

BIM-basierte Planungsmethoden zur Sicherstellung von Energieeffizienz im Bauprozess

BIM Saves Energy

G. Zucker, A. Sporr,
B. Blank-Landeshammer,
C. Ruhsam, A. Gutierrez,
K. Kogler, S. Fallmann,
F. Puregger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

2/2022

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/>

BIM-basierte Planungsmethoden zur Sicherstellung von Energieeffizienz im Bauprozess

BIM Saves Energy

DI Dr. Gerhard Zucker, Andreas Sporr MSc., DI Anna Shadrina,
DI Brigitte Blank-Landeshammer
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

DI Dr. Christoph Ruhsam, Antonio Gutierrez PhD
ISIS Papyrus Europe AG

Klaus Kogler MSc., Simon Fallmann BSc.
CES clean energy solution GmbH

DI (FH) Franz Puregger
Bauunternehmung Granit GmbH

Wien, Februar 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	8
3	Ausgangslage	9
3.1.	State of the Art.....	9
3.1.1.	Building Information Modeling (BIM).....	9
3.1.2.	Industry Foundation Classes (IFC).....	10
3.1.3.	Adaptive Case Management (ACM)	10
3.1.4.	Project Information Management (PIM)	10
3.1.5.	Energieeffizienz-Tools und Simulationssoftware	11
3.1.6.	Initiativen, Komitees, Standardisierung	11
3.2.	Relevante österreichische und europäische Projekte (außerhalb des Konsortiums).....	12
3.3.	Relevante Projekte und Entwicklungen im Konsortium	13
3.3.1.	TGA BIM Planung Einzelhandel (> 30.000 m ² Nutzfläche)	13
3.3.2.	TGA BIM Planung Internationaler Flughafen (> 70.000 m ² Nutzfläche).....	14
3.4.	Problemstellung und Bedarf für das Vorhaben	14
3.5.	Ziele.....	16
4	Projekthalt	18
5	Ergebnisse	22
5.1.	Definition von Anwendungsfällen (Use Cases)	22
5.1.1.	Use Case 1: Initiale Modellprüfung	22
5.1.2.	Use Case 2: Thermische Eigenschaften der Gebäudehülle definieren.....	23
5.1.3.	Use Case 3: Berechnung des Heiz- und Kühlbedarfs	24
5.1.4.	Use Case 4: Berechnung der sommerlichen Überwärmung.....	25
5.2.	Geschäftsanforderungen, Metriken, Geschäftsregeln und Aufgaben.....	25
5.3.	Software Architektur.....	27
5.4.	Implementierung des Prototyps	29
5.5.	Validierung in Pilotprojekten	32
6	Schlussfolgerungen	34
6.1.	Gewonnene Erkenntnisse	34
6.2.	Einschätzung des Verwertungspotentials.....	34
7	Ausblick und Empfehlungen	38
8	Verzeichnisse	40

1 Kurzfassung

Steigender Termin- und Kostendruck sowie hohe Qualitätsansprüche in der Baubranche verlangen effektivere Zusammenarbeit von allen Teilnehmer:innen der Wertschöpfungskette am Bau, vom Bauherrn über den Architekt:innen und Planer:innen bis zu den ausführenden Gewerken. Mithilfe des Building Information Models (BIM) ist es erstmals möglich, einen integrierten computergestützten Planungsprozess aufzusetzen, der die Partner:innen in Planung und Bau in enger Kooperation verbindet. Die Datenformate und Schnittstellen (IFC4, bSDD, mvdXML u. a.) sind teilweise definiert, die erforderlichen Management-Prozesse und Kollaborationsmöglichkeiten bleiben aber offen.

Bauprozesse zeichnen sich durch einen hohen Grad an Diversität aus, da aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen jedes Bauprojekt unterschiedlich abgewickelt wird. Für die Digitalisierung der Bauprozesse scheidet die Abbildung auf eine starre Prozessstruktur aus, da Bauprojekte von den ausführenden Personen vor allem wissensbasierte, kollaborative Arbeit erfordern, deren Merkmal am besten durch „Zielorientierung“ zu beschreiben ist: Ziele werden von den Teilnehmer:innen durch deren Fachwissen und ad hoc definierte Aktivitäten erreicht. Adaptive Case Management (ACM), das als Industrie-Standardlösung derzeit in anderen Branchen (z. B. bei der Abwicklung von Versicherungs-Geschäftsfällen) erfolgreich eingesetzt wird, ermöglicht hier potenziell eine neue Qualität von integraler Planung.

In BIMsavesEnergy wurden Planungsmethoden entwickelt, die die Auswirkungen von Entscheidungsoptionen auf die Energieeffizienz in den Planungs- und Bauphasen bewerten. Diese Planungsmethoden dienen zur organisationsübergreifenden Zusammenarbeit und stellen die prozessgenaue Bereitstellung von Informationen für alle Beteiligten sicher. Dabei werden Compliance-Anforderungen durch Prüfregelein (Business Rules) für die digitalen Daten definiert und in den Management- Prozess integriert. BIMsavesEnergy löst die Schnittstellenproblematik zwischen planungsrelevanten Entscheidungen und Architektur-, als auch Ingenieurleistung. Das Alleinstellungsmerkmal von BIMsavesEnergy ist die gemeinsame Methodenentwicklung in Bau und Management in Richtung einer neuen, IT-gestützten Kommunikationsplattform für die Bauindustrie. In Bezug auf Interoperabilität zielt BIMsavesEnergy auf verlustfreie bidirektionale Kommunikation von vollständig attribuierten IFC Objekten zwischen den verwendeten Tools ab.

BIMsavesEnergy ermöglicht die BIM-basierte zeitnahe und hierarchieübergreifende Überprüfung von Key Performance Indicator (KPIs), die den Einfluss von Planungsentscheidungen auf die Energieeffizienz quantitativ bewertbar und im Managementprozess steuerbar machen (z. B. thermische Verluste über die Gebäudehülle, erwarteter Heizwärmebedarf oder sommerliche Überwärmung in kritischen Zonen).

Die Ergebnisse wurden in drei Pilot-Bauprojekten angewendet. Das Forschungsprojekt wurde dazu an entsprechende Bauprojekte angelagert, in denen die Projektergebnisse direkt in den Bauprozess einfließen können.

Innerhalb des Projekts wurden bereits einige Methoden entwickelt, die den Bauprozess von der Planung bis zur Durchführung qualitativ begleiten können. Dabei handelt es sich um Methoden zur Qualitätssicherung der BIM Modelle, zur zeit- und ressourceneffizienten Versionisierung und zur einfach nachvollziehbaren Kommunikation zwischen unterschiedlichen Gewerken. Diese Methoden wurden bereits in Pilotprojekten getestet und nach der Evaluierung basierend auf Feedback des involvierten ausführenden Unternehmens in einigen Bereichen adaptiert. Damit konnte eine hohe Akzeptanz im Vergleich zu anderen Softwarepaketen erreicht werden. In weiterer Folge können darauf basierend Entwicklungsschritte gesetzt werden, um zusätzliche Bereiche des Bauwesens in ein ACM-System einzupflegen. Die vorbereitete Plattform liefert eine optimale, generische Basis dafür.

2 Abstract

Increased pressure by costs and deadlines as well as high quality requirements in the construction industry require more effective cooperation from all participants in the building value chain, starting from the owner to the architect and planner to the executing trades. With the help of the Building Information Model (BIM), it is possible for the first time to establish an integrated computer-aided planning process, which connects the partners in planning and construction in close cooperation. The data formats and interfaces (IFC4, bSDD, mvdXML, etc.) are partly defined, but the necessary management processes and collaboration possibilities remain open.

Construction processes are characterized by a high degree of diversity since different construction requirements are different for each building project. For the digitalization of the construction processes, the mapping is based on a rigid process structure, since construction projects require, above all, knowledge-based, collaborative work, the characteristics of which are best described by "goal-orientation". Goals are achieved by the participants through their expertise and ad hoc defined activities. Adaptive Case Management (ACM), which is currently being used as an industry standard solution in other industries (e. g. in the handling of insurance business cases), carries the potential enables a new quality of integral planning.

In this project, goal-oriented planning methods are developed that evaluate the impact of decision-making options on energy efficiency in planning and construction phases. These planning methods are used for organization-wide cooperation and ensure the process-accurate provision of information for all parties involved. Compliance requirements are defined by validation rules (business rules) for the digital data and integrated into the management process.

BIMsavesEnergy solves the interface problem between planning-relevant decisions and architecture as well as engineering performance. The unique feature of BIMsavesEnergy is the joint method development in planning and management towards a new IT-supported communication platform for the construction industry.

In terms of interoperability, BIMsavesEnergy aims at loss-free bidirectional communication of fully attributed IFC objects between the tools used.

BIMsavesEnergy provides the BIM-based, rapid and hierarchical verification of Key Performance Indicators (KPIs) that quantitatively assess the influence of planning decisions on energy efficiency and allows to manage this efficiency in the management process (e. g. thermal losses across the building envelope, expected heating demand or summerly overheating in critical areas).

The results are applied in several pilot construction projects. For this purpose, the research project is attached to the corresponding construction projects in which the project results can be directly integrated into the construction process.

Within the project, several methods have already been developed which can qualitatively accompany the construction process from planning to execution. These are methods for quality assurance of BIM models, for time- and resource-efficient versioning and for easily comprehensible communication between different disciplines. They have been tested in pilot projects and have been adapted in some areas after evaluation based on feedback from the contractors involved. Thus, a high acceptance could be achieved compared to other software packages. Based on this, further development steps can be taken to integrate additional areas of the construction industry into an ACM system. The prepared platform provides an optimal, generic basis for that.

3 Ausgangslage

3.1. State of the Art

3.1.1. Building Information Modeling (BIM)

Es stehen verschiedene Softwarelösungen zur Verfügung, die den BIM-Prozess unterstützen. Eine zentrale Herausforderung ist die Interoperabilität zwischen Unternehmen, Teams, Disziplinen und allen anderen Verbrauchern und Produzenten von Informationen. Unter den Partner:innen des Projektkonsortiums werden in einem typischen Projekt mehrere marktführende Plattformen eingesetzt. Dies führt zu der Notwendigkeit des sogenannten "Open-BIM"-Paradigmas, in dem ein gemeinsames Austauschformat ausgenutzt wird. Bisher ist der Datenaustausch zwischen z. B. Architekt:innen und Planer:innen der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) nicht robust. Der Prozess kann dazu führen, dass Elemente bei der Konvertierung verloren gehen oder Fehler verursachen, was zu Klärungsbedarf und Produktivitätsverlust führt. Es ist die Erfahrung der BIM Saves Energy-Partner:innen, dass die Angaben von Software-Distributoren, ihre jeweilige Software in der Lage sei, Daten verlustfrei auszutauschen, oft nicht zutrifft. In der Tat gibt es viele Fälle, wo die Umwandlung eigentlich nicht erfolgreich ist. Dies ist zum Teil auf das doppelte Umwandlungsproblem zurückzuführen - zuerst vom proprietären Format in ein neutrales Format und dann von dem neutralen Format in ein zweites proprietäres Format.

Der Begriff "BIM Levels" ist eine weit verbreitete Definition dafür, welche Kriterien als BIM-konform angesehen werden müssen, indem sie den Adoptionsprozess als die nächsten Schritte in einer Reise sehen, die die Industrie vom Reißbrett zum Computer und letztlich in das digitale Zeitalter führt.

Neben den europäischen Standards gibt es viele internationale Standards: Das Vereinigte Königreich gehört zu den am besten geregelten Ländern im Bereich BIM. Innerhalb der Gesetzgebung werden dort mehrere Reifegrade definiert.

Level 1 BIM: Hier sind die meisten Unternehmen derzeit tätig. Hierbei handelt es sich um eine Mischung aus 3D CAD für Konzeptarbeit und 2D für die Erstellung von gesetzlichen Zulassungsdokumentationen und Produktionsinformationen. CAD-Standards werden nach BS 1192: 2007 verwaltet und der elektronische Austausch von Daten erfolgt aus einer gemeinsamen Datenumgebung, die oft vom Auftragnehmer verwaltet wird. Modelle werden nicht zwischen Projektteammitgliedern geteilt.

Level 2 BIM: Hier sind Mitglieder des Projektkonsortiums BIM Saves Energy tätig. Dies zeichnet sich durch kollaboratives Arbeiten aus. Alle Parteien nutzen ihre eigenen 3D-CAD-Modelle, arbeiten aber nicht unbedingt an einem einzigen, geteilten Modell. Die Zusammenarbeit ist darüber definiert, wie die Informationen zwischen verschiedenen Parteien ausgetauscht werden. Design-Informationen werden über ein gemeinsames Dateiformat geteilt, das es jeder Organisation ermöglicht, diese Daten mit ihren eigenen zu kombinieren, um ein gemeinsames BIM-Modell zu erstellen und dieses zu prüfen. Daher muss jede CAD-Software, die ein Partner verwendet, in der Lage sein, in eines der gängigen Dateiformate wie Industry Foundation Classes (IFC) zu exportieren. Dies ist die Arbeitsweise, die von

der britischen Regierung für alle Arbeiten im öffentlichen Sektor bis 2016 als Mindestziel festgelegt wurde. Hier gibt es mit der "BIM Level 2 Compliance" eine Standardisierung.

Level 3 BIM: Dies stellt eine vollständige Zusammenarbeit zwischen allen Disziplinen dar, indem ein einziges, gemeinsames Projektmodell verwendet wird, das in einem zentralen Repository abgelegt ist.

3.1.2. Industry Foundation Classes (IFC)

Das Datenformat **IFC** wurde entwickelt, um Daten zwischen verschiedenen Werkzeugen und Benutzern auszutauschen. Es liegt derzeit in Version 4 als IFC4 vor und beschreibt Bau- und Bauindustriedaten in einer plattformneutralen, offenen Dateiformatspezifikation, die nicht von einem einzelnen Anbieter oder einer Gruppe von Anbietern kontrolliert wird. Das IFC-Datenmodell ist definiert durch EN ISO 16739: 2013 IFC für den Datenaustausch in der Bau- und Facility Management-Branche. IFC gilt als eine wichtige Technologie in OpenBIM [1], die für das vorliegende Projekt relevant ist.

3.1.3. Adaptive Case Management (ACM)

Adaptive Case Management (ACM) ist eine Informationstechnologie, die strukturierte und unstrukturierte Geschäftsinformationen (Geschäftsdaten und -Inhalte) bereitstellt und strukturierten (geschäftlichen) und unstrukturierten (sozialen) Organisationen, die Arbeit (Routine und emergente Prozesse) in einer sicheren aber transparenten Weise ausführt [2]. Im Unterschied zum „Business Process Management“-Ansatz, bei dem eine genaue Prozessdefinition und die Automatisierung von Prozessen angestrebt wird, steht beim ACM-Konzept Zielorientierung der „Wissensarbeiter“ im Vordergrund. Wissensarbeiter benötigen bei ihrer Arbeit große Flexibilität, um ihre Fälle (Cases) zu behandeln. ACM erlaubt einem Wissensarbeiter alle Aspekte eines Falles selbständig zu steuern. Die für die Bearbeitung eines Cases notwendigen Aufgaben und deren Ablauf werden nach Bedarf individuell gestaltet. Geschäftsregeln definieren die Handlungsrandbedingungen, die sich aus gesetzlichen und von Firmen und Geschäftsbeziehungen definierten Regularien ergeben. In der Baubranche eignet sich der ACM Ansatz besonders bei komplexen Bauprojekten mit hoher Diversität der Prozesse und vielen Stakeholdern.

3.1.4. Project Information Management (PIM)

Project Information Management (PIM) umfasst die Erstellung, Speicherung und Kommunikation von Informationen und soll Prozesse abbilden, wo Entscheidungen gefördert werden, die die Projektleistung positiv beeinflussen.

In der Baubranche wird PIM de facto nicht umgesetzt, sondern nur ansatzweise mit Low-Tech-Ansätzen gelöst: Dokumentation in Text und Zeichnungen, digitale Dokumenten-Speicherung von Teams und Kommunikation per E-Mail oder digitalen Nachrichten-Plattformen. Software, die versucht, diesen Bereich zu erfassen, sind Microsoft Sharepoint, Viewpoint für Projekte und ähnliche Plattformen.

Im Bausektor gibt es mehrere Werkzeuge, die auf Aspekte des Planungs- und Bauvorgangs abzielen. Viele dieser Werkzeuge werden derzeit von den Projektpartner:innen verwendet. Verschiedene Viewer-Softwarepakete bieten ein so genanntes "federated BIM Model" (ein Modell mit mehr als einer

Disziplin), das von Designern, Bauherren, Besitzern und anderen Stakeholdern in 3D betrachtet werden kann. Mit diesem Tool kann der Designstatus in einer Team-Einstellung überprüft werden. Die Koordination von Modellen vor dem Bau ist äußerst wichtig, um die Anzahl unterschiedlicher geometrischer Klassen innerhalb und zwischen den Gewerken zu minimieren und das BIM-Modell damit schlank und konsistent zu halten. Zu diesem Zweck können die Softwares Autodesk Navisworks [3] und Solibri Model Checker [4] verwendet werden. Die Art der Kommunikation, die in einem Bauvorhaben verwaltet werden muss, beinhaltet zumeist Verfolgung von Entscheidungen und Verantwortlichkeiten (Protokolle) sowie Designprüfungen.

3.1.5. Energieeffizienz-Tools und Simulationssoftware

Ein energieeffizientes Gebäude zu planen erfordert eine Kombination von Fachkräften, guter Kommunikation und guten Softwarelösungen. Die Energiesimulation ist die Schlüsseltechnologie im effizienten Gebäudedesign und ermöglicht es dem Designteam, das Gebäude vor der Implementierung zu testen und die Technologien auszuwählen, um die Designziele zu erreichen.

Die dynamische thermische Simulation ermöglicht eine detaillierte und zeitlich hoch aufgelöste Analyse der Designvorschläge z. B. über ein simuliertes Designjahr. Viele Werkzeuge sind in der Branche für ihre Flexibilität und Leistung bekannt. TRNSYS ist ein Werkzeug, das sich gut für HLK-Simulationen (Heizung, Lüftung, Klima) eignet. EnergyPlus ist eine frei verfügbare Lösung des US Department of Energy, das für die Simulation von HLK-Systeme und Bauphysik verwendet wird.

Bei der Auslegung und Auswahl von Geräten sind solche Kühl- und Heizlastberechnungen eine wertvolle Ergänzung zu Normberechnungen, da sie den eigentlichen Betrieb besser widerspiegeln. Die Tools werden üblicherweise extern zur Design-Software betrieben. Einige BIM-Plattformen haben die Fähigkeit, solche Berechnungen intern durchzuführen, welche im Gegenzug oft nicht mit den lokalen Baunormen kompatibel sind. Daher ist eine direkte Verbindung zur Berechnungssoftware erwünscht. Allerdings ist bei den meisten Heiz- und Kühllastberechnungsprogramme der Import von 3D-BIM-Daten, vor allem die Handhabung der vollständig attribuierten BIM-Objekte, gar nicht oder kaum möglich. Daraus resultiert eine hohe Fehleranfälligkeit.

3.1.6. Initiativen, Komitees, Standardisierung

IFC Format ist Teil des Technischen Standards Komitees für BIM Standardisierung, CEN TC 442, die "*Standardisierung im Bereich der strukturierten semantischen Lebenszyklus Informationen für die gebaute Umwelt*" umfasst. Im Ausschuss wird ein strukturiertes Set von Standards, Spezifikationen und Berichten, die Methoden zur Definition, Beschreibung, Austausch, Überwachung, Aufzeichnung und sicheren Handhabung von Vermögensdaten, Semantik und Prozessen mit Links zu Geodaten und anderen externen Daten festlegen, entwickelt. Innerhalb dieses Ausschusses wurden bereits zwei weitere Normen definiert:

EN ISO 12006-3: 2016 Organization of information about construction works -- Part 3: Framework for object-oriented information (ISO 12006-3: 2007)

EN ISO 29481-2: 2016 Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework (ISO 29481-2: 2012)

Die Standards stammen von der internationalen Organisation buildingSMART, einer internationalen nichtstaatlichen Organisation, die die IFC und zahlreiche weitere Standards und Prozesse definiert hat.

Von den vier Arbeitsgruppen im CEN TC 442 wird eine von Österreich geleitet:

- WG1 Strategy and planning (Secretary: United Kingdom)
- WG2 Exchange information (Secretary: Germany)
- WG3 Information delivery specification (Secretary: Austria)
- WG4 Data dictionary (Secretary: France)

CES und CYPE engagieren sich aktiv in buildingSMART. Die Erkenntnisse aus BIM Saves Energy werden direkt an buildingSMART zurückgeführt und zur Verbesserung und Erweiterung von verschiedenen BIM-Normenserien verwendet.

In der österreichischen Standardisierung ist das Thema BIM bei Austrian Standards, organisatorisch der Arbeitsgruppe 011.09 (ON-AG 011.09) "*Technisches Zeichnen und Dokumentation im Bauwesen*" im Normungskomitee 011 Hochbau Allgemeines, zugeordnet [5], die ebenfalls von Projektmitgliedern unterstützt wird. Aus der Arbeitsgruppe geht die Normenserie ÖNORM A 6241 hervor, in denen sämtliche Aspekte der BIM-Technologie berücksichtigt werden.

Zu den aktuellen Aktivitäten innerhalb Österreichs gehört ein digitaler Merkmalsserver, der die Attribute von Elementen, kompatibel mit der buildingSMART Data Dictionary (bSDD), koordiniert und fortlaufende Aktivitäten zur Festlegung von Standards für Österreich, Osteuropa und die Europäische Union beinhaltet. Die zugehörigen Forschungsprojekte freeBIM1 und freeBIM2 sind dem Konsortium über die ON-AG 011.09 zugänglich.

3.2. Relevante österreichische und europäische Projekte (außerhalb des Konsortiums)

Aus der Fülle an laufenden und abgeschlossenen Forschungsprojekten wird hier eine Auswahl von relevanten österreichischen und europäischen Projekten gegeben, die im Umfeld des Projekts angesiedelt sind.

freeBIM-Tirol und **freeBIM 2**: Das Projekt freeBIM 2 setzt auf den Ergebnissen des bereits abgeschlossenen Kooperationsprojekts freeBIM-Tirol auf. In diesem wurde ein Merkmalsserver [6] zu Bauteil- und Materialeigenschaften konzipiert und umgesetzt¹ und implementiert eine Bibliothek der ÖNORM A 6240. Die beschreibenden Eigenschaften und Beschreibungen von Bauteilen werden mit dem bSDD abgeglichen und diese um nicht vorhandene Werte ergänzt. Die Datenbank wird mit den Experten der ON-AG 011.09 im Austrian Standards Institute überarbeitet, erweitert, geprüft und freigegeben. Auch die Tätigkeiten von buildingSMART im Rahmen von „Katalog – Bauteileigenschaften“ [7] zielen darauf ab, die produktneutralen Eigenschaften für wichtige Rohbau-Bauteile definieren und – für Österreich – in der ÖNORM A 6240 zu veröffentlichen.

¹ db.freebim.at/

BIM_sustain: Im Rahmen des BIM_sustain Projekts unter der Leitung der TU Wien wurden die Projekte der Studierenden, die im Zuge der interdisziplinären universitären Lehre von BIM-Planungsprozessen im WS 2012/13 und WS 2014/13 modelliert und optimiert wurden, ausführlich analysiert und ausgewertet. Die interdisziplinären Teams wurden aus Studierenden der Studienrichtungen Architektur, Bauingenieurwesen und Building Science zusammengesetzt. In Bezug auf die Fähigkeiten von IFC wurde zum damaligen Zeitpunkt klar, dass der Datenaustausch zwischen Architektur, Tragwerksplanung und HLK noch nicht ausreichend weit entwickelt war und es dadurch zu Inkonsistenzen und Kommunikationsverlusten kam. Die weitere Entwicklung in die derzeit aktuelle vierte Version (IFC4) hat einige dieser Mängel behoben und bildet daher die Basis für das vorliegende Projekt BIMsavesEnergy.

Das deutsche Forschungsprojektes "**BIMiD - BIM Referenzobjekt in Deutschland**" [8] unter der Leitung des Fraunhofer Instituts für Bauphysik (IBP) und gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) demonstriert exemplarisch die BIM Methode anhand zweier Gebäudeentwicklungsprojekte. Dabei werden u. a. technische Aspekte wie Schnittstellendefinitionen und Anwendungsmethodik, aber auch Arbeitsorganisation und Nutzerakzeptanz, betrachtet.

EnEff-BIM – Planung und Betriebsoptimierung von energieeffizienten Gebäuden durch Bauwerkinformationsmodelle: Im deutschen Verbundprojekt EnEff-BIM unter der Koordination der RWTH Aachen wurden informationstechnische Methoden für die Planung, Auslegung und Betriebsführung von energieeffizienten Neu- und Bestandsbauten entwickelt, getestet und Fachplaner:innen zugänglich gemacht. Die Modellierung, Simulation und Betriebsoptimierung erfolgte auf Basis von BIM. Es wurde untersucht, inwieweit ein durchgängiger Datenaustausch vor allem bezüglich TGA möglich ist, um hier die thermische Simulation von Gebäudeenergiesystemen in Modelica implementieren zu können. Die entwickelte Software ist offengelegt, entsprechende Code Repositories sind auf GitHub verfügbar.

3.3. Relevante Projekte und Entwicklungen im Konsortium

3.3.1. TGA BIM Planung Einzelhandel (> 30.000 m² Nutzfläche)

Der Konsortialpartner CES ist in die Planung eines internationalen Einzelhandelsgeschäfts eingebunden, das in Slowenien gebaut werden soll. In der Rolle der BIM-Koordination für TGA sind die Mitarbeiter:innen der CES Teil eines integrierten Designteams. Das Team umfasst Architekt:innen und Konstrukteur:innen in Slowenien, den HLK-Designer:innen in Kroatien sowie das Projektmanagement und die BIM-Koordination im Wiener Büro. Das Design wurde mit verschiedenen BIM-Plattformen durchgeführt. Für die TGA-Planung wurde Revit MEP (Mechanical, Engineering, Plumbing) [9] verwendet. Architekturplanung erfolgte in ArchiCAD der Firma Graphisoft [10] und Statik in Revit Structure. In allen Fällen verwenden die Designteams Cloud-basierte Speicherung, um IFC-Dateien in wichtigen Design-Stufen auszutauschen. Im Falle des TGA-Designs wurden die architektonischen und strukturellen IFC-Dateien zur Koordination in Revit importiert. Das Projektmanagement war herausfordernd. Es gab die folgenden klaren Anforderungen:

- Gut dokumentierte Entscheidungen
- Besprechungsprotokolle
- Nachvollziehbarkeit von Korrespondenzen

- Management von Stunden und Ressourcen
- Gut definierte Ziele und Pläne, um Ergebnisse zu erzielen
- Klar definierte Kommunikationsketten
- Klar definierte und verfolgbare Prozessdiagramme

3.3.2. TGA BIM Planung Internationaler Flughafen (> 70.000 m² Nutzfläche)

Bei einem internationalen Flughafen in Afrika ist CES beauftragt, die haustechnische-, und infrastrukturelle Konzeptplanung eines neuen internationalen Flughafens durchzuführen. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind Energieeffizienz und wirtschaftliche Nachhaltigkeit von entscheidender Bedeutung (100% Eigenstromversorgung am Standort des Flughafens). Ein solches Projekt ist einerseits aufgrund der Anzahl der Stakeholder komplex, und andererseits auch aufgrund des Projektumfanges. In diesem Projekt wurde Microsoft Sharepoint vom Kunden eingesetzt, um das Projekt zu organisieren.

Die ISIS Papyrus Plattform liefert seit über 20 Jahren Geschäftskommunikation und Prozesslösungen. Die Plattform bietet eine Business-Architektur-basierte Methodik - nicht nur eine "offene" Architektur - für Prozess-Management, das automatisch jede Art von interaktivem Prozess, der auf den Entity-Modellen durchgeführt wird, identifiziert und dokumentiert. Die daraus resultierende Transparenz ermöglicht eine Prozessverbesserung durch Benutzeranpassung. Business-Anwender müssen in der Lage sein, die Architektur-Modelle zu verstehen und können diese nutzen, um geschäftskritische Prozesse zu schaffen, die Menschen, Informationen und Anwendungen über geografisch verteilte, organisatorische Funktionen verknüpfen. Business-Experten können so schnell Prozesse modifizieren, messen und verändern, unabhängig von der zugrunde liegenden Anwendungslogik. Papyrus benötigt keine zusätzlichen separaten Regelmaschinen oder kollaborativen Mapping-Layer, um Prozesse dynamisch an sich ändernde Geschäftsanforderungen anzupassen. Der kollaborative ISIS Papyrus Plattform-Ansatz beschränkt die Geschäftsnutzer nicht in ihrer Ausführung, sondern leitet sie durch die Prozessdefinitionen, überwacht nach Geschäftsregeln und gemessen durch Zielerfüllung. Die Papyrus-Plattform ist in Hunderten großen Kooperationen weltweit vor allem in der Versicherungs- und Banken-Industrie installiert, jede mit Tausenden Geschäftskunden, die ihre tägliche Arbeit durchführen.

Die Integration mit BIM ist eine logische Konsequenz, um eine vollwertige PIM Lösung zu liefern und so die Lösungsfähigkeit auf andere Geschäftsprozessanforderungen zu erweitern

3.4. Problemstellung und Bedarf für das Vorhaben

Die Verwendung von BIM-Daten basiert auf der Spezifikation von IFC. Die zuvor meistverwendete Spezifikation IFC2X3 wurde durch die aktuelle Version IFC4 abgelöst, im Juli 2016 wurde hierzu das IFC4 Addendum 2 veröffentlicht. Bedingt durch die geschichtliche Entwicklung von IFC lag der Schwerpunkt bisher auf architektonischer Gestaltung und somit auf Geometriedarstellungen. An IFC wurde kritisiert, dass der Transfer ganzer Designs zwischen unterschiedlichen Applikationen nicht verlustfrei war, da intelligentes Verhalten der Komponenten sowie die Parameterunterstützung verloren gegangen ist (z. B. bei geometrischen Formen wie NURBS). IFC4 soll hier Verbesserungen bringen und die Interoperabilität erhöhen. Eine typische Anwendung für BIM ist die kollisionsfreie Planung, die z. B. die Software Solibri Model Checker [4] unterstützt.

Die norwegische Facility Management Software Firma areo analysierte im November 2016 die Leistungsfähigkeit von IFC4 [11]. Es zeigte sich, dass die gängigen Planungs- und CAD-tools wie Revit, ArchiCAD und MagiCAD IFC4 korrekt exportieren können und somit die Standardspezifikation an sich implementiert haben. Meist geschieht dies allerdings in einem Kompatibilitätsmodus, der wenig Vorteile gegenüber IFC2x3 bringt. Darüber hinaus gab es allerdings zahlreiche kleinere und größere Inkompatibilitäten bei IFC4 in der Geometrie-Darstellung, die von fehlenden Objektdaten bis zu Programmabstürzen reichten. Im derzeitigen Stand müssten zahlreiche Adaptionen beim Import oder Export vorgenommen werden, bevor Daten wirklich verlustfrei zwischen Design-Tools ausgetauscht werden können.

Bezüglich Interoperabilität baut das Konsortium auf den spanischen Partner CYPE, der zu den Weltmarktführern im Bereich Ingenieurssoftware zählt und bereits Erfahrungen mit IFC4 gesammelt hat. Damit soll ein maximaler Grad an Interoperabilität zwischen den Tools im Projekt ermöglicht werden.

Andere Gewerke wie HLK sind bisher nur ansatzweise implementiert. Das IFC4 Addendum 2 [12, S. 4] bildet mittlerweile 24 unterschiedliche Sensortypen und fünf Aktuatortypen ab und hat ein gewisses Set an Definition von Energiesystemen in Form von Heizungskesseln, Brennern, Kühlgeräten, Wärmetauschern und anderen Geräten bzw. Komponenten [13]. Eine Bewertung der Energieeffizienz über thermische Simulationen ist mit diesem Datenbestand schwierig. Hier gilt es, die weiteren Entwicklungen in Richtung IFC5 zu verfolgen und mithilfe von BIMsavesEnergy zu unterstützen.

Energieeffizienz ist eine emergente Eigenschaft, die sich nicht an Einzelkomponenten festmachen lässt, sondern in der Komplexität des Gesamtsystems und im Erstellungsprozess festgemacht ist. Im Gebäudebereich ist die Energieeffizienz zusätzlich an weitere Faktoren geknüpft:

- Komplexe, eng gekoppelte Systeme aus den Domänen der Bauphysik, Architektur, Gebäudetechnik und Regelungstechnik
- Eine Vielzahl an Beteiligten entlang der Wertschöpfungskette
- Frühe Entscheidungen haben die größten Auswirkung, aber den geringsten Informationsstand, wohingegen späte Entscheidungen hohe Umsetzungskosten verursachen

In Österreich weisen laut Bau-Journal [14] von 2016 insgesamt 68% der neu errichteten Mehrgeschosswohnbauten Mängel auf, die Gebäude- und Energietechnik von mehr als jedem dritten neu gebauten bzw. sanierten Wohngebäude ist ebenfalls mangelhaft. In [15] zeigen die Autoren anhand einer Studie von über 3000 deutschen Wohngebäuden, dass vor allem Niedrigenergiegebäude die Planziele der Energie-Performance meist nicht erreichen. Dies bestätigt, dass Qualitätssteigerung im Bauprozess eine dringende Vorbedingung ist, um die Energieeffizienz von Gebäuden definieren und garantieren zu können.

Dazu muss der Planungs- und Bauprozess in seiner gesamten Komplexität beherrschbar und steuerbar gemacht werden. Wenn es gelingt, den BIM-gestützten Planungsprozess in einem Management-Prozess abzubilden, der den verschiedenen Komplexitäten in Bauphysik, thermischen Energiesystemen, Wertschöpfungskette und Datenverfügbarkeit Rechnung trägt, kann dadurch die tatsächliche Energieeffizienz als steuerbare Zielgröße verfügbar gemacht werden. In BIMsavesEnergy wird die Planung als zentrale Phase der Effizienz-Beeinflussung in den Fokus gestellt. Langfristig (also über dieses Projekt hinaus) soll dieser Ansatz ausgedehnt werden, sodass die in der Planungsphase

generierten Informationen über die Bau- und Inbetriebnahmephase hinweg auch nahtlos in den Betrieb integriert und dort mit den laufend anfallenden Betriebsdaten verschränkt werden.

Auf dem Markt existierende Tools können die BIM-basierte Planung nicht ausreichend abbilden, sodass damit Bauprojekte in ihrer intrinsischen Komplexität und Flexibilität abgewickelt werden und Energieeffizienz während Planung und Bau überprüfbar bleibt. Die ACM-Plattform-Funktionalität des Konsortialpartners ISIS Papyrus ermöglicht eine neue Qualität von integraler Planung. Im Rahmen von BIMsavesEnergy wird internationale Expertise aus der innovativen Gebäudeplanung mit einer robusten Softwarelösung aus der Versicherungs-, und Bankenbranche verschnitten.

3.5. Ziele

Die Ziele des Projekts unterteilen sich in drei Gruppen: Projektziele, methodische Ziele und Anwendungsziele. Diese sind im Folgenden gelistet:

Projektziele:

1. Entwicklung zielorientierter Planungsmethoden, die die Auswirkungen von Entscheidungsoptionen auf die Energieeffizienz in den Planungs- und Bauphasen bewerten. Diese Planungsmethoden dienen zur organisationsübergreifenden Zusammenarbeit und stellen die prozessgenaue Bereitstellung von Informationen für alle Beteiligten sicher.
2. Zeitnahe und hierarchieübergreifende Überprüfung von KPIs, die den Einfluss von Planungsentscheidungen auf die Energieeffizienz quantitativ bewertbar und im Managementprozess steuerbar machen. Die Bewertungen werden nahtlos in den Planungsprozess zurückgeführt. Die Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen auf allen Projektebenen ist gegeben und mittels der PIM Papyrus Plattform zugänglich
3. Abbildung und Einhaltung von Compliance-Richtlinien für digitalen Daten und Management-Prozess. Dies ermöglicht auch die Einbindung unterschiedlicher Personenkreise bis hin zur Einbindung der Öffentlichkeit unter strikter Einhaltung der Compliance-Richtlinien. Im Sinne des nachhaltigen Städtebaues können zu definierende Informationen zu Objekten, Objektverbänden und Stadtteilen verschiedenen Nutzergruppen zugänglich gemacht werden.

Methodische Ziele:

1. Lösung der Schnittstellenproblematik zwischen planungsrelevanten Entscheidungen und Architektur-, wie auch Ingenieursleistung durch Integration von BIM-basierten Planungswerkzeugen sowie Energieberechnungs-Tools wie EnergyPlus in eine bestehende ACM Plattform
2. Austausch von Daten über das IFC Datenmodell: Vollständig attribuierte Objekte sollen bidirektional und verlustfrei zwischen Tools übertragen werden
3. Definition einer Bauprozess-Ontologie sowie von Geschäftsregeln (Business Rules), um die Prozesse in den Anwendungsfällen zu beschreiben. Die Elemente aus der BIM Datenbasis, die für die Energieeffizienzberechnungen von Bedeutung sind, werden ermittelt und in die Ontologie aufgenommen

Anwendungsziele:

1. Definition von mindestens 3 Anwendungsfällen, die Energieeffizienz in der BIM-basierten Planung sichtbar, messbar und im Projektmanagement steuerbar machen
2. Auswahl von 3 Pilot-Bauprojekten zur Validierung der definierten Anwendungsfälle. Hier soll der entwickelte Software-Prototyp in den angelagerten Pilot-Bauprojekten eingesetzt, getestet und verbessert werden

4 Projektinhalt

In BIM Saves Energy wurde eine BIM-Plattform entwickelt, die eine gewerksübergreifende, zeit- und kosteneffiziente Projektdurchführung unterschiedlicher Größenordnungen im Bauwesen ermöglicht. Dabei standen eine verlässliche Versionisierung, eine klare Kommunikationsstruktur und die iterative Prüfung des Bauprojekts in unterschiedlichen Bauphasen im Fokus. Das durchgeführte Projekt war in 7 Arbeitspakete (AP) unterteilt, wovon AP 1 die Projektleitung und AP 7 die Dissemination umfassten:

- **AP 2 „Definition von Anwendungsfällen“:** In diesem Arbeitspaket wurden die Anwendungsfälle mit hoher Auswirkungsrelevanz bezüglich Energieeffizienz in unterschiedlichen Planungsphasen identifiziert.
- **AP 3 „Business Requirements, Metriken, Geschäftsregeln und Aufgaben“:** Ziel dieses Arbeitspaket war eine klare Definition der Anforderungen, welche an die in AP 4 entwickelte Software-Lösung gestellt werden. Darunter fallen sowohl die Definition der Geschäftsarchitektur für das Baugewerbe, als auch die Definition von baudomänenspezifischen Geschäftsvokabular und deren Beziehungen (Ontologien) oder die sich verändernden Aufgaben im Laufe des Bauvorhabens.
- **AP 4 „Software Lösungs-Architektur“:** Aus diesem Arbeitspaket resultieren die Systemarchitektur samt Hardware- und Software-Architektur sowie die Konzeptionierung der ACM Plattform für die Ergebnisse der Wertstromanalyse und die Definition der semantischen und technischen Schnittstellen zu BIM und Simulations-Tools.
- **AP 5 „Prototyp-Umsetzung“:** Die in AP 4 entwickelte Lösungs-Architektur wird in einem Prototyp umgesetzt. Dessen Prüfung erfolgte anhand realer Bauvorhaben, wobei er auf die Anwendungsfälle von AP 2 angewandt und im Anschluss iterativ optimiert wird.
- **AP 6 „Validierung in Pilot-Bauprojekten“:** Die entwickelten Methoden und die Plattform, mit welcher diese verheiratet werden, werden in unterschiedlichen Pilotprojekten überprüft und validiert.

Arbeitspaket 2 „Definition von Anwendungsfällen“

In diesem Arbeitspaket wurden spezifische Anwendungsfälle definiert, die die Bewertung der Energieeffizienz in Planung und Bau aufzeigen und anhand derer die Validierung in AP 6 durchgeführt werden konnte (z. B. Ermittlung der sommerlichen Überwärmung in kritischen Zonen). Dazu wurden die Pre-Conditions und Post-Conditions definiert, die beteiligten Akteure beschrieben und ihre Interaktionen im System abgebildet. Die Anwendungsfälle sind so ausgerichtet, dass die spätere Produktentwicklung im Fokus bleibt, indem relevante Fälle mit signifikanten Auswirkungen auf die Energieeffizienz ausgewählt wurden.

In den verschiedenen Planungsphasen (Vorplanung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung) wurde die erwartete Energieeffizienz aus dem aktuellen BIM-Modell ermittelt und automatisiert mit den Planwerten verglichen. Abhängig von der verfügbaren Modell-Detailierung sind das

- die thermischen Verluste über die Gebäudehülle,
- der erwarteten Heizwärmebedarf bzw. Kühlbedarf und
- die sommerliche Überwärmung in kritischen Zonen.

Arbeitspaket 3 „Business Requirements, Metriken, Geschäftsregeln und Aufgaben“

Die Energieeffizienz ist in den einzelnen Planungsphasen über unterschiedliche Indikatoren greifbar. Die Güte des aktuellen Planungsstands definiert aber letztendlich die final erreichbare Effizienz. Daher erfolgte für die Anwendungsfälle aus AP2 eine semantische Definition des gesamten Bauprojektes mit dessen Entitäten, Arbeitsschritten und Ergebnissen in einer für den jeweiligen Anwendungsfall spezifischen Ontologie. Elemente aus der BIM Datenbasis, die für die Energieeffizienzberechnungen von Bedeutung sind, wurden ermittelt und in die Ontologie aufgenommen. Darauf setzten first principle Berechnungen und Simulationen mit Tools wie EnergyPlus auf, die zu Indikatoren aggregiert wurden.

ACM ermöglicht einen iterativen Prozess, der in weiteren Schritten solange verfeinert wurde, bis die Zielvorgaben erreicht worden sind. Semantische Probleme im Datenbestand wie fehlende Parameter-Definitionen wurden ermittelt und berücksichtigt (z. B. U-Werte in allen Hüllen-Elementen sind gesetzt und gültig). Die Geschäftsregeln zur Einhaltung der Zielvorgaben und zur Erfüllung von Compliance-Anforderungen wurden ebenfalls in diesem AP definiert.

Daraus ergab sich ein Datenmodell, das mit den Projektdaten gefüllt wurde. Durch die Definition der Ontologie und Regeln direkt im ACM Framework konnten Benutzer ihre Aufgaben rasch umsetzen und Testfälle für einzelne Abläufe definieren und überprüfen. Diese Abbildung ergab ein spezifisches, ausführbares ACM Framework, das den gesamten Energieeffizienzprozess in deklarativer Form abbildete und die Vorteile von BIM mit den Anforderungen von Projektmanagement zu einem ganzheitlichen PIM System verband. Das ACM Framework erlaubte die Definition von Tasks für einzelne Bauelemente (z.B. Re-Design von Fenstern wegen nicht erreichter Energieeffizienz erforderlich) und Wiederholung von Effizienzberechnungen samt dem Vergleich verschiedener Varianten. Dies ermöglichte vollständige Transparenz von Entscheidungen und deren Auswirkung auf die Energieeffizienz des Bauprojektes.

Arbeitspaket 4 „Software Lösungs-Architektur“

Basierend auf der existierenden ACM Plattform wurden die aus AP2 und AP3 ermittelten Anforderungen in eine bauprojektspezifische Systemarchitektur umgesetzt. Die Definition der Systemarchitektur erfolgte gemäß den Anforderungen, wobei die Flexibilität der Gesamtlösung auch in Bezug auf die Hardware Infrastruktur bedacht wurde (Server und Client Hardware). Die Geschäftsregeln aus AP2 wurden in der Business Rule Engine abgebildet, siehe Abbildung 1.

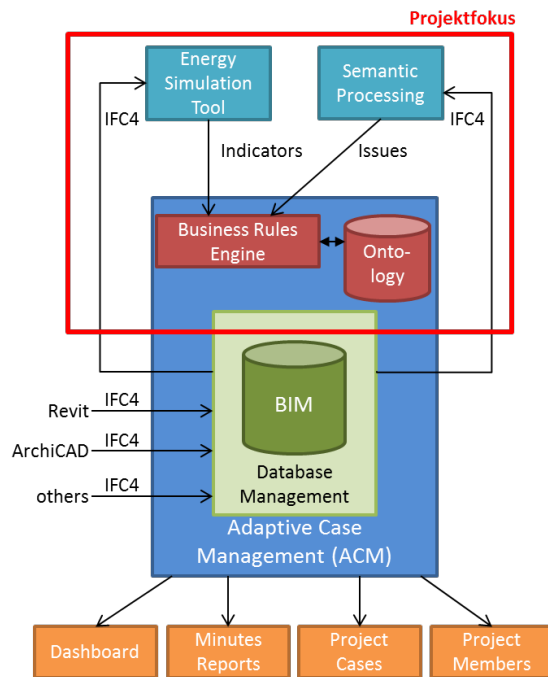


Abbildung 1 Systemarchitektur: Integration von BIM-basierten Planungswerkzeugen und Simulationstools zur Energieeffizienzbewertung in das ACM Framework (rot: Inhalt des Projekts BIMsavesEnergy)

Die semantischen sowie technischen Schnittstellen zu BIM und Simulations-Tools wie EnergyPlus wurden definiert, um die Anforderungen an die Energieeffizienzberechnungen zu erfüllen. Dazu wurden die Modelle in IFC4 in Bezug auf Interoperabilität überprüft und bei Bedarf nachgebessert. Schlussendlich wurde ein Modell erarbeitet, das die Durchführung einer thermischen Simulation genügt; die Simulationsergebnisse wurden so aufbereitet, dass sie in das Datenmodell der ACM Plattform übernommen werden konnten. Zusätzlich zur komplexeren thermischen Simulation wurde eine vereinfachte tabellenbasierte Konzeptbewertung zur Bewertung der Energieeffizienz im ACM Plattform umgesetzt. Die notwendigen Hardware-, System- und ACM-Framework-Komponenten werden anschließend in einer skalierbaren Lösungsarchitektur abgebildet sowie erforderliche BIM Schnittstellen (Adapter) spezifiziert.

Arbeitspaket 5 „Prototyp-Umsetzung“

Gemäß den Anforderungen aus AP3 und AP4 wurde die Gesamtlösung auf der Standard Papyrus ACM Lösung implementiert. Durch die Anwender wurden laufend die Anwendungsfälle aus AP2 als Testfälle angewendet und dadurch der Prototyp iterativ verfeinert. Dabei wurde das Geschäftsvokabular (Ontologie), die Geschäftsregeln und das dazu notwendige Datenmodell implementiert. Die dafür notwendige Software-Installation, das Hosting sowie der Betrieb wurden in einer Cloud Lösung realisiert.

Die Anbindung der externen Tools (EnergyPlus, Energiekonzept-Tool) wurden in der Software umgesetzt und die semantischen Überprüfungen der BIM-Daten automatisiert und in die Business Rule Engine eingespielt. Zur Bedienung des Prototyps wurde ein User Interface für die Anwendungsfälle als Windows Desktopanwendung umgesetzt, außerdem wurden die Energieeffizienzberechnungen in einem Report für die Anwender aufbereitet.

Arbeitspaket 6 „Validierung in Pilot-Bauprojekten“

Der entwickelte Prototyp wurde in seinen unterschiedlichen Fertigstellungsgraden in verschiedenen Bauprojekten angewendet um Verbesserungspotenziale zu identifizieren und die Marktnähe der entwickelten Methoden sicherzustellen. Dabei wurden zwei Pilot-Bauprojekte ausgewählt. Dabei wurde in enger Zusammenarbeit von den Akteuren der Pilot-Bauprojekte regelmäßiges Feedback bezogen auf Energieeffizienz und Projektmanagementleistung gesammelt und ausgewertet. Die Ontologie wurde in ähnlicher Weise auf die Eignung in einer echten Projektumgebung hin überprüft. Das Feedback wurde in einem Workshop-Format gesammelt und umfasst sowohl direkte Benutzer des Software-Prototypen als auch den weiteren Kreis der Stakeholder.

5 Ergebnisse

BIM Saves Energy vereint verschiedene Technologien, darunter ACM, BIM-basierte Modellierung, automatisierte Modellprüfung und thermische Simulation auf Basis von IFC-basierten BIM-Modellen. Diese Technologien sind bereits in sich selbst geschlossen äußerst komplex und die Integration aller genannten Technologien in eine gemeinsame Plattform ist eine der größten Herausforderungen dieses Projekts.

Die Hauptanstrengungen des Projekts wurden vor allem in die Definition einer gemeinsamen Ontologie, die der Implementierung der Wertströme und der Geschäftsregeln dient, welche zur Erstellung des Software-Prototyps benötigt werden, und in die Erstellung eines funktionalen Prototyps (WP 6) gesteckt. Das Projektteam weist verschiedene Fähigkeiten auf, um alle erforderlichen Technologien der ACM-Plattformentwicklung, BIM-Technologien, Java-Programmierung, Planungserfahrung und Datenanalyse zu vereinen.

Ein Highlight war die erfolgreiche Demonstration eines Mockups auf dem Konsortialtreffen am 13. März 2019, bei dem das Team eine grafische Oberfläche visualisieren konnte, die den Arbeitsablauf von Use Case 1 zeigte. Dies hat die Entwicklungen und das gemeinsame Verständnis innerhalb des Projektteams stark vorangetrieben. Das Projekt endete mit einem Stakeholder-Workshop im September 2020, bei dem das Team eine funktionierende Lösung auf Basis der ACM-Plattform Papyrus Converse präsentieren konnte.

5.1. Definition von Anwendungsfällen (Use Cases)

Die Definition der vier Anwendungsfälle erfolgte in einer hochgradig interaktiven Art und Weise und war eng mit den Definitionen in WP3 verzahnt. Die definierten Use Cases enthalten die Spezifikation, um die Energieeffizienz in der Planung zu bewerten und als Managementvariable zugänglich zu machen. Sie werden unabhängig voneinander entwickelt und geprüft. Dabei existiert ein genau definierter Workflow, da der Use Case 3 "*Berechnung des Heiz- und Kühlbedarfs*" und der Use Case 4 "*Sommerliche Überhitzung*" eine bestimmte Modellqualität voraussetzen, bevor die Berechnungen durchgeführt werden konnten. Diese Qualität und Parameter werden durch Use Case 1 "*Grundlegende Modellprüfung*" bzw. 2 "*Thermische Eigenschaften der Gebäudehülle definieren*" festgelegt.

5.1.1. Use Case 1: Initiale Modellprüfung

In diesem Use Case wurde eine grundlegende Modellprüfung für die angestrebten architektonischen Eigenschaften durchgeführt. Das BIM-Modell soll in einer Art und Weise vorbereitet werden, damit es alle für die erste thermische Bewertung erforderlichen Informationen enthält.

Abbildung 2 zeigt ein schematisches Gebäudemodell mit Gebäudeelementtypen unterschiedlicher Farbhinterlegung. Die Gebäudeelemente eins bis vier (lila) sind vom gleichen Typ: Außenwand, daher sind sie dem gleichen Material zugeordnet, in diesem Fall "*01_AW_Beton*", was für "*Außenwand Beton*" steht.

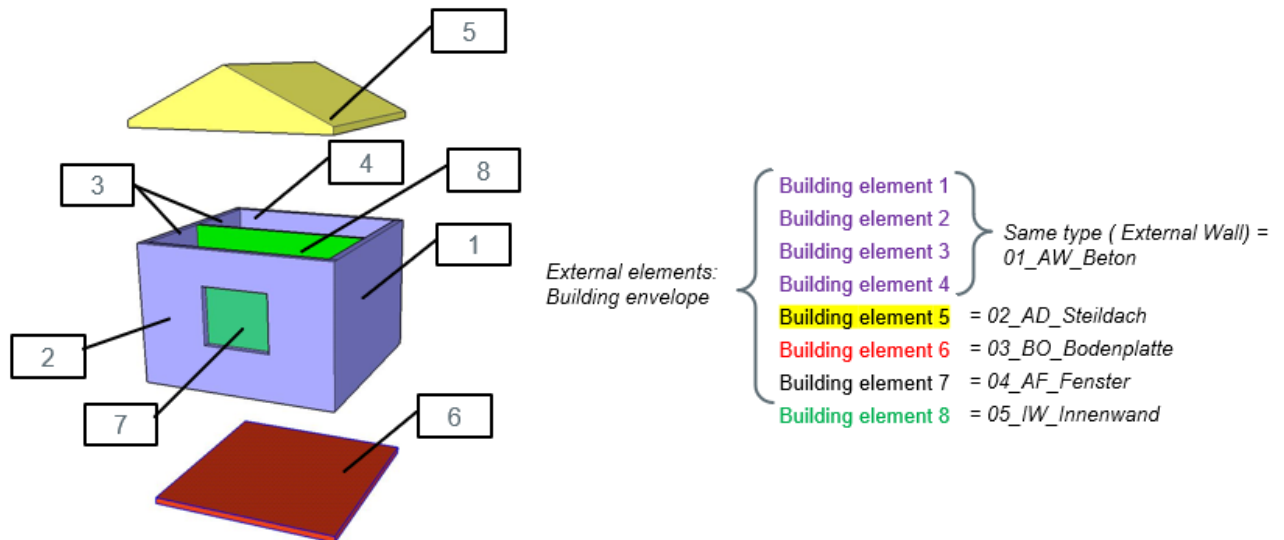


Abbildung 2: Struktur eines Architekturmodells

Der Solibri Model Checker dient zur Überprüfung der Modellqualität von IFC-Modellen. Dabei können vordefinierte Prüfregelein in der Solibri-Umgebung direkt verwendet oder kombiniert werden. Darüber hinaus können Regeln über eine API (Application Programming Interface) für Solibri in der Programmiersprache Java frei programmiert werden. Im ersten Schritt werden vordefinierte Regeln so kombiniert, dass drei verschiedene potentielle Fehler, die für die Wärmebedarfsberechnung relevant sind, identifiziert werden:

- Lücken in der Außenhülle
- Überschneidungen verschiedener IFC-Entitäten
- Fehlende Materialnamen

Alle Fehler werden in einem Bericht zusammengefasst, der in verschiedenen Formaten wie dem BIM Collaboration Format (BCF) oder dem Portable Document Format (PDF) exportiert werden kann. Die Ergebnisse der oben genannten Prüfungen hängen von der Qualität des Modells ab: Wenn IFC-Eigenschaften, wie z.B. "is external" oder verschiedene Relationen, nicht zugeordnet sind, schlagen die Prüfungen fehl und das Ergebnis ist nicht aussagekräftig. Daher muss das Modell bestimmte Qualitätsbedingungen erfüllen, um zuverlässige Ergebnisse zu liefern.

5.1.2. Use Case 2: Thermische Eigenschaften der Gebäudehülle definieren

In Use Case 2 wird die Außenhülle dahingehend geprüft, ob sie alle thermischen Eigenschaften besitzt, die relevant für die thermischen Berechnungen sind. Dabei wurden mehrere verfügbare Quellen zur Prüfung der Parameter im IFC-Modell berücksichtigt.

Hier werden die notwendigen thermischen Eigenschaften identifiziert und innerhalb der IFC-Datenstruktur lokalisiert. Die Definition des Level of Information (LOI) wird als Leitfaden verwendet, um die in dieser Projektphase notwendigen Parameter zu identifizieren. Dabei betreffen folgende Objekte die Gebäudehülle: Wände, Decken, Dächer, Fenster und Türen, die die Grenze zwischen dem Innen- und Außenbereich darstellen.

Abbildung 3 zeigt, wie der Parameter "Material name" oder alternativ eine "Material number" als Verknüpfung zwischen einem Architekturmodell und einem Bauphysikmodell verwendet werden kann.

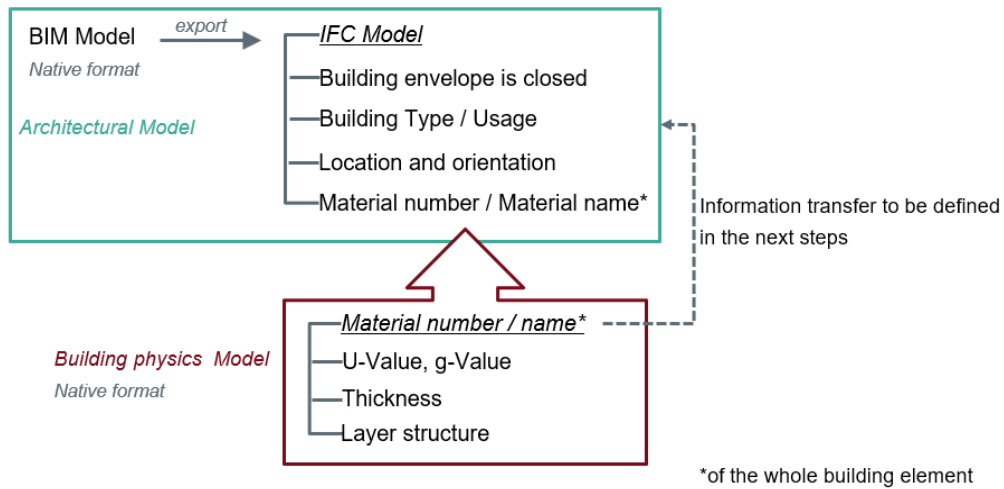


Abbildung 3: Verbindung zwischen einem Architekturmodell und einem Bauphysikmodell

5.1.3. Use Case 3: Berechnung des Heiz- und Kühlbedarfs

Sobald das Modell einer erforderliche Modellqualität genügt, einschließlich einer vollständig definierten Hülle mit thermischen Eigenschaften, ohne Lücken und ohne Überlappungen, kann eine Berechnung mit *CYPETHERM Eplus* gestartet werden. Diese Berechnungen (Abbildung 4) sind Teil des Use Case 3.

Calculation	Calculation (German)	Standard in Österreich üblich	in CYPE möglich	Standard, der in CYPE verwendet wird	CYPE Tool
Heating load	Heizlast	EN 12831	x	EN 12831	CPETHERM LOADS
Cooling load	Kühllast	VDI 2078	x	ASHRAE 183-2007	CPETHERM LOADS
Heating demand	Heizwärmebedarf	EN 13790	x	EnergyPlus	CYPETHERM Eplus
Cooling Demand	Kühlenergiebedarf	EN 13790	x	EnergyPlus	CYPETHERM Eplus

Abbildung 4 Thermische Kalkulation: Vergleich österreichischer Standards und jener im CYPE Tool

Im Use Case 3 des vorgestellten Forschungsprojekts werden nur der Heiz- und Kühlbedarf als KPI verfolgt. Die Simulationsberichte werden als IDF-, XML- und PDF-Datei aus *CYPETHERM Eplus* exportiert.

in späteren Arbeiten auch genutzt werden konnten. Basierend auf diesen Informationen wurden auch die Methodik für die folgenden Use-Cases bis zum Ende von AP 2 definiert und alle weiteren Konzepte bis zum Ende des Projekts wurden festgelegt.

AP 3 deckt typische energiebezogene Aufgaben und Tätigkeiten in der Entwurfsphase eines Gebäudes ab (bis 2.5 "Ausführungsplanung" der ÖNORM 6241-2, mit speziellem Fokus auf die Berechnung des Heiz- und Kühlbedarfs des Gebäudes und die Bewertung seiner Leistung an den heißesten Tagen (sommerliche Überhitzung)). Es werden die Grundlagen des Rule Editors und des Ontology Editors sowie die Erfahrungen mit der Formalisierung der bestehenden Workflows für die Value Streams diskutiert. Eine schematische Darstellung des Ansatzes ist in Abbildung 6 zu sehen.

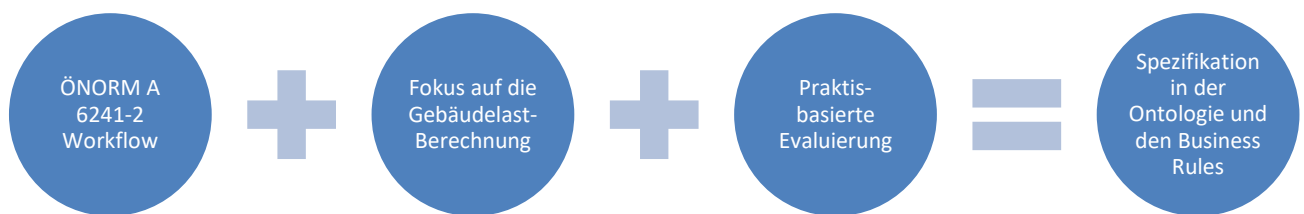


Abbildung 6: Iterative Schritte der Spezifikation von Business Rules

Zu Beginn des Forschungsprojekts wurde versucht, die Workflow-Entwicklung direkt in den Ontologie-, Aktions- und Regeleditoren zu beginnen. Dabei handelt es sich um drei Komponenten von Papyrus Converse, die sich derzeit in Entwicklung befinden. Diese Komponenten sollten den verantwortlichen Mitarbeiter (z.B. BIM-Manager:innen) bei der Workflow-Definition basierend auf natürlicher Sprache und den spezifischen Projektanforderungen unterstützen. Somit wird die Erstellung solcher Workflows als ein Zwischenschritt für den BIM-Manager:innen und den Auftragnehmer bei der Umsetzung der projektbezogenen Employer Information Requirements (EIR) in der regelbasierten Managementplattform betrachtet.

In der ÖNORM A 6241-2 wird empfohlen, dass das Energiekonzept im Schritt "Projektinitiierung" entwickelt werden sollte und die erste Prüfung, ob die Anforderungen an den Energiebedarf erfüllt werden, sollten innerhalb der "Machbarkeitsstudie" durchgeführt werden. Anhang C dieser Norm enthält die vorgeschlagenen Aufgaben sowohl für den gesamten Gebäudelebenszyklus als auch für alle Mitglieder des Planungsteams, weswegen die auf die einzelnen Aktionen nicht detaillierter eingegangen wird (z.B. Schritt 2.2.24: "Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte des Energiebedarfs", "Energieausweis sollte erstellt werden").

Für die Value Streams und Workflows des Projekts wurden folgende Projektrollen übernommen:

- **Architekt:innen:** erstellt und bearbeitet das Architekturmodell, exportiert es in IFC-Format
- **BIM-Manager:innen:** führt Modell-Qualitätsprüfungen durch und unterstützt den Datentransfer, z. B. erteilt er Änderungswünsche für das/die Modell(e) und/oder Dokumente, um die definierten Anforderungen zu erfüllen (dabei wird angenommen, dass solche Kommentare im BCF-Format erfolgen können)
- **Bauphysiker:** definiert die thermischen Eigenschaften für die Gebäudeelemente und führt thermische Simulationen durch

Diese Rollen übernehmen Aufgaben in unterschiedlichen Use Cases: Grundlegende Modellprüfung, thermische Eigenschaften der Gebäudehülle und sommerliche Überhitzung. Diese Unterteilungen resultierten in Workflows, wie sie schematisch für Use Case 1 in Abbildung 7 für ein Architekturmodell dargestellt sind. In diesem Schema werden die in grünen Rechtecken dargestellten Aktionen von der Converse Plattform unterstützt, die Gelben indizieren manuelle Aktionen außerhalb der Plattform und die Weißen verweisen auf Aktionen außerhalb des spezifischen Use Cases. Lila Rauten stellen Entscheidungsschritte dar. Das grüne, dick umrandete Rechteck "Create an Arch Model" steht für die Use Cases Initialisierung.

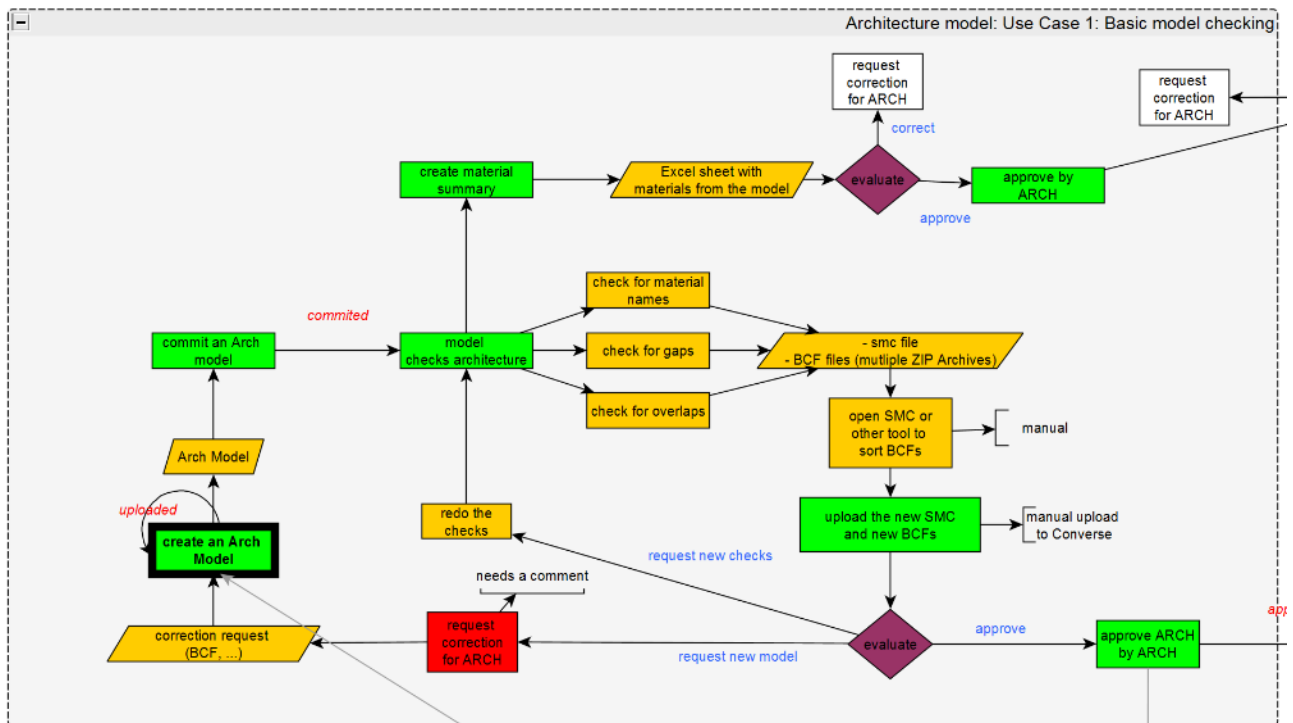


Abbildung 7: Ausschnitt aus der initialen Workflow Version

5.3. Software Architektur

Die Use Cases erfordern die Nutzung unterschiedlicher Plattformen. Auf der einen Seite verwenden die Anwender spezifische Client-Workstations mit ihrer Domäne entsprechender Software (ArchiCAD, CYPEtherm, Solibri Model Checker, etc.). Auf der anderen Seite können Analysewerkzeuge eine lange Rechenzeit (z.B. Stunden) aufweisen, so dass sie unbeaufsichtigt auf einem Server ausgeführt werden und entkoppelt vom Client des Anwenders arbeiten sollten. Schlussendlich erfordert das BIM-Projektmanagement eine schlanke Umgebung für die Verwaltung von Aufgaben und die Entscheidungsfindung, die durch die von Fachleuten bereitgestellten Informationen und Analysen unterstützt wird.

Die Software-Architektur basiert auf der Plattform Papyrus Objects, die die Verarbeitung und Verwaltung von Informationen auf verschiedenen sogenannten Nodes unterstützt. Die Nodes sind getrennte Ausführungsumgebungen, die sich physische Ressourcen (Server) teilen oder in verschiedenen Ressourcen innerhalb eines Netzwerkes eingesetzt werden können. Gemäß den

beschriebenen Anforderungen wurden 4 Objects-Knoten implementiert, wie in Abbildung 8 dargestellt.

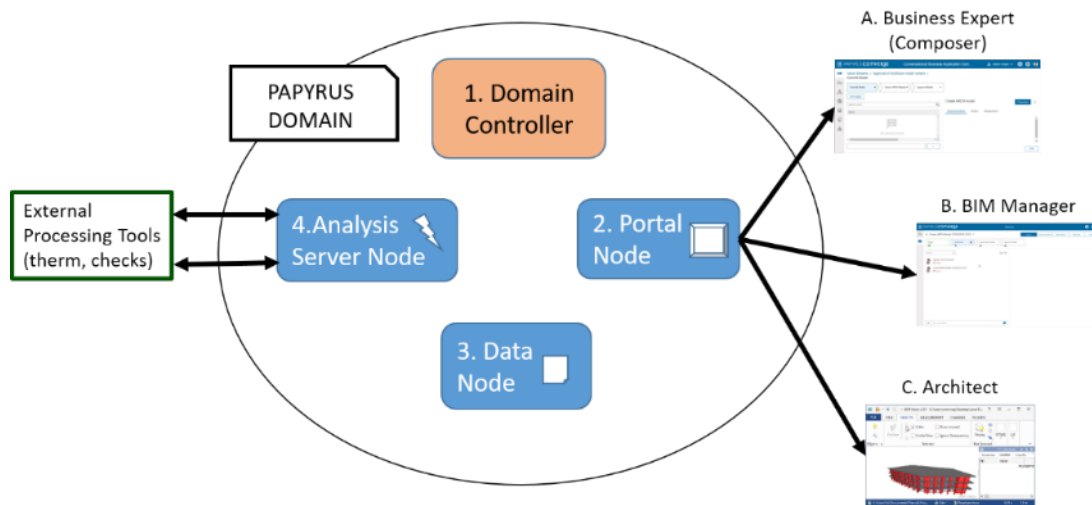


Abbildung 8: Software Architektur

Folgende Knoten wurden definiert:

1. **Domain Controller:** Der Domain Controller koordiniert das Knotennetzwerk und unterstützt die Kommunikation zwischen ihnen. In ihm sind alle geschäftsdomänenspezifischen Vorlagen wie Ontologie, Geschäftsregeln, Wertströme usw., hinterlegt.
2. **Portal Node:** Die Portal Node stellt die Benutzeroberfläche für verschiedene Anforderungen des Projekts bereit. Das heißt, der Geschäftsexperte kann die Aktionen und Regeln definieren, die die Anwendungsfälle steuern (aka. Composer). Ein Dashboard mit den Informationen über den aktuellen Status des Projekts unterstützt die Durchführung von Aktionen und die Entscheidungsfindung (z. B. der:des BIM-Manager:in:s) und es bietet die Integration spezifischer Informationsdokumente (z. B. IFC) mit den zugehörigen Client-Tools (z. B. ArchiCAD oder Revit) an, um die Nutzung des Systems als zentrales Repository, von dem aus die Gebäudemodelle abgerufen werden, zu erleichtern.
3. **Data Node:** Alle Informationen werden in einem Data Node mit spezifischen Richtlinien zur Sicherung der Informationen, Backups usw. gespeichert. Die anderen Knoten können im Falle eines Netzwerkproblems für einige Zeit mit lokalen Proxy-Kopien arbeiten.
4. **Analysis Server Node:** Leistungsintensive Operationen werden, u.a. wegen langer Rechenzeiten, unbeaufsichtigt auf einem Analyse-Server-Knoten ausgeführt. Die Flexibilität der Architektur wurde dadurch verifiziert indem Solibri-Prüfdurchläufe an einen am AIT laufenden Server delegiert wurden, der über das Internet mit der Papyrus-Domäne verbunden war, und an einen Papyrus-AIT-Knoten, der die Kommunikation mit den anderen Knoten der firmenübergreifenden Domäne herstellte.

Alle Informationen sind für jeden Knoten zugänglich und können auch mit lokalen Proxy-Kopien für einige Zeit arbeiten, falls das Netzwerk ausfallen sollte. Die unterstützende Plattform für jeden Knoten oder die Anzahl jedes Knotentyps kann skaliert werden, um sich den Last-, Leistungs- und Durchsatzanforderungen anzupassen (wenn z.B. eine große Anzahl von Benutzer gleichzeitig mit dem System interagiert, kann der Portal-Knoten über IaaS-Anbieter repliziert werden).

5.4. Implementierung des Prototyps

Basierend auf der Knotenarchitektur aus Kapitel 5.3 und den Geschäftsanforderungen aus Kapitel 5.2 wurde ein Prototyp entwickelt. Benutzer mit verschiedenen Geschäftsrollen können auf einer bei Papyrus gehosteten Cloud-Plattform mit Remote-Desktop-Verbindungen arbeiten, um die entsprechenden Business Entities zu definieren sowie die Business Cases über einen Standard-Browser mit dem Papyrus Web Client auszuführen.

Der Prototyp wurde in Iterationen unter Berücksichtigung des Feedbacks der Benutzer und deren Erfahrungen entwickelt und verbessert. Die Papyrus Client Webanwendung wurde entwickelt, um die Business Entities zusammenzustellen, einschließlich Konzepte, Ziele, benutzerunterstützte Aktionen, Business Rules, etc. Der Prototyp erlaubt auch die Ausführung der definierten Entitäten, die Verwaltung des kompletten Lebenszyklus der IFC-Modelle für die definierten Anwendungsfälle, die Auswertung von Geschäftsregeln zur Unterstützung der Entscheidungsfindung und die Zuweisung von Aufgaben basierend auf Business Roles (Architekt:innen, Bauphysiker:innen, BIM-Manager:innen, etc.). Weitere Funktionen wurden implementiert, um die vollautomatisierte Testung eines Modells mit dem Solibri Model Checker zu integrieren und um ein Dashboard für die Entwicklung der Energie-KPIs während der Iterationen des Gebäudeplans bereitzustellen. Erste Tests mit IFC-Modellen, welche aus verschiedenen BIM-Tools exportiert wurden, sowie vollständige Testläufe mit den Pilotprojekten aus AP6, mit getrennten Rollen und Verantwortlichkeiten für die verschiedenen Projektteilnehmer:innen, wurden erfolgreich durchgeführt. Diese rollenbasierte Zuordnung und der webbasierte Zugriff liefern eine ubiquitäre Umgebung zur Unterstützung der gemeinsamen Projektarbeit.

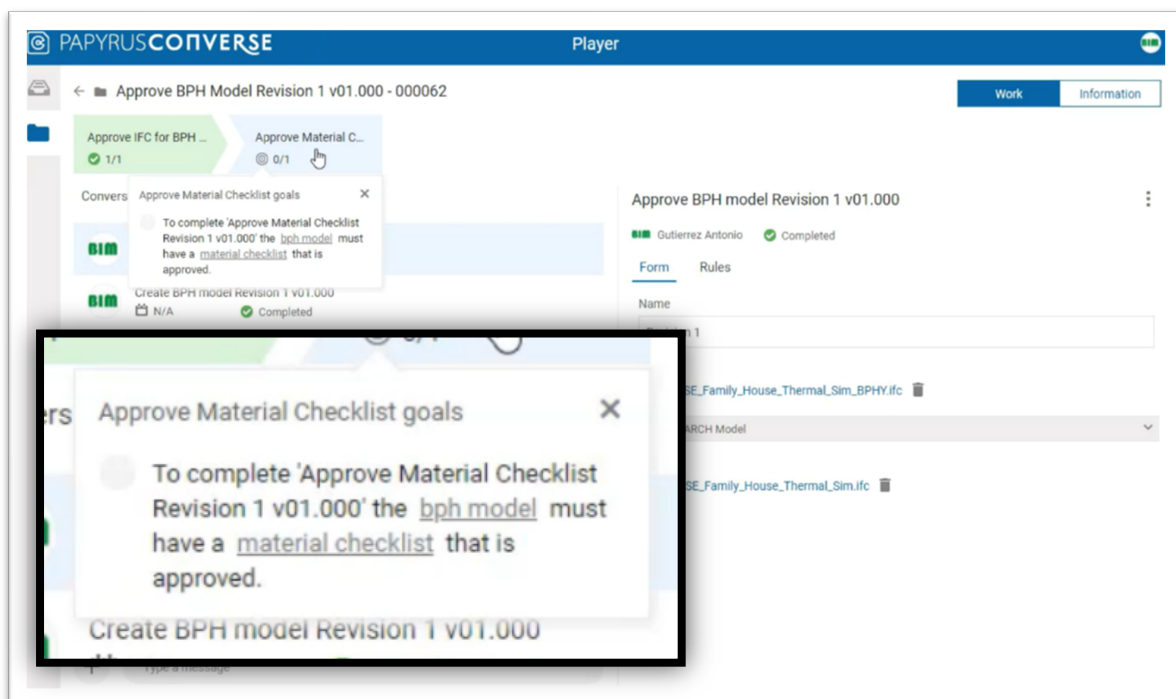


Abbildung 9: Regeldefinition zur Erreichung eines Ziels in menschenlesbarem Format: "To Complete 'Approve Material Checklist' the 'BPH model' must have a 'material checklist' that is approved."

Abbildung 9 zeigt im hervorgehobenen, schwarz umrandeten Bereich, wie Ziele in einer Notation definiert werden, die der natürlichen Sprache nahe kommt und somit direkt von Experten, ohne programmertechnischen Hintergrund, erstellt werden kann. Das Ziel "Materialcheckliste freigeben" ist erfüllt, wenn das Bauphysikmodell eine freigegebene Materialcheckliste enthält. Diese Zielprüfung kann automatisch durchgeführt werden.

IFC Type	Name	Gross Area (m ²)	Material Name	Material Thickness (cm)
WALL	Interior - Partition	26,49	Finishes - Interior - Gypsum Wall Board	1
			Wood - Stud Layer	10
			Finishes - Interior - Gypsum Wall Board	1
SLAB	600mm Diameter	0,07	Metal - Steel - 345 MPa	0
WALL	Interior - Partition	12,82	Finishes - Interior - Gypsum Wall Board	1
			Wood - Stud Layer	10
			Finishes - Interior - Gypsum Wall Board	1
SLAB	Generic 150mm	18	SH_resin Floor	15
WALL	Interior - Partition	2,37	Finishes - Interior - Gypsum Wall Board	1
			Wood - Stud Layer	10
			Finishes - Interior - Gypsum Wall Board	1
SLAB	600 x 600 x 900mm	0,36	Concrete - Cast-in-Place Concrete	0
WALL	Retaining - 300mm Concrete	14,07	Concrete - Cast In Situ	30
WALL	Retaining - 300mm Concrete	26,62	Concrete - Cast In Situ	30
SLAB	Pad 2	287,34	<Unnamed>	30
SLAB	600mm Diameter	0,07	Metal - Steel - 345 MPa	0
WALL	SIP 202mm Wall - conc clad	31,37	Concrete, Sand/Cement Screed	2,2
			Wood - Stud Layer	2,5
			Structure - Timber Insulated Panel - OSB	1,5

Abbildung 10: Ergebnis der individuell erstellten Regel im Solibri Model Checker zum Export aller im Modell vorhandenen Materialien

Abbildung 10 zeigt das Ergebnis der individuell programmierten Solibri-Modellprüfungsregel, wobei alle Materialdefinitionen aus einem IFC-Modell zusammen mit allen relevanten Parametern (Typ des IFC-Objekts, Bruttofläche, Materialname, Dicke) extrahiert. Das Ergebnis wird zur vereinfachten Weiterverarbeitung als ein Excel-Dokument exportiert.

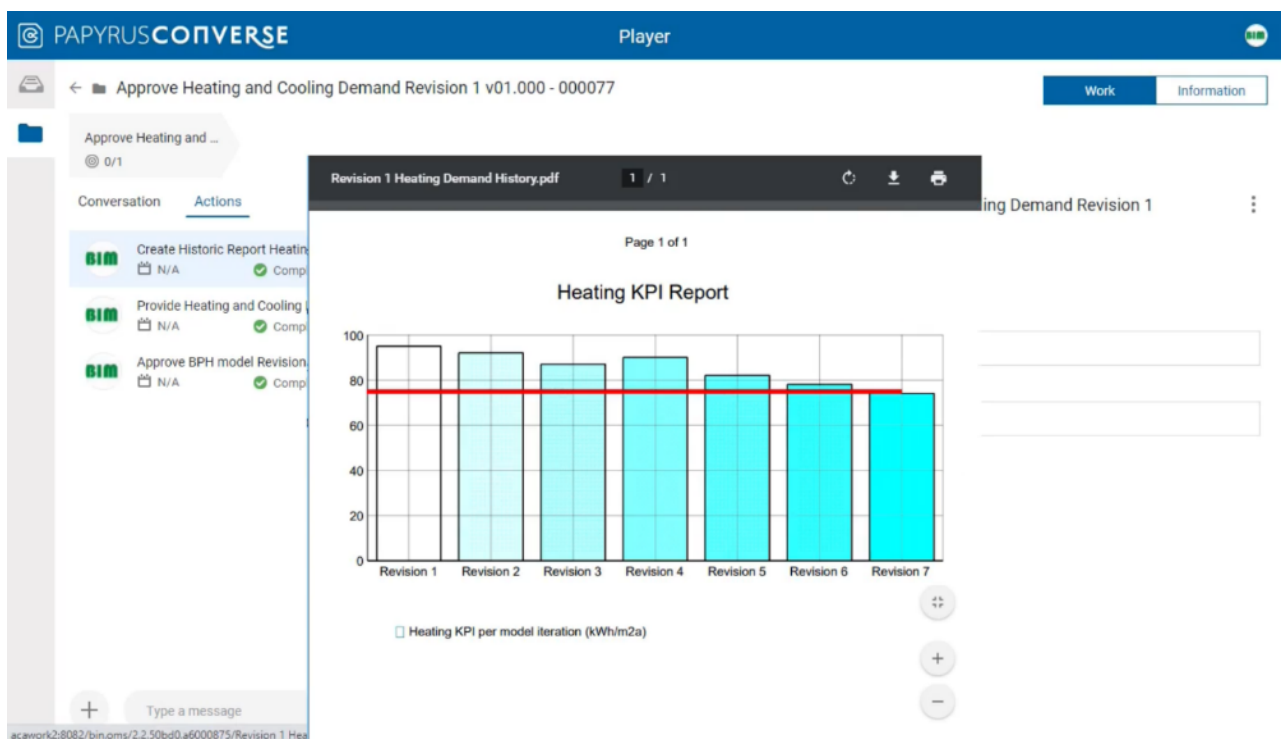
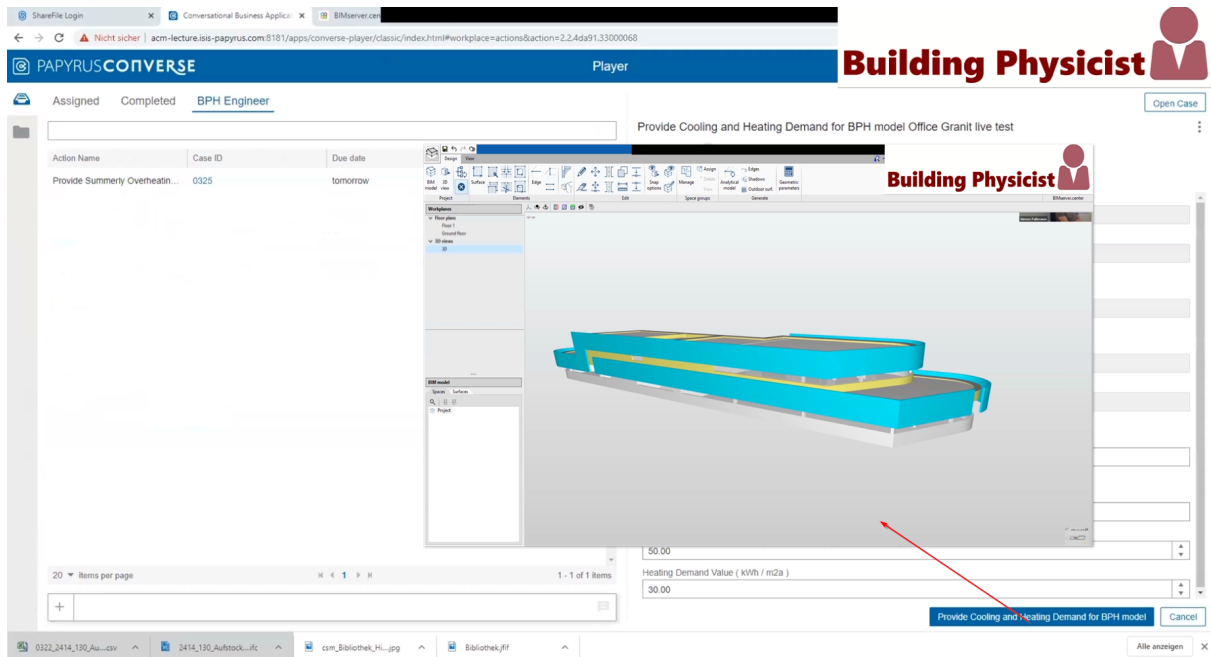


Abbildung 11: KPI Analyse des Heizbedarfs

Abbildung 11 zeigt das Ergebnis einer thermischen Simulation basierend auf dem geprüften BIM-Modell. Der Wärmebedarf ist einer jener KPIs, die regelmäßig durch die Modellentwicklung bewertet werden sollen. Die thermische Simulation konnte nicht vollautomatisiert durchgeführt werden, weswegen ein halbautomatischer Ansatz gewählt wurde. Die entwickelte Plattform bietet in diesem Fall die Möglichkeit ein, berechnete KPIs manuell einzugeben, so dass diese auch für die Auswertung der gesetzten Ziele verwendet werden können.

5.5. Validierung in Pilotprojekten

Nach der Implementierung des Prototyps wurden die Prüfungen an Pilot-Bauprojekten durchgeführt. Dazu wurden IFC-Dateien mehrerer Projekte verwendet, um die automatisierte Umwandlung in ein für die Berechnung der KPIs notwendiges analytisches Modell zu realisieren. Da kein Architekturbüro an dem Projekt beteiligt war, konnten die generischen Daten bzw. der IFC-Output nur bedingt beeinflusst werden. Nichtsdestotrotz konnte ein realitätsnahes Ergebnis erzielt werden. Die Konvertierung von IFC in das analytische Berechnungsmodell wurde mit der Softwarelösung CYPE realisiert.

Insgesamt standen 5 IFC-Modelle von verschiedenen Architekt:innen zur Verfügung. Eine völlig problemlose Konvertierung in analytische Modelle war mit keinem der verfügbaren Modelle möglich, wobei die Hauptprobleme vor allem in der Erkennung komplexer IFC-Strukturen, wie Pfosten-Riegel-Fassaden oder mehrschichtig aufgebaute Bauteile, lagen. Die Validierung und Testung der Software wurden anhand von 2 Projekten durchgeführt. Diese Projekte wurden u.a. deshalb ausgewählt, da die notwendigen Überarbeitungen, um ein gutes analytisches Modell zu erhalten, mit überschaubarem Aufwand durchgeführt werden konnten. Bei diesen Projekten handelt es sich um ein Wohnhochhaus und ein Apartmenthotel, wie in Abbildung 12 dargestellt. Zusätzlich wurde ein Muster-Einfamilienhaus getestet, wobei der Vorteil darin bestand, dass die generische Architektursoftware zur Verfügung stand. Somit konnte das Modell beliebig überarbeitet und die Exporteinstellungen angepasst werden. Damit war die Möglichkeit gegeben, über CYPE automatisch ein analytisches Modell zu erstellen, siehe Abbildung 13. Für alle 3 Projekte wurden die KPIs (Heiz- und Kühlbedarf) durch Eingabe der bauphysikalischen Parameter (Standort, Wetterdaten, Wandaufbau, etc.) berechnet und die resultierenden Daten in die Prototypen implementiert.

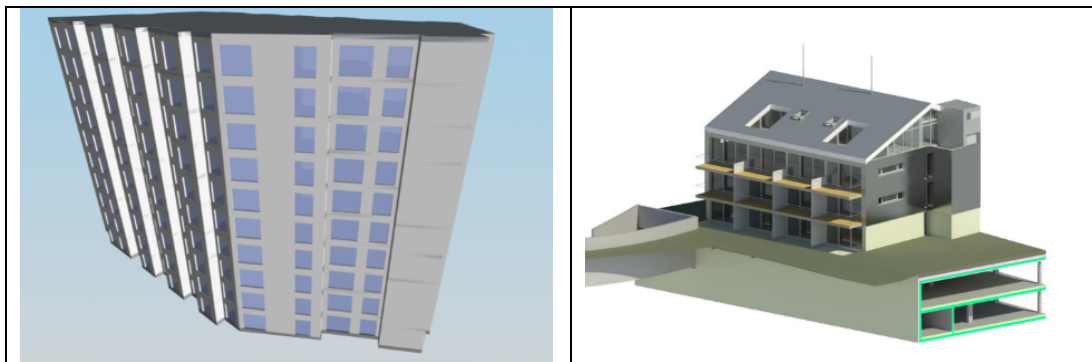


Abbildung 12 Pilot Projekte: Wohnhochhaus (links), Apartmenthotel (rechts)

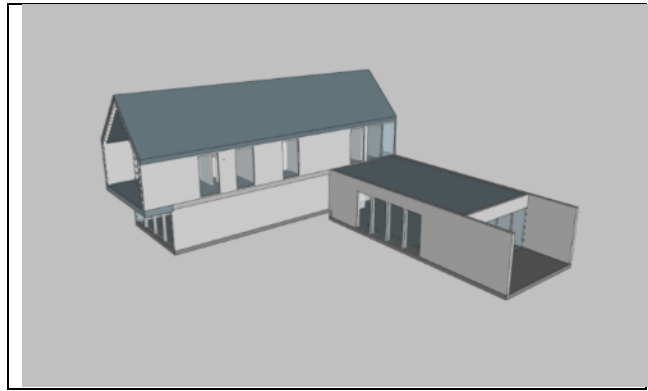


Abbildung 13 Beispielprojekt: Einfamilienhaus

6 Schlussfolgerungen

6.1. Gewonnene Erkenntnisse

Nach genauer Analyse und reger Diskussion in Konsortialsitzungen wurde deutlich, dass IFC weiterhin eine große Herausforderung für eine reibungslose Zusammenarbeit in einer "open BIM" Arbeitsumgebung darstellt, obwohl mit IFC4 bereits deutliche Verbesserungen implementiert wurden. Dementsprechend wurde dieser Teil, der eine enorme Zeitersparnis für die Arbeit in integrierten Projektteams bringen könnte, von den Projektmitarbeitern mit der technologischen Bereitschaftsstufe TRL 3 im Jahr 2020 bewertet. Trotz des geringen TRL konnte mit dem angewandten ACM-Workflow-Ansatz gezeigt werden, dass sowohl die Definition relevanter Aufgaben möglich ist, und auch, dass sie Teams und ausführenden Personen regelkonform unter Verwendung von natürlichsprachlichen Geschäftsregeln zugewiesen werden können. Die Praxiserfahrung zeigt, dass die Hürden der verschiedenen Softwarekomponenten, die in den verwandten Domänen (Architektur, Bauphysik, Energieberechnung, etc.) üblich sind, einen breiteren Markteintritt aufgrund der fehlenden IFC-Standardisierung für den Metadatenaustausch zwischen verschiedenen Software-Anbietern behindern.

Alternativ ist es jedoch möglich, die jeweiligen Berechnungsergebnisse durch alternative Lösungen wie Papyrus Capture automatisch aus den zugehörigen Berichten oder Datensätzen zu extrahieren. Papyrus Capture ermöglicht mit der FreeForm Technologie die Extraktion von beliebigen Datenfeldern aus Bildern, PDFs, Office Dateien, etc. Auch dies wurde in mehreren Pilotprojekten getestet und kann mit TRL 6 bewertet werden.

Die Möglichkeit, dass Fachleute ohne tiefere IT-Kenntnisse Workflows definieren können sowie die entwickelten Methoden in Use Case 1 können im Falle einer großen und internationalen Projektzusammenarbeit bei einem TRL 6 erhebliche Erleichterungen mit sich bringen. Im Falle des Use Case 1 für softwaregestütztes Projektmanagement konnte ein TRL von 8 angenommen werden.

6.2. Einschätzung des Verwertungspotentials

Angesichts der aus dem BIMSE-Projekt abgeleiteten Erkenntnisse haben Papyrus und CES beschlossen, Schritte zu unternehmen, um den Boden für weitere innovative PIM-Kollaborationskomponenten als "Rahmenlösungen" vorzubereiten. Papyrus hat dabei begonnen, seine bestehende ACM-Plattform an die Mindestanforderungen einer digitalen Bauprojektumgebung anzupassen und bietet eine Geschäftslösung mit 4 vordefinierten Bereichen an (5 sind geplant im Jahre 2021), siehe Abbildung 14:

- Privatunternehmen
- Auftraggeber und Planung
- Bauherr und Konstruktion
- Bauausführung
- Gebäudemanagement (2021)

Private Company	Client and Design	Client and Construction	Construction
Every company has a private server space.	Minutes of Meeting, linked with correspondence Document Management Contract Management	Additionally: Semi-Automated Document Management Site Supervision Server Space Invoice / Cost Control	Additionally: Defects Management

Abbildung 14: Kommerzielle Pilot-PIM

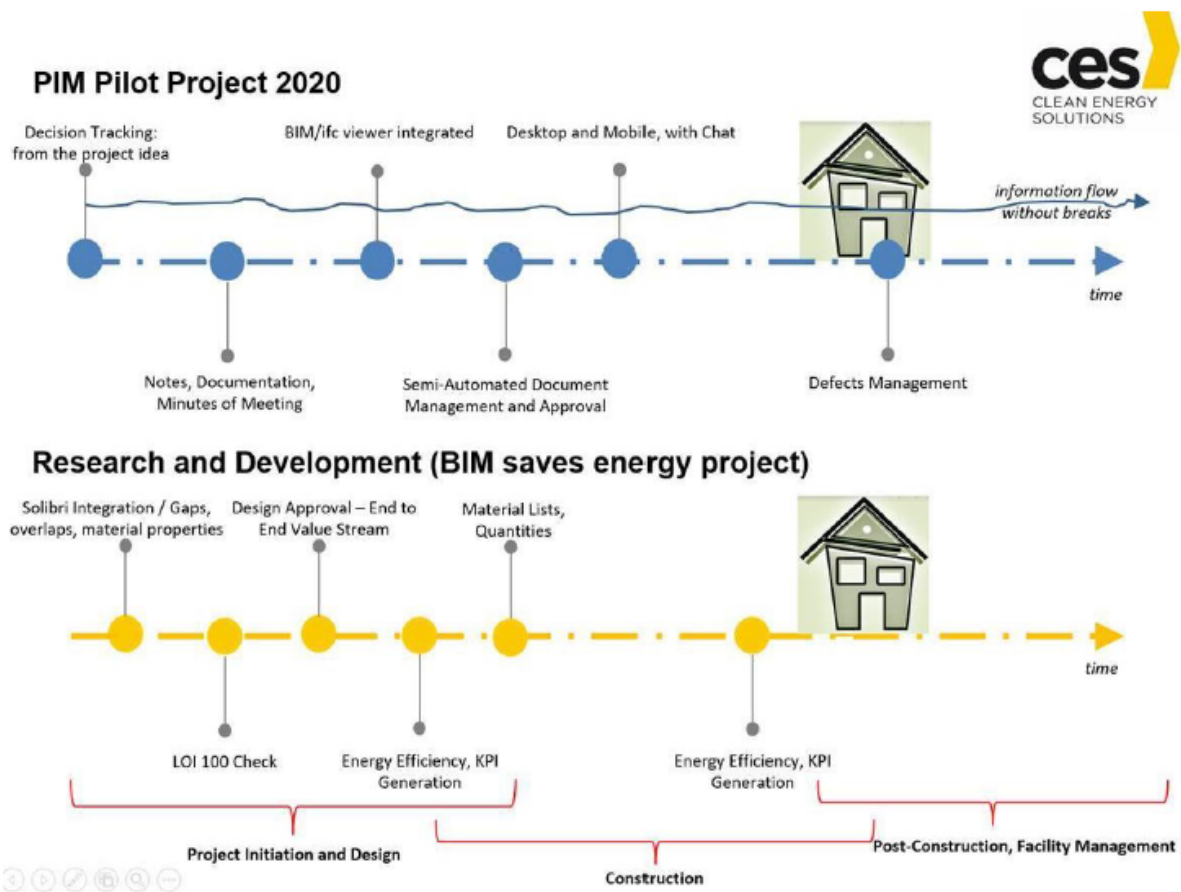


Abbildung 15: Präsentationsfolie aus dem Workshop vom 29. September 2020

Am 29. September 2020 wurde ein abschließender Stakeholder-Workshop „BIM Saves“ unter enger Beteiligung von CES, ISIS Papyrus und AIT organisiert. 20 Stakeholder aus den Bereichen Planung, Bau und Energieeffizienz nahmen an dem halbtägigen Workshop teil und gaben ihr Feedback über die Nutzbarkeit und mögliche Verbesserungen eines Prototyps und der Projektergebnisse. Der Workshop wurde in einer hybriden Form durchgeführt, so dass auch Teilnehmer:innen remote die Präsentationen mitverfolgen und an den Diskussionen teilnehmen konnten. Eine schematische Darstellung des präsentierten Workflows ist in Abbildung 15 zu sehen.

Einige Impressionen des Workshops sind in Abbildung 16 zusammengefasst.



Abbildung 16: Impressionen des „BIM Saves“ Workshops vom 20. September 2020

Der entwickelte Prototyp wird nach Beendigung des Forschungsprojekts weiter verbessert, um ihn in späterer Folge zu kommerzialisieren. Neben der Sondierung des Marktpotenzials im Rahmen des Stakeholder-Meetings am 29. September 2020 wurde die Software am 18. Dezember 2020 Stakeholdern der IT-Branche vorgestellt, um die technischen Möglichkeiten für zukünftige Versionen auszuloten.

Derzeit wird das Feedback aus den Stakeholder-Meetings ausgearbeitet und eine entsprechende Anpassung der Software in Erwägung gezogen. Die Software muss für die kommerzielle Nutzung weiterentwickelt werden, nachdem bestimmte Funktionen für den aktuellen Markt noch zu implementieren sind. Dies betrifft vor allem den Datenaustausch über IFC. Für die Kommerzialisierung soll die Software zu einer Projektinformationsmanagement-Plattform (PIM für BIM) erweitert werden. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Plattform offen bleibt und projektspezifisch angepasst werden kann. Außerdem dient sie dazu, alle Daten zu verwalten, zu speichern und zu teilen.

Bis Ende Januar 2021 wurde ein erster Entwurf eines Businessplans erstellt, auf dessen Basis über die Aufstellung zur Fortführung der bisherigen Entwicklungsarbeit entschieden wird.

Die Resonanz auf die entwickelten Methoden und die weiteren geplanten Entwicklungsschritte wurden äußerst positiv aufgenommen. Dabei spielten einige Punkte eine wichtige Rolle: Die einfache Erweiterung des entwickelten Prototyps für weitere Aufgaben; die Nutzungsmöglichkeit des Prototyps mit natürlichsprachigen Formulieren ohne tiefergehende IT-Kenntnisse; der Fokus auf einen offenen Standard, mit dem unterschiedliche, auch proprietären, Softwarelösungen umgehen können; die nachvollziehbare und logische Kommunikationsstruktur innerhalb des entwickelten Prototyps; die Versionskontrolle inkl. versionszugehöriger Ergebnisse.

7 Ausblick und Empfehlungen

Innerhalb des Projektes wurden Methoden entwickelt, um das Management von Bauprozessen effizienter zu gestalten, die Qualität der projektbezogenen BIM Modelle zu prüfen und KPI-basierte Entscheidungsschleifen zu implementieren. Dabei wurden auch diverse Verbesserungspotentiale identifiziert, aus denen zukünftige Entwicklungs- und Forschungsprojekte erarbeitet werden können.

BIM-Standards: Der derzeit häufig genutzte Standard IFC in der Version 4 bietet bereits eine Vielzahl an Möglichkeiten BIM-Modelle textbasiert darzustellen. Durch die frei verfügbare, genaue Dokumentation des Standards ist eine Software-Implementierung einfach möglich. Problematisch bleiben jedoch zwei übergeordnete Aspekte: Derzeit fehlen noch bestimmte Elemente in IFC, z.B. HVAC Anlagen auf der Bereitstellungsseite oder die Verrohrung zwischen diesen Elementen. In diesem Bereich müssen weitere Entwicklungsschritte folgen, um Gebäude ganzheitlich in IFC darstellen zu können. Der zweite Punkt umfasst den Export von BIM-Modellen aus proprietären Softwarelösungen. Zwar bieten alle großen Hersteller von Architekturprogrammen IFC Exports an, doch hängt die Qualität dieser Exports stark von der dahinterliegenden Methode, den gewählten Einstellungen und der grundsätzlichen Modellqualität des BIM-Modells ab. IFC bietet diesbezüglich kein Qualitätsmanagement an bzw. existieren kaum Vorgaben, welche Informationen tatsächlich exportiert werden müssen. Dementsprechend müssen alle als IFC exportierten Modelle einer vorgelagerten, gewerkspezifischen Qualitätsprüfung unterzogen werden, bevor sie weiter genutzt werden können.

Definition des Gesamtumfangs: Im durchgeführten Projekt wurde ein starker Fokus auf die Entwicklung einer erweiterbaren ACM Plattform gelegt, welche mit einem spezifischen Ziel geprüft wurde: der iterativen Verbesserung eines BIM-Modells basierend auf den Ergebnissen einer KPI Analyse. Nachdem dieses System bereits erfolgreich an Demonstrationsanlagen getestet werden konnte, ist die Definition des Gesamtumfangs einer ACM Plattform wichtig, die den Bauprozess vom Anfang bis zum Ende begleitet. Darunter fallen wichtige Fragestellungen, wie z.B.: Zu welcher Phase der Planung und Ausführung sind welche KPIs relevant? Welche Fachpersonen sind dafür notwendig und welche Gewerke müssen wann miteingebunden werden? Wie werden parallel verlaufende Entwicklungen abgebildet? Wie kann die Plattform auch bei Großprojekten weiterhin schlank und verständlich gehalten werden? Erst nachdem der Gesamtumfang eines äußerst komplexen Vorhabens, wie der Planung und dem Bau eines Gebäudes, genau definiert wurde, können Teilaspekte effizient runtergebrochen und gesondert betrachtet werden.

Methodenkopplung: Im Projekt BIM Saves Energy wurden bereits vorhandene Softwarelösungen mit den Prototyp-Entwicklungen des Projekts gekoppelt. Daraus ergaben sich sowohl Vorteile als auch Nachteile: Zum einen konnte mit erprobten, kommerziellen Softwares gearbeitet werden, die sich am Markt bereits etabliert haben (Solibri Model Checker, Cypetherm). Zum anderen war man bei der Entwicklung von Kopplungsalgorithmen in seinen Freiheiten stark eingeschränkt und musste entweder auf die Weiterentwicklung des Produkts hinsichtlich Kommunikationsschnittstellen nach außen hoffen, oder mit bereits vorhandenen und deren Umfang arbeiten. Um ein ganzheitliches Management Tool für Bauprojekte mit BIM-Modellen zu entwickeln, müssen weitere Methoden selbst entwickelt und/oder kommerzielle Software integriert werden. Dies bedeutet, dass entweder ein großer zeitlicher und finanzieller Aufwand betrieben werden muss, oder dass entsprechende Softwareentwickler in Folgeprojekte miteinbezogen werden.

Akzeptanzerhöhung in der Baubranche: Weiterhin werden die meisten Dokumente in der Baubranche als physische Dokumente abgelegt oder als Textdateien (Word, PDF) gespeichert und weitergegeben. Um den Schritt in Richtung volldigitales Baumanagement gehen zu können, müssen die Vorteile von BIM-Modellen weiter aufgezeigt und der Zugang zu solchen vereinfacht werden. Dies wird bereits durch die Entwicklung solcher Plattformen, wie jener die z.B. in BIM Saves Energy entwickelt wurde, begünstigt, doch wird oftmals aufgrund der hohen Einstiegshürden (Kosten der kommerziellen Software, steile Lernkurve) von der Nutzung digitaler 3D BIM-Modelle abgesehen. Insofern ist es wichtig, die mannigfaltigen Vorteile bei der Nutzung von BIM-Modellen weiter aufzuzeigen und die Chancen zu nutzen, die sich durch digital vorhandene Informationen von Gebäuden ergeben.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Systemarchitektur: Integration von BIM-basierten Planungswerkzeugen und Simulationstools zur Energieeffizienzbewertung in das ACM Framework (rot: Inhalt des Projekts BIMsavesEnergy).....	20
Abbildung 2: Struktur eines Architekturmodells.....	23
Abbildung 3: Verbindung zwischen einem Architekturmodell und einem Bauphysikmodell.....	24
Abbildung 4 Thermische Kalkulation: Vergleich österreichischer Standards und jener im CYPE Tool .	24
Abbildung 5: Teildarstellung der Ontologie, welche im Ontologie Editor definiert wurde	25
Abbildung 6: Iterative Schritte der Spezifikation von Business Rules	26
Abbildung 7: Ausschnitt aus der initialen Workflow Version.....	27
Abbildung 8: Software Architektur.....	28
Abbildung 9: Regeldefinition zur Erreichung eines Ziels in menschenlesbarem Format: "To Complete 'Approve Material Checklist' the 'BPH model' must have a 'material checklist' that is approved."	29
Abbildung 10: Ergebnis der individuell erstellten Regel im Solibri Model Checker zum Export aller im Modell vorhandenen Materialien	30
Abbildung 11: KPI Analyse des Heizbedarfs	31
Abbildung 12 Pilot Projekte: Wohnhochhaus (links), Apartmenthotel (rechts)	32
Abbildung 13 Beispielprojekt: Einfamilienhaus.....	33
Abbildung 14: Kommerzielle Pilot-PIM	35
Abbildung 15: Präsentationsfolie aus dem Workshop vom 29. September 2020	35
Abbildung 16: Impressionen des „BIM Saves“ Workshops vom 20. September 2020	36

Literaturverzeichnis

- [1] buildingSMART, „buildingSMART - openBIM“, *buildingSMART International*. <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> (zugegriffen März 19, 2021).
- [2] M. J. Pucher, „The elements of adaptive case management“, *Mastering Unpredictable*, S. 89–134, 2010.
- [3] „Navisworks | Projektprüfung | Autodesk“. <http://www.autodesk.de/products/navisworks/overview> (zugegriffen März 27, 2017).
- [4] „Solibri Model Checker“, *Solibri*, 2017. <https://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/> (zugegriffen März 27, 2017).
- [5] „Building Information Modeling (BIM) - AUSTRIAN STANDARDS“. <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/> (zugegriffen März 23, 2017).
- [6] „freeBim Merkmalsserver“, 2017. http://www.freebim.at/Info_2016 (zugegriffen März 24, 2017).
- [7] „buildingSMART Bauteileigenschaften“, *buildingSMART e.V.*, 2017. <http://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=Project.show&id=95> (zugegriffen März 27, 2017).

- [8] „BIMiD - BIM-Referenzobjekt in Deutschland“, *BIM-Referenzobjekt in Deutschland*.
<http://www.bimid.de/kos/WNetz?art=Compilation.show&id=3> (zugegriffen März 27, 2017).
- [9] „Autodesk - Revit MEP“. <http://www.autodesk.com/products/revit-family/mep> (zugegriffen März 27, 2017).
- [10] „ARCHICAD - Einfach besser“. <http://www.graphisoft.at/archicad/> (zugegriffen März 27, 2017).
- [11] „area.io: IFC4 - is it ready yet?“, *areo blog - Lifecycle BIM and smart FM*, Nov. 09, 2016.
<http://blog.areo.io/ifc4-is-it-ready-yet/> (zugegriffen März 27, 2017).
- [12] „buildingSMART - IFC4 Add2 Release“. <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-add2> (zugegriffen März 27, 2017).
- [13] „buildingSMART - IFC4 Addendum 2: Domain specific data schemas“.
<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/link/annex-f.htm> (zugegriffen März 27, 2017).
- [14] Kreuzer, Fischer & Partner, „Branchenradar Bau-Journal 2016“.
<http://www.branchenradar.com/medien/pdfs/Bau-Journal%202016.pdf> (zugegriffen März 23, 2017).
- [15] M. Sunikka-Blank und R. Galvin, „Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption“, *Build. Res. Inf.*, Bd. 40, Nr. 3, S. 260–273, 2012.

Abkürzungsverzeichnis

ACM	Adaptive Case Management
AP	Arbeitspaket
API	Application Programming Interface
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
EIR	Employer Information Requirements
HLK	Heizung, Lüftung, Klima
IBP	Fraunhofer Institut für Bauphysik
IFC	Industrial Foundation Classes
KPI	Key Performance Indicator
LOI	Level of Information
PDF	Portable Document Format
PIM	Project Information Management
TGA	Technische Gebäudeausrüstung



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

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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