

Metadaten und Prozessmodelle für Open BIM in der TGA

J. Murschetz, M. Monsberger,
S. Hauer, C. Urschler, M. Ziegler,
G. Brandauer, H. Asmera, C. Eichler

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

37/2021

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in
dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik
Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Metadaten und Prozessmodelle für Open BIM in der TGA

DI Julian Murschetz, Univ.-Prof. DI Dr. Michael Monsberger
Institut für Bauphysik, Gebäudetechnik und Hochbau – TU Graz

Stefan Hauer M.Sc.
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI(FH) Christoph Urschler M.Sc.
TBH Ingenieur GmbH

Dr. Manuel Ziegler M.Sc., DI DI(FH) Georg Brandauer
ALLPLAN GmbH

DI Hannes Asmera, DI Christoph Eichler
tbw solutions ZT GesmbH

Graz, Juni 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

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

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

DI Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Kurzfassung | 7 |
| 2 | Abstract | 9 |
| 3 | Ausgangslage | 11 |
| | 3.1. Motivation für das Projekt metaTGA..... | 11 |
| | 3.2. Status Quo bei der BIM-Modellierung von TGA | 12 |
| | 3.3. Zielsetzung des Projekts metaTGA..... | 12 |
| | 3.4. Stand der Technik / Stand des Wissens | 13 |
| 4 | Projekthalt | 16 |
| | 4.1. Der metaTGA-Modellierungsprozess..... | 16 |
| | 4.1.1. Anforderungen an TGA-Modelle | 17 |
| | 4.1.2. Informationsbeschaffung für TGA-Modelle..... | 18 |
| | 4.1.3. Strukturierung der TGA-Metadaten | 19 |
| | 4.1.4. Implementierung und Praxiserprobung in Pilotstrecken | 21 |
| | 4.2. TGA-Prozessmodelle | 23 |
| 5 | Ergebnisse | 27 |
| | 5.1. Metadaten für BIM in der TGA | 27 |
| | 5.2. Prozessmodelle für BIM in der TGA..... | 29 |
| | 5.3. Validierung anhand von Pilotstrecken | 32 |
| | 5.4. Leitfaden „Metadaten und Prozessmodelle für openBIM in der TGA“ | 33 |
| | 5.5. Beitrag des Projekts zu den Gesamtzielen des Programms „Stadt der Zukunft“ | 34 |
| 6 | Schlussfolgerungen | 37 |
| 7 | Ausblick und Empfehlungen | 42 |
| 8 | Verzeichnisse | 43 |

1 Kurzfassung

Digitale Technologien werden von der Europäischen Kommission als wesentliche Voraussetzung für die Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele des „Green Deals“ gesehen, insbesondere auch in der Bau- und Immobilienwirtschaft. Die Technische Gebäudeausrüstung (TGA) spielt in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle. Faktoren wie die Energieeffizienz und Nutzungsqualität von Gebäuden oder der Einsatz erneuerbarer Energien werden wesentlich durch die Qualität der Planung und Ausführung gebäudetechnischer Gewerke sowie den Betrieb gebäudetechnischer Systeme beeinflusst. Der Einsatz von Building Information Modeling (BIM) stellt einen fundamentalen Technologiesprung in der Baubranche dar, der mittel- bis langfristig Auswirkungen auf alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette der Bauwirtschaft haben wird. Gut ausgeführte TGA-Modelle sind essenziell für eine erfolgreiche BIM-Modellierung und tragen daher maßgeblich zum Erfolg eines BIM-basierten Bauprojekts und der Qualität des Bauwerks bei. Der aktuelle Entwicklungsstand zeigt, dass sich offene BIM-Datenmodelle im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) in einem Entwicklungsstadium befinden, in dem eine umfassende lebenszyklusorientierte Anwendung in der Praxis erst eingeschränkt möglich ist. Dies ist jedoch eine wichtige Voraussetzung, dass die Anwendung der BIM-Methodik ihr volles Potential entfalten und damit zur Erreichung der gesetzten Ziele im Bereich zukunftsfähiger Gebäude beitragen kann.

Die übergeordnete Zielsetzung des Forschungsprojekts bestand deshalb darin, einen Beitrag zur Steigerung der Qualität und Tiefe von Metadaten in BIM-Modellen für die TGA zu leisten und damit zur Stärkung des openBIM-Ansatzes in diesem Bereich beizutragen. Dafür wurden eine Methodik zur systematischen und strukturierten Erfassung und Abbildung von Metadaten in Form von Merkmalen (Attributen) von TGA-Komponenten und -Systemen entwickelt sowie Prozessmodelle, welche die Anwendung der entwickelten Methoden im openBIM-Prozess zeigen. Aufgrund ihrer Relevanz für das nachhaltige Bauen wurden schwerpunktmäßig Heizungssysteme auf Basis erneuerbarer Energietechnologien sowie Lüftungssysteme betrachtet. Die aktive Einbindung von Stakeholdern zur adäquaten Berücksichtigung von deren Anforderungen sowie die breite Dissemination der Projektergebnisse waren weitere wichtige Zielsetzungen im Projekt.

Um diese Zielsetzungen zu erreichen, wurde im Forschungsprojekt metaTGA ein universeller Prozess entwickelt, um Metadaten zu erstellen und anzuwenden. Dieser Prozess wurde im Wesentlichen in vier Teilprozesse aufgegliedert: Anforderungsdefinition, Informationsbeschaffung, Metadatenstrukturierung bzw. Phasenmodellierung und Anwendung im BIM-Projekt. Im Zuge der beispielhaften Umsetzung dieses Prozesses im Rahmen des Forschungsprojekts wurden für ausgewählte TGA-Komponenten erforderliche Merkmale und Phasenmodelle (Metadaten) erstellt. Auf Basis dieser Metadaten wurden Prüfregelein für die Qualitätskontrolle abgeleitet. Des Weiteren wurden alle betrachteten Vorgänge als Prozessmodelle mittels Business Process Model and Notation (BPMN) dokumentiert. Mit diesen BPMN-Prozessmodellen wird dargelegt, wie TGA-Komponentenmodelle für openBIM-Anwendungen aufgebaut und genutzt werden können. Die Evaluierung der entwickelten Metadaten und Prozessmodelle erfolgte im Rahmen von Pilotprojekten und wurde wissenschaftlich begleitet. Auf diese Weise war eine Einschätzung der Praktikabilität der entwickelten Ansätze möglich.

Im Verlauf des Projekts wurden für die 56 Komponenten aus der Heizungs- und Lüftungstechnik Metadaten und Phasenmodelle erstellt und in einem Datenbanksystem zur weiterführenden Verarbeitung und Anwendung im Rahmen von openBIM-Projekten abgebildet. Die Komponenten im Bereich Heizungstechnik umfassten die erneuerbaren Energietechnologien Wärmepumpe, Solarthermie und

Biomasse. Über 800 strukturierte Attribute ermöglichen eine detaillierte Modellierung gesamter Heizungs- und Lüftungsstrecken. Darüber hinaus wurden für die bearbeiteten TGA-Komponenten PrüfregeIn für die Validierung der Modelle entwickelt. BPMN-Modelle wurden sowohl für den Prozess der Erfassung und Abbildung von Metadaten als auch für den Prozess der Anwendung in openBIM-Projekten erstellt. Die entwickelten Methoden sowie die im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung und des Evaluierungsprozesses gewonnenen Erkenntnisse wurden in einem Leitfaden in Form einer Broschüre zusammengefasst. Der Leitfaden sowie die ausgearbeiteten Metadatenätze und BPMN-Prozessmodelle wurden mit Abschluss des Forschungsprojekts veröffentlicht.

Aus erhaltenen Rückmeldungen im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung sowie im Zuge der durchgeführten Disseminationsaktivitäten kann geschlossen werden, dass ein beträchtliches Potential für die weitere Verwertung im Sinne eines Aufgreifens der Projektergebnisse bei den adressierten Stakeholder-Gruppen besteht. Dies bestätigen auch die Erfahrungen der im Projekt beteiligten Unternehmenspartner, die bereits während der Projektlaufzeit die Projektergebnisse im Unternehmen bei der Gestaltung von BIM-Prozessen und BIM-Projekten einsetzen konnten und dies auch zukünftig tun werden. Die gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass die Verwendung der Ergebnisse des metaTGA-Projekts zu einem deutlich verbesserten internen Ablauf beitragen bzw. können die Projektergebnisse genutzt werden können, um Projektpartner bzw. AuftraggeberInnen hinsichtlich der Möglichkeiten von openBIM-Prozessen zu sensibilisieren. Durch die entwickelten Modelle können BIM-Prozesse besser verstanden und innerhalb des Unternehmens sowie im Rahmen von Projekten besser strukturiert und vermittelt werden. Die entwickelten Prozesse haben universellen Charakter, womit die entwickelten Methoden auch in anderen Domänen im Bauwesen aufgegriffen werden können. Die ausgearbeiteten Metadaten für die im Projekt betrachteten TGA-Komponenten können außerdem als Anhaltspunkt für eine zukünftige Ausarbeitung weiterer Komponenten dienen. Zukünftige Forschungsaktivitäten sollten auf die Automatisierung einzelner Teilschritte der entwickelten Prozesse abzielen, um manuelle Bearbeitungsschritte zu reduzieren sowie auf die Abbildung der ausgearbeiteten Metadaten auf Use-Cases. Auch können die Projektergebnisse von Fachgremien im Bereich der Standardisierung aufgegriffen und zur Weiterentwicklung offener BIM-Standards verwendet werden.

2 Abstract

The European Commission sees digital technologies as a key to achieving the “Green Deal” goals, especially in the construction sector. MEP (mechanical, electrical, plumbing) systems play an important role in this context. Aspects such as energy efficiency, quality of use or the use of renewable energy are strongly influenced by the quality of the design, installation and operation of MEP systems. The use of Building Information Modeling (BIM) represents a fundamental technological leap in the construction business that will affect all players along the value chain in the medium to long term. Properly designed MEP models are crucial to successful BIM modeling and hence to the success of BIM-based construction projects and to the overall design quality of buildings. The state of the art shows that a continuous lifecycle-oriented application is hardly achievable with available openBIM data models of MEP components and systems. However, this is important in order to exploit the full potential of the BIM methodology and to help to achieve the goals in the building sector.

The overall objective of the research project was therefore to contribute to increase the quality and depth of metadata in BIM models for MEP and thus to strengthen the openBIM approach in this area. For this purpose, the project team developed a method which enables the systematic and structured compilation and mapping of MEP metadata by means of properties as well as process models, which show the application of the developed methods in openBIM projects. A particular focus was put on renewable heating technologies (heat pumps, solar heat and biomass) as well as on ventilation systems. These technologies are important for sustainable building designs. Active involvement of stakeholders in the identification of practical requirements was an important goal of this project, as was the broad dissemination of the project results.

In order to achieve these goals, a universal process for compiling and applying metadata has been developed in this research project. This process is divided into four parts: Requirements definition, metadata harvesting, structuring of metadata and phase modeling as well as application in BIM projects. By implementing this process in the metaTGA project, properties and project phase information (metadata) were developed for selected MEP components. Model checking rules for quality assurance were subsequently developed on this basis. In addition, the Business Process Model and Notation (BPMN) standard was used to model the investigated processes. The process models show how MEP components can be created and used in openBIM. The developed metadata and process models were evaluated in two pilot projects and the evaluation process was monitored by the scientific project partners. This enabled the project team to assess the practical applicability of the developed approaches.

Metadata for 56 heating and ventilation system components were developed and implemented in a database system for further application in openBIM projects. The selected heating system components included the following renewable energy technologies: heat pumps, solar thermal systems and biomass boilers. More than 800 structured properties facilitate the detailed BIM modelling of entire heating and ventilation systems. In addition, rules for automatic model checking were implemented for the components. BPMN models were implemented for the process of harvesting and mapping metadata as well as for the application of the data in openBIM projects. The main findings of the stakeholder process and the pilot application were summarized in a guideline. The guideline as well as the developed metadata and BPMN models were published after completion of the.

From the feedback received during the stakeholder process and dissemination activities, it can be concluded that there is considerable potential for the future practical application of the project results.

Experience gained by the commercial project partners during the pilot application of the developed methods confirm this potential. These partners will continue to use the project results in the future. The application of the developed methods and metadata lead to improved internal processes and help to sensitize clients to the possibilities of openBIM. Furthermore, the use of the developed models leads to a better understanding of BIM processes in companies and facilitates the communication of BIM processes in projects. The processes developed are of universal nature and can therefore also be applied to other areas of the construction sector. The implemented metadata of the selected MEP components can serve as a starting point for the development of further components. Future research should aim at the automation of individual process steps in order to reduce the need for manual processing and also at applying the metadata in specific use cases. The project results can also be used by standardization committees to further develop BIM standards.

3 Ausgangslage

3.1. Motivation für das Projekt metaTGA

Mit dem Green Deal wurde von der Europäischen Kommission (2019) die Zielsetzung beschlossen, bis 2050 die Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null zu reduzieren. Es obliegt den EU-Mitgliedsländern, die Ziele des Green Deals mit nationalen Initiativen zu erreichen. Eine wichtige Stellschraube zur Zielerreichung ist der Gebäudesektor. Allein die Beheizung und Klimatisierung von Gebäuden war in Österreich 2019 nach Angaben der Statistik Austria (2020) für rund 27 % des österreichischen Endenergiebedarfs verantwortlich. Der Megatrend „Digitalisierung“ wird in diesem Zusammenhang von der Europäische Kommission (2019) als wesentliche Säule zur Realisierung ihrer Ziele gesehen: „Digitale Technologien sind eine entscheidende Voraussetzung für die Verwirklichung der Nachhaltigkeitsziele des Grünen Deals in vielen verschiedenen Sektoren.“

Die Digitalisierung des Gebäudesektors durch Methoden wie Building Information Modeling (BIM) beeinflusst mittel- bis langfristig die Arbeit aller AkteurInnen entlang der Wertschöpfungskette der Bau- und Immobilienwirtschaft. Die technische Gebäudeausrüstung (TGA) ist ein integraler und wesentlicher Bestandteil von Bauprojekten. Faktoren wie die Energieeffizienz und Nutzungsqualität von Gebäuden oder der Einsatz erneuerbarer Energien werden wesentlich durch die Qualität der Planung und Ausführung gebäudetechnischer Gewerke sowie den Betrieb gebäudetechnischer Systeme beeinflusst. Gerade in TGA-Gewerken ist der Entwicklungsstand von BIM allerdings noch nicht so weit fortgeschritten wie in anderen Bereichen der Baubranche, beispielsweise der Architektur.

Gut ausgeführte TGA-Modelle sind essenziell für eine erfolgreiche BIM-Modellierung und tragen daher maßgeblich zum Erfolg eines BIM-basierten Bauprojekts bei (Kessoudis & Akita, 2015; Pikart, 2015). Eine umfassende und über mehrere Projektphasen hinweg durchgängige Weiterentwicklung und Anwendung von BIM-Modellen der technischen Gebäudeausrüstung ist in diesem Zusammenhang ebenso wichtig wie die Forcierung offener BIM-Standards gemäß des openBIM-Ansatzes.

Die Motivation zur Durchführung des Forschungsprojekts metaTGA war daher, Methoden und Modellinhalte zu entwickeln, die es ermöglichen, die Qualität der Modellierung von TGA-Komponenten in BIM-Projekten zu steigern und damit einen Beitrag zur Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft sowie zur Erreichung der Treibhausgasneutralität des Gebäudesektors zu leisten.

3.2. Status Quo bei der BIM-Modellierung von TGA

Die Digitalisierung des Bau- und Immobiliensektors wurde in den letzten Jahren stetig vorangetrieben. Building Information Modeling (BIM) ist in der Branche in zunehmenden Maße etabliert und entwickelt sich kontinuierlich zum „Stand der Technik“ in Hoch-, Tief- bzw. Infrastrukturbauprojekten. Vor diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahren Best-Practice-Projekte lanciert. Viele dieser Projekte wurden vorrangig als closedBIM-Projekte umgesetzt, da eine konsistente und datenverlustfreie BIM-Modellierung innerhalb proprietärer Datenformate (closedBIM) in der Regel einfacher möglich ist. Begründet ist diese bis dato in vielen Projekten gelebte Praxis darin, dass der offene Datenaustausch über die Industry Foundation Classes (IFC) Schnittstelle (openBIM) mit Mehraufwänden zur Minimierung von Datenverlusten behaftet ist (Steininger, 2018), was auch in den Studien von Kovacic et al. (2013) und Von Both et al. (2013) gezeigt wurde. Informationsverluste werden in der Regel durch zweierlei Ursachen ausgelöst: Zum einen durch unzureichende Import- bzw. Exportfunktionen unterschiedlicher Softwareanbieter (van Treeck et al., 2016) und zum anderen durch unzureichende Merkmaltiefe offener BIM-Standards wie IFC (Castell-Codesal & Frantzen, 2015). Insbesondere im Bereich der TGA sind standardisierte Merkmaltiefen in offenen Standards in der Regel noch nicht so ausgeprägt wie z.B. im Bereich Architektur. Gerade in der TGA-Planung sind jedoch offene Datenschnittstellen sowie die Interoperabilität zwischen Softwarewerkzeugen von Bedeutung, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen. Eine wichtige Voraussetzung für einen offenen Datenaustausch sind einheitliche Datenmodelle bzw. einheitliche Modellierungs- und Prozessstandards.

Speziell in der TGA ist es somit wichtig, dass offene Austauschformate wie IFC weiterentwickelt werden und TGA-Komponenten mit Merkmalen für die Anwendung über den gesamten Lebenszyklus anwendungsgerecht ausgestattet werden. Das Forschungsprojekt metaTGA fokussiert daher auf die effiziente und lebenszyklusorientierte Anwendung von TGA-Modellen in openBIM-Prozessen.

3.3. Zielsetzung des Projekts metaTGA

Das Ziel des Forschungsprojekts metaTGA bestand darin, eine Methodik für die Entwicklung detaillierter BIM-Modellinhalte (Metadaten) in Form von Attributen (Merkmalen) und Phasenmodellen (d.h. Festlegung, in welcher Projektphase ein Attribut relevant ist und welcher Projektakteur für das Attribut verantwortlich ist) für die Beschreibung und Modellierung von TGA-Systemen zu entwickeln. Zudem wurden Prozessmodelle für die strukturierte Datenerhebung und -integration sowie deren Anwendung in Projekten entwickelt. Dazu wurden schwerpunktmäßig Heizungssysteme auf Basis der erneuerbaren Heizungstechnologien Wärmepumpe, Solarthermie und Biomasse sowie Lüftungssysteme betrachtet. Diese Technologien leisten einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Bauen. Aufgrund ihrer Bedeutung müssen diese Technologien ein integraler Bestandteil offener BIM-Standards im Bauwesen zur digitalen Beschreibung von Gebäuden und deren Systeme sein. Die im Forschungsprojekt entwickelten TGA-Metadaten und Prozessmodelle wurden im Rahmen von zwei Pilotprojekten mit einer wissenschaftlichen Begleitung evaluiert. Die Projektergebnisse wurden in einem TGA-BIM-Leitfaden in Form einer Broschüre publiziert. Der Adressatenkreis der Ergebnisse umfasst alle Stakeholder eines Bauprojekts wie beispielsweise BauherrInnen, TGA-PlanerInnen, ArchitektInnen, TGA-Ausführende sowie Facility ManagerInnen. Außerdem spielen die Projektergebnisse für TGA-Komponentenhersteller eine Rolle, insbesondere

für Hersteller der im Projekt schwerpunktmäßig betrachteten erneuerbaren Heizungs- bzw. Lüftungstechnologien, da diese BIM-Modelle ihrer Komponenten in hoher Qualität verfügbar machen müssen. Diese Aspekte spiegeln sich in den drei folgenden übergeordneten Projektzielen wider:

- **Steigerung der Qualität und Tiefe von Metadaten in BIM-Modellen für die technische Gebäudeausrüstung (TGA)**
Es wurden Metadaten für ausgewählte TGA-Komponenten für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes erhoben, strukturiert und für die Anwendung in openBIM-Projekten aufbereitet. Dazu wurden beispielhaft Heizungssysteme auf Basis erneuerbarer Energietechnologien sowie Lüftungssysteme betrachtet.
- **Aktive Einbindung von Stakeholdern zur Abbildung der Anforderungen von Projektakteuren hinsichtlich der TGA-Modellierung in einem openBIM-Projekt**
Stakeholder wurden kontinuierlich mittels Interviews, Workshops und im Rahmen technischer Zusammenarbeit ins Projekt metaTGA eingebunden, um eine hohe praktische Relevanz und Akzeptanz der Projektergebnisse zu erreichen.
- **Stärkung des openBIM-Ansatzes im Bereich TGA**
Es wurden Prozessmodelle entwickelt, welche die metaTGA-Methodik zur Erstellung detaillierter Metadaten sowie deren Anwendung in openBIM-Projekten beschreiben. Diese Prozessmodelle vermitteln einen Überblick über BIM-Prozesse und helfen Stakeholdern bei der Etablierung von openBIM im Unternehmen.

3.4. Stand der Technik / Stand des Wissens

BIM umfasst die Erstellung und Verwaltung von digitalen Bauwerksmodellen (BIM-Modellen), welche die physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beschreiben. BIM-Modelle bestehen im Idealfall über alle Lebensphasen eines Bauwerks, vom Konzept bis zum Rückbau. Über den gesamten Lebenszyklus werden diese Modelle von den verschiedenen Projektbeteiligten modifiziert und aktualisiert. Sie dienen als verlässliche Grundlage für alle Entscheidungen, welche im Laufe des Lebenszyklus eines Bauwerks zu treffen sind (NIBS, 2015). In jeder Projektphase werden Dokumente und Modelle, die den Entstehungsprozess des Gebäudes reflektieren, von beteiligten ProjektakteurInnen generiert. Grundsätzlich wird bei der Anwendung von BIM zwischen dem closedBIM- und openBIM-Ansatz differenziert, welche nach Hausknecht & Liebich (2016) wie folgt charakterisiert werden können:

- **closedBIM** – proprietäres System:
Die AuftraggeberIn, GeneralplanerIn oder GeneralunternehmerIn gibt die zu verwendende BIM-Software vor, die von allen Projektbeteiligten zu verwenden ist.
- **openBIM** – offenes System:
Die Auswahl der BIM-Software kann von den Projektakteuren frei gewählt werden. Für den Austausch des digitalen Gebäudemodells werden offene Schnittstellen bzw. neutrale Austauschformate eingesetzt.

Die TGA umfasst eine Vielzahl von verschiedenen Gewerken mit unterschiedlichen fachlichen Qualifikationen wie beispielsweise die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik,

Starkstromelektrotechnik oder die Gebäudeautomation. Dementsprechend existiert eine Vielzahl an gebäudetechnischen Berechnungs- und Modellierungsprogrammen, welche die unterschiedlichen Gewerke unterstützen (Hausknecht & Liebich, 2016). In closedBIM-Projekten ist die Interoperabilität zwischen den Planungs- und Berechnungstools der verschiedenen Fachgewerke durch ein proprietäres Datenaustauschformat entsprechend der gewählten Softwareinfrastruktur gegeben. Für die Interoperabilität von Softwaretools unterschiedlicher Anbieter wird ein herstellerunabhängiges BIM-Datenformat benötigt. Aus diesem Grund wurde der internationale IFC (Industry Foundation Classes) Standard ins Leben gerufen, der von buildingSMART¹ vorangetrieben wird und im ISO EN 16739 Standard genormt ist.

Das offene IFC-Format stellt eine wesentliche Grundlage für openBIM dar, da die Informationen eines digitalen Gebäudemodells softwareneutral beschrieben und ausgetauscht werden können (Niedermaier & Bäck, 2018). Viele namhafte Softwarehersteller haben ihre BIM-Software bereits mit IFC-Schnittstellen ausgestattet. Das IFC-Format ist für den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden konzipiert, weshalb der Standard sehr umfangreich und mächtig ist. In den verschiedenen Projektphasen über den Lebenszyklus werden unterschiedliche Informationen aus dem IFC-Modell benötigt. Darum wurden sogenannte „Model View Definitions (MVD)“ entwickelt, welche Untermengen eines IFC-Gesamtmodells darstellen und einen bedarfsorientierten Datenaustausch ermöglichen. IFC beschreibt Objekte wie z.B. Wände, Heizkörper etc. über Attribute, die in Property-Sets gruppiert sind. Im Gegensatz zu TGA-Komponenten sind bautechnische und architektonische Komponenten bereits sehr umfassend in IFC-Modellen abgebildet. Trotz der TGA-spezifischen Ergänzungen in IFC beim Versionsupgrade von IFC2x3 auf IFC4 besteht weiterhin Entwicklungspotenzial im Bereich der TGA. Der Umstand, dass TGA-Komponenten, insbesondere für erneuerbare Energien (bspw. Wärmepumpen), in IFC nur sehr allgemein definiert sind, bestätigt die Relevanz der in Abschnitt 3.3 beschriebenen Projektziele. Eine wesentliche Voraussetzung für einen reibungslosen Austausch von digitalen Gebäudedatenmodellen bilden einheitliche bzw. standardisierte Bezeichnungen und Beschreibungen von Bauteilen in jeder Projektphase. Zu diesem Zweck wurde in Österreich der ASI-Merkmalserver² entwickelt. Dieser ist ein wichtiger Bestandteil der österreichischen BIM-Norm ÖNORM A 6241-2. Diese Norm wurde 2015 vom Austrian Standards Institute in zwei Teilen herausgegeben:

- ÖNORM A 6241-1: Digitale Bauwerksdokumentation, Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) - Level 2
- ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation, Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM
- Weiter Teile dieser Norm (Teil 3 und Teil 4) befinden sich derzeit in der Entwicklungsphase.

Der ASI-Merkmalserver ist kompatibel mit dem Building Smart Data Dictionary (bSDD). Dieses offene Klassifizierungssystem für das Bauwesen dient der einheitlichen Beschreibung von Bauteilen, Materialien und deren Merkmalen. Durch den analogen Aufbau können die beiden Systeme miteinander verknüpft und Begrifflichkeiten in einen internationalen Kontext gestellt werden. Zur

¹ <https://www.buildingsmart.org/>

² <https://www.freebim.at/>

vollständigen Beschreibung von Systemen und Komponenten unter Berücksichtigung der österreichischen Rahmenbedingungen werden am ASI-Merkmalserver zusätzliche Merkmale definiert.

In Deutschland wird vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) bereits in Auszügen die 11-teilige Richtlinie VDI-2552 herausgegeben. Mit dieser Richtlinienreihe werden internationale Standardisierungsansätze in nationale Richtlinien umgesetzt. Auf Europäischer Ebene werden BIM-Regelwerke von der Arbeitsgruppe CEN/TC 442 des European Committee for Standardization bearbeitet.

Für das Erreichen der metaTGA-Projektziele profitierte das Projektteam von eigenen Vorarbeiten und Projekten. In den Projekten ECOShopping³, ADA-EEE⁴ und EEPOS⁵ konnten bereits Erfahrungen mit der Sammlung und Anwendung von Metadaten für Gebäudemodelle gesammelt werden. Im Projekt BIM4BEMS⁶ zeigte sich der große Nutzen von über verschiedene Projektphasen hinweg nutzbaren Informationen. Das Projekt BIM für Holzbau lieferte wertvolle Erfahrungswerte für die Strukturierung von Metadaten in Datenbanken.

³ Energy efficient & Cost competitive retrofitting solutions for Shopping buildings

⁴ Advanced Data Analytics for Energy Efficiency

⁵ Energy management and decision support systems for Energy Positive neighbourhoods

⁶ Building Information Modeling for Building Energy Management Systems

4 Projektinhalt

Um die in Kapitel 3 dargelegten Ziele zu erreichen, wurde im Forschungsprojekt metaTGA ein universeller Prozess zur Erfassung, Strukturierung und Anwendung von Metadaten für TGA-Komponenten für openBIM-Projekte entwickelt (metaTGA Modellierungsprozess). Der Gesamtprozess wurde detailliert ausgearbeitet und mittels des Business Process Model Notation (BPMN) Standards modelliert. Dabei wurde zwischen einem „Entwicklungsprozess“ und einem „Anwendungsprozess“ unterschieden. Der Entwicklungsprozess beschreibt die Herangehensweise von der einmaligen Erhebung bis hin zur maschinenlesbaren Abbildung von Metadaten in einem Datenbanksystem, während der Anwendungsprozess die Anwendung dieser Metadaten im Projektkontext zeigt. Ein wichtiger Schwerpunkt des Projekts lag in der konkreten Ausarbeitung von Metadatenätzen für TGA-Komponenten entsprechend der im Projekt entwickelten Prozesse. Insgesamt wurden Metadaten für 56 TGA-Komponenten entwickelt, wobei der Schwerpunkt bei Heizungssystemen auf Basis der erneuerbaren Heizungstechnologien Wärmepumpe, Solarthermie und Biomasse sowie bei Lüftungssystemen lag, da dies wichtige Zukunftstechnologien im Kontext des nachhaltigen Bauens sind. Die Erstellung von Prüfregeleln zur automatisierten Modellprüfung war ein integraler Bestandteil dieser Entwicklungsarbeiten. In den folgenden Abschnitten sind die im Forschungsprojekt gewählten Vorgehensweisen und Methoden zur inhaltlichen Bearbeitung der Projektziele dargelegt.

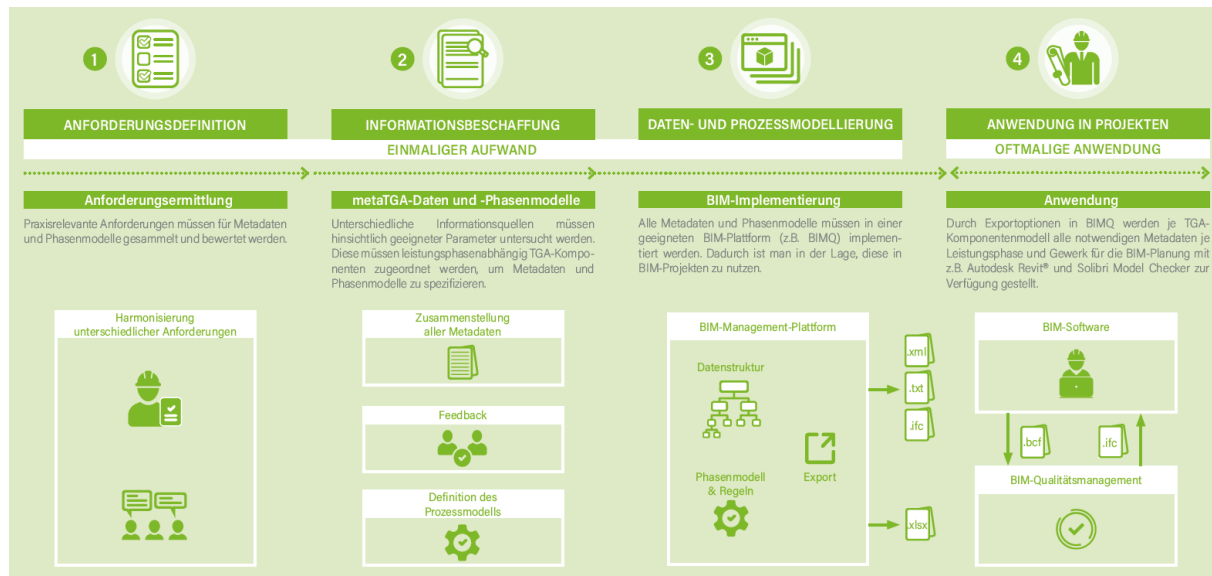
4.1. Der metaTGA-Modellierungsprozess

Der entwickelte metaTGA-Modellierungsprozess gliedert sich in vier Teilprozesse:

- die Anforderungsdefinition,
- die TGA-Informationsbeschaffung,
- die Metadatenstrukturierung und Phasenmodellierung und
- die eigentliche Anwendung in einem BIM-Projekt.

Abbildung 1 zeigt schematisch diese vier aufeinanderfolgenden Teilprozesse, die für die Erstellung von Metadaten für TGA-Komponenten notwendig sind. Der Prozess ist universell konzipiert, womit er auch für andere Domänen des Bauwesens herangezogen werden kann.

Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des metaTGA-Modellierungsprozesses (in Anlehnung an Hauer et al., 2020)



4.1.1. Anforderungen an TGA-Modelle

Der erste Schritt des metaTGA-Modellierungsprozesses zielt darauf ab, die für die Entwicklung von BIM-TGA-Modellen notwendigen Grundlagen und Anforderungen zu erheben und zu definieren. Dieser Schritt ist einmalig durchzuführen und kann mittels Fachgesprächen mit erfahrenen MitarbeiterInnen im Unternehmen sowie mit einschlägigen externen FachexpertInnen durchgeführt werden. Dieser Herangehensweise entsprechend wurden im Zuge des metaTGA-Projekts in einer ersten großen Stakeholder-Befragung (mit bis zu 40 TeilnehmerInnen aus ca. 20 unterschiedlichen Unternehmen aus der Baubranche) Anforderungen an BIM-TGA-Modelle aus Sicht der Praxis diskutiert und spezifiziert. Durch diese Herangehensweise ist auch der notwendige Praxisbezug sichergestellt. Die nachfolgend aufgelisteten Erkenntnisse der leitfadengeführten Fachgespräche bildeten eine wesentliche Basis für die weiterführenden Arbeiten im Projekt:

- Das Phasenmodell soll spezifizieren, welche Informationen wann, von wem und in welcher Form zur Verfügung gestellt werden müssen, um z.B. den Planungsprozess zu unterstützen.
- Die BIM-Modelle sollen so konzeptioniert werden, dass deren Wartung und Aktualisierung in der Inbetriebnahme- und Betriebsphase möglich ist.
- Die as-built-Modelle sollen Wartungs- und Prüfinformationen beinhalten oder mindestens darauf verweisen können.
- Das Phasenmodell soll den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes oder des TGA-Systems umfassen.
- Die Metadaten sollen nach Möglichkeit je Leistungsphase definiert werden.
- Die Metadaten sollen ausschreibungsrelevante Daten beinhalten.
- Die Metadaten sollen so konzeptioniert werden, dass sie einerseits gering in der Größe sind, andererseits jedoch alle notwendigen Parameter beinhalten, z.B. Einsparungspotenzial in der geometrischen Darstellung, Möglichkeit, auf Datenblätter zu verweisen, etc.
- Die Metadaten sollen die Möglichkeit bieten, auch weiterführende Bereiche zu unterstützen, beispielsweise Energiesimulation, Produktprüfung etc.

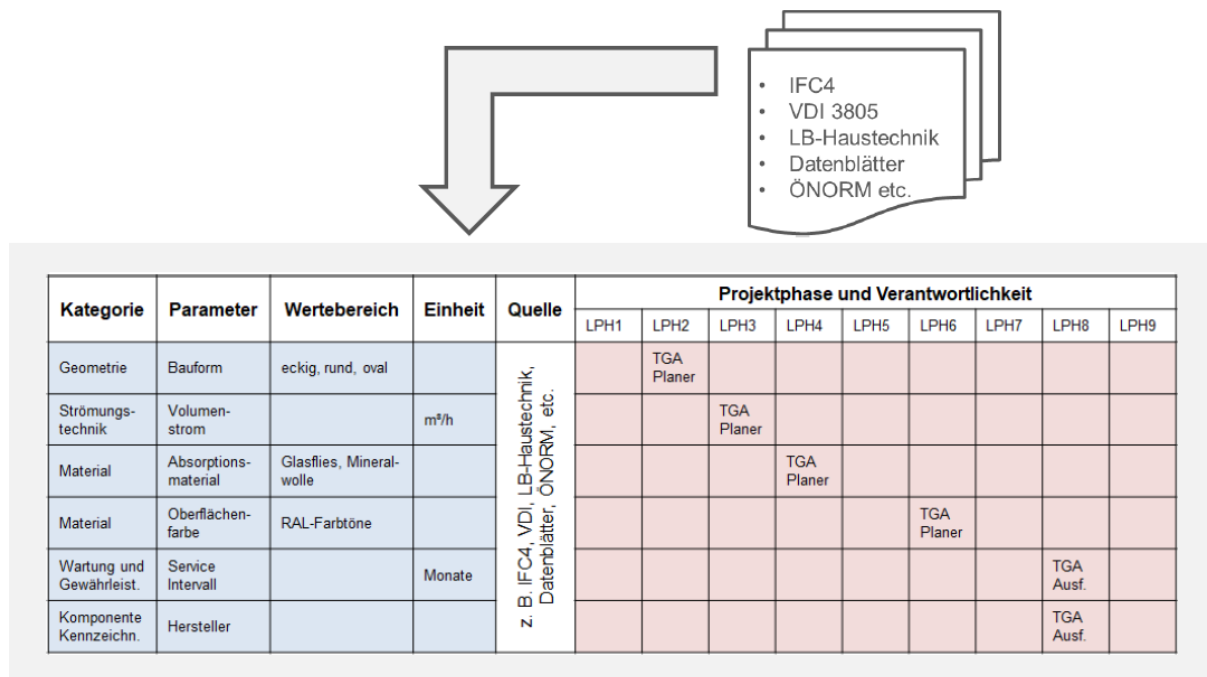
- Die Bezeichnungen der Attribute sollen eindeutig sein, d.h. wenig bis kaum Interpretationsspielraum in der Bedeutung bieten.

Diese Punkte stellen somit Anforderungen an die zu entwickelnden Metadaten für die BIM-Modellierung von TGA-Komponenten im Rahmen des Projekts dar. Die Metadaten können in weiterer Folge für die Ausarbeitung von Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP) herangezogen werden. AIA und BAP sorgen in einem BIM-Projekt unter anderem dafür, dass das BIM-Modell alle erforderlichen Attribute beinhaltet. buildingSMART Austria bietet Templates⁷ für diese Dokumente an. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass AIAs und BAPs immer projektspezifisch gestaltet werden können bzw. sollten.

4.1.2. Informationsbeschaffung für TGA-Modelle

In einem zweiten Schritt werden für die Lebenszyklus-Phasen eines Gebäudes Attribute für die abzubildenden TGA-Komponenten definiert, wie Abbildung 2 vereinfacht zeigt. Die Attribute werden auf Basis der in Schritt 1 (Abschnitt 4.1.1.) erhobenen Anforderungen und unter Einbeziehung weiterer Informationsquellen identifiziert und bilden die Grundlage für die TGA-Metadaten.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Informationsbeschaffung (Monsberger et al., 2020)



Im Zuge des Projekts metaTGA wurden für die Attribut-Identifikation neben den Informationen aus den ExpertInnen-Interviews und Stakeholder-Workshops weitere wichtige Informationsquellen herangezogen, wie relevante Normen und Richtlinien (z.B. VDI 3805, komponentenspezifische ÖNORMEN etc.), Industry Foundation Classes (IFC) in der Version 4 Add2, die Standardleistungsbeschreibung für Haustechnik (LB-HT) sowie Produktdatenblätter unterschiedlicher

⁷ <https://www.buildingsmart.co.at/muster-aia-und-muster-bap/>

TGA-Komponenten-Hersteller. Ziel war es, eine möglichst umfassende Beschreibung der TGA-Komponenten über den gesamten Lebenszyklus (mit Ausnahme des Rückbaus) eines Gebäudes zu ermöglichen. Für jede TGA-Komponente konnte somit ein Satz von Attributen (Sets) identifiziert werden, der für die weitere Bearbeitung in einzelnen Tabellen zusammengefasst wurde (blaue Seite in Abbildung 2).

Diese Sets enthalten unter anderem folgende Informationen: den Attributnamen, die Attributkategorie, die Attributeinheit und den Wertebereich sowie, falls vorhanden, das äquivalente IFC-Property. Wenn diese Eigenschaften bereits im Informationsbeschaffungsprozess berücksichtigt werden, ist man bei der nachfolgenden Implementierung wesentlich effizienter.

Jedem Attribut wird ein verantwortliches Gewerk (in Anlehnung an die Projektbeteiligten nach ÖNORM A 6241-2) und eine Leistungsphase nach LM.TA (Lechner & Heck, 2017) zugeordnet, in der das Attribut vom verantwortlichen Gewerk mit einem Wert zu versehen ist. Dieses Phasenmodell (rote Seite in Abbildung 2) bestimmt somit für jedes Attribut einer Komponente, zu welchem Zeitpunkt im gesamten Lebenszyklus es von welchem Projektbeteiligten erstmalig definiert werden muss. Dies stellt bei der kollaborativen Projektarbeit sicher, dass es klare Verantwortlichkeiten z.B. je Planungsphase gibt, was dazu beiträgt, den Abstimmungsaufwand zu verringern und dadurch auch das Fehlerpotenzial zu reduzieren. Die viel genannten Reibungsverluste aufgrund fehlender Zuständigkeit können damit minimiert werden.

Um das Ziel der Praxisrelevanz zu erfüllen, wurden die Metadaten und Phaseninformationen im Zuge der metaTGA-Stakeholder-Beteiligung (externen) FachexpertInnen zur Validierung vorgelegt. Diese begutachteten die Vollständigkeit und die richtige Zuordnung der Rollen bzw. Phasen jedes Attributes. In redaktionellen Sitzungen wurde das Feedback der ExpertInnen gesammelt, geprüft und anschließend in den finalen Datensatz übernommen.

4.1.3. Strukturierung der TGA-Metadaten

Der dritte Schritt des metaTGA-Modellierungsprozesses besteht darin, die gesammelten Attribute in einer geeigneten Datenbank abzubilden. Einerseits wird dadurch das Datenhandling bei der Parametrierung und Anwendung der TGA-Komponenten erleichtert, andererseits werden auch BIM-Workflows (Metadaten, Planungsabläufe, Zusammenarbeit im Team etc.) unterstützt. Im Projekt metaTGA wurde für diesen Zweck in Kooperation mit buildingSMART Austria (bSAT) und AEC3⁸ das System BIMQ als „projektspezifischer Merkmalsserver“ herangezogen. BIMQ ermöglicht die Realisierung der Anforderungen des Projekts metaTGA auf Basis folgender Funktionalitäten:

- Definieren von Anforderungen für eine BIM-Modellierung,
- Anlegen von Rollen und Leistungsphasen,
- Definition eines Datenpools an Attributen für eine BIM-Modellierung,
- deren Zuordnung zu unterschiedlichen Komponenten,
- Verschränkung der Attribute mit Leistungsphasen und Rollen und

⁸ <https://www.bimq.de/>

- Exportieren aller notwendigen Informationen in unterschiedlichen Formaten, um in BIM-Werkzeugen damit arbeiten zu können.

Damit konnte in einem nächsten Schritt mit der Abbildung der im Rahmen des Projekts erhobenen bzw. entwickelten Metadaten und Phasenmodelle für die betrachteten TGA-Komponenten begonnen werden. Dazu wurden zunächst die definierten Attribute der betrachteten Komponenten in Form eines Datenpools integriert, welcher in einem weiteren Schritt vereinheitlicht, strukturiert und mit dem IFC-Standard (im metaTGA Projekt IFC4.2 Add2) gemappt werden musste. Unabhängig vom Softwaresetup ist dies eine zwingende technische Voraussetzung für eine korrekte und fehlerfreie Handhabung von Attributen in Datenbanksystemen. Attribute mit gleicher Bedeutung, aber unterschiedlichem Wortlaut müssen vereinheitlicht werden, damit jedes Attribut nur einmal als „eindeutiges“ Attribut vorkommt. Aus Softwaresicht wird somit sichergestellt, dass Attribute nur einmal im Stammdatensatz (einer Datenbank) vorkommen, jedoch beliebig unterschiedlichen Komponenten zugewiesen werden können. Schon bei der Informationsbeschaffung bzw. der Bearbeitung durch mehrere Personen sollte darauf geachtet werden, dass es bei der Attributdefinition nicht zu Unterschieden bei der Benennung kommt. Nomenklaturen aus einschlägigen Normen können bei der Attributbenennung unterstützend herangezogen werden. Abhängig von der Anzahl an Attributen wird empfohlen, diese Analyse softwareunterstützt durchzuführen. Nichtsdestotrotz wird sich ein gewisser manueller Aufwand zum Finalisieren der Ergebnisse nicht vermeiden lassen. Für die teilautomatisierte Analyse des Datenpools wurden im Projekt Matlab-Skripts verwendet.

Nach diesem Vorbereitungsschritt erfolgte die eigentliche Definition der Komponenten im Datenbanksystem, wie in Abbildung 3 ersichtlich. Jeder TGA-Komponente wurden sowohl Attribute aus dem definierten einheitlichen Datenpool als auch die Information, in welcher Leistungsphase die Attribute von welchem Projektakteur (Gewerk) erstmalig zu bestimmen sind, zugewiesen. Des Weiteren wurden Prüfredeln für das Model-Checking im Zusammenhang mit den Metadaten erarbeitet. Dazu wurde im Projekt der Solibri-Model-Checker (SMC) eingesetzt. Systeme wie BIMQ bieten in der Regel zwei grundlegende Varianten der Attributzuweisung: Zum einen mittels direkter Eingabe (z.B. über ein Web-Frontend) und zum anderen durch Upload via Templates (zumeist *.xlsx, *.csv, *.txt). Obwohl die Bearbeitung von Anforderungen über z.B. eine Webeingabe grundsätzlich sehr einfach möglich ist, empfiehlt es sich speziell bei einer großen Anzahl von Attributen, die Komponentenzuordnung via Import durchzuführen, da diese Variante höchste Flexibilität erlaubt.

Abbildung 3: Strukturierung von Metadaten im Datenbanksystem BIMQ

| metaTGA Lüftung Abgabe (metaTGA Lüftung) | IFC | LPH.3 | G_HKLS | LPH.4-G_HKLS | LPH.5-G_HKLS | LPH.6-G_HKLS |
|--|-------------------------------|-------|--------|--------------|--------------|--------------|
| Deflektorhaube | IfcAirTerminal.* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Drallauslass | IfcAirTerminal.* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lüftungsgitter | IfcAirTerminal.* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Schlitzauslass | IfcAirTerminal.* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Tellerventil | IfcAirTerminal.* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Allgemein_IFC_metaTGA | Mset_Allgemein_IFC_metaTGA | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Allgemein_metaTGA | Mset_Allgemein_metaTGA | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Klappen_metaTGA | Mset_Klappen_metaTGA | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Komponenten_alle_IFC_metaTGA | Mset_Komponenten_alle_IFC_m | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Komponenten_alle_metaTGA | Mset_Komponente_alle_metaTG | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Lüftung_Abgabe_IFC_metaTGA | Mset_Lüftung_Abgabe_IFC_met | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Lüftung_Abgabe_metaTGA | Mset_Lüftung_Abgabe_metaTGA | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Anschlussdurchmesser | #.Anschlussdurchmesser | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Durchlassserie | #.Durchlassserie | - | - | ✓ | ✓ | ✓ |
| Strömungsgeschwindigkeit in der Aufent | #.Strömungsgeschwindigkeit in | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Werkstoff | #.Werkstoff | - | - | ✓ | ✓ | ✓ |
| Mset_Lüftung_IFC_metaTGA | Mset_Lüftung_IFC_metaTGA | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Wetterschutzgitter | IfcAirTerminal.* | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

TGA-Komponenten (rot umrandet)

Attribute (rot umrandet)

Gewerk Leistungsphase (rot markiert)

4.1.4. Implementierung und Praxiserprobung in Pilotstrecken

Im Rahmen der Implementierung und Praxiserprobung in Pilotprojekten wurden die im Projekt entwickelten Metadaten und Methoden gemäß Schritt 4 des metaTGA-Modellierungsprozesses evaluiert. Die Evaluierungsergebnisse wurden im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung dokumentiert.

Ein wichtiges Ziel der Evaluierung bestand darin, die entwickelten Metadaten auf Eignung für die Durchführung typischer Aufgaben im TGA-Planungsprozess zu untersuchen. Insbesondere wurde untersucht, ob die Attribute der TGA-Komponenten im Zuge der BIM-Modellierung mit konkreten Werten entlang der Planungsvertiefung gemäß des Phasenmodells befüllt werden können und ob die im Phasenmodell vorgegebene Modelltiefe in den verschiedenen Projektphasen schlüssig ist. Des Weiteren wurde evaluiert, welchen Nutzen die BIM-Modellierung mit Metadaten aus dem Projekt metaTGA im Vergleich zur BIM-Modellierung unter Verwendung proprietärer TGA-Modelle stiftet. Die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse wurden in einem Leitfaden zusammengefasst (Abschnitt 5.3).

Die Anwendung und Validierung der im Projekt entwickelten Metadaten und Methoden erfolgte im Rahmen von Pilotstrecken realer Bauprojekte durch die Unternehmenspartner Allplan und TBH. Für das strukturierte Abfragen der Erfahrungen und Erkenntnisse wurden seitens der wissenschaftlichen Projektpartner leitfadengeführte Interviews mit den relevanten MitarbeiterInnen der Unternehmenspartner durchgeführt. Der erste Teil des Interviews betrifft die BIM-Planung im Allgemeinen, der zweite Teil adressiert spezifische Fragen zur Anwendung der im Forschungsprojekt entwickelten Metadaten und Methoden im Rahmen der Pilotstrecken. Folgende übergeordnete Punkte wurden in den Interviews angesprochen:

- Schnittstellenbezogene Hemmnisse, unklare Verantwortlichkeiten
- Einführung von BIM im Unternehmen
- Anwendung von bestehenden und eigenentwickelten Bauteilbibliotheken
- Transfer zwischen BIM-Modellierungssoftware und Plug-In-Software für Dimensionierung

- Qualitäts- und Effizienzsteigerung bei BIM: Erwartungen und Erfahrungen
- Mehraufwände bei BIM
- Profiteure von BIM

Zusätzlich wurde ein Begleittagebuch entwickelt. Der Zweck des Begleittagebuchs besteht darin, die in die Evaluierung einbezogenen FachplanerInnen zur strukturierten Dokumentation von Erfahrungen und Herausforderungen im Modellierungsprozess anzuleiten. Je Komponente werden beispielsweise Themen wie die Durchführbarkeit typischer Planungstätigkeiten, die Plausibilität von Phasenzuordnung und Zuständigkeitsbereichen etc. abgefragt. Während der erste Teil des Interviewleitfadens einmalig abgefragt wurde, wurde der zweite Teil im Zuge der Evaluierung mehrmals begleitend abgefragt (jeweils nach Erreichen der Leistungsphasen 3, 6 und 8). Zusätzlich wurde nach dem Modellierungsprozess ein gemeinsames abschließendes Fachgespräch mit beiden Unternehmenspartnern geführt.

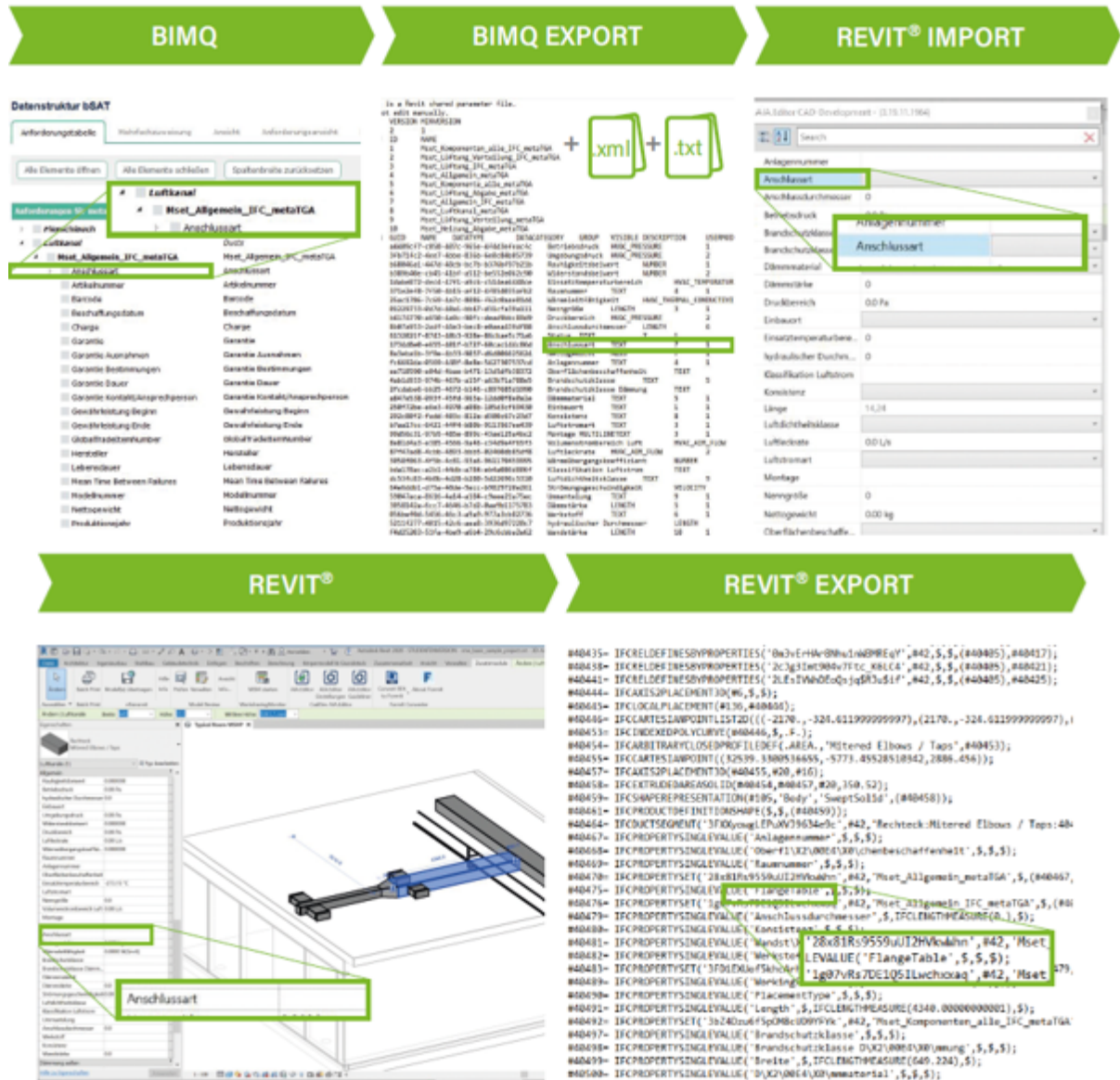
Im Zuge der qualitativen Analyse der Interviewprotokolle und Begleittagebücher konnten Vorteile und Herausforderungen der Anwendung der in diesem Forschungsprojekt entwickelten Metadaten und Prozesse in BIM-Modellierungen abgeleitet werden (siehe Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Darüber hinaus wurde wertvolles Feedback aus der Evaluierung in den finalen Metadatenätzen, Prozessmodellen und Prüfregeln berücksichtigt (geschlossene Feedbackschleife). Auch wertvolle Hinweise hinsichtlich der Einführung von BIM in ein klein- bzw. mittelständisches TGA-Planungsbüro konnten abgeleitet werden.

Die Implementierung und Praxiserprobung der Metadaten erfolgte gemäß Schritt 4 des metaTGA-Modellierungsprozesses. Zu Beginn einer Leistungsphase wurden die jeweiligen Metadaten von den wissenschaftlichen Projektpartnern in geeigneten Dateiformaten zur Verfügung gestellt. Diese Dateien beinhalten für jedes Attribut den Attributnamen, IFC-Übersetzung, GUID (Globally Unique Identifier), Datenformat und physikalische Einheit. In Autodesk Revit® wurden diese Attribute von den Unternehmenspartnern direkt in die Modellfamilien der entsprechenden TGA-Komponenten integriert. Dabei wurde das externe Plug-in RVT.AIA.Editor⁹ verwendet, was gewisse manuelle Bearbeitungsschritte erleichterte. Parallel zur darauffolgenden Modellierung dokumentierten die FachplanerInnen der Unternehmenspartner ihre Erfahrungen in den Modellierungstagebüchern. Nach der Modellierung des BIM-Modells mit Autodesk Revit® wurde ein IFC-Export durchgeführt. Basierend auf den Metadaten in BIMQ wurden für die modellierten TGA-Komponenten Prüfregeln erstellt. Somit konnten die IFC-Modelle der Pilotprojekte mit der Prüfsoftware Solibri Model Checker auf Vollständigkeit bzw. korrekte Wertebereiche etc. geprüft werden. Nach erfolgreichem IFC-Export mit anschließender Solibri-Prüfung wurden die Unternehmenspartner von den wissenschaftlichen Partnern interviewt, das Feedback und Erkenntnisse der Leistungsphase wurden dokumentiert. Mit der Übermittlung der Metadaten für die nächste Leistungsphase startete der Validierungsprozess in die nächste Runde. Die hier beschriebene Vorgehensweise zur konzeptionellen Anwendung der TGA-Komponentenmodelle mit BIMQ, Autodesk Revit® und Solibri Model Checker ist als mögliches Beispiel eines Softwaresettings zu sehen. Auch andere Softwaresettings sind möglich. Abbildung 4

⁹ <https://www.ekkodale.com/tools/aiaeditor>

zeigt am Beispiel eines Luftkanals das Datenhandling von Attributen zwischen der Datenbank und einem BIM-Authoring-Tool.

Abbildung 4: Verwendung von Attributen am Beispiel eines Luftkanals (in Anlehnung an Hauer et al., 2020)



4.2. TGA-Prozessmodelle

Um eine zielgerichtete und effiziente Nutzung der metaTGA-Ergebnisse in openBIM-Projekten zu ermöglichen, wurden für alle essenziellen metaTGA-Vorgänge Prozessmodelle entwickelt. Die Prozessmodelle wurden via Business Process Model and Notation (BPMN) beschrieben. Mit den BPMN-Modellen wird dargestellt, wie TGA-Komponentenmodelle für die BIM-Anwendung aufgebaut werden (Entwicklungsprozess), und sie beschreiben ein Konzept für die Nutzung in openBIM-Projekten (Anwendungsprozess):

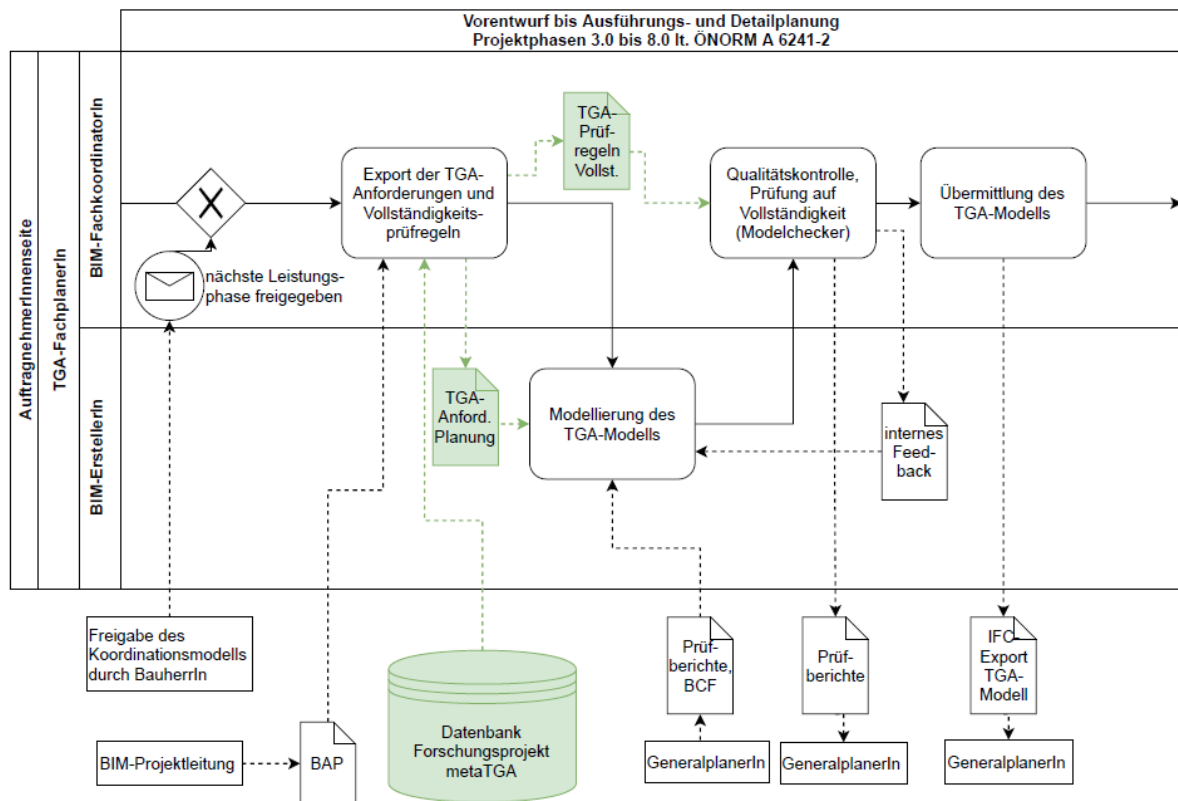
- Der Entwicklungsprozess beschreibt detailliert, wie bei der Informationsbeschaffung, der Strukturierung der Attribute, der Zuordnung von IFC-Properties und der Integration in Merkmal-Datenbanken für die Erstellung der TGA-Metadaten vorgegangen wurde.
- Der Anwendungsprozess bildet ein Konzept ab, wie die entwickelten TGA-Metadaten in Projekten zur Anwendung kommen können, schafft Verständnis für Zusammenhänge und unterstützt generell BIM-Abläufe.

Im Entwicklungsprozess wird zwischen den folgenden Organisationen unterschieden, die jeweils einem eigenen „Pool“ in den BPMN-Prozessen zugeordnet werden:

- metaTGA-Team: Das metaTGA-Team ist für den Daten-Modellierungsprozess zuständig. Die Aufgaben des metaTGA-Teams sind grundsätzlich einmalige Aufgaben, die nicht für jedes Bauprojekt zu wiederholen sind, sondern erst bei allgemeinen Erweiterungen oder Anpassungen der Metadaten. Das metaTGA-Team umfasst folgende Rollen, die jeweils einer eigenen „Lane“ in den BPMN-Prozessen zugeordnet werden:
 - Wissenschaftliche Projektpartner: Die wissenschaftlichen Projektpartner spielen die zentrale Rolle bei der Definition und Verarbeitung der Datenmodelle.
 - Unternehmenspartner: Die Unternehmenspartner ergänzen und validieren die Datenmodelle aus Sicht der TGA-Praxis.
 - Software und Datenanalyse: Diese Rolle umfasst Aufgaben, die mithilfe automatischer Datenverarbeitung ausgeführt werden.
- Stakeholder: Die Stakeholder befinden sich außerhalb des metaTGA-Teams und spielen vor allem in der Überprüfung der Datenmodelle eine Rolle.
- Anwender: Die Anwender wenden die entwickelten metaTGA-Daten und -Modelle im Rahmen von BIM-Projekten an. Im Forschungsprojekt fand diese Anwendung vor allem in der Planung statt, sie ist grundsätzlich jedoch in allen Lebenszyklusphasen möglich. Im Gegensatz zu den anderen Pools beziehen sich die Aufgaben dieses Pools auf reale Bauprojekte und müssen für jedes Bauprojekt wiederholt werden.

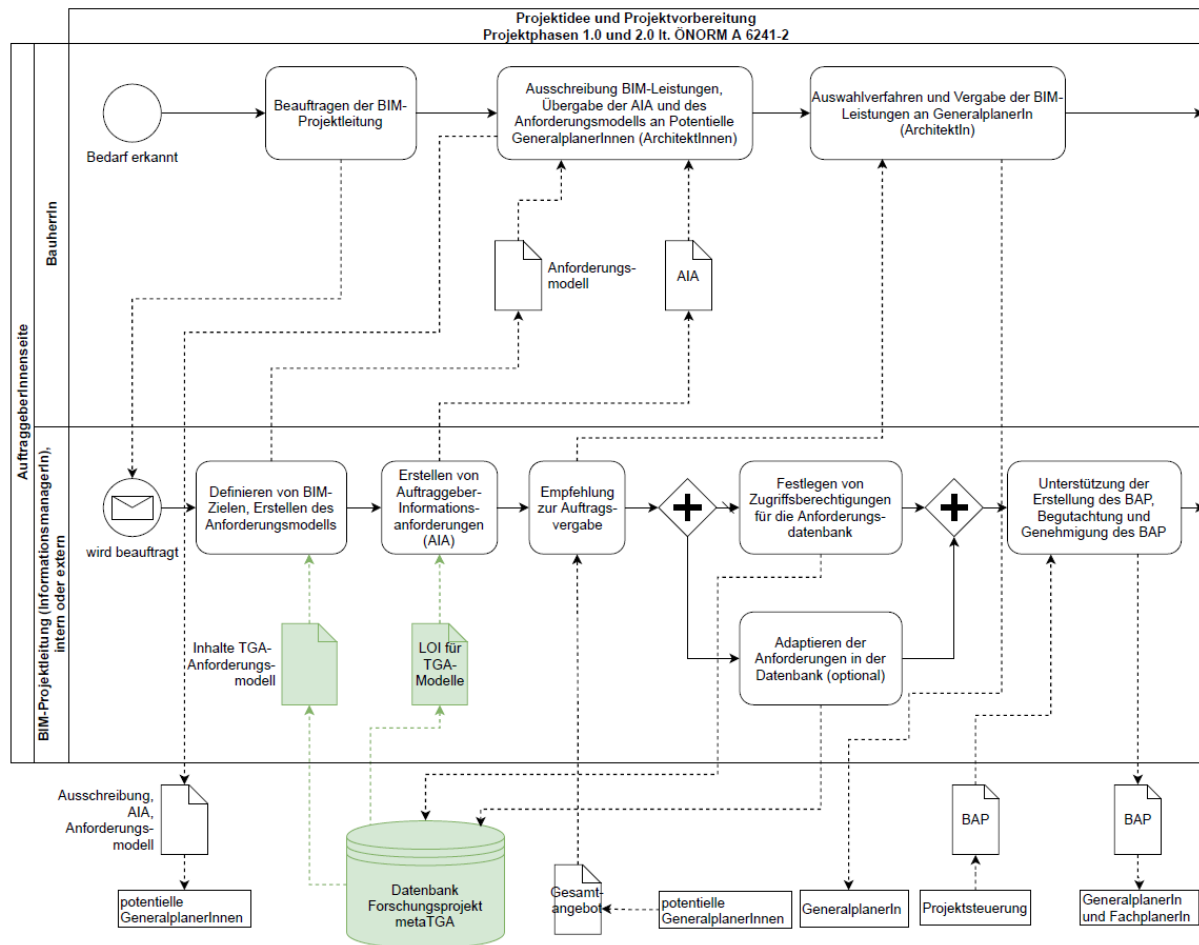
Abbildung 5 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt des Anwendungsprozesses. Es wird verbildlicht, wie TGA-FachplanerInnen im Zuge der BIM-Modellierung erforderliche Modellinhalte in TGA-Modelle implementieren können. Detailinformationen zu den metaTGA-Prozessmodellen sind auf der Projekthomepage unter <http://www.metatga.org/ergebnisse> verfügbar.

Abbildung 5: Implementierung von metaTGA-Modellinhalten in ein BIM-Modell (Ausschnitt aus dem „Anwendungsprozess“)



Für die Erhebung von funktionalen Anforderungen zu Beginn eines BIM-Projekts wurde zudem eine Methode zur plattformunabhängigen Bedarfserhebung der AuftraggeberIn hinsichtlich der TGA-Ausstattung entwickelt. Funktionale Anforderungen beschreiben beispielsweise einzuhaltende Raumlufttemperaturen oder die Vorgabe einer Designlinie für Luftauslässe oder Heizkörper. Sie bilden damit auch eine wertvolle Basis für die weiterführende Konzeption und Planung von TGA-Systemen. Das daraus resultierende Konzept des „funktionalen Anforderungsmodells“ soll AuftraggeberInnen bei der Erhebung von funktionalen Anforderungen zu Beginn eines BIM-Projekts unterstützen, wie in Abbildung 6 ersichtlich ist.

Abbildung 6: Erste Phasen eines BIM-Projekts aus Sicht der AuftraggeberInnenseite



Aus BIMQ werden die Inhalte des funktionalen Anforderungsmodells entweder als Checklisten oder als Input für BIM-Modellierungssoftware exportiert. Die BauherrIn spezifiziert auf Basis dieses Anforderungsmodells in einem weiteren Schritt, welche Funktionen die TGA zu erfüllen hat, und übergibt diese Informationen in Form der ausgefüllten Checklisten oder eines BIM-Modells an die AuftragnehmerInnen. Im Zuge der Entwicklung des funktionalen Anforderungsmodells wurden gemeinsam mit den Unternehmenspartnern Allplan und TBH Checklisten erstellt. In diesen Checklisten wurden funktionale Anforderungen an die TGA zusammengefasst, welche zu Beginn eines Bauprojekts mit BauherrInnen abzuklären sind. Weiters wurden verschiedene Pflichtenhefte für TGA und BauherrInnen-spezifische Anforderungsbeschreibungen an TGA mitberücksichtigt. Die dadurch gewonnenen Funktionsanforderungen wurden in Anlehnung an den IFC-Standard in Merkmale auf Raum-, Geschoß- oder Gebäudeebene gegliedert und ebenfalls in der Datenbank BIMQ angelegt.

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel sind die wichtigsten Ergebnisse des Projekts metaTGA zusammengefasst. Diese umfassen die Metadaten (Abschnitt 5.1), die Prozessmodelle (Abschnitt 5.2), die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung der Pilotprojekte (Abschnitt 5.3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und den erarbeiteten Leitfaden in Form einer Broschüre (Abschnitt 5.4). Abschließend werden die erzielten Ergebnisse im Kontext der Ziele des Programms „Stadt der Zukunft“ beleuchtet (Abschnitt 5.5). Um die erzielten Projektergebnisse der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, werden die erarbeiteten Metadaten für die betrachteten TGA-Komponenten, die entwickelten Prozessbeschreibungen und Prüfregelein sowie der metaTGA-Leitfaden als Broschüre auf der Projekthomepage <http://www.metatga.org/ergebnisse> unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY¹⁰ zur Verfügung gestellt.

5.1. Metadaten für BIM in der TGA

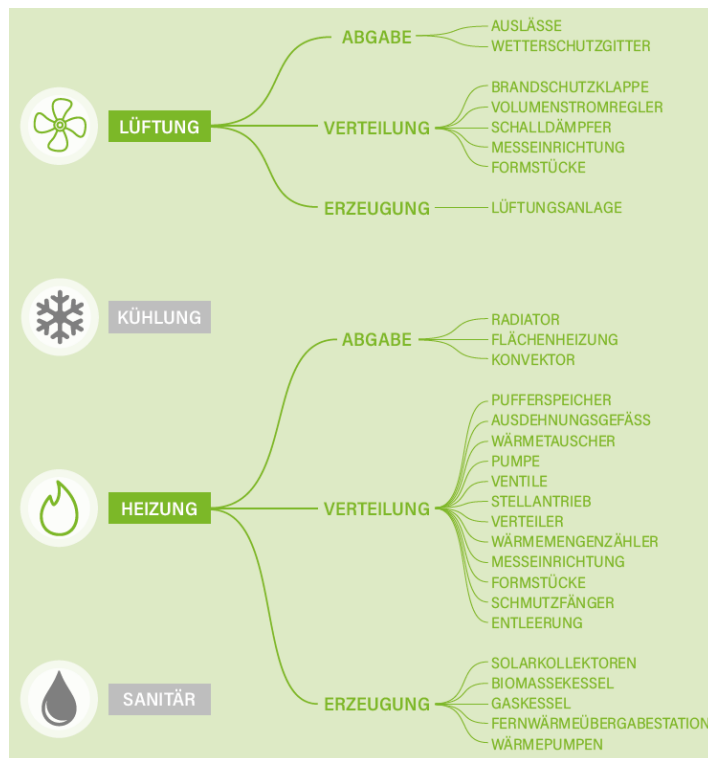
Ein wesentliches Ziel des Projekts metaTGA bestand darin, Metadaten für eine effiziente und lebenszyklusorientierte Anwendung von TGA-Komponenten in openBIM zu entwickeln. Dazu wurde die in Abschnitt 4.1 beschriebene Methodik für die Identifikation und modelltechnische Implementierung von Metadaten entwickelt. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde die Methode exemplarisch für ausgewählte TGA-Komponenten angewendet und die Ergebnisse veröffentlicht. Aufgrund der Vielzahl am Markt verfügbarer Komponenten war es im Rahmen des Forschungsprojekts unmöglich, alle Komponenten zu bearbeiten. Das Projektziel bestand vielmehr darin, die Entwicklung eines effizienten Prozesses und dessen Anwendung anhand ausgewählter TGA-Komponenten aufzuzeigen. Auf Basis der disseminierten Projektergebnisse und Dokumente kann der Prozess in weiterer Folge auch für andere Komponenten einfach angewendet werden.

Bei der Auswahl der im Rahmen des Projekts beispielhaft betrachteten TGA-Komponenten wurde der Fokus auf TGA-Komponenten für Heizungstechnik mit einem erzeugerseitigen Schwerpunkt auf Wärmepumpen, Solarthermie und Biomasse sowie für Lüftungstechnik gelegt. Sowohl Heizungssysteme auf Basis erneuerbarer Energietechnologien und auch Lüftungstechnik sind wichtige Elemente energieeffizienter Gebäude. Somit ist es wichtig, dass zukünftig gut attribuierte Modelle für diese Technologien in openBIM-Prozessen verfügbar sind. Darüber hinaus wurden die Komponenten so gewählt, dass mit den betrachteten Komponenten gesamte Heizungs- und Lüftungsstrecken von der Erzeugung über die Verteilung bis zur Abgabe modelliert werden können.

Auf Basis dieser Kriterien wurden für das Projekt 56 TGA-Komponenten gewählt, welche die BIM-Modellierung von im DACH-Raum typischen Heizungs- und Lüftungsstrecken ermöglichen (Abbildung 7).

¹⁰ <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Abbildung 7: Im Projekt metaTGA betrachtete TGA-Komponenten (Hauer et al., 2021)



Für diese 56 TGA-Komponenten wurden insgesamt über 3000 Attribute identifiziert. Des Weiteren erfolgte die Strukturierung und Konsolidierung (Eliminierung von Doppelnennungen und Vereinheitlichung der Nomenklatur) der Attribute sowie ein vollständiger Abgleich mit IFC4 ADD2 TC1. Aus diesem Prozess resultierten ca. 800 Attribute, welche in das in Abschnitt 4.1.3 erläuterte Datenbanksystem BIMQ implementiert wurden. Durch die Ergänzung der Phasenmodelle und weitere Strukturierungen im Datenbanksystem BIMQ wurden die Metadaten komplettiert.

Außerdem wurden für alle 56 TGA-Komponenten Prüfregelein für das Model-Checking im Zusammenhang mit den Metadaten erarbeitet. Diese Prüfregelein ermöglichen es festzustellen, ob alle erforderlichen Attribute in jeder Projektphase im BIM-Modell der betreffenden TGA-Komponente vorhanden sind. In einem zukünftigen BIM-Prozess (Anwendungsprozess in Abschnitt 5.2) können die Prüfregelein zur Qualitätssicherung verwendet werden, indem die Einhaltung der im AIA bzw. BAP festgehaltenen LOIs (Level of Information) überprüft wird.

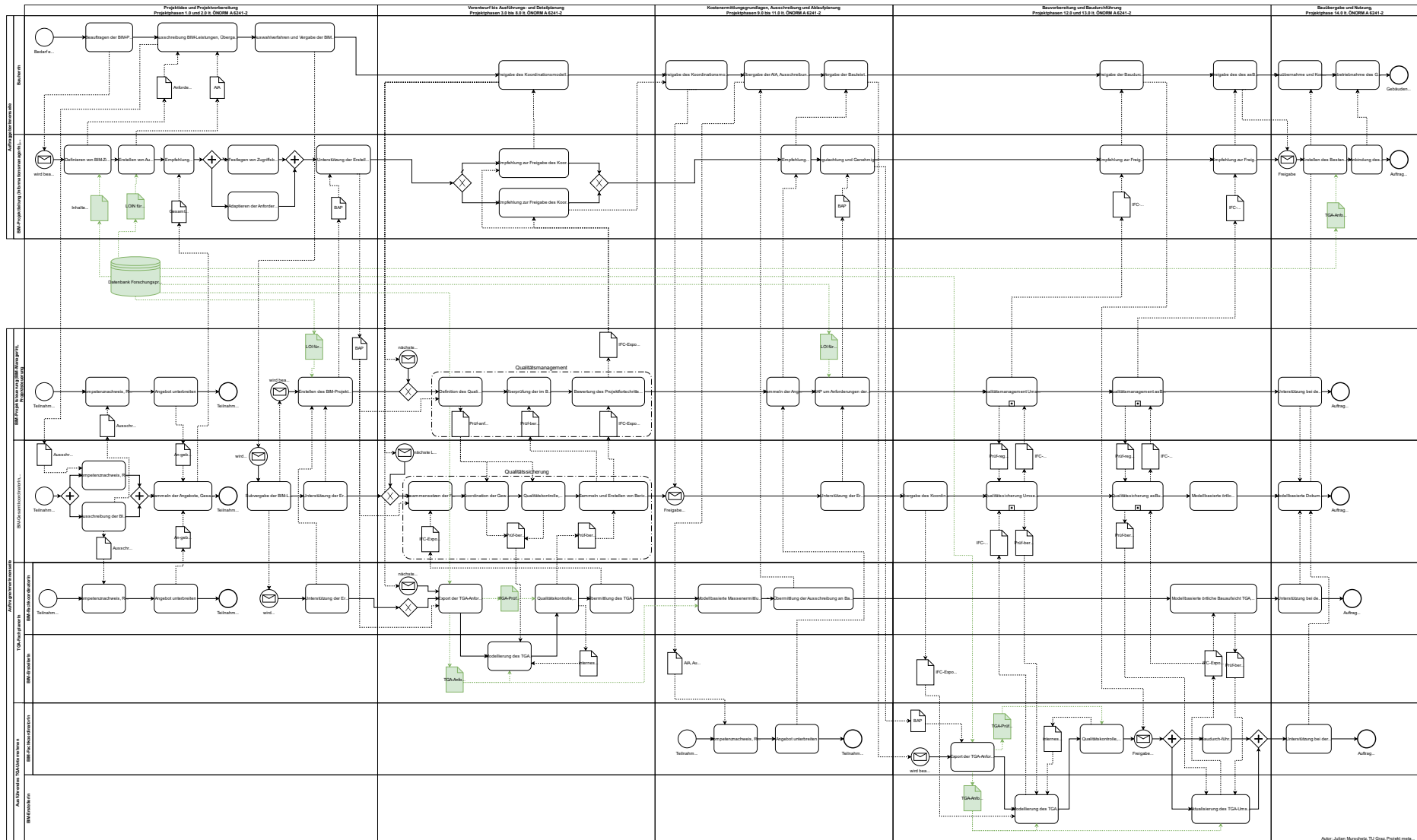
Die Metadaten stehen auf der Projekthomepage als *.xlsx-Dateien zum Download zur Verfügung. Darüber hinaus sind für jede Komponente Solibri-Prüfregelein als *.cset-Dateien verfügbar. Diese können zur Validierung der Modelle im BIM-Planungsprozess herangezogen und nach Belieben erweitert werden.

Zusätzlich wurden in BIMQ Templates für die funktionale Anforderungsdefinition für Auftraggeber zu Projektbeginn angelegt. Aufgrund der vielfältigen Exportmöglichkeiten von BIMQ unterstützen das funktionale Anforderungsmodell Auftraggeber und Auftragnehmer bei der Erhebung der Anforderungen an die TGA entweder im BIM-Modell, als PDF-Dokument oder als Excel-Checkliste.

5.2. Prozessmodelle für BIM in der TGA

Um Stakeholdern die zielgerichtete und effiziente Nutzung der metaTGA-Ergebnisse in BIM-Projekten zu ermöglichen, wurden für die wichtigsten Prozesse BPMN-Modelle entwickelt. Die Prozessmodelle sind im weitesten Sinne chronologisch geordnet, aufeinander aufbauend und universeller Natur. Dadurch ist es möglich, die im Projekt metaTGA entwickelten Prozesse neben dem im Rahmen des Projekts schwerpunktmäßig betrachteten Bereich der TGA auch in anderen Domänen der Bauwirtschaft anzuwenden. Die erarbeiteten Prozesse wurden in zwei Teilprozessmodelle gegliedert, den „Entwicklungsprozess“ und den „Anwendungsprozess“. Der Entwicklungsprozess (Abbildung 8) beschreibt das grundsätzliche Vorgehen bei der Attributerhebung sowie die anschließende Strukturierung und Validierung der Metadaten für die BIM-Modellierung. Der Anwendungsprozess (Abbildung 9) hingegen zeigt, wie die erstellten Metadaten in einem openBIM-Projekt anzuwenden sind. Die Prozessmodelle sind als *.pdf-Dateien verfügbar und können wiederum über die Projekthomepage bezogen werden.

Abbildung 9: Gesamtübersicht des metaTGA-Anwendungsprozesses



5.3. Validierung anhand von Pilotstrecken

Die erzielten Projektergebnisse wurden einer Validierung unterzogen, um eine Einschätzung ihrer Praxisrelevanz zu erhalten. Dabei wurde wie in Abschnitt 4.1.4 beschrieben vorgegangen. Anhand zweier realer Pilotstrecken wurden TGA-FachplanerInnen der Unternehmenspartner in einen Feedbackprozess eingebunden, um ihre Erfahrungen mit der Handhabung bzw. hinsichtlich der Anwendbarkeit der entwickelten Metadaten und Prozesse zu dokumentieren. Die gesammelten Erfahrungen wurden im Leitfaden (Abschnitt 5.4) zusammengefasst. Sie sollen in weiterer Folge anderen klein- und mittelständischen Unternehmen der TGA-Branche bei der BIM-Einführung als Unterstützung dienen. Nachfolgend sind die übergeordneten Ergebnisse des im Zuge der Validierung erhaltenen Praxisfeedbacks zusammengefasst.

Vorteile

Durch die im Rahmen des metaTGA-Projekts erzielten Ergebnisse, d.h. die erarbeiteten Metadaten, die ergänzenden Phasenmodelle bzw. die übergeordneten Prozessmodelle, können folgende Vorteile in openBIM-basierten TGA-Projekten erzielt werden:

- metaTGA-Daten und -Prozessmodelle unterstützen das Verständnis von BIM-Abläufen in Projekten
 - Die metaTGA-Prozessmodelle zeigen die Integration der nach Projektphasen strukturierten Metadaten in branchenübliche BIM-Projektabläufe.
 - Die Anwendung dieser Prozessmodelle trägt zu einem besseren Verständnis für BIM im Projektteam bei.
- metaTGA-Komponenten erzielen eine hohe Qualität
 - Unterschiedliche BIM-Anwendungsfälle können unterstützt werden.
 - Die Attribute decken den gesamten Lebenszyklus in einem Gebäude ab.
- Der metaTGA-Prozess ist universell und kann in unterschiedlichen Gewerken/Domänen im Bauwesen angewendet werden
 - Die verfügbaren Prozessmodelle unterstützen die Einführung der metaTGA-Methodik/-Ergebnisse in Unternehmen.
 - Die Prozessmodelle dienen als Basis für eigene Weiterentwicklungen.
- Steigerung der Planungsqualität von TGA-Systemen
 - Viele Details werden spezifiziert, daher besteht wenig Interpretationsaufwand.
 - Eine Vergleichbarkeit der TGA-Planung zwischen Projekten wird möglich.
 - Aufbau eines Firmenstandards durch Anwendung der metaTGA-Prozesse
 - Erhöhung der Kommunikationsqualität in einem Projektkonsortium
- Aufbau herstellerunabhängiger Planungsstandards
 - Entwicklung von produktneutralen Komponentenmodellen
 - Herstellerunabhängig und anwendungsfallspezifisch
- Klar definierte Verantwortung je Attribut und Leistungsphase
 - Reduktion des Abstimmungsaufwands – kein „Nachrennen“ um Informationen
 - Schnittstellen und Zusammenarbeit zwischen den Gewerken klar definiert
 - Voraussetzung: Verantwortung vertraglich festhalten

Herausforderungen

Trotz der guten Resultate von metaTGA zeigen sich auch einige Herausforderungen. Ergänzend zu den nachfolgend genannten werden in Kapitel 6 Erkenntnisse angeführt, welche es bei einer Implementierung bzw. Weiterentwicklung der metaTGA-Daten und -Prozessmodelle zu berücksichtigen gilt.

- Ein Einarbeitungseffekt ist bei der Modellierung bzw. Parametrierung feststellbar
 - Die Erstanwendung benötigt zusätzliche Zeit (Vergleich: im Unternehmen etablierte BIM-Prozesse).
 - Zeitersparnis ist in den späteren Leistungsphasen gegeben.
- Mehraufwände der Parametrierung von BIM-Modellen aufgrund des hohen Detaillierungsgrads, da alle Leistungsphasen und unterschiedliche Anwendungsfälle (von Planung bis in den Betrieb) berücksichtigt wurden
- Hohe Attributdichte in frühen Leistungsphasen
 - Höherer Aufwand in frühen Leistungsphasen
 - Aufwand durch Honorarordnung abgedeckt?
 - *Lösungsweg: Honorierung der Leistungen vertraglich festlegen*
- Parameterdefinition bzw. Detailauslegung findet früher statt (Vergleich: „Standard-BIM“).
 - Mehraufwand durch Änderungswünsche in frühen Phasen
 - *Herausforderung: Planungssicherheit (durch häufige Änderungen von Architekturmodell) ist aktuell oft nur sehr eingeschränkt gegeben.*
 - Man schränkt die „Flexibilität in der Planung“ ein.
- Unterstützende Plug-ins können zur Steigerung der Effizienz führen, wobei die Funktionalität der angedachten Plug-ins im Workflow vorab überprüft werden sollte.
- metaTGA-Daten sind für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes gedacht und decken unterschiedliche Anwendungsfälle ab.
 - Eine Anwendung in AIAs als LOIs sollte immer projektspezifisch erfolgen und gegebenenfalls ist je nach Anwendungsfall die Detailtiefe anzupassen

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass durch die Anwendung der Metadaten und Prozessmodelle eine Steigerung der Planungsqualität von TGA-Systemen erzielt wird. Die im Projekt entwickelten Metadaten ermöglichen den Aufbau eines herstellerunabhängigen Planungsstandards im Unternehmen. Klar definierte Verantwortungen und Leistungsphasen in den Phasenmodellen reduzieren außerdem den Abstimmungsaufwand zwischen den Gewerken. Des Weiteren zeigte sich, dass durch den hohen Detaillierungsgrad der Metadaten der Aufwand bei der Parametrierung von BIM-Modellen, abhängig von den Anwendungsfällen der BIM-Modelle, steigen kann. Die konsequente Einhaltung der von den Phasenmodellen vorgegebenen Leistungsphasen führt darüber hinaus zu einer Aufwandsverschiebung zu früheren Leistungsphasen.

5.4. Leitfaden „Metadaten und Prozessmodelle für openBIM in der TGA“

Die Ergebnisse des Projekts metaTGA wurden in einem Leitfaden in Form einer Broschüre mit dem Titel „Metadaten und Prozessmodelle für openBIM in der TGA“ (Abbildung 10) dokumentiert und veröffentlicht. Insbesondere beinhaltet der Leitfaden BIM-Einführungstipps und Erkenntnisse aus der

Evaluierung der TGA-Komponentenmodelle anhand von Pilotstrecken. Er kann über die Projekthomepage heruntergeladen werden.

Dieser Leitfaden wurde bewusst für praxisnahes Zielpublikum gestaltet. Besonderes Augenmerk wurde im Leitfaden auf die im Projekt gesammelten Erfahrungen bzw. die Vorteile und Herausforderungen des metaTGA-Prozesses gelegt. Durch eine ansprechende grafische Gestaltung wurde die sehr oft als komplex und trocken wahrgenommene Materie aufgelockert. Darüber hinaus wurde der Leitfaden inhaltlich bewusst einfach gehalten, da er einen ersten Überblick über die Projektergebnisse und deren möglichen Nutzen bieten und zur vertieften Beschäftigung damit anregen soll.

Abbildung 10: Deckblatt des Leitfadens in Broschürenform (Hauer et al., 2021)



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

Das Forschungsprojekt metaTGA ist im Themenfeld „Digitales Planen, Bauen und Betreiben“ des Programms Stadt der Zukunft angesiedelt. Die Entwicklung und Anwendung digitaler Methoden in der Bau- und Immobilienwirtschaft wird als Schlüsselfaktor zur Erreichung der europäischen Ziele in dieser klimapolitisch hoch relevanten Branche gesehen (Europäische Kommission, 2019). Das Projekt

metaTGA adressiert diesen Aspekt explizit, womit es wichtige Beiträge zu den strategischen Zielen des Programms „Stadt der Zukunft“ liefert:

Beitrag für nachhaltige Energiesysteme und Reduktion der Klimawirkung

Die Reduktion des Endenergiebedarfs im Gebäudesektor ist ein wesentliches Erfolgskriterium zum Erreichen der Klimaziele. Maßnahmen wie die konsequente Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden im Neubau und Bestand, die Forcierung der Nutzung erneuerbarer Energien zur energetischen Versorgung von Gebäuden sowie die intelligente Einbindung von Gebäuden in übergeordnete Energiesysteme sind Schlüsselfaktoren für diese Zielerreichung. Daher muss sichergestellt werden, dass die Umsetzung dieser Maßnahmen bestmöglich durch den Einsatz digitaler Methoden in der Bau- und Immobilienwirtschaft unterstützt wird. Building Information Modeling ist ein wesentlicher Baustein dieser Entwicklung.

Es ist essentiell, dass im Bereich der TGA insbesondere für erneuerbare Energietechnologien und andere für die Realisierung energieeffizienter Gebäude notwendige Technologien leistungsfähige BIM-Modelle zur Verfügung stehen, damit diese unmittelbar und niederschwellig im zukünftig BIM-basierten Planungs-, Bau- und Betriebsprozess zum Einsatz kommen können (z.B. Vermeidung von Hemmnissen durch fehlende oder qualitativ unzureichende Planungsgrundlagen in der Praxis). Im Projekt metaTGA wurde daher ein Schwerpunkt auf erneuerbare Energien zur Beheizung von Gebäuden (Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse) sowie auf die Lüftungstechnik gelegt. Mittels der im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelten Modellinhalte und Prozesse können BIM-Modelle für Komponenten dieser Technologien effizient für openBIM-Projekte erstellt und angewendet werden. Die Verfügbarkeit solcher BIM-Modelle und eine darauf aufbauende durchgängige Modelldatenhaltung über den Lebenszyklus bildet zudem eine wichtige Datengrundlage für weiterführende Methoden wie z.B. die Gebäude- und Energiesystemsimulationen oder die Betriebsoptimierung von Gebäuden. Qualitativ hochwertige bzw. effizient anwendbare BIM-Modelle im Bereich der TGA, wie sie auf Basis der metaTGA-Projektergebnisse erstellt werden können, bilden damit ein wichtiges Instrument für die Entwicklung, die Umsetzung und den Betrieb energetisch hochwertiger Gebäude.

Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und der F&E Qualität

Die Baubranche ist ein Bereich, der im Vergleich zu anderen Industriesektoren eine sehr geringe Produktivitätssteigerung über die letzten Jahrzehnte verzeichnete. Die Digitalisierung im Allgemeinen und Building Information Modeling im Speziellen werden als Chance gesehen, die Produktivität bzw. Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen dieses Sektors zu steigern. Dies bedarf jedoch eines Zusammenwirkens von allen beteiligten Stakeholdern von Immobilienprojekten, von den Auftraggebern über die Planer und Ausführenden bis hin zu den Betreibern und NutzerInnen. OpenBIM ist dabei ein wesentliches Prinzip, das den plattformunabhängigen und offenen Datenaustausch über die unterschiedlichen Projektphasen hinweg ermöglicht. Dabei gilt es insbesondere, momentan bestehende Hemmnisse hinsichtlich dieses Datenaustausches zu überwinden und Mehraufwände, die sich beispielsweise durch daraus resultierende Mehrfachmodellierungen ergeben, zu vermeiden. Einheitliche und offene Datenformate und Modellinhalte in Form von Attributen, klare Prozesse und Zuständigkeiten sowie das Teilen von Erfahrungen in BIM-Projekten, allesamt Aspekte die im Projekt metaTGA adressiert wurden, tragen

dazu bei, Ineffizienzen und derzeit vorhandene Mehraufwände zu minimieren und so die Wettbewerbsfähigkeit des openBIM-Ansatzes sowie das notwendige Know-How zur Umsetzung von openBIM-Projekten bei den relevanten Stakeholdern bzw. Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen zu stärken (siehe auch Kapitel 6). Durch die Steigerung der Leistungsfähigkeit offener Datenaustauschformate für nachhaltige TGA-Systeme trägt das Forschungsprojekt vor allem dazu bei, dass das Zusammenarbeiten unterschiedlicher Gewerke in der BIM-basierten Planung (openBIM) von komplexen TGA-Systemen strukturierter und effizienter wird. Insbesondere leisten die Projektergebnisse einen Beitrag, mittels der dokumentierten Metadaten, Prozessmodelle und den im Leitfaden dargelegten Projekterfahrungen die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen der TGA-Branche zu steigern, vor allem im Zuge der Einführungsphase von BIM im Unternehmen.

Darüber hinaus sind die Projektergebnisse frei zugänglich und offen für Weiterentwicklungen. Die entwickelten Herangehensweisen und Prozesse sind universell einsetzbar und können auch für andere Gewerke angewendet werden. Somit können weitere Forschungsaktivitäten auf den Projektergebnissen aufgesetzt werden (siehe auch Kapitel 6), was zur Steigerung der F&E Qualität in diesem Bereich beiträgt.

6 Schlussfolgerungen

Gewonnene Erkenntnisse

Wesentliche Erkenntnisse aus dem Projekt beziehen sich zunächst auf die Einbeziehung relevanter Stakeholder-Gruppen im Zuge der grundlegenden Identifikation und Erhebung von Metadaten für TGA-BIM-Modelle. Zu beachten ist, dass es beispielsweise bei der Ausarbeitung einer Attributierung für eine bestimmte Komponente keine eindeutige Lösung im Sinne von „Vollständigkeit“ bzw. „Richtigkeit“ gibt. Die Anforderungen variieren aus der Perspektive unterschiedlicher Stakeholder bzw. unterschiedlicher Anwendungsfälle. Daher gilt es, im Rahmen der Einbeziehung von FachexpertInnen aus den unterschiedlichen Stakeholder-Sphären eines Bau- bzw. Immobilienprojekts zu entscheiden, welche Attribute sinnvollerweise in einem vereinheitlichten Metadatensatz spezifiziert werden (der in weiterer Folge z.B. in einem nationalen Merkmalsserver oder einer vergleichbaren anerkannten Datenbank hinterlegt werden kann) und welche gegebenenfalls projekt- bzw. anwendungsfallspezifisch zu definieren wären. Damit kann der Umfang der Metadaten sinnvoll und praktikabel gestaltet werden, mit einer Fokussierung auf jene Attribute, welche für die relevanten Stakeholder-Gruppen und deren Interaktion den größten Mehrwert im Prozess stiften. Durch diese Herangehensweise wird sowohl die Qualität der erarbeiteten Metadaten als auch deren Praktikabilität in einem weiterführenden praktischen Einsatz sichergestellt.

Für die Erhebung der Metadaten im Zuge des Stakeholder-Prozesses hat es sich als zielführend erwiesen, auf Software-Werkzeuge zurückzugreifen, die in der Branche etabliert sind wie beispielsweise MS Excel. Dies mindert die Hemmschwelle, sich am Prozess zu beteiligen. Durch die Verwendung eines zentralen Dokuments für mehrere Komponenten, welches nicht von mehreren Personen parallel bearbeitet werden sollte, können doppelte Attribute oder ähnliche Attribute mit gleicher Bedeutung von Anfang an effektiv erkannt und bereinigt werden, was für deren weitere Verarbeitung in Datenbanksystemen zwingend erforderlich ist. Darüber hinaus ist es in einer zentralen Auflistung einfacher, die Attribute zu strukturieren und ein konsistentes Einheitensystem zu etablieren. Auch die Projektphasen-Information kann in einem zentralen Dokument besser homogenisiert werden, was bedeutet, dass ein und dasselbe Attribut bei sehr ähnlichen TGA-Komponenten in derselben Leistungsphase definiert werden sollte.

Besonders positiv wurde während der erstmaligen Anwendung der metaTGA-Ergebnisse im Zuge der Pilotprojekte bewertet, dass vor allem Phasenmodelle und Prozessmuster BIM-Prozesse unterstützen und dabei helfen, ein grundlegendes Verständnis für BIM-Abläufe zu schaffen, vor allem, wenn die Projektakteure noch wenig Erfahrung mit BIM-Projekten haben. Klar definierte, zeitlich abgestimmte Zuständigkeiten helfen, den Überblick über die fachspezifischen Planungstätigkeiten zu bewahren und sind vorteilhaft bei der Einführung neuer ProjektpartnerInnen in ein Unternehmen oder in das Konsortium eines BIM-Projekts. Auch vorgegebene und übersichtlich als BPMN dokumentierte BIM-Abläufe, wie sie in den Prozessmodellen vorliegen, helfen NeueinsteigerInnen, ein grundlegendes Verständnis von BIM-Prozessen aufzubauen. Im Zuge der Anwendung der TGA-Metadaten in den Pilotprojekten wurden außerdem Potentiale für Qualitäts- und Effizienzsteigerung in BIM-Projekten ersichtlich, da die Metadaten viele Details sehr genau spezifizieren, was den Interpretationsaufwand bei vielen Tätigkeiten senkt. Durch die Nutzung der Metadaten zeichnete sich der Hauptplanungsaufwand tendenziell in früheren Leistungsphasen ab. Des Weiteren zeigte sich, dass

die Metadaten ein sehr breites Spektrum unterschiedlicher BIM-Anwendungsfälle, beispielsweise für Dimensionierungsberechnungen im Zuge der TGA-Planung, abdecken und dass sie die Vergleichbarkeit der BIM-Modelle zwischen Projekten ermöglichen. Mit den entwickelten TGA-Metadaten ist es außerdem möglich, einen herstellerunabhängigen Planungsstandard im Unternehmen zu etablieren.

Im Zuge der Pilotprojekte zeigte sich, dass der Transfer der Metadaten in die BIM-Modellierungssoftware durch die Nutzung der Datenbank beschleunigt wurde. Die Exporte aus der Datenbank weisen idealerweise bereits alle Spezifikationen der jeweiligen BIM-Modellierungssoftware auf und können so direkt in diese übernommen werden. Um einen reibungsfreien Transfer sicherzustellen, ist es essenziell, die Metadaten vor dem Export in der Datenbank richtig zu „mappen“. Damit wird die Zuordnung der Attribute zu den Komponentenmodellen in der Modellierungssoftware gewährleistet und es ist sichergestellt, dass beim Export von IFC-Modellen in einem openBIM-Projekt die spezifizierten Attribute im IFC-Modell korrekt abgebildet sind. Somit kann festgehalten werden, dass sich der Einsatz der Datenbank in den Pilotprojekten bewährt hat, da dadurch TGA-Komponenten in BIM-Modellen schnell und effizient mit erforderlichen Metadaten ausgestattet bzw. entsprechend attributierte IFC-Modelle erzeugt werden konnten.

Weiterführende Aktivitäten des Projektteams

Die erzielten Projektergebnisse weisen ein großes Potential für weiterführende Aktivitäten auf. Im Projektteam verwenden die wissenschaftlichen Projektpartner die Ergebnisse bereits in laufenden weiterführenden Forschungsprojekten (z.B. im Rahmen der Stadt der Zukunft Projekte „BIMBestand“ oder „GreenBIM“) bzw. stellen diese eine wertvolle Basis für darüberhinausgehende neue Forschungsaktivitäten dar. Insbesondere kann auf die gut ausgearbeiteten Prozesse aufgesetzt werden bzw. können die erfassten Metadaten unmittelbar weiterverwendet werden. Neben der erarbeiteten Methodik sind vor allem auch die gewonnenen Beiträge und Erfahrungen aus dem Stakeholder-Prozess bzw. der wissenschaftlichen Begleitung der Pilotstrecken wertvoll.

Auch die im Projekt beteiligten Unternehmenspartner können auf den erzielten Projektergebnissen aufbauen. Bereits die erste Evaluierung im Zuge der Pilotprojekte konnte genutzt werden, um interne Abläufe zu verbessern und Projektpartner bzw. AuftraggeberInnen hinsichtlich der Möglichkeiten von BIM-Projekten zu sensibilisieren. Mittels der entwickelten Prozessmodelle können BIM-Prozesse besser verstanden und innerhalb des Unternehmens sowie in Projekten besser strukturiert und vermittelt werden.

Zielgruppen, für welche die Projektergebnisse relevant sind

Die Ergebnisse des Projekts metaTGA richten sich an breit gestreute Zielgruppen, die im Rahmen der Stakeholder-Beteiligung auch in das Projekt eingebunden wurden. Die ausgearbeiteten Metadatensätze für Heizungs- und Lüftungskomponenten sind für alle Unternehmen relevant, welche in der BIM-basierten Planung und Ausführung von technischer Gebäudeausstattung sowie im Betrieb von Gebäuden tätig sind. Des Weiteren unterstützen die entwickelten Prozessmodelle alle auftraggeber- und auftragnehmerseitig an einem Bauprojekt beteiligten Akteure. Forschende im Bereich der Digitalisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft profitieren ebenfalls von den Projektergebnissen, insbesondere von der erprobten Methodik und den veröffentlichten Metadaten.

Darüber hinaus können TGA-Komponentenhersteller und BIM-Softwareentwickler die Projektergebnisse zur Entwicklung und Parametrierung eigener TGA-Komponentenmodelle verwenden.

Verwertungs- und Verbreitungsaktivitäten

Die aktive Verwertung- und Verbreitung der Projektergebnisse ist ein wesentliches Ziel des Forschungsprojekts metaTGA. Die Disseminationsaktivitäten umfassten neben der Stakeholder-Einbindung in Form von Workshops auch Vorträge auf nationalen und internationalen Fachkonferenzen, das Verfassen von Publikationen sowie die Einbringung und Diskussion der laufend erzielten Projektergebnisse in einschlägige Fachgremien. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die durchgeführten Disseminationsaktivitäten.

Tabelle 1: Disseminationstätigkeiten im Zuge des Projekts metaTGA

| Art | Titel/Inhalt | Veranstaltung | Ort | Datum |
|----------------------------------|--|---|--|------------|
| Homepage | Projekthomepage zur Veröffentlichung des Projektfortschritts und Projektergebnisse | www.metatga.org | | 01.12.2017 |
| Workshop | Anforderungsworkshop metaTGA: Analyse des derzeitigen Einsatzes von BIM in der TGA mit Experten unterschiedlicher Branchen | Workshop | Österreich, internationale Teilnahme | 25.01.2018 |
| Projektvorstellung und Austausch | Teilnahme Arbeitsgruppe ASI AG 011.09 - Technisches Zeichnen und Dokumentation im Bauwesen | Arbeitsmeeting | Österreich | 06.06.2018 |
| Vortrag | Projektvorstellung metaTGA und Präsentation Zwischenergebnisse | Symposium- BIM in der Gebäudetechnik und im Gebäudemanagement | Österreich, Pinkafeld | 07.06.2018 |
| Workshop | 1. Stakeholderworkshop: Validierung der Attribuierung von TGA-Komponenten | Workshop | Österreich, Wien | 20.11.2018 |
| Paper und Vortrag | Einblick in das Forschungsprojekt Metadaten und Prozessmodelle für Open BIM in der TGA (metaTGA) | e-nova 2018 | Österreich, Pinkafeld | 22.11.2018 |
| Projektvorstellung und Austausch | BTGA | Arbeitsmeeting | online | 05.02.2019 |
| Workshop | 2. Stakeholderworkshop: Validierung der Attribuierung von TGA-Komponenten, Zuordnung von Phaseninformation | Workshop | Österreich, Graz | 03.04.2019 |
| Paper und Vortrag | Data and Process Model for advanced integration of MEP into BIM projekts | ISEC 10 | USA, Chicago, Illinois | 20.05.2019 |
| Paper und Vortrag | An Approach for the Extension of OpenBIM MEP Models with Metadata Focusing on Different Use Cases | Building Simulation (BS) 2019 | Italien, Rom | 02.09.2019 |
| Paper und Vortrag | Process model for BIM-based MEP design | SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT D-A-CH CONFERENCE 2019 (SBE19 Graz) | Österreich, Graz | 11.09.2019 |
| Vortrag | Metadaten für FM - Einblick in das Forschungsprojekt | TechFM - Arbeitsworkshop | Österreich, Wien | 05.12.2019 |
| Vortrag | Partizipative Stakeholder-Prozesse zur Forcierung von Open BIM | BIMGlobe | Österreich, Wien | 25.02.2020 |
| Vortrag | MetaTGA Projektvorstellung | VDI BIM in der TGA | Deutschland, Düsseldorf (online) | 05.05.2020 |
| Workshop | 3. Stakeholderworkshop: Anwendung der Metadaten: Strukturierung mit BIMQ, Handhabung mit Autodesk Revit, Modellvalidierung mit Solibri | Workshop | Österreich, Wien (online) | 30.06.2020 |
| Paper und Vortrag | METATGA: A CHANCE FOR BIM IN THE FIELD OF MEP | BausIM 2020 | Österreich, Graz (online) | 23.09.2020 |
| Vortrag | IEA HPT Annex 56 IoT and Digitalisation for HP - Knowledge Exchange | Projektworkshop | Österreich, Wien (internationale Teilnahme online) | 21.10.2020 |
| Vortrag | MetaTGA Projektvorstellung | TGA Konferenz | Österreich | 04.11.2020 |
| Workshop | 4. Stakeholderworkshop - Endergebnisse: Vorstellung der Methodik, des Validierungsprozesses und der Ergebnisse. | Workshop | Österreich, Wien (online) | 24.11.2020 |
| Paper | METATGA: A CHANCE FOR BIM IN THE FIELD OF MEP | Bauphysik Journal | Österreich | 03.12.2020 |
| Artikel | TGA-Planungsjahrbuch | Fachartikel | Österreich | 01.01.2021 |
| Vortrag | Projektvorstellungen und Ergebnisse metaTGA | Mensch und Maschine | Österreich, Wien (online) | 31.03.2021 |
| Leitfaden/ Broschüre | METATGA - Metadaten und Prozessmodelle für openBIM in der TGA | Print und online | | 31.03.2021 |

Eine wichtige Zielsetzung war die Dissemination zu relevanten Stakeholdergruppen, damit die Projektergebnisse dort aufgegriffen werden können. Dazu wurden im Rahmen des Projekts fünf Workshops mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung durchgeführt. Im Zuge des Anforderungsworkshops wurde der Status quo von BIM in der TGA erörtert und notwendige Anforderungen an die durchzuführenden Entwicklungen im Forschungsprojekt erhoben. Der zweite und dritte Stakeholder-Workshop wurde mit der Zielsetzung durchgeführt, erste Ergebnisse der Erfassung und Strukturierung von Metadaten vorzustellen und diese gemeinsam mit den teilnehmenden ExpertInnen zu erweitern und zu validieren. Die Ergebnisse dieser Workshops waren eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung der Metadatenätze in ihrer finalen Form. Im vierten Stakeholder-Workshop wurde die Integration der Metadaten in das Datenbanksystem vorgestellt

sowie der Prozess der Anwendung dieser Metadaten bei der BIM-Modellerstellung erörtert. Der Abschluss-Workshop wurde genutzt, um die Projektergebnisse in ihrer Gesamtheit darzustellen, inkl. der erarbeiteten Prozessmodelle und der Erkenntnisse aus dem Validierungsprozess.

Einen weiteren Disseminationsschwerpunkt bildeten Vorträge auf einschlägigen Fachkonferenzen (siehe Tabelle 1). Folgende Publikationen wurden im Rahmen des Projekts veröffentlicht:

- *Einblick in das Forschungsprojekt Metadaten und Prozessmodelle für Open BIM in der TGA (metaTGA)* (Hauer et al., 2018)
- *Data and Process Model for advanced integration of MEP into BIM projects* (Partl et al., 2019a)
- *An Approach for the Extension of OpenBIM MEP Models with Metadata Focusing on Different Use Cases* (Hauer et al., 2019)
- *Process model for BIM-based MEP design* (Partl et al., 2019b)
- *metaTGA: A Chance for BIM in the Field of MEP* (Hauer et al., 2020)

Außerdem wurden die Ergebnisse in Fachgremien vorgestellt bzw. dort eingebracht. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Arbeitsgruppe 011.09 von Austrian Standards International sowie buildingSMART Austria (bSAT). Die Nutzung des projektspezifischen Merkmalservers BIMQ erfolgte im Rahmen einer Kooperation mit buildingSMART Austria, im Zuge derer die Projektergebnisse auch in bSAT-Arbeitsgruppen diskutiert und eingebracht wurden. Diese Aktivitäten werden auch nach Projektende durch die Projektpartner TU Graz und AIT fortgeführt werden.

Wichtige Verwertungsinstrumente sind zu guter Letzt die Projekthomepage (www.metatga.org) sowie der publizierte Leitfaden in Form einer Broschüre. Beide werden auch in Zukunft zur Verbreitung der Projektergebnisse in die Praxis als auch in die Forschungs-Community eingesetzt werden. Des Weiteren werden die Projektergebnisse in die universitäre Lehre und Ausbildung einfließen.

7 Ausblick und Empfehlungen

Die Erfassung, Strukturierung und maschinenlesbare Abbildung von Metadaten in Form von Attributen mit zugehöriger Projektphaseninformation und Verantwortlichkeit wird auch zukünftig von Bedeutung in der Bau- und Immobilienwirtschaft sein. Die Verfügbarkeit standardisierter und allgemein akzeptierter Metadatensätze für die Modellierung von Bauteilen und Komponenten ist ein wichtiger Schritt zur Vereinfachung des Austausches und der Anwendung von Modellen in BIM-Projekten. Hier gilt es, das Rad nicht in jedem Projekt neu zu erfinden, sondern auf einheitliche und validierte Daten zurückzugreifen. Die Entwicklung des Österreichischen Merkmalservers, welcher über die Arbeitsgruppe O11.09 des Austrian Standards Institute auch normativ verankert ist, und ähnliche Initiativen im DACH-Raum unterstreichen diesen Bedarf. Herausfordernd dabei ist die große Anzahl zu bearbeitender bzw. aktuell zu haltender Komponenten und Attribute. Im Rahmen des Projekts metaTGA wurde ein Prozess, der von der Erfassung bis zur Anwendung von Metadaten reicht, entwickelt und beschrieben und anhand von 56 beispielhaften TGA-Komponenten konkret gezeigt. Diese Ergebnisse sollten zukünftig zur Ausarbeitung weiterer Komponenten herangezogen werden. Im Rahmen einer Initiative des Innovationslabors „Digital findet Stadt“ wird vom Projektpartner AIT bereits an dieser Aufgabe gearbeitet.

Bedarf für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten besteht in diesem Zusammenhang insbesondere hinsichtlich der Automatisierung einzelner Teilschritte des beschriebenen Prozesses. Die Erhebung und Abbildung von Metadateninformationen ist ein sehr ressourcenintensiver Prozess, der aufgrund des Datenumfanges manuell nur sehr aufwändig zu bearbeiten ist. Hier gilt es Werkzeuge zu entwickeln, die eine automatisierte Bearbeitung von zumindest Teilen des Prozesses ermöglichen.

Ein weiterer Schritt ist die Verknüpfung von Metadaten mit Use-Cases, welche spezifische BIM-Anwendungsfälle beschreiben. Ein leistungsfähiges Werkzeug zur Beschreibung von Use-Cases ist beispielsweise die Use-Case Management Plattform von Bauen Digital Schweiz und buildingSMART International. Diese Plattform wird in Österreich von buildingSMART Austria eingesetzt und bereits in BIM-Projekten und auch im Rahmen von Forschungsprojekten genutzt. Diese Aktivitäten sollten vorangetrieben werden und Erfahrungen aus erfolgreichen Pilotprojekten in die Branche disseminiert werden.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des metaTGA-Modellierungsprozesses (in Anlehnung an Hauer et al., 2020)..... | 17 |
| Abbildung 2: Schematische Darstellung der Informationsbeschaffung (Monsberger et al., 2020)..... | 18 |
| Abbildung 3: Strukturierung von Metadaten im Datenbanksystem BIMQ..... | 21 |
| Abbildung 4: Verwendung von Attributen am Beispiel eines Luftkanals (in Anlehnung an Hauer et al., 2020)..... | 23 |
| Abbildung 5: Implementierung von metaTGA-Modellinhalten in ein BIM-Modell (Ausschnitt aus dem „Anwendungsprozess“)..... | 25 |
| Abbildung 6: Erste Phasen eines BIM-Projekts aus Sicht der AuftraggeberInnenseite | 26 |
| Abbildung 7: Im Projekt metaTGA betrachtete TGA-Komponenten (Hauer et al., 2021)..... | 28 |
| Abbildung 8: Gesamtübersicht des metaTGA-Entwicklungsprozesses | 30 |
| Abbildung 9: Gesamtübersicht des metaTGA-Anwendungsprozesses | 31 |
| Abbildung 10: Deckblatt des Leitfadens in Broschürenform (Hauer et al., 2021) | 34 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Disseminationstätigkeiten im Zuge des Projekts metaTGA..... | 40 |
|--|----|

Literaturverzeichnis

Castell-Codesal Javier, Frantzen Jürgen: Anforderungen an Produktdaten in der Gebäudetechnik. Vortragsreihe Building Information Modeling (BIM) in der Gebäudetechnik. VDI Wissensforum, Düsseldorf 2015.

Europäische Kommission: MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN: Der Grüne Deal. EUR-Lex, Brüssel 2019.

Hauer Stefan, Bres Aurelien, Partl Rainer, Monsberger Michael: Einblick in das Forschungsprojekt Metadaten und Prozessmodelle für Open BIM in der TGA (metaTGA). In: Gremmel-Simon Hildegard (Hrsg.): Zukunft der Gebäude? Leykam, Graz 2018.

Hauer Stefan, Bres Aurelien, Partl Rainer, Monsberger Michael: An approach for the extension of openBIM MEP models with metadata focusing on different use cases. In: Corrado Vincenzo. (Hrsg.): Proceedings of building simulation 2019. International Building Performance Simulation Association, Rom 2019.

Hauer Stefan, Murschetz Julian, Bres Aurelien, Urschler Christoph, Scherr Katharina, Brandauer Georg, Ziegler Manuel, Spitzer Florian, Eichler Christoph, Asmera Hannes, Monsberger Michael: Metadaten und Prozessmodelle für openBIM in der TGA. Graz 2021.

Hauer Stefan, Murschetz Julian, Bres Aurelien, Sporr Andreas, Schöny Michael, Monsberger Michael: metaTGA: a chance for BIM in the field of MEP. In: Bauphysik, Vol. 42, No. 6. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin 2020.

Hausknecht Kerstin, Liebich Thomas: BIM-Kompendium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2016.

Kessoudis Konstantinos, Akita Emad: Die Rolle der TGA aus Sicht der Bauindustrie - in BIM. Vortragsreihe Building Information Modeling (BIM) in der Gebäudetechnik. VDI Wissensforum, Düsseldorf 2015.

Kovacic Iva, Oberwinter Lars, Müller Christoph, Achammer, Christoph: The "BIM-sustain" experiment – simulation of BIM-supported multi-disciplinary design. In: Visualization in Engineering Vol. 1, No. 1. Springer, Wien 2013.

Lechner Hans, Heck Detlef: LM.Leistungsmodell VM.Vergütungsmodell Technische Ausrüstung (TA): Überarbeitete Neuauflage: 19.05.2017. Verlag der Technischen Universität Graz, Graz 2017.

Monsberger Michael, Hauer Stefan, Eichler Christoph: Erweiterte OpenBIM-Modelle für die technische Gebäudeausrüstung. Vortragsreihe Building Information Modeling (BIM) in der Gebäudetechnik. VDI Wissensforum, Düsseldorf 2020.

NIBS National Institute of Building Sciences: Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States: What is a BIM. <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> (abgerufen am 2 Juni 2021; 13:05).

Niedermaier Anke, Bäck Robert: ALLPLAN BIM-Kompendium Theorie und Praxis. <https://docplayer.org/202421248-Allplan-bim-kompendium-theorie-und-praxis-basierend-auf-dem-offiziellen-release-ifc4.html> (abgerufen am 10 Juni 2021; 12:50), München 2018.

Partl Rainer, Hauer Stefan, Monsberger Michael: Data and Process Model for Advanced Integration of MEP into BIM Projects. In: Proceedings of the Tenth International Structural Engineering and Construction Conference, No. 6. ISEC Press, Fargo 2019a.

Partl Rainer, Hauer Stefan, Monsberger Michael: Process model for BIM-based MEP design. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 323. IOP Publishing, Bristol 2019b.

Pikart Manfred: VDI- und ISO-Standardisierung von TGA-Produktkatalogdaten. Vortragsreihe Building Information Modeling (BIM) in der Gebäudetechnik. VDI Wissensforum, Düsseldorf 2015.

Statistik Austria: Nutzenergiekategorien Österreich 2019. https://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_NATIVE_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=042506 (abgerufen am 10. Juni 2021; 09:45), Wien 2020.

Steinger Christian: BIM und die TGA-Planung. In: building TIMES. Verfügbar unter <https://buildingtimes.at/allgemein/bim-und-die-tga-planung/> (abgerufen am 1 Juni 2021; 18:35). Immobilien Magazin Verlag GmbH, Wien 2018.

Van Treeck Christoph, Elixmann Robert, Rudat Klaus, Hiller Sven, Herkel Sebastian, Berger Markus:
(2016) Gebäude. Technik. Digital: Building Information Modeling. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg
2016.

Von Both Petra, Koch Volker, Kindsvater Andreas: BIM - Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan:
Analyse der Potentiale und Hemmnisse bei der Umsetzung der integrierten Planungsmethodik
Building Information Modeling - BIM - in der deutschen Baubranche und Ableitung eines
Handlungsplanes zur Verbesserung der Wettbewerbssituation. Fraunhofer-IRB-Verlag, Stuttgart
2013.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)