelnen Teilschritten des Validierungs-Workflows zugeordneten BIMBestand Use-Cases.

Abbildung 11: Zugrundeliegende Use-Cases der Teilschritte des Validierungs-Workflows

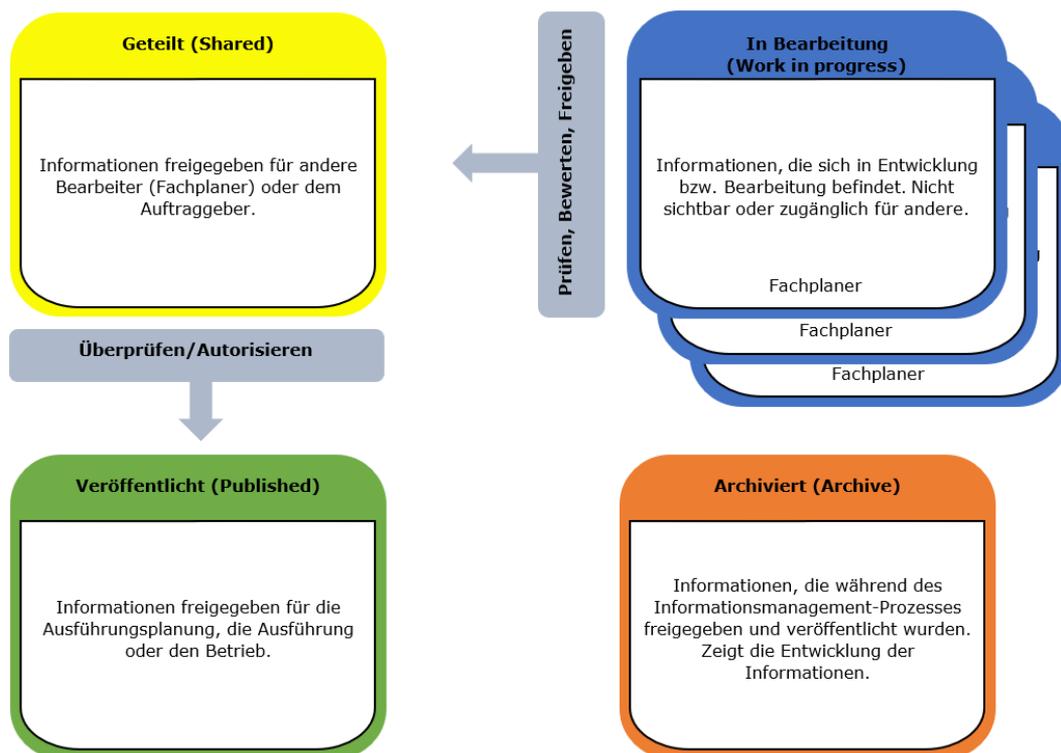


Im Zuge der Validierung wurden insbesondere folgende Punkte untersucht und getestet:

- Erkennen und Formulieren eines Umbaubedarfs und modellbasierte Kommunikation des Bedarfs mittels BCF und PINs.
- Bereitstellung notwendiger Daten und Modelle aus der Bestandsdokumentation für den Umbau auf Basis der BCF-Kommunikation; Integration und Anzeige der Bestandsdaten in RKV.
- Übernahme von Anforderungen für die Fachmodelle aus dem Datenstrukturwerkzeug BIMQ.
- Durchführung der Umbauplanung seitens der Architektur in der Bauabteilung.
- Export des Architektur-Modells im ifc-Format und Übermittlung des Modells inkl. Anforderungen an TGA-Planer:innen.
- Erstellung einer BIM-basierten TGA-Planung durch die TGA-Planer; open-BIM-basierte Schlitz- und Durchbruchplanung.
- Export der TGA-Fachmodelle als ifc-Datei und Rückübermittlung an die Architekturplanung/Bauabteilung.
- Zyklische Qualitätsprüfung (in den BPMN-Modellen der Use-Cases als Quality Gates bezeichnet) der TGA-Fachmodelle mittels Solibri auf Basis der im Projekt formulierten Prüfregelein; Kontrolle ob der vereinbarte Level of Information (LOI) erfüllt wird. Dabei entsprechende Nutzung von BCFs als Kommunikationsmittel, um Mängel mitzuteilen.
- Praktikables Geopositionierungskonzept mit Vermessungsstein-Fachmodell.
- Vergabe von AKS-Nummern via BCF.
- Planfreigabe für die Ausführung auf Basis der BIM-Modelle.
- Dokumentation des Baufortschritts über Laserscans. Im Rahmen des Tests wurde nicht real umgebaut, Laserscans des Bestands wurden aber aufgenommen. Laserscans des fertiggestellten fiktiven Umbaus wurden synthetisch erzeugt.
- Erstellung eines asBuilt-Modells bzw. eines wasBuilt-Modells für die modellbasierte Abrechnung (letzterer Begriff wurde im Projekt geprägt).
- Prüfung der Umbauauswirkungen via Energiesimulation (Fokus Lüftungsanlagen).
- Übernahme der BIM-Daten des umgebauten Objekts in RKV (Update des CAFM bezüglich des Umbaus).

Eine wichtige Komponente zur praktischen Umsetzung von BIM-Prozessen ist das Common Data Environment (CDE). Zur Durchführung der Validierung und zum Test der Use-Cases wurde im BIMBestand-Projekt eine Cloud-basierte CDE verwendet, die entsprechend der Konzepte und Vorgaben der Norm ÖNORM EN ISO 19650-1 aufgesetzt und genutzt wurde. In dieser Norm ist die Kennzeichnung des Reifegrads aller Informationen im CDE ein wichtiger Bestandteil der fachmodellbasierten Zusammenarbeit, um die Verlässlichkeit der vorhandenen Informationen zur Weiterverwendung bewerten zu können. Es werden vier Arten von Status zur Kennzeichnung sogenannter Informationscontainer beschrieben (siehe Abbildung 12). Beim Übergang von einem Status zum anderen müssen Anforderungen hinsichtlich Reife und Qualität eingehalten werden.

Abbildung 12: CDE-Informationsreifegrad Konzept nach ÖNORM EN ISO 19650-1



Zur Durchführung des Validierungsszenarios „BIM-basierter Umbau im Gebäudebetrieb“ wurde das in Abbildung 7 dargestellte Gebäude am Flughafen Wien gewählt. Für dieses Gebäude waren die zur Durchführung benötigten Daten und Modelle vorhanden oder wurde im Zuge des Projekts vom Projektteam auf Basis von Bestandsdaten erstellt. Insbesondere wurde ein Umbau des in Abbildung 9 gezeigten Seminarraums untersucht. Dabei wurden folgende Umbaumaßnahmen betrachtet:

- Abbruch der bestehenden abgehängten Decke,
- Einziehen von Zwischenwänden in den Schulungsraum, sodass ein Archiv, ein Schulungsraum und ein Erschließungsgang entstehen,
- Einbau von drei neuen Türen,
- Einbau einer abgehängten Decke und
- Umbau der bestehenden Lüftungsanlage.

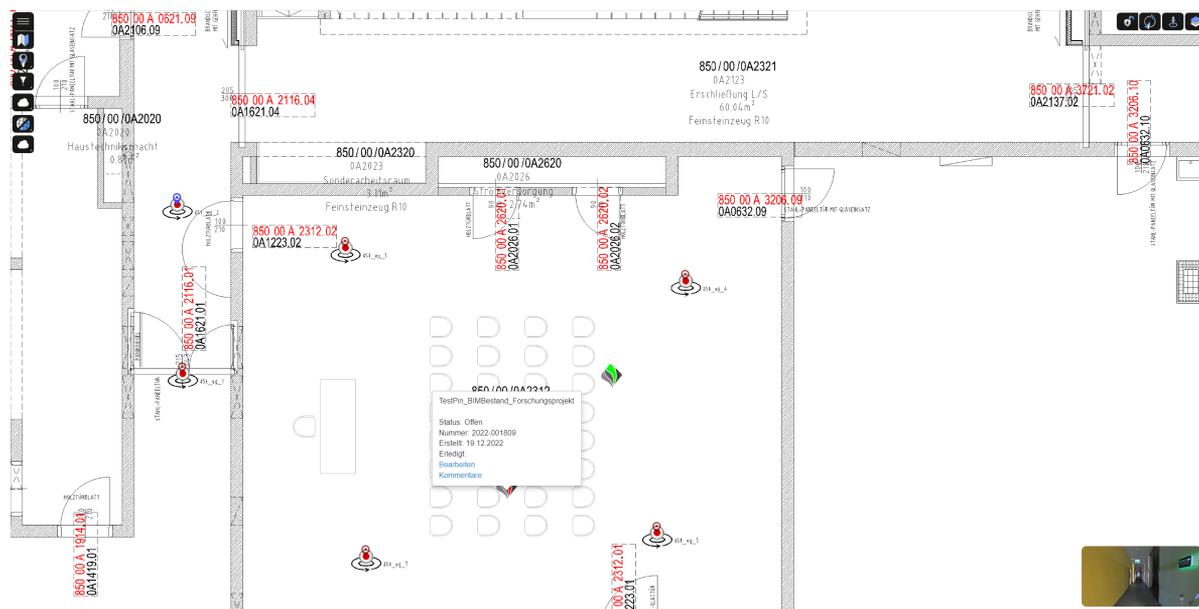
### 5.4.3. Ausgewählte Ergebnisse der Validierung

Nachfolgend sind ausgewählte Ergebnisse aus den Teilschritten der Validierungsprozesse zusammengefasst. Die gewonnenen Erkenntnisse und Schlussfolgerungen sind in weiterer Folge in Kapitel 6.1 dargestellt. Zur anschaulichen Darstellung für Disseminationszwecke wurde der Workflow des Umbau-Prozesses mit seinen Teilschritten in zwei veröffentlichten Videos abgebildet (siehe Abschnitt 6.4).

#### Umbauplanung – Modellbasierte Initiierung

Durch Erfassung der Bekanntgabe eines Änderungswunsches durch Nutzer:innen, Erfassung eines Mangels oder durch eine Instandsetzungsmaßnahme wird ein Umbaufall ausgelöst. Dies erfolgt modellbasiert durch das Setzen und Absenden eines PINs. Mit dafür vorgesehenen mobilen Applikationen kann dies auch direkt vor Ort geschehen. Die geforderte Maßnahme wird direkt am betroffenen virtuellen Bauteil festgehalten und mittels BCF an die zuständige weiterbearbeitende Stelle gesendet. Eine Verortung wird dabei anhand von digitalen Bestandgebüdemodellen durchgeführt. Abbildung 13 zeigt das Setzen eines PINs in RKV.

Abbildung 13: Setzen eines PINs im Bestandsmodell in RKV



#### BCF-Kommunikation

Die phasen- und rollenübergreifende durchgängige BCF-Kommunikation, insbesondere zwischen FM und Bauakteuren, ist ein wesentliches Feature der entwickelten Betriebsplattform. Die Verteilung und Verarbeitung der BCF-Issues erfolgen über einen zentralen BCF-Server oder eine BCF-Datei. Je nach gesetzter Kategorie und Verantwortlichkeit des PINs bzw. BCFs bekommt die zuständige Stelle dieses weitergeleitet. Die zugewiesenen Mitarbeiter:innen bearbeiten die Aufgaben in ihrer gewohnten Fach-Softwareumgebung. Anhand der vorhandenen Informationen des BCFs lässt sich der entsprechende Raum im Modell identifizieren und die aus FM-Sicht gewünschte Umbaumaßnahme in bau- und gebäudetechnische Auswirkungen übersetzen.

## LOI-Anforderungen

Zur Abbildung von LOI-Anforderungen der Use-Cases wurde die Software BIMQ verwendet. Es wurde hinterlegt, wie die fachlichen Anforderungen in den Modellen als Bauteileigenschaften in den relevanten Komponenten abgebildet werden müssen. Die festgelegten Bauteileigenschaften wurden auf das IFC-Modell gemappt, womit sichergestellt wird, dass Fachmodelle kollaborativ weiterverwendet werden können. Auf Basis der LOI-Definitionen mit IFC-Zuordnung kann die anforderungsgemäße Fachmodellkonstruktion und Informationsanreicherung in der Autorensoftware stattfinden. Für die modellbasierte Validierung wurden weiters Prüfregele zur Qualitätskontrolle exportiert.

## Gesamtkoordination und Qualitätskontrolle

Im Zuge der Umbauplanung beginnt die kontinuierliche Abstimmung zwischen mehreren Fachplaner:innen. Über die Referenzierung der Fachplanungsmodelle von Lüftung und Elektrotechnik auf das Architekturmodell lassen sich notwendige Abstimmungen in Modell erkennen. Abbildung 14 zeigt ein koordiniertes Gesamtmodell auf Basis der Teilmodelle Architektur und Lüftung. Die Durchbruchsanfragen der Gebäudetechnikplanung wurden modellbasiert umgesetzt (Abbildung 15). Während des iterativen BIM-Prozesses zwischen den Fachplanungen werden die Modelle koordiniert.

Abbildung 14: Koordination der Teilmodelle Architektur und TGA

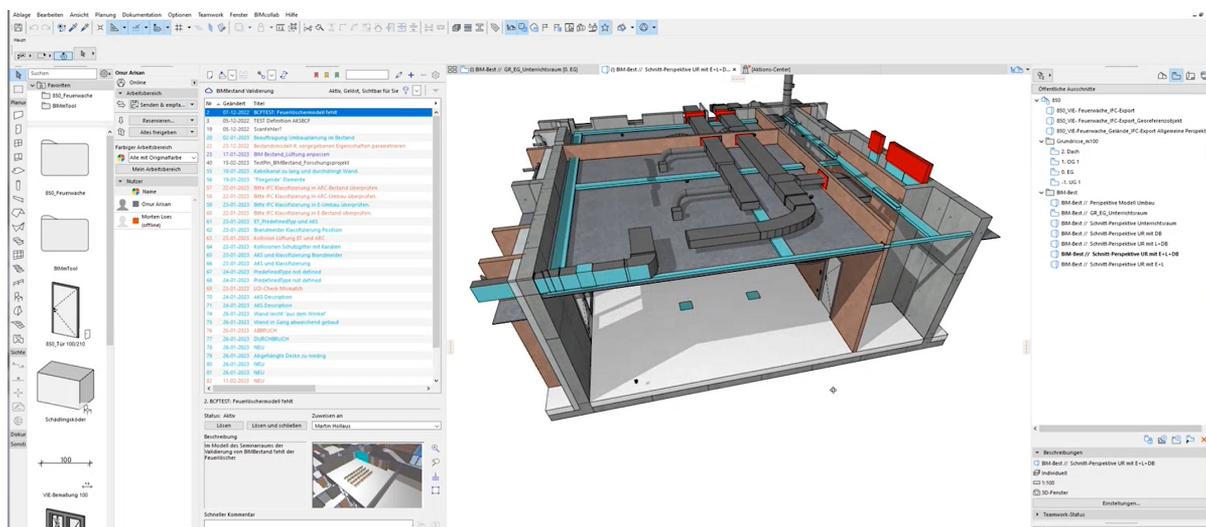
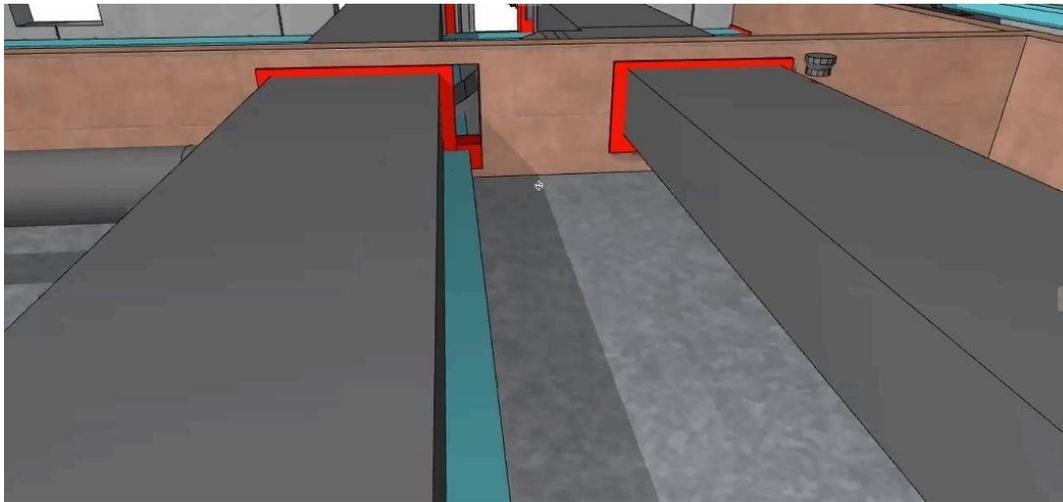


Abbildung 15: Durchbrüche mittels Durchbruchsanforderung; die links dargestellten Durchbrüche wurden im Zuge des BIM-Managements zu einem einzigen Durchbruch kombiniert

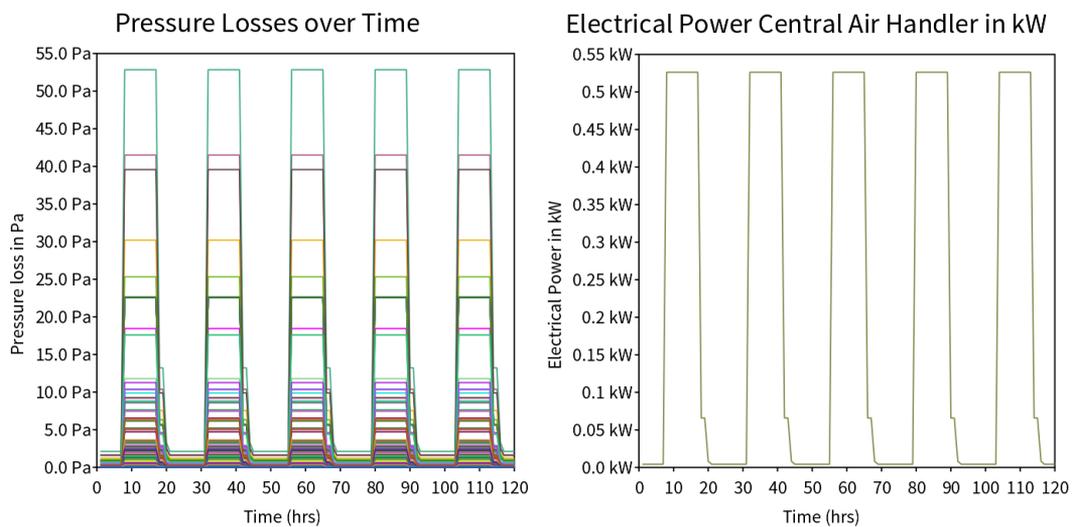


Im Gesamtkoordinationsablauf werden festgelegte „Quality Gates“ der BIM-Projektsteuerung durchlaufen. Qualitätskriterien werden dabei softwaregestützt überprüft. Neben automatischen Kollisionsprüfungen wurde im Zuge der Validierung der LOI von Objekten durch Anwendung der im Projekt festgelegten Prüfregelein überprüft. In diesem Prozess werden die gefundenen Probleme festgehalten und via BCF an die verantwortliche Stelle gesendet bzw. wird in den Gesamtkoordinationsbesprechungen gemeinsam eine Lösung abgestimmt.

### **TGA-Simulation**

Nach Fertigstellung des Fachmodells Lüftung wurde dieses im Zuge der Validierung prozessintegriert für Energieberechnungen und Simulationen verwendet. Das im IFC-Standard gelieferte Lüftungsmodell erlaubt aufgrund der gezeigten Anforderungsdefinitionen und entsprechender Quality-Gates die datendurchgängige Weiterverwendung. Exemplarisch wurde die Energieberechnung mit dem eigens entwickelten IFC-Plugin in der generischen Datenplattform SIMULTAN in den Umbauplanungsablauf integriert. Neben der Rückmeldung über fehlende Properties extrahiert das Plugin automatisch das modellierte Lüftungsnetzwerk für spezifische Berechnungen in SIMULTAN. Aus dem IFC übernommene Properties könne direkt in SIMULTAN angezeigt und bearbeitet werden. Das erstellte Netzwerk und deren Informationen können für die weitere Verwendung exportiert werden. Durch das SIMULTAN angekoppelte Model DeltaP wurde im Rahmen der Validierung ein Teilnetz des Lüftungssystems simuliert. Eine Auswertung des elektrischen Verbrauchs zeigt, wie sich die Änderungen auf die Betriebsführung auswirken. Abbildung 16 zeigt den zeitlichen Verlauf des Druckverlusts der Teilkomponenten des betrachteten Lüftungsnetzwerks sowie den Verlauf der elektrischen Ventilatorleistung.

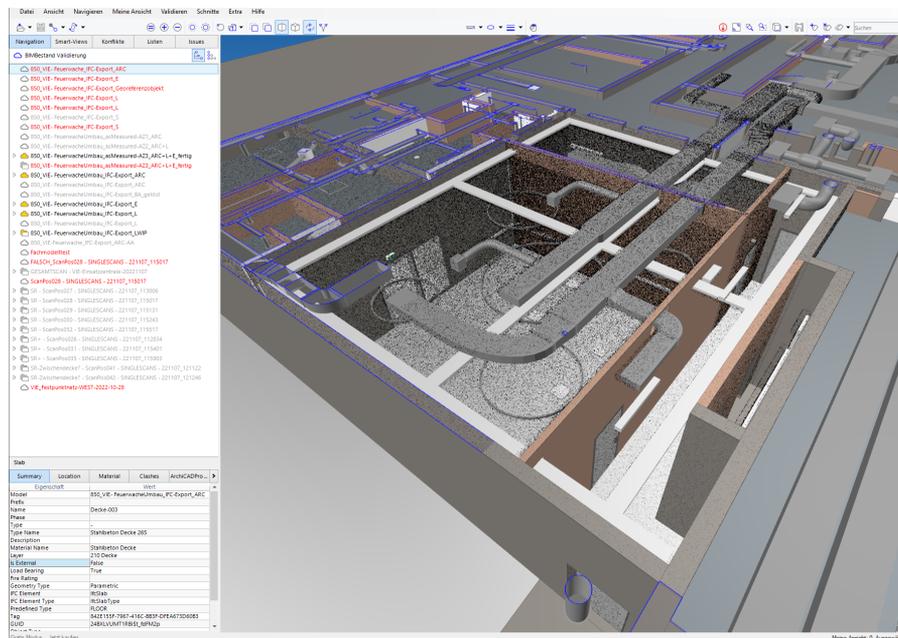
Abbildung 16: Druckverlustsimulation eines Teilnetzes des Lüftungssystems; Druckverluste der Komponenten (links) und Verlauf der elektrischen Ventilatorleistung (rechts) als Funktionen der Zeit in Stunden



### asBuilt-Dokumentation

Zur Erstellung von asBuilt-Modellen werden ausgeführte Leistungen des Umbaus zur objektiven Baurealitätsfeststellung mittels Laserscan als 3D-Punktwolken erfasst. Diese dient zum Abgleich des Planungsmodells (asPlanned) mit der tatsächlich ausgeführten Umsetzung. Abbildung 17 zeigt die Überlagerung des asPlanned-Modells des Seminarraums mit Laserscan-Daten zur Erstellung des asBuilt-Modells. Erkannte Abweichungen werden über BCF an die Bauaufsicht kommuniziert. Nach einer Modellüberprüfung und Einarbeitung der Änderungen werden gezielt Teilmodelle bereitgestellt, welche sowohl erstellte als auch abgebrochene Bauteile beinhalten und für die realitätsgetreue modellbasierte Abrechnung herangezogen werden. Dadurch steht ein laufend wachsendes asBuilt-Modell zur Verfügung. Transparente Baucontrolling-Prozesse können somit effektiv umgesetzt werden und bei der Bauwerksübergabe steht ein realitätskonformes BIM-Modell für den modellbasierten Gebäudebetrieb bzw. das Facility Management zur Verfügung.

Abbildung 17: Überlagerung des asPlanned-Modells mit Laserscan-Daten zur Erstellung eines asBuilt-Modells



## Zusammenfassendes Fazit

Die durchgeführte Validierung wurde im Projekt-Konsortium als sehr erfolgreich bewertet, da der interdisziplinäre Charakter der BIM-Arbeitsweise anhand realer Herangehensweisen, bei der in der Praxis gegebene Herausforderungen berücksichtigt sind, gezeigt werden konnte. Der durchgängige Datenfluss über IFC konnte demonstriert werden. Dies umfasste die Aufnahme von Bestandsdaten, das elektronische Hinterlegen eines Änderungswunsches, die Umbauplanung, das Erfassen des Baufortschritts, eine Energieverbrauchs- bzw. Bedarfsanalyse, die Erstellung eines asBuilt-Modells des tatsächlich Gebauten bis hin zur Anzeige und weiteren Nutzung dieser Modelle. Optimierungspunkte konnten im Zuge der Validierung und entsprechender Diskussionen erfasst und Erkenntnisse abgeleitet werden (siehe Abschnitt 6.1).

## 5.5. Wissenstransfer

Die Dissemination bzw. der Wissenstransfer waren ein wichtiger Teil des BIMBestand-Projekts. Daher wurden während der Projektlaufzeit entsprechende Aktivitäten durchgeführt, welche in Abschnitt 6.4 dargestellt sind.

## 5.6. Beitrag des Projekts zu den Gesamtzielen des Programms „Stadt der Zukunft“

Das Forschungsprojekt BIMBestand ist im Ausschreibungsschwerpunkt „Digitales Planen, Bauen und Betreiben“ der 6. Ausschreibung des Programms Stadt der Zukunft angesiedelt. Die Entwicklung und Anwendung digitaler Methoden in der Bau- und Immobilienwirtschaft wird als Schlüsselfaktor zur Erreichung der europäischen Ziele in dieser klimapolitisch hoch relevanten Branche gesehen

(Europäische Kommission 2019). Das Projekt BIMBestand adressiert diesen Aspekt und liefert damit wichtige Beiträge zu den strategischen Zielen des Programms „Stadt der Zukunft“.

### **5.6.1. Beitrag für nachhaltige Energiesysteme und Reduktion der Klimawirkung**

Die Reduktion des Endenergiebedarfs im Gebäudesektor ist ein wesentliches Kriterium zum Erreichen der Klimaziele. Neben der forcierten Nutzung erneuerbarer Energien sowie der intelligenten Einbindung von Gebäuden in übergeordnete Energieinfrastrukturen wird vor allem die weitere Steigerung der Energieeffizienz des Gebäudebetriebs ein Schlüsselfaktor für diese Zielerreichung sein. Daher gilt es, den Gebäudebetrieb bestmöglich durch den Einsatz digitaler Methoden und Verfahren zu unterstützen und zu optimieren. BIM ist in diesem Zusammenhang eine wesentliche Methodik, die in Zukunft massiv an Bedeutung gewinnen und eine signifikante Rolle im Gebäudebetrieb spielen wird. Daher gilt es, die Potentiale von BIM für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb zu nutzen und die Methodik selbst hinsichtlich dieser Zielsetzung weiterzuentwickeln bzw. die dazu notwendigen technischen und prozessualen Grundlagen zu schaffen. Die wesentliche Voraussetzung zur Erreichung dieses Ziels ist die, bis dato noch nicht gegebene, praktische Etablierung eines projektphasenübergreifenden Einsatzes der BIM-Methode. Ein Schlüsselaspekt ist hierbei das Erzielen einer Datendurchgängigkeit, von der Planung bis zum Rückbau und die Bereitstellung dieser Daten und Modelle. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die sinnvolle Anwendung weiterführender Methoden (z.B. aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz) und Services (z.B. Energy Services). Im Projekt BIMBestand wurden Prozesse und Softwarelösungen entwickelt, welche diese ungelöste Problemstellung adressieren und Lösungen bieten. Auf Basis von Use-Cases wurde gezeigt, wie ein phasenübergreifender Einsatz von open-BIM an der Schnittstelle zwischen Gebäudebetrieb, Planung und Ausführung nutzbringend dargestellt werden kann. Der im Projekt betrachtete Use-Case „Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens“ adressiert explizit den Einsatz von Daten und Modellen, die auf Basis von durchgängigen open-BIM-Prozessen entstehen, für den Zweck der energetischen Optimierung von Gebäuden.

### **5.6.2. Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und der F&E Qualität**

BIM wird in der Betriebsphase von Gebäuden derzeit noch nicht breit eingesetzt, womit viele Potentiale hinsichtlich Effizienz und Produktivität ungenutzt bleiben. Dies schließt insbesondere den energie- und ressourceneffizienten Betrieb mit ein. Des Weiteren bietet der BIM-basierte Gebäudebetrieb die Möglichkeit, neue daten- und modellbasierte Services und Dienstleistungen zu entwickeln, was die Erschließung neuer Geschäftsfelder ermöglicht und Chancen für Start-Up-Unternehmen (PropTechs) bietet. Die Ergebnisse des Projekts BIMBestand tragen daher dazu bei, die Produktivität bzw. Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen dieses Sektors zu steigern. Open-BIM ist dabei ein wesentliches Prinzip, das den plattformunabhängigen und offenen Datenaustausch ermöglicht, sodass vielseitig und offen an Daten und Modelle angedockt werden kann. Die im Projekt entwickelten Use-Cases und Prozesse bzw. die aufgezeigten Ansätze und Lösungen hinsichtlich der IT-technischen Umsetzung sind ein Ausgangspunkt bzw. eine Basis für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (siehe Abschnitte 6.2 und 6.4), was zur Steigerung der F&E Qualität in diesem Bereich beiträgt.

# 6 Schlussfolgerungen

## 6.1. Gewonnene Erkenntnisse

Die Etablierung der BIM-Methode im Bestandsmanagement von Gebäuden ist ein wesentlicher Schritt zu einer zukünftigen lebenszyklusumfassenden gesamtheitlichen Anwendung digitaler Gebäudemodelle. Die Vorteile, die sich aus der Nutzung digitaler Methoden im Allgemeinen und der BIM-Methodik im Speziellen ergeben, sind eine wesentliche Grundlage für eine zukünftige nachhaltige und lebenszyklusorientierte Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden. Im Rahmen des Forschungsprojektes BIMBestand konnte gezeigt werden, dass der Ansatz eines open-BIM-basierten Bestandsmanagements von Gebäuden umsetzbar ist. Es wurde gezeigt, wie ausgehend von der grundlegenden Definition und Formulierung von konkreten Anwendungsfällen, Prozesse und Workflows aufgesetzt und durch die Integration offener Datenschnittstellen in einem realen Umfeld implementiert und nutzbringend eingesetzt werden können. Im Rahmen einer Validierung konnten die Machbarkeit dieses Ansatzes sowie die daraus resultierenden Vorteile aufgezeigt werden. Als ein Kernerkenntnis kann aus dem Projekt mitgenommen werden, dass alle im Lebenszyklus eines Bauprojekts beteiligten Akteure signifikant von der Digitalisierung und der Standardisierung von Datenformaten bzw. deren Einsatz profitieren können. Dies trifft insbesondere auf den Bereich der Schnittstelle zwischen Planung bzw. Ausführung und dem Gebäudebetrieb zu. Nachfolgend sind die wesentlichen Erkenntnisse aus dem Projekt BIMBestand zusammenfassend dargestellt.

### 1. Definition und Beschreibung von Anforderungen auf Basis von Anwendungsfällen (Use-Cases)

Im Projektverlauf zeigte sich, dass die detaillierte Formulierung von Use-Cases eine Grundvoraussetzung für eine zielführende und erfolgreiche Anwendung von BIM-Modellen im Bestandsmanagement von Gebäuden ist. Aus den Use-Cases muss ein klarer Nutzen für die Betreiber:innen ersichtlich sein. Use-Cases sind damit ein wichtiges strategisches Instrument zur Implementierung von BIM im Bestandsmanagement. In weiterer Folge bilden sie den Rahmen für die prozessuale und technische Umsetzung. Eine Voraussetzung für die zielgerichtete Formulierung von Use-Cases ist ein tiefgreifendes Verständnis der dem Anwendungsfall zugrundeliegenden Prozesse. Diese werden in der Regel abhängig vom Unternehmen bzw. der Organisation unterschiedlich ausgeprägt sein, was bei der Umsetzung berücksichtigt werden muss.

Insbesondere alphanumerische Anforderungen an Modelle für den Betrieb sind oft komplex. Die Verknüpfung dieser Anforderungen mit Use-Cases ermöglicht es, die zu liefernden Datenmengen überschaubar und verständlich zu halten. Dies erleichtert Abstimmungsprozesse mit Modellerstellern auf der Planungs- und Ausführungsseite. Des Weiteren kann mittels Use-Cases ein gemeinsames und gegenseitiges Verständnis hinsichtlich der Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit einer detaillierten Modellerstellung im gesamten Projektumfeld geschaffen werden, was die Zusammenarbeit erleichtert. Durch die Beschreibung von Use-Cases wird klar, wie Modellinformationen im Bestandsmanagement bzw. der Betriebsführung von Gebäuden abgegriffen und nutzbringend eingesetzt werden. Die Vorteile der Use-Case-basierten Herangehensweisen haben sich im Projekt BIMBestand klar gezeigt. Die konsequente Verfolgung dieser Herangehensweise war eine notwendige Voraussetzung und ein Schlüsselfaktor für den erfolgreichen Projektabschluss.

## **2. Umsetzung eines open-BIM-Konzeptes**

Ein wesentliches Merkmal der im Projekt BIMBestand entwickelten Prozesse ist, dass alle wesentlichen Kommunikationsschritte auf Grundlage von offenen Schnittstellen durchgeführt werden. Dadurch ist der flexible Einsatz von Software-Werkzeugen, sowohl was die Planung bzw. Ausführung als auch das Bestandsmanagement betrifft, möglich. Der Einsatz offener Schnittstellen ist vor dem Hintergrund der Anwendung im Bestandsmanagement vor allem deshalb von Relevanz, da bei diesem Anwendungsfall in der Regel Daten mit unterschiedlichen Softwaresystemen ausgetauscht werden müssen. Des Weiteren erfolgt die Implementierung eines BIM-basierten Bestandsmanagements typischerweise in ein bestehendes, laufendes System, bei dem nicht alle Softwarekomponenten austauschbar sind. Die Umsetzung offener Schnittstellen bietet daher mehr Flexibilität hinsichtlich bestehender und zukünftiger Komponenten. Ebenfalls ist festzuhalten, dass der Einsatz von Software im Bestandsmanagement und der Betriebsführung von Gebäuden langfristig ausgelegt ist und Systemwechsel oft mit einem erheblichen Aufwand verbunden sind. Daher müssen Gebäudemodelle (z.B. asBuilt-Modelle), die im Rahmen eines Bau- bzw. Umbauprojekts erstellt und in weiterer Folge im Bestandsmanagement eingesetzt werden, mit den dort vorherrschenden Systemen kompatibel sein, was mit offenen Schnittstellen realisierbar ist. Dies unterstreicht die Notwendigkeit und Bedeutung genormter offener Datenformate bzw. Schnittstellen. Im Rahmen des Projekts BIMBestand konnte gezeigt werden, dass eine solches „Softwareökosystem“ auf Basis von open-BIM umsetzbar bzw. praktisch nutzbringend einsetzbar ist.

## **3. Durchgängiger Einsatz von BCF zur Kommunikation**

Eine wichtige Erkenntnis aus dem Projekt ist die universelle Einsetzbarkeit von BCF für eine durchgängige Kommunikation zwischen der Sphäre des Bestandsmanagements bzw. Gebäudebetriebs und der Sphäre der Planung und Ausführung. BCF ist bisher primär im Umfeld der Planung und Ausführung bekannt, kaum jedoch im Bestandsmanagement und der Betriebsführung. Im Rahmen des BIMBestand-Projekts konnte gezeigt werden, wie eine modellbasierte BCF-Kommunikation zwischen diesen in der Praxis sehr oft stark getrennten „Welten“ aussehen und umgesetzt werden kann und es wurde aufgezeigt, dass BCF auch im Bestandsmanagement ein höchst geeignetes Kommunikationswerkzeug ist. Der Vorteil der Nutzung von BCF besteht vor allem darin, dass dieser offene Standard von gängigen BIM-Applikationen auf der Planungs- und Ausführungsseite unterstützt wird. Damit sind keine Änderungen bei den planungsseitigen Tools notwendig und es kann unmittelbar an die auf Seiten der Modellersteller:innen etablierte und bewährte Form der modellbasierten Kommunikation angedockt werden. Somit sind von dieser Seite her keine Hemmnisse zu erwarten. Forciert werden sollte die softwaretechnische Unterstützung von BCF von Werkzeugen für das Bestandsmanagement. Im Rahmen des Projekts BIMBestand wurde die Kommunikation an sämtlichen Schnittstellen zwischen Akteuren und Use-Cases modellbasiert mittels BCF implementiert und evaluiert.

## **4. Datenstrukturwerkzeuge**

Ein entscheidender Faktor ist, die Anforderungen an den Level of Information (LOI) auf Ebene der Use-Cases zu definieren. LOI-Anforderungen bilden einen integralen Bestandteil von Use-Cases. Im Rahmen des Forschungsprojekts ist es gelungen, eine gesamtheitliche Darstellung der LOI-

Anforderungen in Bezug auf die betrachteten Use-Cases zu erstellen. LOI-Definitionen sollten softwaregestützt in sogenannten Datenstrukturwerkzeugen erstellt und verwaltet werden. Dies vereinfacht die Strukturierung der erforderlichen Daten und ermöglicht eine maschinenlesbare Verarbeitung. Für die modellbasierte Validierung lassen sich weiters Prüfregelein zur automatischen Modellprüfung exportieren. Im Rahmen des Projekts BIMBestand wurde BIMQ als Datenstrukturwerkzeug verwendet.

## **5. Georeferenzierung**

Als wesentlich für die reibungsfreie Überführung und Nutzung von BIM-Modellen im Bestandsmanagement erwies sich die Geopositionierung von Teil- bzw. Fachmodellen. Da in Bestandsmanagement-Software oft mehrere Assets einer Liegenschaft verwaltet werden, sind geopositionierte Modelle eine wesentliche Grundvoraussetzung für eine sinnvolle Anwendung im Bestandsmanagement bzw. Gebäudebetrieb. Auf diese Weise könne neue oder veränderte (Fach-) Modelle positionsrichtig ohne manuelles Zutun verortet werden, eine Grundvoraussetzung für ein funktionierendes modellbasiertes Arbeiten im Bestandsmanagement. Im Rahmen des Projekts BIMBestand wurde zur Georeferenzierung ein Festpunktnetz des Flughafens Wien verwendet. Die korrekte Geopositionierung der im Rahmen des BIMBestand-Projekts von den Partnern erstellten Fachmodelle stellte sich als herausfordernd dar, da z.B. im Bereich der TGA-Planung dies aktuell keine branchenübliche Anforderung bei der Modellerstellung ist. Im Fall, dass BIM-Modelle georeferenziert zu erstellen sind, sollten daher im Projektteam vorliegende Erfahrungen zu diesem Themenkomplex zu Beginn abgeklärt und gegebenenfalls entsprechende Schulungen, z.B. im Rahmen von projektinternen BIM-Kolloquien, durchgeführt werden. Eine gut durchdachte und von Beginn weg sauber definierte Herangehensweise bei der Modellerstellung ist in diesem Zusammenhang essentiell, da sich eine „nachträgliche“ Geopositionierung bereits erstellter Modelle als aufwändig und komplex gestalten kann (abhängig von den Spezifika eingesetzter Softwarewerkzeuge). Im Rahmen des Projekts wurden in weiterer Folge auch Punktwolkenscans am verwendeten Festpunktnetz referenziert, was eine automatische Überlagerung und Ergänzung von Modell- und Scandaten in der Bestandsmanagementsoftware (im Falle von BIMBestand war dies die Software RKV View) ermöglichte. Des Weiteren spielte die Georeferenzierung bei der Verwendung von PINs auf Objekten in Modellen im Zuge der modellbasierten Erfassung und Kommunikation mittels BCF eine Rolle.

## **6. Baublaufintegrierte Erstellung von asBuilt-Modellen**

Im Rahmen des Projekts konnte der Ansatz und Nutzen einer in den Bauablauf integrierten Erstellung von asBuilt-Modellen entwickelt und gezeigt werden. Eine wichtige Erkenntnis daraus ist, dass die dafür notwendigen grundlegenden Workflows in dem im Rahmen des Projekts entwickelten open-BIM-Framework abbildbar bzw. realisierbar sind. Die Erstellung von asBuilt-Dokumentation ist an sich nichts Neues, am Ende jeder Baumaßnahme müssen die Antragnehmer:innen den Auftraggeber:innen eine Bestandsdokumentation übergeben, die widerspiegelt, was gebaut wurde. Im Falle von BIM erfolgt diese Übergabe modellbasiert mit asBuilt-Modellen. Durch den in BIMBestand gewählten Ansatz einer bauablaufintegrierten Erstellung während der Ausführung wird gewährleistet, dass bereits im Zuge der Ausführung nutzbringend mit BIM-Modellen gearbeitet wird (z.B. zur modellbasierten Abrechnung von Ausführungsleistungen) und so eine intrinsische

Motivation zur Erstellung von asBuilt-Modellen bei allen beteiligten Projektbeteiligten gegeben ist. Somit entstehen asBuilt-Modelle auf „natürliche Weise“ im Zuge der Ausführungsprozesse und können in weiterer Folge im Bestandsmanagement genutzt werden. Ein wesentliches Element der entwickelten bauablaufintegrierten Erstellung ist wiederum eine BCF-gestützte Kommunikation zwischen den Projektakteuren.

## **7. Energiesimulation**

Im Rahmen des Anwendungsfalls „Analyse des Betriebs-/Energieverhaltens“ konnte gezeigt werden, dass die gewählte Use-Case-basierte Herangehensweise auf Basis von open-BIM sehr vorteilhaft für das Aufsetzen und Durchführen von Energiesimulationen ist. Durch die für eine Simulationsaufgabe genaue Definition von geometrischen und alphanumerischen Modellinhalten können zielgerichtet geprüfte Modellinhalte den Simulationen zugrunde gelegt werden. Im Zuge der Entwicklung eines IFC-Interfaces für die Plattform SIMULTAN konnte zudem gezeigt werden, dass der zeitliche Aufwand zur Erzeugung von Geometrien für Simulationen bzw. zur Parametrierung von Simulationen drastisch reduziert werden kann. Damit kann vor allem auch der Aufwand für die Aktualisierung von Simulationen (z.B. nach Umbaumaßnahmen) minimiert werden.

## **8. Sonstige Erkenntnisse**

Ein wichtiger und aus der BIM-Praxis bekannter Aspekt ist die klare Definition und Abgrenzung sämtlicher erforderlicher Leistungen von Modellersteller:innen sowie die Schaffung einer klaren Projektstruktur mit zugewiesenen Verantwortlichkeiten. Seitens der am Projekt beteiligten Unternehmenspartner aus dem Bereich der TGA-Planung wurde diesbezüglich angemerkt, dass in der momentanen Praxis abgewickelte Projekte oftmals ohne gezielte Vorgaben und Anforderungen und somit auf Basis interner Firmenstandards durchgeführt werden. Dadurch können bei der Überprüfung von Quality-Gates vermeidbare Differenzen auftreten. Eine klarere Definition von Leistungen, Abläufen, Rollen und Verantwortlichkeiten zu Projektbeginn wäre in der Praxis daher zukünftig wünschenswert. Im Zuge der Bearbeitung des Forschungsprojekts BIMBestand wurde festgestellt, dass eine Einhaltung klar vordefinierter Prozessabläufe den bürointernen Arbeitsablauf und den damit verbundenen Arbeitsaufwand optimieren.

Als weiteres relevantes Thema wurden Bautoleranzen von einem Unternehmenspartner angesprochen, welche im Zuge der automatisierten Modellprüfung kontrolliert werden können. Hierbei wurde die Notwendigkeit klarer Vorgaben zu zulässigen Toleranzen unterstrichen. Da im Falle von Streitfällen in der Regel absolute Abweichungen relevant sind, sollte auch eine absolute Angabe von Toleranzen in Betracht gezogen werden. Der Aufbau einer geeigneten „Toleranzkultur“ in der Baupraxis wäre diesbezüglich sinnvoll.

## **6.2. Weiterführende Aktivitäten des Projektteams**

### **6.2.1. Weiterführende Aktivitäten der wissenschaftlichen Projektpartner:innen**

Die im Rahmen des Forschungsprojekts BIMBestand erzielten Ergebnisse weisen ein hohes Potential für weiterführende Aktivitäten auf. Die betrachteten Use-Cases wurden sehr detailliert aufgearbeitet und bieten den wissenschaftlichen Projektpartner:innen eine Basis für weitere Forschungsaktivitäten. Als besonders wichtig wird hierbei die Adressierung des Themenbereichs der lebenszyklumfassenden Durchgängigkeit von digitalen Prozessen von der Projektinitiierung bis zum Rückbau gesehen. Eine derartige Datendurchgängigkeit konnte bis dato in der Praxis noch nicht vollumfänglich realisiert werden. In diesem Zusammenhang konnte z.B. im Rahmen des seitens TU Graz koordinierten Stadt der Zukunft Projekts TWIN bereits auf Ergebnissen aus dem Projekt BIMBestand aufgebaut werden. Der Gebäudebetrieb ist eine wesentliche Phase im Lebenszyklus einer Immobilie und damit auch ein wesentlicher Bestandteil einer zukünftigen, auf digitalen Methoden basierenden, Kreislaufwirtschaft im Gebäudesektor. Die Ergebnisse des Projekts BIMBestand bilden damit eine wertvolle und wichtige Grundlage zur Adressierung dieses Aspekts in zukünftigen Forschungsprojekten im Bereich der Kreislaufwirtschaft. Forschungsvorhaben in diesem Bereich sind von Projektpartner:innen geplant. Ein weiterer Bereich für Folgeaktivitäten liegt im Bereich der Standardisierung. Insbesondere AIT hat eine Kooperation mit Austrian Standards (ASI) etabliert, wo derartige Forschungsergebnisse als Vorlage für Standardisierungsarbeiten eingebracht werden können und so den österreichischen Bausektor durch verbesserte Standards unterstützen. Eine weiterführende F&E-Schwerpunktaktivität von TU Wien bezüglich der Software SIMULTAN ist die Prüfung der Anwendbarkeit (Vorteile, Hürden) auf Realprojekte bezüglich sogenannter Analysetools. Bereits angedockt wurden neben dem im Projekt entwickelten Tool DeltaP Werkzeuge zur Gebäudesimulation (Software IDA-ICE sowie ein TU internes Tool) und Tragwerksplanungssoftware RFEM. Zu prüfen sind die Nutzer:innenakzeptanz sowie der Bedarf nach gegebenenfalls weiteren Analysetools bzw. in der Verbesserung der Schnittstellen bereits angedockter Tools.

### **6.2.2. Weiterführende Aktivitäten der Unternehmenspartner:innen**

Auch für die im Projekt beteiligten Unternehmenspartner:innen lieferte BIMBestand wertvolle Ergebnisse, auf denen weiterführende Aktivitäten aufgebaut werden. Die Flughafen Wien AG konnte von den Erkenntnissen des Projekts profitieren, da eine maßgebliche Basis für interne Weiterentwicklungen geschaffen wurde. Z.B. konnte durch die Entwicklung des Use-Cases „Datenmanagement bei Bauwerksveränderung von Bestandsgebäuden“ die Übernahme von digitalen Gebäudedaten von Auftragnehmer:innen sukzessive verbessert werden. Der Workflow ist aktuell in der Erprobungsphase an realen Bauprojekten beispielsweise der „Terminal-Süderweiterung“. Die daraus entstehenden Erkenntnisse aus der Praxis von Großprojekten werden Flughafen-intern weitergegeben und insbesondere die damit verbundenen organisatorischen Prozesse weiterentwickelt und verbessert. Auch die Erkenntnisse aus dem softwarebasierten Datenaustausch auf Grundlage von offenen Standards werden von der Flughafen Wien AG gemeinsam mit buildingSMART Austria weiterverfolgt. Die Integration von digitalen Bauwerksdaten wird für die zukünftige Entwicklung der Immobilienbranche in Hinsicht auf die behördlichen Forderungen (z.B. EU-Taxonomie und digitaler Gebäudepass) einen maßgeblichen Einfluss haben, da

nur so ein objektiver und verlässlicher Nachweis über Zustand, verbaute Materialien, Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen ermöglicht wird. Die Flughafen Wien AG wird auf Grundlage der erarbeiteten Prozesse ihr ehrgeiziges Ziel der weiteren CO<sub>2</sub>-Reduktion und Energie- sowie Ressourceneinsparung im Betrieb weiterverfolgen und damit der Verantwortung als nachhaltig agierendes Unternehmen nachkommen können.

Nicht nur für Architekt:innen, Planungsbüros und ausführende Unternehmen gehören oftmals wechselnde Datenformate, Normen und Richtlinien zu immer größeren Risikofaktoren, sondern auch für Softwareentwickler:innen. Daher ist das Ingenieurstudio Hollaus bestrebt, die im Projekt BIMBestand gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse in die österreichische und auch die internationale (mit Fokus auf den DACH-Raum) Standardisierung bzw. Normungsarbeit einfließen zu lassen, um so eine belastbare und zukunftssichere Situation für Softwarehersteller:innen entstehen zu lassen. Vor allem wechselnde Softwareprodukte und Datenformate gehören für Entwickler:innen von Betriebssoftware zu den größten Risiken, da ein Umstieg von importierbaren Datenformaten unter Umständen große Entwicklungsschritte mit einem enormen Kostendruck erfordert. Zusätzlich können Schnittstellen für alte Datenformate auf Grund des heterogenen Gebäudebestandes nicht einfach stillgelegt und ersetzt werden, sodass jeder Schritt, die zur Anwendung kommenden Datenformate zu standardisieren und zu begrenzen, einen enormen Mehrwert darstellt. Außerdem stellt die Verwendung der erarbeiteten Projektergebnisse bei der Weiterentwicklung des Softwaretools RKV View, welches für den Software-Prototypen als Entwicklungsbasis diente, eine wichtige Folgeaktivität dar. Dies wird wesentlich dazu beitragen, die Marktposition in Österreich zu festigen und international weitere Alleinstellungsmerkmale, und folgend neue Kund:innen, zu generieren.

Weiterführende Aktivitäten der Unternehmenspartner TBH und Allplan beziehen sich vor allem auf die Anwendung der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen in zukünftigen Planungsprojekten. Damit erfolgt eine Diffusion der erarbeiteten Projektergebnisse in die Baupraxis. Vor allem die erarbeiteten Strukturen im Hinblick auf die Abbildung der Prozessketten können in den Planungsprozessen zukünftig erfolgreich zur Anwendung gebracht werden.

Die Förderung und Weiterentwicklung des open-BIM-Ansatzes ist eine Kernaufgabe von buildingSMART Austria (bSAT). Bereits während der Projektlaufzeit hat bSAT zahlreiche Disseminationsaktivitäten mit dem BIMBestand-Projektteam durchgeführt (siehe Abschnitt 6.4). Die Anwendung und Umsetzung von open-BIM-Prinzipien in der Nutzungsphase von Gebäuden im Zuge des Bestandsmanagements und der Betriebsführung wird auch zukünftig ein Schlüsselthema von bSAT sein, da gerade in dieser Lebenszyklusphase die Anwendung von open-BIM im Vergleich zu anderen Phasen noch nicht so stark ausgeprägt ist, der Gebäudebetrieb jedoch einer der wesentlichsten Faktoren für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Gebäuden ist. Daher wird bSAT auch nach dem Projektabschluss die Dissemination der Projektergebnisse vorantreiben bzw. Plattformen (insbesondere bSAT-Webauftritt) für eine kontinuierliche Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse bereitstellen. Des Weiteren wird bSAT die gewonnenen Projektergebnisse in Arbeitsgruppen der buildingSMART International Domains einbringen, damit diese auch auf internationaler Ebene in die Entwicklungs- und Standardisierungsaktivitäten von buildingSMART einfließen können.

### 6.3. Relevante Zielgruppen

Die Ergebnisse des BIMBestand-Projekts sind für ein breites Zielgruppenspektrum von Relevanz, insbesondere für all jene Teilnehmer:innen eines BIM-Projekts, welche an Errichtung und Betrieb eines Gebäudes beteiligt sind. Diese Zielgruppen waren im Rahmen der durchgeführten Interviews, Stakeholder-Workshops und Veranstaltungen in das Projekt eingebunden, wodurch wertvolles Feedback aus der Praxis in die Ergebnisse einfließen konnte.

Die Projektergebnisse sind vor allem für folgende Zielgruppen relevant:

- Auftraggeber:innen und operative Akteure aus den Bereichen Asset-Management, Facility Management, operative Betriebsführung etc.
- Entwickler:innen und Anbieter:innen von Software für Bestandsmanagement im Gebäudesektor
- Auftragnehmer:innen für Planungs- und Ausführungsleistungen
- Akteure in der Forschung und Ausbildung im Bereich der Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft

Eine wesentliche Zielgruppe sind zunächst sämtliche operativen Akteure aus den Bereichen Asset-Management, Facility Management sowie der technischen Betriebsführung von Gebäuden. Dies schließt Auftraggeber:innen, welche Gebäudeportfolios betreiben und verwalten, ein. Von Bedeutung sind für diese Stakeholder insbesondere die ausgearbeiteten und veröffentlichten Use-Cases mit den darin beschriebenen Prozessen und Anforderungen. Diese können als Leitfaden für die Implementierung von BIM im Bestandsmanagement unmittelbar herangezogen werden. Außerdem kann die im Projekt entwickelte und beschriebene Softwareumgebung mit ihren offenen Schnittstellen als Anhalts- bzw. Ausgangspunkt für Implementierungen in anderen Unternehmen bzw. Organisationen dienen. Eine weitere wichtige Zielgruppe sind Softwareunternehmen (z.B. CAFM-Software, ERP-Software). Durch die im Projekt gewonnenen und veröffentlichten Erfahrungen konnten die Vorteile des open-BIM-Ansatzes aufgezeigt werden. Daher sollten Entwickler:innen und Anbieter:innen von Softwarelösungen für das Bestandsmanagement von Gebäuden die Integration offener Schnittstellen und Datenformate bei der Weiterentwicklung der Software berücksichtigen und implementieren. Die Projektergebnisse richten sich aber auch an sämtliche Akteure des Planungs- und Ausführungsprozesses, die als Auftragnehmer:innen bei Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen fungieren. Auch für sie sind die Use-Cases sowie die im Projekt angewandten Technologien und Prozesse von Relevanz. Akteure in der Forschung und Ausbildung im Bereich der Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft profitieren ebenfalls von den im BIMBestand-Projekt erarbeiteten Ergebnissen, da weiterführende Forschungsaktivitäten auf diesen aufsetzen können bzw. die gewonnenen Erkenntnisse unmittelbar in neue Lehrinhalte einfließen können. Abschließend seinen Interessenvertretungen in den oben angeführten Bereichen genannt, welche die Projektergebnisse an ihre Stakeholder zum Wissensausbau weitervermitteln können.

## 6.4. Verwertungs- und Verbreitungsaktivitäten

Eine wichtige Zielsetzung des Projekts BIMBestand war die proaktive Verwertung und Dissemination der Projektergebnisse und Erkenntnisse. Damit wurde und wird ein relevanter Beitrag geleistet, die Anwendung der open-BIM-Methodik in der Nutzungs-/Betriebsphase voranzubringen, welche im Lebenszyklus eines Gebäudes in Bezug auf den ökologischen Fußabdruck, aber auch die Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung ist. Gerade in dieser Lebenszyklusphase gilt es die Anwendung der BIM-Methodik zu forcieren, vor allem hinsichtlich der Entwicklung und Etablierung von einheitlichen offenen BIM-Standards.

Bei der Durchführung der Verwertungs- und Verbreitungsaktivitäten wurde auf eine zielgruppengerechte Aufbereitung und Dissemination der Projektergebnisse Wert gelegt. Dies erfolgte zum einen durch Einbindung entsprechender Expert:innen bzw. Wissensträger:innen aus der Praxis und zum anderen durch die Verwendung geeigneter Formate und Medien für die Dissemination (z.B. durch Aufbereitung und Veröffentlichung der entwickelten Use-Cases auf der Use-Case-Management-Plattform oder dem Einsatz von Videos).

Aufgrund des Ausbruchs der COVID-19-Pandemie während des ersten Projektjahres musste der ursprünglich geplante Disseminationsplan angepasst und in adaptierter Form umgesetzt werden. Dies erfolgte primär durch Anpassung der Disseminationsformate und die Umstellung auf eine Online-Abwicklung unter dem Einsatz geeigneter Medien. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die im Rahmen des Projekts durchgeführten Disseminationsaktivitäten.

Die Einbeziehung von Stakeholdern zielte zum einen darauf ab, zu Projektbeginn Anforderungen an die zu entwickelnden Use-Cases aus Sicht der Praxis zu sammeln, um damit eine hohe zukünftige Praxisrelevanz der Projektarbeiten sicherzustellen. Eine zweite wesentliche Zielsetzung der Stakeholder-Einbeziehung bestand darin, eine Reflexion der erarbeiteten Use-Case-Konzepte und erster Projektergebnisse durchzuführen sowie Anregungen bzw. Feedback einzuholen, welches in die detaillierte Ausarbeitung der Use-Cases einfließt. Die erste Zielsetzung wurde im Rahmen von Stakeholder-Interviews bearbeitet. Es wurden insgesamt 20 Interviews mit Expert:innen aus allen in Abschnitt 6.3 dargestellten Zielgruppen-Bereichen geführt, in denen Anforderungen sowie praxisrelevante Frage- und Problemstellungen behandelt wurden. Die zweite Zielsetzung wurde im Rahmen eines Online-Stakeholder-Workshops adressiert, an dem ca. 30 Expert:innen teilnahmen. Im Workshop wurden zunächst erste Projektergebnisse präsentiert. Darauf aufbauend wurden in weiterer Folge 16 Fragen mittels eines kollaborativen Online-Whiteboards interaktiv bearbeitet. Trotz der notwendigen Online-Abhaltung kam es zu einer äußerst produktiven interaktiven fachlichen Diskussion, sodass das Projektteam wertvolle Anregungen und Hinweise für die Detailausarbeitung der Use-Cases mitnehmen konnte.

Das Forschungsprojekt und dessen Ergebnisse wurden im Zuge zahlreicher Vorträge bei Veranstaltungen und Konferenzen auf nationaler und internationaler Ebene vorgestellt (siehe Tabelle 2). Zudem wurden die Ergebnisse in der Arbeitsgruppe 011.09 von Austrian Standards International (ASI) vorgestellt und eingebracht, sodass diese insbesondere im Rahmen der Kooperation zwischen AIT und ASI weiter verwertet werden können.

Tabelle 2: Disseminationsaktivitäten im Projekt BIMBestand

Art	Titel/Inhalt	Veranstaltung	Ort	Datum
Homepage	Projekthomepage mit Projektinformationen und -ergebnissen		Online	11/19
Interviews	Einzelinterviews mit Stakeholdern zur Sammlung und Reflexion von Anforderungen aus Sicht der Praxis	Interviews mit Fachexpert:innen	Online	06/20 bis 08/20
Workshop	Stakeholder-Workshop zur Definition und Reflexion von Use-Case Anforderungen	Stakeholder-Workshop	Online	11/20
Vortrag	Vorstellung des Projekts BIMBestand und Use-Cases	bSAT BIMPräsenz	Online	07/21
Vorstellung	Vorstellung des Projekts BIMBestand durch bSAT bei diversen Veranstaltungen und Vernetzungsaktivitäten	Projekt Stammbaum InnoBau Holz, Doka Strategieworkshop, VST BIM Implementierung, Working Group BIM2FIM	Verschiedene	11/21 bis 10/22
Vortrag	Vorstellung des Projekts und Präsentation von Ergebnissen hinsichtlich AG-Relevanz	ÖIAV-Arbeitsgruppe öffentlicher Auftraggeber	Online	01/22
Masterarbeit	Measure2asBuiltBIM – Evaluierung von Technologien und Erarbeitung von Workflows zur asBuilt-Modellerzeugung	Masterarbeit	TU Graz	Beginn 02/22
Präsentation	Die österreichische BIM-Bibliothek. Neueste Entwicklungen aus der Standardisierung	Ghezzo Immobilienstag 2022	Wien / Salzburg	05/22 und 06/22
Vortrag	Facilitating practical BIM-based FM – Development process, conceptual design, feature- and software requirements	ECPPM – European Conference on Product and Process Modeling	Trondheim	09/22
Vortrag und Podiumsdiskussion	BIMBestand – Projektvorstellung und FM-Knackpunkte	CDAY 2022	St. Pölten	11/22
Vortrag	Facilitating practical BIM-based FM – "Requirements" (gathering, human- and machine-readable exchange) are key to bring AEC-BIM and FM closer together based on BIM standards base	bSI AfterSummit 2022	Schwechat	12/22
Web-Veröffentlichung	BIMBestand Use-Cases	buildingSMART International – Use Case Management Platform	Online	02/23
Vortrag	Erkenntnisse aus der praxisorientierten Forschung zu BIM im Bestandsmanagement von Gebäuden	bSAT BIMGlobe 2023	Wien	02/23
Broschüre	BIM-Basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden – Optimierung von typischen Facility-Management-Anwendungsfällen mit Hilfe von open BIM-Prozessen	Print und online		05/23
Interview/Artikel	BIM mit Nachnutzung	Building TIMES Magazin	Wien	05/23
Vorstellung Projektergebnisse und Austausch	BIM Forschungsaktivitäten – Projekt BIMBestand und weitere Entwicklungen	Austrian Standards (ASI)	Online	05/23
Video	BIMBestand – BIM-Basiertes Bestandsmanagement von Gebäuden	Video mit Projektergebnissen	Online	05/23
Präsentation Projektergebnisse	BIMBestand Bits	bSAT BIM GlobeBit	Online	06/23

Des Weiteren wurde im Rahmen des BIMBestand-Projekts eine Masterarbeit mit dem Titel „Measure2asBuiltBIM – Evaluierung von Technologien und Erarbeitung von Workflows zur asBuilt-Modellerzeugung“ (Schifneg 2023) verfasst, in der Prozesse und Technologien zur Erstellung von asBuilt-Modellen im Kontext der Projekt-Use-Cases untersucht und validiert wurden. Die Dissemination der erarbeiteten Use-Cases erfolgte öffentlich zugänglich auf der Use-Case-Management-Plattform von bSI wie in Abschnitt 5.2 beschrieben.

Die finale Dissemination der Projektergebnisse zu Projektabschluss erfolgte durch einen Vortrag bei der bSAT-Veranstaltung BIMGlobe 2023 sowie online in Form einer aufgezeichneten Reflexion von Projektergebnissen im Rahmen des bSAT Formats BIMGlobe-Bits. Dabei wurden die erzielten

Projektergebnisse aus einer gesamtheitlichen Perspektive dargestellt. Zusätzlich wurde ein ca. 10-minütiges professionell gestaltetes Ergebnisvideo zum Projekt veröffentlicht sowie eine Broschüre online und in gedruckter Form aufgelegt.

Über die folgenden Links sind veröffentlichte Ergebnisse des Projekts BIMBestand online zugänglich:

- **BIMBestand Use-Cases**
- **Video BIMBestand**
- **Video BIM GlobeBit – Projektergebnisse BIMBestand**

# 7 Ausblick und Empfehlungen

Die konsequente Steigerung der Energieeffizienz im Sinne eines nachhaltigen Gebäudebetriebs ist ein Schlüssel zur Erreichung der Klimaziele. Digitale Technologien und Methoden sind Key-Enabler zur Erreichung dieser Zielsetzung. Das Anwendungsspektrum digitaler Technologien ist breit und reicht vom Einsatz von IoT-Technologien zur detaillierten Zustandserfassung von Gebäuden und gebäudetechnischen Systemen bis hin zum Einsatz von Methoden aus dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz zur Optimierung des Gebäudebetriebs. Wesentlich sind auch die Bereiche Interaktion und Kommunikation, beispielsweise bei der Vernetzung von Systemen (z.B. smarten Energieinfrastrukturen, in denen Gebäude eine aktive Komponente darstellen) und der damit verbundene automatisierte Austausch von Daten und Metadaten sowie deren Verarbeitung. In diesem Zusammenhang wird heute oft von Digitalen Zwillingen (Digital Twins) gesprochen, welche ein digitales Abbild der realen Umwelt darstellen und mittels derer relevante Prozesse virtuell bewerkstelligt werden können. Im Facility Management bzw. der Betriebsführung von Gebäuden werden viele potentielle Anwendungsfelder dieser digitalen Methoden gesehen, welche insbesondere darauf abzielen, die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit des Gebäudebetriebs weiter zu steigern.

Eine Voraussetzung für den breiten Einsatz hochentwickelter digitaler Methoden im Gebäudebetrieb ist die Verfügbarkeit strukturierter Modelle und Daten hinsichtlich der gebauten Struktur der bewirtschafteten Gebäude und der verbauten gebäudetechnischen Anlagen. Die Abbildung in Form von BIM-Modellen ist dabei ein wesentlicher Ansatz, der im Bestandsmanagement und der Betriebsführung momentan in der Praxis noch zu wenig genutzt wird. Zukünftig sollten BIM-Modelle auch in dieser Lebenszyklusphase die grundlegende Datenbasis mit Informationen zur gebauten Gebäudestruktur sowie der gebäudetechnischen Systeme und der Einrichtungsgegenstände bilden. Die BIM-Daten können in weiterer Folge mit anderen Datenquellen, z.B. ERP-Systeme, Monitoring-Systeme etc. verknüpft werden, womit ein digitales Ökosystem entsteht, welches den zukünftig hohen Anforderungen bzw. komplexen Aufgaben eines auf Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit ausgerichteten Gebäudebetriebs gerecht wird. Dabei sollte auf open-BIM und offene Schnittstellen gesetzt werden, da nur so die im Gebäudebetrieb erforderliche langfristige Perspektive und die notwendige Flexibilität zufriedenstellend gegeben sind. Die Nichtverfügbarkeit solcher Modelle und Schnittstellen stellt ein Hemmnis für die breite Einführung und Anwendung fortschrittlicher digitaler Verfahren dar.

Die im Forschungsprojekt BIMBestand erarbeiteten Ergebnisse stellen einen grundlegenden Beitrag zur Erreichung dieser Zielsetzung dar, auf dem im Zuge von Folgeprojekten aufgebaut werden sollte. Insbesondere sollten dabei die folgenden Aspekte adressiert bzw. berücksichtigt werden.

Die Einführung von BIM im Facility Management bzw. der Betriebsführung von Gebäuden sollte auf Basis von klar definierten Use-Cases erfolgen, aus denen der Nutzen durch den Einsatz von BIM hervorgeht. Dabei gilt es die Implikationen auf bereits bestehende Systeme und Prozesse durch die Einführung zu berücksichtigen. Im BIMBestand-Projekt wurden fünf Use-Cases detailliert ausgearbeitet und veröffentlicht, wobei die Bandbreite nutzbringender Use-Cases wesentlich größer ist. Daher sollten in Folgeprojekten weitere Use-Cases ausgearbeitet und einer praktischen Evaluierung unterzogen werden. Aus Sicht der Forschung sollten dabei die vorhin angeführten

technologischen Möglichkeiten durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz und IoT-Technologien berücksichtigt werden.

Ein wesentlicher Aspekt ist der Einsatz offener Datenformate und Schnittstellen. Vor allem die im Rahmen des BIMBestand-Projekts gezeigte durchgängige Kommunikation mittels BCF sei dazu genannt, aber auch der konsequente Einsatz von IFC. In Folgeaktivitäten sollte daher eine Weiterentwicklung von CAFM-Software hinsichtlich der Implementierung offener Schnittstellen und Datenformate erfolgen. Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang beispielsweise der neue IDS-Standard (Information Delivery Specification). Seitens der Forschung und Standardisierung ist vor allem die Weiterentwicklung von IFC in Bezug auf mehr Flexibilität (z.B. Bearbeitbarkeit von IFC-Modellen) von Relevanz. Generell spielt die Standardisierung und Normung eine wesentliche Rolle zur Erreichung einer hohen Datendurchgängigkeit und -austauschbarkeit. Dementsprechend sollten auch in diesem Bereich weitere Akzente gesetzt werden, z.B. hinsichtlich möglichst einheitlicher Informationsanforderungen, welche den sogenannten Level of Information Need (LOIN) abbilden.

Eine wichtige Rolle bei der Optimierung des Gebäudebetriebs werden zukünftig Analysetools spielen, welche Ineffizienzen (teil-)automatisiert erkennen und aufzeigen (z.B. auf Basis von Simulationen oder dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz). Hierbei wird die automatisierte Nutzung von BIM-Daten bzw. Verknüpfung von BIM-Modellen mit Simulations- und Analysewerkzeugen eine wichtige Rolle spielen, weil dadurch der zeitliche Aufwand bei der Nutzung dieser Werkzeuge drastisch reduziert wird. Folgeaktivitäten in der Forschung sollten daher diesen Aspekt adressieren.

Besonders wichtig ist es, die Anwendung von open-BIM im Facility Management und der Betriebsführung noch breiter zu demonstrieren und Best-Practices aufzuzeigen. Daher sollten zukünftig Demonstrationsprojekte mit dieser Zielsetzung lanciert werden. Dabei sollten reale Projekte mit integrierten Forschungsagenden beeinflussbar begleitet werden. Dadurch ist ein hohes Innovationspotential gegeben und vor allem bietet sich dabei die Chance, praktische Probleme, die nur im realen Projektumfeld erkannt werden können, zu adressieren. Ein wesentlicher Aspekt wird dabei sein, entsprechende rechtliche Rahmenbedingungen zu schaffen, da solche Projekte mit einem finanziellen Risiko behaftet sind, da bewusst neue Ansätze implementiert werden sollen, bei denen es oft an praktischen Erfahrungswerten fehlt. Für weiterführende Empfehlung hinsichtlich der Durchführung solcher Demonstrationsvorhaben sei auf die Ergebnisse des Sondierungsprojekts TWIN verwiesen, welches ebenfalls im Rahme des Programms Stadt der Zukunft durchgeführt wurde (Nachhaltig Wirtschaften 2023).

# 8 Verzeichnisse

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über die verschiedenen Dimensionen in BIM (links) und Überblick über das Zusammenspiel von unterschiedlichen Datenstrukturen in BIM (rechts) (Bender et al. 2018: S. 299 & S. 304).....	12
Abbildung 2: Überblick über Leistungsintensität von Facility Management für verschiedene Immobilientypen (links) und Baufolgekosten von unterschiedlichen Gebäudearten (rechts) (Hellerforth 2006: S. 28 & S. 36).....	13
Abbildung 3: Auszug der BIM-Normenlandschaft mit Relevanz für das Forschungsprojekt BIMBestand auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene.....	14
Abbildung 4: Verschiedene Softwarekomponenten, die im Facility Management zur Datenhaltung eingesetzt werden (May et al. 2018: S. 417).....	16
Abbildung 5: Methodik zur Überführung von Anforderungen in den BIM-Prozess – Use Case Management in der Schweiz (Weber 2018: Folie 15).....	24
Abbildung 6: Zusammengefasste Übersicht relevanter Normen für das Projekt BIMBestand.....	33
Abbildung 7: IFC-Modell des Validierungsgebäudes in RKV View (links Grundriss und rechts IFC-Modell).....	43
Abbildung 8: Rauchmelder im Validierungsgebäude in RKV View; Grundriss (links), IFC-Modell (Mitte), BIM-Properties (rechts).....	43
Abbildung 9: 3D-Innenansicht als Panoramafoto des Beispielraums im Validierungsgebäude in RKV; links der in der 2D-Ansicht festgelegte Betrachter-Standort.....	44
Abbildung 10: Workflow des Validierungsszenarios „BIM-basierter Umbau im Gebäudebetrieb“.....	46
Abbildung 11: Zugrundeliegende Use-Cases der Teilschritte des Validierungs-Workflows.....	47
Abbildung 12: CDE-Informationsreifegrad Konzept nach ÖNORM EN ISO 19650-1.....	48
Abbildung 13: Setzen eines PINs im Bestandsmodell in RKV.....	49
Abbildung 14: Koordination der Teilmodelle Architektur und TGA.....	50
Abbildung 15: Durchbrüche mittels Durchbruchsanforderung; die links dargestellten Durchbrüche wurden im Zuge des BIM-Managements zu einem einzigen Durchbruch kombiniert.....	51
Abbildung 16: Druckverlustsimulation eines Teilnetzes des Lüftungssystems; Druckverluste der Komponenten (links) und Verlauf der elektrischen Ventilatorleistung (rechts) als Funktionen der Zeit in Stunden.....	52
Abbildung 17: Überlagerung des asPlanned-Modells mit Laserscan-Daten zur Erstellung eines asBuilt-Modells.....	53

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Informationssysteme im Facility Management.....	31
Tabelle 2: Disseminationsaktivitäten im Projekt BIMBestand.....	63

## Literaturverzeichnis

- Bender Thomas, Härtig, Michael, Jaspers Erik, Krämer Markus, May Michael, Schlundt Maik, Turianskyj Nino: Building Information Modeling. In: May Michael (Hrsg.): CAFM-Handbuch - Digitalisierung im Facility Management erfolgreich einsetzen. 4. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden 2018.
- BIMQ: Intelligentes Informationsmanagement von BIM-Projekten. <https://www.bimq.de/> (abgerufen am 31.07.2023 um 08:42 Uhr).
- Borrmann André, König Markus, Koch Christian, Beetz Jakob: Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. VDI-Buch, Springer Vieweg, Wiesbaden 2015.
- bSI buildingSMART International: bSI Use Case Management Service (UCMS). <https://ucm.buildingsmart.org/> (abgerufen am 27.07.2023 um 14:00 Uhr).
- Europäische Kommission: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN: Der Grüne Deal. EUR-Lex, Brüssel 2019.
- Farghaly Karim, Abanda Fonbeyin Henry, Vidalakis Christos, Wood Graham: Taxonomy for BIM and Asset Management Semantic Interoperability. In: Journal of Management in Engineering, Vol. 34, No. 4, 2018.
- Hellerforth Michaela: Handbuch Facility Management für Immobilienunternehmen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.
- Hohmann Joachim, May Michael, Opić Marko: Der CAFM-Markt. In: May Michael (Hrsg.): CAFM-Handbuch - Digitalisierung im Facility Management erfolgreich einsetzen. 4. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden 2018.
- Kučera Adam, Pitner Tomas: Semantic BMS: Allowing usage of building automation data in facility benchmarking. In: Advanced Engineering Informatics, Vol. 35, Pages 69-84, 2018.
- May Michael, Marchionini Michael, Opić Marko, Zawadzki Daniel: Das CAFM-Richtlinienwerk der GEFMA. In: May Michael (Hrsg.): CAFM-Handbuch - Digitalisierung im Facility Management erfolgreich einsetzen. 4. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden 2018.
- Matarneh Sandra T., Danso-Amoako Mark, Al-Bizri Salam, Gaterell Mark, Matarneh Rana: Building information modeling for facilities management: A literature review and future research directions. In: Journal of Building Engineering, Vol. 24, 2019.
- Nachhaltig Wirtschaften: TWIN – Digitale Zwilling für zukunftsfähige Gebäude. <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/twin-digitale-zwillinge-fuer-zukunftsfaeehhige-gebaeude.php> (abgerufen am 27.07.2023 um 16:30 Uhr).
- ÖNORM EN ISO 19650-1:2019 04 15: Organisation von Daten zu Bauwerken — Informationsmanagement mit BIM Teil 1: Konzepte und Grundsätze. Austrian Standards International (ASI), Wien 2019.
- Pärn Erika A., Edwards David J.: Conceptualising the FinDD API plug-in: A study of BIM-FM integration. In: Automation in Construction, Vol. 80, Pages 11-21, 2017.
- Pishdad-Bozorgi Pardis, Gao Xinghua, Eastman Charles, Self, Alonzo Patrick: Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). In: Automation in Construction, Vol. 87, Pages 22-38, 2018.
- Sacks Rafael, Eastman Charles M., Lee Ghang, Teicholz Paul M.: BIM handbook - A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. Third Edition, Wiley, Hoboken New Jersey 2018.

Schifneg Markus: Measure2asBuiltBIM - Evaluierung von Technologien und Erarbeitung von Workflows zur asBuilt-Modellerzeugung. Masterarbeit, Technische Universität Graz 2023.

van Treeck Christoph, Kistemann Thomas, Schauer Christian, Herkel Sebastian, Elixmann Robert: Gebäudetechnik als Strukturgeber für Bau- und Betriebsprozesse. Trinkwassergüte - Energieeffizienz - Digitalisierung. VDI-Buch, Springer Vieweg, Berlin Heidelberg 2019.

VDI 2087:2006-12: Luftleitungssysteme-Bemessungsgrundlagen. VDI-Richtlinie, Beuth Verlag, Berlin 2006.

Weber Markus: Use-Cases sind entscheidend für den BIM-Prozess. Schweizer BIM Kongress 2018, Basel, Bauen Digital Schweiz. [https://www.dropbox.com/sh/9kdfpi18is6oaqs/AAAzT-1BhCIJWA16tlb6vZDMa/02\\_Referate%20BIM%20Kongress%202018%20BIM%20Camp%2C%20Freitag%209.11./01\\_Swiss%20BIM%20Learnings/05\\_Markus%20Weber\\_Use%20Cases%20sind%20entscheidend%20f%C3%BCr%20den%20BIM-Prozess.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/9kdfpi18is6oaqs/AAAzT-1BhCIJWA16tlb6vZDMa/02_Referate%20BIM%20Kongress%202018%20BIM%20Camp%2C%20Freitag%209.11./01_Swiss%20BIM%20Learnings/05_Markus%20Weber_Use%20Cases%20sind%20entscheidend%20f%C3%BCr%20den%20BIM-Prozess.pdf?dl=0) (abgerufen am 27.07.2023 um 15:00 Uhr).

## Abkürzungsverzeichnis

AIA	Austausch-Informationsanforderung
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BFK	BIM-Fachkoordination
BGK	BIM-Gesamtkoordination
BIA	Betreiberinformationsanforderung
BIM	Building Information Modeling
BMS	Building Management System
BPL	BIM-Projektleitungsfunktion
BPMN	Business Process Model and Notation
BPS	BIM-Projektsteuerung
bSAT	buildingSMART Austria
bSI	buildingSMART International
CAFM	Computer Aided Facility Management
CDE	Common Data Environment
CEN	Comité Européen de Normalisation
DIN	Deutsches Institut für Normung
ERP	Enterprise Resource Planning
FM	Facility Management
FWAG	Flughafen Wien AG
GUID	Globally Unique Identifier
IDM	Information Delivery Manual
IDS	Information Delivery Specification
IFC	Industry Foundation Classes
IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
LOI	Level of Information
LOIN	Level of Information Need
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
UCM	Use Case Management
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

[servicebuero@bmk.gv.at](mailto:servicebuero@bmk.gv.at)

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)