

Jade Hochschule

Fachbereich: Bauwesen Geoinformation Gesundheitstechnologie

Studiengang: Management und Engineering im Bauwesen



Masterarbeit

Potenziale und Herausforderungen von Building Information Modeling im Facility Management

Eine Fallstudie zur Untersuchung ausgewählter BIM-
Anwendungsfälle mit Power BI

Zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Engineering (M. Eng.)

Eingereicht von: Elena Ernstorfer
Geboren: 26.01.1997, Wilhelmshaven
E-Mail: elena.ernstorfer@student.jade-hs.de
Matrikel-Nr.: 6022457

Aufgabenstellung

Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth

- ☐ Studiengang Angewandte Geodäsie
- ☐ Studiengang Assistive Technologien
- ☐ Studiengang Geoinformatik
- ☐ Studiengang Bauingenieurwesen
- ☐ Studiengang Hörtechnik und Audiologie

- ☐ Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen-Bauwirtschaft
- ☒ Studiengang Management und Engineering im Bauwesen

Ausgabe einer Master-Arbeit

Für die Studierende/für den Studierenden

Ernstorfer Elena
Name, Vorname

2022457
Matr.-Nr.

wird hiermit die **Master-Arbeit mit dem nachstehenden Thema** ausgegeben:

Potenziale und Herausforderungen von Building Information Modeling im Facility Management
Eine Fallstudie zur Untersuchung ausgewählter BIM-Anwendungsfälle mit PowerBI

Inhalt der Arbeit:

- Internationale Literaturrecherche zu Potenzialen und Herausforderungen von BIM im FM einschließlich Literaturbewertung
- Identifizierung und Beschreibung von BIM-Anwendungsfällen im FM und Begründung der für die Fallstudie ausgewählten Anwendungsfälle
- Modellierung der FM-Prozesse zu den gewählten Anwendungsfällen mithilfe von BPMN Prozessdiagrammen und Analyse der Optimierungspotenziale durch die Anwendung von BIM und PowerBI
- Durchführung anhand eines Beispielprojektes, Erstellung eines PowerBI Dashboards zur Umsetzung und Analyse der gewählten Anwendungsfälle
- Bewertung der Ergebnisse und Verifizierung mithilfe von Experteninterviews

Englische Übersetzung des Themas der Master-Arbeit:

Potentials and Challenges of Building Information Modeling in Facility Management

A case study to investigate selected BIM use cases with PowerBI

ErstprüferIn: Prof. Dr.-Ing. Sebastian Hollermann

ZweitprüferIn: Sharina Alves

Die Arbeit wird ausgegeben als Einzelarbeit

.....
Unterschrift ErstprüferIn

Ausgabetag:

08.05.2023 L.

Bearbeitungszeit:

15 Wochen

Abgabetag:

21.08.2023

Verlängerungsantrag vom:

.....

Verlängerung der Abgabefrist bis:

.....

Arbeit abgegeben am:

.....

Die Master-Arbeit ist in **dreifacher** Ausfertigung im Prüfungsamt innerhalb der Öffnungszeiten abzugeben.

Soll der Abgabetermin wegen Krankheit hinausgeschoben werden, ist bei Krankheit bis zu 6 Tagen unverzüglich ein ärztliches Attest mit Angabe der Krankheitsdauer dem Prüfungsamt vorzulegen. Bei einer Krankheitsdauer von 1 Woche oder mehr bzw. bei Einreichung eines zweiten Attestes ist unaufgefordert ein amtsärztliches Attest vorzulegen. Die Kosten für ärztliche Atteste trägt nicht die Jade Hochschule.

In der Master-Arbeit ist schriftlich zu versichern, dass die Master-Arbeit - bei einer Gruppenarbeit der entsprechend gekennzeichnete Anteil der Arbeit - selbstständig verfasst wurde und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden (§ 24 Absatz 5 Teil A MPO).

Ich bestätige, das Thema der Master-Arbeit am 08.05.2023 erhalten zu haben.

E. Emele

Unterschrift Studierende/r

Vorwort

Business Intelligence (BI) und Building Information Modeling (BIM) sind Innovationstreiber der heutigen Zeit, in der datenbasierte Erkenntnisse die Grundlage für Strategieentwicklung und Planung in jeglichen Bereichen bilden. Während die BI-Software Power BI als leistungsstarkes Datenvisualisierungstool bekannt ist, eröffnet die BIM-Software Revit die Möglichkeit, Gebäudedaten in einem umfassenden digitalen Modell zu vereinen. Beide Technologien tragen bereits individuell zur Effizienzsteigerung in ihren jeweiligen Anwendungsbereichen bei. Doch lassen sich ihre Stärken vereinen? Und kann die Integration der Softwares dabei helfen, die Potenziale von BIM im Facility Management auszuschöpfen? Das sind die Fragen, die diese Arbeit motivieren.

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Prüfenden Prof. Dr. Sebastian Hollermann und Sharina Alves für die Unterstützung bei der Erarbeitung der Forschungsfrage und für die Begleitung des gesamten Prozesses bedanken. Außerdem möchte ich mich bei dem Dezernat 4 der Jade Hochschule bedanken für die umfassenden Einblicke in die FM-Prozesse und die Teilnahme an der Expertenbefragung.

Elena Ernstorfer

21.08.2023, Oldenburg

Abstract

Despite the potential benefits that Building Information Modelling (BIM) can offer in the operation and maintenance phase of buildings, BIM has so far mainly been used in the design and construction phase in the construction industry. Until now the use of BIM methods in FM inhibited by a lack of standards and uniform processes, among other things. Many companies are deterred by the high upfront costs for software, hardware and staff training. In order to promote the acceptance of BIM-based FM, low-threshold solutions are necessary. This thesis investigates the approach of using Power BI to facilitate targeted access to FM-relevant data of a BIM model and to link these with further data sources. With the help of a plug-in called Tracer, any data up to floor plan and 3D views can be extracted from a BIM model and integrated into Power BI dashboards. The case study conducted as part of this work shows that Power BI offers a solution approach to BIM integration that addresses some of the identified challenges. An expert survey confirms the user-friendliness, functionality and optimisation potential of the Power BI Dashboard solution for the processes considered.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	II
Vorwort	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Themeneröffnung	1
1.2 Ziel der Arbeit	2
1.3 Aufbau	2
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Worterläuterungen	4
2.1.1 Facility Management	4
2.1.2 Gebäudemanagement	4
2.2 Building Information Modeling Grundlagen	5
2.3 Entwicklungen im Facility Management	6
2.4 Digitalisierung im Facility Management	8
2.4.1 Computer Aided Facility Management	8
2.4.2 Internet of Things	9
2.4.3 Building Information Modeling	10
2.4.4 Zusammenspiel von BIM, IoT und CAFM	12
3 BIM im Facility Management – Literatur Review	13
3.1 Verwendete Literatur	13
3.2 Aktueller Forschungsstand	13
3.3 Potenziale und Treiber	15
3.3.1 Nahtlose Datenübernahme	16
3.3.2 Aufgabenbezogene Vorteile	17

3.3.3	Treiber und Standardisierung	18
3.4	Hemmnisse und Herausforderungen.....	19
3.4.1	Technische Herausforderungen	20
3.4.2	Organisatorische Herausforderungen	21
3.4.3	Kostenbezogen Herausforderungen	21
3.4.4	Rechtliche und vertragliche Herausforderungen	22
3.5	Künftige Anforderungen	22
4	Fallstudie	24
4.1	Gebäudebeschreibung	24
4.2	Verwendete Software	26
4.2.1	Revit	26
4.2.2	Power BI.....	27
4.2.3	Tracer.....	28
4.3	Methodik.....	28
4.4	Definition Anwendungsfälle und Prozessanalyse	30
4.4.1	Flächenmanagement - Raumbellegung	30
4.4.2	Reinigungsmanagement - Ausschreibung der Fußbodenreinigung	32
4.4.3	Störungsmanagement – Erfassung von Störungsmeldungen	33
4.4.4	Wartungsmanagement - Wartung der Feuerlöscher	35
4.4.5	Nutzerbehaglichkeit – Raumtemperatur	36
4.4.6	Energiemanagement - Nutzerverhalten Lüften.....	37
4.5	Erstellung des Prototyp Dashboards	38
4.5.1	Datenanbindung des BIM-Modells	38
4.5.2	Datenvisualisierung	40
4.5.2.1	Berichtsseite 1 - Raumbellegung.....	41
4.5.2.2	Berichtsseite 2 - Ausschreibung der Fußbodenreinigung	43
4.5.2.3	Berichtsseite 3 - Erfassung von Störungsmeldungen	44
4.5.2.4	Berichtsseite 4 - Wartung der Feuerlöscher	46

4.5.2.5	Berichtsseite 5 - Raumtemperatur	48
4.5.2.6	Berichtsseite 6 - Nutzerverhalten Lüften.....	50
4.6	Expertenbefragung.....	52
5	Ergebnisse	53
5.1	Datenanbindung und Datenmodellierung	53
5.2	Performance.....	55
5.3	Visualisierung und Flexibilität	56
5.4	Software-Kosten.....	59
5.5	Nutzerfreundlichkeit.....	59
5.6	Funktionalität.....	61
5.7	Prozessoptimierung.....	63
6	Diskussion	68
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	68
6.2	Limitation der Studie.....	69
6.3	Interpretation und Einordnung der Ergebnisse	70
7	Fazit.....	73
7.1	Zusammenfassung.....	73
7.2	Ausblick.....	74
Anhang	X
Anhang 1:	Aufbau SQLite Datenbank Revit-Modell	X
Anhang 2:	Datenmodell des Dashboards.....	XI
Anhang 3:	Formatierungsmöglichkeiten Tracer Visuals	XII
Anhang 4:	Bewertungsbogen.....	XIV
Anhang 5:	Ergebnisse Expertenbefragung	XXI
Literaturverzeichnis	XXXIII
Abbildungsverzeichnis	XXXVII
Selbstständigkeitserklärung	XXXIX

Abkürzungsverzeichnis

ASTA	<i>Ausschuss für Arbeitsstätten</i>
BetrSichV	<i>Betriebssicherheitsverordnung</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
CAFM	<i>Computer Aided Facility Management</i>
COBie	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i>
DGNB	<i>Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen</i>
DGUV	<i>Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normen</i>
EN	<i>Europäische Norm</i>
EnEV	<i>Energieeinsparverordnung</i>
FM	<i>Facility Management</i>
GEFMA	<i>German Facility Management Association</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
ODBC	<i>Open Database Connectivity</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
VDI	<i>Verein Deutscher Ingenieure e.V.</i>

1 Einleitung

1.1 Themeneröffnung

Im Lebenszyklus eines Gebäudes, vom Entwurf bis zum Rückbau, fallen große Mengen dynamischer Daten an. Für deren Strukturierung und das Schaffen einer zentralen Gebäudedatenquelle werden im Bauwesen zunehmend Methoden des Building Information Modelings (BIM) eingesetzt. Ziel ist es, in Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten phasenübergreifend ein Gebäudemodell zu nutzen, zu pflegen und fortzuschreiben (May, 2018, S. 296). Auf diese Weise soll BIM unter anderem Informationseinbrüche zwischen den einzelnen Projektphasen verhindern, die Zugänglichkeit und Analyse von Gebäudedaten verbessern und Planungsabläufe effizienter gestalten (May, 2018, S. 296–297).

Die Praxis zeigt, dass BIM auf dem Weg zur projektphasenübergreifenden Single Source of Truth noch einigen Herausforderungen gegenübersteht und dessen Potenziale bislang nicht vollständig ausgenutzt werden. Eine Studie der Firma BIMsystems aus dem Jahr 2021, bei der 408 Branchenangehörige befragt wurden, zeigt, dass BIM vorrangig in der Planungsphase eingesetzt wird. Insgesamt gaben 81 % der Teilnehmer an, BIM in der Planung zu nutzen, 42 % in der Ausführung, 30 % in der Projektentwicklung und bloß 14 % im Gebäudebetrieb bzw. im Facility Management (FM) (Volm, 2021). Obwohl BIM auch für den Einsatz in der Betriebs- und Instandhaltungsphase von Gebäuden große Potenziale bietet, konnte sich die Nutzung hier bislang nicht durchsetzen. Vorteile wie die Reduzierung von Informationsverlusten bei der Gebäudeübergabe oder die Möglichkeiten der dreidimensionalen Gebäudeanalyse stehen einigen Hemmnissen gegenüber, die eine Verbreitung ausbremsen.

Das Facility Management umfasst ein breites Spektrum an Aufgaben, von der Bewirtschaftung und Wartung von Gebäuden bis hin zur Sicherstellung eines optimalen Nutzerumfelds. Für eine wirtschaftliche und zielgerichtete Verwaltung dieser Prozesse ist der schnelle Zugang und die Verfügbarkeit relevanter Daten von großer Bedeutung. Um ein effizientes Informationsmanagement sicherzustellen, werden FM-Prozesse zunehmend durch Softwareanwendungen unterstützt. Die Integration von BIM bietet die Möglichkeit, von bereits bestehenden Gebäudedaten aus vorherigen Projektphasen und den visuellen Möglichkeiten bei der Gebäudeanalyse zu profitieren. Eine Herausforderung dabei ist der Umgang mit der großen Datenmenge von BIM-

Modellen, das Herausstellen der FM-relevanten Informationen, die Verknüpfung zu anderen Daten und Softwares sowie das Schaffen einer Zugänglichkeit für Beteiligte ohne BIM-Kennnisse. Verschiedene Studien zeigen vielversprechende Ergebnisse bei der Untersuchung der Möglichkeiten, bestimmte Datensätze aus BIM-Modellen zu extrahieren und in der Business Intelligence Software Power BI zu visualisieren und zu analysieren. Beispiele dafür sind die Erstellung von Entscheidungshilfen für Bauherren durch das Extrahieren gewählter BIM-Daten (Rodrigues et al., 2022) oder der Export einzelner Modellbestandteile wie bestimmte Kollisionspunkte oder erkannte Änderungen für eine verbesserte Übersichtlichkeit in der Planungsphase (Kadcha et al., 2022). Durch die Möglichkeit, gezielt Informationen und 3D-Darstellungen technischer Gebäudeanlagen exportieren zu können, zeigt die Integration von BIM und Power BI auch Vorteile für einen Einsatz im Facility Management (Harode et al., 2022).

Die weitere Erforschung der Potenziale und Herausforderungen ebenso wie die Untersuchungen der Möglichkeiten zur Integration von BIM in das FM tragen zu der Weiterentwicklung der FM-Branche bei und können die Akzeptanz und Verbreitung von BIM im FM vorantreiben.

1.2 Ziel der Arbeit

In der Arbeit werden die Potenziale und Herausforderungen für einen Einsatz von Building Information Modeling im Facility Management untersucht. Insbesondere wird die Fragestellung behandelt, inwiefern die Integration von BIM zu einer Optimierung herkömmlicher FM-Prozesse führen kann. Um konkrete und praxisnahe Erkenntnisse zu erlangen, wird eine Fallstudie durchgeführt, in der ausgewählte Prozesse verschiedener Facility Management Aufgaben untersucht werden. In der Fallstudie wird Power BI eingesetzt, um die Daten eines BIM-Modells in einem Prototyp Dashboard mit weiteren relevanten Datenquellen zu verknüpfen und zu visualisieren. In diesem Zusammenhang soll als weiteres Forschungsziel die Verwendung von Power BI als Möglichkeit, BIM in das Facility Management zu integrieren bewertet werden.

1.3 Aufbau

Für die Themeneinführung werden in Kapitel 2 zunächst theoretische Grundlagen wie Worterläuterungen, eine Zusammenfassung der relevanten Grundlagen des Building Information Modelings sowie aktuelle Entwicklungen und Digitalisierungstrends im Facility Management erläutert. Dem folgt ein Literatur Review in Kapitel 3, in dem

Mithilfe der Sichtung verschiedener Publikationen der aktuelle Forschungsstand zum Einsatz von BIM im FM erfasst wird. Zudem werden mithilfe der Literatur verschiedene Potenziale und Treiber wie auch Hemmnisse und Herausforderungen identifiziert.

Die Durchführung der Fallstudie, die den Kern der Arbeit darstellt, wird in Kapitel 4 beschrieben. Hier werden zunächst die verschiedenen zu untersuchenden Anwendungsfälle definiert und deren herkömmliche Prozesse analysiert, bevor auf die Umsetzung im dem Prototyp Dashboard eingegangen wird. Im letzten Schritt der Fallstudie wird das fertige Dashboard einer Gruppe von Experten vorgestellt, die das Dashboard hinsichtlich verschiedener Aspekte bewertet.

Die Ergebnisse der Fallstudie werden in Kapitel 5 in verschiedene Bewertungskriterien gegliedert und zusammengefasst. Hier wird zum einen auf die Erstellung und die Eigenschaften des Dashboards eingegangen, zum anderen wird unter Berücksichtigung der Expertenbefragung die Nutzung des Dashboards zur Unterstützung der analysierten FM-Prozesse bewertet.

In Kapitel 6 werden die Fallstudienresultate im Zusammenhang mit den zuvor erfassten Potenzialen und Herausforderungen diskutiert und interpretiert. Das abschließende Fazit in Kapitel 7 besteht aus einer Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse der Arbeit und einem Zukunftsausblick.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Worterläuterungen

2.1.1 Facility Management

Die DIN EN ISO 41011 definiert das Facility Management (FM) als *„organisatorische Funktion, die Personen, Ort und Prozess innerhalb der bebauten Umgebung zu dem Zweck integriert, die Qualität des Lebens von Personen und die Produktivität des Kerngeschäfts zu verbessern“* (Deutsches Institut für Normung e.V., 2018, S. 6). Demnach ist die Hauptaufgabe des Facility Managements die Verwaltung aller baulichen und technischen Anlagen eines Unternehmens oder einer Einrichtung mit Fokus auf dessen Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit. Das Facility Management umspannt dabei den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes¹, von der Planung über die Errichtung und die anschließende Nutzungsphase bis zum Rückbau oder einer Umnutzung. Dadurch, dass die Nutzungsphase die längste und kostenintensivste der genannten Phasen ist, bildet sie den Schwerpunkt des Gebäudelebenszyklus und des Facility Managements. Ausgehend von einer durchschnittlichen Lebensdauer von 50 Jahren, beträgt die Dauer der Nutzungsphase eines Gebäudes ca. 45 Jahre und macht (ohne Berücksichtigung der Kapitalwerte) ca. 80% der gesamten Lebenszykluskosten aus (Nävy, 2018, S. 4).

2.1.2 Gebäudemanagement

Das Gebäudemanagement (GM) ist als wesentlicher Teil des Facility Managements zu betrachten. Während das FM in der Planungs-, Errichtungs- sowie in der Rückbauphase begleitend bzw. unterstützend wirkt, ist es während der Nutzungsphase in der Hauptverantwortung (Nävy, 2018, S. 10) und übernimmt sämtliche Aufgaben des Gebäudemanagements. Nach der DIN 32736 umfasst das GM alle *„Leistungen zum Betreiben und Bewirtschaften von Gebäuden einschließlich der baulichen und technischen Anlagen auf der Grundlage ganzheitlicher Strategien. [...] Betrachtet wird die gesamte Nutzungsphase eines oder mehrerer Gebäude mit dem Ziel der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, der Werterhaltung, der Optimierung der Gebäudenutzung und der Minimierung des Ressourceneinsatzes unter Berücksichtigung des Umweltschutzes“* (Deutsches Institut für Normung e.V., 2000, S. 1).

¹ Da die vorliegende Arbeit schwerpunktmäßig auf das FM von Gebäude eingeht, werden andere Facilitys wie Infrastruktur oder Maschinen an dieser Stelle und im weiteren Verlauf ausgeklammert.

Weiterhin wird das GM in drei Leistungsbereiche gegliedert:

- **Technisches Gebäudemanagement (TGM)**
Leistungen im Rahmen des Betriebes und der Bewirtschaftung eines Gebäudes wie Energiemanagement, Informationsmanagement, Modernisieren baulicher und technischer Anlagen
- **Infrastrukturelles Gebäudemanagement (IGM)**
Geschäftsunterstützende Dienstleistung zur Verbesserung der Gebäudenutzung wie Hausmeisterdienste, Reinigungs- und Pflegedienste
- **Kaufmännisches Gebäudemanagement (KGM)**
Kaufmännische Leistungen Kostenplanung und Controlling, Buchhaltung, Vertragsmanagement

Alle drei Bereiche können zudem Leistungen aus dem Bereich des Flächenmanagements (FLM) beinhalten. Dieses umfasst alle Leistungen, die auf die optimale Nutzung und Funktionalität der Flächen und Räumlichkeiten einer Anlage abzielen.

2.2 Building Information Modeling Grundlagen

Allgemein wird unter Building Information Modeling (BIM) eine Arbeitsmethode im Bauwesen verstanden, bei der die digitale Repräsentation einer baulichen Anlage wie beispielsweise eines Gebäudes, Brücke, Straße oder Prozessanlage als Entscheidungsgrundlage für Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse genutzt wird (Deutsches Institut für Normung e.V., 2019, S. 13).

Im Mittelpunkt steht ein digitales Bauwerksmodell, das über geometrische Daten und dreidimensionale Darstellungsmöglichkeiten hinaus gebäude- bzw. bauteilspezifische Informationen wie Kosten, Bauzeiten oder bauphysikalische Eigenschaften enthält. Es entsteht durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Projektbeteiligten und dient idealerweise über alle Lebenszyklusphasen eines Bauwerks als belastbare zentrale Datenquelle (May, 2018, S. 296). Die technologischen Voraussetzungen werden dabei durch verschiedene Softwareanwendungen geschaffen. Ziele der Anwendung BIM-Methoden sind unter anderem ein verbessertes Informationsmanagement, gesteigerte Produktivität und höhere Kosteneffizienz (May, 2018, S. 296–297). Grundlage für die Nutzung im FM ist das sogenannte As-built-Modell, das finale BIM-Modell, das als digitales Abbild des Gebäudes dessen tatsächlichen aktuellen Zustand wiedergibt (May et al., 2022, S. 90).

Für eine strategische schrittweise Einführung von BIM-Methoden werden in der ISO 19650-1:2018 drei verschiedene Reife- bzw. Entwicklungsgrade (siehe Abbildung 1) von BIM-Modellen definiert (Borrmann et al., 2021, S. 14).

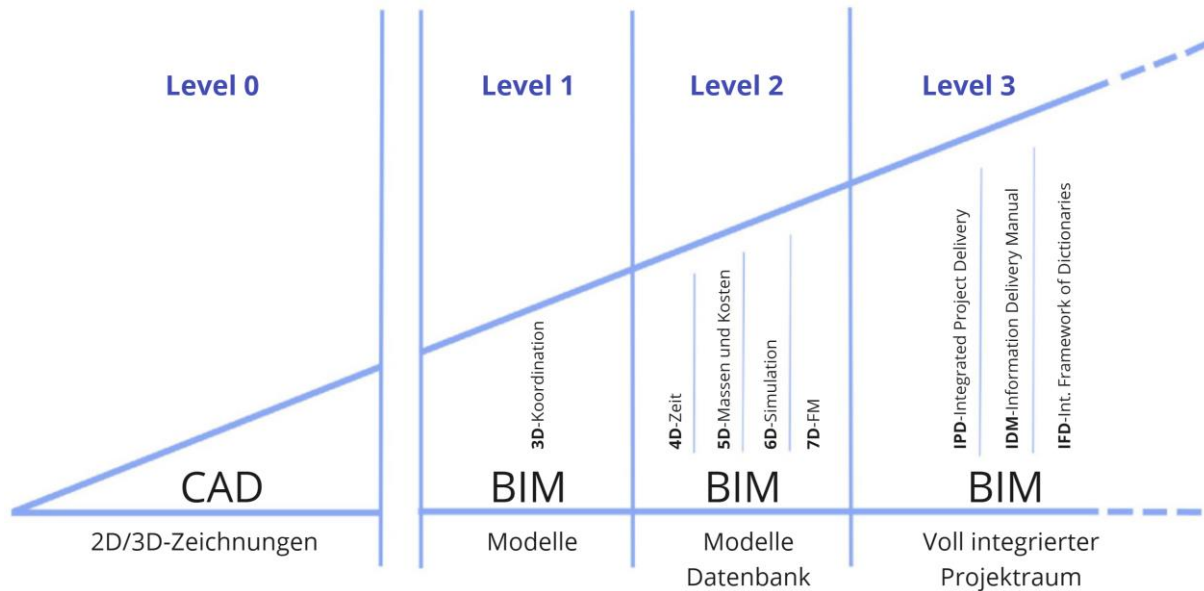


Abbildung 1: BIM Level und Dimensionen

Quelle: May, 2018, S. 299

Gemäß dem Reifegradmodell umfasst eine BIM-Planung auf Level 1 die Erstellung von 3D-Entwurfsmodellen ohne das Verwenden einer zentralen Projektplattform. Voraussetzung für das Level 2 sind gewerkspezifische BIM-Modelle der einzelnen Fachplaner, die in einer gemeinsamen Datenumgebung zusammengeführt werden können. 3D-Modelle auf diesem Level können außerdem um weitere Dimensionen ergänzt werden. Die Erweiterung eines BIM-Modells um die 4. Dimension (4D) meint das Hinzufügen der zeitlichen Komponente und 5D das Hinzufügen von Baukosten. 6D-Modelle enthalten zudem Informationen zur Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. 7D bedeutet die Erweiterung um FM-relevante Informationen und ermöglicht ein BIM-basiertes Wartungs- und Instandhaltungsmanagement. Die fortschrittlichste BIM-Stufe nach ISO 19650 ist das Level 3. Dieses sieht den Einsatz eines voll integrierten Projektraums vor, in dem alle Projektbeteiligten parallel an einem zentralen Modell arbeiten.

2.3 Entwicklungen im Facility Management

Das Facility Management gewinnt seit einigen Jahren an Bedeutung. In Unternehmen und Institutionen wächst das Bewusstsein für die Kostensenkungspotenziale einer effizienten und strategischen Verwaltung ihrer Immobilien. Verstärkt wird dies unter

anderem dadurch, dass die Kosten sowohl für die Errichtung und Miete als auch den Betrieb von Gebäuden steigen (May, 2018, S. 1). Um die Aktivitäten des FM in Deutschland zu fördern, anzugleichen und einen einheitlichen Rahmen zu schaffen, wird 1989 die GEFMA (German Facility Management Association; dt.: Deutscher Verband für Facility Management) gegründet. Durch das Verfassen verschiedener Richtlinien bietet die GEFMA Anwendern, Dienstleistern und auch EDV-Entwicklern die nötige Hilfestellung und Grundlage für Etablierung des FM in Deutschland (Nävy, 2018, S. 36–37).

Hinzu kommen weitere äußere Einflüsse, die die Anforderungen an Gebäude und das FM erhöhen. Beispielsweise wird durch die Erfahrungen in der Corona-Pandemie das Thema Workplace Management und flexible Arbeitsplatzkonzepte im Zusammenhang mit dem Facility Management viel diskutiert. Neben der ursprünglich gebäudeorientierten Ausrichtung des FM rückt nun das Verhalten der Gebäudenutzer immer weiter in den Vordergrund (Ball, 2023, S. 11). Mit den sich verändernden Bedürfnissen von Mitarbeitern, ändern sich auch die Anforderungen an Büroflächen, welche ein effizientes Nutzungskonzept und eine entsprechende Verwaltung erfordern.

Ein weiteres Thema, das im FM-Kontext zunehmend in den Fokus rückt, ist die Nachhaltigkeit von Gebäuden. Aus den Klimaschutzzielen der EU und der Bundesregierung ergeben sich entsprechende Qualitätsansprüche an die Bausubstanz, genauso wie an die Anlagentechnik und Energieversorgung von Gebäuden. Für die Bewertung und Anerkennung der Erfüllung dieser Nachhaltigkeitskriterien und um eine Vergleichbarkeit herzustellen, existieren bereits verschiedene Zertifizierungssysteme wie beispielsweise LEED oder DGNB (Kaiser et al., 2018, S. 486). Aus der Energiewende leiten sich außerdem das Energiemanagement und die Senkung der CO₂-Emissionen als wichtige Aufgaben des Facility Managements ab. Zahlreiche Richtlinien, Gesetze und Normen, allen voran die Energiesparverordnung (EnEV) der Bundesregierung, bilden den gesetzlichen Rahmen, aus dem sich die Anforderungen an das FM ergeben. Die Energiesparverordnung beinhaltet unter anderem die Standardanforderungen für die technische Ausstattung, den Wärmeschutz und den Energieverbrauch von Gebäuden je nach dessen Nutzung (Kaiser et al., 2018, S. 513–514). Vor allem bei dem Sammeln und Übermitteln nachhaltigkeitsrelevanter Daten spielt das Facility Management eine wichtige Rolle. Auf dessen Grundlage können dann Optimierungspotenziale identifiziert und anschließend Maßnahmen zur Verbesserung der CO₂-Bilanz geplant und umgesetzt werden (Ball, 2023, S. 9).

Auch die Digitalisierung nimmt erheblichen Einfluss auf die Entwicklungen im Facility Management. Dadurch, dass Anlagentechnik zunehmend mit moderner Technologie ausgestattet wird, erhöht sich die Menge und auch die Komplexität der zu verwaltenden Daten hinsichtlich dessen Installation, Wartung und des Betriebes (Nävy, 2018, S. 39–40). Eine gute Datenverfügbarkeit und entsprechende Software-Systeme erleichtern einen ressourcenschonenden Betrieb, schaffen Transparenz und ermöglichen eine permanente Überwachung des Ist-Zustandes der Anlagen sowie die digitale Steuerung des Facility Managements (Ball, 2023, S. 7). Dabei wirken die eben beschriebenen Nachhaltigkeitsanforderungen und das Ziel der Reduzierung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor als Beschleuniger des Digitalisierungstrends (Ball, 2023, S. 8). Auch im Zuge des nutzerbasierten FM ergeben sich Vorteile durch digitale Anwendungen. Das elektronische Erfassen von Raumbelagungen beispielsweise erlaubt die Analyse und Steuerung der Flächennutzung eines Gebäudes (Ball, 2023, S. 7). Die Digitalisierung ist ein wichtiger Innovationstreiber im FM und hat dessen Aufgaben und Prozesse maßgeblich verändert. Durch den digitalen Wandel ist *„die Erfassung, das Verarbeiten und der Umgang mit Gebäudedaten zu einem Kernprozess des Facility Managements geworden“* (Ball, 2023, S. 8) und erfordert zunehmend Fachkompetenzen aus dem IT-Bereich.

2.4 Digitalisierung im Facility Management

Die heutige FM-Branche ist geprägt durch zahlreiche digitale Trends und Innovationen. Sie unterstützen das FM dabei, ihrer wachsenden Bedeutung und der zunehmenden Leistungsbreite zu begegnen. Sie sind allerdings als weitaus mehr als das bloße Mittel zum Zweck zu betrachten, sondern vielmehr als Voraussetzung und Treiber weiterer Entwicklungen im FM. Den Kern eines digitalen Facility Managements bildet das CAFM-System. Wichtige technische Innovationen, die in das CAFM-System integriert werden können, sind das Internet of Things und BIM. Sie prägen bzw. ermöglichen weitere Digitalisierungstrends wie Smart Buildings, die Erstellung von Digital Twins, Augmented Reality und Gebäudesimulationen.

2.4.1 Computer Aided Facility Management

Die IT-Anwendungen, die die Prozesse im Facility Management unterstützen, werden unter dem Begriff Computer Aided Facility Management (CAFM; dt.: computerunterstütztes Facility Management) zusammengefasst. Die möglichen Funktionen und Anwendungsfelder erstrecken sich praktisch über alle Bereiche und Aufgaben des FM (May, 2018, S. 45). Die GEFMA zählt in der Richtlinie 400 –

Computer Aided Facility Management unter anderem die folgenden Kernfunktionen des CAFM auf: Flächenmanagement, Instandhaltungsmanagement, Reinigungsmanagement, Raum- und Asset-Reservierung, Energiecontrolling, Sicherheit und Arbeitsschutz, BIM-Datenverarbeitung, Vertragsmanagement.

Grundsätzlich wird zwischen der CAFM-Software und dem CAFM-System unterschieden. Unter CAFM-Software wird ein einzelnes IT-Werkzeug verstanden, das meist käuflich von einem Softwareanbieter erworben bzw. lizenziert wird. Ein CAFM-System ist als integriertes Informationssystem zu betrachten, das von dem Nutzer auf Grundlage dieser Software entwickelt und aufgebaut wird und auf die jeweilige Organisation, dessen Daten und Prozesse angepasst wird (May et al., 2022, S. 74). Das CAFM setzt das Vorliegen von Bestandsdaten des entsprechenden Gebäudes voraus. Diese bilden die Datengrundlage für die eingesetzte Software und werden je nach Anwendungsfeld um Arbeitsdaten und Teilfunktionen ergänzt (May, 2018, S. 46–47). Mit dem Aufkommen und Weiterentwickeln technologischer Innovationen wächst die Menge der zu verarbeitenden Daten und dementsprechend auch die Anforderungen an die Datenverarbeitung von CAFM-Software sowie die Komplexität von CAFM-Systemen.

2.4.2 Internet of Things

Zu den wichtigsten Digitalisierungstrends im FM-Bereich gehört das Internet of Things (IoT; dt.: Internet der Dinge). IoT ist die Bezeichnung für das *„Netzwerk physischer Objekte, die eingebettete Technologie enthalten, um zu kommunizieren, Daten zu erfassen und mit ihren internen Zuständen oder der externen Umgebung zu interagieren“* (May, 2018, S. 338). Bei IoT-Geräten im Gebäudebereich handelt es sich meistens um eingebaute Sensortechnik, die bestimmte Parameter wie Temperatur, Stromverbrauch, CO₂-Gehalt, etc. misst (May, 2018, S. 340). Die benötigte Infrastruktur für den Einsatz von IoT Geräten besteht aus Hardware zur Datenerfassung (Sensoren, Zählern, Kameras etc.), Technologie zur Datenübertragung und aus einer Datenplattform, in die die generierten Daten eingespeist und auf der sie verarbeitet werden. Für die Analyse und strategische Nutzung der Informationen ist außerdem eine Softwareanwendung notwendig, die die gesammelten oder teilweise in Echtzeit generierten Daten auf einer Nutzeroberfläche abbildet (May, 2018, S. 348–349).

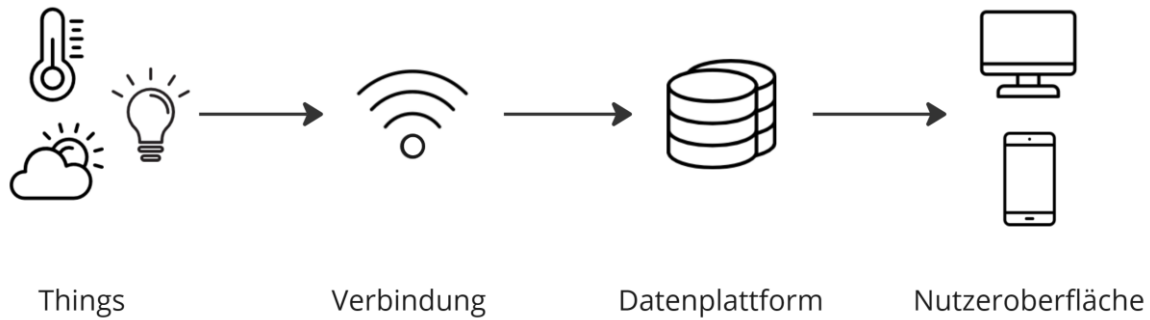


Abbildung 2: Aufbau IoT System

Quelle: Eigene Darstellung

Die Anwendungen für das Facility Management sind vielseitig. Ein gängiges Beispiel aus der Praxis für den Einsatz von IoT Geräten in Gebäuden ist das Generieren und Überwachen der Zustandsinformationen von Räumen wie Luftfeuchtigkeit, Raumtemperatur und CO₂-Gehalt durch Sensoren. Durch eine Vernetzung zur Anlagentechnik, wie beispielsweise der Lüftung oder Heizung, kann dann eine automatische Steuerung nach vordefinierten Anforderungen erfolgen. Mithilfe der intelligenten Steuerungsmöglichkeiten, die unter dem Begriff Smart Building zusammengefasst werden, kann das FM sowohl die Nutzbehaftlichkeit verbessern und gleichzeitig die CO₂-Emissionen und Bewirtschaftungskosten senken. Weitere Beispiele sind der Einsatz im Instandhaltungsmanagement, indem Sensoren technischer Anlagen automatische Störungsmeldungen senden oder die Überwachung von Raumnutzungen durch Zählersensoren.

2.4.3 Building Information Modeling

Ein weiterer digitaler Trend, der die gesamte Baubranche und dessen Prozesse maßgeblich verändert, ist der Einsatz von BIM-Methoden. Vor allem in der Planungs- und auch in der Bauphase werden die Vorteile der kollaborativen Zusammenarbeit sowie die Qualitäts-, Zeit- und Kostenvorteile erkannt und BIM verbreitet sich. Doch auch im Gebäudebetrieb ergeben sich Potenziale durch den Einsatz von BIM. Sofern in der Planungs- und Bauphase ein BIM-Modell entwickelt und genutzt wird, kann dieses auch im Facility Management in der Nutzungsphase des Gebäudes strategisch eingesetzt werden. CAFM-Softwareanbieter beschäftigen sich mit der Integration der BIM-Daten in CAFM-Software.

Für die Integration existieren unterschiedliche Ansätze (May, 2018, S. 306–308):

- **Die einmalige Datenübernahme**, bei der ausgewählte Daten in das CAFM-System übernommen werden, ohne einen kontinuierlichen Datenaustausch zwischen dem BIM-Modell und CAFM-System
- **Die partielle Integration von BIM und CAFM**, bei der ausgewählte Daten über eine bidirektionale Schnittstelle, meist durch ein Plugin zwischen BIM-Modell und CAFM-System ausgetauscht werden. Die Informationen zu Flächen, Inventar, oder Anlagentechnik aus dem BIM-Modell können im CAFM-System durch weitere Daten angereichert werden.
- **Die vollständige Integration von BIM und CAFM**, der ein BIM-Reifegrad des Level 3, gemäß der in Kapitel 2.2 beschriebenen BIM-Level, zugrunde liegt. Die BIM-Software und CAFM-Systeme greifen auf eine zentrale cloudbasierte Datenquelle zu und müssen nicht länger konvertiert werden.

Der aktuelle Stand der Technik entspricht der partiellen BIM-CAFM Integration. Die Anforderungen an das BIM-Modell entsprechen dabei im Grunde dem BIM-Level 2 und beinhalten im Optimalfall Informationen auf 7D-Niveau.

Durch den BIM-Einsatz im Facility Management eröffnet sich außerdem die Möglichkeit des Erschaffens eines sogenannten Digital Twins. Allgemein wird darunter die digitale Repräsentation eines physischen Objektes mit all seinen Eigenschaften verstanden. Der Digital Twin eines Gebäudes kann durch eine Kombination aus BIM- und IoT- Daten erreicht werden (May, 2018, S. 347). Die Messdaten, die von den eingesetzten IoT-Geräten übermittelt werden, können mithilfe einer Schnittstellensoftware an einzelne Bauteile oder Räume des Modells angeheftet werden und ermöglichen so einen Echtzeit-Informationsaustausch zwischen der physischen Welt und dem Modell (May et al., 2022, S. 104). Auf diese Weise entsteht das digitale Abbild des Ist-Zustandes eines Gebäudes. Die geometrische Komponente hat bei der Auswertung von IoT insofern einen Vorteil, als dass der Zustand von Objekten und Abweichungen vom Soll-Zustand im Gesamtkontext eines Gebäudes besser analysiert werden können (May, 2018, S. 348).

Abgesehen von den CAFM-Integrationsmöglichkeiten und der Erstellung eines Digital Twins ebnet BIM den Weg für weitere innovative digitale Anwendungen im FM wie beispielsweise dem Einsatz von Augmented Reality (May et al., 2022, S. 40) oder Gebäudesimulationen (May et al., 2022, S. 59)

2.4.4 Zusammenspiel von BIM, IoT und CAFM

Das Zusammenspiel von BIM, IoT und CAFM ermöglicht das digitale Erfassen von Gebäude- und Echtzeitdaten und deren umfassende Analyse, die zur besseren Nutzung, Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung von Gebäuden und des Gebäudebetriebes beiträgt (May et al., 2022, S. 48). Die Abbildung 3 zeigt schematisch die Verknüpfung der drei Systeme zur Erstellung eines digital Twins. Das As-built Modell ist als digitales Abbild des Gebäudes die Grundlage des digital Twins. Durch die räumliche Zuordnung der Sensordaten und die Verknüpfung der Daten zu laufenden FM-Prozesse aus der CAFM-Software entsteht eine ganzheitliche digitale Repräsentation eines Gebäudes.

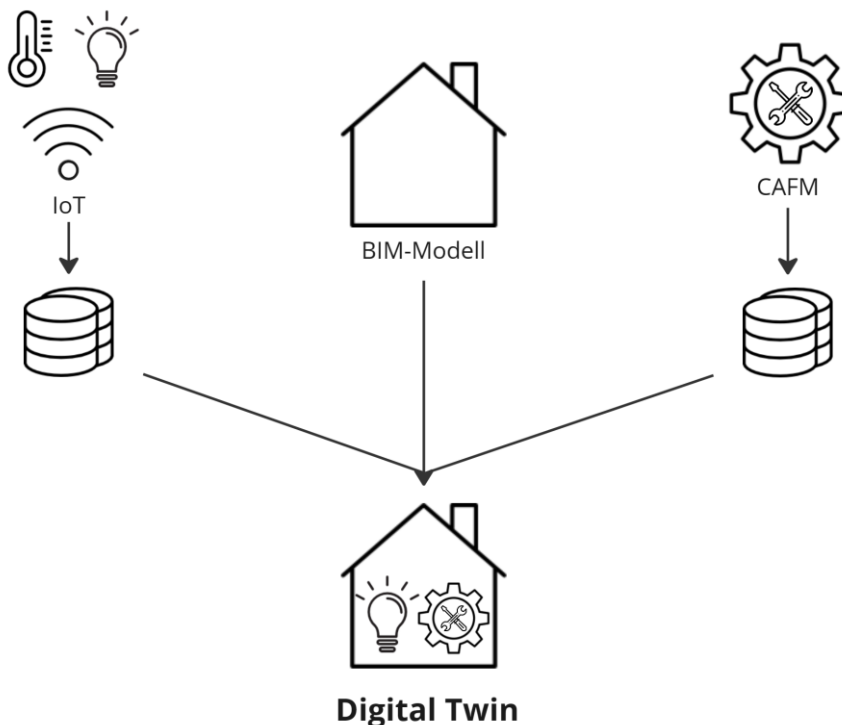


Abbildung 3: Schema Zusammenspiel CAFM, BIM, IoT

Quelle: Eigene Darstellung

3 BIM im Facility Management – Literatur Review

Trotz der erkannten Einsatzmöglichkeiten von BIM im Facility Management, hat sich die Anwendung in der Praxis bislang nicht durchgesetzt. Das hängt mit verschiedenen Herausforderungen wie den hohen und nicht klar definierten Qualitätsanforderungen an das BIM-Modell, fehlenden Richtlinien und Standardisierungen, dem entstehenden erhöhten Arbeitsaufwand in den früheren Projektphasen und den bislang unhandlichen Softwarelösungen zur Integration von BIM und FM-Systemen zusammen. Weiterhin fehlt es an Anwendungsbeispielen, die einen konkreten Nutzen wie eine Kosten-, Zeit oder Ressourceneinsparung durch die Verwendung von BIM im FM nachweisen. In der Literatur finden sich einige wissenschaftliche Publikationen, die das Thema BIM im FM untersuchen. Das folgende Kapitel soll einen kurzen Überblick über den aktuellen Forschungsstand und Forschungstrends geben sowie die in der Literatur identifizierten Potenziale und Herausforderungen zusammenfassen. Zudem soll es einen Ausblick auf voraussichtliche Entwicklungen und künftige Anforderungen geben, um den beschriebenen Herausforderungen begegnen und die Potenziale von BIM im FM ausschöpfen zu können.

3.1 Verwendete Literatur

Für die Analyse des Forschungsstandes werden ausgewählte wissenschaftliche Publikationen herangezogen. Angeführt werden ausschließlich aktuelle wissenschaftliche Papers, die in den Jahren von 2019 und 2022 in anerkannten Fachzeitschriften oder Tagungsbänden publiziert wurden. Alle Papers wurden vor ihrer Veröffentlichung durch einen Peer-Review geprüft und begutachtet, sodass von ihrer Gültigkeit und einem hohen Qualitätsstandard auszugehen ist. Den Arbeiten liegen unterschiedlichen wissenschaftliche Methoden zugrunde. Bei einem Großteil, der gesichteten Papers handelt es sich um (teils systematische) Literatur Reviews und um Fallstudien, die teilweise mit anderen Forschungsmethoden wie Expertenbefragungen kombiniert werden.

3.2 Aktueller Forschungsstand

Der aktuelle Forschungsstand bezüglich der Verwendung von BIM-Methoden im Facility Management wird vor allem durch verschiedene Literatur Reviews erfasst. Das Analysieren bestehender Literatur ermöglicht die Identifizierung aktueller Forschungstrends, Forschungslücken und künftiger Entwicklungsrichtungen. Eine aktuelle Publikation, die sich mit ebendiesem Thema befasst, ist das Paper

A Systematic Review of the Extent to Which BIM Is Integrated into Operation and Maintenance erschienen in der Fachzeitschrift Sustainability Heft 14, im Jahr 2022. Ziel der Arbeit ist es, durch eine systematische Sichtung wissenschaftlicher Arbeiten aus verschiedenen Datenbanken die Verbreitung der Integration von BIM im FM zu untersuchen. Dafür werden nach einer mehrstufigen Vorauswahl von anfänglich 669 Papers insgesamt 196 relevante Arbeiten identifiziert und in dem Review berücksichtigt. Die Auswertung zeigt, dass die früheste der berücksichtigten Veröffentlichungen auf das Jahr 2010 zurückgeht. Seitdem hat sich die Anzahl der Veröffentlichungen pro Jahr deutlich erhöht. In den Jahren von 2010 bis 2013 wurden jährlich nicht mehr als fünf der gesichteten Arbeiten veröffentlicht. In den Folgejahren ist ein deutlicher Anstieg zu erkennen bis auf eine Anzahl von um die 30 Veröffentlichungen pro Jahr in den Jahren von 2018 bis 2021.

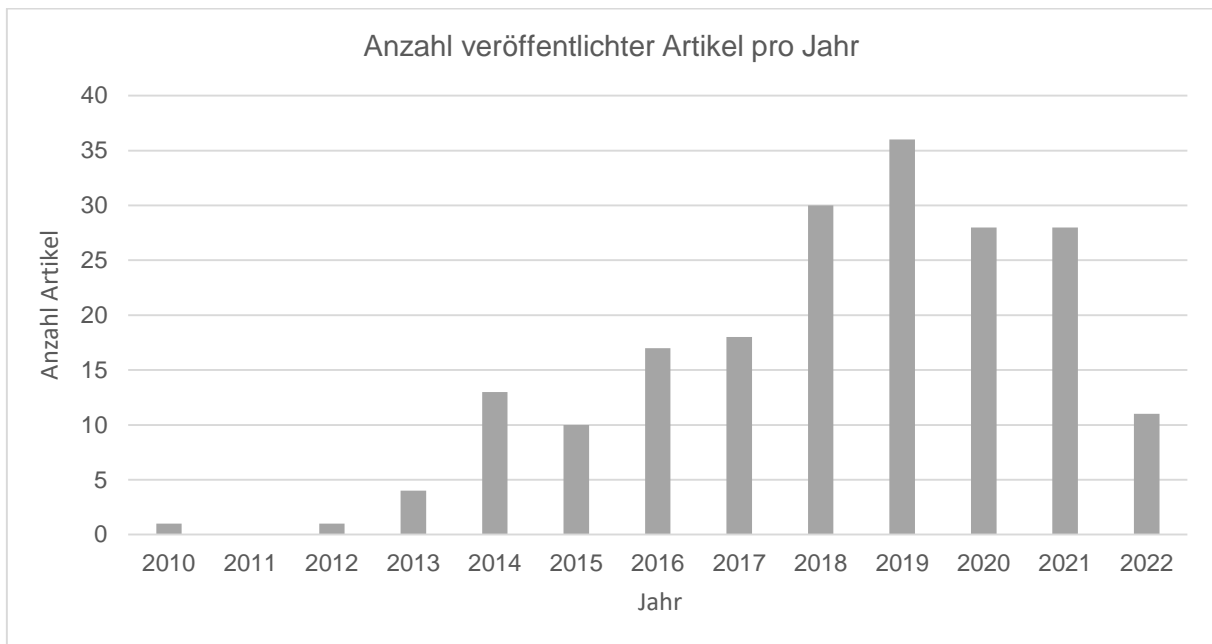


Abbildung 4: Anzahl veröffentlichter Artikel zum Thema BIM im FM pro Jahr

Quelle: In Anlehnung an Abideen et al., 2022, S. 5²

Dass 82 % der untersuchten Arbeiten in dem Zeitraum von 2017 bis 2021 veröffentlicht wurden, zeigt, dass es sich bei dem Thema Integration von BIM und FM um ein aufstrebendes Forschungsgebiet handelt. Weiterhin zeigt die Studie, dass sich die Inhalte der Forschungsarbeiten auf bestimmte Aspekte von BIM im Facility Management fokussieren. Der größte Teil der Arbeiten (38 %) befasst sich mit Informationsmanagement und Informationsanforderungen. Darauf folgen die

² Da die Studie am 27.05.2022 eingereicht wurde, können nur bis zu diesem Zeitpunkt veröffentlichte Artikel berücksichtigt werden.

Auseinandersetzung mit technischen Möglichkeiten der Integration von BIM und FM (23 %) und den Möglichkeiten der Integration im Instandhaltungsmanagement (17 %). Die Studie identifiziert aus den Schnittmengen der Literatur potenzielle Triebkräfte und Hindernisse bei der Integration von BIM-Methoden im FM und dessen Verbreitung in der Praxis, die in drei Hauptkategorien eingeteilt werden können: technische, organisatorische und rechtliche/vertragliche Aspekte. Sie kommen außerdem zu dem Schluss, dass der Einsatz und die Erforschung der Praxis bislang noch am Anfang stehen und weitere Studien, vor allem hinsichtlich des Nutzens und der Wertschöpfung des BIM-Einsatzes in der Betriebsphase unter Berücksichtigung der Anforderungen verschiedener Gebäudetypen notwendig sind.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch die Studie *BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review*, 2019 erschienen in der Fachzeitschrift *Advanced Engineering Informatic*. In dem Literatur Review werden nach einer Vorauswahl insgesamt 291 wissenschaftliche Artikel analysiert. Die Auswertung zeigt ebenfalls, dass in mehreren der untersuchten Publikationen die Potenziale der Verbesserung der Betriebs- und Instandhaltungsaktivitäten von Gebäuden bekräftigt werden. Allerdings wird eine flächendeckende Einführung in der Praxis bislang durch mehrere Herausforderungen gehemmt (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 244). Als die drei Hauptforschungslücken werden die Interoperabilität von BIM und CAFM-Systemen, die Anforderungen an das BIM-Modell für eine Nutzung im FM und zuletzt der Return on Investment des BIM-Einsatzes identifiziert (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 229).

3.3 Potenziale und Treiber

Ein großes Potenzial bietet BIM im FM durch die Möglichkeiten relevante Gebäudedaten aus der Entwurfs- und Ausführungsphase von Gebäuden bei der Inbetriebnahme zu übernehmen und im Betrieb effizient zu nutzen (May et al., 2022, S. 287). Durch diese Möglichkeit ergeben sich Vorteile für das FM wie Kosten- und Zeiteinsparung und eine verbesserte Datenqualität. Bei alltäglichen Aufgaben des Gebäudemanagements ergibt sich durch den BIM-Einsatz außerdem der Vorteil, dass komplexe Sachverhalte visuell dargestellt werden können. Die visuelle Wiedergabe der Gebäudedaten hilft bei der Analyse der geometrischen und räumlichen Eigenschaften eines Gebäudes und kann vor allem im Flächenmanagement wie z.B. bei der Belegungsplanung eingesetzt werden (May et al., 2022, S. 83–84). Dabei bergen bestimmte Bereiche des Gebäudemanagements besonders hohe Optimierungspotenziale durch einen BIM-Einsatz. Das Bewusstwerden dieser Vorteile

führt zu einem gesteigerten Interesse bei Gebäudeinhabern und -betreibern. Gleichzeitig sorgen die erkannten Potenziale für das Entstehen neuer Richtlinien und Normen, die einen offiziellen Rahmen und eine Standardisierung schaffen.

3.3.1 Nahtlose Datenübernahme

Bei der Betrachtung der Datenverluste zwischen den einzelnen Lebenszyklusphasen wird deutlich, dass es zwischen der Ausführungs- und Betriebsphase zu den größten Informationseinbrüchen kommt (siehe Abbildung 5). Da BIM-Methoden in der Planungs- sowie der Bauphase zunehmend eingesetzt werden, wächst das Interesse an einer nahtlosen Datenübernahme für den Gebäudebetrieb aus den bereits vorhandenen BIM-Modellen (May et al., 2022, S. 80). Durch dessen Einsatz können die Informationseinbrüche zwischen den einzelnen Lebenszyklusphasen verringert und die mehrfache Erfassung von Daten verhindert werden. Durch das Konzept des zentralen Gebäudemodells, das über den gesamten Lebenszyklus genutzt und fortgeschrieben wird, ergeben sich hohe Nutzungspotenziale für das Facility Management, vor allem hinsichtlich einer wirtschaftlichen Gebäudeinbetriebnahme (May et al., 2022, S. 81).

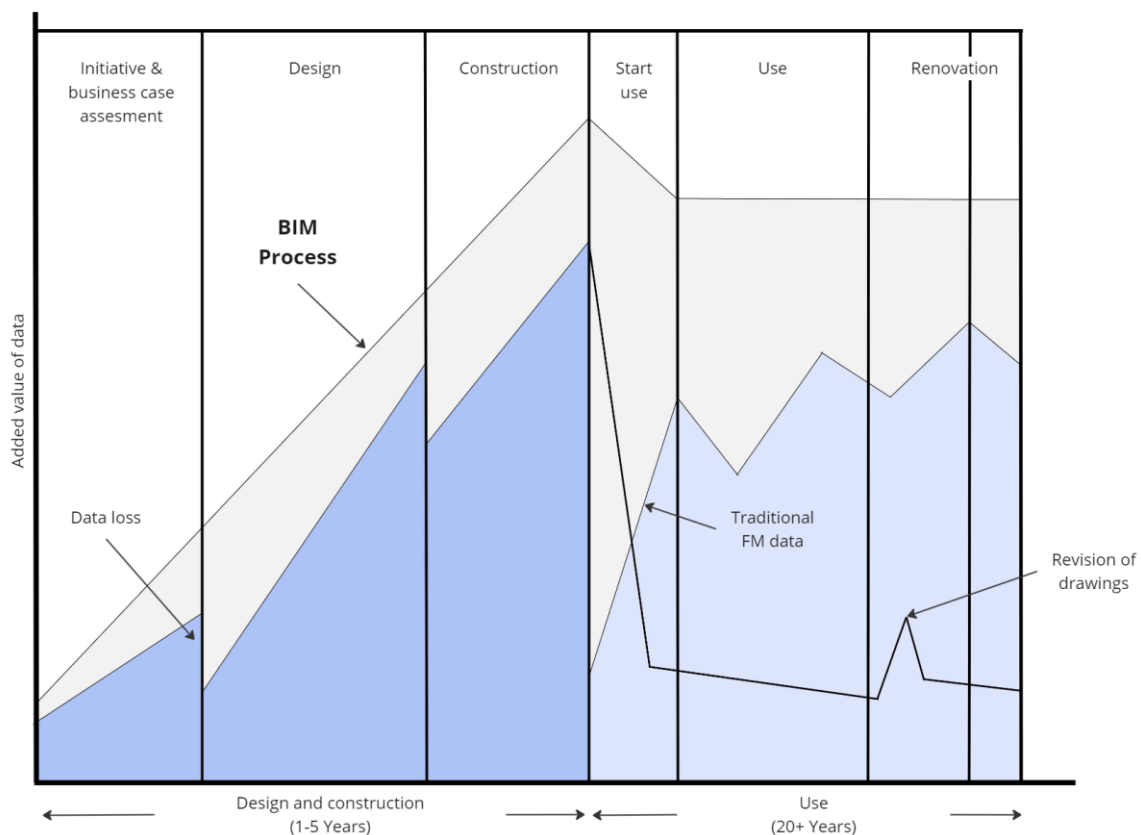


Abbildung 5: Informationsverluste in den einzelnen Lebenszyklusphasen

Quelle: In Anlehnung an May et al., 2022, S. 80

3.3.2 Aufgabenbezogene Vorteile

Auch während des Betriebes kann das Gebäudemanagement von einem BIM-Einsatz profitieren. In der Literatur werden verschiedene FM-Anwendungsbereiche untersucht, deren Effizienz durch den BIM-Einsatz verbessert werden kann. Der bereits zitierte Literatur Review von Gao und Pishdad-Bozorgi zeigt, dass sich der größte Teil der analysierten Artikel, abgesehen von der generellen Betrachtung von BIM in der Betriebsphase, mit dem BIM-Einsatz im Energiemanagement befasst. Darauf folgen das Notfallmanagement und das Wartungs- und Instandhaltungsmanagement. Bei Aktivitäten aus diesen Bereichen wird von Forschern offenbar ein hohes Optimierungspotenzial durch den BIM-Einsatz erwartet (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 232). Im Zusammenhang mit dem Energiemanagement untersuchen Forscher hauptsächlich die Integration BIM-fähiger Plattformen, die dem FM das Erfassen, Speichern und Verarbeiten von energiebezogenen Informationen erleichtern. Zu den in der Literatur analysierten Anwendungen gehören unter anderem das Überwachen des Energieverbrauchs und der Leistung technischer Anlagen, die Durchführung von Energiesimulationen und -prognosen und die Visualisierung von Energieinformationen (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 239). Die Forschung zu BIM-Anwendungen im Notfallmanagement konzentriert sich auf die Planung/Findung von Evakuierungswegen, die Lokalisierung in Innenräumen, die Simulation und Analyse von Brandfällen und das Sicherheitsmanagement von Gebäuden (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 234). Im Wartungs- und Instandhaltungsmanagement ergeben sich Potenziale aus den Visualisierungsmöglichkeiten von BIM. 3D-Darstellungen ermöglichen eine effizientere Lokalisierung von Gebäudeanlagen und reduzieren den Aufwand für das Verständnis der angezeigten Informationen. BIM kann außerdem Informationszugänglichkeit zu technischen Daten der Gebäudeanlagen verbessern. Während der Betriebsphase haben Facility Manager häufig keinen einfachen und schnellen Zugang zu den benötigten Informationen, um Arbeitsaufträge zu bearbeiten (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 232). BIM-Modelle bieten die Möglichkeit Informationen zu technischen Anlagen zu integrieren, wodurch sie einen schnellen intuitiven Zugriff auf diese Informationen erlauben. Auch andere Studien wie *BIM-Based Smart Facility Management: A Review of Present Research Status, Challenges, and Future Needs* von identifizieren die Möglichkeit der BIM-IoT Integration als aufstrebendes Forschungsthema mit großem Zukunftspotenzial für das Facility Management (Liu et al., 2020, S. 1094).

3.3.3 Treiber und Standardisierung

Die Studie *A Systematic Review of the Extent to Which BIM Is Integrated into Operation and Maintenance* identifiziert die Potenziale der nahtlosen Informationsübergabe als einen der Haupttreiber für die weitere Verbreitung von BIM im FM. Das Bewusstsein für die möglichen wirtschaftlichen Vorteile führt zu einem gesteigerten Interesse bei Gebäudebetreibern und bewegt Facility Manager dazu, sich mit der Integration auseinanderzusetzen (Abideen et al., 2022, S. 26). Als weiterer Treiber wird die Schaffung von Standards und Richtlinien genannt. Beispielsweise führte die Bundesregierung Ende 2022 den Einsatz von BIM-Methoden für alle neu zu planenden Bundesbauten verbindlich ein, um dadurch die Verbreitung von BIM in Deutschland weiter voranzutreiben (Geschäftsstelle BIM, im Amt für Bundesbau, Rheinland-Pfalz, 2021, S. 14). Die Einführung erfolgt in drei Stufen und setzt je nach Projektvolumen einen unterschiedlichen Umfang der BIM-Leistungen voraus bis zu der geplanten vollständigen Implementierung im Jahr 2027 für alle Bundesbauvorhaben ab 0,5 Mio Euro (siehe Abbildung 6).

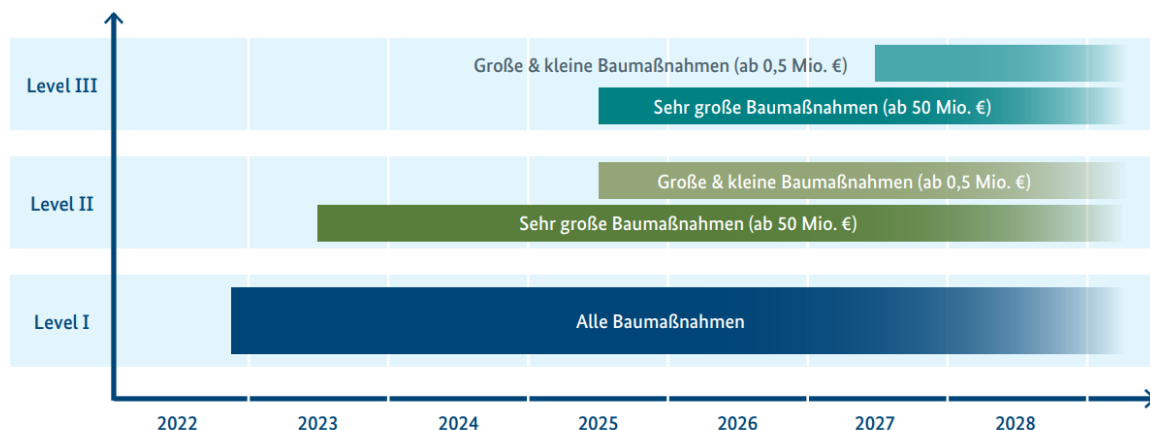


Abbildung 6: Stufenweise Einführung von BIM für Bundesbauten

Quelle: Geschäftsstelle BIM, im Amt für Bundesbau, Rheinland-Pfalz, 2021, S. 14

Die erste Stufe, die seit Ende 2022 bereits verpflichtend für alle Baumaßnahmen des Bundes eingeführt wurde, berücksichtigt den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Der Masterplan der Bundesregierung definiert hierzu neun verschiedene Anwendungsfälle, darunter auch das Inbetriebnahmemanagement. Ziel ist die „Digitale, modellbasierte Unterstützung der Aufgaben des Inbetriebnahmemanagements von der Planungsphase über die Bauausführung bis hin zur Übergabe in den bestimmungsgemäßen Betrieb. Ein Fokus liegt hierbei auf der Technischen Gebäudeausstattung“ (Geschäftsstelle BIM, im Amt für Bundesbau, Rheinland-Pfalz,

2021, S. 17). Zudem wurden verschiedene Richtlinien und Normen veröffentlicht, die eine Standardisierung der BIM-Nutzung im Gebäudebetrieb anstreben. Dazu gehört die internationale Norm DIN EN ISO 19650 *Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerks-informationsmodellierung (BIM)*, die darauf abzielt eine einheitliche Grundlage für das Informationsmanagement über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks zu schaffen. Dazu kommen nationale Richtlinien wie das VDI 2552 Blatt 8 oder die GEFMA Richtlinien 921, die Empfehlungen und Anleitungen für den Einsatz von BIM im Gebäudebetrieb enthalten. Einen weiteren wichtigen Beitrag zu Erschaffung einer einheitlichen Datenumgebung sind standardisierte Schnittstellenformate wie IFC oder COBie, die einen Datenaustausch zwischen den verschiedenen BIM- und CAFM-Softwares ermöglichen (May et al., 2022, S. 151).

3.4 Hemmnisse und Herausforderungen

Trotz der beschriebenen Potenziale und Bestrebungen in Richtung eines BIM-gestützten Gebäudemanagements, stehen einer Verbreitung noch einige Herausforderungen gegenüber. Diese werden in verschiedenen aktuellen Literatur Reviews gesammelt und zusammengefasst. Die Studie *Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management* identifiziert insgesamt 26 konkrete Hindernisse (Durdyev et al., 2022, S. 3). Diese decken sich mit den Ergebnissen des Literatur Reviews *BIM for Facilities Management: An Investigation into the Asset Information Delivery Process and the Associated Challenges*. Hier werden die in der Literatur identifizierten Hemmnisse und Herausforderungen in insgesamt zwölf Kategorien zusammengefasst. Der Studie zufolge gehören zu den meist erwähnten Herausforderungen die begrenzte Interoperabilität bzw. fehlende Integration zwischen BIM- und FM-Systemen sowie die Unklarheit über BIM-Anforderungen für das FM in frühen Projektphasen. Häufig bemängelt werden zudem die fehlende Beteiligung der Endnutzer an der Definition und Validierung der Anforderungen, Auswirkungen auf bisherige Prozesse (erhöhte Komplexität, Umfang, Kosten, Zeitaufwand), die mangelnde Informationsqualität vorhandener BIM-Modelle, der begrenzte Nachweis des Nutzens und der Mangel an Leitlinien und Normen für die BIM-FM Integration (Tsay et al., 2022, S. 7–8). Diese Herausforderungen erkennen auch die Autoren der Studie *Integration of facility management and building information modeling (BIM) - A review of key issues and challenges*.

Die Autoren schlagen eine Kategorisierung in die folgenden Hauptaspekte vor:

- Technische Herausforderungen
- Organisatorische Herausforderungen bei der BIM-Ausführung
- Kostenbezogenen Herausforderungen
- Rechtlich und vertragliche Herausforderungen

3.4.1 Technische Herausforderungen

Eine große technische Herausforderung ergibt sich aus der Interoperabilität von BIM- und CAFM-Software. Durch die steigende Anzahl der zur Verfügung stehenden technischen Anwendungen und verschiedenen CAFM Systemen ergeben sich zahlreiche Schnittstellen, die es zu untersuchen und standardisieren gilt. Die Mechanismen der verschiedenen Systeme zu verstehen und interoperabel zu machen, ist aufwändig und kompliziert (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 242). Innovationen und Wegweiser in Richtung einer standardisierten Datenumgebung helfen dabei, den Informationsaustausch zu erleichtern (Abideen et al., 2022, S. 27). Dazu gehören die DIN EN ISO 19650, die Definitionen des Reifegradmodells, standardisierte Bibliotheken wie die DIN-BIM Cloud und IFC das Standardaustauschformat für BIM-Daten. Bislang legt allerdings keine Leitlinie fest, welche Art von Informationen wann und von wem bereitgestellt werden müssen, um diese Ansätze optimal nutzen zu können (Abideen et al., 2022, S. 27). Hinzu kommt, dass Unternehmen trotz der Bemühungen durch Richtlinien und einheitliche Formate die Integration von BIM und CAFM zu fördern, die Motivation für eine Einführung fehlt. Die Komplexität der Schnittstellen hemmt Unternehmen, sich mit den Integrations- und Anwendungsmöglichkeiten auseinanderzusetzen (Dixit et al., 2019, S. 464). Eine weitere Herausforderung ergibt sich aus dem Datenumfang von BIM-Modellen. Sie enthalten detaillierte geometrische und konstruktive Informationen, die für das Facility Management nicht unbedingt relevant sind. Um eine Überlastung des CAFM-Systems zu vermeiden und nur die benötigten Daten bereitzustellen, ist das Filtern und Extrahieren der relevanten Informationen für das FM notwendig, (May et al., 2022, S. 231).

3.4.2 Organisatorische Herausforderungen

Ein organisatorisches Hindernis, welches die BIM-Ausführung erschwert, ist die späte Einbindung von Facility Managern in den BIM-Prozess. Es fehlt an definierten Verantwortlichkeiten und einem standardisierten BIM-Workflow. Häufig wird das FM-Personal erst bei der Inbetriebnahme mit den BIM-Daten konfrontiert (Dixit et al., 2019, S. 461). Dadurch sind die Anforderungen an das BIM-Modell für den FM-Einsatz unklar und können bei der Entwicklung des Modells nicht berücksichtigt werden. Die BIM-Modelle entsprechen bei der Gebäudeübergabe nicht dem benötigten Informationslevel, um sie im Gebäudebetrieb sinnvoll einsetzen zu können. Um diese Hindernisse überwinden zu können sind Leitlinien für einheitliche Prozesse notwendig, die eine frühe Beteiligung der Facility Manager am BIM-Prozess berücksichtigen. Zudem ist eine Vereinheitlichung der Erfassung der FM-relevanten Daten im BIM-Modell nötig. Bislang fehlen Leitlinien, die den Detaillierungsgrad (LOD), die Nomenklatur, Semantik und den Nummerierungsstil von FM-Daten wie Betriebsanweisungen, Gewährleistungsinformationen oder Herstellerdaten im Modell vorgeben (Dixit et al., 2019, S. 461). Eine Verbreitung wird außerdem durch die geringe Nutzernachfrage gehemmt. Dadurch, dass der Nutzen von BIM-Anwendungen im Gebäudemanagement bislang nur begrenzt nachgewiesen ist, fehlt Nutzern das Bewusstsein für mögliche Vorteile und das Interesse an einer Implementierung (Dixit et al., 2019, S. 463).

3.4.3 Kostenbezogen Herausforderungen

Neben den Investitionen für Softwareprodukte ist der BIM-Einsatz mit Personal- und Fortbildungskosten verbunden. Damit Personal des Gebäudemanagements über die nötigen Kenntnisse im Umgang mit BIM und den Schnittstellen zu CAFM-Software verfügen kann, bedarf es entsprechender Schulungen. Folglich sind Zeit, Kosten und Personalressourcen einzuplanen (Dixit et al., 2019, S. 464). Unternehmen scheuen vor diesen Aufwendungen und Investitionen zurück, da der Return on Investment (ROI) des BIM-Einsatzes bislang nicht konkret nachgewiesen ist. In aktuellen Studien werden zwar allgemeine Vorteile von BIM im FM gesammelt und untersucht, doch es fehlt ein eindeutiger Beweis dafür, dass der BIM-Einsatz zu einer positiven Kapitalrendite führt (Abideen et al., 2022, S. 30). Während der ROI in der Bau- und Planungsphase vergleichsweise einfach zu quantifizieren ist, fällt eine Bewertung für Betriebs- und Instandhaltungsphase schwerer. Der ROI ist über die gesamte Lebenszyklusphase, also einen relativ langen Zeitraum zu betrachten (Abideen et al.,

2022, S. 29–30) und es kommt erst nach längeren Anwendungszeiten zum Kostenausgleich (Gao & Pishdad-Bozorgi, 2019, S. 243). Diese Faktoren erschweren eine konkrete Bestimmung des ROI.

3.4.4 Rechtliche und vertragliche Herausforderungen

Aus rechtlicher Sicht ergeben sich vor allem Herausforderungen aus der Zuweisung von Eigentum und Verantwortlichkeit für bestimmte Datensätze. Dadurch, dass viele Projektbeteiligte in einer gemeinsamen komplexen Datei arbeiten, ist es wichtig Haftungs- und Urheberrechtsfragen sowie die Rechte der Wiederverwendung von Daten festzulegen (Dixit et al., 2019, S. 465). Weitere Herausforderungen entstehen durch die Einhaltung vertraglicher Vorschriften und durch Cybersicherheit. Werden Vertragsdokumente wie Bauteillisten aus dem BIM-Modell generiert oder hinterlegte Dokumente wie Wartungshandbücher und Ersatzteilblätter exportiert, ist die Gültigkeit der Informationen mit der Rechtsabteilung abzustimmen, um Haftungsrisiken oder rechtliche Konsequenzen zu vermeiden (Dixit et al., 2019, S. 465). Zudem sind Cybermaßnahmen wie das Entwickeln von Richtlinien im Umgang mit den BIM-Daten zum Schutz der im Modell vorliegenden sensiblen Daten zu treffen (Dixit et al., 2019, S. 466).

3.5 Künftige Anforderungen

BIM kann durch die Möglichkeit der Datenübernahme aus vorangehenden Lebenszyklusphasen in vielen Bereichen des Gebäudemanagements eingesetzt werden. Aus der Literatur geht hervor, dass Potenziale von bestimmten Anwendungen wie im Wartungs- und Instandhaltungsmanagement oder im Energiemanagement durch die Integration von IoT-Daten besonders hoch eingeschätzt werden. Es werden außerdem die Vorteile der Visualisierungsmöglichkeiten hervorgehoben, die eine Analyse komplexer Zusammenhänge oder auch die Lokalisierung von Gebäudeanlagen vereinfachen. Trotz der erkannten Vorteile gibt es bislang wenige Berichte über Best Practice Beispiele und es fehlt der konkrete Nachweis des ROI, wodurch die Verbreitung in der Praxis gehemmt wird. Weiterhin ist für eine erfolgreiche Umsetzung der BIM-FM-Integration ein strukturierter Prozess notwendig, der die Verantwortlichkeiten und Aktivitäten der Projektbeteiligten in den verschiedenen Lebenszyklusphasen festlegt. Damit die Anforderungen an das Modell für die Nutzung in der Betriebs- und Instandhaltungsphase rechtzeitig definiert werden können, ist dabei eine frühe Einbindung von Facility Managern zu berücksichtigen. Zwar wurden in den letzten Jahren Standards durch Normen und Richtlinien geschaffen, um durch

diesen Prozess zu leiten, doch gibt es bislang nur wenige Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung (Tsay et al., 2022, S. 8). Vereinzelt Studien beschäftigen sich mit der Entwicklung von Workflows, BIM-Prozessen und Anforderungsrahmen für eine erfolgreiche Übergabe von BIM-Modellen aus der Ausführungsphase in die Betriebsphase. Damit Theorie und Praxis in Einklang gebracht und Richtlinien weiterentwickelt werden können, sind mehr Erfahrungen und Beispiele aus der Praxis nötig.

4 Fallstudie

Um die in der Literatur identifizierten Potenziale und Herausforderungen von BIM im FM näher untersuchen und praxisnahe Erkenntnisse gewinnen zu können, wird im Folgenden eine Fallstudie durchgeführt. Die Studie verfolgt den Lösungsansatz Daten aus einem BIM-Modell zu exportieren und gefiltert in einem interaktiven Power BI Dashboard darzustellen. Power BI ermöglicht es BIM-Daten sowie andere relevante Datenquellen miteinander zu verknüpfen, komplexe Daten an einem zentralen Ort zu konsolidieren und in aussagekräftige Informationen zu überführen. Im Rahmen der Studie wird ein Prototyp Dashboard erstellt, das dazu dienen soll, das Facility Management schnell mit den je nach Anwendungsfall benötigten Informationen zu versorgen und das FM auf diese Weise effizienter zu gestalten.

Als Fallbeispiel der Studie dient das Hauptgebäude der Jade Hochschule am Standort Oldenburg. In dessen Kontext werden konkrete FM-Prozesse für die Durchführung der Studie definiert. Die gewählten Anwendungsfälle werden dann mithilfe eines bestehenden BIM-Modells des Hochschulgebäudes in einem Prototyp Dashboard umgesetzt.

Die Studie soll Aufschluss darüber geben, ob und inwiefern die Verwendung von BIM-Daten zu einer Optimierung der gewählten Prozesse führen kann. Zudem soll die Eignung des gewählten Lösungsansatzes der BIM-Power BI-Integration für die Praxis bewertet werden.

4.1 Gebäudebeschreibung

Das Hauptgebäude der Jade Hochschule in Oldenburg besteht aus drei Gebäudeteilen: Dem Altbau, errichtet im Jahr 1864, sowie den nachträglich angebauten 1. und 2. Bauabschnitten (siehe Abbildung 7). Der Altbau hat insgesamt vier Etagen (Erdgeschoss + drei Obergeschosse) und ist teilweise unterkellert. Hier befinden sich vom Erdgeschoss bis zum 2. Obergeschoss hauptsächlich Büro- und Besprechungsräume für die Hochschulverwaltung und einzelne Arbeitsgruppenräume. Der Lichthof des Gebäudes ist im Erdgeschoss begehbare und überdacht und wird vor allem für Veranstaltungen der Hochschule genutzt. Im Dachgeschoss befinden sich zwei Großbüros, die von Studierenden als Arbeitsplatz genutzt werden können, sowie Lager- und Archivräume. Die Bauabschnitte 1 und 2 haben ebenfalls vier Etagen (Keller + Erdgeschoss + zwei Obergeschosse). Die Räumlichkeiten vom Erdgeschoss bis zum 2. Obergeschoss

werden hauptsächlich als Vorlesungsräume und Gruppenarbeitsräume genutzt. Zusätzlich gibt es hier einige Büros und Labore. Im Keller befinden sich die Räume der Hautechnik sowie einzelne Werkstatt- und Laborräume. Der 1. Bauabschnitt verfügt zudem über einen Vermessungsturm, der über den Treppenraum erreicht werden kann.



Abbildung 7: Gebäudeteile Hauptgebäude Jade Hochschule

Quelle: Kroll, 2017, S. 6

Das Hauptgebäude bildet mit einer Grundfläche von insgesamt ca. 3200 m² neben einigen Nebengebäuden das Zentrum des Campus der Jade Hochschule in Oldenburg für die 2200 Studierenden. Durch die verschiedenen Raumnutzungen sowie die Größe und Komplexität stellt das Hochschulgebäude ein repräsentatives Beispiel für Bauten aus dem Bildungssektor dar und bietet eine gute Grundlage für die Durchführung der Fallstudie. Die Studie fokussiert sich auf das Erdgeschoss und die beiden Obergeschosse, da sich hier die täglich genutzten Räumlichkeiten wie Büros und Vorlesungsräume befinden, die den hauptsächlichen Wirkbereich des Gebäudemanagements darstellen. Das Gebäudemanagement wird seit dem Jahr 2011 von einem gemeinsamen Team aus Mitarbeiter*innen der Jade Hochschule und der Universität Oldenburg übernommen. Das sogenannte Dezernat 4: Gebäudemanagement ist für alle Standorte der beiden Hochschulen zuständig.

4.2 Verwendete Software

Für die Durchführung der Fallstudie werden verschiedene Softwares verwendet. Grundlage ist ein bestehendes BIM-Modell, das im Revit-eigenen Format RVT vorliegt. Die weiteren Bearbeitungen im Rahmen der Studie zur Ergänzung und Aufbereitung des Modells werden ebenfalls in Revit (Version: Revit 2023) vorgenommen. Mithilfe eines Plugins mit dem Namen Tracer werden die Daten aus dem Revit-Modell als SQLite Datenbank exportiert, die dann in Power BI abgerufen werden kann (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Schema der verwendeten Software

Quelle: eigene Darstellung

4.2.1 Revit

Revit ist eine parametrische 3D-Modellierungssoftware, die von Autodesk für das Building Information Modeling (BIM) entwickelt wurde. Revit ermöglicht das Anheften von spezifischen Informationen und Eigenschaften an Bauteile. Alle Informationen zu einem Bauteil bzw. Element sind hierarchisch strukturiert (siehe Abbildung 9):

- **Kategorie (engl.: Category)**

Auf oberster Hierarchieebene wird die Art des Bauteils bzw. die Kategorie eines Elements festgelegt. Im Falle des untenstehenden Beispiels handelt es sich um die Kategorie Stütze.

- **Familie (engl.: Family)**

Auf der nächsten Ebene werden Eigenschaften bzw. Parameter einer Bauteilgruppe der sogenannten Familien definiert. Die hier festgelegten Parameter, gelten für alle Elemente, die der Familie zugeordnet sind, wie im Beispiel die geometrische Form der Stütze.

- **Familientyp (engl.: Family Type)**

Innerhalb der Familien wiederum können Untergruppen, die sogenannten Familientypen erstellt werden. Im Beispiel wird als Typeneigenschaft der Durchmesser der Stütze definiert.

- **Exemplar (engl.: Instance)**

Auf unterster Ebene stehen die Exemplare, die einzelnen Modellelemente. Auf dieser Ebene können für jedes Bauteil individuelle Parameter definiert werden. Jedes Exemplar verfügt innerhalb der Datenstruktur über eine individuelle Element-ID.

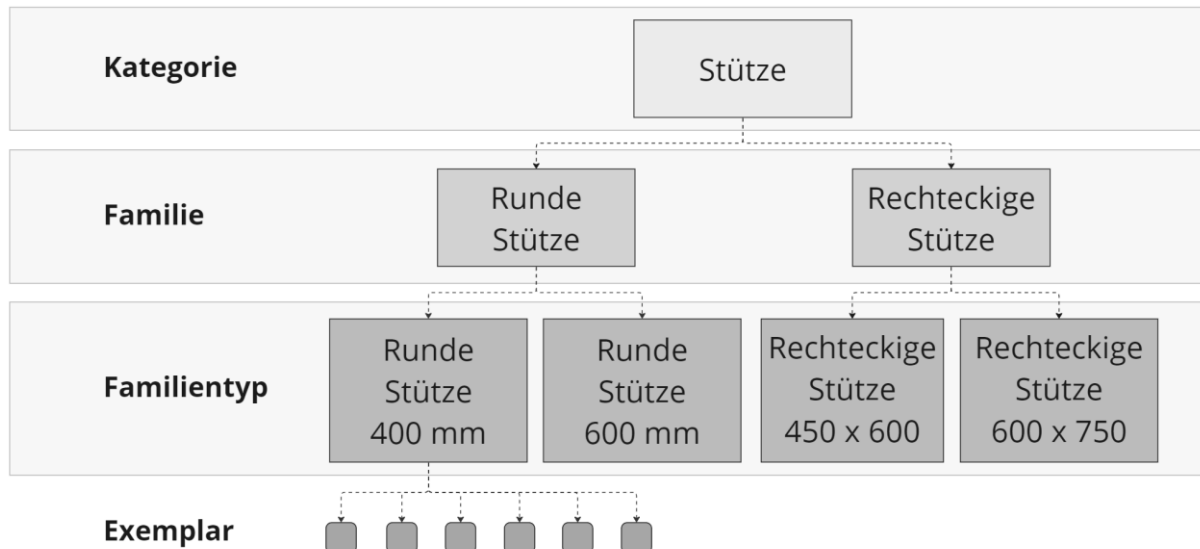


Abbildung 9: Datenhierarchie Revit Element

Quelle: In Anlehnung an Autodesk, 2018

4.2.2 Power BI

Power BI ist eine Business Intelligence Software von Microsoft. Der Begriff Business Intelligence (BI) ist als Sammelbegriff für IT-basierte Methoden und Prozesse zu verstehen, deren Ziel die Aufbereitung und Analyse von Rohdaten verschiedener Quellen ist. (Lackes, 2018). Mithilfe von BI-Softwareanwendungen wie Power BI lassen sich die aufbereiteten Daten sinnvoll miteinander verknüpfen und anschließend mit den angebotenen Datenvisuals wie verschiedenen Diagrammtypen, Infografiken und Tabellen abbilden (Schön, 2016, S. 229–230). Auf diese Weise entsteht eine übersichtliche interaktive Oberfläche (Dashboard), durch die der Endnutzer intuitiv navigieren kann. Mithilfe von Filter- und Sortierfunktionen wird dieser auf schnellem Wege mit den gewünschten Informationen versorgt (Schön, 2016, S. 229). BI-Systeme zeichnen sich zudem durch eine hohe Flexibilität aus. Die Daten, die dem Dashboard zugrunde liegen können jederzeit aktualisiert, umstrukturiert und ergänzt werden (Schön, 2016, S. 231).

In Power BI wird in drei Ansichten gearbeitet. Die Berichtsansicht zeigt das Layout des Dashboards. Hier werden die Datenabfrage erstellt und die passenden

Visualisierungsmöglichkeiten wie Diagramme, Tabellen und Informationsfelder sogenannte Visuals ausgewählt, angeordnet und untereinander verknüpft. Außerdem können dem Dashboard zusätzliche Seiten hinzugefügt werden. Diese werden als Berichtsseiten bezeichnet. In der Datenansicht werden die Datenquellen in Tabellenform angezeigt. Sie ermöglicht das Hinzufügen von Berechnungen und weiterer Spalten. In der Modellansicht wird das Datenmodell grafisch dargestellt und es werden die Beziehungen zwischen den einzelnen Datenquellen verwaltet. Darüber hinaus verfügt Power BI über eine Anbindung an Power Query, ein Programm zur Strukturierung und Transformation von Daten.

4.2.3 Tracer

Um die Revit Daten in Power BI verwenden zu können, müssen diese zunächst als Datenbank aus Revit exportiert werden. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine Möglichkeit bietet das Tracer Plugin, das von der Firma Proving Ground herausgegeben wird. Das Plugin wird in zwei verschiedenen Versionen angeboten, als *Tracer for Revit* und als *Tracer for IFC*. Das IFC-Plugin unterstützt den Export von IFC-BIM-Daten unabhängig davon, mit welcher BIM-Software diese erstellt wurden. Da das BIM-Modell des Hochschulgebäudes im RVT-Format vorliegt und weiterhin in Revit bearbeitet wird, wird für die Durchführung der Fallstudie das Plugin für Revit genutzt. Dieses enthält ein Add-In für Revit, mit dem die Geometrie- und Parameterdaten direkt aus Revit in eine Datenbank exportiert werden können. Für die Datenvisualisierung in Power BI bietet das Tracer Plugin zwei eigene Visuals, jeweils für die Erstellung interaktiver 2D- und 3D-Ansichten innerhalb eines Dashboard Reports.

4.3 Methodik

Die Durchführung der Fallstudie geschieht in drei Schritten:

1. Schritt: Definition der Anwendungsfälle und Prozessanalyse
2. Schritt: Erstellung des Prototyp Dashboards
3. Schritt: Expertenbefragung

Im ersten Schritt der Studie werden in Rücksprache mit dem Dezernat 4 konkrete Anwendungsfälle aus unterschiedlichen FM-Bereichen definiert, die im Kontext des Hochschulgebäudes untersucht werden sollen. Für die Analyse der herkömmlichen Prozesse werden diese gemäß der standardisierten Business Process Modeling Notation (BPMN) modelliert. BPMN ist eine der verbreitetsten Modellierungsmethoden zur grafischen Prozessdarstellung (May, 2018, S. 95). Aktivitäten eines Prozesses

werden innerhalb eines sogenannten Pools in einer zeitlich logischen Reihenfolge abgebildet. Die Bahnen eines Pools stellen die organisatorischen Zuständigkeiten dar. Sequenzflüsse verbinden Ereignisse, Aktivitäten und Gateways innerhalb einer Bahn logisch miteinander. Ändert sich die Zuständigkeit innerhalb eines Prozesses so wird dies durch einen Nachrichtenfluss dargestellt. Für die Diagrammerstellung werden standardisierte grafische Elemente verwendet (siehe Abbildung 10).

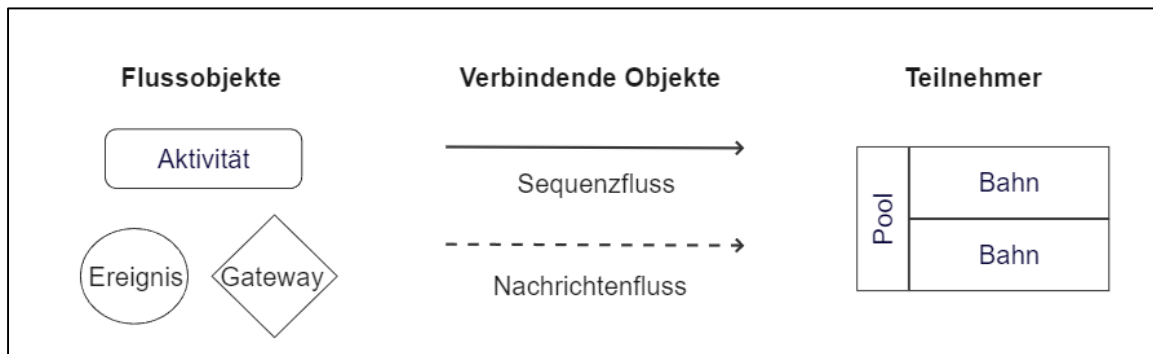


Abbildung 10: Grafische Elemente BPMN

Quelle: Eigene Darstellung

Anhand der erstellten Diagramme sollen Schwachstellen der Prozesse identifiziert werden, die das Potenzial besitzen, sich durch den gewählten Lösungsansatz mit BIM und Power BI optimieren zu lassen.

Im zweiten Schritt der Fallstudie wird ein Prototyp Dashboard in Power BI erstellt, in dem die ausgewählten Anwendungsfälle umgesetzt und visualisiert werden. Für jeden Anwendungsfall wird innerhalb des Dashboards eine eigene Berichtsseite erstellt. Die Anforderungen an die einzelnen Berichtsseiten werden aus den zuvor identifizierten Schwachstellen der Prozesse abgeleitet. Die benötigten Daten aus dem BIM-Modell und weiteren Datenquellen werden in Power BI zusammengeführt und visualisiert.

Im letzten Schritt der Fallstudie wird das Prototyp Dashboard einer Gruppe von Experten vorgestellt. Diese bewerten das Dashboard hinsichtlich des Potenzials der Prozessoptimierung sowie dessen Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit. Die Gruppe der Befragten besteht aus drei Mitgliedern des Dezernats 4, die in unterschiedlichen Bereichen des Gebäudemanagements tätig sind. Die Expertenbefragung wird in Form einer Online Umfrage durchgeführt um eine zeit- und ortsunabhängige Möglichkeit der Befragung zu schaffen. Den Experten wird ein Zugang zum Dashboard zur Verfügung gestellt sowie kurze Erläuterungsvideos zu der Funktionsweise und den zugrundeliegenden Anwendungsfällen der Berichtsseiten. Die Umfrage beinhaltet zwei

verschiedene Fragetypen. Zum einen werden Matrixfragen mit einer sechsstufigen Bewertungsskala verwendet. Dabei werden der 1 und der 6 jeweils ein Attribut zugeordnet, um so den Rahmen der Skala festzulegen (siehe Abbildung 11).

*Bitte einordnen

	1 intuitiv	2	3	4	5	6 kompliziert
Die Bedienung der Werkzeuge und Visualisierungen ist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 11: Beispiel Matrixfrage

Quelle: Nutzeroberfläche Lime Survey

Um zu der Auswertung der Matrixfragen auch qualitative Daten sammeln zu können, werden zu jeder Fragegruppe Freitextfelder hinzugefügt. Diese bieten Raum für Auswahlbegründungen, Feedback und Anmerkungen und ermöglichen so eine tiefgehende Interpretation der Umfrageergebnisse.

4.4 Definition Anwendungsfälle und Prozessanalyse

Um innerhalb der Fallstudie ein möglichst breites Feld an Einsatzmöglichkeiten von BIM im FM und ihrer Potenziale untersuchen zu können, werden Anwendungsfälle aus verschiedenen Bereichen des FM gewählt. Untersucht werden Prozesse aus dem Flächen-, Reinigungs-, Störungs-, Wartungsmanagements sowie das Zukunftspotenzial eines Einsatzes im Bereich der Nutzerbehaglichkeit und des Energiemanagements in Kombination mit der Nutzung von Sensoren.

4.4.1 Flächenmanagement - Raumbelegung

Die strategische Planung, Organisation und Verwaltung der Räumlichkeiten ist eine wichtige Aufgabe des Facility Managements. Ein maßgeblicher Teil des Flächenmanagements des Hochschulgebäudes umfasst die Überwachung der Auslastung und Raumbelegung der Seminarräume. Die Vorlesungsräume, Gruppenarbeitsräume und Labore des Hochschulgebäudes sind den ansässigen Fachbereichen zugeordnet und werden durch diese verwaltet. Eine Herausforderung dabei ist die Ressourcenplanung im Zuge der Erstellung der Vorlesungspläne sowie die Verwaltung der Räumlichkeiten für Sonderveranstaltungen. Für die Erstellung der Vorlesungspläne wird die Planungssoftware S-Plus verwendet. Dieses erstellt auf Grundlage hinterlegter Raumausstattung und den Anforderungen für die unterschiedlichen Lehrveranstaltungen die Vorlesungs- und Raumplanung. Die generierten Semester- und Raumpläne werden den Studierenden und Mitarbeitenden

dann auf der Internetseite der Hochschule zur Verfügung gestellt siehe Abbildung 12). Wird ein Raum für außerplanmäßige Lehrveranstaltungen benötigt, kann dessen Verfügbarkeit über die Ansicht einzelner Raumpläne in der gewählten Kalenderwoche geprüft und beim Dekanat gebucht werden.

Abbildung 12: Abfrage Semesterpläne

Quelle: Jade Hochschule, 2023b

Um den Vorgang der Buchungsanfrage zu vereinfachen, wurde ein Buchungssystem der sogenannte Ressource Booker eingeführt, der ebenfalls auf der Internetseite zur Verfügung gestellt wird. Hier können Räumlichkeiten für einen gewählten Tag nach ihrer Größe, Ausstattung, Barrierefreiheit und dem Rauml原因 gefiltert und anschließend gebucht werden. Bislang werden hier allerdings nicht alle Räume erfasst. Die Entscheidung darüber, welche Räume im System zur Verfügung stehen, unterliegt dem jeweiligen Fachbereich. Für das Hauptgebäude am Standort Oldenburg sind bislang keine Räume für die Buchung erfasst. Die Belegung kann hier alleine vom Dekanat über das S-Plus-System überprüft werden. Lehrende und Studierende sind darauf angewiesen, einzelne Raumpläne zu sichten und eine Buchung beim Dekanat anzufragen (siehe Abbildung 13).

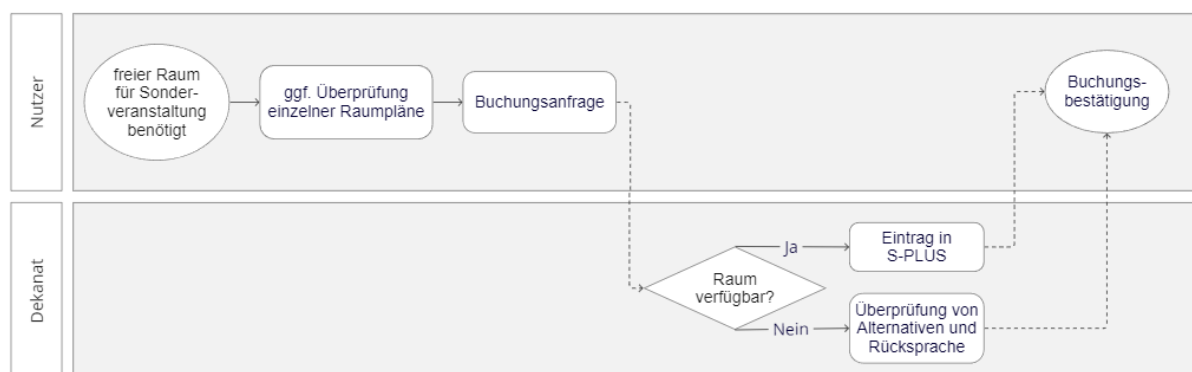


Abbildung 13: Prozessdiagramm Überprüfung Raumbuchung

Quelle: Eigene Darstellung

Um kurzfristige und schnelle Abfragen der Raumverfügbarkeit zu ermöglichen, auf die jeder Angehörige der Jade Hochschule Zugriff hat, könnten die Belegungszeiten mit dem BIM-Modell in dem Dashboard verknüpft werden. Durch die Ansichten aus dem BIM-Modell und den Möglichkeiten der Datenfilterung in Power BI könnten verfügbare Räume schnell identifiziert und die Flächen effizienter genutzt werden.

4.4.2 Reinigungsmanagement - Ausschreibung der Fußbodenreinigung

Die Verträge für die verschiedenen Reinigungsleistungen im Hochschulgebäude sind auf bis zu sechs Jahre befristet und müssen nach ihrem Ablauf neu ausgeschrieben werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Ausschreibung Fußbodenreinigung. Die Ausschreibung erfolgt nach dem in Abbildung 14 abgebildeten Prozess. Steht das Ende eines laufenden Reinigungsvertrages an, wird durch das Dezernat 4 die Neuausschreibung initiiert und beim Staatlichen Baumanagement angemeldet. Das Staatliche Baumanagement Niedersachsen plant und realisiert die Baumaßnahmen des Landes und des Bundes in Niedersachsen und ist für den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken zuständig (Land Niedersachsen, vertreten durch das Niedersächsische Landesamt für Bau und Liegenschaften, o.D.). Zu den Aufgaben gehört auch die Ausschreibung von Reinigungsleistungen in staatlichen Einrichtungen. Die Anforderungen und Mengen für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses werden durch das Staatliche Baumanagement erfasst. Nach einer Überprüfung beider Seiten und eventuell notwendiger Korrekturen werden die Ausschreibungsunterlagen veröffentlicht.

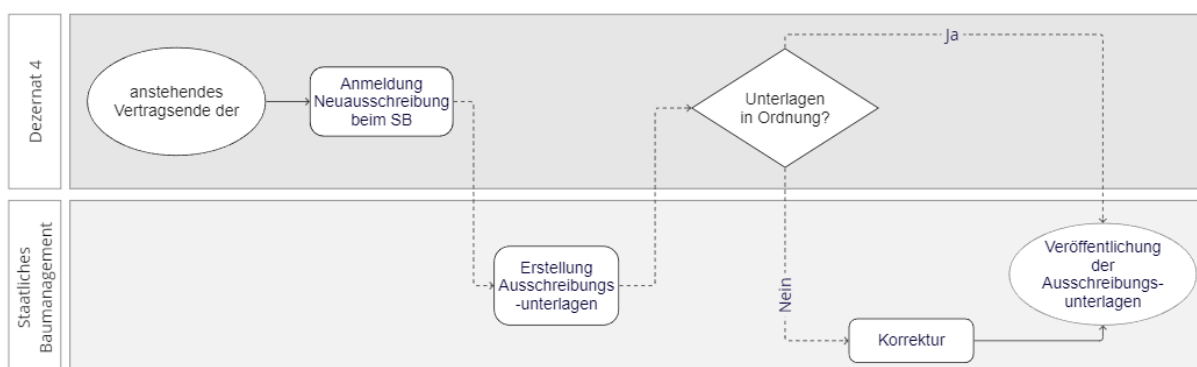


Abbildung 14: Prozessdiagramm Ausschreibung Fußbodenreinigung

Quelle: Eigene Darstellung

Die Mengen, wie in diesem Fall die Bodenflächen, werden einer händisch erstellten Kalkulationstabelle entnommen. Eine automatische und übersichtliche Auswertung der Mengen aus dem BIM-Modell in einem Dashboard könnte die Vorbereitung der

Ausschreibungsunterlagen effizienter gestalten. Ändern sich Mengen zum Beispiel durch den Austausch von Bodenbelägen könnte eine entsprechende Korrektur im Modell vorgenommen werden. Da das Dashboard die Daten aus dem Modell übernimmt, würden hier immer die aktuellen Mengen wiedergegeben und abgebildet werden. Weiterhin könnte eine einfache graphische Analyse der Bodenbeläge die Organisation der Reinigungsfirma unterstützen. Dadurch, dass auf einen Blick erkennbar ist, welche Bodenbeläge in welchen Bereich hauptsächlich vorhanden sind. Zum Beispiel, dass der größte Teil des Fliesenbelags sich im Erdgeschoss befindet oder, dass die Büros im Altbau-Abschnitt größtenteils mit Teppichboden ausgestattet sind.

4.4.3 Störungsmanagement – Erfassung von Störungsmeldungen

Das Störungsmanagement stellt eine zentrale Aufgabe des Facility Managements dar und gehört zum Tagesgeschäft. Es umfasst die Verwaltung und Koordination von Maßnahmen zur Beseitigung von Störungen, um sicherzustellen, dass ein Gebäude ordnungsgemäß funktioniert und den Bedürfnissen der Nutzer gerecht wird. Im Rahmen der Fallstudie wird der Prozess der Erfassung und Verwaltung von Störungsmeldungen analysiert (siehe Abbildung 15).

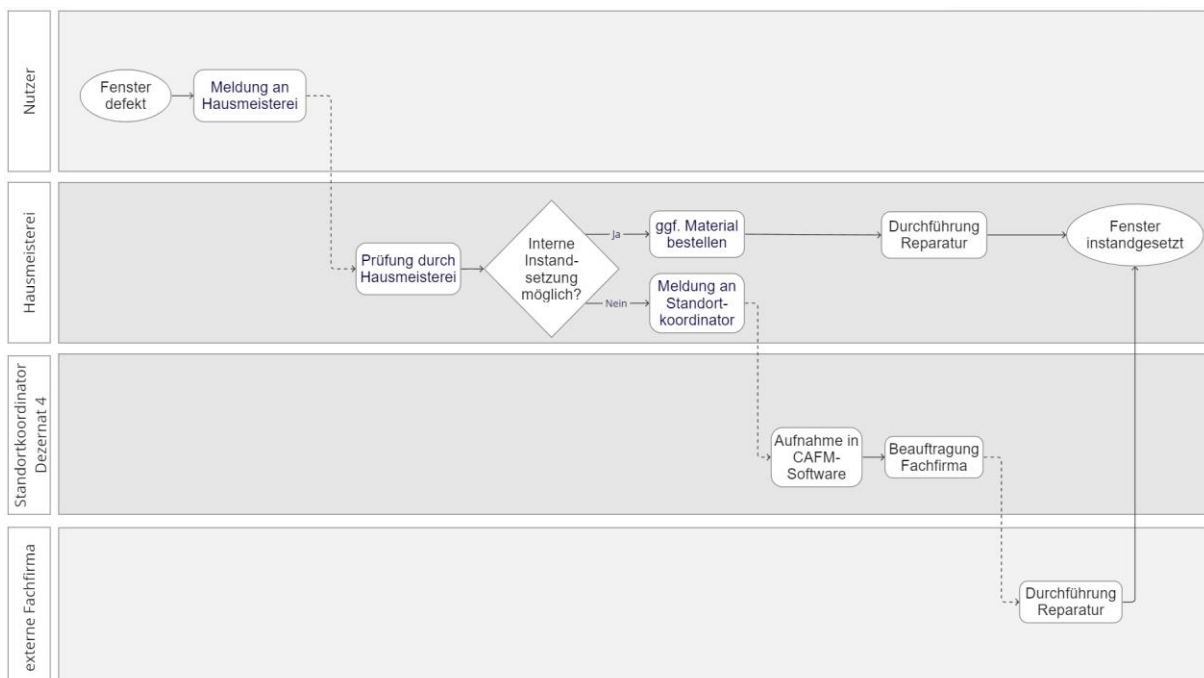


Abbildung 15: Prozessdiagramm - Erfassung von Störungsmeldungen

Quelle: Eigene Darstellung

Die Nutzer des Gebäudes haben die Möglichkeit Störungen, wie im obigen Beispiel ein defektes Fenster, über ein Online Formular auf der Internetseite der Jade

Hochschule der Hausmeisterei zu melden. In dem Formular sind Angaben zu der Art des Mangels und dem betreffenden Raum zu tätigen sowie eine Mängelbeschreibung im vorgesehenen Nachrichtenfeld (siehe Abbildung 16).

Mitteilung

Bitte entsprechenden Punkt auswählen

- ☐ Mängel (defekte Beleuchtung, Reinigung ...)
- ☐ Hausmeister (sonstige Mitteilung)
- ☐ Auftrag (Elektroinstallation, Beamermontage o. ä.)

Ihr Name

Absender E-Mail

Betr.: (Raum/Ort)

Ihre Nachricht

Abbildung 16: Formular Schadensmitteilung

Quelle: (Jade Hochschule, 2023a)

Die Mitteilung wird an ein geteiltes Postfach gesendet, auf das die Mitglieder des Dezernats 4 an dem betreffenden Standort zugreifen. Der Mangel wird dann durch einen Hausmeister geprüft. Dieser stellt fest, ob der Mangel intern behoben werden kann oder ob eine externe Firma mit der Reparatur beauftragt werden muss. Ist letzteres der Fall, leitet der Hausmeister den Bedarf an den Standortkoordinator weiter. Schäden, für dessen Reparatur eine Fachfirma beauftragt werden muss, wie der Austausch eines Fensters, werden in Planon essentialsFM, einer CAFM-Software, erfasst. Hier werden Informationen, wie der aktuelle Status der Störung, Begehungs- und Reparaturtermine oder die entsprechende Kostenstelle in einer Datenbank erfasst. Anschließend erfolgt die Beauftragung einer Fachfirma durch den Standortkoordinator.

Kleinere Mängel, die intern behoben werden können, wie ein defektes Leuchtmittel, werden bislang nicht gesammelt. Würden auch kleine Mängel erfasst und anschließend anschaulich in einem zentralen Dashboard darzustellen, könnte dies die Übersichtlichkeit der aktuellen Störungen verbessern. Zudem könnte ein Dashboard die Koordination und Austausch bei der Abstellung der Störungen beitragen, da Informationen wie der aktuelle Bearbeitungsstatus oder die Lokalisierung der Störung so dargestellt werden können, dass sie auf einen Blick erkennbar sind. Mithilfe dieser Funktionen könnte die Integration von BIM und Power BI dazu beitragen das Störungsmanagement effizienter zu gestalten.

4.4.4 Wartungsmanagement - Wartung der Feuerlöscher

Jedes Gebäude verfügt über Ausstattung, Anlagen und Geräte, die nach Vorschriften wie der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) oder der DGUV Vorschrift 3 *Elektrische Anlagen und Betriebsmittel* in regelmäßigen Abständen überprüft werden müssen. Dazu gehören unter anderem elektrische Betriebsmittel wie Computer, Drucker und Beamer, Gebäudetechnik wie Aufzug-, Heizungs- und Lüftungsanlagen und das Brandschutzsystem. Die Planung, Überwachung und Koordination der Durchführung von Inspektionen und Wartungsarbeiten werden unter dem Begriff Wartungsmanagement zusammengefasst. Das Wartungsmanagement technischer Anlagen und des Brandschutzsystems der Jade Hochschule ist Aufgabe des Dezernats 4. Die Untersuchung des BIM-Potenzials im Bereich des Wartungsmanagements wird am Beispiel der Koordination der Feuerlöschervartung (siehe Abbildung 17) durchgeführt.

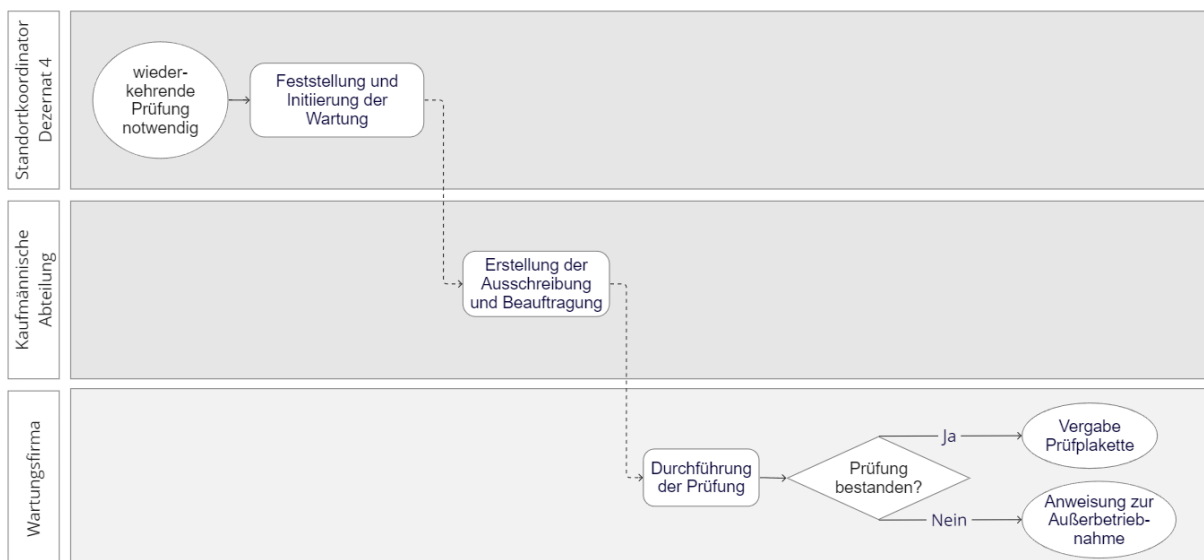


Abbildung 17: Prozessdiagramm - Wartung der Feuerlöscher

Quelle: Eigene Darstellung

Die Prüfung der Feuerlöscher hat nach DIN 14406 Teil 4 *Tragbare Feuerlöscher: Instandhaltung* alle zwei Jahre durch eine sachkundige Person zu erfolgen (DIN Deutsches Institut für Normung e.V, 2009, S. 8). Der § 16 BetrSichV schreibt zudem eine innere Prüfung der Feuerlöscher in einem Abstand von höchstens fünf Jahren und eine Festigkeitsprüfung alle zehn Jahre vor (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2015, S. 13). Für die Schaumfeuerlöscher im Hochschulgebäude beschreibt der Hersteller Jockel in der Instandhaltungsanleitung eine maximale Einsatzdauer von 20 Jahren (Feuerschutz Jockel GmbH & Co. KG, 2023). Läuft die Gültigkeit der

Prüfplakette der Feuerlöscher ab, so wird durch den Standortkoordinator des Dezernats 4 die notwendige Prüfung initiiert. Da für die Wartung der Feuerlöscher keine Wartungsverträge bestehen, erfolgt diese über einen Einzelauftrag. Der Standortkoordinator leitet den Bedarf ca. drei Monate vor der anstehenden Prüfung an die kaufmännische Abteilung weiter. Diese erstellt die Ausschreibung und vergibt den Auftrag an eine Fachfirma, welche dann bei der Prüfung feststellt, ob der Feuerlöscher eine neue Prüfplakette erhält oder Mängel aufweist und instandgesetzt oder sogar außer Betrieb genommen werden muss.

Bislang gibt es kein System, das die Mitarbeiter des Dezernats 4 über zeitnah erforderliche Prüfungen hinweist. Sie sind bei der Einhaltung der Wartungszyklen auf die eigene Dokumentation angewiesen. Geplant ist allerdings im Wartungsmanagement künftig ebenfalls Planon essentialsFM einzusetzen und die wartungspflichtigen Anlagen in dem Programm zu erfassen. Durch eine Anbindung an das Dashboard, das den schnellen Zugriff auf die Geltungsdauer der aktuellen Prüfplakette der Feuerlöscher und anderer wartungspflichtiger Anlagen erlaubt, könnte eine verbesserte Übersichtlichkeit geschaffen und die Planung und Koordination von Prüfungsterminen effizienter gestaltet werden. Zudem wird das Risiko von Versäumnissen verringert. Das Dashboard könnte außerdem wichtige Informationen zu den einzelnen Objekten wie das Herstellungsjahr vor dem Hintergrund der maximalen Einsatzdauer genauso wie dessen Positionen im Gebäude auf einen Blick sichtbar machen.

4.4.5 Nutzerbehaglichkeit – Raumtemperatur

Der BIM-Einsatz stellt nicht nur ein Potenzial für die Optimierung bestehender Prozesse dar, sondern eröffnet zudem neue Möglichkeiten für das FM. Aus dem Literatur Review geht hervor, dass es sich bei der Verknüpfung von BIM-Modellen und IoT-Daten um ein aufstrebendes Forschungsthema handelt und das Potenzial für den Einsatz im FM vor allem im Bereich des Energiemanagements hoch eingeschätzt wird (siehe Kapitel 3.3.2). Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen der Fallstudie eine Verknüpfung des BIM-Modells mit Sensordaten in Power BI untersucht werden. Mithilfe des Einsatzes von Sensoren, die Daten zur Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit oder dem CO₂-Gehalt sammeln, kann das FM das Raumklima kontinuierlich überwachen und steuern. Voraussetzung dafür ist eine übersichtliche Darstellung der Sensordaten und eine Möglichkeit der schnellen Auswertung, die durch Integration von Gebäudeansichten in Power BI erreicht werden kann. Bislang ist das Hauptgebäude

nicht mit Sensoren ausgestattet, deren Daten zentral gesammelt und überwacht werden. Einzelne Räume verfügen über digitale Anzeigen, die die Raumtemperatur und den CO₂-Gehalt anzeigen und damit das Lüftungsverhalten der Nutzer beeinflussen sollen. Die Daten werden allerdings nicht gespeichert oder zentral verwaltet, sondern geben alleine den aktuellen Zustand wieder. Durch eine zentrale Überwachung des Raumklimas durch das FM könnte beispielsweise der Einsatz von Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungssystemen dem Bedarf angepasst und energieeffizienter eingesetzt werden. Zudem können aus der Analyse der Sensordaten weitere Maßnahmen im Zuge der Nutzerbehaglichkeit abgeleitet werden, z. B. bei überhöhten Raumtemperaturen. Nach den Technischen Regeln für Arbeitsstätten vom Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) sollte die Raumtemperatur einen Wert von 26°C nicht überschreiten (ASTA, 2010, S. 4). Für den Fall, dass es doch zu einer Überschreitung kommt, werden verschiedene Maßnahmen wie die effektive Steuerung des Sonnenschutzes oder gezieltes Lüften vorgeschlagen. Liegen die Raumtemperaturen über einen längeren Zeitraum nicht im komfortablen Bereich zwischen 20°C und 26°C so könnten auch umfangreichere Maßnahmen wie eine Überprüfung oder Aufrüstung von Klimatisierungsgeräten abgeleitet werden. Auf diese Weise könnte das Dashboard als Entscheidungshilfe dienen und die Nutzbehaglichkeit sicherstellen.

4.4.6 Energiemanagement - Nutzerverhalten Lüften

Der Einsatz des BIM-Modells ermöglicht nicht nur die Verknüpfung von Sensordaten und Räumen, sondern auch eine Verknüpfung von Sensoren mit einzelnen Bauteilen, was noch komplexere und detailliertere Analysen erlaubt. Ein Anwendungsbeispiel dafür ist das Analysieren des Lüftungsverhaltens der Gebäudenutzer mithilfe von Reedkontakten an den Fenstern. Diese registrieren den Zustand eines Fensters (geöffnet, geschlossen) und können dadurch Informationen über Lüftungszeiträume übermitteln. Durch die Analyse der Daten können Zusammenhänge wie z.B. zwischen Energieverbräuchen von Heizkörpern oder auch dem Raumklima und dem Nutzverhalten hergestellt und so eventuelle Defizite erkannt werden. Das FM könnte dann mit Maßnahmen wie z.B. einer Sensibilisierung der Nutzer reagieren. Eine weitere Möglichkeit ist, sich den aktuellen Zustand der Fenster anzeigen lassen zu können. Auf diese Weise könnte nach Feierabend festgestellt werden, ob und welche Fenster noch offenstehen.

4.5 Erstellung des Prototyp Dashboards

Auf Grundlage der definierten Anwendungsfälle wird ein Prototyp Dashboard erstellt, das die identifizierten Schwachstellen ausbessern und so zu einer Prozessoptimierung führen soll. Dafür werden in Power BI die benötigten Daten miteinander verknüpft, aufbereitet und visualisiert. Da aus Datenschutzgründen der Zugriff auf einige Datenbanken nicht freigegeben werden kann, werden diese durch Excel-Dateien simuliert.

4.5.1 Datenanbindung des BIM-Modells

Für die Anbindung der Daten aus dem BIM-Modell werden diese zunächst aus der Revit Datei exportiert. Dies geschieht über das Add-In, dass nach der Installation des Tracer Plugins automatisch in der Multifunktionsleiste von Revit erscheint. In den Exportoptionen werden Filter für den Datenexport gesetzt. Es wird unter anderem festgelegt, ob 2D- oder 3D-Geometrien exportiert werden sollen und welche Revit Kategorien. Für die 3D-Geometrien kann in den erweiterten Einstellungen der Detaillierungs- und Komprimierungsgrad gewählt werden. Zudem gibt es die Option, nur die Elemente der aktiven Ansicht zu exportieren, falls z.B. nur ein bestimmtes Geschoss exportiert werden soll.

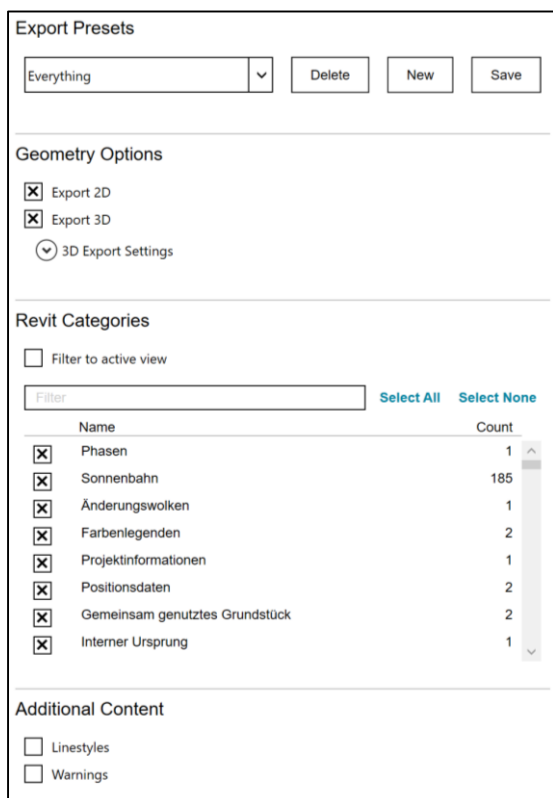


Abbildung 19: Tracer Exportoptionen

Quelle: Tracer Nutzeroberfläche



Abbildung 18: Geometrieoptionen

Quelle: Tracer Nutzeroberfläche

Die ausgewählten Informationen werden strukturiert und als SQLite Database File exportiert. Die Datei kann dann über die standardisierte Datenbankschnittstelle Open Database Connectivity (ODBC) von Power BI abgerufen werden. Im Power BI-Navigator können dann einzelne Tabellen, die die Rohdaten des Revit-Modells beinhalten, aus der Datenbank für den Import ausgewählt werden (siehe Abbildung 20).

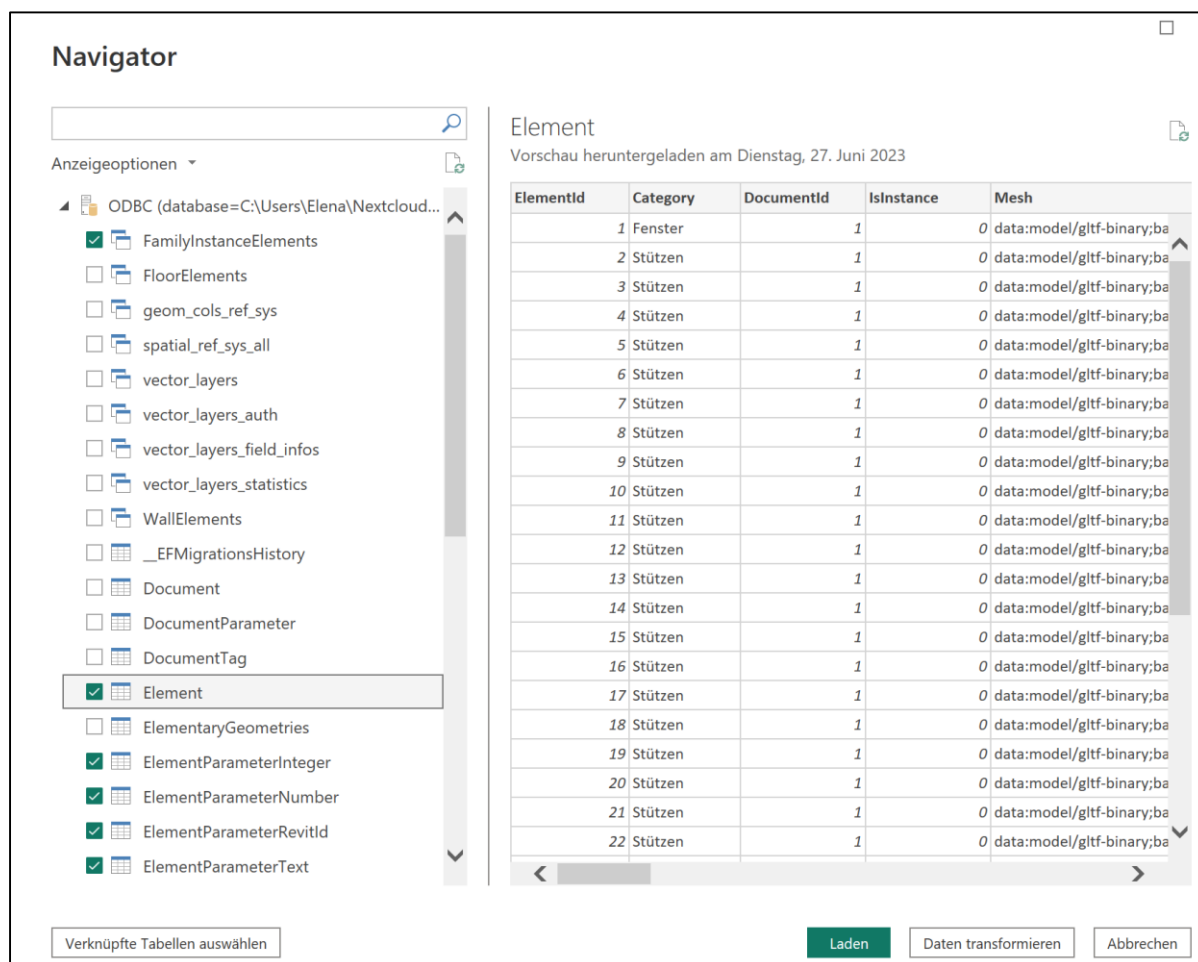


Abbildung 20: Datenimport Navigator

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Die Tabellen, die den Kern der Datenbank bilden werden in einem Datenbankmodell in Anhang 1: Aufbau SQLite Datenbank Revit-Modell abgebildet. Für die Erstellung des Dashboards ist vor allem die Element-Tabelle relevant. Sie beinhaltet die Kategorie und Element-ID jedes Revit Elements genauso wie deren Koordinaten und Geometriedaten (Mesh Informationen) für die Erstellung der 2D- und 3D-Ansichten. Zudem werden Daten aus der RoomElements-Tabelle verwendet, die alle Eigenschaften wie den Namen, Bodenbelag, Grundfläche, Nutzungsart, etc. der einzelnen Räume beinhaltet. Die spezifischen Eigenschaften einzelner Bauteile sind

in der FamilyInstanceElements-Tabelle gespeichert, die ebenfalls importiert wird. Die Beziehung der einzelnen Tabellen wird über die Element-ID hergestellt und von Power BI automatisch übernommen. In Power BI können die Daten dann transformiert und weiter modelliert werden. Auf dieser Grundlage werden die weiteren Datenquellen wie die Sensordaten und die durch Excel simulierten Datenbanken von Planon und S-Plus angebunden (siehe Abbildung 21).

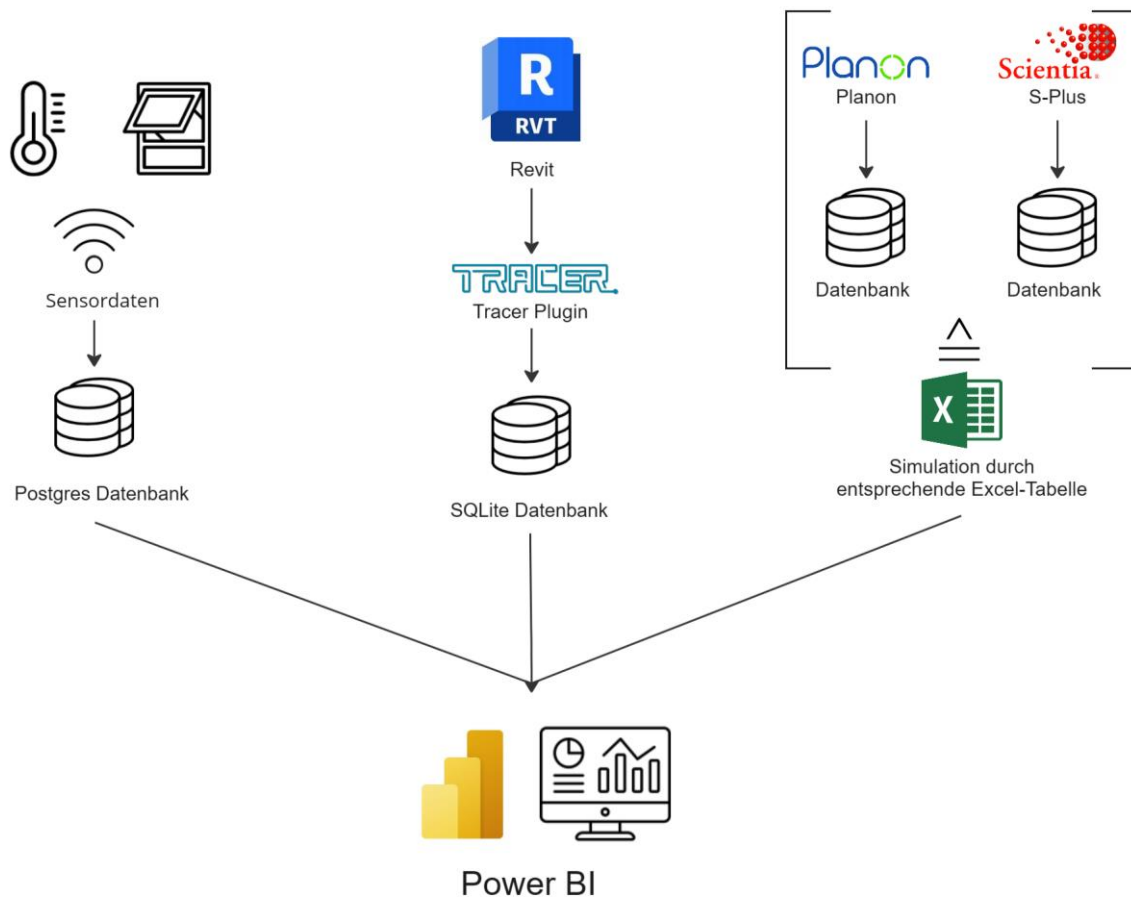


Abbildung 21: Schema Datenanbindung in Power BI

Quelle: Eigene Darstellung

4.5.2 Datenvisualisierung

Das Dashboard ist so aufgebaut, dass jeder der in Kapitel 4.4 vorgestellten Anwendungsfälle auf jeweils einer Berichtseite umgesetzt wird. Für die 2D- und 3D-Darstellungen der BIM-Daten werden die eigenen Visuals von Proving Ground verwendet, die mit dem Tracer Plugin bereitgestellt werden. Diese bieten zahlreiche Darstellungsoptionen und Formatierungsmöglichkeiten (siehe Anhang 3: Formatierungsmöglichkeiten Tracer Visuals) und interagieren mit Berichtsfiltren, Datenschnitte und anderen Power BI-Visuals.

4.5.2.1 Berichtsseite 1 - Raumbellegung

Um eine schnelle übersichtliche Abfrage der Raumbellegungen zu ermöglichen, werden auf dieser Berichtsseite einfache Datenschnitte zum Filtern der BIM-Daten und der Raumbellegung verwendet. Im BIM-Modell wird die Information der maximalen Belegung der Vorlesungsräume hinterlegt. Diese Daten werden mit der RoomElements-Tabelle in Power BI importiert. Die Daten der Belegungszeiträume sind in der Datenbank der Planungssoftware S-Plus gespeichert. Aufgrund der fehlenden Zugangsberechtigung wird die Datenbank durch eine Excel-Tabelle simuliert. Die Tabelle, in der die Informationen der Raumbellegungen gespeichert sind, wird durch eine Beziehung über den Raumnamen an die RoomElements-Tabelle angebunden (siehe Abbildung 22).

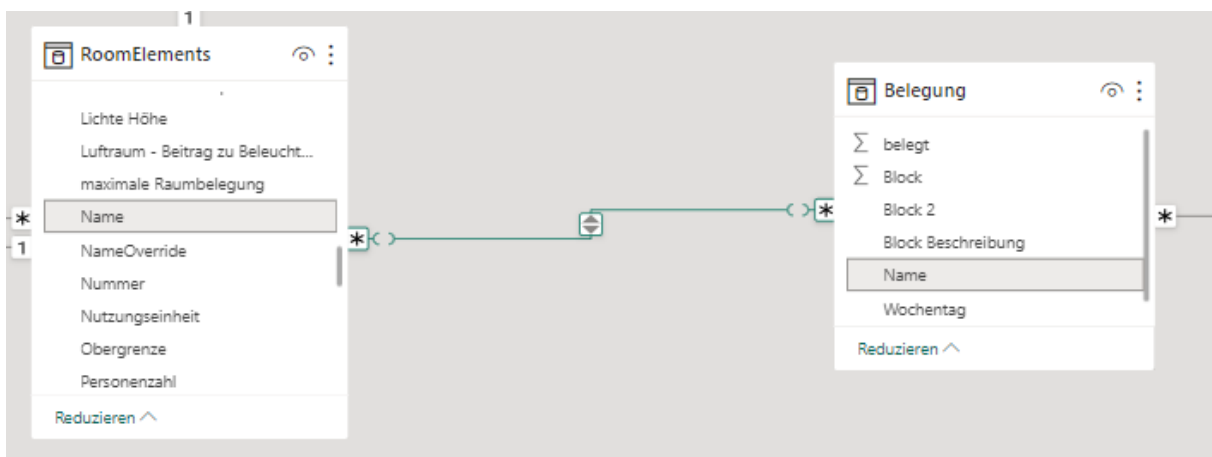


Abbildung 22: Datenanbindung Raumbellegung

Quelle: Power BI Modellansicht

In dem Bericht werden mithilfe des 2D-Tracer-Visuals die Grundrisse des Erdgeschosses und der zwei Obergeschosse dargestellt (I). Alle Räume, die in der Abfrage enthalten sind (alle Vorlesungsräume) werden mittels einer bedingten Formatierung rot eingefärbt. Auf der linken Seite befinden sich drei Datenschnitte. Mit dem Schieberegler (II) wird eine Personenanzahl festgelegt. Mit den Auswahlfeldern darunter wird der Wochentag (III) und die Tageszeit, hier aufgeteilt nach Vorlesungsblöcken (IV), festgelegt, für die die Verfügbarkeit mit entsprechender Personenanzahl überprüft werden soll.



Abbildung 23: Berichtsseite 1 - Raumbelegung

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Sobald die Filter festgelegt sind, werden in der Liste unten links (IV) alle verfügbaren Räume angezeigt. Durch eine Auswahl in der Liste werden dann in der Grundrissdarstellung alle Räume markiert, die nach den festgelegten Filtern (im Beispiel: 25-35 Personen, Donnerstag, 3. Block 11:30-13:00 Uhr) zur Auswahl stehen (siehe Abbildung 24).

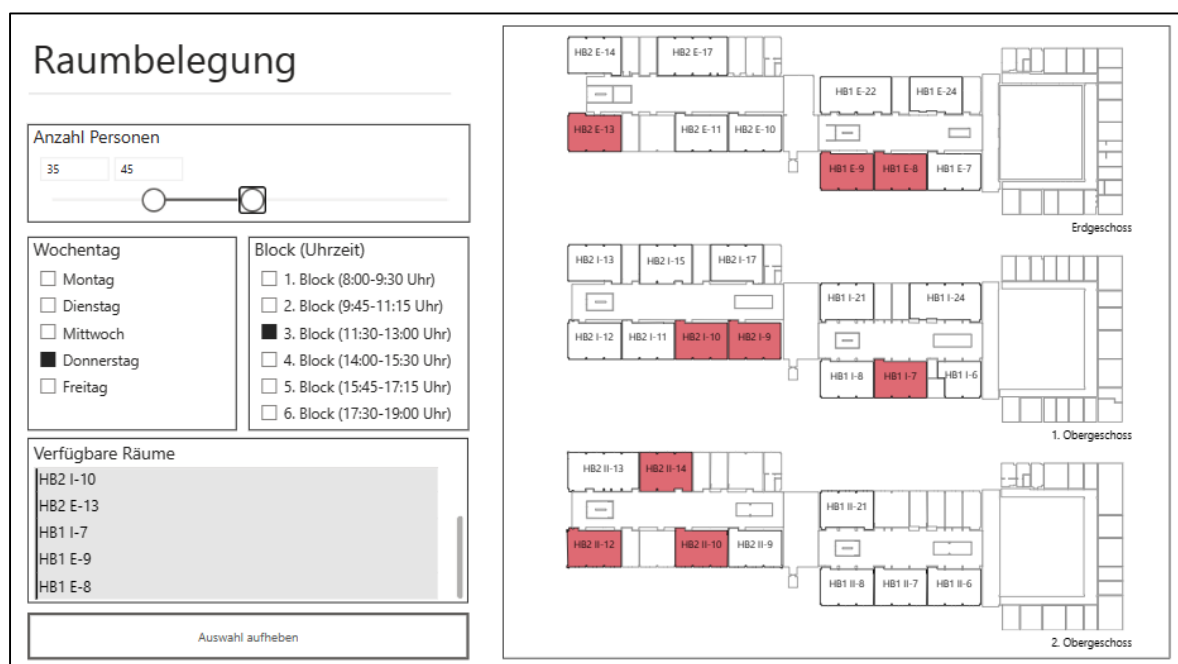


Abbildung 24: Berichtsseite 1 - Raumbelegung (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Auf diese Weise kann der Nutzer in wenigen Schritten filtern, welche Räume für den gewünschten Zeitraum und die angegebene Personenanzahl zur Verfügung steht.

4.5.2.2 Berichtsseite 2 - Ausschreibung der Fußbodenreinigung

Auf der zweiten Berichtsseite werden die Mengen der verschiedenen Fußbodenbeläge dargestellt und ausgewertet. Die Informationen der Bodenbeläge und ihrer Flächen werden dem Revit-Modell entnommen. Der Großteil der Vorlesungsräume und die Flure in den Obergeschossen ist mit einem Linoleumboden ausgestattet, die Flure und der Lichthof im Erdgeschoss mit einem Fliesenboden und die Büros hauptsächlich mit Teppichboden. In den WCs sind Badfliesen verbaut. Mit Hilfe eines Filters werden die verschiedenen Fußbodenbeläge in den Grundrissen (I) gekennzeichnet. Das Ringdiagramm (II) auf der linken Seite zeigt eine entsprechende Farblegende und gibt den prozentualen Anteil der verschiedenen Bodenbeläge an. Die darunterliegende Tabelle (III) gibt die Quadratmeterzahlen und Raumanzahl zu den entsprechenden Belägen an.

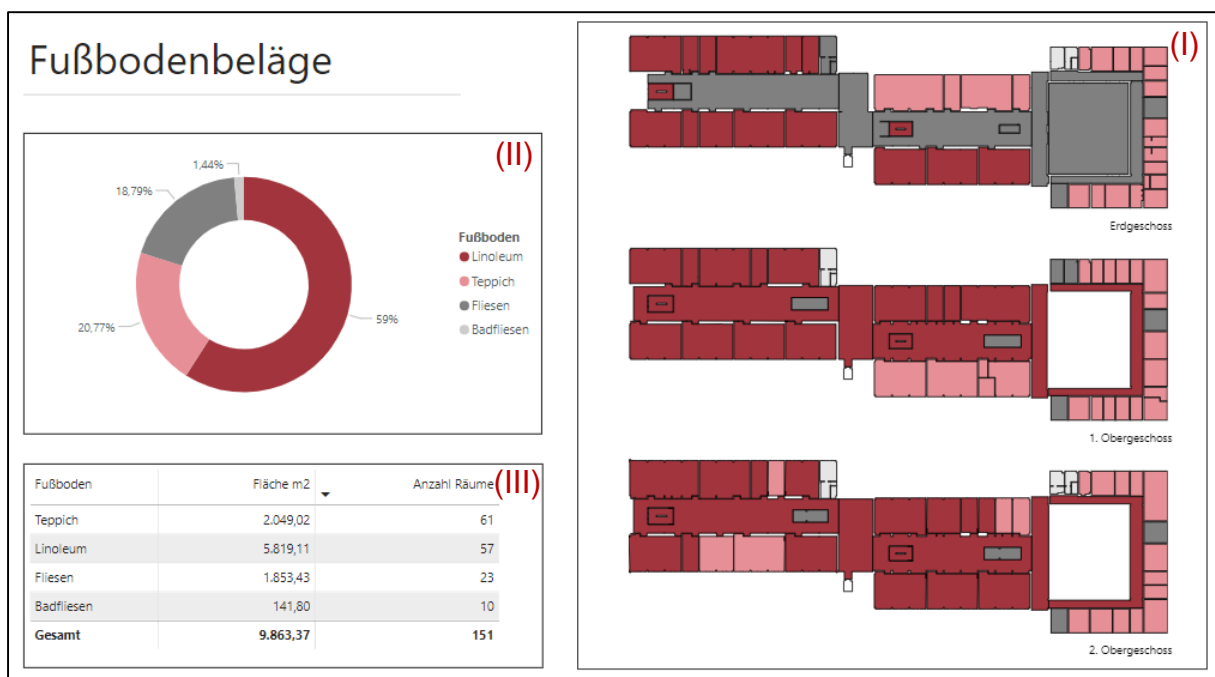


Abbildung 25: Berichtsseite 2 - Fußbodenbeläge

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Durch das auswählen eines bestimmten Fußbodenbelags im Ringdiagramm oder in der Tabelle werden die anderen Visuals entsprechend gefiltert (im Beispiel: alle Räume mit Teppichboden). Mithilfe des Dashboards lassen sich auf einen Blick die Mengen der verschiedenen Bodenbeläge auswerten.

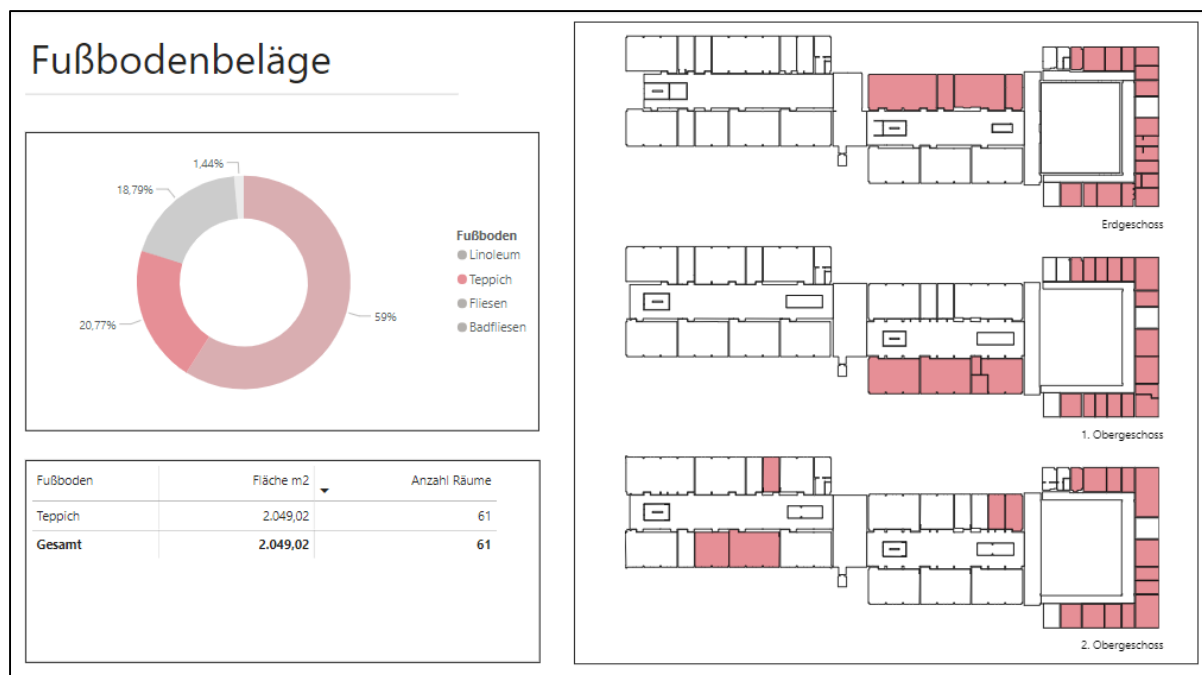


Abbildung 26: Berichtsseite 2 - Fußbodenbeläge (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

4.5.2.3 Berichtsseite 3 - Erfassung von Störungsmeldungen

Für die Erstellung einer Übersicht aktueller Störungen werden die Grundrisse mit den Daten vorliegender Störungsmeldungen verknüpft. Die Informationen zu aktuellen Störungen werden in der Planon Datenbank gespeichert. Da auch hier eine Zugangsberechtigung fehlt, wird die Datenbank ebenfalls durch eine Excel-Tabelle simuliert. In dieser werden exemplarisch der Raumname mit der entsprechenden Störungsmeldung sowie der aktuelle Bearbeitungsstatus (ausstehend, in Bearbeitung), das Erfassungsdatum und Kommentare aufgenommen. Die Tabelle wird in Power BI importiert und über den Raumnamen an die RoomElements-Tabelle angebunden (siehe Abbildung 27).

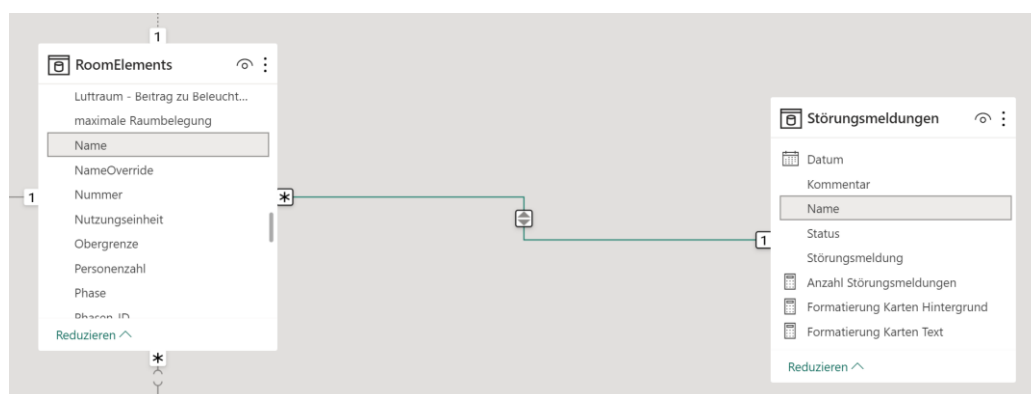


Abbildung 27: Datenanbindung Störungsmeldungen

Quelle: Power BI Modellansicht

Die Räume, für die Störungen aufgenommen sind, werden je nach Status durch eine bedingte Formatierung im Grundriss (I) farbig markiert (ausstehend: rot, in Bearbeitung: gelb). Eine Übersichtstabelle auf der linken Seite (II) gibt die Anzahl der Störungen mit entsprechendem Status sowie die Gesamtsumme wieder. Mit der Auswahl eines Status in der Tabelle werden die Räume im Grundriss gefiltert und es werden ausschließlich die Räume mit dem entsprechenden Status hervorgehoben.

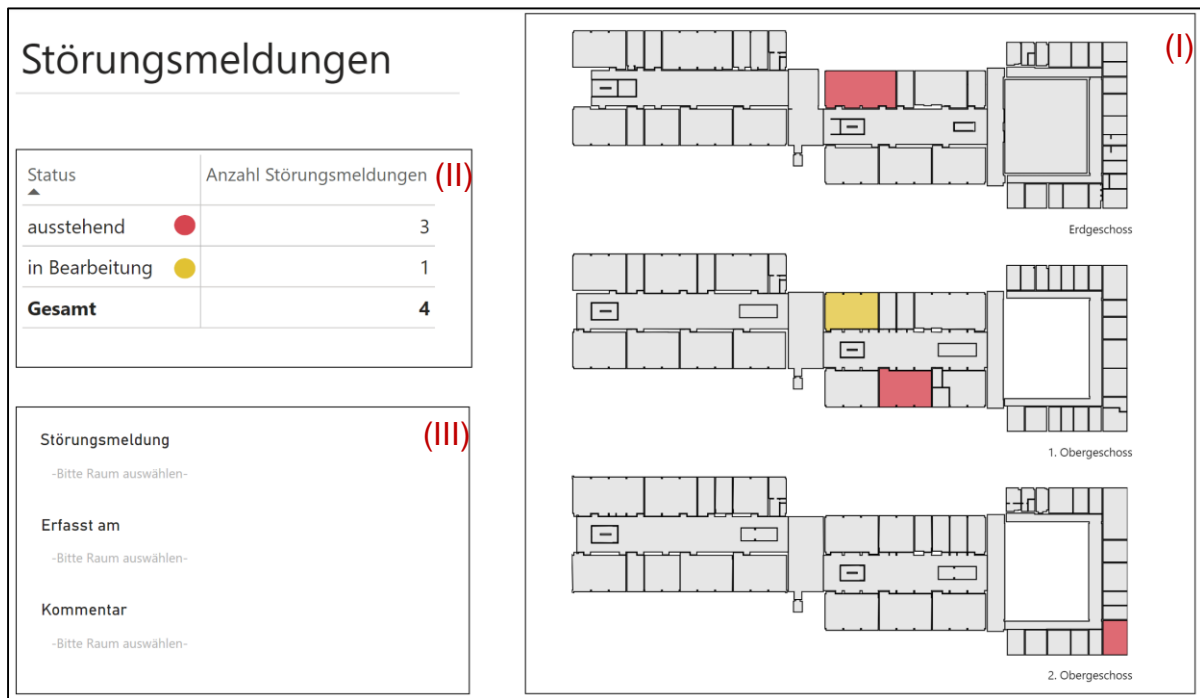


Abbildung 28: Berichtsseite 3 - Störungsmeldungen

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Wird ein Raum ausgewählt, erscheinen die dazugehörigen Informationen in dem Infocenter unten links. Im Beispiel in Abbildung 29 lautet die aufgenommene Störungsmeldung für Raum HB1 I-21 „Fenster kaputt“. Die Störung befindet sich aktuell in Bearbeitung, wurde am Mittwoch den 17. Mai 2023 erfasst und als Kommentar wird die Meldung „Ersatzteile bestellt“ erfasst.

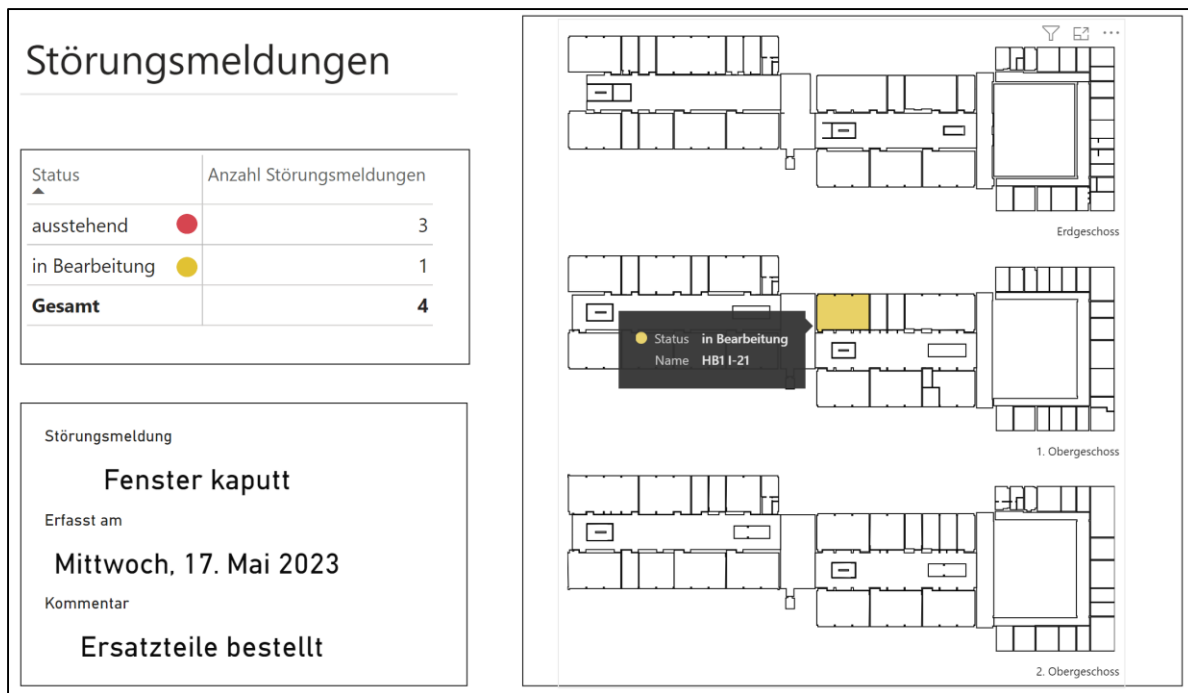


Abbildung 29: Berichtsseite 3 - Störungsmeldungen (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

4.5.2.4 Berichtsseite 4 - Wartung der Feuerlöscher

Auf der vierten Berichtsseite werden die Standorte der Feuerlöscher angezeigt und dessen spezifischen Informationen wie das Herstellungsjahr, die Herstellerfirma, Brandklasse sowie die Gültigkeit der Prüfplakette angegeben. Um die Feuerlöscher und dessen Position in den Grundrissen darstellen zu können, wird eine Feuerlöscher Familie in das Revit Projekt geladen und die Elemente werden an den entsprechenden Stellen eingefügt. Sie werden als Kategorie Sonderausstattung mit dem Tracer Plugin exportiert und sind in der Element Tabelle der Datenbank wiederzufinden. Alle Detailinformationen, wie der hinterlegte Hersteller und die Brandklasse der Feuerlöscher, sind der FamilyInstanceElements Tabelle zu entnehmen. Über die Element-ID können weitere Daten an die einzelnen Feuerlöscher geknüpft werden. Da das Wartungsmanagement künftig ebenfalls über Planon erfolgen soll, könnte die Datenbank an dieser Stelle angebunden werden. Um diesen Fall zu simulieren, wird eine Excel Tabelle erstellt, in der die Feuerlöscher mit ihrem Herstellungsjahr und ihrer Prüfplakette aufgelistet werden. Damit diese dann mit den Elementen aus dem Revit-Modell verknüpft werden kann, wird eine Transfertabelle angelegt, die die Nummerierung der Feuerlöscher in die Element-ID übersetzt (siehe Abbildung 30).

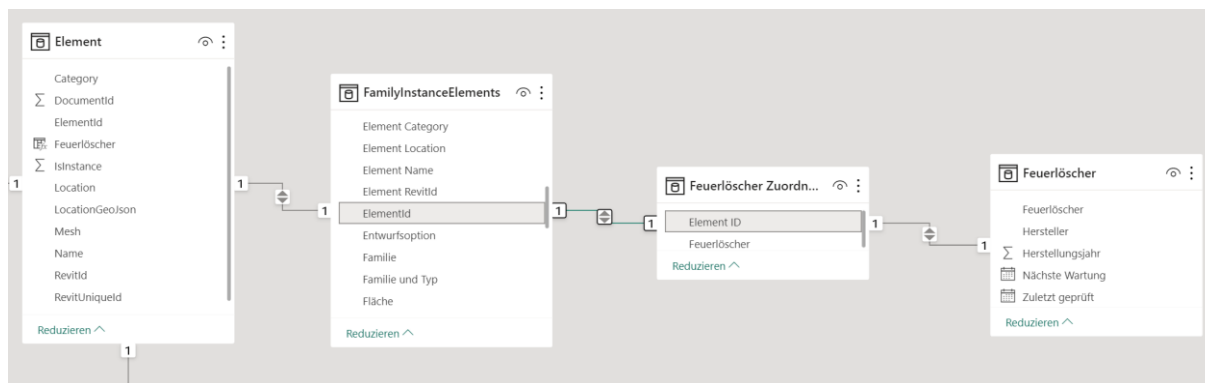


Abbildung 30: Datenanbindung Feuerlöscher

Quelle: Power BI Modellansicht

In dem Dashboard werden die Grundrisse mit den Positionen der Feuerlöscher angezeigt (I). Diese werden als rote Punkte abgebildet. Die Tabelle auf der linken Seite (II) zeigt die Herstellungsjahre an und bietet die Möglichkeit die Ansicht zu filtern. Die Informationsfelder darunter geben das Datum der letzten Prüfung (III) und die Geltungsdauer der Prüfplakette (IV) wieder. Da alle Löscher am gleichen Tag gewartet werden und die gleiche Prüfplakette erhalten, wird hier jeweils ein Datum für die Prüfung und Geltungsdauer angegeben.

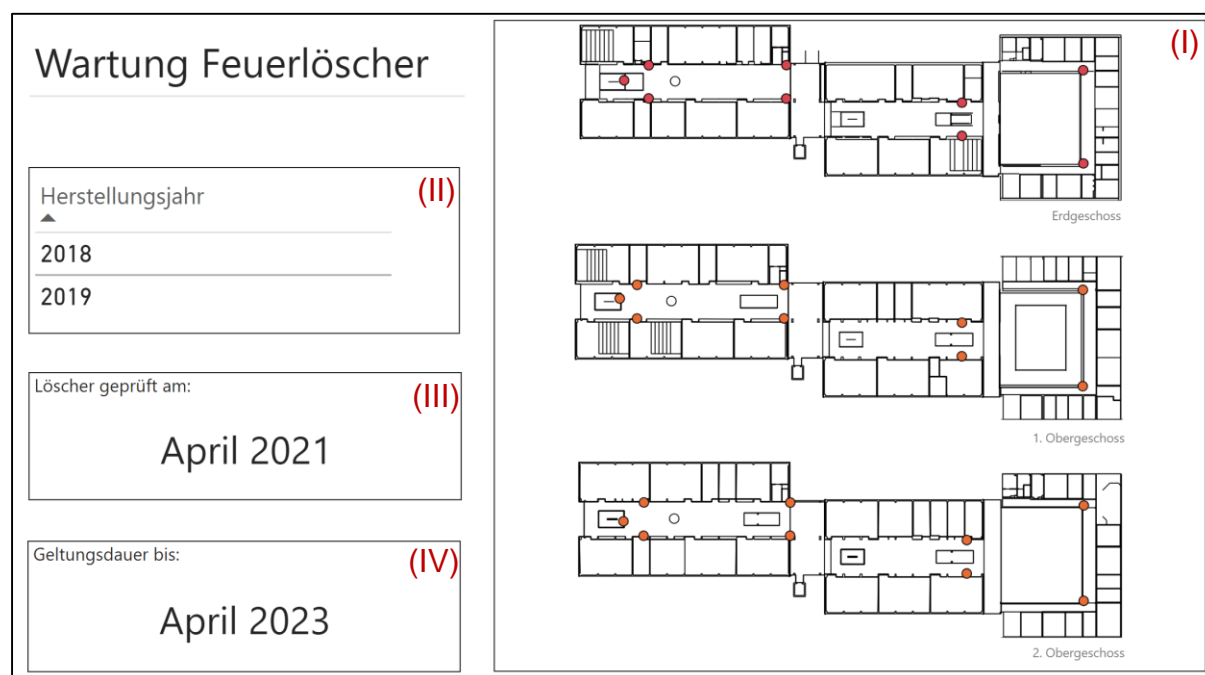


Abbildung 31: Berichtsseite 4 - Wartung Feuerlöscher

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Mit der Auswahl des Herstellungsjahres werden die Grundrissansichten gefiltert und es werden nur die Feuerlöscher, auf die die gewählte Bedingung zutrifft, rot hervorgehoben. Im Beispiel in Abbildung 32 wird die Ansicht nach den Feuerlöschern

gefiltert, die im Jahr 2018 hergestellt wurden. Die Quickinfos, die erscheinen sobald der Mauszeiger auf eines der Elemente zeigt, geben die Herstellerfirma und die Brandklasse der Löscher wieder.

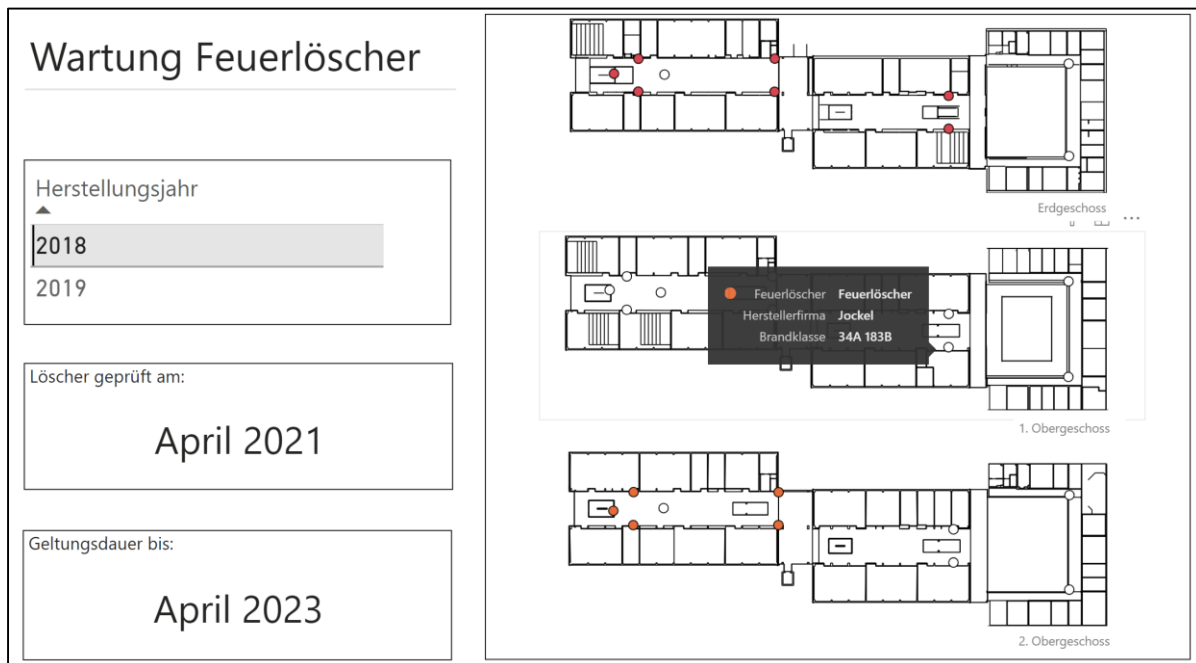


Abbildung 32: Berichtsseite 4 - Wartung Feuerlöscher (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

4.5.2.5 Berichtsseite 5 - Raumtemperatur

Für die exemplarische Umsetzung einer zentralen Überwachung der Raumtemperaturen werden die Messergebnisse drei realer Temperatursensoren an die BIM-Daten angeknüpft. Die Sensoren speichern jede Minute ein Temperaturergebnis in einer Postgres Datenbank. Die gespeicherten Daten gehen teilweise bis zu sechs Monate zurück. Die Datenbank wird über die Postgres SQL Schnittstelle in Power BI abgerufen. Importiert werden drei der Kerntabellen, die für die folgende Darstellung relevant sind. Jeder Sensor verfügt über eine eindeutige ID, über die die importierten Tabellen verknüpft sind. Die public_SENSORS Tabelle enthält die Sensorbeschreibungen und gibt an, welche Art von Messungen (Temperatur, CO₂, Luftfeuchtigkeit, etc.) durch den jeweiligen Sensor erfolgen. Die public_DATASTREAMS Tabelle enthält Informationen zur Maßeinheit und dem Zeitraum, in dem die Messergebnisse in der Datenbank gespeichert sind. Die einzelnen Messergebnisse liegen in der in der public_OBSERVATIONS Tabelle. Mithilfe einer Zuordnungstabelle werden die Sensor-IDs der entsprechenden Revit Element-ID zugeordnet und an das Datenmodell angebunden (siehe Abbildung 33).

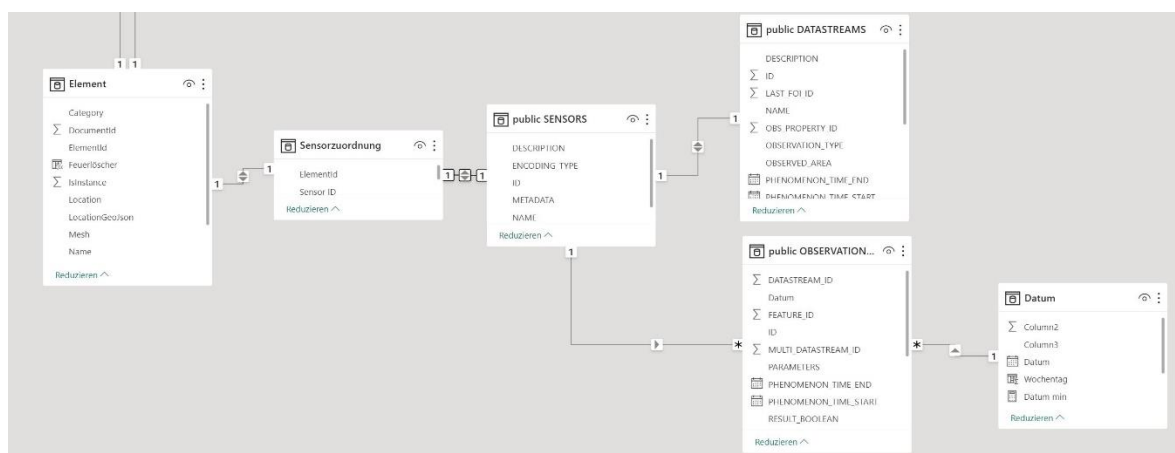


Abbildung 33: Datenanbindung Sensordaten

Quelle: Power BI Modellansicht

In dem Dashboard wird der Grundriss des ersten Obergeschosses dargestellt (I). Die Darstellung ist so formatiert, dass die Räume entsprechen ihrer Raumtemperatur farbig markiert werden. Eine grüne Markierung bedeutet, dass die Raumtemperatur über den gesamten Tag im komfortablen Bereich lag. Ist ein Raum hingegen rot markiert bedeutet dies, dass der angegebene Grenzwert von 26°C überschritten wurde. Der Tag, für den die Informationen abgerufen werden sollen, lässt sich über den Kalender oben links (II) angeben. In dem Informationsfeld darunter (III) erscheint zusätzlich zu der roten Markierung der Räume der Warnhinweis, dass am gewählten Tag hohe Raumtemperaturen gemessen wurden.

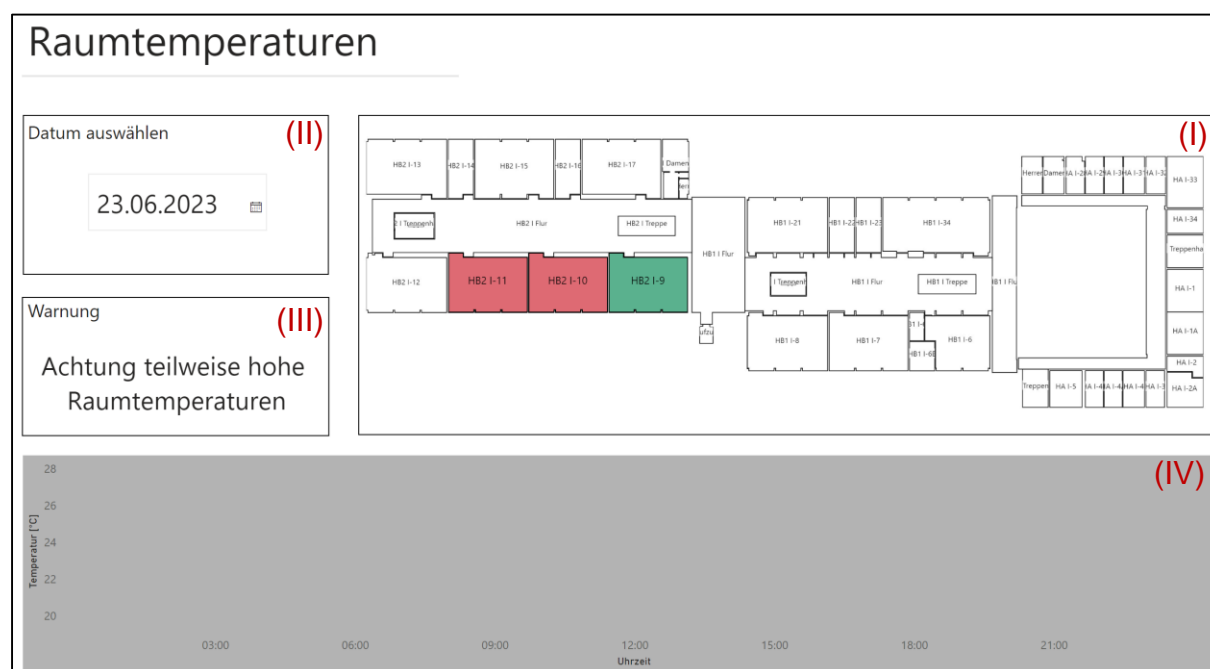


Abbildung 34: Berichtsseite 5 - Raumtemperatur

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Sobald ein Raum ausgewählt wird, zeigt das Diagramm unten (IV) dessen Temperaturverlauf für den ausgewählten Tag an. Das Beispiel in Abbildung 35 zeigt, dass die Temperatur am 23.06.2023 in Raum HB1 I-11 ab ca. 14 Uhr über 26°C betrug.

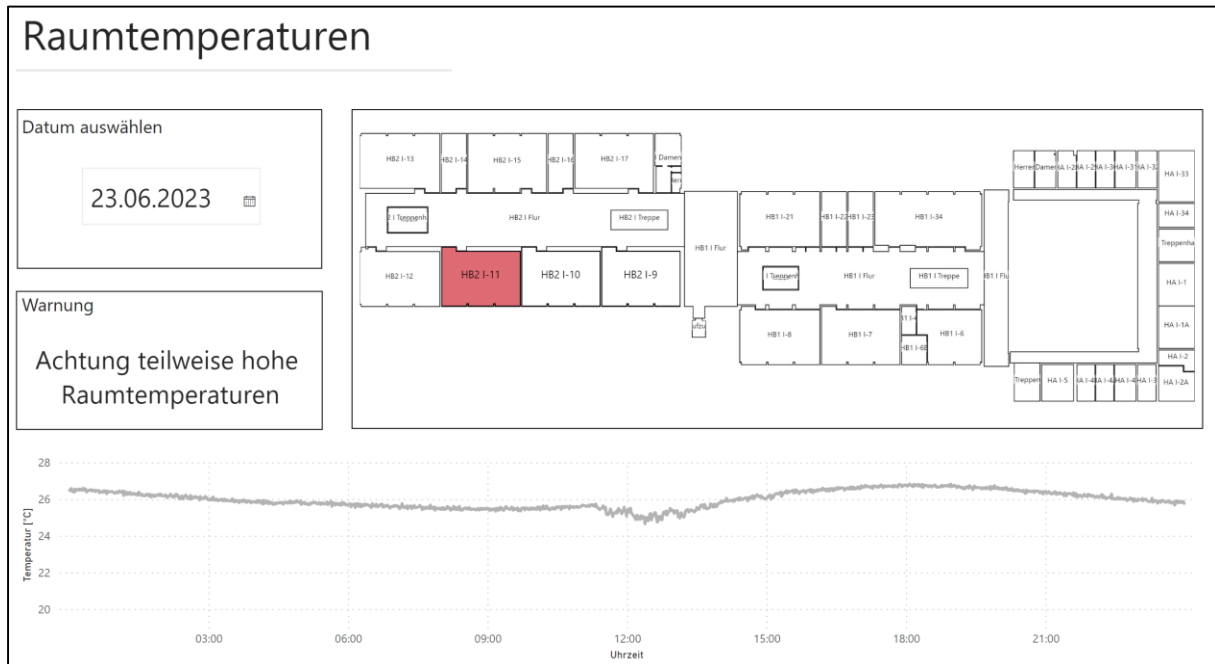


Abbildung 35: Berichtssseite 5 - Raumtemperatur (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

4.5.2.6 Berichtssseite 6 - Nutzerverhalten Lüften

Auf der letzten Berichtssseite wird die Möglichkeit, das Lüftungsverhalten der Gebäudenutzer mithilfe des BIM-Modells und Sensordaten zu analysieren dargestellt. Dafür werden exemplarisch die Ergebnisse von zwei Reedkontakten mit zwei Fenstern des Modells verknüpft. Die Daten der Kontakte stammen aus derselben Datenbank wie die der Temperatursensoren und werden ebenfalls über die Element-ID mit den Modelldaten verknüpft. Die beiden Fenster, die mit Daten verknüpft sind, werden in der 3D-Darstellung des zweiten Obergeschosses (I) rot hinterlegt. In dem Kalender (II) lässt sich das Datum bestimmen, für das die Ergebnisse des Fensterkontaktes angezeigt werden sollen. Mit der Auswahl eines der beiden Fenster wird unten in dem Diagramm (III) ein Graph angezeigt, der den Zustand des Fensters über den gewählten Tag zeigt.

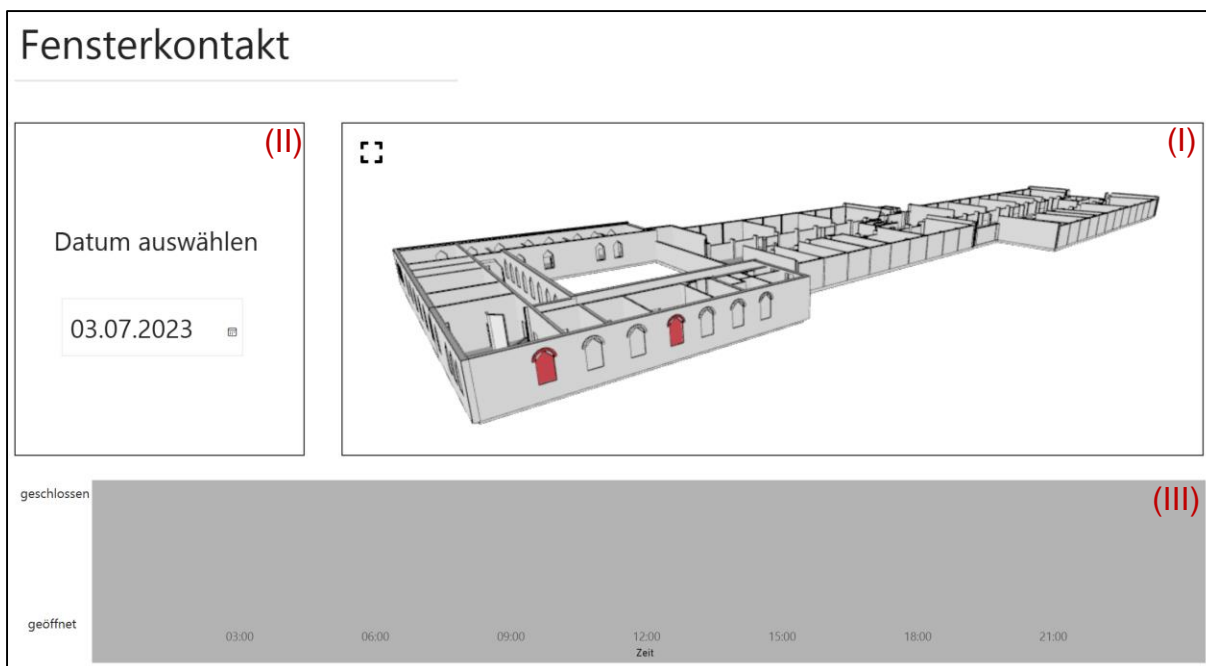


Abbildung 36: Berichtsseite 6 - Fensterkontakt

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Das Beispiel in Abbildung 37 zeigt, dass das gewählte Fenster am 03.07.2023 von 9:00 Uhr bis 15:00 Uhr geöffnet war.

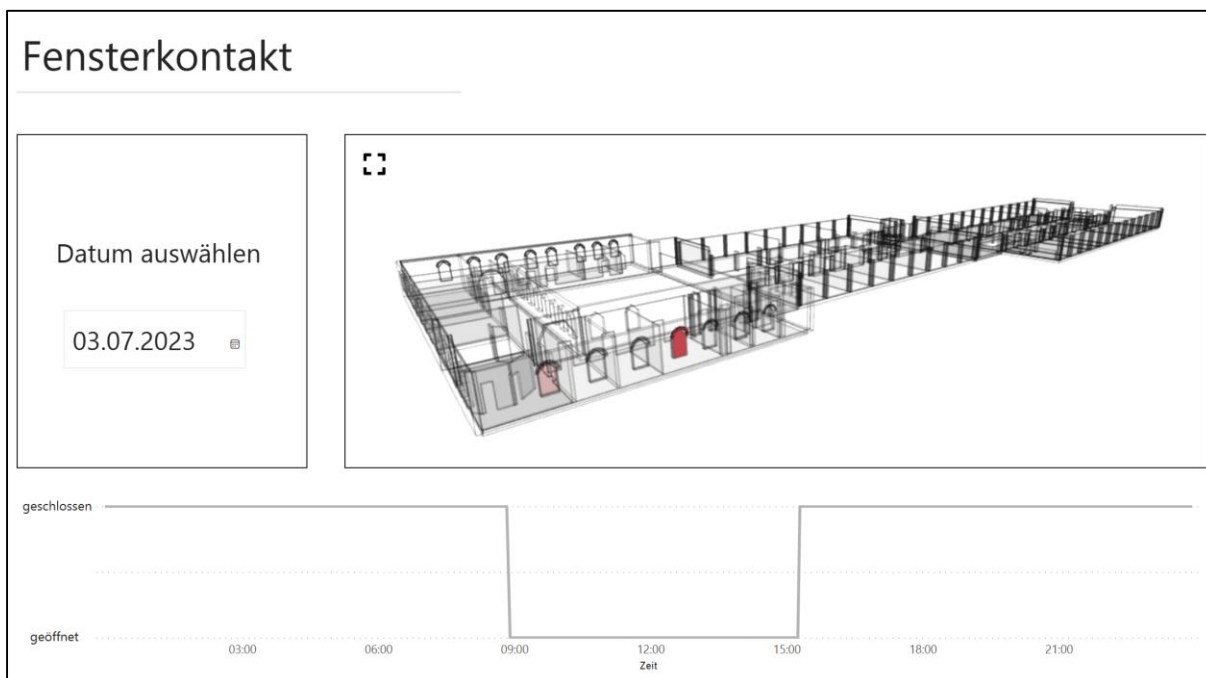


Abbildung 37: Berichtsseite 6 - Fensterkontakt (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

4.6 Expertenbefragung

Das erstellte Prototyp Dashboard wird im letzten Schritt der Fallstudie der in 4.3 beschriebenen Expertengruppe für die Bewertung zur Verfügung gestellt. Alle Experten sind mit dem Hintergrund und dem Ziel der Arbeit vertraut. Sie erhalten die Einladung zur Umfrage genauso wie den Zugang zum Dashboard über einen Link. Die Umfrage besteht aus insgesamt drei Fragegruppen (siehe Anhang 4: Bewertungsbogen). Nach einigen Hinweisen folgt zunächst ein Einführungsvideo, um in die Funktionsweise des Dashboards zu erläutern. Hierzu dient das Deckblatt des Dashboards (Berichtsseite 0), auf dem die Räume des Hauptgebäudes in 2D- und 3D-Ansichten nach ihren Nutzungsarten dargestellt werden. Anhand dessen werden die Bedienung und Prinzipien erläutert. In der ersten Fragegruppe werden alle Berichtsseiten mit einem Erläuterungsvideo vorgestellt. Nach jedem Video sind die Teilnehmer dazu aufgefordert, die entsprechende Berichtsseite hinsichtlich des Optimierungspotenzials des zugehörigen Prozesses zu bewerten und Auswahlbegründungen oder Anmerkungen in dem Freitextfeld einzugeben. Parallel zu der Befragung haben die Teilnehmer durch die Zugangsberechtigung stets die Möglichkeit das Dashboard selber durchzusehen und zu bedienen. In der zweiten Fragegruppe wird die Nutzerfreundlichkeit des Dashboards bewertet. Hier bewerten die Umfrageteilnehmer in Matrixfragen die Bedienung, Interaktionen zwischen den verschiedenen Visuals und Modell Ansichten sowie die Bereitstellung der Informationen. Die letzte Fragegruppe zielt auf die Bewertung der Funktionalität des Dashboards ab. Auch hier werden Matrixfragen eingesetzt, um zu bewerten, wie hilfreich die reduzierte Informationsdichte, die Möglichkeit der Verknüpfung verschiedener Datenquellen und die Lokalisierung von Gebäudeanlagen für das tägliche FM Geschäft sind. Zuletzt soll die Frage beantwortet werden, inwiefern die BIM-Visualisierungen die Analyse von Gebäudedaten im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen verbessert.

5 Ergebnisse

Aus der Fallstudie lassen sich Erkenntnisse über das Potenzial des Einsatzes von BIM im FM sowie der Integration von BIM und Power BI in der FM Praxis ableiten. Die wichtigsten Erkenntnisse werden in der Ergebnisdarstellung in verschiedene Kategorien gegliedert. Betrachtet werden die Datenmodellierung und Datenanbindung der BIM Daten in Power BI, die Performance des Dashboards, Flexibilität und Visualisierungsmöglichkeiten, die Kosten, Nutzerfreundlichkeit und zuletzt das Potenzial der Prozessoptimierung. Die Ergebnisse basieren zu einem Teil auf den Erfahrungen und Erkenntnissen, die aus der Erstellung des Prototyp Dashboards hervorgehen. Zum anderen fließen in die letzten drei Kapitel (5.5 Nutzerfreundlichkeit, 5.6 Funktionalität, 5.7 Prozessoptimierung) die Ergebnisse der Expertenbefragung ein. Die gesamten Ergebnisse der Befragung befinden sich in Anhang 5: Ergebnisse Expertenbefragung.

5.1 Datenanbindung und Datenmodellierung

Mit Hilfe des Tracer Plugins lassen sich gezielt einzelne Revit Kategorien aus einem Projekt exportieren und in Power BI importieren. Die Daten können hier weiter modelliert, transformiert und gefiltert werden. Die Power BI Datenansicht und der Query Editor bieten die Möglichkeit die Daten aus dem BIM-Modell zu erweitern und zu bearbeiten. Zu den importierten Tabellen können beispielsweise Spalten mit Berechnungen, sogenannte Measures, ergänzt oder Tabellenbereiche ausgeblendet bzw. gefiltert werden. Auf diese Weise können die BIM-Daten je nach Bedarf und Anwendungsfall auf die wesentlichen Informationen reduzierter werden. Es können übersichtliche Ansichten und Informationsanzeigen erstellt werden, die den Nutzer gezielt mit den benötigten Informationen versorgt. Zudem ermöglicht Power BI durch die Schnittstellen zu zahlreichen Datei- und Datenbankformate das Anbinden weiterer Datenquellen an die Modell Daten. Wichtig dafür ist, dass die Datenbanken, die angebunden werden sollen, ebenfalls über offene Schnittstellen verfügen. Teilweise verschlüsseln Anbieter die Datenbanken ihrer Softwareanwendungen, sodass sie nicht ohne Weiteres zugänglich sind.

Power BI unterstützt die BIM Daten über eine unidirektionale Schnittstelle. Das bedeutet, Power BI dient hier als reine Analyseplattform zum Visualisieren und Auswerten der Daten. Änderungen und Ergänzungen, die in Power BI vorgenommen werden, fließen nicht automatisch in die ursprüngliche Datenquelle zurück.

Da das Dashboard nicht direkt mit dem BIM-Modell verknüpft ist, sondern über die exportierte Datenbank, werden Änderungen im Modell nicht automatisch in das Dashboard übernommen. Für eine Aktualisierung muss manuell eine neue Datenbank exportiert werden. Wird die alte Datenbank mit der aktualisierten Version überschrieben, werden die entsprechenden Änderungen nach einer Aktualisierung der Datenquellen in Power BI übernommen.

Um die Erstellung zukünftiger Berichte zu beschleunigen und zu standardisieren, bietet Power BI durch ein gesondertes Datenformat die Möglichkeit, selbst erstellte Berichte als Vorlage zu exportieren. Power BI speichert das gesamte Layout inklusive aller Visuals und Formatierungen. Zudem werden Measures, Datenbeziehungen genauso wie Abfragedefinitionen und Filter in der Vorlage gesichert. Vor dem Export kann mithilfe von Paramatereinstellungen eine Datenabfrage für die Revit Daten erstellt werden, die beim Öffnen der Vorlage erscheint (siehe Abbildung 38). Mit der Dateipfadeingabe der Datenbank des aktuellen Projektes filtert und importiert Power BI automatisch die benötigten Tabellen aus der Datenbank und füllt die Visuals der Vorlage mit den vordefinierten Informationen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass auch die Datenabfrage der anderen Datenquellen wie die Datenbank der Sensordaten angepasst werden müssen.

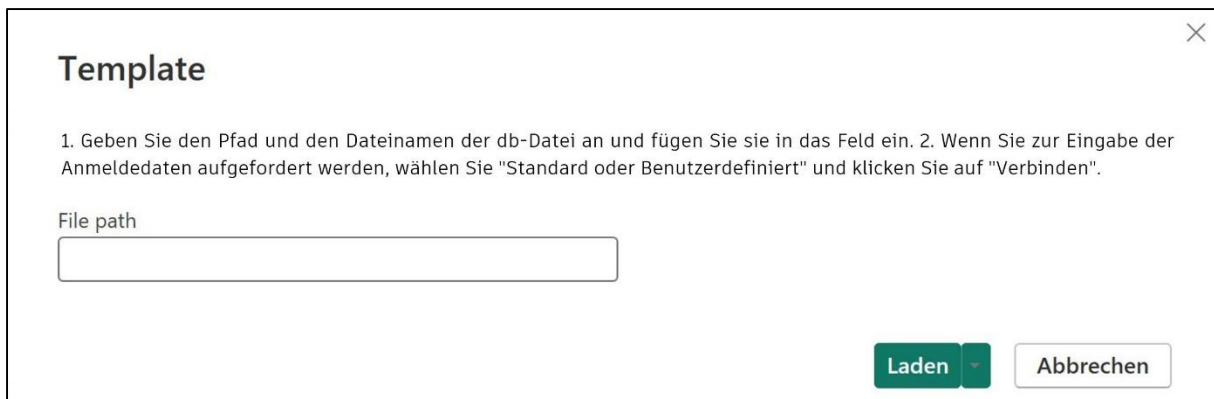


Abbildung 38: Berichtsvorlage Dateneingabe

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Das Tracer Plugin schafft eine Integration von Revit und Power BI, die einen gezielten Export von Datensätzen aus einem BIM Modell und dessen Integration in Power BI Berichte ermöglicht. Auf diese Weise können BIM Modelle reduziert auf die anwendungsbedingten Anforderungen dargestellt und analysiert werden. Durch das Exportieren von Berichtsvorlagen lässt sich der Arbeitsaufwand für Folgeprojekte

reduzieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei Änderungen oder Aktualisierungen im Modell eine manuelle Aktualisierung der Datenbank notwendig ist.

5.2 Performance

Die Performance des Dashboards hängt von verschiedenen Faktoren ab. Komplexe Abfragen und Measures, aufwändige Visuals und große Datenmengen in den zugrundeliegenden Quelldaten können längere Ladezeiten verursachen und die Interaktionszeit zwischen den Visuals verlangsamen. Mithilfe gezielter Datenfilter und dem Anwenden von Datenschnitten kann die Leistung optimiert werden, da auf diese Weise nur relevante Daten geladen werden. Für die 3D-Darstellungen des Modells muss Power BI eine große Menge komplexer Daten verarbeiten. Die Datenmenge lässt sich zum einen über die Auswahlfilter des Tracer Plugins beim Export der Revit Daten steuern. Eine weitere Option ist das Filtern der Daten in Power BI, in dem für die Darstellung nur die Kategorien gewählt werden, die für die jeweilige Darstellung relevant sind. Um die Leistung zusätzlich zu verbessern, besteht die Möglichkeit das Modell für die Darstellung zu unterteilen. Im Beispiel in Abbildung 39 und Abbildung 40 ist das Modell nach Geschossen aufgeteilt. Hierfür wird für jedes Geschoss jeweils eine Datenbank exportiert. Die fünf Datenbanken für das Kellergeschoss, Erdgeschoss, 1. und 2. Obergeschoss und das Dachgeschoss werden in Power BI importiert. Da das 3D-Visual ausschließlich die Geometriedaten einer Datenbank darstellen kann, müssen die Daten in Power BI wieder kombiniert werden. Im Query-Editor wird jeder Datenbank eine Spalte mit einer Modell ID (Zahlen von 1=Kellergeschoss bis 5=Dachgeschoss) hinzugefügt, bevor die Daten in einer neuen Tabelle kombiniert werden. Durch den Zwischenschritt der Ergänzung der Modell-ID-Spalte können nun alle Elemente einem bestimmten Modelteil bzw. einem Geschoss zugeordnet werden. Das ermöglicht das Anwenden von Datenschnitten zum Ein- und Ausblenden ausgewählter Modellteile (siehe Abbildung 40). Anstelle der Einteilung nach Geschossen kann das BIM Modell auf diese Weise auch nach Gebäudeabschnitte oder Gruppierungen von Revit Kategorien aufgeteilt werden.

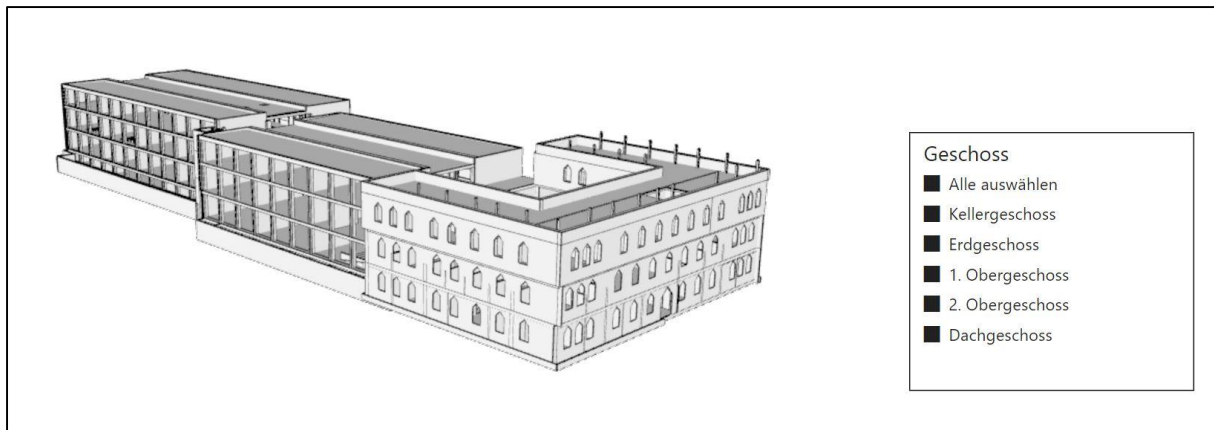


Abbildung 39: 3D-Visual Datenschnitt einzelner Modellteile

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

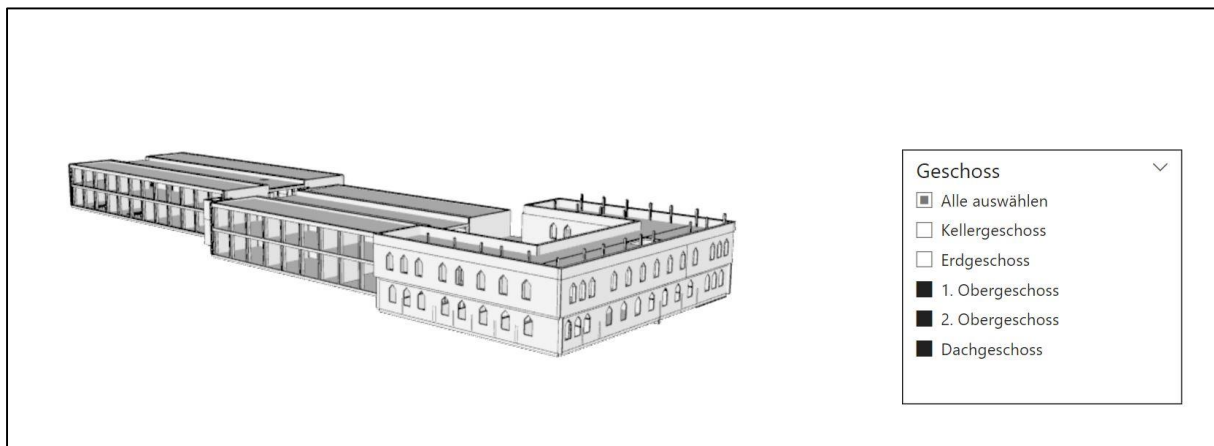


Abbildung 40: 3D-Visual Datenschnitt einzelner Modellteile (gefiltert)

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

5.3 Visualisierung und Flexibilität

Für die Visualisierung der Revit Daten stehen zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten zur Verfügung. Sowohl für die 2D- als auch für die 3D-Darstellungen des Modells können je nach Kontext Farbkonzepte für bestimmte Kategorien und Elemente erstellt oder auch eigene Formeln für bedingte Formatierungen geschrieben werden. Neben der Farbgebung stehen weitere visuelle Optionen zur Verfügung wie die Einstellung der Linienstärke und Farbe, Beschriftungen, Einstellungen für Quickinfos und Endnutzerinteraktionen wie das Erlauben des Zoomens und Navigieren in der Modellansicht. Für die Erstellung der 3D-Ansichten stehen außerdem weitere Optionen für das Rendering zur Verfügung. Durch die breite Palette an Visuals und Interaktionsmöglichkeiten mit den Tracer Visuals sowie die Möglichkeit der Verknüpfung mehrerer Datenquellen bietet Power BI ein hohes Maß an Flexibilität bei der Erstellung des Dashboards. Ein weiterer Vorteil ist die Skalierbarkeit der Berichte.

Sie lassen sich an Anforderungen des Nutzers anpassen und können jeder Zeit überarbeitet und um zusätzliche Datenquellen erweitert werden. Dem Endnutzer wird das Dashboard über den Power BI Webseite oder den Microsoft Sharepoint zur Verfügung gestellt oder in eine eigene Webseite eingebettet.

Für die Erstellung der 3D-Modellansichten in Power BI sind stellenweise Workarounds notwendig. Sehr detailreiche, komplexe Elemente können nicht ohne Weiteres dargestellt werden. Sobald der Text String eines Elements, in dem die Geometriedaten in der Datenbank gespeichert werden Power BI's maximale ladbare Länge von 32.766 Zeichen überschreitet, wird eine Fehlermeldung zurückgegeben (siehe Abbildung 41). Um sie trotzdem darstellen zu können, schlägt der Tracer Hersteller vor, die Spalte, die die Geometriedaten beinhaltet, wiederholt aufzuteilen, bis die Informationen in mehreren Spalten mit der vorgegebenen Stringlänge vorliegen (Proving Ground LLC, 2020). Anschließend werden sie in einer zusätzlichen Spalte verkettet und können in den Bericht geladen werden.

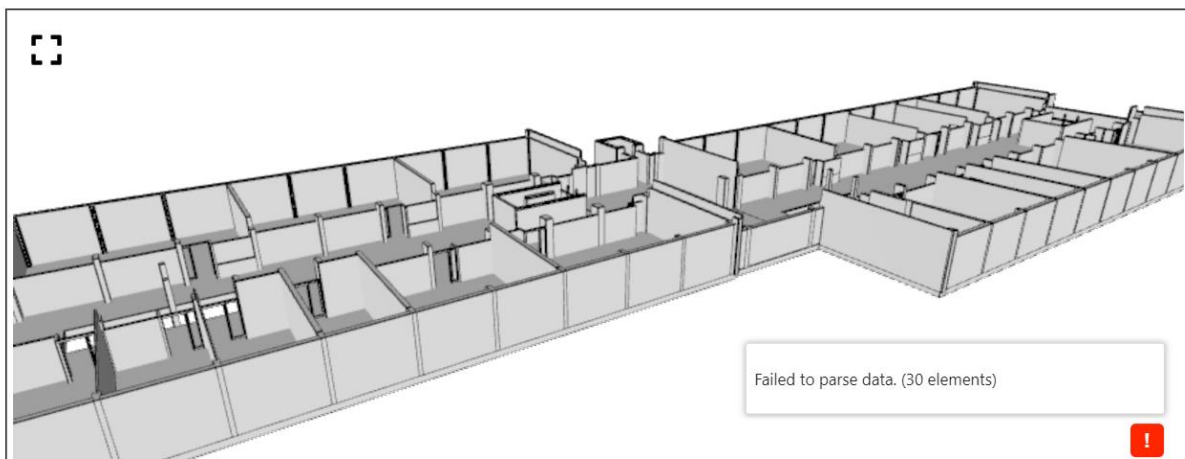


Abbildung 41: Fehlermeldung 3D-Darstellung

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Um die gewünschte Interaktion zwischen Datenschnitten und den 2D-Darstellungen zu erreichen, sind ebenfalls einige Workarounds notwendig. Grundsätzlich gibt es in Power BI zwei Arten von Interaktionen zwischen den Visuals. Zum einen können Ansichten gefiltert werden. Dann werden bei einer Auswahl von Datensätzen z.B. in Datenschnitte oder Tabellen alle nicht geltenden Daten in dem verknüpften Visual ausgeblendet und alleine die gewählten Daten angezeigt. Die zweite Möglichkeit ist das Hervorheben gewählter Datensätze. Die nicht geltenden Daten werden dann weiterhin angezeigt und bloß abgeblendet, während die geltenden Daten in dem Visual

deutlich hervorgehoben werden. Ob und wie die einzelnen Visuals einer Berichtsseite interagieren, wird in der Berichtsansicht des Bearbeitungsmodus definiert. Für die Interaktion zwischen Datenschnitten und dem Tracer 2D-Visual gibt es bislang nicht die Möglichkeit des Hervorhebens. Es besteht alleine die Möglichkeiten die Grundrissansichten zu filtern. Werden Datenschnitte wie Schieberegler, Kalender oder Auswahllisten in Kombination mit den 2D-Visuals verwendet, besteht nur nicht Möglichkeit der Filterung. Abbildung 42 zeigt, wie durch die angewandten Datenschnitte die geltenden Räume gefiltert und der Rest des Grundrisses ausgeblendet wird. Durch das Ausblenden des Grundrisses ist die Lage der Räume nicht mehr erkennbar und die Darstellung verliert ihre Aussagekraft. Um das Problem zu umgehen und die gewünschte Darstellung zu erreichen, können mithilfe von Formeleingaben bedingte Farbformatierungen für das Tracer Visual erstellt werden.



Abbildung 42: Interaktion 2D-Ansicht Datenschnitt

Quelle: Power BI Nutzeroberfläche

Eine weitere Hürde ist, dass Power BI standardmäßig bislang keine Datenschnitte auf Stunden- oder Minutenbasis zulässt. Power BI ermöglicht zwar das Anlegen von Datumstabellen und erkennt automatisch dessen Hierarchie (Jahr, Quartal, Monat, Tag), allerdings ist der Tag hier die kleinste zeitliche Einheit die Power BI erkennt. Für die Analyse und Darstellung der Sensordaten wäre es hilfreich, mit Datenschnitten wie beispielsweise einem Schieberegler Daten für bestimmte Uhrzeiten oder Zeiträume filtern zu können.

Trotz des vielseitigen Angebots an Visualisierungsoptionen und Kombinationsmöglichkeiten von Daten und Visuals werden bei der Erstellung von Dashboards teilweise die Grenzen der Standardfunktionen von Power BI erreicht. Durch seine Flexibilität lässt Power BI zwar bestimmte Workarounds zu, allerdings sind dafür tiefgehende Kenntnisse des Programms und dessen Formelsprache notwendig.

5.4 Software-Kosten

Die Kombination aus Power BI und dem Tracer Plugin ist eine kostengünstige Möglichkeit, BIM-Daten aus einem Modell zu exportieren und für das FM zugänglich zu machen. Die Power BI Desktop App zur Erstellung von Berichten und Dashboards ist kostenlos. Für das Teilen und Veröffentlichen von Dashboards wird die Pro-Version benötigt, die aktuell in der E5 Edition von Microsoft Office 365 für monatliche 41,50 Euro pro Nutzer enthalten ist (Microsoft, 2023a) oder als einzelne Lizenz für 9,40 Euro pro Monat pro Nutzer erworben werden kann (Microsoft, 2023b). Das Tracer Plugin für Revit kostet einmalig 395 US-Dollar, das für IFC Daten einmalig 295 US-Dollar pro Lizenz.

5.5 Nutzerfreundlichkeit

Eine Eigenschaft, die BI Systeme wie Power BI auszeichnet, ist die Möglichkeit, nutzerfreundliche und intuitiv bedienbare Oberflächen zu erstellen, die ihre Endnutzer auf schnellem Wege mit den gewünschten Informationen versorgen. Um die Nutzfreundlichkeit der Integration von BIM Daten in Power BI zu validieren, sind die Experten in der Umfrage dazu aufgefordert, die Bedienung in verschiedenen Matrixfragen zu bewerten. In der ersten Frage sollen die Teilnehmer die Bedienung der verschiedenen Werkzeuge und Visualisierungen auf der Skala von 1-intuitiv bis 6-kompliziert bewerten. Zwei der Teilnehmer bewerteten die Bedienung mit einer 1, ein Teilnehmer mit einer 2 (siehe Abbildung 43).

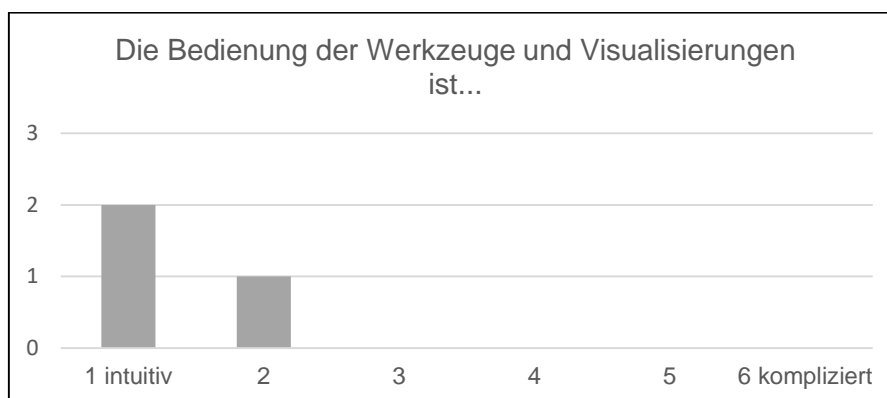


Abbildung 43: Umfrageauswertung Nutzerfreundlichkeit 1

Quelle: Eigene Darstellungen

Die gewählten Interaktionen zwischen den Analysewerkzeugen (Filterfunktionen, Datenschnitten, etc.) und den grafischen Elementen aus dem BIM-Modell sollen eine klare Navigation des Endnutzers innerhalb des Dashboards ermöglichen. Dieses

Kriterium bewerteten zwei Teilnehmer mit einer 1 und ein Teilnehmer mit einer 2 (siehe Abbildung 44).

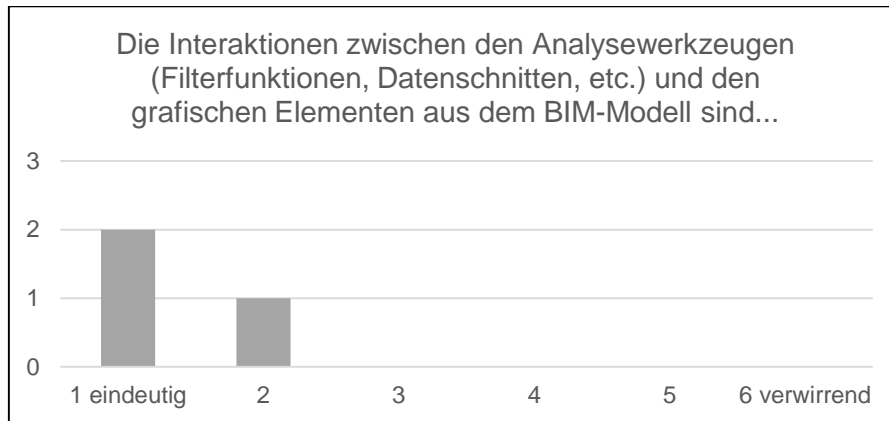


Abbildung 44: Umfrageauswertung Nutzerfreundlichkeit 2

Quelle: Eigene Darstellung

Ein weiteres wichtiges Kriterium zur Bewertung der Nutzfreundlichkeit ist die Bereitstellung von Informationen. Ziel ist es, dass der Nutzer mithilfe des erstellten Dashboards durch die eingesetzten Visualisierungen und Interaktionen auf schnellstem unkompliziertem Wege mit den benötigten Informationen versorgt wird. Zwei der Teilnehmer bewerteten die Informationsbereitstellung mit einer 1 und ein Teilnehmer mit einer 2.

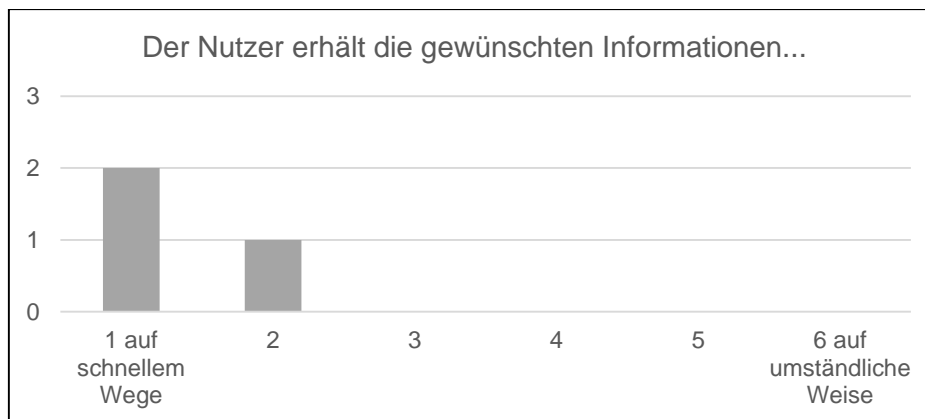


Abbildung 45: Umfrageauswertung Nutzerfreundlichkeit 3

Quelle: Eigene Darstellung

Insgesamt zeigt die Auswertung der Umfrage ein positives Feedback hinsichtlich der Nutzerfreundlichkeit. Alle Teilnehmer bewerteten die drei vorgegebenen Kriterien mit einer 1 oder 2. Das Dashboard wird als intuitiv bedienbar wahrgenommen. Den Nutzern sind die Interaktionen zwischen den Analysewerkzeugen und Modellansichten klar und sie geben an, auf schnellstem Wege an die gewünschten Informationen

gelangen zu können. Einer der Teilnehmer fasst zusammen: „Das Dashboard kann aufgrund der visuellen Aufbereitung der Daten die FM-Prozesse gut unterstützen. Das breite Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten im FM ist hervorzuheben.“

5.6 Funktionalität

Die Integration von BIM und Power BI ermöglicht es, FM-relevante Daten reduziert auf die je nach Anwendungsfall benötigten Informationen abzubilden. Es können Informationen verschiedener Datenquellen kombiniert und mit den Elementen aus dem Revit Modell verknüpft werden. Dadurch ist es außerdem möglich, die für gesetzte Datenschnitte geltenden Gebäudeanlage oder Räume auf einen Blick im Gebäude lokalisieren zu können. Im Kontext der Funktionalität des Dashboards soll von den befragten Experten eingeordnet werden, wie hilfreich die genannten Aspekte bei der Lösung täglicher FM Aufgaben sind. Die reduzierte Darstellung und reduzierte Informationsdichte wurde von einem Teilnehmer mit einer 1 und von den anderen beiden Teilnehmern mit einer 2 bewertet (siehe Abbildung 46).

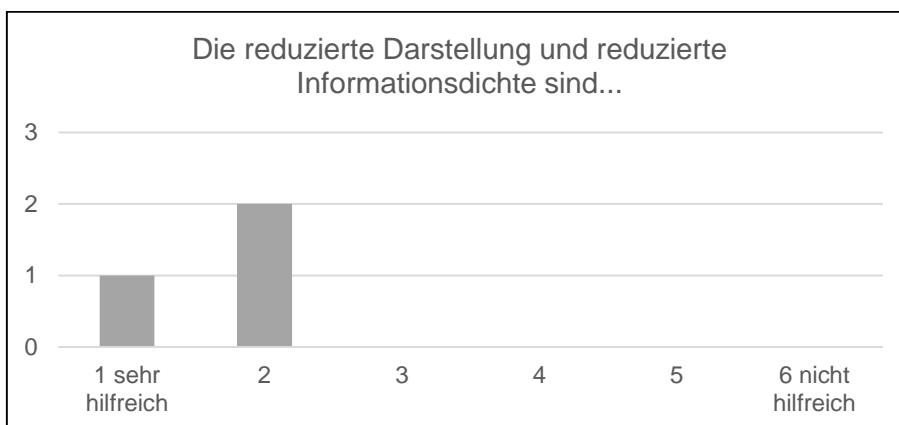


Abbildung 46: Umfrageauswertung Funktionalität 1

Quelle: Eigene Darstellung

Sowohl die Verknüpfung verschiedener Datenquellen mit den Grundrissen und Bauteilen des BIM Modells als auch die Möglichkeit Gebäudeanlagen schnell lokalisieren zu können wird von allen Teilnehmern als sehr hilfreich erachtet und mit einer 1 bewertet (siehe Abbildung 47 und Abbildung 48).

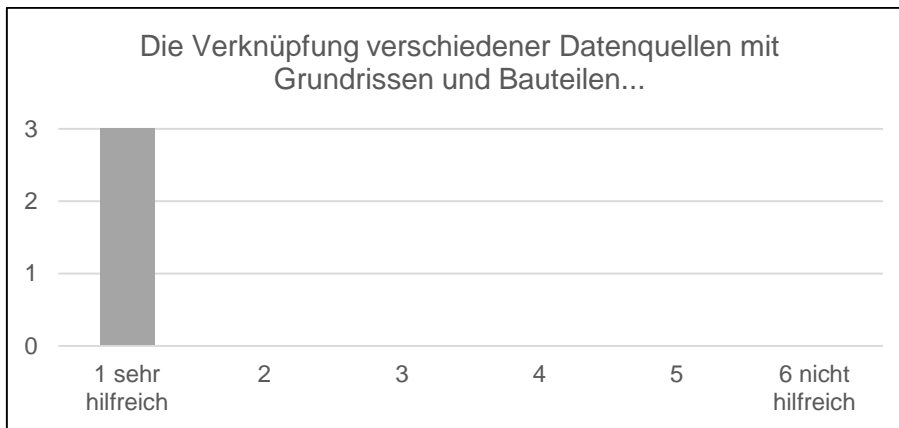


Abbildung 47: Umfrageauswertung Funktionalität 2

Quelle: Eigene Darstellung

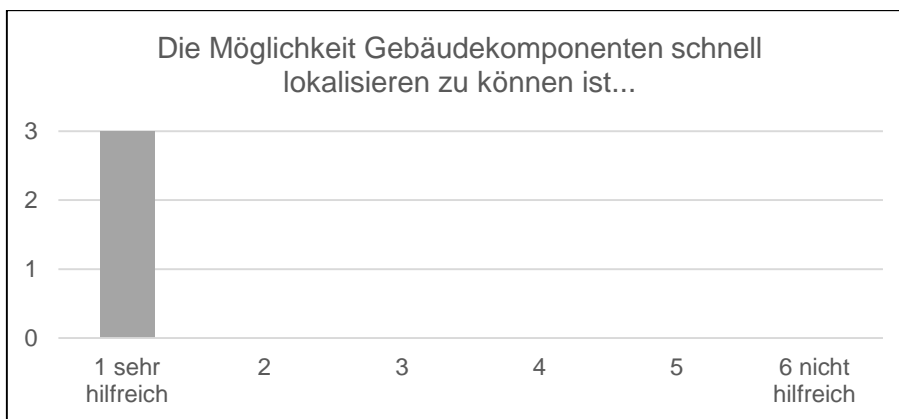


Abbildung 48: Umfrageauswertung Funktionalität 3

Quelle: Eigene Darstellung

Aus der Auswertung der Matrixfragen zur Funktionalität des Dashboards lässt sich ableiten, dass die Integration von BIM und Power BI Möglichkeiten eröffnet das FM bei seinen täglichen Aufgaben zu unterstützen. Diese Einschätzung wird durch die Beantwortung der anschließenden Frage konkretisiert. Hier sollen die Experten in einem Freitextfeld beantworten, inwiefern die BIM-Visualisierungen die Analyse von Gebäudedaten im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen verbessern. Einer der Umfrageteilnehmer listet hier unter anderem die „Verbesserung der Orientierung in Gebäuden für alle Stakeholder durch 3D-Modelle“, „die Verbesserung der Übersichtlichkeit von aufbereiteten Daten“ und die Möglichkeit einer „gezielteren Abfrage von Gebäude- oder Bauteilbezogenen Informationen“ auf. Ein Anderer erklärt, die „Visualisierung und Verknüpfung der Zahlen/Daten mit der Grafik überwindet Hürden und vereinfacht das Verständnis und die Analyse“.

Abgeleitet aus den Ergebnissen der Expertenbefragung lässt sich zusammenfassen, dass die BIM Visualisierungen in dem Dashboard für die umgesetzten Anwendungsfälle zu einer Verbesserung der Gebäudedatenanalyse beitragen. Die Kombinationen aus den Gebäudedarstellungen und Daten erleichtern die Orientierung im Gebäude, schaffen Übersichtlichkeit und ermöglichen gezielte Datenabfragen.

5.7 Prozessoptimierung

Für die Beantwortung der Kernfrage, ob das erstellte Dashboard tatsächlich das Potenzial hat, die betrachteten FM Prozesse zu optimieren, wird ebenfalls auf die Fachkenntnisse der befragten Experten zurückgegriffen. Sie bewerten in der Befragung das Optimierungspotenzial für die einzelnen Anwendungsfälle in Matrixfragen. Hier soll das Potenzial auf der Skala von 1-hohes Potenzial bis 6-niedriges Potenzial eingeordnet werden.

Flächenmanagement - Raumbelegung

Die Übersicht der Raumbelegung zur Erleichterung der Identifikation verfügbarer Räumlichkeiten für Sonderveranstaltung und zur Verbesserung der Flächenausnutzung wird von einem Experten mit einer 1 und von den zwei Anderen mit einer 2 bewertet (siehe Abbildung 49). Eine der Anmerkungen lautet: „Die Darstellung der Auslastung der Seminarräume ist eine sehr gute Möglichkeit, um freie Flächenpotentiale schnell zu erkennen. Verfügbare Räume für z.B. kurzfristige Einzelveranstaltungen können somit schneller identifiziert werden.“ Ein anderer Teilnehmer schlägt vor, die Ansicht im Reinigungsmanagement einzusetzen, da ein „Dienstleister in der Anwendung am Tag vor der Reinigung erkennen kann, welche Räume überhaupt genutzt wurden. Dieses Vorgehen würde die Einführung einer ergebnisorientierten Reinigung erleichtern“.

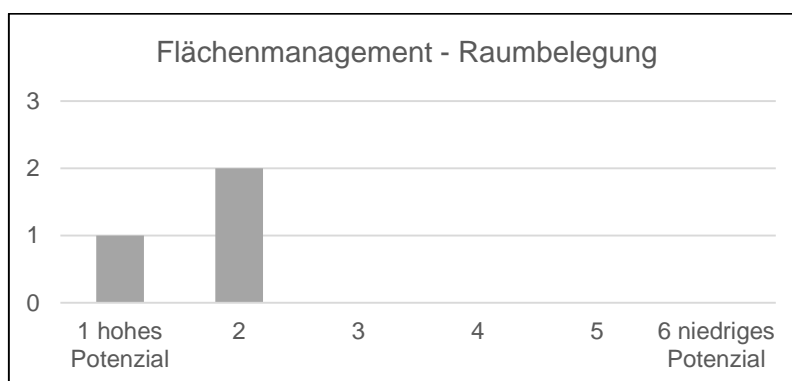


Abbildung 49: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 1

Quelle: Eigene Darstellung

Reinigungsmanagement - Fußbodenbeläge

Die Auswertung der Flächen nach Fußbodenbelägen auf der zweiten Berichtsseite zur Optimierung der Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für Reinigungsleistungen wird zweimal mit einer 1 und einmal mit einer 2 bewertet (siehe Abbildung 50). Dazu wird unter anderem angemerkt, dass die Darstellung auch für den ausführenden Dienstleister von Vorteil ist. „Mit der Gebäudeübersicht und den zugeordneten Bodenbelägen kann er die Einteilung der Reinigungsreviere verbessern und gleichzeitig schnell erkennen, ob sich in bestimmten Bereichen der Einsatz von Reinigungsmaschinen zur Bodenreinigung lohnt (z.B. bei großen, zusammenhängenden Hartbodenflächen).“ Ein anderer Teilnehmer weist auf die notwendige permanente Pflege der Stammdaten im BIM-Modell hin. Weiterhin heißt es: „Mit aktuellen Daten würde das Dashboard eine sehr gute Datenquelle für Kostenkalkulationen darstellen.“

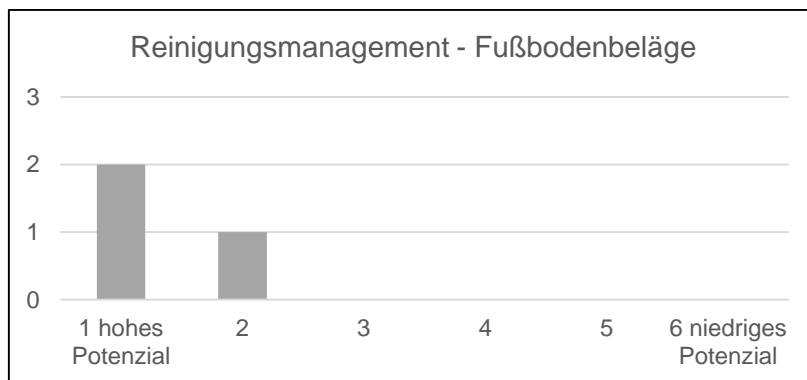


Abbildung 50: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 2

Quelle: Eigene Darstellung

Störungsmanagement - Störungsmeldungen

Die dritte Berichtsseite, die eine Übersicht aktueller Störungen im Gebäude zur verbesserten Verwaltung von Störungsmeldungen zeigt, wird zweimal mit einer 2 und einmal mit einer 3 bewertet (siehe Abbildung 51). Einer der Teilnehmer erwähnt, die Darstellung könne Dienstleistern zur Verfügung gestellt werden und wäre vor allem für dessen Orientierung in großen Liegenschaften hilfreich. Einer anderen Anmerkung ist zu entnehmen, dass in der Anwendung Potenzial gesehen wird, da durch sie „die Aufgabenplanung und Arbeitsvorbereitung gut unterstützt werden kann“. Andererseits werden auch Bedenken bezüglich der Akzeptanz und des zusätzlichen Arbeitsaufwands geäußert. „Akzeptanzprobleme könnten bei der Implementierung auftreten, da die digitale Dokumentation von Störfällen (inkl. Meldung von

Zwischenständen) für die Reparaturausführenden/ Hausmeisterei einen Mehraufwand bedeutet.“

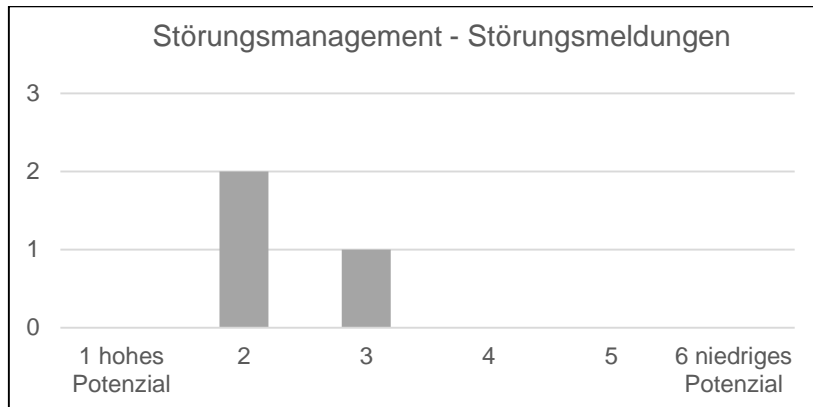


Abbildung 51: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 3

Quelle: Eigene Darstellung

Wartungsmanagement - Wartung Feuerlöscher

Das Potenzial der Feuerlöscher Übersicht mit den Angaben zu den entsprechenden Prüfsiegeln zur Optimierung des Wartungsmanagements wird von zwei Experten als hoch eingestuft und mit einer 1 bewertet. Der dritte Teilnehmer vergibt hier eine 2 (siehe Abbildung 52). Erneut wird von einem der Experten die Möglichkeit der verbesserten Orientierung durch die die Visualisierungen des BIM-Modells hervorgehoben. „Besonders für die Orientierung, wo sich die Wartungsgegenstände befinden, ist das Dashboard sehr gut anwendbar.“

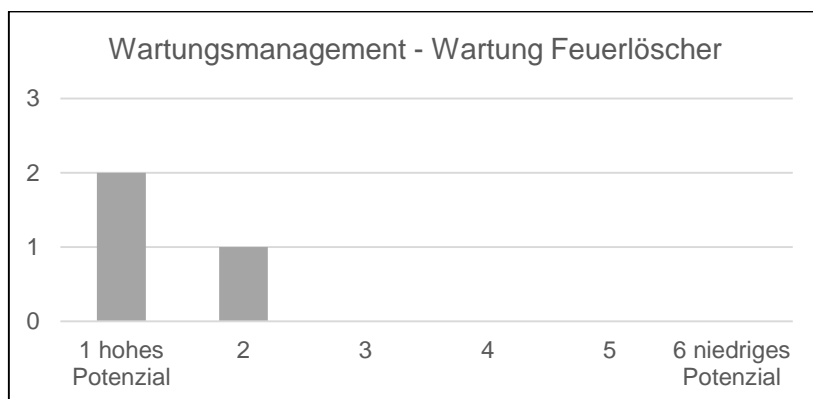


Abbildung 52: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 4

Quelle: Eigene Darstellung

Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

Da im Hauptgebäude der Jade Hochschule bislang keine Sensoren im Bereich des Energiemanagements oder der Nutzbehaglichkeit eingesetzt werden, sollen im

Rahmen der Befragung, das Zukunftspotenzial von BIM-Anwendungen in Verknüpfung mit Sensordaten in diesen Bereichen eingeschätzt werden. Die Bewertung wird für die letzten beiden Berichtsseiten (Raumtemperatur und Nutzerverhalten beim Lüften) zusammengefasst. Das Zukunftspotenzial der Anwendungen wird einmal mit einer 1 und zweimal mit einer 2 bewertet. In den Anmerkungen schreibt einer der Experten: „Durch die grafische Darstellung lassen sich vereinfacht Rückschlüsse an das Nutzerverhalten in den einzelnen Räumen schließen. Dies birgt ein großes Potential für die Identifizierung von Energieeinsparpotentialen.“ Als problematisch wird allerdings die benötigte kostenintensive Ausstattung für die Umsetzung in der Praxis erachtet sowie personalrechtliche Konflikte. „Alle Räume müssten mit entsprechender Sensorik ausgestattet werden, was hohe Kosten verursacht. Des Weiteren könnten personalrechtliche Probleme auftreten, da so das Nutzungsverhalten von personenbezogenen Räumen (Büros) überwacht werden könnte.“ Ein weiterer Teilnehmer schlägt den Einsatz zur Überwachung der Klimabedingungen in den Laborräumen vor, da für diese teilweise strikte Vorgaben herrschen.

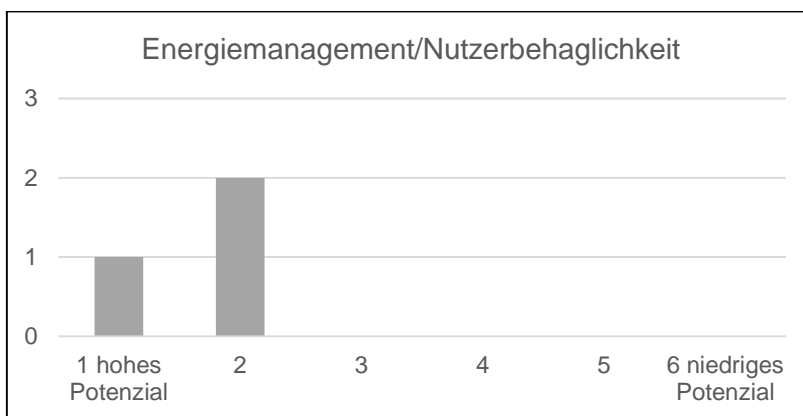


Abbildung 53: Umfrageauswertung Zukunftspotenzial

Quelle: Eigene Darstellung

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die teilnehmenden Experten in dem Dashboard das Potenzial sehen, die vorgestellten FM-Prozesse zu optimieren. Vor allem für die Anwendungsfälle aus dem Bereich des Reinigungsmanagements und Wartungsmanagements wird mit einer durchschnittlichen Bewertung von 1,3 das Optimierungspotenzial besonders hoch eingeschätzt. Das Wartungsmanagement liegt mit einer durchschnittlichen Bewertung von 2,3 leicht zurück. Insgesamt erreichen aber alle der betrachteten Anwendungsfälle positive Ergebnisse bei der Bewertung ihres Potenzials. Die positive Resonanz der Experten legt nahe, dass die Integration von

Power BI und Revit bei der Effizienzsteigerung und Entscheidungsfindung im Facility Management einen wertvollen Beitrag leisten kann. Besonders häufig wird die verbesserte Orientierung durch die Visualisierungen von 2D- und 3D-Elementen aus dem BIM-Modell hervorgehoben. Sie erlauben zudem eine verbesserte Analyse von Daten im Gesamtkontext des Gebäudes und das schnelle Erkennen von Zusammenhängen wie z.B. bei der vorgeschlagenen Einteilung der Reinigungsreviere und Organisation von Reinigungsgeräten. Insgesamt kann laut den Experten eine verbesserte Gebäudeanalyse erreicht werden, die für das FM eine Unterstützung täglicher Aufgaben darstellt.

6 Diskussion

Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass der Einsatz von Power BI in Kombination mit dem Tracer Plugin eine kostengünstige und individuell skalierbare Möglichkeit darstellt, BIM in FM Prozesse zu integrieren. Aus den Ergebnissen der Expertenbefragung geht hervor, dass sich aus der Verknüpfung von Power BI und Revit Vorteile für die Lösung täglicher FM Aufgaben ergeben und die erstellte Dashboard-Anwendung potenziell zu einer Optimierung herkömmlicher Prozesse führt. Um die Ergebnisse in den Gesamtkontext der gegenwärtigen Forschung einordnen zu können, werden im Folgenden die zentralen Erkenntnisse aus der Fallstudie zusammengefasst, deren Einschränkungen und Begrenzungen betrachtet genauso wie die Anknüpfungspunkte für künftige Forschungen. Anschließend werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes interpretiert.

6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Mithilfe des Tracer Plugins lassen sich die Stärken von BIM-Softwares und Power BI kombinieren. BIM-Modelle beinhalten, abhängig vom Detaillierungsgrad, komplexe Gebäudeinformationen. Jede im Modell hinterlegte Information lässt sich mithilfe des Tracer Plugins exportieren, in Power BI abrufen und dort in aussagekräftige Informationen überführen. Zudem ermöglicht Power BI durch seine Vielzahl an Schnittstellen die Verknüpfung weiterer Datenquellen. Hinsichtlich der Datenanbindung ist zu berücksichtigen, dass Power BI primär der Datenanalyse und -visualisierung dient und nicht über eine direkte Verbindung zum Modell verfügt. In Power BI durchgeführte Datentransformationen und angefügte Informationen werden nicht in die Datenquelle übernommen und die Aktualisierung der BIM-Daten erfolgt manuell. Die Visualisierungen, die mithilfe der Tracer Visuals von dem BIM-Modell erstellt und gezielt an die individuellen Anforderungen angepasst werden können, erlauben eine schnelle Analyse der Ausgangssituation und die Orientierung innerhalb des Gebäudes. Dieser Aspekt ist je nach Anwendungsfall von Vorteil für verschiedene Stakeholder des Facility Managements (Koordinatoren, Hausmeisterei, Dienstleister etc.). Aufgrund dieser Funktionen weist das Prototyp Dashboard das Potenzial auf, die Effizienz des Facility Managements zu steigern und herkömmliche Prozesse zu optimieren.

Den Vorteilen für die FM Praxis stehen jedoch einige Bedenken von Expertenseite hinsichtlich der Akzeptanz und des anfallenden Mehraufwandes bei der Pflege der Quelldaten gegenüber.

Voraussetzung für den gewinnbringenden Einsatz des Dashboards ist das ständige Aktualisieren der Stammdaten. Dazu gehört z.B. die Angaben von Zwischenständen oder der Fertigstellung bei der Störungsbehebung aber auch die Aktualisierung der BIM-Daten, um Anwendungen wie die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen der Reinigungsleistung zu ermöglichen.

Vor allem für die Pflege des BIM-Modells und die Übernahme von Aktualisierungen in das Dashboard sind spezifische Softwarekenntnisse erforderlich. Weiterhin werden für einen Einsatz in der Praxis geregelte Verantwortlichkeiten und die Akzeptanz der Beteiligten benötigt. Softwarekenntnisse sind außerdem für die Erstellung und Bearbeitung des Dashboards in Power BI notwendig. Die Verknüpfung der verschiedenen Datenquellen setzt ein grundlegendes Verständnis für die Strukturen und den Aufbau von Datenbanken voraus. Die Nutzeroberfläche des Bearbeitungsmodus von Power BI ist bedienerfreundlich und es lassen sich durch die Tracer Visuals ohne viele Vorkenntnisse Ansichten des BIM-Modells erstellen. Sobald jedoch Lösungen notwendig werden, die über die Standardfunktionen von Power BI hinausgehen, sind tiefergehende Kenntnisse des Programms gefordert. Beispiele dafür sind das Erstellen eigener Interaktionen oder die Optimierung der Performance der BIM-Ansichten. Die Endnutzerfläche des Dashboards hingegen zeichnet sich durch seine Anwenderfreundlichkeit aus. Es erlaubt eine intuitive Navigation ohne spezielle Softwarekenntnisse und kann dadurch von allen Beteiligten für die Analyse des Gebäudes sowie zur Planung und Organisation von FM Aufgaben genutzt werden.

6.2 Limitation der Studie

Für die Interpretation und Einordnung der Fallstudienenergebnisse sind zunächst dessen Begrenzungen zu betrachten. Zu berücksichtigen ist, dass sich die Studie auf ein Beispielgebäude einer bestimmten Nutzung (Bildungseinrichtung) bezieht und dass das erstellte Dashboard speziell auf die Anforderungen des Fallbeispiels ausgerichtet ist. Die Fallstudie liefert zwar praxisnahe und konkrete Erkenntnisse ist dadurch aber nicht vollständig übertragbar auf andere Sektoren. Um die Skalierbarkeit der BIM-Dashboard-Lösung besser beurteilen zu können, wären weitere Untersuchungen für den Einsatz in anderen Branchen oder auch größeren Gebäuden bzw. Gebäudekomplexen hilfreich.

Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass die Integration von Revit und Power BI das Potenzial bietet, Prozesse des Facility Managements zu optimieren, was durch die

Einschätzung der befragten Experten gestützt wird. Um die Frage, ob durch den Einsatz des Dashboards tatsächlich eine Prozessoptimierung erreicht werden kann, abschließend beantworten zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig. In anknüpfenden Untersuchungen könnte beispielsweise der praktische Einsatz des Dashboards über einen gewissen Zeitraum beobachtet werden, um das Erzielen einer Effizienzsteigerung zu beurteilen. Hier wäre abzuwägen, ob die erkannten Vorteile und Potenziale tatsächlich dem Zeit- und Kostenaufwand für Software Schulungen und der Stammdatenpflege überwiegen.

Darüber hinaus bleiben die Anbindungsmöglichkeit der Datenbanken verschiedener CAFM Softwares oder auch der Sensordaten zu untersuchen. Damit Power BI, wie in der Fallstudie beschrieben, die Daten der verschiedenen Quellen verknüpfen kann, ist deren Zugänglichkeit im Einzelfall zu prüfen.

Zuletzt ist die Begrenzung der Stichprobe der Expertenbefragung zu berücksichtigen. Da es sich um eine qualitative Untersuchung handelt, ist der Umfang der Stichprobe klein gehalten und auf drei Personen beschränkt. Alle Teilnehmer arbeiten im Dezernat 4 der Jade Hochschule und der Universität Oldenburg. Da sie mit den betrachteten Prozessen vertraut sind und über das notwendige Grundwissen verfügen, liefern sie im Rahmen dieser Arbeit die benötigten Erkenntnisse für die Fallstudienresultate, repräsentieren allerdings eine bestimmte Personengruppe. Um diversere Einschätzungen und Resultate zu erhalten, könnten die Studienresultate und das Potenzial des erstellten Prototyp Dashboard in anschließenden Forschungen durch weitere FM Experten mit unterschiedlichen Hintergründen validiert werden.

6.3 Interpretation und Einordnung der Resultate

Die Literatur und aktuelle Forschungen identifizieren verschiedene Potenziale und Herausforderungen des Einsatzes von BIM im FM. Mithilfe der Fallstudie lassen sich einige der im Literatur Review in Kapitel 3 erläuterten Aspekte anhand des Praxisbeispiels untersuchen und konkretisieren. Der Ansatz, Power BI zu nutzen, um BIM in das FM zu integrieren, ist bislang wenig erforscht, zeigt in der Fallstudie aber durchaus positive Aspekte und Chancen einigen der genannten Herausforderungen zu begegnen.

Die in Kapitel 3.3.2 zitierte Studie von Gao und Pishdad-Bozorgi identifiziert einige konkrete Anwendungsbereiche im FM für die das Potenzial der Effizienzsteigerung durch BIM hoch eingeschätzt wird, darunter das Wartungs- und Instandhaltungs-

management. Laut der Autoren könnten diese Bereiche des Facility Managements besonders durch die Visualisierungsmöglichkeiten profitieren. BIM erlaube eine effizientere Lokalisierung von Gebäudeanlagen und einen reduzierten Aufwand für das Verständnis der angezeigten Informationen. Diese Aussagen decken sich mit den Ergebnissen der Fallstudie. Vor allem in den Experteneinschätzungen zu den Berichtsseiten 3 und 4, auf denen die Anwendungsfälle der Störungsmeldungen und der Wartung der Feuerlöscher umgesetzt werden, wird die verbesserte Orientierung im Gebäude hervorgehoben. Weiterhin wird in verschiedenen Forschungsarbeiten der Einsatz einer BIM-IoT Integration im Zuge des Energiemanagements als aufstrebendes Forschungsthema mit großem Zukunftspotenzial für das FM herausgestellt. Die Möglichkeit, einzelne Räume und Bauteile mit verschiedenen Sensoren zu verknüpfen und in Gebäudeansichten abzubilden, wird auch in der Fallstudie untersucht. Die BIM-Visualisierungen ermöglichen eine verbesserte Analyse der aktuellen Situation und das schnelle Erkennen von Zusammenhängen. Aus der Expertenbefragung geht hervor, dass in der Anwendung Potenzial steckt, Möglichkeiten der Energieeinsparung zu identifizieren. Allerdings müssen hier mögliche personalrechtliche Konflikte und die Kosten für Ausstattung berücksichtigt werden.

Zu den Hemmnissen der Verbreitung von BIM im FM, die in verschiedenen Forschungen herausgearbeitet werden, gehören technische Herausforderungen wie die Interoperabilität zwischen BIM und CAFM Systemen. Für die Ausführung der vielfältigen FM Aufgaben werden häufig verschiedene Softwares verwendet, was dazu führt, dass die Informationen in verschiedenen Datenbanken abliegen. Im Fallbeispiel wird für das Störungsmanagement und künftig auch für das Wartungsmanagement eine CAFM Software verwendet, die Vorlesungspläne werden in einer Planungssoftware erstellt und die Sensordaten werden in eine gesonderte Datenbank eingespeist. Um dieser Herausforderung zu begegnen und die Daten der verschiedenen Quellen mit den Modelldaten verknüpfen zu können, wird in der Fallstudie Power BI eingesetzt. Auf diese Weise können die Informationen verschiedener Quellen miteinander kombiniert und an einem zentralen Ort abgebildet werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass hier eine unidirektionale Schnittstelle hergestellt wird. Als weitere Herausforderung wird der große Datenumfang von BIM-Modellen aufgeführt, die zum großen Teil konstruktive Informationen und weitere für das FM irrelevante Daten beinhalten. Das Tracer Add-

In hilft in der Studie dabei, allein relevante Daten aus dem Modell zu exportieren. Mit dessen Hilfe kann eine Vorauswahl der Revit Kategorien oder auch bestimmter Modellteile für den Datenexport ausgewählt werden. In Power BI können die Daten für die Visualisierungen weiter gefiltert und an die Anforderungen angepasst werden. Neben den technischen Herausforderungen hemmen auch kostenbezogene Herausforderungen den BIM-Einsatz im FM. Unternehmen scheuen sich vor Investitionen für Schulungen und Personalressourcen, da schwierig zu bestimmen ist, ob es über den langen Zeitraum der Betriebsphase zum Kostenausgleich kommt. Niedrigschwellige Lösungen für die Integration von BIM in das FM können dabei helfen, dieser Herausforderung zu begegnen. Für den untersuchten Lösungsansatz, BIM mithilfe von Power BI in das FM zu integrieren sind Investitionen genauso wie grundlegende Softwarekenntnisse für die Aktualisierung des BIM-Modells und die Erstellung des Dashboards unvermeidbar. Dennoch sind die geringen Softwarekosten für Power BI und das Tracer Plugin sowie deren Nutzerfreundlichkeit und die individuelle Anpassbarkeit hervorzuheben. Vor allem die Endnutzeroberfläche des Power BI Dashboards zeichnet sich durch seine Nutzerfreundlichkeit aus. Dadurch, dass das Dashboard im Internet veröffentlicht und geteilt werden kann, sind für dessen Anwendung keine Software oder Lizenzen notwendig. Es kann mobil abgerufen werden und auf diese Weise auch anderen Stakeholdern wie Dienstleistern zur Verfügung gestellt werden. Zudem erlaubt Power BI durch seine Flexibilität eine schrittweise Skalierung. Das Dashboard kann jeder Zeit um Seiten und Datenquellen ergänzt werden, um so schrittweise dessen Anwendungsbereiche zu erweitern.

Die Fallstudie zeigt, dass Power BI einen Lösungsansatz der BIM-Integration bietet, der sich einigen der identifizierten Herausforderungen stellt und ein Optimierungspotenzial der betrachteten Prozesse aufweist. Um den Weg für eine erfolgreiche und rentable Integration von BIM in das FM zu ebnen, bleiben dennoch Hemmnisse wie Investitionskosten für Software und Personalschulungen, der schwer nachzuweisende ROI und organisatorische Herausforderungen wie die frühzeitige Einbindung von Facility Manager in den BIM-Prozess sowie die Definition der Anforderungen an das BIM-Modell für einen Einsatz in der Betriebsphase.

7 Fazit

7.1 Zusammenfassung

Die Verbreitung und die ständige Weiterentwicklung von BIM-Methoden und Softwareanwendungen verändern die gesamte Baubranche. Damit BIM sein volles Potenzial entfalten kann und sich die phasenübergreifende Nutzung des zentralen Gebäudemodells durchsetzen kann, sind vor allem im Bereich des Facility Managements noch einige Hürden zu überwinden. Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen anhand konkreter Anwendungsfälle, dass das Nutzen von Informationen und geometrischen Daten des BIM-Modells das Potenzial besitzt, Prozesse im FM zu unterstützen und sie effizienter zu gestalten. Mithilfe von Power BI lassen sich die Rohdaten des Modells strukturieren, mit weiteren Datenquellen verknüpfen und in aussagekräftige Informationen und Visualisierungen überführen.

Bei der Prozessoptimierung spielen die Vorteile der Orientierung und die Möglichkeit der Verortung verschiedener Gebäudeanlagen eine wichtige Rolle. Hinzukommen die Vorteile der Bündelung verstreuter Informationen in einer zentralen Übersicht und die Möglichkeit der gezielten Abfrage von Gebäudedaten. Die Verwendung des Tracer Plugins und Power BI zeigt sich in der Fallstudie als kosten- und nutzerfreundliche Perspektive um BIM-Daten in das Facility Management zu integrieren und von den aufgezeigten Potenzialen und Vorteilen zu profitieren. Durch die Vielzahl an Schnittstellen, die Power BI bereitstellt, können die Daten verschiedener Datenbanken abgerufen und kombiniert werden, wodurch die Software ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten bietet. Voraussetzung für eine Implementierung in der Praxis ist die Entwicklung eines strategischen Konzeptes sowie die Koordination der verschiedenen Stakeholder. Damit die BIM-Dashboard-Lösung gewinnbringend eingesetzt werden kann, sollten die Verantwortlichkeiten für die Bearbeitung des Dashboards genauso wie für Aktualisierung der einzelnen Datenquellen festgelegt werden. Vor diesem Hintergrund sind die benötigten Fachkenntnisse und ggf. benötigte Schulungen des Personals zu berücksichtigen. Weiterhin sind die Zugänglichkeiten und Zugriffsrechte der Kerndaten, ggf. in Rücksprache mit Datenschutzbefragungen und der Personalabteilung, zu prüfen. Da die Anforderungen und der Informationsbedarf des Facility Managements je nach Gebäudetyp, Nutzung und Gebäudegröße variieren, ist es sinnvoll, zunächst die bestehenden Prozesse zu analysieren und aus erkannten Defiziten die Anforderungen an das Dashboard zu abzuleiten.

7.2 Ausblick

Die Potenziale, die BIM für einen Einsatz im FM bietet werden, wie die Literatur zeigt, zunehmend erkannt und weiter erforscht. Die voranschreitende Forschung hilft dabei, Hemmnisse und Herausforderungen bei der Verbreitung besser zu verstehen und Lösungsansätze zu entwickeln. Gleichzeitig leisten positive Erfahrungen aus der Praxis und das Teilen der gewonnenen Erkenntnisse einen wichtigen Beitrag dabei, ein Bewusstsein für konkrete Potenziale zu schaffen. Best Practice Beispiele von Vorreitern bieten anderen Unternehmen eine Orientierung bei der Entwicklung eigener Strategien der Implementierung und fördern die Akzeptanz und Nachfrage von BIM im FM.

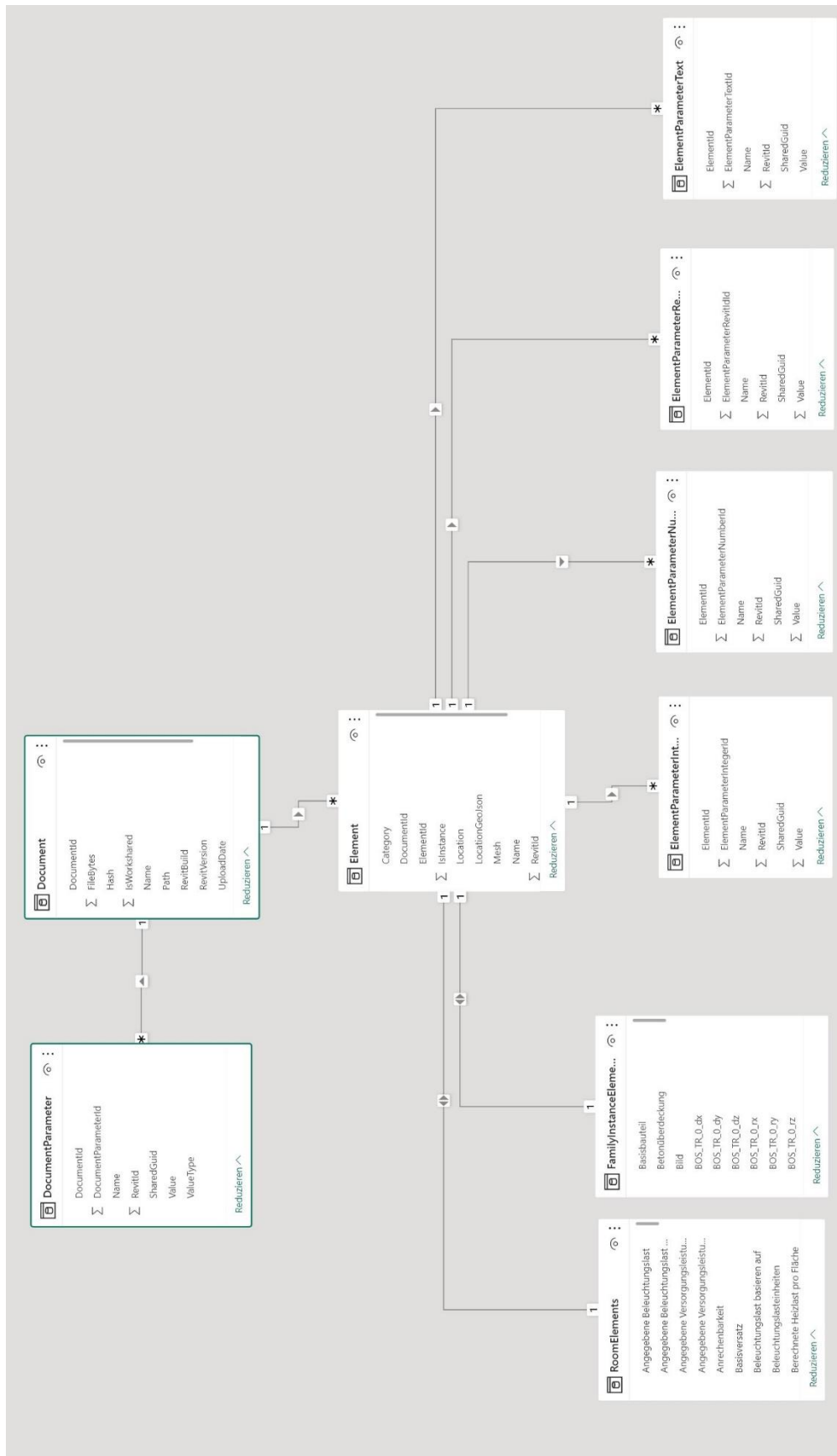
Die durchgeführte Studie zeigt, wie sich mithilfe der Integration von BIM und Power BI das Informationsmanagement unterstützen lässt und welche Potenziale der Prozessoptimierung dadurch in der Dashboard-Lösung stecken. Zudem bietet die Studie Anknüpfungspunkte für die künftige Forschung wie z.B. zum tatsächlichen Einsatz des Dashboards in der Praxis, zur Übertragbarkeit auf andere Gebäudenutzungen und -größen oder zu den Anbindungsmöglichkeiten verschiedener CAFM-Softwareanwendungen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass BIM in allen Projektphasen des Gebäudelebenszyklus vor allem aber im Facility Management noch Entwicklungspotenziale birgt. Um die Nutzung von BIM im Facility Management künftig weiter voran zu treiben und effizient zu gestalten, ist die fortlaufende Zusammenarbeit zwischen Forschung, Praxis, Normierung bzw. Richtlinienarbeit und Technologie entscheidend. Best Practice Beispiele zeigen, welche Anwendungen und Methoden sich in der Praxis bewähren und ermöglichen so die Anpassung von Normen und Leitfäden. Diese dienen wiederum als Grundlage und Unterstützung für andere Unternehmen bei der Implementierung. Ebenso können aus den Praxiserfahrungen die Anforderungen an Technologien und Software ermittelt werden, was zu deren stetigen Weiterentwicklung und Optimierung beiträgt. Die Forschung dient der Beobachtung und Analyse des aktuellen Entwicklungsstandes, der Weiterentwicklung von Lösungen und Identifizierung neuer Potenziale.

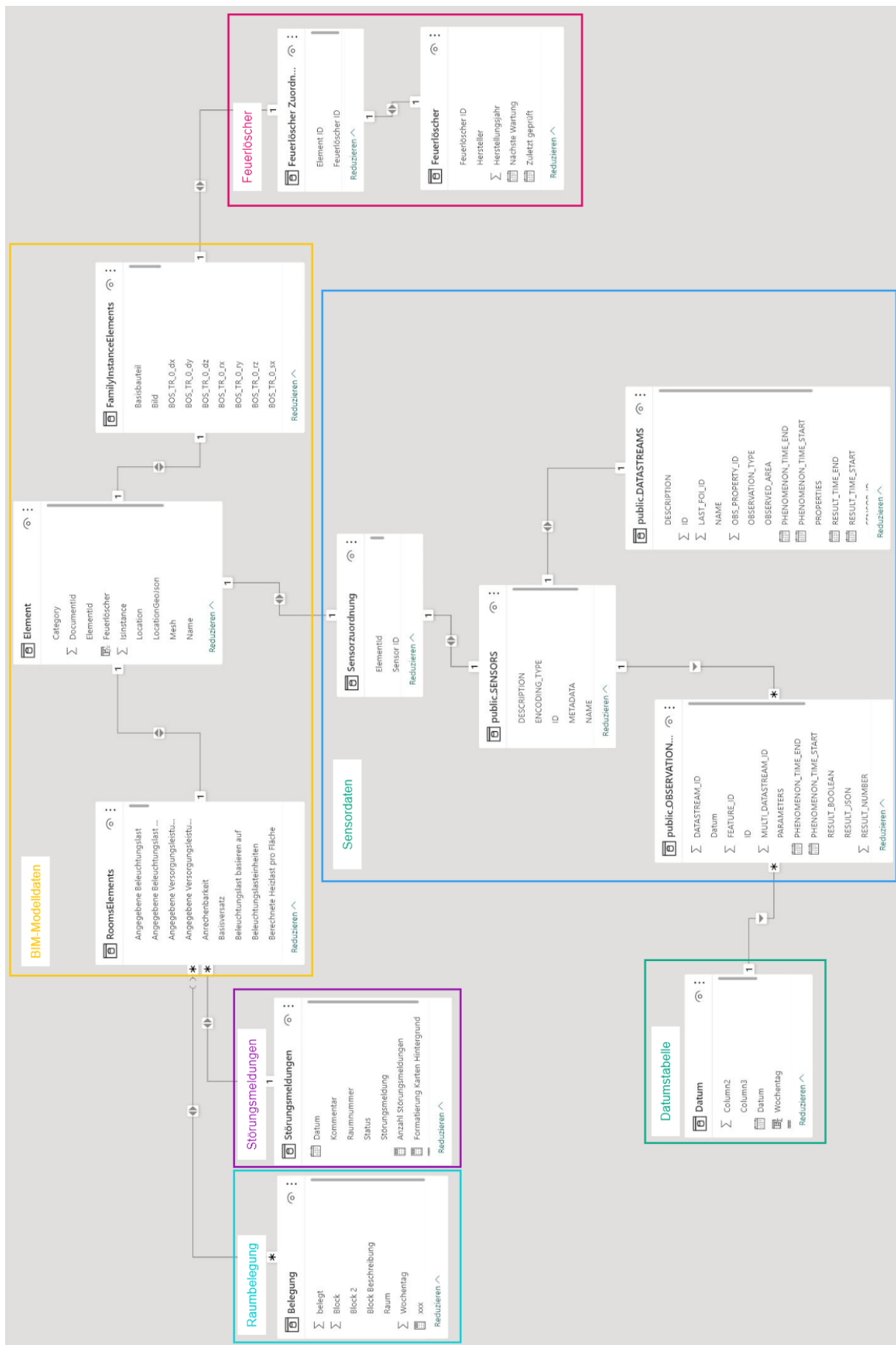
Spannend bleibt, für welche Anwendungen sich der BIM-Einsatz im FM etablieren wird, welche Technologien und Methoden sich durchsetzen und ob der Power BI-Ansatz sich in der Praxis tatsächlich bewähren kann.

Anhang

Anhang 1: Aufbau SQLite Datenbank Revit-Modell



Anhang 2: Datenmodell des Dashboards



Anhang 3: Formatierungsmöglichkeiten Tracer Visuals

2D-Formatierungsmöglichkeiten

Visualisierungen >>

Visuelles Element formatieren

Suchen

Visuelles Element Allgemein ...

> UI

> Context style ☐

▼ Data style

Style
Categorical

<Empty>
☐

Badfliesen
☐

Fliesen
☐

Linoleum
☐

Teppich
☐

↺ Auf Standardwert zurücksetzen

> Elements

> Labels ☐

> Level ☒

User Interface: Einstellungen der Zoomoptionen für den Endnutzer

Hervorheben relevanter Elemente, die zuvor als Kontext des Visuals festgelegt wurden

Festlegen von Farbzusordnungen der dargestellten Elemente nach Kategorien

Linienstärke und -farbe

Elementbeschriftung

Festlegen der Anordnung und Beschriftung der Grundrisse

3D-Formatierungsmöglichkeiten

Visualisierungen >>

Visuelles Element formatieren

Suchen

Visuelles Element Allgemein ...

▼ Rendering

Lighting
Shaded ▼

Anti-aliasing
4x ▼

Projection
Perspective ▼

↶ Auf Standardwert zurücksetzen

> Interaction

> Context style ☒

> Data style

▼ Views

Layout direction
Top-to-bottom, Left-to-right ▼

Views per page
30 ▲ ▼

Link view cameras ☒

Show label ☒

Color
■ ▼

Renderingeinstellungen

Einstellungen für die Nutzer-
interaktion: Zoom und Navigation

Hervorheben relevanter Elemente,
die zuvor als Kontext des Visuals
festgelegt wurden

Festlegen von Farbzusordnungen
der dargestellten Elemente nach
Kategorien

Einstellungen für Multiviews von
verschiedenen Modellteilen,
Kategorien, Familien etc. in
separaten Ansichtsfenstern

Anhang 4: Bewertungsbogen

Bewertungsbogen für interaktives Dashboard zum Thema BIM im FM

Vielen Dank, dass sie sich die Zeit nehmen, das Dashboard aus FM-Sicht zu bewerten.

Im ersten Teil der Befragung werden Ihnen die einzelnen Berichtsseiten des Dashboards mit den dazugehörigen Anwendungsfällen und Funktionen in Videoform vorgestellt. Im Anschluss an jedes Video ist die jeweilige Anwendung hinsichtlich ihres Potenzials für die FM-Praxis zu bewerten. Im zweiten Teil folgen allgemeine Fragen zur Nutzerfreundlichkeit und im letzten Teil soll die Funktionalität des Dashboards bewertet werden.

Besonders interessant für die Auswertung sind die Freitextfelder, die Sie gerne für Kommentare, Anregungen und Impulse nutzen können.

Das Pausieren und spätere Fortsetzen der Umfrage ist möglich, genauso wie das Vor- und Zurückblättern zwischen den einzelnen Fragen.

Die Daten werden anonymisiert in meiner Masterarbeit veröffentlicht.

Insgesamt ist eine Dauer von 30 min einzuplanen.

In dieser Umfrage sind 17 Fragen enthalten.

Dies ist eine anonyme Umfrage.

In den Umfrageantworten werden keine persönlichen Informationen über Sie gespeichert, es sei denn, in einer Frage wird explizit danach gefragt.

Wenn Sie für diese Umfrage einen Zugangsschlüssel benutzt haben, so können Sie sicher sein, dass der Zugangsschlüssel nicht zusammen mit den Daten abgespeichert wurde. Er wird in einer getrennten Datenbank aufbewahrt und nur aktualisiert, um zu speichern, ob Sie diese Umfrage abgeschlossen haben oder nicht. Es gibt keinen Weg, die Zugangsschlüssel mit den Umfrageergebnissen zusammenzuführen.

Weiter

Einführung

Die erste Berichtseite dient als Deckblatt und als Einführung für die Funktionen des Dashboards. Sie ist keinem konkreten Anwendungsfall zugeordnet und wird nicht bewertet.

Berichtsseite 1 - Raumbellegung

Seiten <> Datei Exportieren Freigeben In Teams chatten Einblicke erhalten Bericht abonnieren Bearbeiten

Raumbellegung

Bereich anzeigen/ausblenden

Anzahl Personen
25 65

Wochentag
☐ Montag
☐ Dienstag
☐ Mittwoch
☐ Donnerstag
☐ Freitag

Block (Uhrzeit)
☐ 1. Block (8:00-9:30 Uhr)
☐ 2. Block (9:45-11:15 Uhr)
☐ 3. Block (11:30-13:00 Uhr)
☐ 4. Block (14:00-15:30 Uhr)
☐ 5. Block (15:45-17:15 Uhr)
☐ 6. Block (17:30-19:00 Uhr)

Verfügbare Räume
 HB2 II-9
 HB2 II-17
 HB2 II-16
 HB2 II-15
 HB2 II-14

Auswahl aufheben

Endgeschoss
 1. Obergeschoss
 2. Obergeschoss

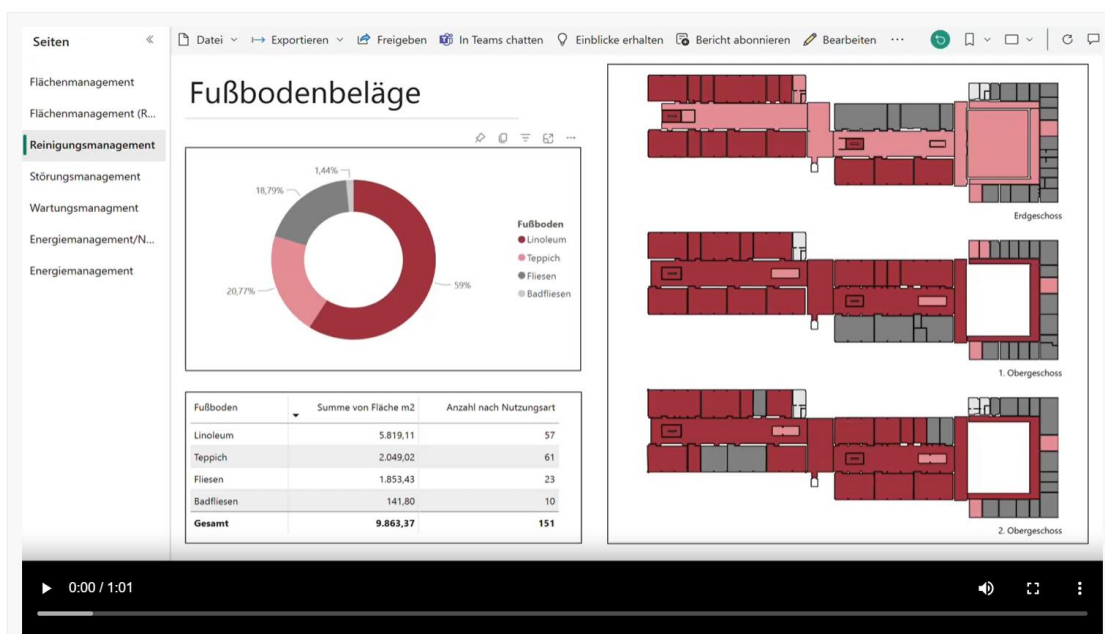
0:00 / 1:22

*Flächen Management

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Flächenmanagement (Raumbuchung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Anmerkungen:

Berichtsseite 2 - Fußbodenbeläge



★Reinigungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

★Anmerkungen:

Berichtsseite 3 - Störungsmeldungen

Seiten << Datei Exportieren Freigeben In Teams chatten Einblicke erhalten Bericht abonnieren Bearbeiten

Störungsmeldungen

Status	Anzahl Störungsmeldungen
ausstehend	3
in Bearbeitung	1
Gesamt	4

Störungsmeldung
Bitte Raum auswählen
Erfasst am
Bitte Raum auswählen
Kommentar
Bitte Raum auswählen

0:00 / 1:15

*Störungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Anmerkungen:

Berichtsseite 4 – Wartung Feuerlöscher

Seiten

Flächenmanagement
Flächenmanagement (R...
Reinigungsmanagement
Störungsmanagement
Wartungsmanagement
Energiemanagement/N...
Energiemanagement

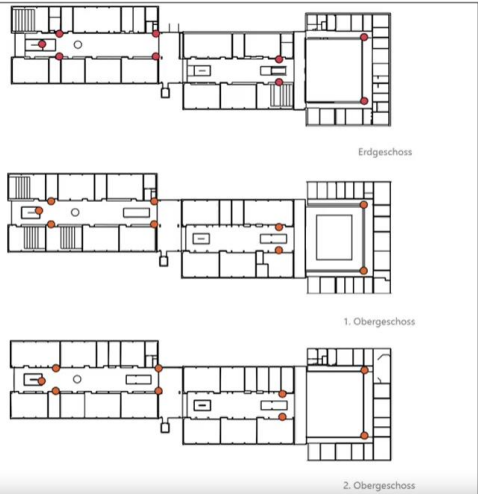
Datei Exportieren Freigeben In Teams chatten Einblicke erhalten Bericht abonnieren Bearbeiten

Wartung Feuerlöscher

Herstellungsjahr
2018
2019

Löcher geprüft am:
April 2021

Geltungsdauer bis:
April 2023



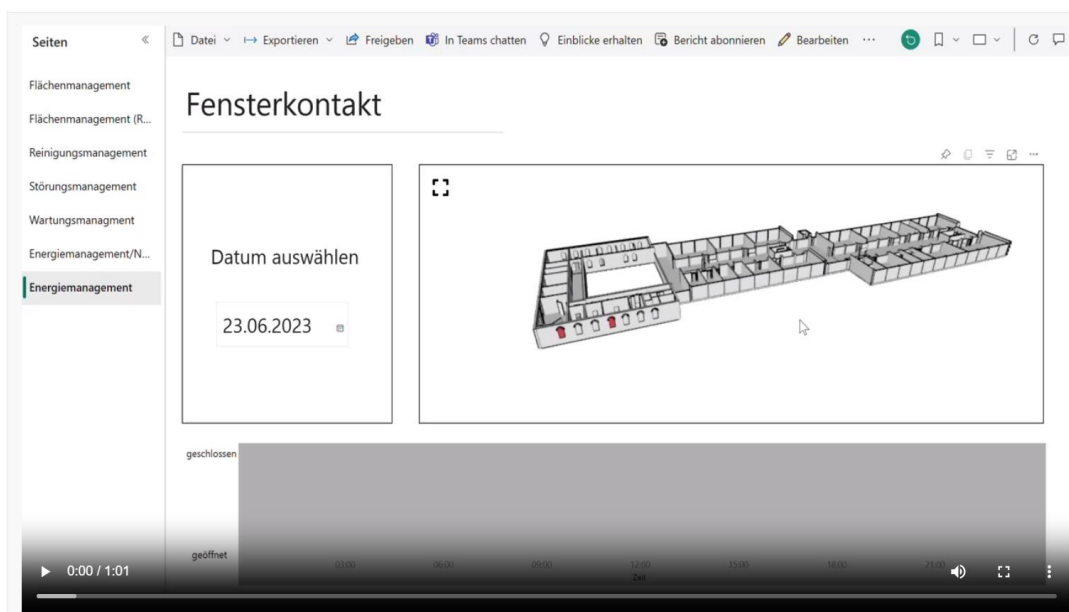
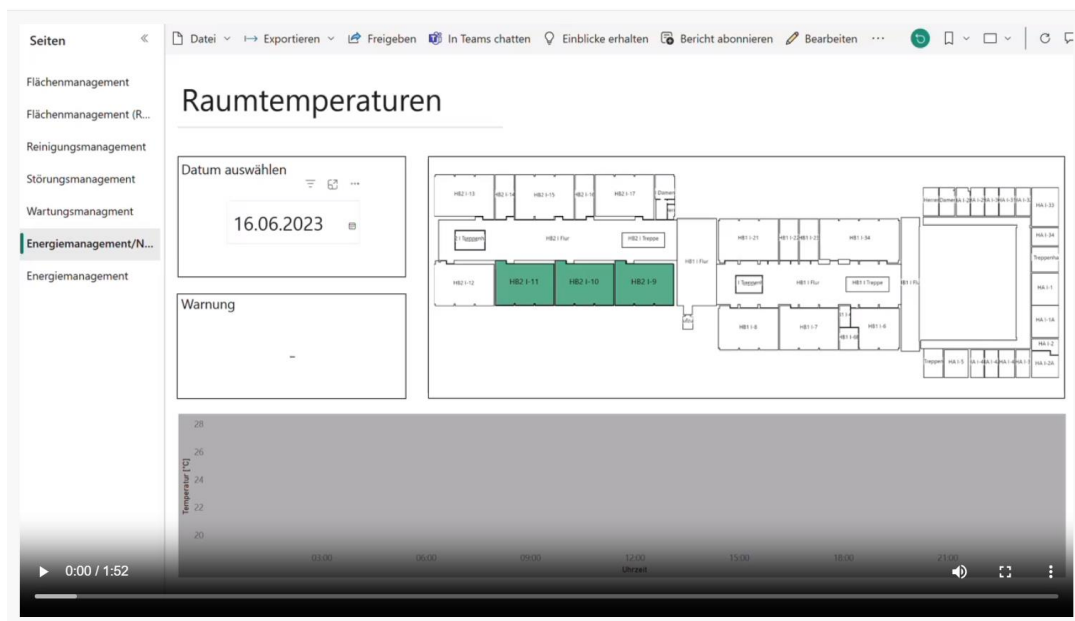
0:00 / 1:44

*Wartungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Anmerkungen:

Berichtsseite 5 und 6 – Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit



*Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Wie hoch schätzen sie das Potenzial von BIM-Anwendungen im Bereich des Energiemanagements und der Nutzerbehaglichkeit ein? Insbesondere die Möglichkeit einzelne Räume und Bauteile mit jeweiligen Sensordaten zu verknüpfen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Anmerkungen:

Nutzerfreundlichkeit

Im folgenden Abschnitt soll die Nutzerfreundlichkeit des Dashboards und der verwendeten Komponenten bewertet werden.

*Bitte einordnen

	1 intuitiv	2	3	4	5	6 kompliziert
Die Bedienung der Werkzeuge und Visualisierungen ist	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Bitte einordnen

	1 eindeutig	2	3	4	5	6 verwirrend
Die Interaktionen zwischen den Analysewerkzeugen (Filterfunktionen, Datenschnitten, etc.) und den grafischen Elementen aus dem BIM-Modell sind	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*Bitte einordnen

	1 auf schnellem Wege	2	3	4	5	6 auf umständliche Weise
Der Nutzer erhält die gewünschten Informationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen:

Funktionalität

Im folgenden Abschnitt soll die Funktionalität des Dashboards bewertet werden.

*Bitte bewerten sie, wie hilfreich die folgenden Aspekte , die sich aus der BIM-PowerBI-Verknüpfung ergeben, bei der Lösung täglicher FM Aufgaben sein könnten.

	1 sehr hilfreich	2	3	4	5	6 nicht hilfreich
Reduzierte Darstellung und reduzierte Informationsdichte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Verknüpfung verschiedener Datenquellen mit Grundrissen und Bauteilen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Möglichkeit Gebäudekomponenten schnell lokalisieren zu können	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen:

*Inwiefern verbessern die BIM-Visualisierungen die Analyse von Gebäudedaten im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen?

Anhang 5: Ergebnisse Expertenbefragung

Teilnehmer 1

Teil A: Einführung

Berichtsseite 0: Flächenmanagement

Teil B: Berichtsseite 1: Flächenmanagement (Raumbelegung)

Berichtsseite 1: Flächenmanagement (Raumbelegung)

B1. Flächen Management

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Flächenmanagement (Raumbuchung)

1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B2. Anmerkungen:

Für die Gebäudereinigung ist der beschriebene Anwendungsfall nicht relevant. Interessant wird es jedoch, wenn der Dienstleister in der Anwendung am Tag vor der Reinigung erkennen kann, welche Räume überhaupt genutzt wurden. Dieses Vorgehen würde die Einführung einer ergebnisorientierten Reinigung erleichtern, da genau festgelegt werden kann, welche Räume tatsächlich gereinigt werden müssen da sie genutzt wurden und wo auf eine Reinigung verzichtet werden kann. Voraussetzung ist natürlich ein Dienstleister, der dies dann auch organisatorisch umsetzen kann.

Teil C: Berichtsseite 2: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)

C1. Reinigungsmanagement

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)

1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C2. Anmerkungen:

Die Anwendung ist auch für den Dienstleister interessant, der den Zuschlag erhält. Mit der Gebäudetübersicht und den zugeordneten Bodenbelägen kann er die Einteilung der Reinigungsreviere verbessern und gleichzeitig schnell erkennen, ob sich in bestimmten Bereichen der Einsatz von Reinigungsmaschinen zur Bodenreinigung lohnt (z.B. bei großen, zusammenhängenden Harthodenflächen).

Teil D: Berichtsseite 3: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)

D1. Störungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D2. Anmerkungen:

Hier bleibt unklar wer die Störungen im System einträgt, der Nutzer oder das Gebäudemanagement? Interessant wird es, wenn der Gebäudeplan mit der Beauftragung an den Dienstleister geschickt werden kann, damit sich dieser in großen Liegenschaften (z.B. Uni Oldenburg, Standort Wechloy, Bauteil W01-W04) besser orientieren kann.

Teil E: Berichtsseite 4: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)

E1. Wartungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E2. Anmerkungen:

Finde ich gut, setzt aber eine Verknüpfung mit bereits vorhandenen Wartungstools voraus.

Teil F: Berichtsseiten 5 und 6: Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

F1. Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Wie hoch schätzen sie das Potenzial von BIM- Anwendungen im Bereich des Energiemanagements und der Nutzerbehaglichkeit ein? Insbesondere die Möglichkeit einzelne Räume und Bauteile mit jeweiligen Sensordaten zu verknüpfen.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

F2. Anmerkungen:

Energiemanagement ist nicht mein Thema, eröffnet aber sicher viele Möglichkeiten. Auf jeden Fall sind die Abfragemöglichkeiten für den Wachdienst interessant.

Teil G: Nutzerfreundlichkeit**G1. Bitte einordnen**

Die Bedienung der Werkzeuge und Visualisierungen ist

1 intuitiv	2	3	4	5	6 kompliziert
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G2. Bitte einordnen

Die Interaktionen zwischen den Analysewerkzeugen (Filterfunktionen, Datenschnitten, etc.) und den grafischen Elementen aus dem BIM-Modell sind

1 eindeutig	2	3	4	5	6 verwirrend
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G3. Bitte einordnen

Der Nutzer erhält die gewünschten Informationen

1 auf schnellstem Wege	2	3	4	5	6 auf umständliche Weise
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G4. Anmerkungen:**Teil H: Funktionalität****H1. Bitte bewerten sie, wie hilfreich die folgenden Aspekte , die sich aus der BIM-PowerBI-Verknüpfung ergeben, bei der Lösung täglicher FM Aufgaben sein könnten.**

	1 sehr hilfreich	2	3	4	5	6 nicht hilfreich
Reduzierte Darstellung und reduzierte Informationsdichte	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verknüpfung verschiedener Datenquellen mit Grundrissen und Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Möglichkeit Gebäudekomponenten schnell lokalisieren zu können	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

H2. Anmerkungen:

--

H3. Inwiefern verbessern die BIM-Visualisierungen die Analyse von Gebäudedaten im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen?

Erleichterung bei der Ausschreibung von Leistungen und der Einweisung von Handwerkern.

--

Vielen Dank für ihre Teilnahme!

Teilnehmer 2

Teil A: Einführung

Berichtsseite 0: Flächenmanagement

Teil B: Berichtsseite 1: Flächenmanagement (Raumbelegung)

Berichtsseite 1: Flächenmanagement (Raumbelegung)

B1. Flächen Management

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Flächenmanagement (Raumbuchung)

1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B2. Anmerkungen:

Die Darstellung der Auslastung der Seminarräume ist eine sehr gute Möglichkeit, um freie Flächenpotentiale schnell zu erkennen.
Verfügbare Räume für z.B. kurzfristige Einzelveranstaltungen können somit schneller identifiziert werden.

Teil C: Berichtsseite 2: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)

C1. Reinigungsmanagement

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)

1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C2. Anmerkungen:

Wichtig wäre eine permanente Pflege der Stammdaten. Mit aktuellen Daten würde das Dashboard eine sehr gute Datenquelle für Kostenkalkulationen darstellen.

Teil D: Berichtsseite 3: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)

D1. Störungsmanagement

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)

1 hohes Potenzial 2 3 4 5 6 niedriges Potenzial

☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

D2. Anmerkungen:

Hohes Potential, da die Aufgabenplanung und Arbeitsvorbereitung gut unterstützt werden kann. Vor allem Wegezeiten können eingespart werden.
 Nachteil: Akzeptanzprobleme könnten bei der Implementierung auftreten, da die digitale Dokumentation von Störfällen (inkl. Meldung von Zwischenständen) für die Reparaturausführenden/Hausmeisterei einen Mehraufwand bedeutet.

Teil E: Berichtsseite 4: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)

E1. Wartungsmanagement

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)

1 hohes Potenzial 2 3 4 5 6 niedriges Potenzial

☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

E2. Anmerkungen:

Besonders für die Orientierung, wo sich die Wartungsgegenstände befinden, ist das Dashboard sehr gut anwendbar.

Teil F: Berichtsseiten 5 und 6: Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

F1. Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

Wie hoch schätzen sie das Potenzial von BIM-Anwendungen im Bereich des Energiemanagements und der Nutzerbehaglichkeit ein? Insbesondere die Möglichkeit einzelne Räume und Bauteile mit jeweiligen Sensordaten zu verknüpfen.

1 hohes Potenzial 2 3 4 5 6 niedriges Potenzial

☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

F2. Anmerkungen:

Durch die grafische Darstellung lassen sich vereinfacht Rückschlüsse an das Nutzerverhalten in den einzelnen Räumen schließen. Dies birgt ein großes Potential für die Identifizierung von Energieeinsparpotentialen.

Probleme: alle Räume müssten mit entsprechender Sensorik ausgestattet werden, was hohe Kosten verursacht. Des Weiteren könnten personalrechtliche Probleme auftreten, da so das Nutzungsverhalten von personenbezogenen Räumen (Büros) überwacht werden könnte.

Teil G: Nutzerfreundlichkeit**G1. Bitte einordnen**

	1 intuitiv	2	3	4	5	6 kompliziert
Die Bedienung der Werkzeuge und Visualisierungen ist	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G2. Bitte einordnen

	1 eindeutig	2	3	4	5	6 verwirrend
Die Interaktionen zwischen den Analysewerkzeugen (Filterfunktionen, Datenschnitten, etc.) und den grafischen Elementen aus dem BIM-Modell sind	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G3. Bitte einordnen

	1 auf schnellem Wege	2	3	4	5	6 auf umständliche Weise
Der Nutzer erhält die gewünschten Informationen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G4. Anmerkungen:

Das Dashboard kann aufgrund der visuellen Aufbereitung der Daten die FM-Prozesse gut unterstützen. Das breite Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten im FM ist hervorzuheben.

Teil H: Funktionalität**H1. Bitte bewerten sie, wie hilfreich die folgenden Aspekte , die sich aus der BIM-PowerBI-Verknüpfung ergeben, bei der Lösung täglicher FM Aufgaben sein könnten.**

	1 sehr hilfreich	2	3	4	5	6 nicht hilfreich
Reduzierte Darstellung und reduzierte Informationsdichte	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verknüpfung verschiedener Datenquellen mit Grundrissen und Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Möglichkeit Gebäudekomponenten schnell lokalisieren zu können	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

H2. Anmerkungen:

--

H3. Inwiefern verbessern die BIM-Visualisierungen die Analyse von Gebäudedaten im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen?

Verbesserung der Orientierung in Gebäuden für alle Stakeholder durch 3D-Modelle, Verbesserung der Übersichtlichkeit von aufbereiteten Daten, gezieltere Abfrage von Gebäude- oder Bauteilbezogenen Informationen möglich, Unterstützungsinstrument für die Verbesserung der Ressourceneffizienz (Energie und Arbeitskraft)
--

Vielen Dank für ihre Teilnahme!

Teilnehmer 3

Teil A: Einführung

Berichtsseite 0: Flächenmanagement

Teil B: Berichtsseite 1: Flächenmanagement (Raumbelegung)

Berichtsseite 1: Flächenmanagement (Raumbelegung)

B1. Flächen Management

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Flächenmanagement (Raumbuchung)

1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B2. Anmerkungen:

gute Filterungsmöglichkeit

Teil C: Berichtsseite 2: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)

C1. Reinigungsmanagement

Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Reinigungsmanagement (Fußbodenbeläge)

1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C2. Anmerkungen:

keine

Teil D: Berichtsseite 3: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)

D1. Störungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Störungsmanagement (Störungsmeldungen)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D2. Anmerkungen:

Legende für rot und gelb könnte noch ergänzt werden

Teil E: Berichtsseite 4: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)

E1. Wartungsmanagement

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Bitte bewerten sie das Potenzial der Prozessoptimierung für den vorgestellten Anwendungsfall: Wartungsmanagement (Wartung Feuerlöscher)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E2. Anmerkungen:

Unterschiedliche Herstellungsjahre könnten unterschiedliche Farben haben

Teil F: Berichtsseiten 5 und 6: Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

F1. Energiemanagement/Nutzerbehaglichkeit

	1 hohes Potenzial	2	3	4	5	6 niedriges Potenzial
Wie hoch schätzen sie das Potenzial von BIM- Anwendungen im Bereich des Energiemanagements und der Nutzerbehaglichkeit ein? Insbesondere die Möglichkeit einzelne Räume und Bauteile mit jeweiligen Sensordaten zu verknüpfen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

F2. Anmerkungen:

Gute Hilfe für z.B. Labore mit notwendigen Klimakonstanzen

Teil G: Nutzerfreundlichkeit

G1. Bitte einordnen

Die Bedienung der Werkzeuge und Visualisierungen ist

1 intuitiv	2	3	4	5	6 kompliziert
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G2. Bitte einordnen

Die Interaktionen zwischen den Analysewerkzeugen (Filterfunktionen, Datenschnitten, etc.) und den grafischen Elementen aus dem BIM-Modell sind

1 eindeutig	2	3	4	5	6 verwirrend
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G3. Bitte einordnen

Der Nutzer erhält die gewünschten Informationen

1 auf schnellstem Wege	2	3	4	5	6 auf umständliche Weise
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

G4. Anmerkungen:

Verbindung 2D / 3D sehr gelungen

Teil H: Funktionalität

H1. Bitte bewerten sie, wie hilfreich die folgenden Aspekte , die sich aus der BIM-PowerBI-Verknüpfung ergeben, bei der Lösung täglicher FM Aufgaben sein könnten.

	1 sehr hilfreich	2	3	4	5	6 nicht hilfreich
Reduzierte Darstellung und reduzierte Informationsdichte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verknüpfung verschiedener Datenquellen mit Grundrissen und Bauteilen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Möglichkeit Gebäudekomponenten schnell lokalisieren zu können	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

H2. Anmerkungen:

sehr bedienerfreundlich

H3. Inwiefern verbessern die BIM-Visualisierungen die Analyse von Gebäudedaten im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen?

Visualisierung und Verknüpfung der Zahlen/Daten mit der Grafik überwindet Hürden und vereinfacht das Verständnis und die Analyse

Vielen Dank für ihre Teilnahme!

Literaturverzeichnis

- Abideen, D. K., Yunusa-Kaltungo, A., Manu, P. & Cheung, C. (2022). A Systematic Review of the Extent to Which BIM Is Integrated into Operation and Maintenance. *Sustainability*, 14(14).
<https://doi.org/10.3390/su14148692>. letzter Zugriff: 31. Mai 2023.
- ASTA (Juni 2010). *ASR A3.5 Raumtemperatur*.
<https://www.bing.com/ck/a?!&p=5e89c097b2cb04eeJmltdHM9MTY4OTYzODQwMCZpZ3VpZD0wMjYyNGUwMi00OGI0LTY2OWMtMDM2Yy01ZDIzNDkxZTY3M2QmaW5zaWQ9NTE4Nw&ptn=3&hsh=3&fclid=02624e02-48b4-669c-036c-5d23491e673d&psq=ASR+A3.5+Raumtemperatur&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuYmF1YS5kZS9ERS9BbmdlYm90ZS9SZWNodHN0ZXh0ZS11bmQtVGJVjaG5pc2NoZS1SZWdlbG4vUmVnZWx3ZXJrL0FTUi9BU1ltQTMtNS5odG1s&ntb=1>, letzter Zugriff: 18. Juli 2023.
- Autodesk. (2018). *Dynamo Primer*. https://primer.dynamobim.org/de/08_Dynamo-for-Revit/8-2_Selecting.html, letzter Zugriff: 24. Juli 2023.
- Ball, T. (2023). *Trends und Kultur im Facility Management: Eine moderne FM-Kultur als Antwort auf aktuelle und zukünftige Trends*.
<https://www.luenendonk.de/produkte/studien-publikationen/luenendonk-whitepaper-2023-trends-und-kultur-im-facility-management/>, letzter Zugriff: 19. Mai 2023.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C. & Beetz, J. (2021). *Building Information Modeling*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33361-4>.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (3. Februar 2015). *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)*. https://www.gesetze-im-internet.de/betrsv_2015/BetrSichV.pdf, letzter Zugriff: 27. August 2023.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (August 2000). *Gebäudemanagement: Begriffe und Leistungen* (DIN 32736). Berlin. Beuth Verlag GmbH.
<https://nautos.de/Q25/search/item-detail/DE45754459>, letzter Zugriff: 09. Mai 2023.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (Mai 2018). *Facility Management - Begriffe* (DIN EN ISO 41011:2018). Berlin. Beuth Verlag GmbH.

- <https://nautos.de/Q25/search/item-detail/DE30080392>, letzter Zugriff: 12. Mai 2023.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (August 2019). *Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM – Teil 1: Begriffe und Grundsätze* (DIN EN ISO 19650-1:2018). Berlin. Beuth Verlag GmbH. <https://nautos.de/Q25/search/item-detail/DE30080361>, letzter Zugriff: 09. Mai 2023.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V (September 2009). *Tragbare Feuerlöscher – Teil 4: Instandhaltung* (DIN 14406-4). Berlin. Beuth Verlag GmbH. <https://nautos.de/Q25/search/item-detail/DE30035308>, letzter Zugriff: 25. Juli 2023.
- Dixit, M. K., Venkatraj, V., Ostadalimakhmalbaf, M., Pariafsai, F. & Lavy, S. (2019). Integration of facility management and building information modeling (BIM). *Facilities*, 37(7/8), 455–483. <https://doi.org/10.1108/F-03-2018-0043>.
- Durdyev, S., Ashour, M., Connelly, S. & Mahdiyar, A. (2022). Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management. *Journal of Building Engineering*, 46, 103736. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103736>.letzter Zugriff: 27. Mai 2023.
- Feuerschutz Jockel GmbH & Co. KG. (2023). *Lebensdauer von Feuerlöschern*. <https://www.jockel.de/lebensdauer-von-feuerloeschern/>, letzter Zugriff: 28. Juli 2023.
- Gao, X. & Pishdad-Bozorgi, P. (2019). BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. *Advanced Engineering Informatics*, 39, 227–247. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.01.005>.letzter Zugriff: 29. Mai 2023.
- Geschäftsstelle BIM, im Amt für Bundesbau, Rheinland-Pfalz. (September 2021). *Masterplan BIM für Bundesbauten: Erläuterungsbericht*. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2021/10/masterplan-bim.pdf;jsessionid=BA100CF59399F0BC4821BB09B107503E.1_cid364?__blob=publicationFile,. letzter Zugriff: 08. Juni 2023.
- Harode, A., Ensafi, M. & Thabet, W. (2022). Linking BIM to Power BI and HoloLens 2 to Support Facility Management: A Case Study Approach. *Buildings*, 12(6), 852. <https://doi.org/10.3390/buildings12060852>.letzter Zugriff: 14. Mai 2023.

- Jade Hochschule. (2023a). *Mängel-Mitteilung*. <https://www.jade-hs.de/unsere-hochschule/organisation/zentrale-bereiche/verwaltung/dezernat-4-gebaeudemanagement/maengel-mitteilungen/>, letzter Zugriff: 15. Juli 2023.
- Jade Hochschule. (2023b). *Vorlesungs- und Raumpläne der Fachbereiche*. <https://www.jade-hs.de/veranstaltungsplaene/>, letzter Zugriff: 17. Juli 2023.
- Kadcha, Y., Legmouz, D. & Hajji, R. (2022). An integrated BIM-Power BI Approach for Data Extraction and Visualization. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-4/W4-2022, 67–73. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W4-2022-67-2022>.letzter Zugriff: 12. Mai 2023.
- Kaiser, C., Nusser, J. & Schrammel, F. (2018). *Praxishandbuch Facility Management*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19314-0>.
- Kroll, M. (2017, 14. Juni). *Brandschutzkonzept*.
- Lackes, R. (2018, 19. Februar). *Definition: Business Intelligence*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/business-intelligence-29438>, letzter Zugriff: 14. Mai 2023.
- Land Niedersachsen, vertreten durch das Niedersächsische Landesamt für Bau und Liegenschaften. (o.D.). *Das Staatliche Baumanagement Niedersachsen vor Ort*. https://www.nlbl.niedersachsen.de/startseite/uber_uns/die_sieben_bauamter/das-staatliche-baumanagement-niedersachsen-vor-ort-157231.html, letzter Zugriff: 16. Juli 2023.
- Liu, H., Abudayyeh, O. & Liou, W. (2020, 11. September). BIM-Based Smart Facility Management: A Review of Present Research Status, Challenges, and Future Needs. In P. Tang, D. Grau & M. E. Asmar (Hrsg.), *Construction Research Congress 2020* (S. 1087–1095). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784482865.115>.
- May, M. (2018). *CAFM-Handbuch*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21357-2>.
- May, M., Krämer, M. & Schlundt, M. (2022). *BIM im Immobilienbetrieb*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36266-9>.

- Microsoft. (2023a). *Office 365*. <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/enterprise/office365-plans-and-pricing?market=de>, letzter Zugriff: 08. August 2023.
- Microsoft. (2023b). *Power BI Preise*. <https://powerbi.microsoft.com/de-de/pricing/>, letzter Zugriff: 08. August 2023.
- Nävy, J. (2018). *Facility Management: Grundlagen, Informationstechnologie, Systemimplementierung, Anwendungsbeispiele* (5. Auflage). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56230-7>.
- Proving Ground LLC. (2020). *Some element meshes are not appearing in Power BI*. <https://apps.provingground.io/docs/tracer-v1-0-documentation/troubleshooting/some-element-meshes-are-not-appearing-in-power-bi/>, letzter Zugriff: 28. Juli 2023.
- Rodrigues, F., Alves, A. D. & Matos, R. (2022). Construction Management Supported by BIM and a Business Intelligence Tool. *Energies*, 15(9), 3412. <https://doi.org/10.3390/en15093412>.letzter Zugriff: 14. Mai 2023.
- Schön, D. (2016). *Planung und Reporting*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-08009-9>.
- Tsay, G. S., Staub-French, S. & Poirier, É. (2022). BIM for Facilities Management: An Investigation into the Asset Information Delivery Process and the Associated Challenges. *Applied Sciences*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/app12199542>.
- Volm, M. (2021, 16. Dezember). *BIM-Studie 2021: Die zentralen und wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick*. <https://bimsystems.de/de/bim-studie-2021>, letzter Zugriff: 07. August 2023.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: BIM Level und Dimensionen	6
Abbildung 2: Aufbau IoT System	10
Abbildung 3: Schema Zusammenspiel CAFM, BIM, IoT	12
Abbildung 4: Anzahl veröffentlichter Artikel zum Thema BIM im FM pro Jahr	14
Abbildung 5: Informationsverluste in den einzelnen Lebenszyklusphasen	16
Abbildung 6: Stufenweise Einführung von BIM für Bundesbauten.....	18
Abbildung 7: Gebäudeteile Hauptgebäude Jade Hochschule.....	25
Abbildung 8: Schema der verwendeten Software	26
Abbildung 9: Datenhierarchie Revit Element	27
Abbildung 10: Grafische Elemente BPMN	29
Abbildung 11: Beispiel Matrixfrage	30
Abbildung 12: Abfrage Semesterpläne	31
Abbildung 13: Prozessdiagramm Überprüfung Raumbelegung.....	31
Abbildung 14: Prozessdiagramm Ausschreibung Fußbodenreinigung	32
Abbildung 15: Prozessdiagramm - Erfassung von Störungsmeldungen.....	33
Abbildung 16: Formular Schadensmitteilung	34
Abbildung 17: Prozessdiagramm - Wartung der Feuerlöscher	35
Abbildung 18: Geometrieoptionen	38
Abbildung 19: Tracer Exportoptionen	38
Abbildung 20: Datenimport Navigator	39
Abbildung 21: Schema Datenanbindung in Power BI	40
Abbildung 22: Datenanbindung Raumbelegung	41
Abbildung 23: Berichtsseite 1 - Raumbelegung.....	42
Abbildung 24: Berichtsseite 1 - Raumbelegung (gefiltert).....	42
Abbildung 25: Berichtsseite 2 - Fußbodenbeläge	43
Abbildung 26: Berichtsseite 2 - Fußbodenbeläge (gefiltert)	44
Abbildung 27: Datenanbindung Störungsmeldungen	44
Abbildung 28: Berichtsseite 3 - Störungsmeldungen	45
Abbildung 29: Berichtsseite 3 - Störungsmeldungen (gefiltert)	46
Abbildung 30: Datenanbindung Feuerlöscher.....	47
Abbildung 31: Berichtsseite 4 - Wartung Feuerlöscher.....	47
Abbildung 32: Berichtsseite 4 - Wartung Feuerlöscher (gefiltert).....	48
Abbildung 33: Datenanbindung Sensordaten	49

Abbildung 34: Berichtsseite 5 - Raumtemperatur	49
Abbildung 35: Berichtsseite 5 - Raumtemperatur (gefiltert)	50
Abbildung 36: Berichtsseite 6 - Fensterkontakt	51
Abbildung 37: Berichtsseite 6 - Fensterkontakt (gefiltert)	51
Abbildung 38: Berichtsvorlage Dateneingabe	54
Abbildung 39: 3D-Visual Datenschnitt einzelner Modellteile	56
Abbildung 40: 3D-Visual Datenschnitt einzelner Modellteile (gefiltert)	56
Abbildung 41: Fehlermeldung 3D-Darstellung	57
Abbildung 42: Interaktion 2D-Ansicht Datenschnitt	58
Abbildung 43: Umfrageauswertung Nutzerfreundlichkeit 1	59
Abbildung 44: Umfrageauswertung Nutzerfreundlichkeit 2	60
Abbildung 45: Umfrageauswertung Nutzerfreundlichkeit 3	60
Abbildung 46: Umfrageauswertung Funktionalität 1	61
Abbildung 47: Umfrageauswertung Funktionalität 2	62
Abbildung 48: Umfrageauswertung Funktionalität 3	62
Abbildung 49: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 1	63
Abbildung 50: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 2	64
Abbildung 51: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 3	65
Abbildung 52: Umfrageauswertung Prozessoptimierung 4	65
Abbildung 53: Umfrageauswertung Zukunftspotenzial	66

Selbstständigkeitserklärung



Name: Ernstorfer
Vorname: Elena
Matrikelnummer: 2022457

Erklärung gemäß § 24 (5) Allgemeiner Teil (Teil A) der Prüfungsordnung für die Master-Studiengänge (MPO) an der Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth in der Fassung der Bekanntmachung vom 09. Februar 2005 (VkBl. Nr. 38/2005), zuletzt geändert am 21.10.2014 (VkBl. Nr. 56/2014 vom 24. November 2014)

Die Master-Arbeit ist

- ☒ eine Einzelarbeit.
☐ eine Gruppenarbeit zusammen mit der/dem Studierenden:

_____.

Ich versichere hiermit, die Master-Arbeit

- ☐ bei einer Gruppenarbeit den/die Teil(e)

selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben.

21.08.2023, Oldenburg

(Ort, Datum)

E. Ernstorfer

(Unterschrift Studierende/r)