

AIR-Klassifizierungssystem: Konzept eines prüfbaren Ansatzes für Bau und Betrieb

Friedrich Schroedter¹ and Nadine Wills²

¹ Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Marienstr. 13, 99423 Weimar, Germany

² Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen-Immobilien, Wilhelm-Leuschner-Str. 13, 61169 Friedberg, Germany

E-Mail: friedrich.schroedter@uni-weimar.de

Abstract: Gemäß DIN ISO 19650 werden die benötigten Informationen für das Facility Management im Rahmen der Asset Informationsanforderungen (AIR) durch Informationsbesteller gefordert. Dabei werden Informationsbereitstellern regelmäßig unstrukturierte Anforderungstabellen mit teilweise inkompatiblen Mehrfachklassifizierungen vorgegeben. Eine gängige Praxis ist das Abbilden von Bauteilklassen gemäß IFC auf modellierungsinkompatible Bauteilgruppen gemäß DIN 276. Häufig treten gleiche Bauteile in verschiedenen Bauteilgruppen auf. Beim Qualitätsmanagement mit Prüfregelelementen können Bauteile dadurch nicht eindeutig identifiziert werden. Das Ziel dieses Beitrags ist die Definition eines Klassifikationsansatzes auf Basis des Klassifikationsmerkmals DIN 276 sowie des zu klassifizierenden Elementes nach IFC. Zunächst werden bestehende Klassifizierungsansätze analysiert. Das Ergebnis ist eine Matrix für die Klassifizierung von Bauteilen wodurch eine Verbesserung der Prüfbarkeit erreicht werden soll.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Facility Management (FM), Asset-Informationsanforderung (AIR), Klassifikationssystem

1 Einleitung

Die Nutzungskosten eines Gebäudes stellen mit 44 % den größten Kostenanteil im Gebäudelebenszyklus dar [1,2], wobei die Gebäudebewirtschaftung im Sinne des Facility Managements (FM) den größten Kostenfaktor darstellt [3]. Die lebenszyklusübergreifende Methode des Building Information Modelings (BIM) ermöglicht die Generierung FM-relevanter Daten bereits

in der Gebäudeplanungsphase [8]. BIM kann im FM zur Verfolgung von Zielen und zur Bearbeitung unterschiedlicher Aufgaben der Gebäudebewirtschaftung genutzt werden, wie der Unterstützung des Flächenmanagements, der Wartung und Instandsetzung, [8], [9], Nutzung der Planungs- und Errichtungsdaten für Ausschreibungen oder Realisierung von FM-Nachhaltigkeitszielen [4].

In BIM-Projekten definiert der Informationsbesteller sog. Asset-Informationsanforderungen (AIR), welche als Teile der Auftraggeber-Informationsanforderungen (EIR) an den Informationsbereinsteller kommuniziert werden [5]. Dabei wird definiert, welches Leistungsbild (wer) zu welcher Leistungsphase (Meilensteine) ein Informationsmodell mit welcher Informationsdichte (LOI) (was) liefern muss [6, 7]. AIR beinhalten jene Bauteile, die für den Gebäudebetrieb relevant sind und nach Inbetriebnahme in dem Asset-Informationsmodell (AIM) vorhanden sein sollen [8]. Damit die in einem AIM enthaltenen Bauteile und Anlagen zuordnungsbar sind, muss eine eindeutige Identifikation sichergestellt werden. Dazu werden sog. Ordnungssysteme [9] genutzt. Diese dienen der Informationsstrukturierung zwischen unterschiedlichen Disziplinen innerhalb eines Gebäudelebenszyklus [10]. In Ordnungssystemen enthaltene Klassifizierungsansätze folgen unterschiedlichen Logiken. Die in Deutschland derzeit am häufigsten genutzte Form der Definition von LOI in EIR stellt die holistische Kombination aus Modellentwicklungsmatrizen (MEM) und Bauteiltypenlisten nach DIN 276 dar [11]. Ziel des konventionellen Ansatzes ist es, jeder Kostengruppe (KG) alle für die Projektinformationsmodell relevanten Bauteile samt entsprechender Industry Foundation Classes (IFC)-Entität aus dem IFC Standard nach ISO 16739 zuzuordnen. Dabei werden benutzerdefinierte Parameter für die Klassifikation vereinbart, statt das Klassifikationskonzept des IFC-Standards zu nutzen. Konträr zu diesem Ansatz zielt dieser Beitrag auf einen schemakonformen, prüfbareren Klassifizierungsansatz für Informationsanforderungen unter Verzicht auf benutzerdefinierte Parameter ab. Dafür wird in einem zweistufigen Prozess auf Basis des Klassifikationsmerkmals (DIN 276) sowie des zu klassifizierenden Elements (IFC) eine Zuordnungsmatrix (Mapping-Tabelle) entwickelt. Diese wird in den Klassifizierungsmanager der BIM-Autorensoftware Autodesk Revit importiert um Bauteile zu klassifizieren. Die Funktionsfähigkeit wird im Rahmen des Qualitätssicherungsprozesses über Solibri validiert. Das Ergebnis ist ein Klassifizierungs-, Identifikations- und Prüfansatz von Bauteilen in Asset-Informationsmodellen.

2 Analyse bestehender Klassifikationssysteme

Bei BIM-Projekten werden Klassifikationssysteme im Zusammenhang mit den LOI für den Gebäudebetrieb in den AIR definiert [4]. In der Normung existieren Grundsätze für die Klassifikation von Bauteilen in der DIN 12006-2 und den VDI-Richtlinien VDI 2552-4 sowie VDI 2552-9.

Die DIN 12006 unterscheidet in Klassifizierungs- und Zusammensetzungshierarchien. Während eine Klassifizierung Klassen in Teilklassen gliedert, aggregiert eine Zusammensetzung Teile in ein Ganzes. Eine Klassifizierung kann dabei aus unterschiedlichsten Blickwinkeln und nicht nur aus Bauteilsicht erfolgen. Im Bauwesen ist beispielsweise eine Klassifizierung in Bauergebnis, -prozess und -

ressource denkbar. In gewachsenen Klassifikationen wie der DIN 276 werden häufig Klassifizierungen und Zusammensetzungen gemischt. DIN 12006-2 bezeichnet letzteres auch als Systeme. Dieser Begriff wird auch vom IFC-Schema verwendet. Bei IFC handelt es sich um einen offenen, von der Organisation buildingSMART entwickelten Standard zur Beschreibung von Klassen, Attributen, Konzepten und klassenabhängige Eigenschaften [12]. Die innere Klassifizierung erfolgt herstellerunabhängig. Externe Klassifikationen können über das Klassifizierungskonzept fast an alle Klassen angehängen werden. Dabei muss das Attribut „HasAssociation“ befüllt werden. VDI 2552-9 wurde als Anwendungshilfe für DIN 12006-2 konzipiert. Dabei weist sie eine Systematik für verschiedene Klassifikationsaspekte aus. Es sind das Klassifikationsziel, Klassen, zu klassifizierende Elemente und Klassifikationsmerkmal zu bestimmen [4]. Die VDI 2552-4 ist eine Richtlinie um Klassifikationsanforderungen nach VDI 2552-9 bzw. DIN 12006-2 vorzugeben. Es wird explizit die DIN 276 thematisiert. So werden beispielsweise im Anhang der Richtlinie Modellierungsvorschriften für Architekturmodelle vorgestellt. Um Redundanzen in Vorgaben zu vermeiden empfiehlt die VDI 2552-4 separate Dokumente zur Klassifizierung und zur Vorgabe der LOI. Es wird zum einen die Modellentwicklungsmatrix zur Vorgabe der Klassifikation und die Bauteiltypenmatrix zur Vorgabe der eigentlichen LOI an Bauteilen ausgewiesen.

Während die Normungstätigkeiten im Bereich der Klassifizierungen bereits fortgeschritten ist, sind Defizite hinsichtlich korrekter Umsetzung in der Praxis erkennbar. Im Folgenden sollen zwei Beispielsysteme vorgestellt werden, die den Versuch unternehmen, den nach DIN 276 klassifizierenden Elementen [4] Klassifikationsmerkmalen nach IFC [13] zuzuordnen. Im Kontext des FM ist dabei CAFM-Connect zu nennen [14]. Da es sich bei KG um Gruppen, bzw. Systeme im Sinne der Zusammensetzung handelt, kommt es häufig zu unzureichenden Zuordnungen von Bauteilen. Ein weiterer Standard zur Klassifizierung FM-relevanter Bauteile stellt der IFC-Bildkommentar dar. Bei Ableitung einer Zuordnungsmatrix auf Basis dieses Standards resultieren unter Berücksichtigung der allgemeinen und spezifischen Eigenschaften des IFC-Standards zuzüglich der Identifikationseigenschaften ca. 60.000 Tabellenzeilen für die KG 300 und KG 400. Der Umfang der resultierenden Matrix ist insbesondere der permanenten Wiederholung von Bauelementen wie etwa Rohrleitungen (IfcPipeSegment) geschuldet, welche bspw. in KG 411, 431, 473 und 544 vorhanden sind. Das Problem der Wiederholung ist somit in allen holistischen Zuordnungskonzepten präsent.

Die Analyse derzeitiger Klassifizierungskonzepte zeigt, dass in der Normung bereits eine gute theoretische Grundlage zur Klassifikation besteht. Defizite jedoch hinsichtlich der Unvollständigkeit des Klassifizierungsumfangs im Gebäudekontext (IFC) oder resultierender Mehrfachklassifizierung eines Bauteils (DIN SPEC 91400 und IFC-Bildkommentar) aufweisen. Praktische Versuche, wie in CAFM-Connect und der IFC-Bildkommentar Zuordnungen zu treffen, scheitern an der Unterscheidung von Bauteilen und Systemen. In den kommenden Abschnitten soll eine Lösung dieses Problems präsentiert werden.

3 Methodisches Vorgehen

Die sich aus dem Status quo derzeitiger Klassifizierungssysteme ergebenden Defizite sollen mithilfe eines prüfbareren Klassifizierungs-, Identifikations- und Prüfansatz auf Basis einer Zuordnungsmatrix gelöst werden. Dabei wird eine alternative Kommunikation im Projekt geforderter Bauelemente gemäß dem Motto IFC-First fokussiert. Die Definition eines prüfbareren Ansatzes erfolgt zweistufig auf Basis des Klassifikationsmerkmals (DIN276) sowie des zu klassifizierenden Elements (IFC). Die technische Umsetzung erfolgt auf Basis der Struktur des Autodesk open source Revit-Plugins „Klassifikationsmanager“. Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz kann aber auch gänzlich ohne das Plugin in andere Autorensoftware implementiert werden. Der Proof of Concept erfolgt mithilfe der Software Autodesk Revit und Solibri. Bauteile werden mitsamt der für die FM-Leistungserbringung relevanten Informationen in IFC exportiert. Zur Validierung wird das Bauteil in der Software Solibri abgeprüft.

Nach Analyse bestehender Klassifizierungsansätze und Identifizierung des Zuordnungsproblems erfolgt zunächst die Definition einer Mappingtabelle für den Klassifikationsansatz der DIN 276, des sog. Klassifikationsmerkmals [4]. Dazu wird die (AG-seitig) definierte Zuordnungsmatrix in einer benutzerdefinierten Datenbank in Microsoft Excel angelegt, wobei grobe Layoutvorgaben des Plugins berücksichtigt wurden, um die Matrix unmittelbar in die Datenbank zu laden. Abbildung 1 veranschaulicht den Aufbau des Datenblattes der Datenbank.

TITLE	DIN 276 A2				
DESCRIPTION	Klassifizierung gemäß DIN 276-2018				
VERSION	Version 1.0				
FUNCTION	Element				
NUMBER PARAMETER					
DESCRIPTION PARAMETER	ClassificationCode				
NUMBER	DESCRIPTION	LEVEL	REVIT CATEGORY	IFC 4.1 – IfcProduct Dependencies	IFC 4.1 – IfcGroup Dependencies
400 - Bauwerk - Technische Anlagen	[DIN 276]400:Bauwerk - Technische Anlagen	1	N/A		
410 - ABWASSER-, WASSER-, GASANLAGEN	[DIN 276]410:ABWASSER-, WASSER-, GASANLAGEN	2	N/A		
411 - Abwasseranlagen	[DIN 276]411:Abwasseranlagen	3	-2008043 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain,IfcPlumbingFireProtectionDomain]	IfcDistributionSystem.WASTEWATER	
412 - Wasseranlagen	[DIN 276]412:Wasseranlagen	3	-2008043 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.WATERSUPPLY	
413 - Gasanlagen	[DIN 276]413:Gasanlagen	3	-2008043 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.GAS	
419 - Sonstiges	[DIN 276]419:Sonstiges	3	-2008043 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]		
420 - WÄRMEVERSORGUNGSANLAGEN	[DIN 276]420:WÄRMEVERSORGUNGSANLAGEN	2	N/A		
421 - Wärmeerzeugungsanlagen	[DIN 276]421:Wärmeerzeugungsanlagen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.HEATING	
422 - Wärmeverteilnetze	[DIN 276]422:Wärmeverteilnetze	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.HEATING	
423 - Raumheizflächen	[DIN 276]423:Raumheizflächen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.HEATING	
424 - Verkehrsheizflächen	[DIN 276]424:Verkehrsheizflächen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.HEATING	
429 - Sonstiges	[DIN 276]429:Sonstiges	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]		
430 - RAUMLUFTTECHNISCHE ANLAGEN	[DIN 276]430:RAUMLUFTTECHNISCHE ANLAGEN	2	N/A		
431 - Lüftungsanlagen	[DIN 276]431:Lüftungsanlagen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.VENTILATION	
432 - Teilklimaanlagen	[DIN 276]432:Teilklimaanlagen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.AIRCONDITIONING	
433 - Klimaanlagen	[DIN 276]433:Klimaanlagen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.AIRCONDITIONING	
434 - Kälteanlagen	[DIN 276]434:Kälteanlagen	3	-2001140 [IfcSharedComponentElements.IfchvacDomain]	IfcDistributionSystem.AIRCONDITIONING	

Abbildung 1: Entwickelte Zuordnungsmatrix gem. Modellentwicklungsmatrix nach VDI 2552-4

Die derzeit praktizierte Methode, KG explizite IFC-Entitäten zuzuordnen, soll in dem entwickelten Konzept in veränderter Form beibehalten werden. Den einzelnen KG sind Hierarchieebenen, Revit-Kategorien, IFC-Datenschemata und IFC-Systemgruppen zugeordnet, wobei die Revit-Kategorien optional sind und lediglich der Filterung von Bauelementen dienen. Von Bedeutung sind die Spalten „IfcProduct Dependencies“ und „IfcGroup Dependencies“. Letztere werden eingeführt, da übergeordnete Entitäten wie „IfcDistributionElement“ abstrakte Klassen für Bauelemente darstellen und daher gem. IFC-Dokumentation nicht Bauteilen zugeordnet werden dürfen. In der Praxis werden sie jedoch häufig verwendet. Vielmehr sind sie durch Gruppierungen zu Gebäudesystemen zu aggregieren. IFC sieht hierfür das „Group Assignment Concept“ vor. Durch dieses können Bauteiltypen gleicher

und divergierender Art in Gruppen, analog der DIN 276 zusammengefasst werden. Die KG 400 beinhaltet Typen von „IfcDistributionSystem“, weshalb sie in der letzten Spalte (vgl. Abbildung 1) dargestellt sind. In der Praxis werden Gruppierungen wie „IfcDistributionSystem“ bisher selten korrekt umgesetzt. Eine Empfehlung dieses Betrags besteht in der Änderung dieses Vorgehens, da in Prüfsoftware wie Solibri geeigneteren Prüfregele auf Basis von Systemen aufgestellt und die Modellqualität verbessert werden kann. Zudem entfallen die benutzerdefinierten Parameter aus DBC und CAFM Connect.

In einem zweiten Schritt wird eine IFC-Mappingtabelle analog dem Anhang der VDI 2552-9 erstellt. Die darin enthaltenen Werte (Zellen) präsentieren die IFC-Bezeichnung der Bauteiltypen wobei lediglich die IFC-Instanz, bzw. der IFC-Typ, in den Parameter „IfcExport“ geschrieben wird. Des Weiteren erfolgt die Zuordnung zu Revit-Kategorien, welche nun deutlich exakter als bei der Kosten-gruppentabelle darstellbar ist. Die IFC-Mappingtabelle ist in Abbildung 2 dargestellt. Die hier vorliegende Matrix kann in weiterer Forschung beliebig und eindeutig um Eigenschaften ergänzt werden. Sie entspricht der VDI 2552-4 Bauteiltypentabelle.

NUMBER	DESCRIPTION	LEVEL	REVIT CATEGORY
IFC Class Mappings	Version 4 Addendum 1	1	
Gemeinsame Gebäudeelemente	IfcSharedBldgElements	2	
Balken - Unterzug	IfcBeam	3	-2001320
Balken	IfcBeamType.BEAM	4	-2001320
Unterzug	IfcBeamType.JOIST	4	-2001320
Hohlbalken	IfcBeamType.HOLLOWCORE	4	-2001320

Abbildung 2: Entwickelte IFC-Mappingtabelle

Zur Anwendung der Mappingtabelle in einer BIM-Software (hier Revit) ist es erforderlich, dass der Nutzer (in diesem Fall durch das PlugIn) die Werte in der Weise vorgibt, dass sie korrekt als „IfcClassification“ exportiert werden. Dies geschieht über den IfcSharedParameter „ClassificationCode“ in Revit. Anschließend wird die Exceldatei in den Revit Klassifizierungsmanager (PlugIn) geladen. In Abbildung 3 sind der Aufbau des Klassifikationsmanagers sowie die, in das PlugIn importierten, Klassifizierungsblätter dargestellt. Nachdem die Klassifikationen für das Bauteil ausgewählt wurden (dritte Grafik von links), sind diese in den Typen bzw. Instanz-Eigenschaften (vierte Grafik von links) ersichtlich.

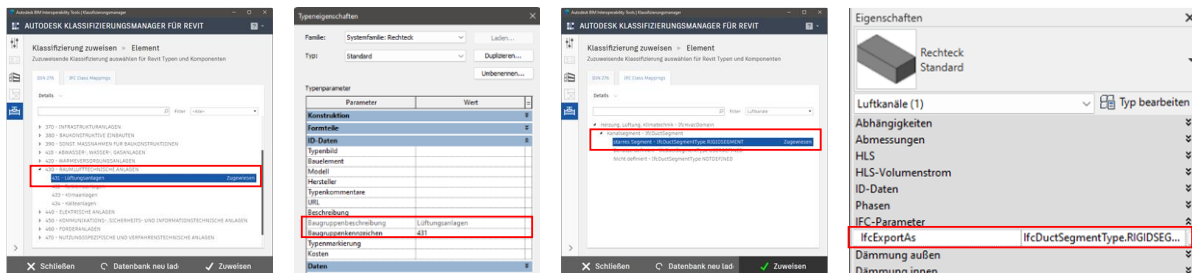


Abbildung 3: Darstellung importierter Mappingtabelle

4 Ergebnisse

Zur Validierung wurde das mittels des entwickelten Ansatzes klassifizierte Modell in IFC4 exportiert und in der Qualitätsmanagementsoftware „Solibri“ geöffnet. In dem darin enthaltenen Ruleset Manager wurden exemplarisch Prüfregeln angelegt. In erster Instanz wurden Kostengruppen allgemein abgeprüft. Sofern zuvor eine Definition der Kostengruppe als Eigenschaft und nicht als Klassifizierung erfolgte, erscheint eine Fehlermeldung. Im zweiten Schritt wurde als Beispiel für Bauelemente der KG 400 die KG 431, Lüftungsanlagen überprüft. Dazu wurden alle IfcDistributionSystem. VENTILATION mit Klassifizierung KG 431 analog der in entwickelten Zuordnungsmatrix (vgl. Abbildung 1) eingeschlossen. Aus dieser Teilmenge wurden alle Einzelbauteile auf die korrekte Klassifizierung überprüft. Zur Demonstration der Funktionsfähigkeit der entwickelten Zuordnungsmatrix wurde ein Lüftungskanal einer falschen Kostengruppe zugeschrieben. In Abbildung 4 ist ersichtlich, dass im Rahmen der Qualitätsprüfung als Ergebnis dieser inkorrekten Zuordnung eine Fehlermeldung „Falscher Wert der Eigenschaft – DIN 276 Classification 431“ erscheint.

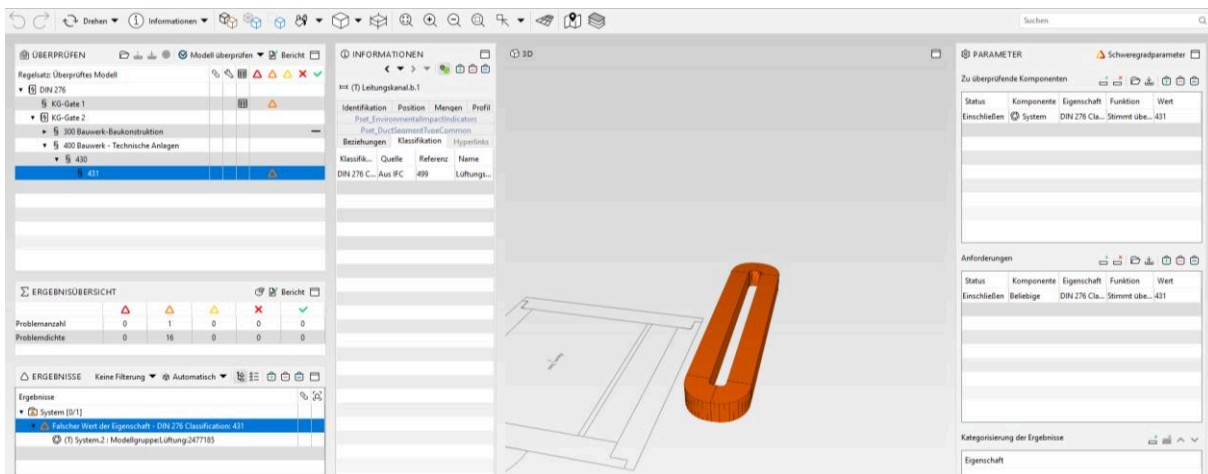


Abbildung 4: Exemplarische Überprüfung Mappingtabelle

Übergeordnet wurde eine prüfbare Mappingtabelle erarbeitet. In der Autorensoftware Autodesk Revit kann diese in das beschriebene Plugin importiert werden. Mit der Zuordnungsmatrix werden Auftraggeber in die Lage versetzt, Auftragnehmern zu modellierende Bauteile dynamisch und losgelöst von der DIN 276 vorzuschreiben, ohne jedoch völlig auf diese zu verzichten. Die im Modell enthaltenen Informationen können zudem auf Bauteiltypenebene automatisiert nachvollzogen werden.

Die Prüfung wurde mittels der Software Solibri exemplarisch durchgeführt. Der aus dem entwickelten Ansatz hervorgehende Prozess zur Modellerstellung und -prüfung ist in Abbildung 5 grafisch dargestellt.

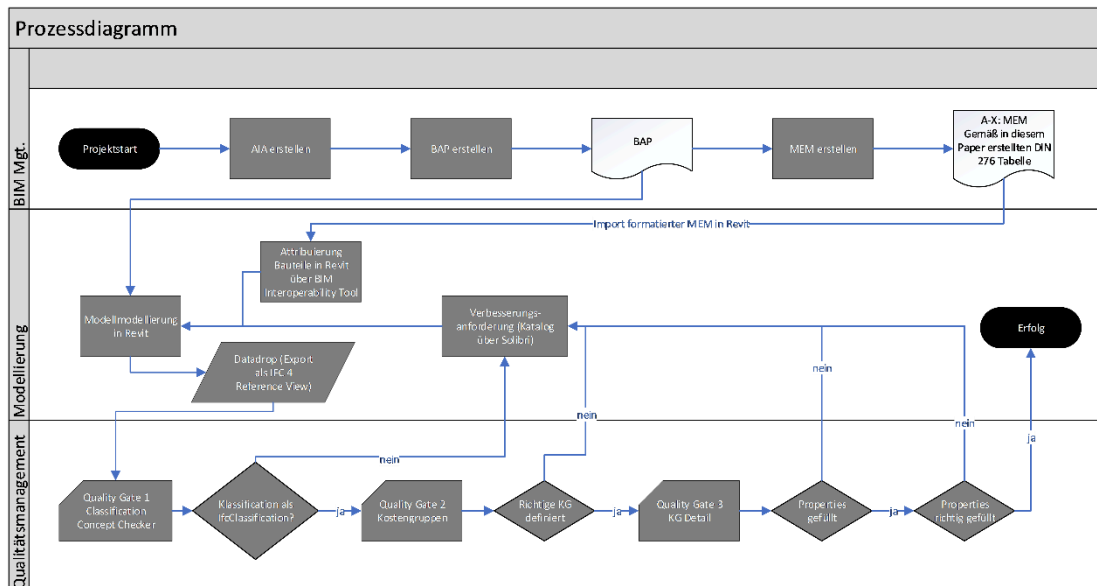


Abbildung 5: Gesamtprozess

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die derzeit existierenden Klassifizierungskonzepte für Zuordnungsmatrizen nach Kostengruppen weisen Defizite hinsichtlich erforderlicher Bauteilidentifikation auf. Insbesondere Anlagen der KG 400, die im Gebäudebetrieb einen erheblichen Anteil der Gebäudenutzungskosten verursachen, profitieren von einer eindeutigen Identifikationsmöglichkeit ihrer zugehörigen Bauteile. Im Rahmen der Modellweitergabe können diese bisher nicht vollumfänglich automatisiert hinsichtlich ihrer definierten LOI überprüft werden. In diesem Beitrag wurde ein Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, trotz divergierender Klassifizierungssysteme eine eindeutige Bauteilzuordnung vorzunehmen. Die Ergebnisse dieses Beitrags sind theoretischer sowie technischer Natur. Theoretisch konnte dargelegt werden, weshalb das Mapping von IFC auf Kostengruppen, zumindest in der konventionellen Vorgehensweise (CAFM-Connect), ein Problem darstellt. Zudem sind benutzerdefinierte Eigenschaften zur Identifikation erforderlich, die vermieden werden sollen. Es wurde gezeigt, dass Systeme (IfcSystem) aus dem IFC-Standard eine Lösung bieten können. Technisch konnte ein Weg zur korrekten Nutzung des IFC Klassifikations-Konzeptes aufgezeigt werden. Es wurden zudem Möglichkeiten mittels des Plugins BIM Interoperability Tools der BIM-Software Autodesk Revit erörtert. Die Fokussierung auf Bauteilgruppenzuordnung statt Einzelelementzuordnung zu Bauteilgruppen ermöglicht ein Zeitersparnis auf Seiten des Qualitätsmanagements. Der entwickelte Ansatz erweist sich als vorteilhaft, da nur einige Bauteilgruppen statt einer Vielzahl Einzelelemente hinsichtlich der korrekten Kostengruppe überprüft werden müssten. Zudem können Auftraggeber ihren Auftragnehmern zukünftig flexiblere und schlankere Zuordnungsmatrizen vorlegen. Dadurch könnte zukünftig die Notwendigkeit zur

Erstellung vollumfänglicher Modellentwicklungsmatrizen, wie sie derzeit in der Praxis üblich sind, entfallen.

Die entwickelte Zuordnungsmatrix ist als Meilenstein zu betrachten, der es vereinfacht eine prüfbare Bauteilklassifizierung vorzunehmen. Außer acht gelassen ist in diesem Beitrag die Parametrisierung von Bauteilen. Künftige Forschungsarbeiten zielen darauf ab, den dargestellten Ansatz weiterzuentwickeln, um eine gleichzeitige Prüfung von Bauteilklassifikation und Parametern durchzuführen. In diesem Kontext soll zudem untersucht werden, inwiefern die hier vorgeschlagene Zuordnungsmatrizen Teil des 2021 im Forum Bauinformatik vorgeschlagenen „A Priori EIR-Compliant Modelling Approach“ sein können [5]. Dazu soll in künftigen Forschungen ein Template auf der Plattform „BIMQ“ angelegt, in verschiedenen Autorensoftwares beispielhaft angewendet und zur Kontrolle in Solibri geprüft werden. Außerdem sollen weitere Konzepte zur exakteren Identifikation von Bauteilen untersucht werden. Denkbar wäre die Nutzung des „Port Nesting Conceptes“ um die Zusammengehörigkeit der Systeme zu validieren. Sollten diese Versuche erfolgreich sein, ist eine Veröffentlichung der vorgeschlagene Mehrfach-Klassifizierung auf bsDD geplant.

Literatur

- [1] O. Litau, „Lebenszykluskosten (LzK) einer Immobilie“ in Nachhaltiges Facility Management im Wohnungsbau: Lebenszyklus - Zertifizierungssysteme - Marktchancen, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 23–27, doi: 10.1007/978-3-658-11352-0_5.
- [2] U. Bogenstätter, Property management und facility management. München: Oldenbourg, 2008. [Online]. Verfügbar unter: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3090070&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- [3] U. Rotermund, „Lebenszykluskosten in der Gebäudeplanung und -nutzung: Von der Planung bis in den Betrieb“, Facility Management, Jg. 20, Nr. 05, 2020.
- [4] Building Information Modeling: Klassifikationssysteme, 2552 Bl. 9, VDI Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Mrz. 2022.
- [5] M. Mellenthin Filardo und J. Krischler, „An A Priori EIR-Compliant Modelling Approach“ in 32. Forum Bauinformatik 2021, M. Disser, A. Hoffmann, L. Kuhn und P. Scheich, 2021, S. 183–191.
- [6] M. Baldwin, Der BIM-Manager: Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement, 2. Aufl. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH, 2019.
- [7] Building Information Modeling Begriffe, 2552 Bl. 2, VDI Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Apr. 2021.
- [8] Building Information Modeling im Facility Management, 926, GEFMA e.V. Deutscher Verband für Facility Management, Bonn, Dez. 2019.
- [9] Datenmodell, Kataloge und Ordnungsrahmen für das FM: Grundlagen und Anwendungsbeispiele, 924, GEFMA e.V. Deutscher Verband für Facility Management, Berlin, Sep. 2017.

- [10] J. Beetz, „Ordnungssysteme im Bauwesen: Terminologien, Klassifikationen, Taxonomien und Ontologien“ in Building Information Modeling, A. Borrmann, M. König, C. Koch und J. Beetz, Hg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 163–175, doi: 10.1007/978-3-658-05606-3_9.
- [11] Building Information Modeling: Anforderungen an den Datenaustausch, 2552 Bl. 4, VDI Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Aug. 2020.
- [12] Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauwirtschaft und im Anlagenmanagement – Teil 1: Datenschema (ISO16739-1:2018), 16739-1, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Nov. 2021.
- [13] C. Richter und S. Liedtke, BKI IFC Bildkommentar nach DIN 276: Ausgewählte IFC 4 Begriffe für die BIM-Planungsarbeit gegliedert nach DIN 276. Stuttgart: BKI, 2021.
- [14] CAFM Connect, CAFM-Connect BIM Profile. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cafm-connect.org/bim-profile/> (Zugriff am: 6. April 2021).