Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Fakultät Ingenieurwissenschaften

Master-Studiengang Energie- Gebäude- und Umwelttechnik

Entwicklung und automatisierte Integration einer digitalen TGA-Modellierungsrichtlinie in fachspezifische Software für die Planung und den Betrieb von Gebäuden innerhalb der BIM-Methodik.

Masterarbeit Nr. 36/20

von

Sebastian Bendix

Geb. am 17. Juni 1997

in Leipzig

72540

Verantwortlicher Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Möller

Leipzig, 08.04.2021

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt wurde. Aussagen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde noch keiner anderen Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Leipzig, den 08.04.2021

Sebastian Bendix

_____

Danksagung

An dieser Stelle wird mir das Vergnügen zuteil, mich bei alldenjenigen zu bedanken, die mich direkt oder indirekt bei der Erschaffung dieser Masterarbeit unterstützt haben. Diese Aufzählung ist aufgrund der unglaublichen Anzahl an Unterstützern definitiv nicht vollständig. Sollte ich jemanden vergessen haben, bitte ich dies zu entschuldigen.

Zunächst möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Ulrich Möller zum einen für die fachliche und moralische Unterstützung während der Bearbeitung aber auch für die während meines Studiums vermittelten Lehrinhalte, die mein Interesse an diesem (quasi für mich geschaffenen) Thema erst geweckt haben, danken.

Weiterhin möchte ich mich bei meinen zukünftigen Kollegen der WPW Leipzig GmbH für die kontinuierliche Bereitschaft zur gemeinschaftlichen Bewältigung der im Laufe dieser Arbeit aufgetretenen Herausforderungen bedanken. Ganz besonders gilt dieser Dank Julia Bock und meinem betrieblichen Betreuer Florian Stegmann, die für einen Großteil des notwendigen Networking verantwortlich waren, um die erarbeiteten Inhalte an der Realität des Bauwesens zu validieren.

Darüber hinaus gilt Tom Radisch ein großes Dankeschön für seine Hilfe bei zahllosen Fach- und Formfragen, für sein stets konstruktives Feedback und nicht zuletzt für die durchgehende Zusammenarbeit auf Augenhöhe.

Gleichermaßen möchte ich mich bei allen Experten der verschiedenen Aspekte des Bauwesens und dessen Digitalisierung bedanken, die im letzten Jahr durch ihren Sachverstand die notwendige Realitätsnähe geboten haben, um die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Modellierungsrichtlinie zu einem brauchbaren Werkzeug zu formen.

Auch steht ein Dank Heiko Clajus und den Mitarbeitern der ekkodale GmbH für die Bereitstellung von Lizenzen verschiedener im Rahmen dieser Arbeit verwendeter Softwareanwendungen zu.

Nicht zuletzt gilt mein persönlicher Dank meinen Eltern, die mich stets in allen Lebenslagen unterstützen und unterstützt haben und meiner Mitbewohnerin, die an kritischen Punkten der Bearbeitung dieser Arbeit mir durch Rücksicht und Zuvorkommen den Rücken freigehalten hat.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG ..... - 13 -

2 GRUNDLAGEN DES BIM-PLANUNGSPROZESSES ..... - 15 -

2.1 Auftraggeberinformationsanforderungen und der BIM-Ablaufplan ..... - 15 -

2.2 Das BIM-Modell ..... - 16 -

2.2.1 Kollaboration im Gesamtmodell ..... - 16 -

2.2.2 Grundsätze objektbasierter, parametrischer Modellierung ..... - 17 -

2.3 Modellierungsrichtlinien in der Gebäudeplanung ..... - 18 -

3 ENTWICKLUNG DER MODELLIERUNGSRICHTLINIE ..... - 20 -

3.1 Ziele der Modellierungsrichtlinie ..... - 21 -

3.2 Untersuchung bestehender Objektkategorisierungen ..... - 22 -

3.2.1 CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen ..... - 23 -

3.2.2 VDI 3805 ..... - 25 -

3.2.3 Revit ..... - 27 -

3.2.4 Industry Foundation Classes ..... - 28 -

3.3 Auswahl und Organisierung der Objekte und Attribute ..... - 30 -

3.3.1 Modellierungstiefe im Kontext von BIM und der Modellierungsrichtlinie ..... - 30 -

3.3.2 Grundlegende Objektklassifizierungsprinzipien ..... - 32 -

3.3.3 Auswahl und Katalogisierung der zu betrachtenden Objekttypen ..... - 33 -

3.3.4 Auswahl und Katalogisierung der Attribute ..... - 34 -

3.4 Vernetzung der Datenbank ..... - 38 -

3.4.1 Die primäre Klassifizierungshierarchie ..... - 39 -

3.4.2 Unabhängige Attributsatzassoziation ..... - 43 -

3.4.3 Subobjekte ..... - 47 -

3.4.4 Modellstrukturinformationen ..... - 51 -

3.5 Erstellung der Modellierungsrichtlinie in BIMQ ..... - 52 -

3.5.1 Katalogisierung der Objektkategorien und Attributsätze ..... - 53 -

3.5.2 Anlegen weiterer Datendefinitionen ..... - 54 -

3.5.3 Nachbildung der Datenbankstrukturen ..... - 55 -

3.5.4 Vorbereitung der Datenabfrage ..... - 56 -

4 ERWEITERUNG UND OPTIMIERUNG DER MODELLIERUNGS-RICHTLINIE FÜR DIE AUTOMATISIERTE OBJEKTATTRIBUIERUNG ANHAND EINES TESTMODELLS ..... - 58 -

4.1 Attribuierung des Revit-Modells ..... - 59 -

4.1.1 Attribuierung mit dem AIA-Editor ..... - 61 -

4.1.2 Anlegen der Revit Mappings für Objektkategorien ..... - 63 -

4.1.3 Anlegen der Einheitendefinitionen und Revit Mappings für Attribute und Attributsätze ..... - 65 -

4.2 Anlegen der IFC-Mappings ..... - 66 -

4.3 Attribuierung von Modellen ohne native BIMQ-Anbindung ..... - 67 -

4.3.1 Manuelle Integration der Modellierungsrichtlinie in Simplebim ..... - 68 -

4.4 Überprüfung der attribuierten Modelle in Modellprüfungs-Software ..... - 72 -

4.4.1 Modellprüfung in Simplebim ..... - 72 -

5 ENTWICKLUNG VON ARBEITSABLÄUFEN ZUR ANWENDER- UND PROJEKTSPEZIFISCHEN ANPASSUNG DER MODELLIERUNGS-RICHTLINIE ..... - 74 -

5.1 Individuelle Informationsanforderungen ..... - 75 -

5.2 Individuelle .IFC-Eigenschaftensätze ..... - 76 -

5.3 Erweiterte Datenabfrage für den Revit-Solarcomputer-Workflow ..... - 78 -

6 ANALYSE VON OPTIMIERUNGSPOTENZIALEN DER MODELLIERUNGSRICHTLINIE ..... - 80 -

6.1 Evaluierung des Mehrwerts ..... - 80 -

6.2 Bewertung der Anwendbarkeit ..... - 82 -

6.3 Inhaltliche Optimierung und Erweiterung ..... - 84 -

6.4 Verbesserung der Interoperabilität ..... - 85 -

7 FAZIT UND AUSSICHT ..... - 87 -

8 ZUSAMMENFASSUNG ..... - 90 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel für ein Objekt im Sinne eines Elements in der objektbasierten Modellierung……....-11-
Abbildung 2: Beispielanlage_S (Farbgebung dient der Objektunterscheidung)……-12-

Abbildung 2-1: Erstellung eines Volumenkörpers in klassischen 3D-CAD-Anwendungen ..... - 17 -
Abbildung 2-2: Erstellung eines Volumenkörpers (Objekt) in objektbasierten 3D-CAD-Anwendungen ..... - 17 -
Abbildung 3-1: Objektstruktur und Attribute im CAFM-Connect Editor /5 S.21/ - 23 -
Abbildung 3-2: Kategorisierung nach CAFM-Connect Katalog der Bauteile /3/ - 24 -
Abbildung 3-3: Ausschnitt des allgemeinen Strukturbaums des Datenformats nach VDI 3805 /1 BlattNr.1 S.10/ ..... - 25 -
Abbildung 3-4: Beispielhafter Wertebereich für Satzart 100 (Einsatzbereich) in VDI 3805 Blatt 17 (Armaturen für die Trinkwasserinstallation) /1 BlattNr.17 S.8/ ..... - 26 -
Abbildung 3-5: Beispielhafte Darstellung der Kategorisierung und Attribuierung eines Objekttypen in der IFC-Klassifizierung /4/..... - 29 -
Abbildung 3-6: Ein Spülkasten als Teil des Objektes „WC" in der Revit-Familienerstellung ..... - 32 -
Abbildung 3-7: Prinzipskizze: Entscheidungsprozess bei der Attributsatzentwicklung ..... - 35 -
Abbildung 3-8: Prinzipskizze: Entscheidungsprozess bei der Objektklassenentwicklung ..... - 37 -
Abbildung 3-9: Weiterführende Attribuierung von Objektkategorien durch einen unabhängigen Attributsatz ..... - 44 -
Abbildung 3-10: Beispielhafte Attributzuordnung durch ein Subobjekt bzw. einen Subobjektattributsatz..... - 47 -
Abbildung 3-11: BIMQ Interface „Modellkomponenten" (Definitionen jeweils beispielhaft) ..... - 53 -
Abbildung 3-12: BIMQ-Interface „Zuweisung der Modellkomponenten" ..... - 55 -
Abbildung 3-13: BIMQ-Interface „Anforderungen" ..... - 57 -

Abbildung 4-1: Testmodell in Autodesk Revit (links: Absorber in Kältehalle mit Trassierung und Hilfskomponenten; Rechts: Rückkühlwerke mit Trassierung auf dem Dach) ..... - 58 -
Abbildung 4-2: Redundante Aufführung des Parameters "IfcExportAs" in einer Revit-Bauteilliste ..... - 60 -
Abbildung 4-3: Befüllung des Attributs „Bauart_Pumpe“ mittels vordefinierter Auswahlliste im AIA-Editor ..... - 62 -
Abbildung 4-4: Erstellen des Revit-Mappings (erweiterte Zuordnung) der Objektkategorie „Ausdehnungsgefäß“ in BIMQ ..... - 63 -
Abbildung 4-5: Attributdefinition in einer Simplebim Vorlagedatei ..... - 68 -
Abbildung 4-6: Definition von Objektkategorien (genannt: Group) in einer Simplebim Vorlagedatei ..... - 70 -
Abbildung 4-7: Attributassoziation in der Model-Tabelle einer Simplebim Vorlagedatei ..... - 70 -
Abbildung 4-8: Attributwertetabelle (Enrichment-Tabelle) für Objektkategorie „WC“ in einer Simplebim Vorlagedatei ..... - 71 -
Abbildung 4-9: Simplebim Fenster „Properties“ bei erfolgreicher Anwendung der Prüfregeln ..... - 73 -
Abbildung 5-1: Excel-Export der Modellkomponenten aus BIMQ zur Individualisierung der Eigenschaftensätze in .IFC-Modellen ..... - 77 -
Abbildung 5-2: Sanitärinstallation mit Solarcomputer-Parametern in Revit ..... - 78 -
Abbildung 5-3: Attributsatz im Interface "Anforderungen" von BIMQ mit einem GBIS-Attribut ..... - 79 -
Abbildung 6-1: Testmodell zur Überprüfung der Anwendbarkeit der Modellierungsrichtlinie in Revit mit beispielhaften Kategoriedefinitionen (MRL, Bauteilkategorie, IFC-Klasse) ..... - 82 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Spezifische Attributsätze der Trassenarten (Unterteilung des Satzes „Systemkomponenten“) ..... - 41 -
Tabelle 3-2: Übersicht der zur unabhängigen Attributassoziation verwendeten Attributsätze und der durch Sie definierten Knoten .... - 46 -
Tabelle 3-3: Knoten mit Attributassoziation durch Subobjekte ..... - 49 -
Tabelle 4-1:Äquivalente Attributarten in BIMQ, im .IFC-Format und in Simplebim ..... - 69 -
Tabelle 5-1: Bereitgestellte Auswahl an Attributen zur Identifikation eines Objektes ..... - 75 -

Abkürzungsverzeichnis

AIA	-	**A**uftraggeber**i**nformations**a**nforderungen
BAP	-	**B**IM-**A**bwicklungs**p**lan
BIM	-	**B**uilding **I**nformation **M**odeling
CAFM	-	**C**omputer **A**ided **F**acility **M**anagement
CDE	-	**C**ommon **D**ata **E**nvironment (gemeinsame Datenumgebung)
DN	-	**D**iameter **N**ominal (Nenndurchmesser)
GBIS	-	**G**reen **B**uilding **I**nformation **S**ystem
IFC	-	**I**ndustry **F**oundation **C**lasses
.IFC	-	Dateiformat basierend auf den IFC
.XML	-	E**x**press **M**arkup **L**anguage
KG	-	**K**osten**g**ruppe
LOG	-	**L**evel **o**f **G**eometry (geometrischer Detaillierungsgrad)
MVD	-	**M**odel **V**iew **D**efinition (Modellansichtsdefinition)
PN	-	**P**ressure **N**ominal (Nenndruck)

Terminologie

Zur besseren Vergleichbarkeit der in dieser Arbeit untersuchten Klassifikationen werden im Folgenden grundlegende Begriffe einheitlich definiert. Diese werden unabhängig von den äquivalenten, durch die Autoren der zitierten Werke verwendeten Begriffen zur Beschreibung der untersuchten Klassifikationen verwendet. Eine Übersicht der durch die jeweiligen Autoren verwendeten Begriffe ähnlicher Bedeutung kann Anhang A1 entnommen werden.

Objekt

Im offiziellen ISO-Standard DIN EN ISO 16739 der IFC4 Klassifikation wird ein Objekt als: „Etwas Wahrnehmbares oder Denkbares mit eindeutiger, wenn auch nicht materieller Existenz“ definiert. /7 S.11/

Der Begriff „Objekt“ bezeichnet weiterhin in steigendem Abstraktionsgrad einen physisch greifbaren Gegenstand (genannt: Element; z.B. ein Fenster), eine physisch existierende Sache (genannt: Produkt; z.B. einen Raum) oder etwas Konzeptionelles (z.B. ein Raster). /4 Kpt.5.1.3.6.1/

Dabei ist zu beachten, dass der Begriff „Objekt“ eine einzelne Instanz bzw. ein einziges Exemplar bezeichnet.

Innerhalb der objektbasierten digitalen Modellierung wird ein Objekt im Sinne eines Elements als kleinste, untrennbare Einheit von Geometrien und Attributen definiert.

Umgangssprachlich kann all das, was in einem IFC-Viewer wie BIMcollab ZOOM oder Solibri in der Modellansicht oder in der Navigationsleiste bzw. dem Modellbaum „anklickbar“ ist, Informationen beinhaltet und durch eine GUID identifiziert wird, als Objekt verstanden werden.

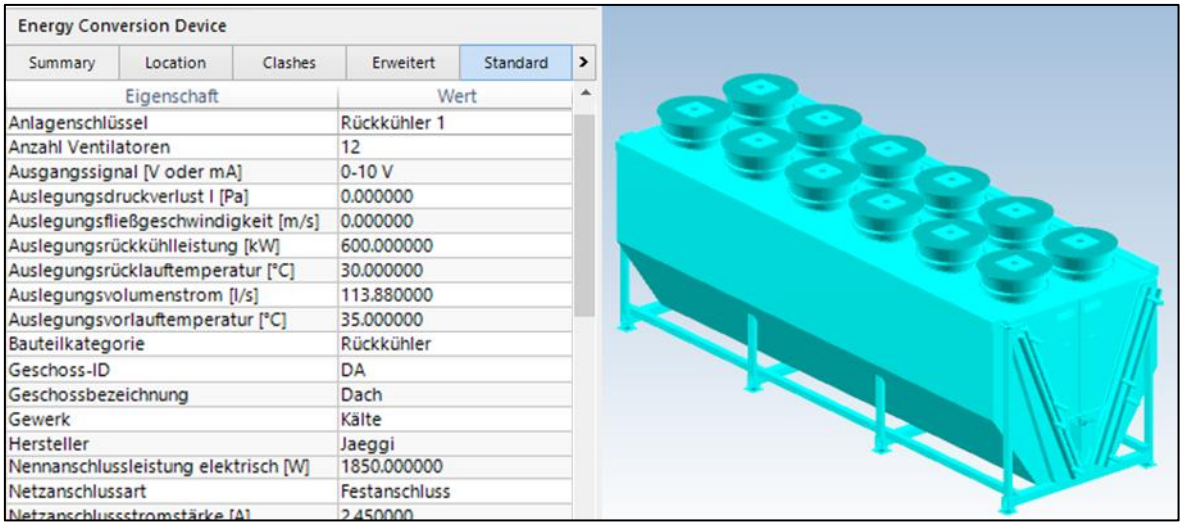


Abbildung 1: Beispiel für ein Objekt im Sinne eines Elements in der objektbasierten Modellierung

System

Als System wird ein logischer Zusammenschluss von Objekten mit gemeinsamer Funktion bezeichnet. Ein System ist im konzeptionellen Sinne selbst ein Objekt.

Zu differenzieren ist hierbei insbesondere zwischen Anlagen und Systemen. Während die meisten Systeme als Anlage bezeichnet werden, gilt dies im allgemeinen Sprachgebrauch auch für einige einzeln modellierte Objekte (z.B. Druckerhöhungsanlagen).

Daher werden Anlagen, die der Definition eines Systems entsprechen, mit der Kennzeichnung „_S“ versehen.

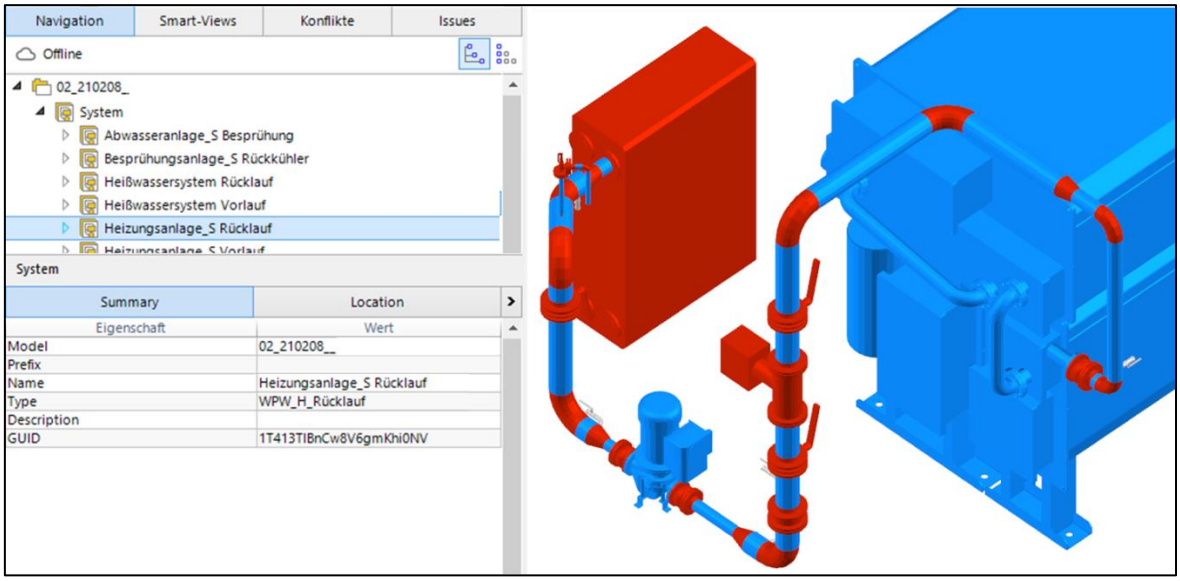


Abbildung 2: Beispielanlage_S (Farbgebung dient der Objektunterscheidung)

Kategorie bzw. Typ

Eine Kategorie bezeichnet eine gewählte Gruppierung von Objekten. Die Gesamtheit der Objekte oder Systeme einer Kategorie werden nachfolgend als Objektkategorie oder Objekttyp bzw. Systemkategorie oder Systemtyp bezeichnet. Objekte verschiedener Kategorien unterscheiden sich in den untersuchten Kategorisierungen prinzipiell durch die ihnen zugeordneten Attribute. Abweichungen von diesem Prinzip werden jeweils erläutert.

Satz und Klasse

Eine gewählte Gruppierung von Kategorien oder Attributen wird als Satz definiert. Ein Satz aus Kategorien wird als Klasse bezeichnet, sofern dieser selbst eine definierte Kategorie darstellt. Die Bezeichnung „Objektklasse“ gilt als Überbegriff für Objektkategorien und Objektklassen. Somit ist jede Kategorie eine Klasse mit einer Gruppierungsgröße von eins.

1 Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung bietet zuvor unvorstellbare Möglichkeiten zum Austausch von Informationen. Die konsequente und standardisierte Nutzung dieser Möglichkeiten hat das Potenzial, einen Großteil der begangenen Fehler dieser Welt in der Zukunft zu vermeiden.

Eines der größten Potenziale zur Fehlervermeidung durch verbesserte Kommunikation bietet das Baugewerbe. Die stark kooperative Natur dieses Gewerbes stellt, zusammen mit der zunehmenden Komplexität seiner Produkte, die Beteiligten kontinuierlich vor neue Herausforderungen, deren effiziente Lösung effektive Kommunikationswege erfordert. Die Ineffektivität der hier aktuell vorwiegenden Kommunikationswege hat rhetorischen Kultstatus.

Charles Eastman (Mai 1940 - November 2020 /18/) beschrieb bereits 1974 die Unzulänglichkeiten der Gebäudeplanung auf Basis von zweidimensionalen Plänen mit separaten Beschreibungen und postulierte eine Alternative in der Form eines Computersystems zur objektbasierten, parametrischen, dreidimensionalen Modellierung und Repräsentation eines Gebäudes /19 S.4-6/. Die Entwicklung dieses Computersystems wird als die Geburt des Building Information Modeling (BIM) angesehen /18/.

Die zentralen Ziele der BIM-Methode sind der Erhalt und die kontinuierliche Bereitstellung aller relevanten Daten, die über den Lebenszyklus eines Gebäudes erhoben werden. Im Fokus steht dabei die Verknüpfung der bezüglich realer Objekte und ihrer Beziehungen zueinander erhobenen Daten mit ihren Gegenstücken im digitalen Modell. Durch die direkte Verknüpfung von text- und logikbasierten Informationen mit visuellen Informationen wird eine deutlich effizientere und fehlerärmere Kommunikation zwischen den Akteuren ermöglicht.

Grundlage der erfolgreichen Kommunikation ist die Standardisierung der Modellinhalte. Diese muss über die geometrischen Modellinhalte und Modellstrukturen, die informativen Inhalte des Modells betreffen. Zu diesem Zweck ist es notwendig, die Objekte des Modells zu kategorisieren, ihnen entsprechend ihrer Kategorie standardisierte Attribute zuzuordnen und diese Attribute mit ihren

Attributwerten, gegebenenfalls über die Konvertierung in ein geeignetes Übergabeformat hinweg, anderen Akteuren zur Verfügung zu stellen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Bestimmung relevanter Informationen in Verbindung mit der Strukturierung von Objekten der technischen Gebäudeausrüstung für den Planungs- und Verwaltungsprozess eines Gebäudes mithilfe der Datenbankmanagementsoftware BIMQ als Teil einer digitalen Modellierungsrichtlinie. Anschließend soll die Datenbank durch Datendefinitionen zur automatisierten Übermittlung der enthaltenen Attribute und Strukturen an kompatible BIM-Autorenprogramme sowie zum standardisierten Export von .IFC-Dateien aus diesen erweitert und durch die Erprobung dieser optimiert werden.

Zur Bestimmung der relevanten Informationen werden die Datenstrukturen und Inhalte bestehender Klassifikationen in Experteninterviews mit Vertretern der verschiedenen, an Planung, Errichtung und Verwaltung eines Gebäudes beteiligten, Parteien evaluiert. Die Erprobung und Optimierung der Modellierungsrichtlinie findet anhand eines realen Planungsprojektes statt.

Nach der Einleitung werden im zweiten Kapitel einige grundlegende Voraussetzungen und Prozesse zur erfolgreichen Durchführung eines Planungsprojektes unter der Verwendung der BIM-Methode beschrieben. Kapitel 3 beschreibt den Entwicklungsprozess der Modellierungsrichtlinie von der Zieldefinition über die Bestimmung und Strukturierung der zu betrachtenden Daten bis zur Implementierung der Daten in BIMQ. Die Optimierung der Modellierungs-richtlinie durch die Erweiterung um softwarespezifische Datendefinition und deren Erprobung erfolgt in Kapitel 4. In Kapitel 5 werden weiterführende Anpassungen der Modellierungsrichtlinie an projektspezifische Umstände und Ziele dargestellt, die auf Grundlage der Verwendung der Modellierungsrichtlinie in einem realen Projekt entwickelt wurden. Abschließend werden in Kapitel 6 die Anwendbarkeit und der resultierende Mehrwert der Nutzung der in dieser Masterarbeit erarbeiteten Inhalte bewertet und es wird ein Ausblick auf mögliche weitere Schritte gegeben, die diese weiter verbessern können.

2 Grundlagen des BIM-Planungsprozesses

Die Implementierung der BIM-Methode in einen Gebäudeplanungsprozess ermöglicht die Erkennung und Lösung zahlreicher Konflikte bereits in frühen Planungsphasen. Dies führt gegenüber der Lösung in späteren Planungsphasen bzw. auf der Baustelle zu erheblichen Kosteneinsparungen. Das intelligente digitale Gebäudemodell ist hierbei jedoch nur ein Teil der Lösung. Darüber hinaus bedingt die effektive gemeinsame Nutzung der Modelle der verschiedenen Akteure einen gemeinsamen Wissensstand. Dieser kann durch eine Kombination der Standardisierung von Modellaspekten und die kontinuierliche Bereitstellung der relevanten Informationen für alle Beteiligten hergestellt werden.

2.1 Auftraggeberinformationsanforderungen und der BIM-Ablaufplan

Die Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) sollen bereits vor Projektbeginn ein einheitliches Verständnis kritischer Aspekte der Implementierung der BIM-Methode im Projekt etablieren /21 S.6/. Sie definieren grundsätzliche Anforderungen an die im Projekt zu verwendenden Softwarelösungen, die Strukturierung der Modelle und die Form der Modellübergabe /21 S.14ff./. Darüber hinaus werden an dieser Stelle die Aspekte des Planungsprojektes explizit benannt, die unter dem Einsatz der BIM-Methode bearbeitet werden sollen /21 S.9/. Viele AIA enthalten zusätzlich Begriffs- und Konzeptdefinitionen, Informationen zu rechtlichen Sachverhalten und eine erste grobe Übersicht über die Rollen der Projektbeteiligten in Bezug auf die BIM-Methode, um die gemeinsame Wissensbasis zu Beginn des Projektes weiter auszudehnen /21 S.8ff./.

Anhand der AIA wird anschließend der BIM-Ablaufplan (BAP) entwickelt. Der BAP ist ein rechtlich bindendes Vertragsdokument, welches die Aktivitäten der Projektbeteiligten in Bezug auf die BIM-Methode und die Umsetzung der AIA steuert. Er definiert, über die AIA hinaus, einzuhaltende Standards wie Modellierungsrichtlinien, die Rollen der Projektbeteiligten mit den zugehörigen Pflichten und erste Termine. Der BIM-Ablaufplan wird über den Verlauf des Projektes weiter konkretisiert /22 S.6/.

2.2 Das BIM-Modell

Als BIM-Modell wird im allgemeinen die Kombination einer dreidimensionalen Repräsentation eines Gebäudes und einer, aus den alphanumerischen Informationen der in dieser enthaltenen Objekte bestehenden, Datenbank bezeichnet.

2.2.1 Kollaboration im Gesamtmodell

Die Wahrung des gemeinsamen Wissensstandes über den Verlauf eines Bauprojektes wird über die Vereinigung und Koordination der BIM-Fachmodelle in einem zentralen, für alle zugänglichen Gesamtmodell realisiert.
Ein BIM-Gesamtmodell kann, insbesondere bei Projekten mit einem Generalplaner, die Form eines zentral abgelegten softwarespezifischen Modells annehmen, welches von den zuständigen Akteuren direkt bearbeitet wird. Diese Form des Gesamtmodells erfordert jedoch ein hohes Maß an Standardisierung, rechtlicher Absicherung und Vertrauen zwischen den Akteuren. Alternativ kann die Erzeugung der Fachmodelle dezentral erfolgen. Das Gesamtmodell besteht dann aus den Abbildern der verschiedenen Modelle in einer Koordinations- bzw. Kollaborationsumgebung. Für die Übergabe des Fachmodells muss in diesem Fall eine geeignete Schnittstelle zur Koordinationssoftware oder ein geeignetes Dateiformat für die Einlagerung in diese im BAP definiert sein /22 S.15/.

Moderne Kollaborationsplattformen verfügen, neben den Möglichkeiten zur visuellen und regelbasierten Modellkoordination, über Werkzeuge zur attributbasierten Modellauswertung, Kommunikationswerkzeuge wie Issue Tracker (engl.: Problemverfolger) mit Chatfunktion und eine zentrale Datenablage (CDE). Die Kollaborationsplattform kann damit die Gesamtheit des gemeinsamen Wissens beherbergen und dieses durch regelmäßige Aktualisierung der Modelle kontinuierlich dem Planungsstand angleichen /25/.

2.2.2 Grundsätze objektbasierter, parametrischer Modellierung

Objektbasierte Modellierung unterscheidet sich von klassischer computergestützter Modellierung in der Art und Weise, wie ein Volumenkörper erstellt wird. In der Anwendung klassischer CAD-Software entstehen die drei Raumdimensionen eines Körpers nacheinander in Form von Punkten, die Linien definieren, die Flächen bilden, aus denen ein Volumen abgeleitet wird.

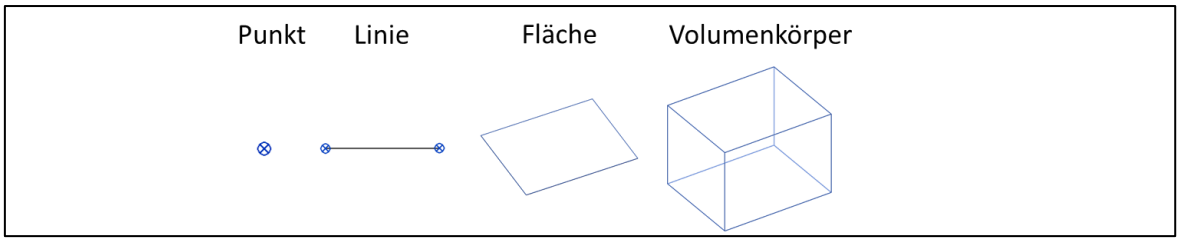


Abbildung 2-1: Erstellung eines Volumenkörpers in klassischen 3D-CAD-Anwendungen

Die objektbasierte Modellierung versucht, möglichst viele dieser Schritte durch die Verwendung vorgefertigter, standardisierter, parametrischer Objektgeometrien und parametrischer Zeichenwerkzeuge zu überspringen. So kann beispielsweise ein Luftkanalstück durch die Verwendung des entsprechenden Werkzeugs anhand einer einzelnen Linie im Raum und der Angabe der Kanalhöhe sowie Kanalbreite in Parameterform eindeutig bestimmt und dargestellt werden. Bei ausreichender Standardisierung der Parameter können auch Objekte wie Gliederheizkörper, trotz ihrer komplexen Geometrie, durch die Eingabe der notwendigen Parameter und die Platzierung im Raum einem Modell hinzugefügt werden.

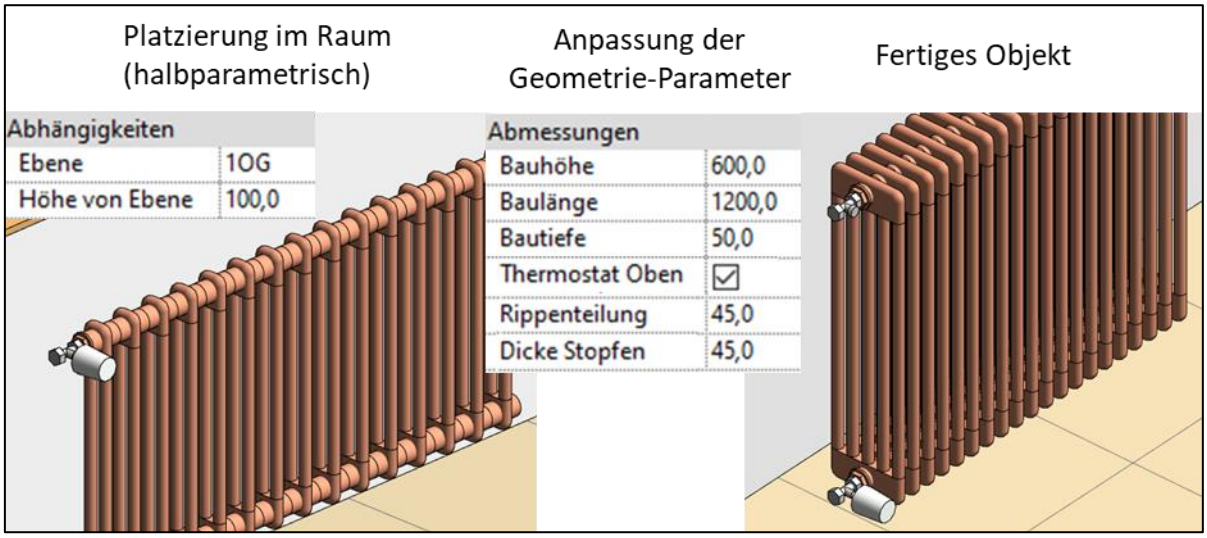


Abbildung 2-2: Erstellung eines Volumenkörpers (Objekt) in objektbasierten 3D-CAD-Anwendungen

Neben Geometrie beschreibenden Parametern enthalten Objekte, gemäß der BIM-Idee, Attribute zur Beschreibung der Beschaffenheit des Objekts oder zur Beschreibung abstrakter Konzepte des realen Gegenstücks. So kann ein Objekt des Typs „Heizkörper“ beispielsweise Auslegungsdaten wie die Vor-bzw. Rücklauftemperatur, die thermische Leistung, der Fluidmassenstrom oder Daten zur Planung nachgelagerter Prozesse, wie einzuhaltende Wartungsintervalle, enthalten.

Die Vielzahl an Attributen, Objekten und Beziehungen zwischen diesen bilden im Modell eine Datenbank. Ausschlaggebend für die Qualität dieser Datenbank ist die einheitliche Definition der in ihr enthaltenen Daten. Zu diesem Zweck ist es notwendig, vor Beginn eines Projektes die relevanten Objekttypen und Attribute in einer Modellierungsrichtlinie festzulegen. Unter Verwendung einer Modellierungsrichtlinie kann die Datenbank des Gesamtmodells das wichtigste Werkzeug für jeden Beteiligten eines BIM-Projektes sein.

2.3 Modellierungsrichtlinien in der Gebäudeplanung

Der Begriff „Modellierungsrichtlinie“ bezeichnet sämtliche Anforderungen an geometrische, farbliche sowie alphanumerische Modelleigenschaften. In einer Modellierungsrichtlinie kann der Bauherr zur Konkretisierung der HOAI individuelle Anforderungen an die zu liefernden Planungsunterlagen stellen. Darüber hinaus finden Modellierungsrichtlinien Anwendung in der Standardisierung von Projektunterlagen zur Optimierung der Kooperation innerhalb eines Planungsbüros.

Modellierungsrichtlinien sind ein nützliches Werkzeug zur Vereinfachung der Kommunikation zwischen den verschiedenen Parteien einer technischen Planungsaufgabe durch die Standardisierung von visuellen Planungsunterlagen. Dabei bezog sich der Begriff zunächst vorrangig auf Anforderungen an zu verwendende gestalterische Werkzeuge wie Linien, Symbole und Schraffuren sowie grundlegende beschreibende Elemente wie Bezeichnungen, Bemaßungen und Beschriftungen. Derartige Modellierungsrichtlinien bauen häufig auf der DIN EN ISO 128 auf und ergänzen diese /27/.

Mit der zunehmenden Digitalisierung der Gebäudeplanung wurden auch die Inhalte der Modellierungsrichtlinien zunehmend auf Vorgaben zur Verwendung der digitalen Modellierungswerkzeuge wie Layer oder Ebenen angepasst und erweitert. Im Zusammenhang mit dieser Anpassung begannen einige Bauherren mit der Bereitstellung von softwarespezifischen Vorlaufdateien. Diese enthalten bereits viele der festgelegten Anforderungen und erleichtern somit die Umsetzung durch Planungsingenieure bzw. technische Systemplaner.

Die konsequente Implementierung der BIM-Methode mittels geeigneter, objektbasierter CAD-Software erfordert die Ergänzung der bereits vorhandenen Modellierungsrichtlinien um Anforderungen an den Informationsgehalt und die geometrische Abbildungsgenauigkeit der modellierten Objekte. Diese Anforderungen werden heutzutage häufig als Teil der AIA bzw. des BAP in Form von bauteilspezifischen Tabellen bereitgestellt (siehe Anhang A12).

3 Entwicklung der Modellierungsrichtlinie

Die Entwicklung der digitalen Modellierungsrichtlinie unter Verwendung der browserbasierten Datenbankmanagementsoftware BIMQ bildet die Grundlage aller nachgelagerter Prozesse. Im Folgenden finden zunächst die Definition von Zielen bei der Entwicklung und die Abgrenzung dieser von der allgemeinen Bedeutung des Begriffs „Modellierungsrichtlinie“ statt. Anschließend werden die bei der Entwicklung der Modellierungsrichtlinie entscheidenden Klassifizierungs- und Attribuierungssysteme erläutert. In den darauffolgenden Kapiteln wird die Entwicklung und Erstellung der Modellierungsrichtlinie anhand der gewonnenen Informationen dargestellt.

3.1 Ziele der Modellierungsrichtlinie

Ziel dieser Modellierungsrichtlinie ist die Abbildung der erforderlichen Informationsanforderungen an ein TGA-Modell innerhalb der BIM-Methode zur effizienten Nutzung der erhobenen Daten durch alle Planungsteilnehmer, sowie in der computergestützten Gebäudeverwaltung. Besonderer Fokus liegt dabei auf der Erzeugung von Vorlaufdateien über BIMQ, die die Implementierung der vorgegebenen Attribute in die Autorensoftware mit möglichst geringer Umstellung der Arbeitsabläufe innerhalb eines Planungsbüros ermöglichen.

Die in dieser Arbeit entwickelte Modellierungsrichtlinie bezieht sich ausschließlich auf Anforderungen an den Informationsgehalt der in der Modellstruktur enthaltenen Elemente zum Zeitpunkt der Übergabe des Gebäudes an den Auftraggeber sowie an die formatspezifisch zu nutzenden Werkzeuge bzw. Klassen. Entgegen der ursprünglichen Aufgabenstellung enthält Sie keine Differenzierung der Informationsanforderungen anhand von Anwendungsfällen oder Leistungsphasen. Der Verzicht auf diese Differenzierungen findet zu Gunsten der Optimierung der Inhalte, Datenstrukturen und Arbeitsabläufe für die Integration der Modelldaten in einer CAFM-Umgebung statt. Die automatisierte Übergabe der Modellinformationen an die Gebäudeverwaltung soll als zentrales Ziel die Anforderungen vorgelagerte Prozesse in zukünftigen Entwicklungen definieren.

Es werden ausschließlich Objekte der Kostengruppe 400 (Bauwerk – technische Anlagen) betrachtet. Besondere Aufmerksamkeit gilt bei der Erstellung den Objekten der Kostengruppen 410 (Abwasser-, Wasser- und Gasanlagen), 420 (Wärmeversorgungsanlagen) und 430 (Lufttechnische Anlagen).

3.2 Untersuchung bestehender Objektkategorisierungen

Im Feld der Gebäudeplanung und des Maschinenbaus gibt es bereits zahlreiche Ansätze zur Kategorisierung bzw. Katalogisierung der jeweils relevanten Objekte. Abgesehen von dem gemeinsamen Ziel der Standardisierung unterliegt jedoch jede Kategorisierung anderen Prämissen und liefert dementsprechend andere Ergebnisse.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden die Kategorisierungen und Attribute folgender Medien untersucht:

- DIN EN 81346-2 /8/
- VDI 3805 /1/
- CAFM-Connect Katalog der Bauteile /2/
- DIN EN ISO 16739 (IFC4) /4,7/
- COBie /9/
- Omni Classes /10,11,12/
- Revit
- Leitfaden für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells /13/
- VIB – BIM Muster AIA /14/
- LOD Specification Part I /15/
- HZDR Modellierungsrichtlinie /16/
- ETIM /24/

Die für die Entwicklung und Strukturierung der Modellierungsrichtlinie relevanten Kategorisierungen werden in den anschließenden Kapiteln erläutert.

3.2.1 CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen

CAFM-Connect ist ein Datenformat zum Austausch von Gebäudedaten, das im Rahmen des CAFM Rings zur einheitlichen Beschreibung von Gebäudestrukturen und den in diesen enthaltenen Objekten entwickelt wurde. /2/

Das Datenformat enthält geometrische und alphanumerische Informationen zu Objekten, die hierarchisch in Räumen, Etagen, Gebäuden und Liegenschaften sowie in Systemen strukturiert werden (siehe Abbildung 3-1). Sowohl Objekten mit materieller Existenz als auch den hierarchischen Einheiten können Eigenschaften zugewiesen werden. /2/

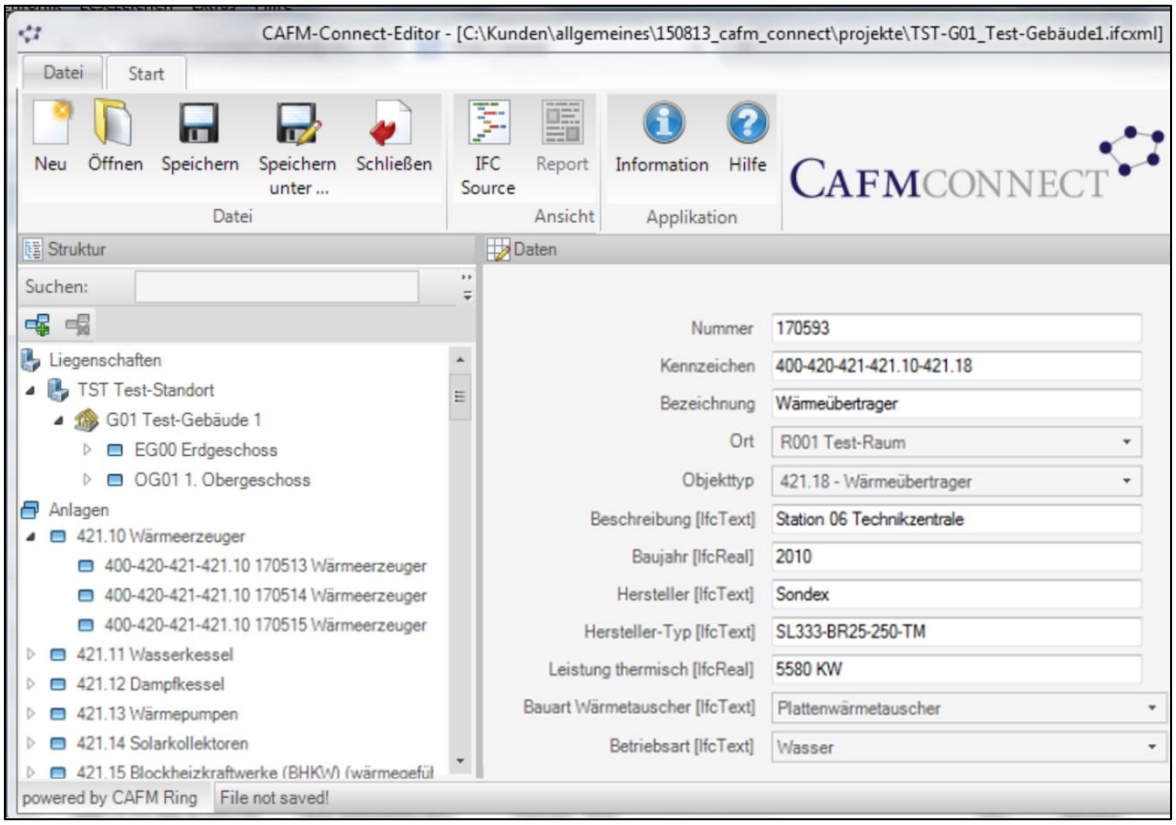


Abbildung 3-1: Objektstruktur und Attribute im CAFM-Connect Editor /5 S.21/

Die zugehörige Objektklassifizierung stellt eine Erweiterung der DIN 276 dar. Dementsprechend werden Objekttypen jeweils den Kostengruppen der übergeordneten Objekt- oder Systemtypen zugeordnet und erhalten eine zusätzliche Identifikationsnummer. Die Klassifikation nach CAFM-Connect wird aus diesem Grund auch als „DIN 276+x“ bezeichnet. /3/

400	BAUWERK - TECHNISCHE ANLAGEN	Structure – services
412	Wasseranlagen	Water supply systems
412.10	Trinkwasserversorgungsanlagen	Drinkable water facilities
412.11	Rohrleitungen	Piping

Abbildung 3-2: Kategorisierung nach CAFM-Connect Katalog der Bauteile /3/

Zusätzlich enthält der Katalog für jede Klasse einen Standard-Datensatz mit vorgeschlagenen Attributdefinitionen und Vorlaufdateien für IFC 2x3 bzw. IFC 4 Attributsätze sowie ihrer äquivalenten IFC- und Omni-Klasse.

3.2.2 VDI 3805

Die VDI 3805 wurde in den 1990er Jahren mit dem Ziel entwickelt, den Produktdatenaustausch im rechnergestützten Planungsprozess innerhalb der TGA zu regeln /1 BlattNr.1 S.4/. Die Regelung erfolgt hierbei über die Erstellung eines Datenformats, welches die technischen Daten, Geometriedaten, Mediendaten, Parameter zur Erzeugung von charakteristischen Kennlinien sowie Kennziffern zur Zuordnung in anderen Datenbanken (z.B. StLB-Bau) des jeweiligen Objekts definiert. Dabei wird jeweils eine Information über eine Satzart des Strukturbaums beschrieben.

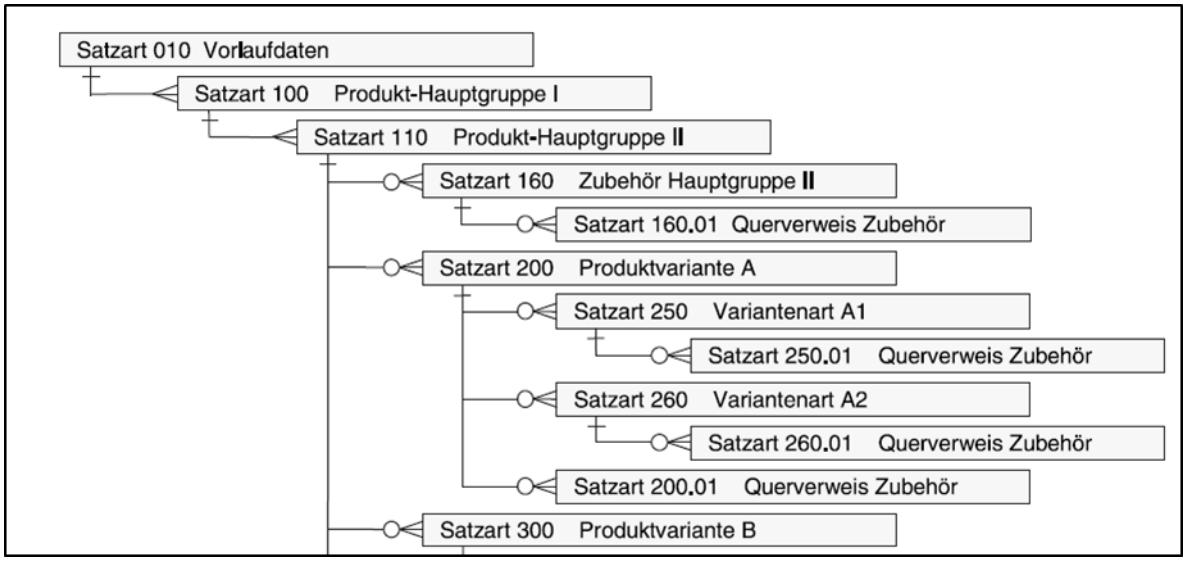


Abbildung 3-3: Ausschnitt des allgemeinen Strukturbaums des Datenformats nach VDI 3805 /1 BlattNr.1 S.10/

Gleichartige Objekte erhalten jeweils feste Definitionen für die in den Satzarten beschriebenen Informationen und werden in einem Blatt der VDI 3805 zusammengefasst (Blattübersicht: siehe Anhang A2). Umgekehrt werden Objekte zu einer Kategorie zusammengefasst, wenn Sie sich über die gleiche Datenstruktur ausreichend genau beschreiben lassen. Notwendig hierfür sind ähnliche Funktionen sowie eine ähnliche Geometrie.

Die Kategorisierung innerhalb der VDI 3805 wird über die Satzart 100 durch Angabe der Bauart oder dem Einsatzbereich der Produkte informativ weiter untersetzt. Für einige Satzarten gibt es kategorienspezifisch indizierte Vorgabewerte, die eine eindeutige Identifizierung des Satzwertes (entspricht: Attributwert) ermöglichen, ohne einen Volltext zu erfordern (siehe Abbildung 3-4). Die Definitionen für Satzart 100 sowie aus den Satzarten abgeleitete Attribute können Anhang A3 entnommen werden.

Index (Lfd. Nr. 2)	**Einsatzbereich**
1	Absperrarmaturen
2	Regulierarmaturen (Drosselarmaturen)
3	Entnahmearmaturen
4	Sicherungs- und Ringleitungsarmaturen
5	Sicherheitsarmaturen
6	Stellarmaturen
7	Mess- und Zähleinrichtungen
8	Druckminderer
9	Filterkombination, Filter und Schmutzfänger
10	Wasseraufbereitungsarmaturen
11–99	unbesetzt
100–999	sonstige produktspezifische Ausführungen

Abbildung 3-4: Beispielhafter Wertebereich für Satzart 100 (Einsatzbereich) in VDI 3805 Blatt 17 (Armaturen für die Trinkwasserinstallation) /1 BlattNr.17 S.8/

3.2.3 Revit

Revit ist eines der am häufigsten angewandten objektbasierten CAD-Programme zur Bearbeitung gebäudetechnischer Planungsaufgaben /23/. Objekte werden in Revit hierarchisch nach Typen, Familien und Kategorien unterschieden. Die in Revit enthaltenen Typen und Kategorien werden im Folgenden zur semantischen Unterscheidung durch „Revit-“ gekennzeichnet.

Objekte verschiedener Revit-Typen innerhalb einer Familie können sich durch ihre Attributwerte unterscheiden, haben jedoch allesamt dieselben Attribute. Die Attributwerte können Einfluss auf die Geometrie eines Objektes haben. Demensprechend können Objekte derselben Familie sich auch in ihrer Geometrie unterscheiden. Objekte verschiedener Familien einer Revit-Kategorie werden mit denselben Konstruktionswerkzeugen erstellt, können sich aber sowohl in ihren Attributen, als auch in der grundlegenden Geometrie unterscheiden. Die Revit-Familienerstellung ist im Kontext dieser Arbeit nicht als objektbasiert anzusehen.

Neben der Verfügbarkeit der verschiedenen Konstruktionswerkzeuge sind drei Arten von Revit-Kategorien zu unterscheiden:

- Kategorien mit frei definierbaren Familien und frei definierbaren Typen
  - z.B.: HLS-Bauteile, Rohrzubehör, Fenster
- Kategorien mit genau einer Familie und frei definierbaren Typen
  - z.B.: Rohr-Systeme, Rohre, Wände, Luftkanäle, Ebenen
- Kategorien mit genau einer Familie und genau einem Typen
  - z.B.: Räume, Ansichten, Bauteillisten, Projektinformationen

Da sich ausschließlich Revit-Kategorien und Familien in den ihnen zugeordneten Attributen unterscheiden, können Revit-Kategorien, die genau eine Familie enthalten, im Kontext dieser Arbeit nicht weiter differenziert werden. Eine vollständige Auflistung aller Revit-Kategorien mit Angaben zur Möglichkeit der Typen- bzw. Familienerstellung ist Anhang A4 zu entnehmen.

3.2.4 Industry Foundation Classes

Die Industry Foundation Classes (IFC) bilden die zugrundeliegende Objektkategorisierung des von buildingSMART entwickelten Datenschemas zum Austausch geometrischer und alphanumerischer Informationen zwischen verschiedenen proprietären Software-Anwendungen und Disziplinen in einem Bauprojekt über dessen gesamten Lebenszyklus /6/. Mit der Veröffentlichung des IFC-Standards IFC4 wurde das Dateiformat und die dazugehörige Klassifizierung in der DIN EN ISO 16739 /7/ als anerkannte Regel der Technik niedergeschrieben.

Die Klassifizierung der Objekte erfolgt streng hierarchisch. Attribute, Attributsätze sowie Beziehungen, Methoden und geometrische Beschreibungen werden innerhalb der Klassifizierungshierarchie vererbt und in zunehmender Spezifizierung den Objekten zugeordnet.

Abbildung 3-5 soll beispielhaft die zunehmende Differenzierung eines Objekttypen in der IFC4 Objektklassifizierungshierarchie darstellen. Dabei wird der vorgelagerte Differenzierungsprozess, von einer allgemeinen Identität zu einem Objekt, nicht näher betrachtet, da dieser für das Verständnis des Objektklassifizierungssystems der IFC-Klassen nicht relevant ist. Darüber hinaus ist in jeder Attribuierungsstufe eine zusätzliche Definition dargestellt, die dieser Objektklasse zugeordnet ist. Diese Definitionen können sich auf Attributsätze (genannt: PSet), Mengensätze (genannt: QSet) oder Beziehungen beziehen /4/.

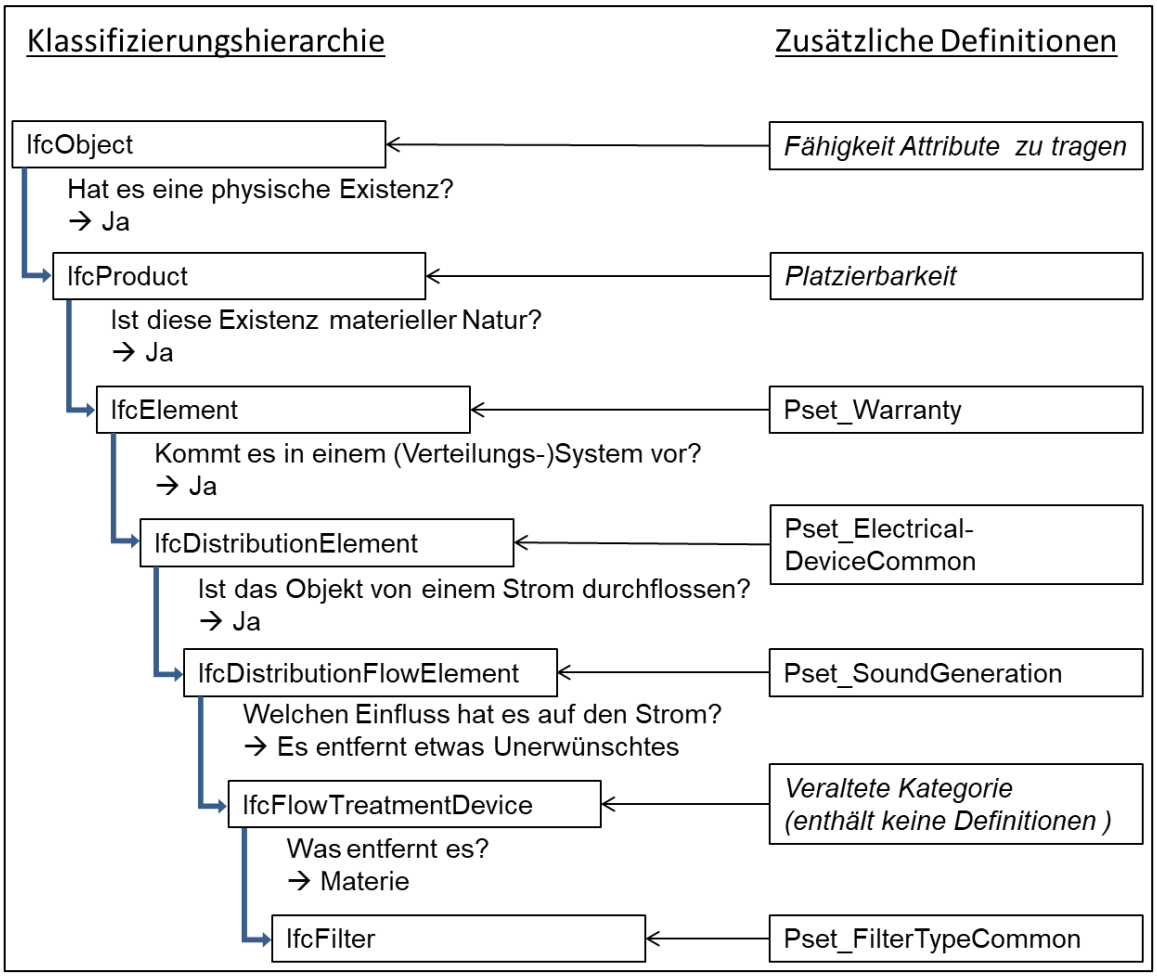


Abbildung 3-5: Beispielhafte Darstellung der Kategorisierung und Attribuierung eines Objekttypen in der IFC-Klassifizierung /4/

Der Differenzierungs- bzw. Klassifizierungsprozess des Objekttypen IfcFilter beginnt bei dem allgemeinen Objekttyp IfcObject. Die jeweils dargestellten Fragen sind aus den Unterschieden der semantischen Definitionen der Objekttypen abgeleitet und stellen nicht notwendiger Weise den Entscheidungsprozess der Autoren dar. Die dargestellten zusätzlichen Definitionen sind beispielhafter Natur und keine erschöpfende Aufzählung.

Neben dem hierarchisch strukturierten Klassifizierungsprozess bietet das IFC-Format die Möglichkeit zur weiteren Definition eines Objektes anhand seiner Beziehungen mit anderen Objekten. Eine Auswahl dieser Beziehungen wird im Verlauf der Kapitel 3.2 und 3.3 weiterführend erläutert.

3.3 Auswahl und Organisierung der Objekte und Attribute

BIMQ ist dem Grunde nach eine Datenbankmanagementsoftware. Die Objekte und Attribute werden zunächst getrennt voneinander angelegt und anschließend zu einer Datenbank verknüpft. Um sowohl das Verknüpfen der Daten als auch die spätere Nutzung und Erweiterung der Modellierungsrichtlinie zu vereinfachen und zu optimieren, muss zunächst festgelegt werden, in welchem Umfang Objekte und Attribute betrachtet werden sollen und wie diese in der Datenbankmanagement-software abgelegt werden. Dieser Prozess ist iterativer Natur und wird daher im Folgenden nicht notwendiger Weise in chronologischer Abfolge dargestellt.

3.3.1 Modellierungstiefe im Kontext von BIM und der Modellierungsrichtlinie

Der Begriff Modellierungs- bzw. Differenzierungstiefe oder auch Granularität beschreibt den Grad an Vereinzelung der Objekte in einem objektbasiert erzeugten Modell. Die Modellierungstiefe ist vom Level Of Geometrie (LOG) zu unterscheiden, da Sie keine Aussage über die Detailgetreue der Objektgeometrie trifft. Eine hohe Modellierungstiefe lässt sich auch mit stark abstrahierten (z.B. quaderförmigen) Objekten erreichen.

Bei minimaler Modellierungstiefe besteht das gesamte Modell aus einem einzigen, untrennbaren Objekt. Im Kontext der BIM Methode ist dies jedoch unpraktisch, da sich in diesem Fall Informationen ausschließlich an diesem einen Objekt verankern lassen. Die durch das Modell verkörperte Datenbank hat in diesem Fall nur die Aussagekraft einer Tabelle. Ein Maximum für die Modellierungstiefe lässt sich hingegen schlecht definieren. Es wäre beispielsweise im Rahmen der technischen Möglichkeiten, jedes einzelne reale Objekt auch als digitales Objekt wiederzugeben.

Die Aufgabe der Autoren dieser digitalen Objekte besteht darin, eine sowohl datentechnisch sinnvolle als auch marktwirtschaftlich vertretbare Modellierungstiefe zu definieren. Häufig sind die Objektautoren Mitarbeiter derselben Firmen, die auch die realen Gegenstücke produzieren oder vertreiben. Die zur Verfügung gestellten Objekte sind daher zumeist eine Einheit aller realen Objekte, die zu einem käuflich erwerbbaren Produkt dazugehören.

Klassische Beispiele für herstellerseitig erstellte Objekte sind Pumpen /E/, (dezentrale) Wärmeerzeuger oder auch Rückkühler. Diese Modellierungstiefe ist optimiert für den Neukauf ebendieser Produkte und die dafür notwendige Planung.

Bei der Zusammenarbeit mit Bauherren wurde gegenüber dieser Modellierungstiefe die Kritik geäußert, dass im Falle des Defekts eines Einzelteils des Objektes der vorgenommene Austausch nicht sauber dokumentiert werden kann. Aus Sicht des Bauherrn bzw. der Gebäudeverwaltung wäre es demnach sinnvoll, Objekte in ihre Wartungs- oder Austauscheinheiten zu differenzieren /A,B,F/. Auf Wunsch des Bauherrn kann in den meisten Fällen die Modellierungstiefe durch die Modellautoren in der Autorensoftware angepasst werden. Diese Anpassungen sind jedoch grundsätzlich mit einem entsprechend erhöhtem Arbeits- und Kostenaufwand verbunden.

Die Verwendung der Modellierungsrichtlinie soll gemäß Kapitel 3.1 eine möglichst geringe Umstellung der Arbeitsabläufe der Planungsbeteiligten erfordern. Eine zentrale Anforderung an die Objektkategorisierung und Attributkatalogisierung besteht daher darin, die notwendige Flexibilität aufzuweisen, um möglichst viele im Markt vertretene Granularitäten abzubilden.

3.3.2 Grundlegende Objektklassifizierungsprinzipien

Aus der Untersuchung der verschiedenen Objektkategorisierungen geht hervor, dass ein bei der Entwicklung einer Objektkategorisierung sinnvolles Grundprinzip darin besteht, Objekt- bzw. Systemkategorien nach den Attributen zu unterscheiden, die den in ihnen enthaltenen Objekten zugeordnet sind. Dementsprechend wird jeweils eine Kategorie für alle Objekte mit gleichen Attributen erstellt.

Von der Aufnahme eines Objekttypen in die Modellierungsrichtlinie wird abgesehen, wenn die enthaltenen Objekte erfahrungsgemäß /D,E/ ausschließlich als Teil anderer Objekte zur Verwendung in objektbasierter Autorensoftware zur Verfügung gestellt werden. Dies betrifft beispielsweise Spülungen bzw. Spülkästen, welche als Teil des Installationselementes modelliert werden.

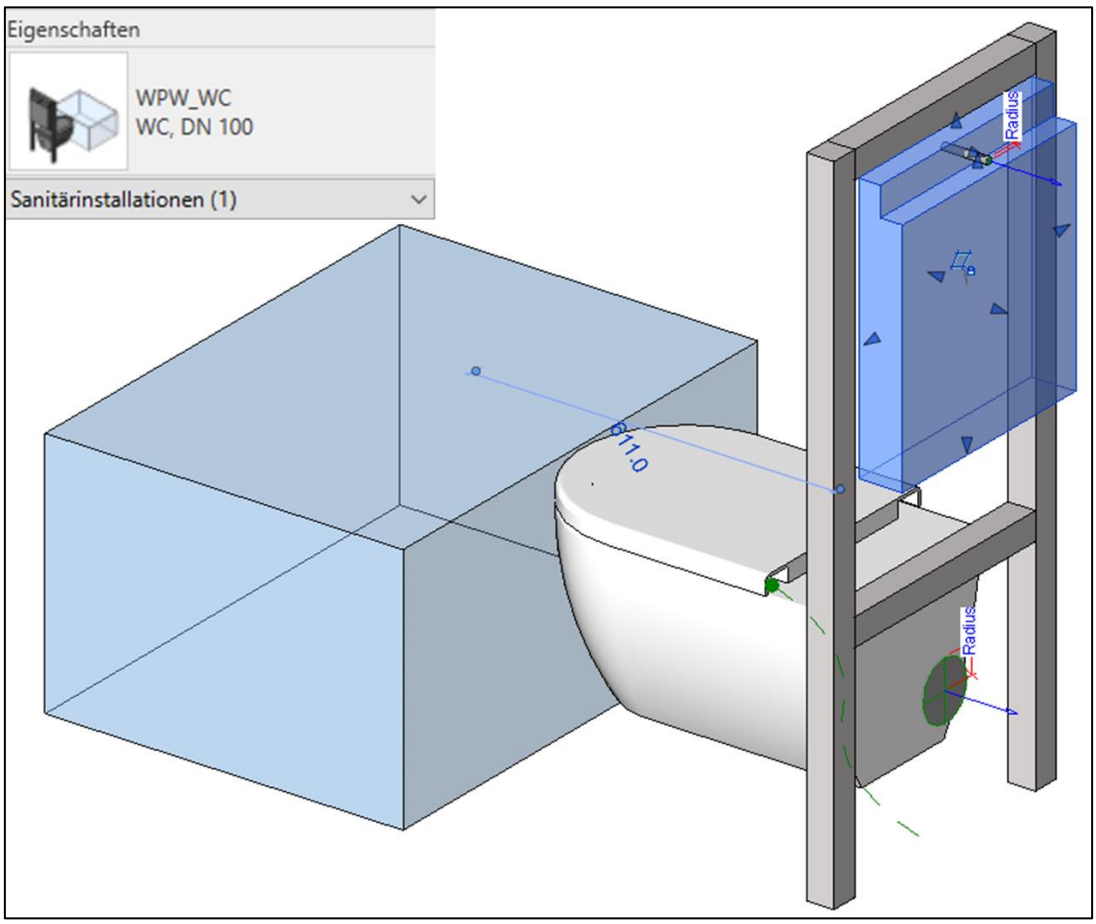


Abbildung 3-6: Ein Spülkasten als Teil des Objektes „WC" in der Revit-Familienerstellung

3.3.3 Auswahl und Katalogisierung der zu betrachtenden Objekttypen

Die Katalogisierung der Objekttypen gibt die äußere Klassifizierung und damit den für den Anwender sichtbaren Teil der Modellierungsrichtlinie wieder. Da das Vorhandensein der Attribute und die Kategorisierung der Objekte sich gegenseitig bedingen, bedarf es zu Beginn der Entwicklung der Modellierungsrichtlinie einer Basis an Kategorien bzw. Klassen.

Während die Industry Foundation Classes eine gut strukturierte und sehr umfangreiche Basis darstellen würden, sind die teilweise sehr abstrakten Objektklassen in den Evaluationsgesprächen mit zukünftigen Anwendern der Modellierungsrichtlinie nahezu in jedem Fall als „unpraktikabel“ oder „nicht anwenderfreundlich“ bewertet worden /A,B/. Die Wahl für den Basissatz an Kategorien fällt daher auf den CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen. Die in diesem enthaltenen Objekttypen sind durch ihre explizite Natur, ohne zusätzliche Kenntnisse der Datenbankstrukturen, durch den Anwender zuordenbar und die Unterteilung der Objekttypen in an die DIN 276 angelehnte Sätze ist für nahezu jeden Planungsbeteiligten nachvollziehbar.

Zunächst werden einige der im CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen erfassten Objektkategorien übernommen. Dabei werden mehrfach aufgeführte oder in Systemen verschiedener Kostengruppen verwendete Objektkategorien dem Satz „Gemeinsame Bauteile“ zugeordnet. Die übernommenen Anlagen_S werden in dem Satz „Anlagenkatalog“ zusammengefasst. Zusätzlich zu den explizit unter der Kostengruppe 400 aufgeführten Objekttypen werden die sowohl in den Datenstrukturen des CAFM-Connect-Dateiformats, des .IFC-Dateiformats sowie in den meisten Autorenprogrammen enthaltenen Strukturobjekte wie die Liegenschaft, Gebäude, Geschosse, Zonen und Räume der Modellierungsrichtlinie in einem eigenen Satz hinzugefügt.

Zur Darstellung der unter Kapitel 3.3.1 beschriebenen Anpassung der Modellierungstiefe wird die Kategorisierung der Bestandteile eines zentralen RLT-Geräts sowohl in der Form angelegt, in der Sie im CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen vorgesehen ist, als auch in Abstraktion zu einem einzelnen Objekt, da dies der Form entspricht, in der typischerweise Modelle von Lüftungsgeräten geliefert werden /D/.

Die Gesamtheit aller in der Modellierungsrichtlinie enthaltenen Objekttypen ist Anhang B1 zu entnehmen.

Eine Aufzählung der nicht oder nicht in dieser Form betrachteten Klassen des CAFM-Connect Katalogs kann in Anhang A5 gefunden werden.

3.3.4 Auswahl und Katalogisierung der Attribute

Bei der Erstellung des ersten Entwurfs der Modellierungsrichtlinie werden zunächst nahezu alle Attribute, die in den unter Kapitel 3.2 benannten Quellen enthalten sind, übernommen und teilweise redundant den in Kapitel 3.3.3 definierten Kategorien zugewiesen. Ausnahmen bilden hierbei Attribute, die die Farbe, das Material oder die Abmessungen der Einzelteile der Objekte beschreiben, da diese herstellerspezifischen Daten nur in geringem Maße standardisiert und dabei immer noch für den Nutzer verständlich sind.

Die in Kapitel 3.3.1 formulierten Anforderungen an die Flexibilität der Modellierungsrichtlinie legen nahe, dass eine möglichst feine Gliederung der Attribute in Attributsätze erstrebenswert ist. An dieser Stelle ist es wichtig zu verstehen, dass es in BIMQ zwar möglich ist, einzelne Attribute eines Satzes einem Objekt zuzuweisen, dies jedoch die Nutzung einer wichtigen Funktion zur Aktualisierung der Modellierungsrichtlinie beeinträchtigt. Des Weiteren muss bei der Untergliederung der Attribute, analog zur Modellierungstiefe, ein Kompromiss zwischen einer technisch sinnvollen und einer marktwirtschaftlich vertretbaren Lösung gefunden werden.

Einer der erfolgversprechendsten Ansätze zur Findung dieses Kompromisses stellt aktuell die Attribuierung innerhalb der IFC-Klassen dar. Die in Kapitel 3.2.4 beschriebene hierarchische Differenzierung der Objektklassen vom abstrakten Konzept des Objekts, hin zu verständlichen, klar definierten Konzepten wie „Schmutzfilter“ ermöglicht es, allgemeine und spezifische Attributsätze auf logische Weise mit den Objekten zu verknüpfen.

Die Katalogisierung der Attribute in der Modellierungsrichtlinie erfolgt aus diesem Grund nach einem ähnlichen System. Neben den Objektkategorie-spezifischen Attributsätzen werden aus den eingangs erwähnten Redundanzen Attributsätze abgeleitet, denen keine Objektkategorie gegenübergestellt wird.

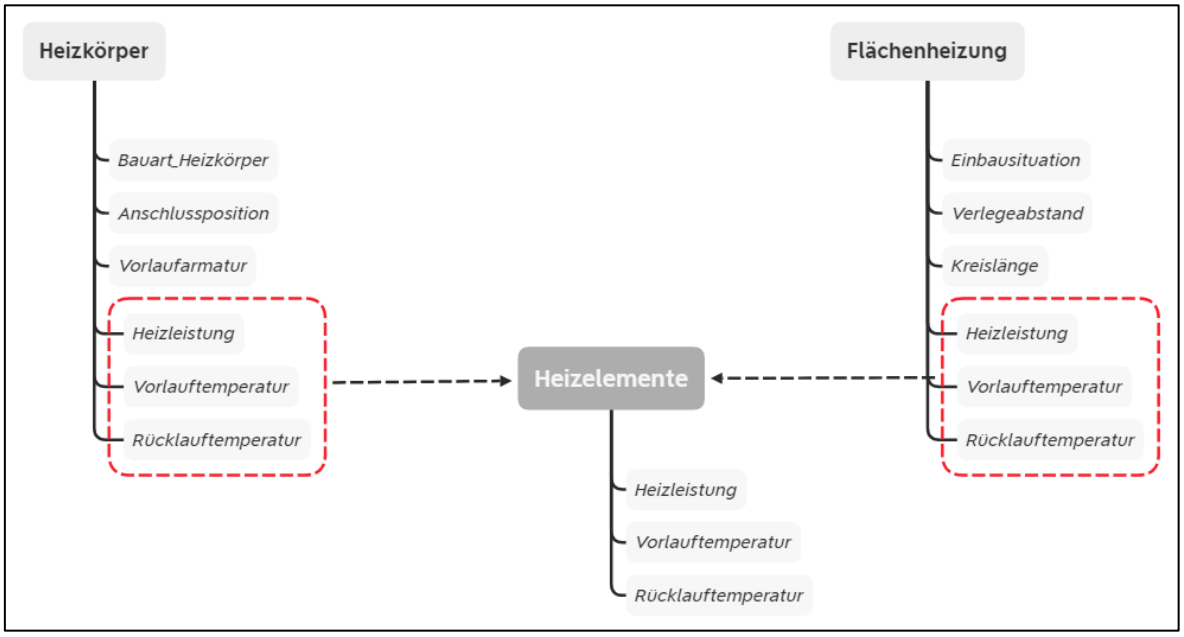


Abbildung 3-7: Prinzipskizze: Entscheidungsprozess bei der Attributsatzentwicklung

Abbildung 3-7 zeigt die Objektkategorien „Heizkörper“ und „Flächenheizung“ mit den ihnen jeweils zugehörigen Attributsätzen. Aufgrund der ähnlichen Aufgabe und Funktionsweise der enthaltenen Objekte, kommen einige Attribute mehrfach vor. Aus diesen mehrfach vorkommenden Attributen wird der Attributsatz „Heizelement“ erzeugt. Gleichermaßen können Attributsätze aus anderen Attributsätzen erzeugt werden. Das Ziel liegt dabei in der Eliminierung aller Redundanzen in der Attributsatzbasis der Datenbank.

Die Erzeugung von Attributsätzen ohne zugehörige Objektklasse bietet gegenüber der Attributsatz- und Objektklassenstruktur der Industry Foundation Classes den Vorteil einer eindimensionalen Auswahl durch den Anwender (siehe Anhang A6 – Anwendungsbeispiel). Bei der Auswahl der entsprechenden IFC-Klasse für ein gegebenes Objekt in der Autorensoftware besteht häufig das Problem darin, nachzuvollziehen, wie präzise das Objekt bestimmt werden muss oder kann. Die Klassifizierung einer Brandschutzklappe kann beispielsweise über die Klasse IfcDistributionFlowElement, IfcFlowController oder auch (fälschlicherweise) über die Kategorie IfcProtectiveDevice erfolgen. Die Notwendigkeit, umfangreiche Kenntnis darüber zu haben, welche Klasse das Objekt am präzisesten und dabei immer noch korrekt beschreibt, stellt für viele Projektbeteiligte eine nicht überwindenswerte Hürde dar. Infolge dessen sind viele IFC-Modelle unzureichend klassifiziert.

Ein vollständiger Verzicht auf die Nutzung von Objektklassen würde jedoch die Abdeckungsbreite der Modellierungsrichtlinie stark einschränken. Aus diesem Grund werden Klassen nur dann erstellt, wenn im Laufe der Entwicklung eine große Anzahl der einer Objektkategorie zugeordneten Attribute auf viele der enthaltenen Objekte nicht zutrifft. In diesem Fall werden die allgemeingültigen Attribute der ursprünglichen Objektkategorie zugeordnet und speziellere Attribute den jeweiligen präzisierten Objektkategorien. Die ursprüngliche Objektkategorie wird dadurch zur Klasse (siehe Abbildung 3-8).

Von der Erstellung einer Klasse wird abgesehen, wenn diese einen Teil einer anderen Klasse darstellen würde.

Dieses Vorgehen soll eine präzise Attribuierung der Objekte ermöglichen, ohne dabei die Abdeckungsbreite oder Anwenderfreundlichkeit der Modellierungsrichtlinie zu stark zu beeinträchtigen.

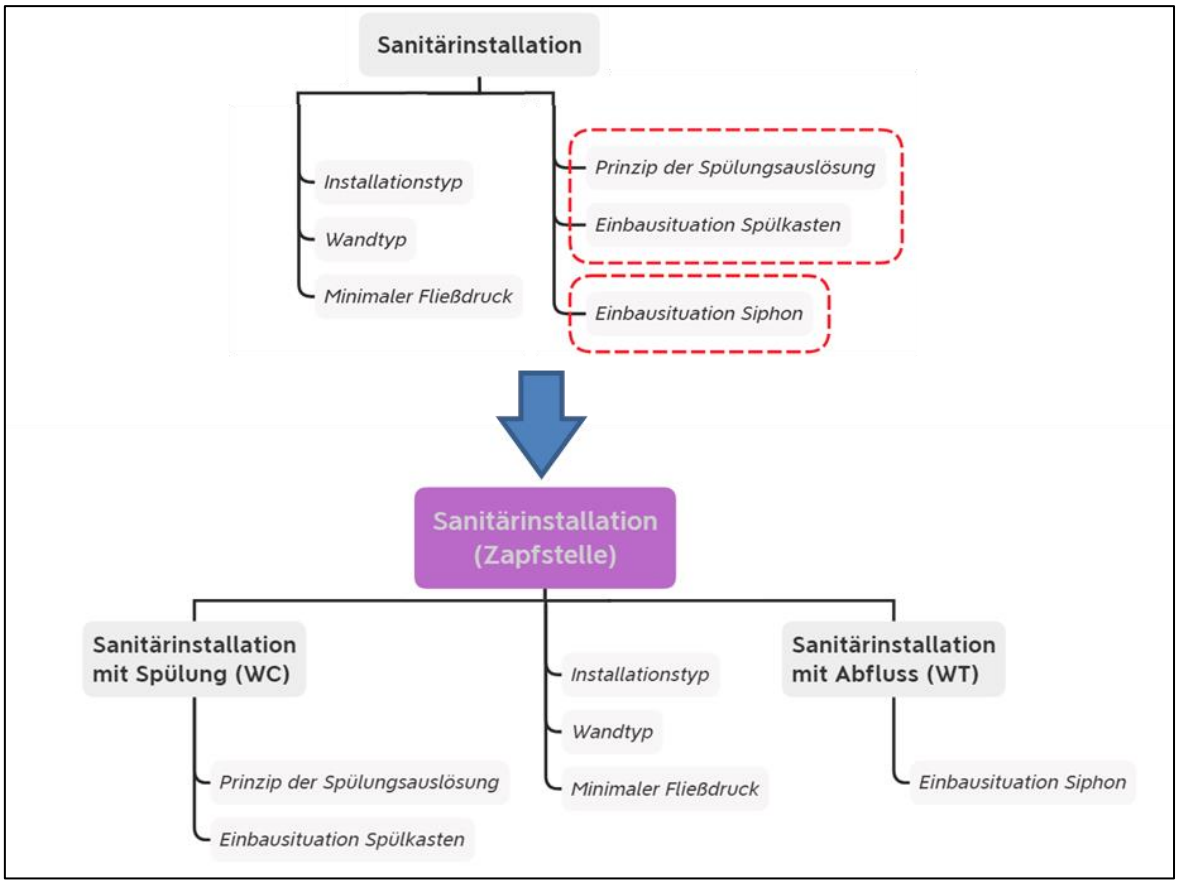


Abbildung 3-8: Prinzipskizze: Entscheidungsprozess bei der Objektklassenentwicklung

Abbildung 3-8 stellt die Differenzierung der Kategorie „Sanitärinstallation“ in die Kategorien „Sanitärinstallation mit Spülung“ und „Sanitärinstallation mit Abfluss“ sowie die daraus resultierende Neudefinition der Kategorie „Sanitärinstallation“ als „Zapfstelle“ in Form einer Klasse. Dabei enthält die Kategorie „Sanitärinstallation“ zunächst Attribute zum trinkwasserseitigen Anschluss, zur Beschreibung der Auf- und Einbausituation der Installation an sich, aber auch Informationen über eine eventuell vorhandene Spülung oder einen eventuell vorhandenen Abfluss. Da diese Objekte in einer relevanten Anzahl an verschiedenen Sanitärinstallationen nicht oder nicht beide vorhanden sind, wird eine weitere Differenzierung durchgeführt. Die Kategorie „Zapfstelle“ enthält fortan ausschließlich Informationen über den trinkwasserseitigen Anschluss sowie allgemeine Informationen zur Beschreibung der Auf- und Einbausituation. Abflussseitige Information oder Informationen über die verbaute Spülung werden erst durch die Wahl der Klasse „Sanitärinstallation mit Abfluss“ bzw. „Sanitärinstallation mit Spülung“ assoziiert.

3.4 Vernetzung der Datenbank

Die Vernetzung der Objektklassen, Objektkategorien und Attributsätze zu einer Datenbank in BIMQ kann direkt im Online-Interface oder per Excel-Auslagerung geschehen. Dabei ist eine über die Auslagerung und Aktualisierung der Attributsätze hinaus stabile Verbindung nur auf der Basis „Attributsatz zu Objektkategorie“ gegeben. Hierarchische Satz- oder Klassenstrukturen lassen sich nicht hinterlegen. Unabhängig von dieser technischen Grenze sollen jedoch die in diesem sowie den vorhergegangenen Kapiteln beschriebenen Strukturen in BIMQ abgebildet werden. Zu diesem Zweck werden die Strukturen in Form von Mindmaps extern notiert und anschließend in BIMQ analog nachgebildet. Während das Verständnis über diese internen Strukturen für die Weiterentwicklung der Modellierungsrichtlinie essenziell ist, bleiben Sie für den Anwender weitestgehend verborgen.

Die Zuordnung der Attribute wird durch vier verschiedene Gegebenheiten begründet. Dabei sind die primäre Klassifizierung, die freie Attributassoziation und die Attributassoziation durch Subobjekte funktional identisch. Die Differenzierung zwischen ihnen dient vorrangig der Erhöhung der Chance auf das Erlangen des Verständnisses Dritter über den inneren Aufbau der Modellierungsrichtlinie. Funktional ist einzig die Assoziation von Attributen zur Zuordnung von Objekten zu Strukturobjekten zu unterscheiden, welche keinen standardisierten Vererbungs-regeln unterliegt.

3.4.1 Die primäre Klassifizierungshierarchie

Jede Objektkategorie bzw. jede Objektklasse soll eindeutig über eine streng hierarchische Klassifizierung definiert werden. Dabei werden beim Durchlaufen der Hierarchie sämtliche Attributsätze an die darunterliegende Ebene vererbt. Dieses System folgt der in Kapitel 3.3.4 beschriebenen Katalogisierung der Attribute.

Die vollständige, im Folgenden beschriebene Klassifizierungshierarchie ist Anhang B2 zu entnehmen.

Der in Anhang B2 beschriebene Klassifizierungs- bzw. Attribuierungsprozess beginnt mit dem allgemeinen Attributsatz „Objekte“. Dieser enthält Informationen zur grundsätzlichen Identifizierung eines Objektes wie:

- Name
- Beschreibung
- Gewerk
- Kostengruppe nach DIN 276 (+)
- Dokumentenverweise (z.B. Datenblätter, Einbauanleitung)
- Inbetriebnahmedatum

Objekte werden in Anlehnung an die Unterteilung von Objekten in den IFC-Klassen, zwischen Systemen und Objekten mit physischer Existenz (genannt: Produkt) unterschieden. Eine physische Existenz wird hier durch das Vorhandensein einer eindeutig bestimmbaren Geometrie definiert.

Systeme werden anschließend in Fluidtransportsysteme und darüber hinaus in thermische Systeme untergliedert. Auf diese Weise erhalten die verschiedenen Systemtypen Informationen zu ihrer Abbildung in der Gebäudeleittechnik und sofern zutreffend zu dem enthaltenen Fluid und ihrer thermischen Leistung im Auslegungsfall.

Im nächsten Schritt werden Objekte mit materieller Existenz (genannt: Elemente) differenziert. Dieser Schritt ist ebenfalls an die Klassifizierung des IFC-Standards angelehnt. Die materielle Existenz der Objekte begründet sich in der eindeutigen Definierbarkeit einer Masse sowie eines Errichters oder Herstellers. Zusätzlich erhalten Elemente Informationen über Wartung und Gewährleistung, wahrnehmbare Eigenschaften wie Material und Farbe sowie einen Hinweis auf die Seriennummer des Elements.

Der Darstellung in Anhang B2 kann entnommen werden, dass es in der weiterführenden Differenzierung von Elementen und Systemkomponenten zu keiner weiteren Differenzierung kommt. Prinzipiell ist jedes Element der technischen Gebäudeausrüstung Teil eines Systems. Die Differenzierung an dieser Stelle soll die zukünftige Erweiterung der Modellierungsrichtlinie auf andere Gewerke wie der Architektur und dem Ingenieurbau (KG 300) erleichtern. In diesen Gewerken gibt es eine Vielzahl an Elementtypen, wie Wände oder Stützen, welche nicht Teil eines Systems sind. Die Klassifizierung als Systemkomponente ordnet den Elementen eine Kennzeichnung für das CAFM in Form einer Anlagenkennzeichnung zu.

An dieser Stelle endet die Klassifizierung in Anlehnung an die IFC. Systemkomponenten werden nach ihrer Trassenart unterschieden und erhalten die in Tabelle 3-1 aufgezählten Attribute. Dabei gilt die Verallgemeinerung, dass die Komponenten eines Stromnetzes über ein Kabel angeschlossen werden. Die Trassierung des Kabels, durch Leerrohre oder Kabeltrassen, bleibt hierbei unbeachtet. Vereinfacht wird außerdem angenommen, dass RLT-Geräteteile nicht an einen Luftkanal gebunden sind. Sie bilden in der Folge eine eigene Trassenart bzw. einen eigenen Satz.

Tabelle 3-1: Spezifische Attributsätze der Trassenarten (Unterteilung des Satzes „Systemkomponenten“)

Systemkomponenten			
RLT-Gerätebauteile	**Luftkanalgebundene Objekte**	**Rohrgebundene Objekte**	**Objekte mit (Strom-) Netzanschluss**
Eintrittstemperatur [°C]	Kanalbreite [mm]	Druckstufe (PN)	Netzspannung [V]
Austrittstemperatur [°C]	Kanalhöhe [mm]	Verbindungsart	Netzanschlussstromstärke [A]
rel. Feuchte am Eintritt	Maximaler Luftvolumenstrom [m3/h]	Korrosionsschutz	Absicherung [A]
rel. Feuchte am Austritt	Kanalform	Maximaler Volumenstrom [m3/h]	Maximale Stromaufnahme [A]
Einbausituation der Komponente		Rohranschlussdimensionen (DN)	Netzart (AC/DC)
		Dichtungsmaterial	Netzanschlussart (Stecker/fest)
			Nennanschlussleistung elektrisch [W]
			Sicherheitsstromversorgung erforderlich

Nach der Unterteilung anhand der Trassierung werden die Objekte weitestgehend nach ihrer Funktion und ihrem Aufbau in Kategorien zusammengefasst. Erwähnenswerte Ausnahmen finden sich in den rohrgebundenen Objekten. Diese beinhalten mehrheitlich Kategorien der Kostengruppen 410 und 420, welche durch die Verwendung der Modellierungsrichtlinie in realen Projekten bereits zusätzliche Iterationsschleifen durchlaufen haben.

Zunächst sind alle Objekte, die einseitig an einem Heiz- oder Kältekreis angeschlossen sind, in dem Satz „Einseitig geschlossene Wärmeübertragung“ verortet. Dieser enthält die auslegungsbezogenen Attribute „Vorlauftemperatur“ und „Rücklauftemperatur“. Darüber hinaus werden die Objekte in Wärmeerzeuger und Wärmedissipierer (Wärme im Raum verteilende Objekte) unterteilt. Anschließend erfolgt die Kategorisierung gleichermaßen über Funktion und Aufbau der Objekte.

Pumpen, Kompressoren, Medienspeicher und Rohrnetzverteiler werden als Klassen definiert, da ihre Vielzahl an Anwendungsgebieten zu sehr umfangreichen kategoriespezifischen Attributsätzen führen, die auf eine große Anzahl der enthaltenen Objekte nicht zutreffen.

Die Definition von Armaturen und Sanitärinstallationen als Klassen ist durch die Vielzahl der durch Sie beschriebenen Objekte zu begründen. Diese weisen, trotz ähnlicher Anwendungsgebiete und Funktionen, ausreichend große Unterschiede in ihrem Aufbau und den damit verbundenen Attributen auf, um eine weitere Differenzierung zu rechtfertigen.

3.4.2 Unabhängige Attributsatzassoziation

Bei der Katalogisierung der Attribute für die Erzeugung der primären Klassifizierung haben sich häufig Paarungen von Objektklassen gefunden, die zwar eine ähnliche Funktion haben, jedoch unterschiedlicher Trassierung angehören. Beispielsweise sind Rohrfilter, Luftkanalfilter und Luftfilter in einem Lüftungsgerät jeweils durch Attribute wie ihren Anfangs- bzw. Enddruckverlust (Druckverlust, bei dessen Erreichung der Filter zu wechseln ist) zu charakterisieren. Ihre unterschiedliche Trassierung verhindert jedoch die redundanzfreie Verknüpfung der funktionsspezifischen Attribute, ohne von der strengen Hierarchie der primären Klassifizierung abzuweichen. Während es keine technische Begründung für die Einhaltung dieser Regelung gibt, wäre ein unkommentierter Verzicht auf diese für die Verständlichkeit der Modellierungsrichtlinie extrem nachteilig.

Die unabhängige Attributassoziation stellt einen zweiten Weg zur Attribuierung von Objekten dar. Zu diesem Zweck werden Attributsätze definiert, die nicht in der primären Klassifizierung verankert sind (siehe Abbildung 3-9).

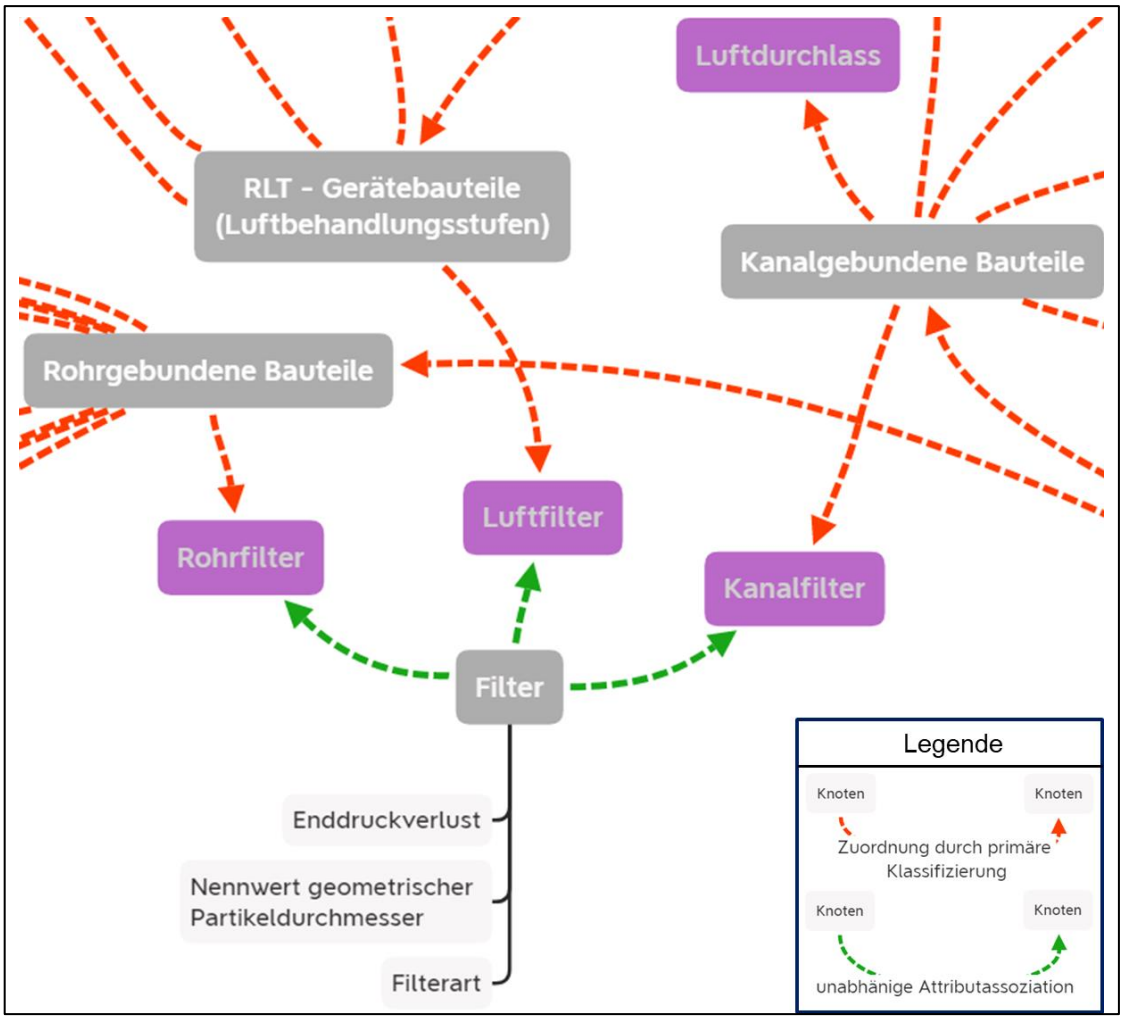


Abbildung 3-9: Weiterführende Attribuierung von Objektkategorien durch einen unabhängigen Attributsatz

Um die Flexibilität der Modellierungsrichtlinie zu wahren, unterliegt auch die unabhängige Attributassoziation einigen Regeln. Zur Beschreibung der Beziehungen der Daten untereinander wird im Folgenden der Begriff „Knoten“ als Verallgemeinerung für Klassen, Kategorien und Sätze verwendet.

Attribute können zwischen Kombinationen aller Knotenarten vererbt werden, solange die beiden Knoten nicht bereits durch die primäre Klassifizierung unmittelbar verbunden sind. Eine unmittelbare Verbindung liegt dann vor, wenn beim Durchschreiten der Hierarchie vom einen Knoten zum Anderen kein Richtungswechsel (z.B. aufwärts zu abwärts) notwendig ist. Die Vererbung von Attributen ist nicht selektiv. Alle Attributsätze, die der vererbende Knoten durch vorhergegangene Vererbungen enthält, werden weitergegeben. Dies gilt sowohl

für die Vererbung von Attributen aus der primären Klassifizierung durch die unabhängige Assoziation, als auch umgekehrt.

In Tabelle 3-2 sind alle für die unabhängige Assoziation verwendeten Attributsätze zusammen mit den durch Sie definierten Knoten dargestellt. Zusätzlich enthält die Tabelle zur visuellen Einordnung (z.B. in Anhang B2) den jeweils letzten Knoten, der in der primären Klassifizierung über dem definierten Knoten steht.

Für den jeweils definierenden Attributsatz wird zusätzlich eine Attributsatzart bestimmt.

Attributsätze, die ausschließlich der freien Assoziation dienen, heißen „unabhängiger Satz“.

Attributsätze, die auch Teil der primären Klassifizierung sind, heißen „primärer Satz“.

Attributsätze, die einer Objektklasse zugeordnet sind, werden als „klassenspezifisch“ gekennzeichnet.

Tabelle 3-2: Übersicht der zur unabhängigen Attributassoziation verwendeten Attributsätze und der durch Sie definierten Knoten

Attributsatzname und -Art	Definierter Knoten	Primäre Definition des Knotens
Filter unabhängiger Satz	Rohrfilter	Rohrgebundene Objekte
	Kanalfilter	Kanalgebundene Objekte
	Luftfilter	RLT-Gerätebauteile
	Wasseraufbereitung	Rohrgebundene Objekte
Verteiler unabhängiger Satz	Rohrnetzverteiler	Rohrgebundene Objekte
	Kanalnetzverteiler	Kanalgebundene Objekte
Sonnenkollektor unabhängiger Satz	Solarthermie	Wärmeerzeugungsanlage
	PV-Modul	Objekte der ELP
Stromerzeugendes Objekt unabhängiger Satz	KWK	Wärmeerzeugungsanlage
	Notstromversorgungsanlage	Objekte der ELP
	PV-Modul	Objekte der ELP
Ventilator unabhängiger Satz	Kanalventilator	Kanalgebundene Objekte
Einseitig geschlossene Wärmeübertragung primärer Satz	Energiespeicher	Medienspeicher
	Rohrnetzverteiler (Kreislauf)	Rohrnetzverteiler
	Luftentfeuchter	RLT-Gerätebauteile
	Luftbefeuchter	RLT-Gerätebauteile
	Lufterhitzer	RLT-Gerätebauteile
	Luftkühler	RLT-Gerätebauteile
Sensor klassenspezifisch	Rohrsensor	Rohrgebundene Objekte
	Luftkanalsensor	Kanalgebundene Objekte
	Integrierter Sensor	keine
El. Verbraucher klassenspezifisch	Heizelement	Einseitig geschlossene Wärmeübertragung
Elektromotor klassenspezifisch	Integrierter Elektromotor	keine

3.4.3 Subobjekte

Reale Objekte, die erfahrungsgemäß für die Nutzung im objektbasierten CAD ausschließlich als Bestandteil eines digitalen Objektes geliefert werden, sind nach der Festlegung aus Kapitel 3.3.2 in der Modellierungsrichtlinie nicht durch eine Objektkategorie definiert. Die ihnen eigenen Attribute sollen dennoch widergespiegelt werden. Dieser Anforderung entsprechend findet in der Datenbank der Modellierungsrichtlinie eine dritte Art der Attributassoziation statt.

Dabei werden Objekten, die erfahrungsgemäß andere Objekte (genannt: Subobjekte) enthalten, die Attribute der Subobjekte zugeordnet. Ist dem Subobjekt selbst keine Objektkategorie und somit auch kein spezifischer Attributsatz zugeordnet, wird ein neuer Attributsatz erstellt.

Für die Attributvererbung durch Subobjekte gelten weitestgehend die gleichen Regeln wie für die unabhängige Attributassoziation. Allerdings können ausschließlich Objektklassen, Objektkategorien oder subobjektspezifische Attributsätze selbst in dieser Form Attribute zuordnen. Freie Attributsätze und Attributsätze der primären Klassifizierung können ausschließlich Attribute erhalten.

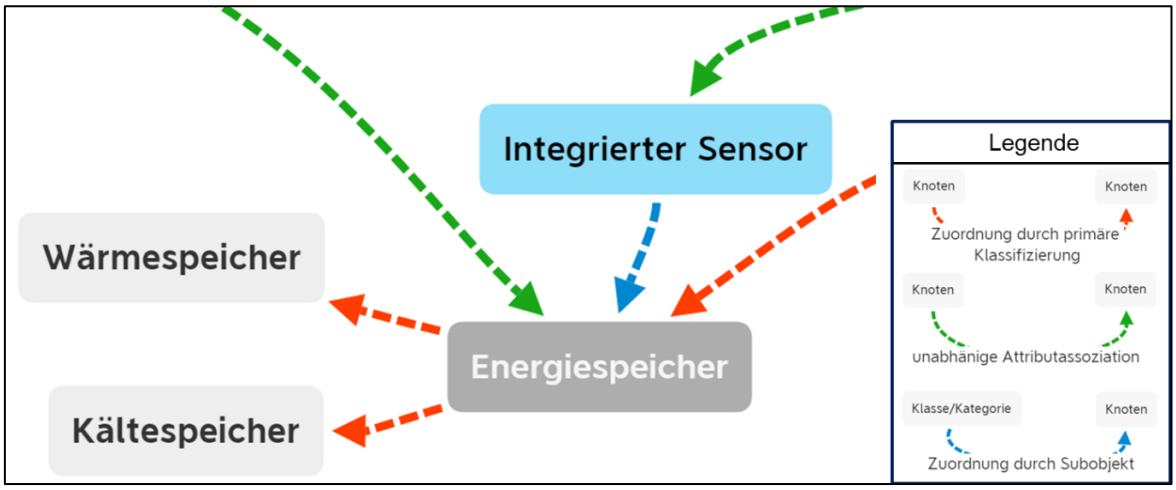


Abbildung 3-10: Beispielhafte Attributzuordnung durch ein Subobjekt bzw. einen Subobjektattributsatz

Abbildung 3-10 ist zu lesen als: „Alle Objektklassen, die dem Satz „Energiespeicher“ untergeordnet sind, enthalten einen Sensor als Subobjekt.“

Attributsätze von Subobjekten enthalten neben spezifischen Attributen jeweils mindestens die Attribute „Seriennummer“ und „Hersteller“ mit dem Satznamen als Präfix zur Unterscheidung von den analogen Attributen des Hauptobjekts. Auf diese Weise enthält im Modell ein Objekt des Typs „WC“ neben dem Attribut „Seriennummer“ auch das Attribut „Spülung Seriennummer“.

In der TGA-Planung werden Sensoren und Elektromotoren typischerweise als Subobjekte behandelt. Objekte wie Pumpen oder durchflussbeeinflussende Objekte mit elektrischem Stellantrieb, wie Mischarmaturen oder Luftvolumenstromregler, werden häufig als ein einzelnes Objekt behandelt, welches jedoch eines oder beide Subobjekte enthält. Andererseits werden Sensoren und Elektromotoren in der Elektroplanung und der Gebäudeautomation häufig als eigenes Objekt behandelt.

Aufgrund der Häufigkeit beider Fälle werden zur optimalen Abbildung der Attribute die Sätze „integrierter Sensor“ und „integrierter Elektromotor“ definiert. Diese enthalten ausschließlich Attribute zur Beschreibung als Subobjekt und werden durch den entsprechenden Objekttypen mittels unabhängiger Attributassoziation definiert. Eine derartige Lösung könnte in der zukünftigen Weiterentwicklung und Erweiterung der Modellierungsrichtlinie auch für die Definition von Ventilatoren angewendet werden. Ventilatoren sind aktuell als reine Subobjekte definiert. Sie sind in Rückkühlanlagen und zentralen RLT-Geräten enthalten. Allerdings definieren Sie Kanalventilatoren durch unabhängige Attributassoziation. Hierdurch enthält der Kanalventilator zwei Seriennummern, die eventuell nicht durch den Hersteller unterschieden werden.

Die Modellierungsrichtlinie behandelt Dämmung als Subobjekt. Rohr- bzw. Kanaldämmung existiert in vielen Autorenprogrammen als eigener Objekttyp und ist im IFC-Standard einheitlich als IfcCovering definiert. Es ist jedoch für einen technischen Systemplaner zeitintensiver die Dämmung, die in vielen Attributwerten mit dem gedämmten Objekt übereinstimmt, einzeln zu attribuieren, während der Mehrwert eher gering ist /G,L/. Die Informationen zur Dämmung werden daher den gedämmten Objekten zugeordnet.

Tabelle 3-3: Knoten mit Attributassoziation durch Subobjekte

Definierter Knoten	**Subobjekte**			
	Sensor (int.)	EMotor (int.)	Dämmung	Weitere
Luftkanal			**X**	
Luftkanalformteil			**X**	
Brandschutzklappe	**X**	**X**		
Volumenstromregler		**X**		
RLT-Gerätebauteile	**X**			
RLT-Gerät (Zentralgerät)	**X**			Ventilator
Rückkühlanlage				Ventilator
Ventilator		**X**		
Wärmerückgewinnung				Wärmeübertrager
Rohr			**X**	
Rohrformteil			**X**	
Automatikarmatur		**X**		
Wasseraufbereitung	**X**			
Medienspeicher			**X**	
Dez. TW-Erwärmer				Wärmespeicher
Th. Energiespeicher	**X**			
Wärmeerzeugungsanlage	**X**			
Wärmepumpe				Kompressor
Kompressor	**X**	**X**		
Pumpe	**X**	**X**		
WC/Urinal				Spülung, Abfluss
Waschtisch				Abfluss
Spülung	**X**			
USV				Batteriespeicher

Tabelle 3-3 enthält alle Knoten der Datenbank, denen Attribute durch Subobjekte zugeordnet werden. An dieser Stelle werden ausschließlich Knoten betrachtet, die die Attribute der Subobjekte direkt (d.h. nicht durch anderweitige Vererbung) erhalten.

Beispielweise enthält der Wärmespeicher den Sensor als Subobjekt, ist aber nicht aufgeführt, da die Zuordnung indirekt über die Definition als thermischer Energiespeicher stattfindet. Der thermische Energiespeicher ist als direkt erbender Knoten aufgeführt. Auch werden Subobjekte, deren Attribute einem betrachteten Knoten durch erneute Vererbung zugeordnet sind, nicht explizit als enthalten aufgezählt. Beispielsweise enthält die Rückkühlanlage den Ventilator, welcher wiederum den Elektromotor enthält. Dennoch ist die Kombination aus Rückkühlanlage und Elektromotor nicht mit einem „X“ versehen.

Die Gesamtheit aller beschriebenen Assoziierungs- und Vererbungsprozesse kann Anhang B3 entnommen werden.

3.4.4 Modellstrukturinformationen

Die Zusammenarbeit mit Gebäudeverwaltern und Entwicklern von CAFM-Software hat ergeben, dass es nicht immer möglich ist, Objekte aus der Datenstruktur einer .IFC-Datei vollautomatisiert in der Datenstruktur des CAFM zu verorten /H/. Diese Herausforderung lässt sich neben technischen Grenzen der jeweiligen CAFM-Software und ungünstigen Interpretationen der Autorensoftware beim .IFC-Export vor allem in dem Wunsch begründen, Objekte, über die Dateistruktur hinaus, in weitere Gruppierungen, wie Funktions- oder Baugruppen, zu unterteilen. Zur Bewältigung dieser Herausforderung enthält die Modellierungsrichtlinie Attributsätze, die gegebenenfalls die Verortung eines Objekts im Modell übernehmen können. Die Sätze enthalten für das jeweilige Strukturobjekt eine maschinenlesbare Bezeichnung und eine Bezeichnung in Klartext.

Objekte können hierdurch attributbasiert folgenden Strukturobjekten zugeordnet werden:

- Modell
- Liegenschaft
- Gebäude
- Geschoss
- Raum
- Bauabschnitt
- System

Dazu wird den Objekttypen jeweils der entsprechende Satz beigefügt. Dabei muss nicht jedes Objekt bzw. nicht jeder Objekttyp in allen Ebenen verortet sein. Während Objekte Bauabschnitten und Systemen jeweils unabhängig zugeordnet werden, genügt es beispielsweise eine Sanitärinstallation in einem Raum zu verorten. Die Verortung des Raumes in einem Geschoss und wiederum die Verortung des Geschosses in einem Gebäude usw. ist ausreichend für die Interpretation der Modellstruktur.

Durch die Verortung der Objekte in der Modellstruktur ist es im CAFM zusätzlich möglich, die Attribute des Strukturobjektes dem verorteten Objekt zuzuordnen. Dies erlaubt das Weglassen einiger Attribute in den Objekten, wenn der Attributwert über alle im Strukturobjekt enthaltenen Objekte gleich ist. Die Attribute werden in diesem Fall dem Strukturobjekt zugeordnet. So lassen sich beispielsweise die Informationen über das in einem Fluidtransportsystem (z.B. einer Wasseranlage_S) enthaltene Fluid dem System zuordnen. Eine Assoziation dieser Attribute mit jeder Systemkomponente würde im Vergleich deutlich mehr Arbeit für den Autoren und einen deutlich größeren Speicherbedarf bedeuten. Darüber hinaus ermöglicht die Verortung der Attribute am System deren zentrale Änderung, wodurch Redundanzen und Fehlerquellen vermindert werden.

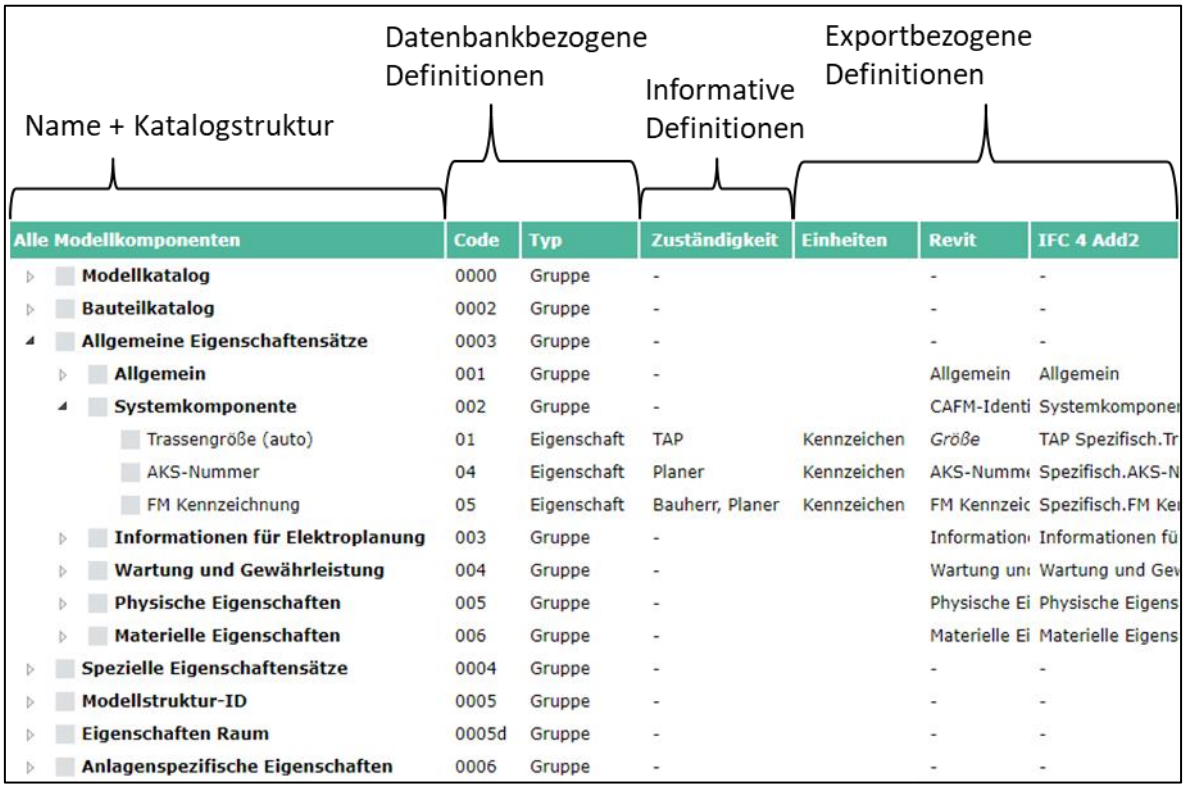
Die Zuordnung der Modellstrukturinformationen in der Modellierungsrichtlinie erfolgt individuell für alle Objektklassen. Sie werden nicht vererbt.

3.5 Erstellung der Modellierungsrichtlinie in BIMQ

Die Benutzeroberfläche der browserbasierten Datenbankmanagementsoftware BIMQ ist in fünf Reiter unterschiedlicher Funktion gegliedert. Jeder Reiter stellt prinzipiell einen Arbeitsschritt bei der Erstellung einer Modellierungsrichtlinie dar. Der erste Reiter trägt den Titel „Übersicht“. In diesem können Datendefinitionen für die Komponenten der Datenbank angelegt werden. Die Erzeugung von Projektphasen und Anwendungsfällen erfolgt anschließend im Reiter „Projektkomponenten“. Mithilfe dieser können später gezielt Daten aus BIMQ abgefragt werden. Der Reiter „Modellkomponenten“ dient der Definition und Katalogisierung der Daten, die im Anschluss im Reiter „Konfiguration“ zu einer Datenbank verknüpft werden. Zuletzt wird die Datenabfrage im Reiter „Anforderungen“ vorbereitet und über den Reiter „Dokumentation“ durchgeführt.

3.5.1 Katalogisierung der Objektkategorien und Attributsätze

Der Reiter „Modellkomponenten“ beinhaltet die Rohdaten der Modellierungsrichtlinie. An dieser Stelle findet die Definition der Eigenschaften aller Daten (genannt: Modellkomponenten) statt. Dazu gehören der Name, datenbankbezogene Definitionen wie Datentyp und Code, informative Definitionen wie eine Beschreibung, Klassifikationen, Übersetzungen in andere Sprachen, Bilder und Kommentare, sowie exportbezogene Definitionen wie der Attributtyp (genannt: Einheit) und softwarespezifische Zuordnungen (genannt: Mappings) für Autorenprogramme und Austauschformate.



Alle Modellkomponenten	Code	Typ	Zuständigkeit	Einheiten	Revit	IFC 4 Add2
Modellkatalog	0000	Gruppe	-		-	-
Bauteilkatalog	0002	Gruppe	-		-	-
Allgemeine Eigenschaftensätze	0003	Gruppe	-		-	-
Allgemein	001	Gruppe	-		Allgemein	Allgemein
Systemkomponente	002	Gruppe	-		CAFM-Identi	Systemkomponer
Trassengröße (auto)	01	Eigenschaft	TAP	Kennzeichen	*Größe*	TAP Spezifisch.Tr
AKS-Nummer	04	Eigenschaft	Planer	Kennzeichen	AKS-Numm	Spezifisch.AKS-N
FM Kennzeichnung	05	Eigenschaft	Bauherr, Planer	Kennzeichen	FM Kennzeic	Spezifisch.FM Ke
Informationen für Elektroplanung	003	Gruppe	-		Information	Informationen fü
Wartung und Gewährleistung	004	Gruppe	-		Wartung un	Wartung und Gev
Physische Eigenschaften	005	Gruppe	-		Physische Ei	Physische Eigens
Materielle Eigenschaften	006	Gruppe	-		Materielle Ei	Materielle Eigens
Spezielle Eigenschaftensätze	0004	Gruppe	-		-	-
Modellstruktur-ID	0005	Gruppe	-		-	-
Eigenschaften Raum	0005d	Gruppe	-		-	-
Anlagenspezifische Eigenschaften	0006	Gruppe	-		-	-

Abbildung 3-11: BIMQ Interface „Modellkomponenten" (Definitionen jeweils beispielhaft)

Die in BIMQ genutzten Datentypbezeichnungen in Korrelation zu den in dieser Arbeit genutzten sind Anhang A1 zu entnehmen. Neben diesen Datentypen bietet BIMQ die Möglichkeit Attributwerte für Auswahllisten zur Vereinfachung und Standardisierung der Attributbefüllung anzulegen.

Jede Modellkomponente wird eindeutig durch ihren Namen und ihren Code identifiziert. Der Code ist eine frei wählbare Zeichenkombination, die innerhalb jeder Gruppe nur einmal vorkommen darf. Anderenfalls kann es beim Import in BIMQ zu Überschreibungen, Dopplungen oder Löschungen kommen. Der bidirektionale Excel-Export liefert eine nahezu identische Darstellung der Daten. Dabei ist die Katalogstruktur durch mehrere Spalten dargestellt. Zur Vereinfachung der Datenbearbeitung in Excel wird die Katalogstruktur auf vier Ebenen beschränkt.

„Ebene 0“ enthält von der Datenbank unabhängige Sätze
(genannt: Katalogsätze).

„Ebene 1“ enthält Objektsätze bzw. Attributsätze.

„Ebene 2“ enthält Objektkategorien, Objektklassen oder Attribute

„Ebene 3“ enthält Attributwerte

Der Modellkomponentenkatalog mit einer Auswahl an Definitionen kann Anhang B4 entnommen werden.

3.5.2 Anlegen weiterer Datendefinitionen

In den Projekteinstellungen (Reiter: Übersicht) können neue Klassifikationen, Sprachen und Mappings angelegt werden. Als Mapping ist eine Übersetzung von softwarespezifischen Datendefinitionen aus der Syntax der einen Software in eine äquivalente Syntax der anderen Software zu verstehen. Die jeweilige Syntax muss nicht notwendiger Weise durch die Software bedingt werden, aber mit dieser kompatibel sein. Dazu zählt außerdem die Zuordnung einer Klassenbezeichnung einer Klassifizierung zu einer äquivalenten Klassenbezeichnung oder Klassendefinition einer anderen Klassifizierung.

BIMQ bietet für nativ unterstützte Autorenprogramme sowie für verschiedene Versionen des .IFC-Dateiformats Auswahllisten und Masken zur Vereinfachung des Erstellens der Mappings. Für die TGA-Modellierungsrichtlinie werden Mappings für die IFC-Versionen 2x3 TC1 und 4.0 Add2 TC1 sowie für Autodesk Revit angelegt.

3.5.3 Nachbildung der Datenbankstrukturen

Der Reiter „Modellkonfiguration“ ermöglicht die Vernetzung der Daten der Modellierungsrichtlinie. Das BIMQ-Interface zur Vernetzung der Attribute und Objekttypen stellt die Namen der Modellkomponenten einmal in der Katalogstruktur des Reiters „Modellkomponenten“ (Modellkomponentenkatalog) und einmal in der Datenbankstruktur (Anforderungskatalog) dar. Per Drag-and-Drop können Objektsätze, Objektkategorien, Attribute und Attributsätze aus dem Modellkomponentenkatalog dem Anforderungskatalog hinzugefügt werden.

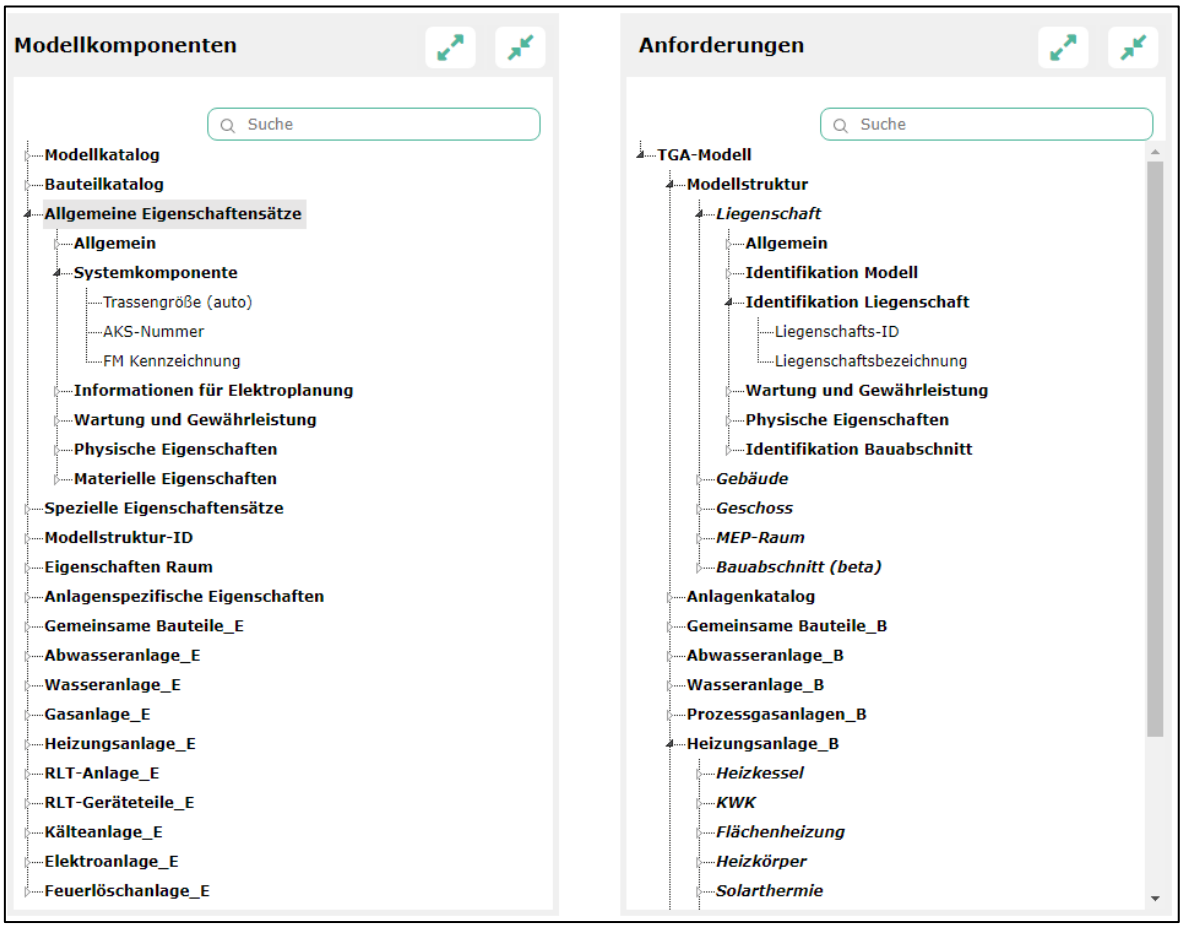


Abbildung 3-12: BIMQ-Interface „Zuweisung der Modellkomponenten"

Im Anforderungskatalog lassen sich die Modellkomponenten relativ unabhängig von der Katalogstruktur der Modellkomponenten kombinieren. Einige der gültigen Kombinationen können jedoch zu unerwartetem oder unerwünschtem Verhalten im Anforderungs-Reiter, beim Excel-Export oder -Import bzw. bei der Verwendung der Funktion „Alle Anforderungen aktualisieren“ führen.

Im Sinne der eingangs erwähnten Flexibilitätsanforderungen an die Modellierungsrichtlinie erfolgt die Zuordnung der Attribute auf Attributsatzebene. Dementsprechend werden jeweils alle Attribute eines Satzes den entsprechenden Objekttypen zugeordnet. Der zugehörige Excel-Export erfolgt über den Reiter „Anforderungen“ und liefert eine Inzidenzmatrix mit den Objekttypen in horizontaler Aufreihung und den Attributen in vertikaler Aufreihung. Eine Verbindung zwischen einem Objekttypen und einem Attribut kann so durch die Eintragung „X“ erfolgen.

3.5.4 Vorbereitung der Datenabfrage

Die Abfrage von Exportdaten aus BIMQ kann in Form von maschinenlesbaren, softwarespezifischen Dateien oder .pdf bzw. Excel-Dateien erfolgen. Diese sind von den bisher erwähnten Excel-Exporten zu unterscheiden, da Sie unidirektional sind und damit nicht zur Bearbeitung der Datenbank in BIMQ genutzt werden können.

Die Auswahl der abzufragenden Daten erfolgt über eine Kombination eines Anwendungsfalles mit einer Projektphase. Die Erstellung von Projektphasen und Anwendungsfällen findet unter dem Reiter „Projektkomponenten“ statt. Aus jeder Kombination von einer Projektphase und einem Anwendungsfall lässt sich eine eigene Auswahl an aus der Datenbank abzufragenden Daten definieren.

Zunächst wird nur der Anwendungsfall „vollständiger Datensatzabruf“ angelegt und in Kombination mit der Projektphase „Objektüberwachung (LPH 8)“ zur Datenabfrage kombiniert. Diese Datenabfrage dient der Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Export-Dateien und enthält alle Instanzen aller Attribute. Dazu muss unter dem Reiter „Anforderungen“ für jede Instanz jedes Attributs die Abfrage einzeln bestätigt werden (siehe Abbildung 3-13).

Anforderungen für TGA-Modell (Gebäudetechnikplaner)	Code	Typ	LPH 9-97
Modellstruktur	001	Gruppe	
Liegenschaft	01	Element	
Allgemein	001	Gruppe	x
Identifikation Modell	001	Gruppe	x
Identifikation Liegenschaft	002	Gruppe	x
Liegenschafts-ID	01	Eigenschaft	X
Liegenschaftsbezeichnung	02	Eigenschaft	X
Wartung und Gewährleistung	004	Gruppe	x
Physische Eigenschaften	005	Gruppe	x
Identifikation Bauabschnitt	006	Gruppe	x
Gebäude	02	Element	
Allgemein	001	Gruppe	x
Identifikation Liegenschaft	002	Gruppe	x
Liegenschafts-ID	01	Eigenschaft	X
Liegenschaftsbezeichnung	02	Eigenschaft	X
Identifikation Gebäude	003	Gruppe	x

Abbildung 3-13: BIMQ-Interface „Anforderungen"

4 Erweiterung und Optimierung der Modellierungsrichtlinie für die automatisierte Objektattribuierung anhand eines Testmodells

Die Entwicklung der für die automatisierte Objektattribuierung notwendigen Mappings sowie die Anpassung und Optimierung der Klassifizierungen und Attributdefinitionen der Modellierungsrichtlinie erfolgt anhand eines realen, bereits angelaufenen Planungsprojekts.

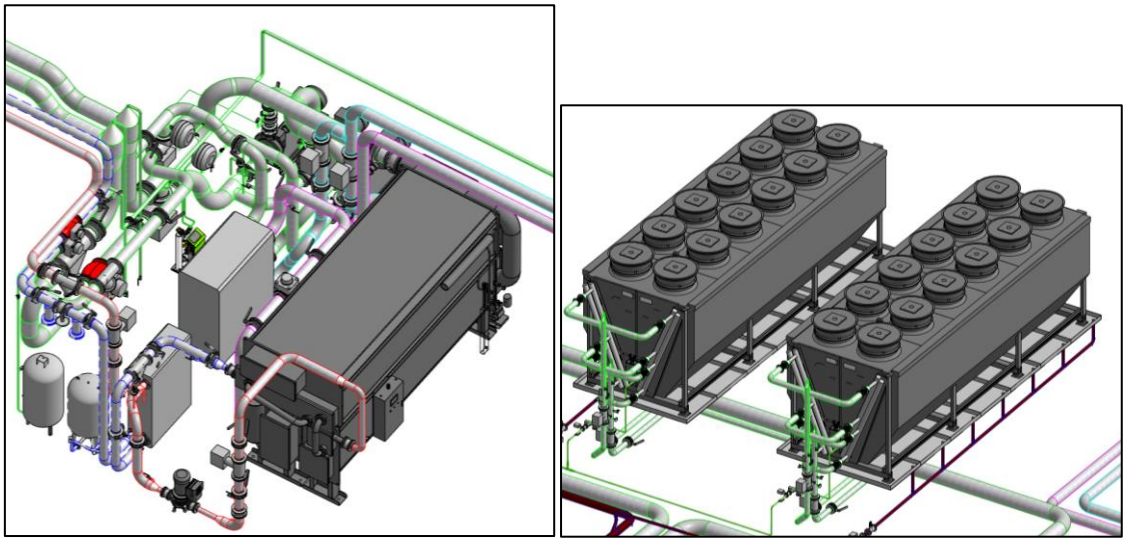


Abbildung 4-1: Testmodell in Autodesk Revit (links: Absorber in Kältehalle mit Trassierung und Hilfskomponenten; Rechts: Rückkühlwerke mit Trassierung auf dem Dach)

In Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber BMW Werk Leipzig soll neben der Planung einer neuen Absorbtionskälteanlage inklusive Trassierung die Modellierungsrichtlinie erprobt und weiterentwickelt werden. Ziel ist die Darstellung des Integrationsprozesses der Modellierungsrichtlinie über das Planungsmodell in die vorhandene CAFM-Umgebung.

Das gewählte Projekt ist von relativ geringem Umfang, enthält dabei jedoch eine relativ große Anzahl verschiedener Objekttypen. Dies ermöglicht die Erprobung eines repräsentativen Teils der Modellierungsrichtlinie ohne die Einzelaufgaben in großer Anzahl wiederholen zu müssen.

Das Testmodell wird aufgrund der guten Interoperabilität mit BIMQ und dem IFC-Standard mittels Autodesk Revit konstruiert.

Der planerische Detailgrad ist dabei in Leistungsphase 5 nach HOAI zu verorten. Durch den Auftraggeber werden keine besonderen Anforderungen an die Modellierungstiefe oder den geometrischen Detailierungsgrad (LOG) gestellt. Objekte werden dementsprechend im durch die Objektautoren bestimmten Differenzierungs- bzw. Detailierungsgrad verwendet.

4.1 Attribuierung des Revit-Modells

Zur effizienten Attribuierung eines Revit-Modells ist es zunächst wichtig zu verstehen, wie Attribute in ein Revit-Modell gelangen. Daher werden im Folgenden relevante Attributarten anhand ihres Attribuierungsweges und dem daraus resultierenden Umgang mit ihnen im Rahmen dieser Arbeit unterschieden.

Projektparameter

Projektparameter sind Attribute, die in einer Revit-Projektdatei erstellt werden. Sie sind durch ihren Namen, eine Einheitendefinition (genannt: Parametertyp) und ihre Gruppierung im Eigenschaften-Fenster der Revit-Oberfläche definiert.

Die Assoziation von Objekten mit Projektparametern erfolgt ausschließlich auf der Revit-Kategorienebene. Bei der Erstellung eines Projektparameters kann ausgewählt werden, ob alle Objekte eines Revit-Typs den gleichen Attributwert tragen sollen oder ob Attributwerte auf Exemplarebene vergeben werden.

Familienparameter

Familienparameter sind Attribute, die in einer Revit-Familiendatei erstellt werden. Ihre Definition erfolgt identisch zu der eines Projektparameters, aber Sie werden nicht auf Revit-Kategorienebene, sondern auf Familienebene assoziiert. Weiterhin können die Attributwerte von Familienparameter durch logische Funktionen bestimmt und mit Objektgeometrien verknüpft werden.

Gemeinsam genutzte Parameter

Projekt- und Familienparameter sind jeweils nur innerhalb einer Familie oder eines Projektes eindeutig definiert. Liegen identisch definierte Projekt- und Familienparameter in einem Projekt vor, werden diese als separate Attribute behandelt. Dies kann besonders in der Modellauswertung über Bauteillisten zu redundanten Angaben führen.

<Bauteilkategorisierung>					
D	E	F	G	H	I
Familie und Typ	IfcExportAs	IFCExportAs	IfcExportAs	IfcExportAs	IfcExportAs
Modelltext: 100					
Flexibles Rohr rund: _Kupfer Flexrohr					
			IfcBeamType.BEAM		IfcBeamType.BEAM
			IfcColumnType.COLUM		IfcColumnType.COLUM
	IfcProxy				
	IfcFlowController				
	IfcFlowStorageDevice				

Abbildung 4-2: Redundante Aufführung des Parameters "IfcExportAs" in einer Revit-Bauteilliste

Zur Interpretation gleicher Parameter aus verschiedenen Quellen sind gemeinsam genutzte Parameter neben ihren für den Nutzer ersichtlichen Definitionen über eine global eindeutige Identifikation (GUID) gekennzeichnet. Gemeinsam genutzte Parameter können sowohl als Familienparameter als auch als Projektparameter verwendet werden. Zur Vereinfachung der Wiederverwendung gemeinsam genutzter Parameter können diese aus einer Projekt- oder Familiendatei als sogenannte „shared parameter Datei“ (Endung: .txt) exportiert werden.

Built-In Parameter

Neben benutzerdefinierten Parametern enthält Revit „Built-In Parameter“. Bei der Erstellung einer Familie bzw. beim Hinzufügen dieser zu einem Projekt werden je nach gewählter Kategorie und verwendeten Werkzeugen automatisch Attribute für die Objekte der Familie angelegt.

Einige dieser Attribute werden anhand der Objektgeometrie, anhand anderer Attribute oder anhand der Beziehung des Objektes mit anderen Objekten abgeleitet und sind teilweise nicht oder nicht direkt durch den Nutzer bearbeitbar.

4.1.1 Attribuierung mit dem AIA-Editor

Der von dem Unternehmen Ekkodale (ehemals: CAD-Development) entwickelte AIA-Editor ist ein Erweiterungsaufsatz für Autodesk Revit. Er kann auf Basis einer shared parameter Datei und einer speziellen .XML-Datei Objekten automatisiert Attribute hinzufügen. Beide Dateiarten können anwendungsfallspezifisch über die Benutzeroberfläche „Dokumentation“ von BIMQ erzeugt werden.

Die Attribuierung findet dabei in einer Projektdatei auf Familienebene mittels gemeinsam genutzter Parameter statt. Auf diese Weise lässt sich die im Bereich der TGA relativ grobe Objektkategorisierung von Revit untersetzen. Die notwendige Objektdefinition zur Untersetzung erfolgt über einen beliebig wählbaren Projektparameter in Textform (Parametertyp: Text).

Ist der Parameter in der .XML-Datei definiert und der AIA-Editor korrekt konfiguriert, erfolgt die Attribuierung basierend auf dem eingetragenen Attributwert. Ist kein solcher Parameter definiert, findet die Attribuierung auf Revit-Kategorienebene statt.

Attribute, die in allen Objektkategorien, die in der .XML-Datei definiert sind und zur gleichen Revit-Kategorie gehören, enthalten sind, werden zusätzlich als gemeinsam genutzter Projektparameter angelegt.

Neben der Assoziation von Objekten und Attributen bietet der AIA-Editor eine Benutzeroberfläche, in der Attributwerte eingetragen werden können. Innerhalb dieser Oberfläche kann der Benutzer auf die in BIMQ vordefinierten Attributwertauswahllisten und Attributbeschreibungen zugreifen.

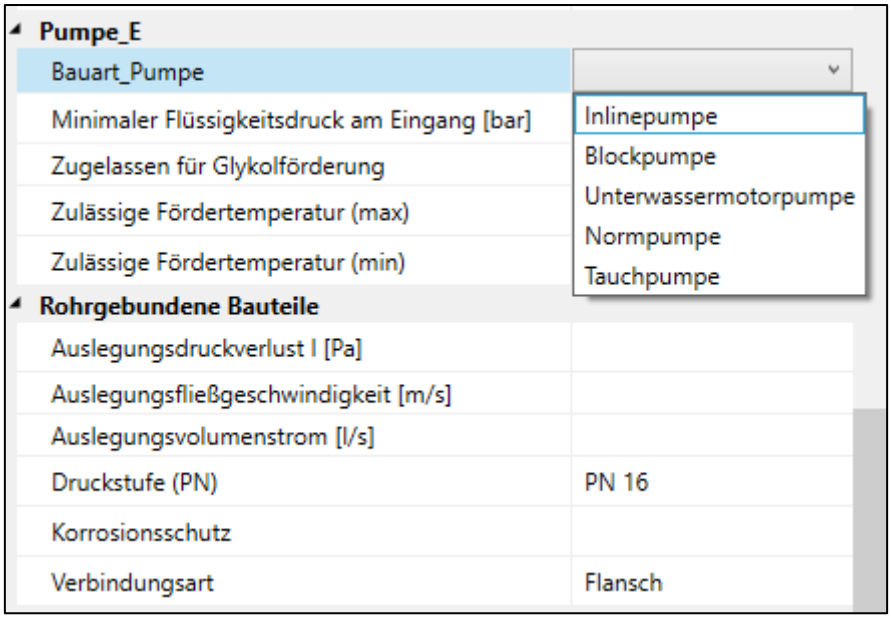


Abbildung 4-3: Befüllung des Attributs „Bauart_Pumpe“ mittels vordefinierter Auswahlliste im AIA-Editor

Alle notwendigen Arbeitsschritte zur Verwendung des AIA-Editors im Zusammenhang mit der Modellierungsrichtlinie vom Erhalten der Vorlaufdateien bis zum optionalen IFC-Export können Anhang A6 entnommen werden. Hinweise zur Attribuierung ohne Nutzung des AIA-Editors können Anhang A7 entnommen werden.

4.1.2 Anlegen der Revit Mappings für Objektkategorien

Die Zuordnung der Objektkategorien zu entsprechenden Definitionen in Revit erfolgt, wie in Kapitel 3.5 beschrieben, in dem BIMQ Interface „Modell-komponenten“ oder dem entsprechenden Excel-Export.

In BIMQ kann in einem Pop-Up-Fenster die Revit-Kategorie einer Auswahlliste entnommen werden. Die Eintragungen für die Zuordnung über einen Projektparameter (genannt: erweiterte Zuordnung) können frei gewählt werden und sind optional. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt die erweiterte Zuordnung über den Projektparameter „Bauteilkategorie“.

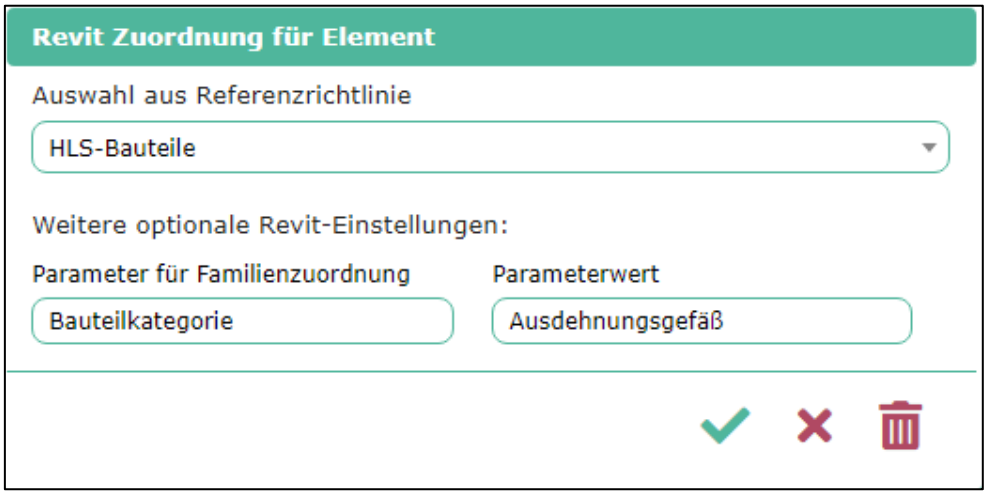


Abbildung 4-4: Erstellen des Revit-Mappings (erweiterte Zuordnung) der Objektkategorie „Ausdehnungsgefäß“ in BIMQ

Um die notwendige Modellaufbereitung durch den Anwender zu minimieren, werden Objektkategorien dabei in Revit nur dann erweitert zugeordnet, wenn mehrere Objektkategorien der gleichen Revit-Kategorie zugeordnet werden. Anderenfalls erfolgt die Zuordnung ausschließlich über die Revit-Kategorie.

Eine Übersicht der Objektkategorien mit ihren Definitionen in Revit kann den Anhängen B5 und B6 entnommen werden.

Die Objektkategorie „Pumpe“ unterliegt hier einer Besonderheit. Während Inlinepumpen in Revit häufig als „Rohrzubehör“ kategorisiert werden, erfolgt die Kategorisierung von Block- bzw. Normpumpen häufig als „HLS-Bauteile“ (siehe Anhang A8). Diese Unterscheidung findet in der Modellierungsrichtlinie nicht statt. Um eine automatische Attribuierung dennoch in beiden Fällen zu gewährleisten, wird eine zweite Objektkategorie mit identischen Attributen angelegt und entsprechend zugeordnet.

4.1.3 Anlegen der Einheitendefinitionen und Revit Mappings für Attribute und Attributsätze

BIMQ sieht für die Definition von Attributarten bzw. Parametertypen eine Vielzahl von Datentypen und physikalischen Größen mit optional einstellbaren Einheiten vor. Bei der Erprobung der Modellierungsrichtlinie anhand des Testmodells hat sich die Verwendung dieser Definitionen nicht bewährt. Während die Wahl der Einheit einer physikalischen Größe in BIMQ die Einheit in Revit einfach nicht beeinflusst, kann die Wahl der physikalischen Größe selbst in einigen Fällen zum Export einer ungültigen shared parameter Datei führen.

Weiterhin erfolgt der .IFC-Export aus Revit bei einigen physikalischen Größen unter Löschung oder Änderung der Einheit. So wird beispielsweise ein Volumenstrom in Revit korrekt in m^3/h angegeben, wird beim .IFC-Export jedoch scheinbar in cft/min (Kubikfuß pro Minute) umgerechnet. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher von der Definition der Attribute in Form von physikalischen Größen abgesehen. Beschreibt ein Attribut eine physikalische Größe, wird es als ganze oder reelle Zahl definiert und die gewünschte Einheit wird dem Attributnamen nachgestellt. Die Notation erfolgt in BIMQ und in IFC-Mappings in eckigen Klammern und im Revit-Mapping in runden Klammern. Eckige Klammern im Revit-Mapping eines Attributs können von BIMQ fehlinterpretiert werden.

Die Verwendung der Auswahlliste zur Nutzung der Built-In Parameter hat in den durchgeführten Versuchen zu unzuverlässigen Ergebnissen geführt. Von der Verwendung dieser Attribute wird daher weitestgehend abgesehen. Das Anlegen eines Revit-Mappings für einen Attributsatz erzeugt eine Attributgruppe in der shared parameter Datei. Es hat keinen Einfluss auf die Einordnung der im Satz enthaltenen Attribute im Eigenschaftenfenster von Revit oder des AIA-Editors.

4.2 Anlegen der IFC-Mappings

Um die dem Modell hinzugefügten Attribute, über den .IFC-Export hinaus, zu erhalten, können in BIMQ entsprechende Datendefinitionen für Objekttypen, Attribute und Attributsätze angelegt werden. Anhand dieser können Vorlagedateien aus BIMQ exportiert werden, die die Attribute des nativen Modells beim .IFC-Export abfragen und in der .IFC-Datei an den Objekten einem gewünschten Eigenschaftensatz zuordnen.

Diese Abfrage basiert auf der IFC-Klasse, auf die der jeweilige Objekttyp in BIMQ und beim Export in der nativen Software gemappt wird (anlegen des Mappings in Revit: siehe Anhang A6 Kpt.3). In der Modellierungsrichtlinie wird den Objektkategorien jeweils die in ihrer semantischen Definition ähnlichste IFC-Klasse für IFC 2X3 TC1 und IFC 4 Add2 zugeordnet. Eine Unterteilung nach IFC-Typ findet nicht statt.

Die Zuordnung der Attribute zu einem Attributsatz in der .IFC kann auf Ebene der Attributsätze in BIMQ, individuell für jedes Attribut oder individuell für jede Instanz jedes Attributs in BIMQ bestimmt werden. Im Rahmen dieser Arbeit findet die Zuordnung zunächst ausschließlich auf Attributsatzebene statt. Dabei werden in der .IFC alle Attribute der Sätze:

- Allgemein
- Systemkomponente
- (Strom-)Netzanschluss
- Physische Existenz
- Materielle Existenz
- Wartung und Gewährleistung

dem Attributsatz „Allgemein“ zugeordnet. Alle anderen Attribute werden dem Attributsatz „Spezifisch“ zugeordnet. Dazu erhalten die entsprechenden Attributsätze in BIMQ in ihrer .IFC Datendefinition einen der beiden Namen. Eine Differenzierung nach der IFC-Version ist an dieser Stelle nicht notwendig.

Die Notation der Zuordnung eines Attributs zu einem Attributsatz in BIMQ erfolgt nach dem Konzept <Attributsatz>.<Attribut>. Soll das Attribut auch in der .IFC dem Attributsatz zugeordnet werden, dem es in BIMQ zugeordnet ist, wird die Notation des Attributsatzes durch „#“ ersetzt (siehe Anhang B4).

Die nativen Eigenschaftensätze eines Objektes in einer .IFC-Datei basieren grundsätzlich auf der Hierarchiestruktur der Definition seiner Objektkategorie. Dieser Umstand erschwert aus Sicht vieler Projektbeteiligter die Informationssuche im Modell /A,B/. Aus diesem Grund wird auf die Verwendung dieser Eigenschaftensätze im Rahmen dieser Masterarbeit verzichtet.

4.3 Attribuierung von Modellen ohne native BIMQ-Anbindung

BIMQ unterstützt derzeit die Attribuierung von nativen Modellen in Revit, ArchiCAD, Allplan, Vectorworks und ProVi. Theoretisch könnte jedes Modell attribuiert werden, indem es in eines dieser Programme importiert wird. Dieser Zwischenschritt ist jedoch erfahrungsgemäß mit einem großen Informationsverlust verbunden und müsste nach jeder Modellaktualisierung in nahezu vollem Umfang wiederholt werden. Alternativ könnten die Attribute und Attributsätze der Modellierungsrichtlinie durch die Nutzung des .IFC-Bearbeitungs- und Überprüfungsprogramms Simplebim der Firma Datacubist direkt der exportierten .IFC hinzugefügt und mit Attributwerten gefüllt werden.

Simplebim ermöglicht es dem Nutzer, durch die Verwendung einer Excel-basierten Vorlagedatei, anhand von Attributwerten frei wählbarer Zeigerattribute, Objekten Attribute und Attributwerte zuzuordnen. Diese müssen bereits vor der Anwendung der Vorlagedatei im Modell enthalten sein. Durch die konsequente Nutzung der Zeigerattribute kann der Aufwand bei der Aktualisierung des Modells minimiert werden.

Grundsätzlich entspricht auch diese Arbeitsweise nicht dem Sinn des Building Information Modeling. Die Verwaltung der Daten findet bis zum .IFC-Export außerhalb des Modells statt. Dementsprechend können die Daten in ihrer modellgebundenen Datenbankstruktur bis zu diesem Zeitpunkt nicht durch den Planungsbeteiligten genutzt werden. Ebenfalls ist die zu erwartende Fehlerwahrscheinlichkeit deutlich höher. Aus diesen Gründen wird die Erzeugung

von Vorlagedateien oder Komponenten dieser aktuell nicht nativ durch BIMQ unterstützt.

Im Folgenden sollen die wichtigsten Schritte dargestellt werden, die notwendig sind, um Inhalte der Modellierungsrichtlinie, unter Verwendung der verschiedenen BIMQ Exportdateien, auf manuellem Weg in eine Simplebim Vorlagedatei übertragen zu können. Dieser Arbeitsablauf sollte nur angewendet werden, wenn die fachspezifisch zur Erfüllung der Planungsaufgabe gewählte Autorensoftware nicht die notwendige Kompatibilität zur automatisierten Integration aufweist. Voraussetzung für die Attribuierung in Simplebim ist dabei die .IFC-Klassifizierung der Modellobjekte gemäß der Modellierungsrichtlinie (siehe Anhang B9 oder B7 bzw. B8).

4.3.1 Manuelle Integration der Modellierungsrichtlinie in Simplebim

Zur Attribuierung der Objekte einer .IFC-Datei in Simplebim müssen zunächst die Attribute mit den zugehörigen Attributsätzen definiert werden. Dieser Schritt erfolgt in der Tabelle „Resources“. Dabei wird jeweils eine eindeutige Identität für das Attribut (genannt: Identity Key), der Name des Attributs und des Attributsatzes, dem es in der .IFC-Datei zugeordnet wird sowie die Attributart in der .IFC festgelegt. Zusätzlich erfordert die Attributdefinition die Vergabe eines beliebigen, einzigartigen, internen Attributnamens.

Add Identity (for IFC PropertySet)			
Identity Key	Name	Property-Set Name	Property Type
IFC:F:IP:HZDR:HZDR_1_Liegenschafts-ID	Liegenschafts-ID	HZDR	IfcLabel
IFC:F:IP:HZDR:HZDR_2_Liegenschaftsbezeichnung	Liegenschaftsbezeichnung	HZDR	IfcLabel
IFC:F:IP:HZDR:HZDR_3_Gebäude-ID	Gebäude-ID	HZDR	IfcLabel
IFC:F:IP:HZDR:HZDR_4_Gebäudebezeichnung	Gebäudebezeichnung	HZDR	IfcLabel
IFC:F:IP:HZDR:HZDR_5_Raum-ID	Raum-ID	HZDR	IfcLabel
IFC:F:IP:HZDR:HZDR_6_Raumbezeichnung	Raumbezeichnung	HZDR	IfcLabel

Abbildung 4-5: Attributdefinition in einer Simplebim Vorlagedatei

Die Notation des Identity Keys erfolgt nach dem Muster:

IFC:F:IP:<Attributsatz>:<interner Attributname>

Die Definitionen für den Attributnamen, die Attributart und den jeweiligen Attributsatz können dem Excel-Export aus dem BIMQ-Interface „Modellkomponenten“ entnommen werden (vgl. Anhang B4).

Anschließend wird in der Tabelle „Model“ die Zuordnung der Attribute und Objekttypen sowie die interne Attributart definiert. Die äquivalenten Attributarten nach .IFC und Simplebim zu den in der Modellierungsrichtlinie verwendeten Definitionen nach BIMQ sind in Tabelle 4-1 aufgeführt.

Tabelle 4-1:Äquivalente Attributarten in BIMQ, im .IFC-Format und in Simplebim

BIMQ	**.IFC**	**Simplebim**
Kennzeichen	IfcLabel	Text
Text	IfcText	Text
Reelle Zahl	IfcReal	Number
Anzahl	IfcInteger	Whole Number
Wahr/Falsch	IfcBoolean	Yes/No

Während die Notation der Attribute rein nach ihrem Namen geschehen kann, müssen für die korrekte Zuordnung zunächst Gruppen angelegt werden, die die Objekte des Modells anhand eines Zeigerattributs eindeutig einer Objektkategorie der Modellierungsrichtlinie zuordnen.

Die Unterteilung der IFC-Klassen zu entsprechenden Objektkategorien erfolgt in der Tabelle „Groups“. Eine Unterteilung ist immer dann notwendig, wenn mehrere Objektkategorien derselben IFC-Klasse zugeordnet sind. Als Zeigerattribut bietet sich das in Kapitel 4.1 benannte Attribute „Bauteilkategorie“ an (siehe Abbildung 4-6).

Define Groups Based on Property Values				
Group Name	Object Class [+]	Property [+]	Text Operator	Value [+]
Zapfstelle	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	Zapfstelle
WT	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	WT
WC	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	WC
Brunnen	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	Brunnen
Ablauf	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	Ablauf
Gasverbraucher	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	Gasverbraucher
Gasanschlussdose	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	Gasanschlussdose
Löschwasserentnahmestelle	IfcFlowTerminal	Bauteilkategorie	Match	Löschwasser

Abbildung 4-6: Definition von Objektkategorien (genannt: Group) in einer Simplebim Vorlagedatei

Die notwendigen Objektkategorien mit den zugehörigen IFC-Klassen und Attributwerten für „Bauteilkategorie“ können den Anhängen B7 bis B9 entnommen werden. Die Zuordnung der Attribute und Objektkategorien kann Anhang A12 entnommen werden.

Add Property to Object Class or Group		
Object or Group [+]	Property [+]	Property Type
WC	Liegenschafts-ID	Text
WC	Liegenschaftsbezeichnung	Text
WC	Raum-ID	Text
WC	Systemname	Text
WC	Hersteller	Text
WC	Barrierefrei	Text

Abbildung 4-7: Attributassoziation in der Model-Tabelle einer Simplebim Vorlagedatei

Um bei wiederholter Aktualisierung des IFC-Modells die Attributwerte automatisiert den einzelnen Objekten zuzuordnen, wird im nächsten Schritt die Modellanreicherung in der Tabelle „Enrichment“ vorbereitet. Für jede im Modell befindliche IFC-Klasse bzw. durch eine Group definierte Modellkategorie muss eine weitere Enrichment-Tabelle angelegt werden.

Object Or Group [+]	WC				
Property Name or Key	**Kennzeichen**	**Raum-ID**	**Systemname**	**Hersteller**	**Barrierefrei**
Operator	Match = equals	Set	Set	Set	Set
	1	000.015	S PWC 5	Geberit	Yes
	2	000.018	S PWC 5	Geberit	No
	3	001.015	S PWC 5	Geberit	Yes
	4	001.018	S PWC 5	Geberit	No
	5	001.018	S PWC 5	Geberit	No
	6	001.018	S PWC 5	Geberit	No

Abbildung 4-8: Attributwertetabelle (Enrichment-Tabelle) für Objektkategorie „WC“ in einer Simplebim Vorlagedatei

Die in Abbildung 4-8 dargestellte Enrichment-Tabelle dient der Zuordnung der entsprechenden Attributwerte für Objekte der Kategorie „WC“. Dabei erfolgt die Erkennung der einzelnen Objekte im Modell über das Zeigerattribut „Kennzeichen“, welches innerhalb der Objektkategorie einen eindeutigen Wert für jedes Objekt enthält. Der Operator „Match = equals“ bedingt, dass ausschließlich Objekte, die exakt den eingetragenen Attributwert besitzen, die Attributwerte der nachstehenden Attribute zugeordnet bekommen.

Die zu füllenden Attribute können den Definitionen der zuvor angelegten Model-Tabelle oder Anhang A12 entnommen werden. Anschließend können die Attributwerte der Tabelle hinzugefügt werden.

Durch die Verwendung der Vorlagedatei werden die Attribute beim Import der .IFC-Datei in Simplebim oder wahlweise nach dem Import über den Befehl „Apply Template“ dem Modell hinzugefügt und mit Attributwerten gefüllt.

4.4 Überprüfung der attribuierten Modelle in Modellprüfungs-Software

Die Sicherstellung einer effizienten, automatisierten Übertragung der Modelldaten erfordert eine geeignete, automatisierte Qualitätskontrolle. Dabei muss sichergestellt werden, dass die im Modell enthaltenen Objekte die geforderten Attribute enthalten und dass diese im korrekten Format ausgefüllt sind.

Neben der automatisierten Überprüfung der Attribute und Attributwerte ist die korrekte Bestimmung der Objektkategorie manuell zu kontrollieren. Diese Kontrolle erfordert Erfahrung sowie kontextuelles Verständnis und kann daher in absehbarer Zeit nicht automatisiert werden.

4.4.1 Modellprüfung in Simplebim

Für die qualitative Kontrolle des Testmodells kommt erneut die von Datacubist entwickelte Software Simplebim zum Einsatz. Nach der Installation des AddOns „mvdXML“ können die Attribute und Attributwerte über Vorlaufdateien aus BIMQ im .mvdXML-Format überprüft werden.

Die Überprüfung erfolgt im Workspace des AddOns. Dieser enthält das Fenster des AddOns sowie die Fenster „Validation“, „Properties“ und eine 3-D Ansicht des Modells (siehe Anhang A10). Im mvdXML Fenster wird zunächst die entsprechende BIMQ Exportdatei ausgewählt, aus der anschließend die Kategoriedefinitionen und deren Attribute in einer Simplebim Vorlagedatei angelegt werden. Nach erfolgreicher Initialisierung können die erzeugten Gruppen dem Fenster „Validation“ hinzugefügt werden. Die Überprüfung wird über die Betätigung der Schaltfläche „Apply Rules“ gestartet.

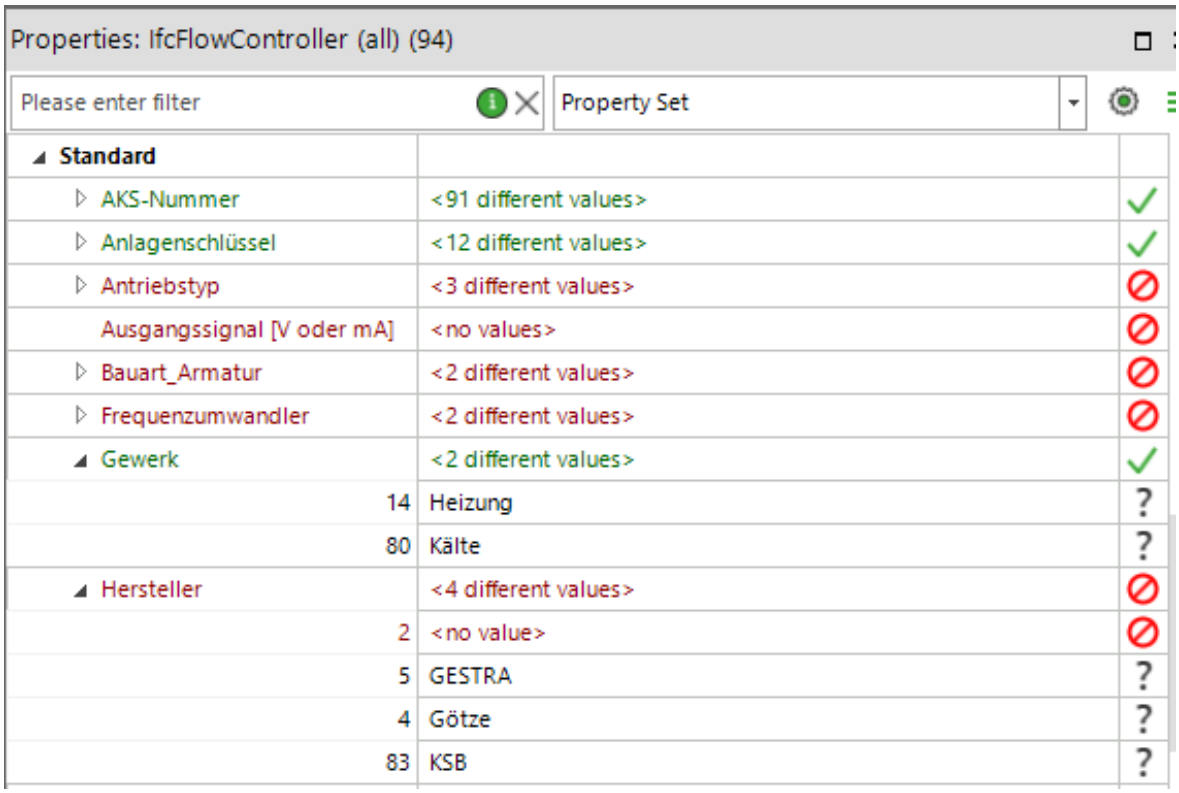


Abbildung 4-9: Simplebim Fenster „Properties“ bei erfolgreicher Anwendung der Prüfregeln

Abbildung 4-9 zeigt einen Teil der Attribute von Objekten der IFC-Klasse „IfcFlowController“. Diese entspricht der Objektklasse „Armatur“ in der Modellierungsrichtlinie. Eine Attributzeile mit grünem Häkchen weist auf das Vorhandensein eines Attributwertes in allen Objekten der gewählten Kategorie hin. Attributzeilen mit roter Kennzeichnung bedeuten, dass für dieses Attribut in einigen oder allen Objekten der gewählten Kategorie kein Attributwert vergeben ist. Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann das Modell in der Autorensoftware angepasst werden. Die Überprüfung der Einhaltung zuvor festgelegter Attributwertebereiche konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht automatisiert werden. Das Anlegen der gültigen Attributwerde in der Simplebim Vorlagedatei erfolgt manuell.

5 Entwicklung von Arbeitsabläufen zur anwender- und projektspezifischen Anpassung der Modellierungsrichtlinie

Das formulierte Ziel der Modellierungsrichtlinie liegt nach Kapitel 3.1 in der: „Abbildung der erforderlichen Informationsanforderungen an ein TGA-Modell innerhalb der BIM-Methode zur effizienten Nutzung der erhobenen Daten durch alle Planungsteilnehmer sowie in der Gebäudeverwaltung.“

Aus den verschiedenen Expertengesprächen /A bis L/ aus dem Zeitraum der Entwicklung der Modellierungsrichtlinie geht hervor, dass insbesondere die Aspekte „erforderliche Informationsanforderungen“ und „Abbildung […] zur effizienten Nutzung“ in der Anwendung der Modellierungsrichtlinie zwischen den beschriebenen Akteuren und der von ihnen verwendeten Software sehr unterschiedlich interpretiert werden können.

Im Folgenden werden daher Arbeitsabläufe dargestellt, mit Hilfe derer die Modellierungsrichtlinie anhand des Feedbacks eines Anwenders angepasst werden kann. Die Durchführung der Änderungen obliegt dabei einem Akteur, der im Umgang mit BIMQ und dieser Modellierungsrichtlinie geschult ist. Die notwendigen Vorbereitungsschritte sind teilweise bereits in der Modellierungsrichtlinie getroffen worden.

5.1 Individuelle Informationsanforderungen

Vor der ersten Anwendung der Modellierungsrichtlinie sollten individuelle Einschränkungen und Spezifizierungen gegenüber den Informationsanforderungen getroffen werden. Neben der Differenzierung der Informationsanforderungen nach Projektphasen und (BIM-) Anwendungsfällen, welche in zukünftigen Versionen der Modellierungsrichtlinie vorhanden sein werden, betrifft dies insbesondere Anpassungen an individuell bestehende Konventionen.

Während die Nutzung der Modellierungsrichtlinie ohne gewisse Anpassungen an die in ihr definierten Standards nicht effizient möglich ist, existieren insbesondere in den bestehenden CAFM-Umgebungen der Auftraggeber nahezu unumstößliche Konventionen. Nennenswerte Beispiele finden sich vorrangig in Definitionen zur Verortung und Identifikation eines Objektes. In der Modellierungsrichtlinie sind hierfür neben den Modellstrukturattributen weitere Attribute, die ein Objekt auf anderen Ebenen bzw. in anderem Kontext identifizieren, vorgesehen.

Tabelle 5-1: Bereitgestellte Auswahl an Attributen zur Identifikation eines Objektes

Attributname	**Vorgesehener Identifikationskontext**
Kostengruppe DIN 276	Gewerk
Kostengliederung DIN 276+x	Objektkategorie
Gewerk	Gewerk
AKS-Nummer	Gewerk, Objektkategorie, Position, Instanz /A/
FM Kennzeichnung	Gewerk, Objektkategorie, Position, Instanz /B/
Name	Objektkategorie bzw. Instanz

Die Aufgabe des Nutzers liegt hierbei in der Auswahl der für ihn sinnvollen Kombination an Identifikationsparametern. Darüber hinaus kann der Arbeitsaufwand der Modellautoren durch eine Eingrenzung dieser Identifikationsparameter auf individuelle Objekttypen verringert werden. Diese Eingrenzung kann beispielsweise anhand der tatsächlich in der CAFM-Umgebung betrachteten Objekttypen stattfinden.

5.2 Individuelle .IFC-Eigenschaftensätze

Während die Wahl des Eigenschaftensatzes für ein Attribut für die .IFC-Modellauswertung weitestgehend irrelevant ist, steht eine unübersichtliche Satzstruktur dem intuitiven Umgang mit dem Modell entgegen. Der einfachste Weg der Informationsgewinnung über ein Objekt in einem BIM-Modell sollte das BIM-Modell selbst sein. In den verschiedenen Expertengesprächen konnte kein einheitlicher Konsens über die korrekte Strukturierung der Eigenschaftensätze gefunden werden. Dabei ist zu bemerken, dass insbesondere Bauherren positiv auf die Nennung ihres Namens in der Satzbezeichnung reagiert haben /A,B/.

Die Anpassung der .IFC-Eigenschaftensätze kann unter geringem Zeitaufwand im Excel-Export der Modellkomponenten stattfinden. Grundsätzlich basiert die Anpassung auf der Ersetzung des „#“ im .IFC-Mapping. Durch das Anlegen geeigneter Datendefinitionen des Typs „Kategorisierung“ kann auf Basis eines Freitextes der Eigenschaftensatz für jedes Attribut durch einen Algorithmus festgelegt werden.

Anwendungsbeispiel:

Im Rahmen eines Workshops werden die Attribute der Modellierungsrichtlinie Bauherrenvertretern, Architekten, Vertretern ausführender Firmen, und Brandschützern vorgelegt. Die Workshopteilnehmer sollen entscheiden, ob Sie im Laufe des Planungs- bzw. Verwaltungsprozesses diese Attribute für ihre eigenen Prozesse benötigen. Ist dies der Fall, markieren Sie das Attribut mit einem Kreuz in ihrer Spalte.

Ist ein Attribut durch eine der Parteien markiert, wird es im Eigenschaftensatz „Allgemein“ untergebracht. Anderenfalls wird es dem Eigenschaftensatz „Spezifisch“ zugeordnet. Um Attribute von Schnittstellenobjekten besser unterteilen zu können, wird die Modellierungsrichtlinie um die Klassifikation „Zuständigkeit“ erweitert. Das jeweilige datenerhebende Gewerk wird in diesem Fall der Satzbezeichnung vorangestellt.

1.Ebene	**2.Ebene**	**Zuständigkeit**						**IFC 2X3 TC1**
Fluidtransportsystem								Fluidtransportsystem
	Fluidbezeichnung						TAP	TAP Spezifisch.Fluidbezeichnung
	Fluiddichte						TAP	TAP Spezifisch.Fluiddichte
	Systemvolumenstrom [m3/h]						TAP	TAP Spezifisch.Systemvolumenstrom [m3/h]
	Maximale Fluidtemperatur						TAP	TAP Spezifisch.Maximale Fluidtemperatur
	Minimale Fluidtemperatur						TAP	TAP Spezifisch.Minimale Fluidtemperatur
	Fluidnenndruck [bar]						TAP	TAP Spezifisch.Fluidnenndruck [bar]
	ISP-Zuordnung						TAP	TAP Spezifisch.ISP-Zuordnung
	Auslegungsfluidtemperatur						TAP	TAP Spezifisch.Auslegungsfluidtemperatur
	Höchste Wasserqualitätsanforderung im System						TAP	TAP Spezifisch.Höchste Wasserqualitätsanforderung im System
	Rohrmaterial brennbar						TAP	TAP Spezifisch.Rohrmaterial brennbar
	Fluid giftig						TAP	TAP Spezifisch.Fluid giftig
	Fluid brennbar	X			X		TAP	TAP Allgemein.Fluid brennbar
	Fluid umweltschädlich						TAP	TAP Spezifisch.Fluid umweltschädlich
Thermisches System								Thermisches System
	Thermische Systemleistung [kW]	X			X		TAP	TAP Allgemein.Thermische Systemleistung [kW]
Elektrisches System								Elektrisches System
	Elektrische Systemleistung [kW]	X			X		TAP	TAP Allgemein.Elektrische Systemleistung [kW]
	Netzfrequenz [Hz]						TAP	TAP Spezifisch.Netzfrequenz [Hz]
Sanitärinstallationen mit Spülung								Sanitärinstallationen mit Spülung
	Spülung Prinzip der Auslösung	X	X				TAP	TAP Allgemein.Prinzip der Auslösung

Abbildung 5-1: Excel-Export der Modellkomponenten aus BIMQ zur Individualisierung der Eigenschaftensätze in .IFC-Modellen

Im Anschluss kann das IFC-Mapping der Attribute durch die Kombination der Spalten „Zuständigkeit“ und „2. Ebene“ sowie einer Abfrage der anzukreuzenden Zellen automatisiert erzeugt werden (Formel: siehe Anhang A11).

5.3 Erweiterte Datenabfrage für den Revit-Solarcomputer-Workflow

Durch die Nutzung CAD-basierter Berechnungsprogramme lassen sich viele Berechnungen im Planungsprozess automatisieren. Die dabei erhobenen Daten können im Idealfall direkt im Modell hinterlegt werden. Die Verwendung dieser Daten über den Planungsprozess hinaus kann wichtige Hinweise für die Wartung, Überwachung, Erweiterung und Ersetzung gebäudetechnischer Systeme und Anlagen liefern.

Für die Rohrnetzberechnung in Heizungs- und Trinkwassersystemen mittels Autodesk Revit und Solar-Computer über die GBIS-Schnittstelle ist eine Abfrage dieser Daten in der Modellierungsrichtlinie vorgesehen. Zur Berechnung eines Rohrnetzes attribuiert das Revit-Addon der Solarcomputer GmbH (genannt: GBIS) die enthaltenen Objekte auf Familienebene über gemeinsam genutzte Parameter. Dieser Prozess kann als identisch zu der Attribuierung der Objekte durch den AIA-Editor angesehen werden.

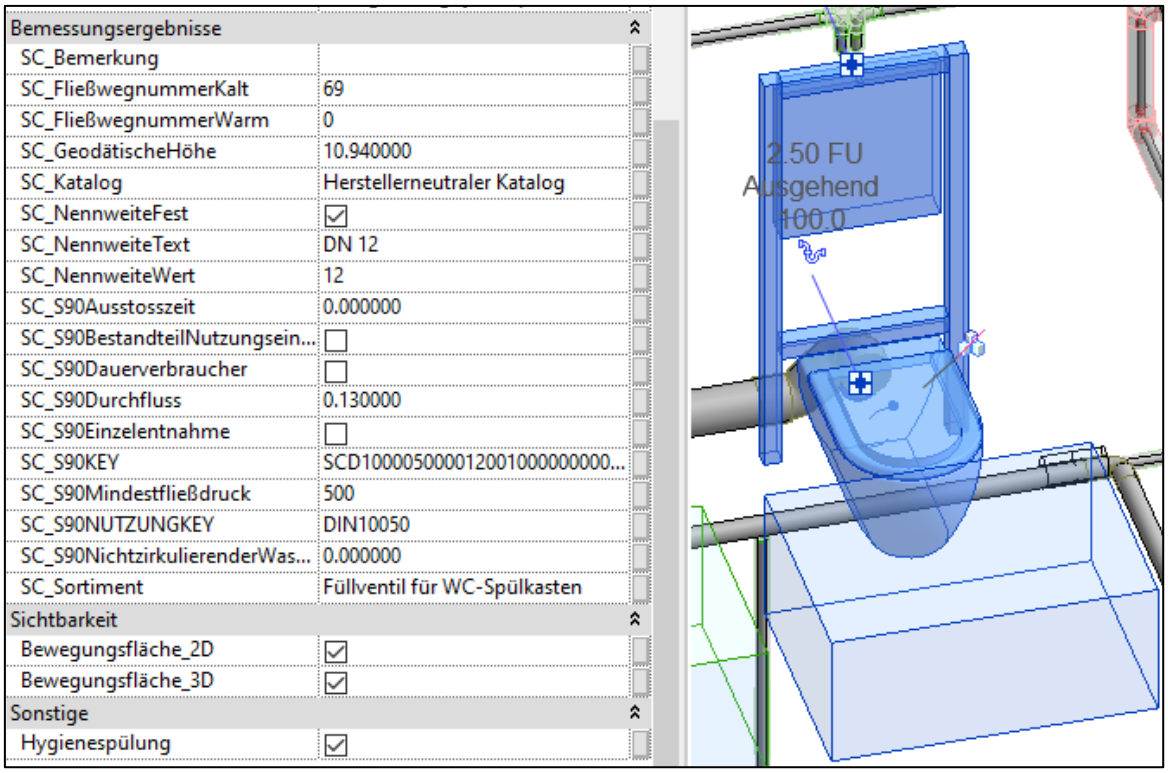


Abbildung 5-2: Sanitärinstallation mit Solarcomputer-Parametern in Revit

Um diese Attribute im .IFC-Export abzufragen, ohne Fehler bei der Nutzung von GBIS zu provozieren, wird eine neue Datenabfrage für BIMQ angelegt („Objektbetreuung (LPH 9)“ x „Vollständiger Datensatzabruf“). Dieser enthält zusätzliche Parameter, die nicht durch den AIA-Editor dem Revit-Modell hinzugefügt werden sollen. Die enthaltenen Attribute erhalten zu den GBIS-Attributen äquivalente Revit-Mappings und Einheitendefinitionen.

Die Attribute werden den in Kapitel 3.4 beschriebenen Sätzen hinzugefügt und erhalten die nachgestellte Kennzeichnung „(auto)“.

	Typ	Revit	LPH 8-97	LPH 9-97
Sanitärinstallation_E	Gruppe	Sanitärinstallation_E	x	x
Installationstyp	Eigenschaft	*Installationstyp*	X	X
Wandtyp	Eigenschaft	Wandtyp	X	X
Einbausituation Bedienelement	Eigenschaft	Einbausituation Bedienelement	X	X
Höhenverstellbar	Eigenschaft	Höhenverstellbar	X	X
Minimaler Fließdruck [hPa] (auto)	Eigenschaft	SC_S90MindestfließdruckKalt	-	X
Barrierefrei	Eigenschaft	Barrierefrei	X	X

Abbildung 5-3: Attributsatz im Interface "Anforderungen" von BIMQ mit einem GBIS-Attribut

Neben den GBIS-Attributen werden auf diese Weise auch die Built-In Parameter Höhe, Länge, Breite, Tiefe, Fläche und Volumen abgefragt. Beim .IFC-Export aus Revit kann nun durch die Wahl der entsprechenden Vorlagedatei bestimmt werden, ob die automatisch gefüllten Attribute der .IFC hinzugefügt werden sollen.

6 Analyse von Optimierungspotenzialen der Modellierungsrichtlinie

Modellierungsrichtlinien unterliegen kontinuierlichen Optimierungsprozessen. Die Weiterentwicklung der zur Verfügung stehenden Werkzeuge und zunehmende Komplexität der zu bewältigenden Herausforderungen in der Bauwirtschaft ermöglicht und erfordert die ständige Anpassung der zu definierenden Vorgaben gegenüber Planungsunterlagen. Im Folgenden soll daher bewertet werden, welche Vorteile die Implementierung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Modellierungsrichtlinie erbringen kann, welche Herausforderungen bei ihrer Implementierung zu bewältigen sind und wie Sie in zukünftigen Entwicklungen im Hinblick auf ihren inhaltlichen Umfang, ihre Interoperabilität in Open-BIM-Prozessen und ihre Anwendbarkeit erweitert und verbessert werden kann.

6.1 Evaluierung des Mehrwerts

Die erfolgreiche Etablierung eines neuen Produkts wird durch Sie zu erwartenden Mehrwert bedingt. Die Abschätzung dieses Mehrwerts bedingt die Schaffung eines Referenzfalles und ist von der jeweilig eingenommenen Betrachtungsposition abhängig.

Um den potenziellen Mehrwert der in dieser Masterarbeit entwickelten Inhalte und untersuchten Methoden abzuschätzen, wird die Anwendung dieser im Testmodell (genannt: BIM-Szenario) mit dem Ablauf desselben Planungsprojekts ohne Informationsanforderungen an das Modell oder Implementierung weiterer digitaler Methoden (genannt: klassischer Fall) verglichen. Dabei wird der Arbeitsaufwand des Auftragnehmers (im Folgenden: der Planer) und der des Auftraggebers in den beiden Szenarien qualitativ gegenübergestellt. Darüber hinaus sollen zeitlich nicht erfassbare Mehrwerte des BIM-Szenarios dargestellt werden. Das Ziel beider Szenarien ist die Realisierung der Absorbtionskälteanlage und die Erfassung dieser in der Gebäudeverwaltungssoftware des Auftraggebers.

Grundsätzlich ist der Arbeitsaufwand des Planers im betrachteten BIM-Szenario höher als im klassischen Fall. Die Übertragung der Auslegungs- und herstellerspezifischen Daten hat in dem betrachteten Projekt zusätzlich ca. 24 Arbeitsstunden beansprucht. Bei diesem Prozess konnten bei keinem der durch die Hersteller bereitgestellten Modelle enthaltene Attribute weiterverwendet werden.

Diesem Mehraufwand steht jedoch ein dramatisch verringerter Arbeitsaufwand für den Auftraggeber entgegen. Im klassischen Fall muss dieser, nach der Abgabe der finalen Planungsunterlagen, die Strukturen der zentralen Pläne analysieren und auf Basis dieser Erkenntnisse entsprechende Strukturen in seiner CAFM Umgebung aufbauen. Erst dann kann er die benötigten Informationen den beigestellten Herstellerunterlagen entnehmen und für die Gebäudeverwaltung aufarbeiten. Für den Umfang des betrachteten Projekts sind für diese Aufgaben etwa 100 Stunden anzusetzen /K/. Die Vermeidung des Informationsverlustes bei der Übergabe der Planungsunterlagen und des realen Planungsgegenstands ist eines der zentralen Ziele der BIM-Methode und wird durch die Implementierung der Modellierungsrichtlinie realisiert.

Im BIM-Szenario wird ein Großteil der Übernahme der standardisierten Modellattribute in die CAFM-Umgebung durch spezialisierte Software und einmalig zu programmierende Mapping-Algorithmen erledigt. Dabei können Wartungs-routinen und grundsätzliche Strukturen der Gebäudeautomation aus den Modelldaten abgeleitet werden /K/. Durch die Verknüpfung von CAFM-Datenbank und .IFC-Modell kann die Ersetzung von Komponenten direkt erfasst und in Form einer in ihrem Informationsgehalt aktualisierten Modelldatei für zukünftige Planungsaufgaben zur Verfügung gestellt werden.

Auf Seite des Planers kann nach der Modellattribuierung eine verbesserte Handhabung vermerkt werden. Die Vielzahl an Attributen bietet umfangreiche Filtermöglichkeiten in Ansichten, Mengenlisten und Modellexporten sowie zahlreiche Möglichkeiten zur Modellauswertung und -überprüfung. Unter anderem können kritische Daten der vorausgelegten Komponenten direkt bei der modellgestützten Netzberechnung verwendet werden.

6.2 Bewertung der Anwendbarkeit

Neben dem zu erwartenden Mehrwert eines neuen Produkts ist seine Anwendbarkeit der größte Faktor bei seiner Etablierung. Auch ein Produkt mit substanziellem Mehrwert kann scheitern, wenn die Anwendung dieses Produkts mit einer nicht überwindenswert erscheinenden Einstiegshürde verbunden ist.

Zur Sicherstellung der Anwendbarkeit und Verständlichkeit der Modellierungsrichtlinie wurde Sie kontinuierlich durch Mitarbeiter der WPW Leipzig GmbH und in regelmäßigen Abständen durch externe Planungsakteure evaluiert. Die Implementierung der Modellierungsrichtlinie über den Revit - AIA-Editor - Workflow (siehe Anhang A6) konnte von allen Teilnehmern, mit Hilfe von Anhang B7 bzw. B8 und des Anwendungsbeispiels aus Anhang A6, nach wenigen Minuten der Unterrichtung selbstständig und fehlerfrei in einem Testmodell durchgeführt werden.

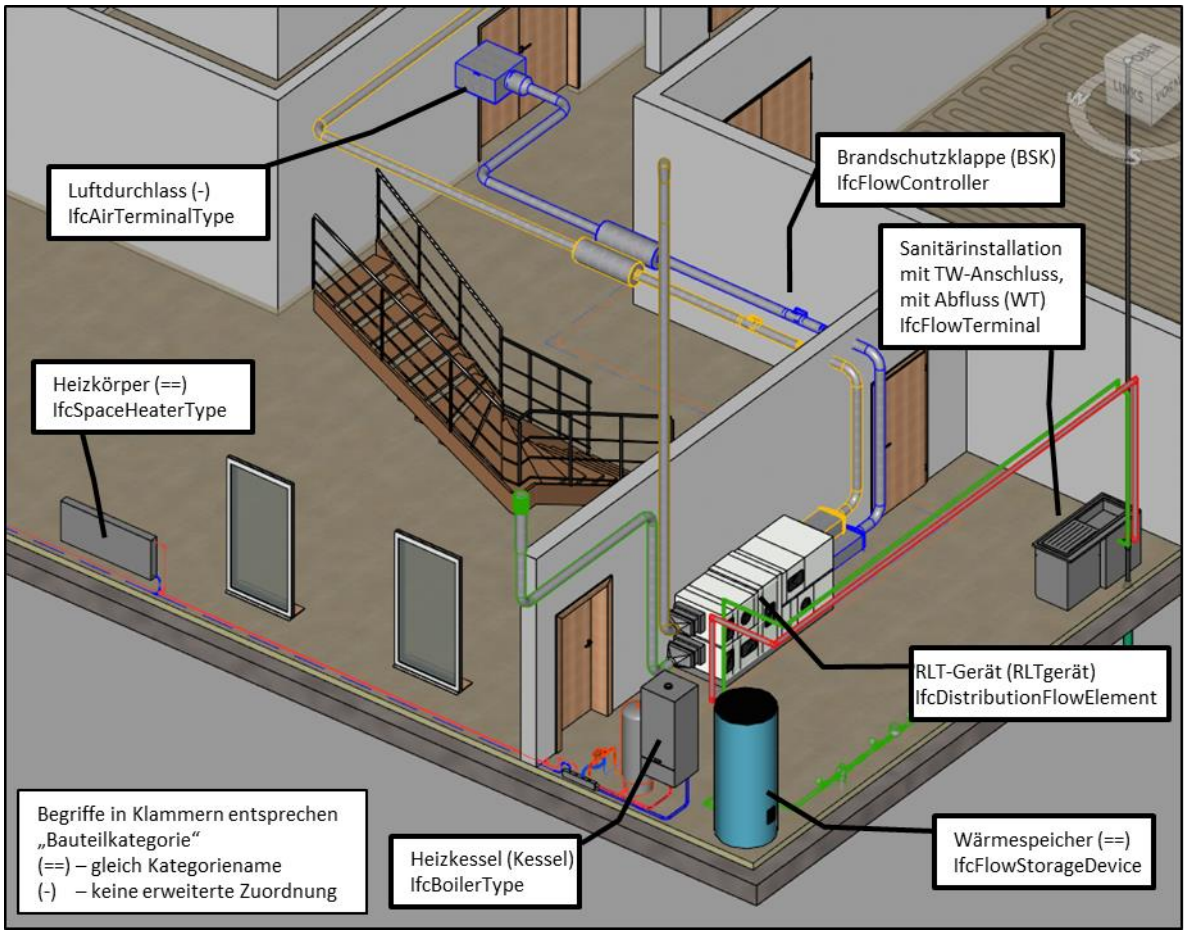


Abbildung 6-1: Testmodell zur Überprüfung der Anwendbarkeit der Modellierungsrichtlinie in Revit mit beispielhaften Kategoriedefinitionen (MRL, Bauteilkategorie, IFC-Klasse)

Sowohl die Attribuierung in Revit ohne AIA-Editor als auch die Attribuierung von IFC-Modellen wurde von den Befragten für nicht praktikabel befunden. Insbesondere der Attribuierungsprozess in Revit ist extrem zeitaufwändig, da jedes Attribut einzeln in jede einzelne Familie importiert werden muss oder ein umfassendes Verständnis über die interne Struktur der Modellierungsrichtlinie erfordert (siehe Anhang A7).

Insgesamt wurde die interne Struktur, wie erwartet, zunächst als „unübersichtlich“ eingeschätzt. Durch die vorgenommene Unterteilung der Vererbungsprozesse und die daraus entstandenen Grafiken (z.B. Anhang B2) konnte jedoch das Verständnis der Befragten darüber, warum welches Attribut welcher Objektklasse zugeordnet ist, deutlich verbessert werden.

Aufgrund der konsequenten Einhaltung der Attributassoziation auf Satzebene können die Datenbankstrukturen in BIMQ nach dem Hinzufügen oder Löschen von Inhalten im Reiter „Modellkomponenten“ durch die Verwendung der Funktion „alle Anforderungen aktualisieren“ im Reiter „Konfiguration“ zentral nachgeführt werden. Die Funktion ordnet alle Attribute des gewählten Satzes der Gesamtheit aller Objekttypen zu, denen die enthaltenen Attribute zuvor zugeordnet waren. Bei Attributassoziation auf Attributebene wäre von der Verwendung dieser Funktion abzuraten. Die Aktualisierung der Datenbank müsste in diesem Fall manuell über einen bidirektionalen Excel-Export oder instanzweise per Drag-and-Drop durchgeführt werden.

6.3 Inhaltliche Optimierung und Erweiterung

Durch die Implementierung der Modellierungsrichtlinie in einem realen Planungsprojekt konnte die Qualität der Attribute, die den im Projekt enthaltenen Objektklassen zugeordnet sind, deutlich gesteigert werden. Die Qualität und Anzahl der Attribute anderer Kostengruppen und Objektklassen erfordern jedoch noch einige Iterationsschritte. Insbesondere Elektroanlagen (KG 440 bzw. 450) und Feuerlöschanlagen (KG 475) bieten weiterhin großes Optimierungspotenzial. Darüber hinaus ist die Integration weiterer Kostengruppen und Gewerke in die Modellierungsrichtlinie zukünftig anzustreben.

Parallel zu diesen Entwicklungen sind Abstufungen des geforderten Modellinformationsgehalts vorzusehen, um eine stufenweise Attribuierung zu ermöglichen und damit Datenmüll zu vermeiden. Zu diesem Zweck ist die Datenabfrage nach Projektphasen und Anwendungsfällen zu differenzieren. Grundlage hierfür können beispielsweise die HOAI und der Plan zur Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“ /20/ darstellen. Anhand dieser Differenzierung soll anschließend der Zeitpunkt bestimmt werden, zu dem ein spezifisches Attribut befüllt werden kann. Mit Hilfe dieses Wissens können anschließend erfüllbare Anforderungen und Abfragen für die jeweiligen Kombinationen aus Anwendungsfall und Projektphase formuliert werden.

Weiterhin ist durch die tiefere Betrachtung und Differenzierung von Strukturobjekten eine deutliche Effizienzsteigerung zu erwarten. Diese begründet sich in der in Kapitel 2.4.4 beschriebenen Möglichkeit, Attribute über die Beziehung zwischen einem Objekt und den übergeordneten Strukturobjekten im CAFM zuzuordnen. Im aktuellen Zustand der Modellierungsrichtlinie findet diese Zuordnung vorrangig zwischen Objekten und Systemen statt. Bei der Erweiterung der Modellierungsrichtlinie auf Architekturobjekte sollte daher diese Option in Bezug auf Räume, Zonen, Geschosse, Gebäude und Liegenschaften weiterverfolgt werden.

6.4 Verbesserung der Interoperabilität

Über den zu erwartenden Mehrwert und die Anwendbarkeit eines Produktes an sich hinaus ist die Interoperabilität mit etablierten Produkten und Arbeitsabläufen von essenzieller Bedeutung für den Erfolg des Produktes. Dieser Prämisse folgend, ist eines der zentralen Ziele der Modellierungsrichtlinie nach Kapitel 3.1 die Minimierung der notwendigen Umstellung von Arbeitsabläufen zur Implementierung der Modellierungsrichtlinie innerhalb eines Planungsbüros. Dabei ist der Umfang der notwendigen Umstellung primär von der Ausgangssituation des jeweiligen Planungsbüros abhängig. Ein Planungsbüro, welches bereits mit Revit arbeitet, kann die Implementierung der Vorgaben der Modellierungsrichtlinie nach dem Kauf des AIA-Editors und einer kurzen Einweisung in dessen Funktionsweise weitestgehend problemlos in ihren Planungsprozess eingliedern. Dies ist aktuell für Planungsbüros, die eine andere Autorensoftware verwenden, nicht der Fall.

Zur Verbesserung der Interoperabilität der Modellierungsrichtlinie sind daher zukünftig weitere Mappings für den Export von Vorlaufdateien zur Attribuierung von BIM-Fachmodellen in weiteren, nativ durch BIMQ unterstützten, Autorenprogrammen anzulegen. In Kombination mit der Erweiterung der Modellierungsrichtlinie auf andere Gewerke kann im Sinne des Open BIM-Gedankens die Modellierungsrichtlinie für einen Großteil der Planungsakteure zugänglich gemacht werden.

Parallel zur Entwicklung der softwarespezifischen Mappings ist die Klassifizierung der Objektkategorien nach IFC zu überarbeiten. Durch die Zuordnung derselben IFC-Klasse zu mehreren Objektkategorien wird insbesondere die Modellprüfung in Simplebim deutlich erschwert. Zur Unterscheidung von Objektkategorien derselben IFC-Klasse müssen nach dem Import der .mvdXML-Datei händisch Gruppen anhand von Zeigerattributen angelegt werden, um eine akkurate Modellüberprüfung zu gewährleisten.

Die Überarbeitung der IFC-Mappings kann sowohl über die Unterscheidung von Objektkategorien nach dem IFC-Typen als auch über die Nutzung der in Version 2.3 in BIMQ implementierten Funktion „Zusätzliche Klassifizierung nach Eigenschaft“ erfolgen. Hierdurch werden die Objektkategorien entweder nativ im .IFC-Format eindeutig unterschieden oder können durch die automatische Erstellung von Gruppen in Simplebim eindeutig definiert.

7 Fazit und Aussicht

Der Ansatz der Erarbeitung eines BIM-Planungsprozesses aus den Anforderungen der Gebäudeverwaltung an den Informationsgehalt von TGA-Modellen hat sich im Rahmen dieser Arbeit als vielversprechend erwiesen. Durch die Definition eines zentralen Ziels am Ende des Planungsprozesses können vorgelagerte Anwendungsfälle bereits in ihrer Entwicklungsphase im Kontext der Erfüllung des zentralen Ziels optimiert werden.

Darüber hinaus kann durch die modellgestützte Automatisierung der Übergabe von Planungsunterlagen an die CAFM-Umgebung ein messbarer Mehrwert in Form eines reduzierten Arbeits- und Kostenaufwands im Übergabeprozess selbst sowie in nachgelagerten Prozessen verzeichnet werden. Dieser messbare Mehrwert kann die notwendige Motivation für einen Bauherren darstellen, um seine Anforderungen an zu erbringende Planungsleistungen an die Verwendung der BIM-Methode anzupassen und entsprechende Unterlagen zur Verfügung zu stellen.

Die im Rahmen dieser Masterarbeit entwickelte TGA-Modellierungsrichtlinie bildet in Zusammenwirkung mit den dargestellten Anwendungs- und Anpassungs-prozessen eine flexible und anwenderfreundliche Grundlage, anhand derer Bauherren an Sie angepasste Anforderungen an Modellinformationen definieren können.

Dabei hat sich die Katalogisierung der betrachteten Objekttypen und Attributsätze in BIMQ basierend auf dem, die DIN 276 erweiternden, CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen als essenzieller Faktor zur Wahrung der Anwendbarkeit und Verständlichkeit bei steigender Komplexität der Datenbank erwiesen.

Die explizite Natur der Objektkategorien und ihre Einteilung nach den in der Bauwirtschaft etablierten Kostengruppen ermöglicht Anwendern der Modellierungsrichtlinie, bei der Verwendung der bereitgestellten Darstellungen zur Vorbereitung ihrer Modelle für die Attribuierung mithilfe der erzeugten Vorlagedateien auf bereits vorhandenes Wissen zurückzugreifen, senkt dadurch den notwendigen Arbeits- und Lernaufwand und minimiert das Fehlerpotenzial.

Die erforderliche Komplexität der Attributsatzstruktur zur Assoziation von Attributen auf Satzebene stellt für die Bearbeitung der Inhalte der Modellierungsrichtlinie weiterhin eine entscheidende Hürde für die eigenständige Anpassung der Modellierungsrichtlinie durch den Anwender dar. Neben der Kenntnis grundlegender Funktionen in BIMQ sind Kenntnisse über diese Strukturen beim Hinzufügen oder Entfernen von Attributen außerhalb der kategoriespezifischen Sätze notwendig. Es ist daher weiterführend in Testprojekten zu prüfen, in welcher Form diese für den Betreiber intuitiv verständlich dargestellt werden können.

Weiterhin ist für die Anwendbarkeit der Modellierungsrichtlinie in einem Open BIM Prozess die Interoperabilität durch die Untersuchung der internen Kategorisierung aller relevanten sowie nativ durch BIMQ unterstützten Autorenprogramme und anschließende Ergänzung von Mappings zu erweitern.

Die Möglichkeit der Erzeugung einer Model View Definition (MVD) sowie den zu ihrer Umsetzung notwendigen Vorlagedateien ermöglicht einen zielorientierten Export von Modellinformationen aus der Autorensoftware beim .IFC-Export. Insbesondere für die Anwendung mit Autodesk Revit stellt dies einen erheblichen Mehrwert gegenüber der Verwendung der Basiseinstellungen dar (Revit-IFC-Exporteinrichtung: siehe Anhang A9). Auf diese Weise fördert die Implementierung der Modellierungsrichtlinie die Kommunikation durch .IFC-Dateien. Durch die weitere Differenzierung der MVD anhand von Anwendungsfällen und Projektphasen kann dieser Kommunikationsweg weiter vereinfacht und rationalisiert werden.

Neben der Optimierung und Erweiterung der Modellierungsrichtlinie an sich, kann der durch ihre Anwendung entstehende Arbeitsaufwand durch die vorausschauende Implementierung und Befüllung der Attribute in den Objektmodellen weiter verringert werden. Im Kontext eines Planungsbüros könnten in häufig wiederverwendeten Objekten allgemeingültige sowie interne Standards vorab in die Attribute eingetragen werden. So können beispielsweise in Revit die Attribute „Kostengruppe DIN 276“, „Mindestfließdruck [hPa]“ und „Barrierefrei“ für eine gegebene Familie des Objekttyps „Sanitärinstallation“ projektunabhängig mit „412“, „1000“ und „nein“ befüllt werden. Diese zentralisierte Lösung ersetzt die redundante Attributbefüllung in nachfolgenden Projekten.

Weiterführend könnten herstellerspezifische Objekte bereits mit den entsprechenden Attributen und Attributwerten bereitgestellt werden. Dieser Ansatz wird aktuell auch im Rahmen der Entwicklung des ETIM-Standards /24/ verfolgt. In Zusammenarbeit mit dem Softwarehersteller Cadenas /26/ entwickelt der internationale Verband ETIM International ein Klassifizierungs- und Attribuierungssystem mit hinterlegten Produktgeometriedaten zur automatisierten Erzeugung von Objektmodellen anhand von Auslegungs- und Herstellerdaten /24/. Während die Anwendungsmöglichkeiten des ETIM-Standards und der dazugehörigen Softwareanwendungen vielversprechend erscheint, ist die Weiterverwendung der Modellinformationen aufgrund der sprachneutralen Codierung der Attribute und Attributwerte schwierig.

Im Rahmen zukünftiger Erweiterungen der Modellierungsrichtlinie sollte die Möglichkeit des Mappings der Attribute der Modellierungsrichtlinie auf äquivalente Attribute des ETIM-Standards geprüft werden. Auf diese Weise könnten die Attribute mit den passenden Attributwerten direkt aus den im Objektmodell Enthaltenen abgeleitet und in Klartext in der .IFC-Datei zur Verfügung gestellt werden.

Während BIMQ das zentrale Werkzeug zur Erstellung und Implementierung der Modellierungsrichtlinie darstellt, existieren auch in Bezug auf die Funktionalität dieses Werkzeugs weitere Optimierungspotenziale. An vielen Stellen fehlt BIMQ die intuitive Vermittlung von Ursache und Wirkung. Insbesondere bei der Bearbeitung im Reiter „Modellkomponenten“ ist häufig nicht ersichtlich, welche Auswirkungen die bearbeiteten Datendefinitionen auf die nachgelagerten Prozesse haben. Darüber hinaus wären die Option zur Abbildung relationaler Datenbanken in BIMQ als Alternative zur Darstellung der Attributzuordnung in einer Inzidenzmatrix sowie eine Möglichkeit zu Automatisierung oder Rationalisierung der anwendungsfall- und projektphasenspezifischen Datenabfrage wünschenswert.

8 Zusammenfassung

Die Implementierung der BIM-Methode erfordert die Entwicklung umfangreicher, flexibler und verständlicher Standards insbesondere in Bezug auf die Anforderungen an den Informationsgehalt von BIM-Modellen als zentraler Kommunikationsweg. Eine vollständige Generalisierung dieser Anforderungen ist aufgrund der vielfältigen Problemstellungen der Baubranche nicht realisierbar. Im Rahmen der Entwicklung der Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) bzw. des BIM-Ablaufplans (BAP) kann ein projektspezifischer Standard durch den Bauherrn definiert werden. Die Motivation zur Definition eines solchen Standards findet sich zunehmend in der Verwendung der Modelldatenbank im computergestützten Facility Management. Zur Unterstützung des Bauherren bei der Definition der Informationsanforderung an ein gebäudetechnisches BIM-Modell wurde im Rahmen dieser Arbeit mithilfe der Datenbankmanagementsoftware BIMQ ein grundlegender Standard in Form einer digitalen Modellierungsrichtlinie entwickelt.

BIMQ ermöglicht neben der Erzeugung von AIA-Dokumenten die automatisierte Attribuierung von Objekten in objektbasierten CAD-Anwendungen wie Autodesk Revit. Zu diesem Zweck können den in BIMQ angelegten Objekttypen und Attributen softwarespezifische Datendefinitionen zugeordnet werden, aus denen anschließend Vorlagedateien für die entsprechenden Anwendungen erzeugt werden. Darüber hinaus ermöglicht die Zuordnung von Datendefinitionen für das .IFC-Austauschformat in Kombination mit den entsprechenden Vorlagedateien die Steuerung des Informationsgehalts und der Informationsstruktur in der aus einem nativen Modell exportierten .IFC-Datei.

Der zentrale Anspruch an die entwickelte Grundlage lag in der Minimierung des Arbeitsaufwands bei der Umstellung der Arbeitsabläufe eines Planungsbüros zur Implementierung der Modellierungsrichtlinie. Dementsprechend musste bei der Klassifizierung der relevanten Objekte und der Erzeugung der Datenbankstruktur ein Kompromiss zwischen der Anpassungsfähigkeit der Modellierungsrichtlinie an Anforderungen des Bauherren und der Anwendbarkeit durch die Planungsakteure gefunden werden.

Zu diesem Zweck wurden bestehende Klassifizierungs- und Attribuierungssysteme untersucht und in Zusammenarbeit mit Bauherrenvertretern, Planungsakteuren und Gebäudeverwaltern evaluiert. Dabei hat sich der CAFM-Connect Katalog der Bauteile, aufgrund seiner Entwicklung aus der Gebäudeverwaltung heraus, als beste, intuitiv für Planungsbeteiligte und Gebäudeverwalter verständliche, Kategorisierung ergeben. Die Kategorisierung nach CAFM-Connect wurde daher als Grundlage der Katalogstruktur in BIMQ und der Zuordnungsalgorithmen genutzt, die ein Planungsbeteiligter bei der Anwendung der Modellierungsrichtlinie in einer Autorensoftware durchführen muss.

Die Kategorisierungsstruktur nach CAFM-Connect eignet sich allerdings nicht für die Erzeugung einer konsistenten Datenbank in BIMQ. Für die Zuordnung von Attributen und Objektkategorien wurde daher in Anlehnung an die IFC-Klassen eine hierarchische Zuordnungsstruktur mit kategoriespezifischen und kategorieunabhängigen Attributsätzen entwickelt. Dabei werden Attribute satzweise nach einem von drei Prinzipien einer Objektkategorie zugeordnet. Unabhängig von dieser Struktur werden den Objekten Attribute zugeordnet, die Sie eindeutig in der Modellstruktur verorten.

Mittels der auf diese Weise erzeugten digitalen Modellierungsrichtlinie wurde anschließend der BIM-Workflow von der Implementierung dieser in der Autorensoftware Autodesk Revit, über die Prüfung der zu liefernden .IFC-Datei in der Modellprüfsoftware Simplebim, bis zur Übergabe der Modelldaten an die Gebäudeverwaltungssoftware SAP anhand eines realen Planungsprojekts im BMW Werk Leipzig erprobt. Zur Untersetzung der Revit-internen Objektkategorisierung wurde während der Erprobung der Modellierungsrichtlinie unter Verwendung des AddOns AIA-Editor ein Attribut zur eindeutigen Identifizierung der Objektkategorie einer Familie bestimmt und ein Mappingsystem für dessen Attributwerte entwickelt. Als Alternative zur nativen Implementierung der Modellierungsrichtlinie in einer Autorensoftware anhand des Beispiels Autodesk Revit wurde anschließend die direkte Attribuierung von Modellen im .IFC-Format mittels Simplebim dargestellt.

Nach der Entwicklung und Erprobung wurde die Modellierungsrichtlinie anhand der gewonnenen Erkenntnisse optimiert und es wurden beispielhafte Arbeitsabläufe zur bauherren- oder projektspezifischen Anpassung der Inhalte, Anforderungen und Strukturen getestet und dokumentiert. Abschließend erfolgte die Bewertung der Modellierungsrichtlinie des durch Sie im Testprojekt erbrachten Mehrwerts und ihrer Anwendbarkeit. Diese Bewertung bildet die Basis für zukünftige inhaltliche Erweiterungen und Strategien zur Optimierung der Interoperabilität, um die in dieser Arbeit entwickelte Grundlage zur Definition von Auftraggeberinformationsanforderungen stetig zu verbessern.

Literatur

/1/ VDI 3805
Elektronischer Produktdatenaustausch in der TGA
04.2002-07.2020

/2/ CAFM-Connect – CAFM RING e.V.
https://www.cafmring.de/cafm-connect/
05.01.2021

/3/ CAFM-Connect Katalog Viewer
http://katalog.cafm-connect.org/Viewer.aspx
05.01.2021

/4/ IFC4 Documentation
https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/
16.01.2021

/5/ CAFM Ring e.V.
Anwenderhandbuch CAFM-Connect-Editor
13.07.2012

/6/ Standards & Standardisierung | buildingSMART Deutschland
https://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards-standardisierung
23.01.2021

/7/ DIN EN ISO 16739
Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement
April 2017

/8/ DIN EN 81346-2
Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte – Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung – Teil 2: Klassifizierung von Objekten und Kennbuchstaben für Klassen
Entwurf August 2017

/9/ Dr. Bill East, PhD, PE, F.ASCE, Mariangelica Carrasquillo-Mangual
The COBie Guide: a commentary to the NBIMS-US COBie standard
12.03.2013

/10/ OMNICLASS – A Strategy for Classifying the Built Environment
Table 21 – Elements
http://omniclass.org
© 2014 Construction Specifications Institute, Inc.
National Standard 16.05.2012

/11/ OMNICLASS – A Strategy for Classifying the Built Environment
Table 23 – Products
http://omniclass.org
© 2014 Construction Specifications Institute, Inc.
National Standard 16.05.2012

/12/ OMNICLASS – A Strategy for Classifying the Built Environment
Table 49 - Properties
http://omniclass.org
© 2014 Construction Specifications Institute, Inc.
National Standard 30.10.2012

/13/ Manfred Helmus, Univ.-Prof. Dr.-Ing.,
Anica Meins-Becker, Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Leitfaden für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells
Anlage 3: Anforderungskatalog Räume und Bauelemente – Architektur
Bergische Universität Wuppertal, Technische Universität Darmstadt
April 2020

/14/ VIB – BIM Muster – AIA
Einbindung der Brandschutzplanung in den Gesamtplanungsprozess mit Building Information Modeling
Februar 2020

/15/ BIM FORUM
LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY
For Building Information Models and Data
Copyright © 2019 BIM Forum
April 2019

/16/ Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
Modellierungsrichtlinie, Anlage E - Bauteilkatalog
Version 1.08
Copyright © 2020 HZDR
September 2019

/17/ BIMQ 2020
https://bimq.centraldesk.com/de
05.03.2021

/18/ In Memoriam Charles „Chuck“ Eastman | design computation | caad
https://dc.rwth-aachen.de/de/news/charles-chuck-eastman
13.03.2021

/19/ C. Eastman
An Outline of the Building Description System.
Research Report No. 50
Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, Pa. Inst. of Physical Planning
23.09.1974

/20/ BIM4INFRA2020 in Auftrag des
Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
Umsetzung des Stufenplans “Digitales Planen und Bauen”
17.09.2018

/21/ BIM4INFRA2020 in Auftrag des
Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
Leitfaden und Muster für Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA)
04.2019

/22/ BIM4INFRA2020 in Auftrag des
Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
Leitfaden und Muster für den BIM-Abwicklungsplan (BAP)
04.2019

/23/ BIM Software: Which is the Most Popular? – UNIFI
https://unifilabs.com/BIM-software
26.03.2021

/24/ International classification standard – ETIM international
https://www.etim-international.com/about-us/governance/
27.03.2021

/25/ BIM-Lösungen für Architekten, Ingenieure, Verträge und andere
https://revizto.com/de/solutions/
28.03.2021

/26/ 3D eCATALOGs, Digitaler Zwilling & Teilemanagement
https://www.cadenas.de/de
31.03.2021

/27/ DIN EN ISO 128-20
Technische Zeichnungen – Allgemeine Grundlagen der Darstellung
Teil 20: Linien, Grundregeln
12.2002

Expertengespräche

/A/ S.Wappler (BMW Leipzig), S.Ludwig (BMW Leipzig),
J.Bock (WPW Leipzig), F.Stegmann (WPW Leipzig)
Attribute – Kälteanlage
07.10.2020

/B/ M.Oelke (HZDR), N.Hempel (HZDR), A.Brückner (HZDR), A.Kuhn (HZDR),
J.Bock (WPW Leipzig), F.Stegmann (WPW Leipzig)
TGA-Modellierungsrichtlinie – Präsentation + Aufteilung der Arbeitspakete
13.10.2020

/C/ U.Möller (HTWK Leipzig), T.Radisch (HTWK Leipzig)
Konsultation Masterarbeit – Präsentation der Klassifizierungssysteme
09.02.2021

/D/ D.Leitner (TROX), K.Lackmann (TROX), M.Westerkowski (Caverion),
J.Bock (WPW Leipzig), B.Große (WPW Leipzig)
Workshop XBIM – Objektdifferenzierung und Attribute
08.09.2020

/E/ G.Rudolph (Wilo), J.Bock (WPW Leipzig), B.Große (WPW Leipzig),
F.Stegmann (WPW Leipzig)
CAD-Tool (Wilo/Cadenas) - Objektdifferenzierung und Attribute
24.07.2020

/F/ S.Wappler (BMW Leipzig), S.Ludwig (BMW Leipzig),
H.Clajus (DDS CAD), M.Golz (M&P BEGIS), M.Schön (M&P BEGIS),
A.Germer (M&P BEGIS)
Auftaktgespräch - Automatisierte Integration von Modellen/-daten in eine SAP Umgebung
04.11.2020

/G/ T.Petruszek (Solar-Computer), J.Ponzel (Solar-Computer)
Absorbtionskältenetzberechnung mit „Heizungs- und Kaltwassernetz H60“
06.01.2021

/H/ J.Kolbert (Loy&Hutz), J.Bock (WPW Leipzig)
IFC-Datenstrukturanforderungen für CAFM
21.10.2020

/K/ S.Wappler (BMW Leipzig), M.Schön (M&P BEGIS),
A.Germer (M&P BEGIS), J.Bock (WPW Leipzig)
Präsentation des Arbeitsstands - Automatisierte Integration von Modellen/-daten in eine SAP Umgebung
25.02.2021

/L/ B.Große (WPW Leipzig), A.Mannschatz (WPW Leipzig)
Attribuierung von Familien zur Entwicklung einer Revit-Vorlagedatei
26.03.2021

Anhang A

Zugunsten der Handhabung der gebundenen Exemplare dieser Arbeit wird im Folgenden gegebenenfalls nur die erste Seite des jeweiligen Anhangs dargestellt. Dieser Umstand ist jeweils durch den Verweis „Zu finden in“ gekennzeichnet. Übergroße Anhänge erhalten lediglich einen Verweis. Die vollständigen Anhänge in Originalgröße sind dem beiliegenden Dokumentenordner bzw. der beiliegenden CD zu entnehmen.

Anhangverzeichnis

Anhang A1 Synonyme Terme

Anhang A2 Blattübersicht – VDI 3805

Anhang A3 Relevante Inhalte der VDI 3805

Anhang A4 Übersicht der Revit-Kategorien

Anhang A5 Exkludierte Objektklassen des CAFM-Connect Katalogs der Bauteile KG 400

Anhang A6 BIMQ - Revit AIA-Editor - .IFC-Workflow

Anhang A7 Implementierung der Modellierungsrichtlinie in Revit ohne AIA-Editor

Anhang A8 Pumpen in Revit

Anhang A9 Revit-IFC-Exporteinrichtung

Anhang A10 Workspace „mvcXML“ in Simplebim

Anhang A11 Beispielformel zur Individualisierung der IFC-Eigenschaftensätze

Anhang A12 Anhang A12 Detaillierte Auftraggeberinformationsanforderungen aus BIMQ

Abbildungsverzeichnis

Abbildung A-1: Erkennen einer ungültigen shared parameter Datei in Revit

Abbildung A-2: Erkennen einer ungültigen AIA-Editor Datei in Revit

Abbildung A-3: Anlegen eines neuen Projektparameters in Revit

Abbildung A-4: Anlegen eines gemeinsam genutzten Parameters in Revit

Abbildung A-5: Ablaufplan zur Bestimmung der Bauteilkategorie und IFC-Klasse eines gegebenen Objektes

Abbildung A-6: Konfiguration des AIA-Editors zur Verwendung der Modellierungsrichtlinie in Revit

Abbildung A-7: Einrichtung des IFC-Exports zum Abrufen der Modellierungsrichtlinienattribute

Abbildung A-8: Importprozess für Gemeinsam genutzte Parameter in der Revit- Familienerstellung

Abbildung A-9: Blockpumpe als HLS-Bauteil

Abbildung A-10: Inlinepumpe als Rohrzubehör

Abbildung A-11: Revit-IFC-Exporteinrichtung; Reiter: Allgemeine IFC-Eigenschaftensätze exportieren

Abbildung A-12: Revit-IFC-Exporteinrichtung; Reiter: Eigenschaftensätze

Abbildung A-13: Revit-IFC-Exporteinrichtung; Reiter: Zusätzliche Inhalte

Abbildung A-14: Revit-IFC-Exporteinrichtung; Reiter: Detailgenauigkeit

Abbildung A-15: Revit-IFC-Exporteinrichtung; Reiter: Erweitert

Abbildung A-16: Aufbau der Arbeitsoberfläche (genannt: Workspace) "mvdXML" in Simplebim zur Validierung der Attribut- und Attributwertzuordnung

Abbildung A-17: Deckblatt der BIMQ-Berichtsdatei

Tabellenverzeichnis

Tabelle A-1: Vergleich der in dieser Arbeit genutzten und der durch die Autoren der untersuchten Kategorisierungen verwendeten Begriffe 102
Tabelle A-2:Produktarten nach VDI 3805 /1/ 103
Tabelle A-3: Satzart 100 und weitere Attributvorschläge nach VDI 3805 /1/ 104
Tabelle A-4: Revit-Kategorien nach Anzahl der erstellbaren Familien und Revit-Typen 105
Tabelle A 5: Aufzählung der nicht oder nicht in dieser Form betrachteten Objektkategorien der Kostengruppe 400 nach CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen 106

Anhang A1 Synonyme Terme

Tabelle A-1: Vergleich der in dieser Arbeit genutzten und der durch die Autoren der untersuchten Kategorisierungen verwendeten Begriffe

	Attributsatz	**Kategoriensatz / Klasse**	**Kategorie**	**System**	**Objekt**
CAFM-Connect Katalog	(Datensatz)	Bauteiltyp	Bauteiltyp	Anlage	Bauteil / Asset
IFC (ISO 16739)	Property Set / Eigenschaftensatz	Klasse	IFC-Class / Klasse	Ifc(Distribution)System	Objekt / (Produkt / Element / Asset)
VDI 3805	Satzart	n.z.	Produktgruppe	n.z.	Produkt / Komponente
Revit	Gruppierung	Kategorie	Familie / Typ	System	Exemplar
BIMQ	Gruppe	Gruppe	Element	Element	n.z.
CAFM	n.b.	n.z.	n.z.	(technischer Platz) / Equipment	Bauteil
DIN EN 81346-2	n.z.	Klasse	Klasse	Technisches System	Objekt

Anhang A2 Blattübersicht – VDI 3805

Tabelle A-2:Produktarten nach VDI 3805 /1/

Dokumentennummer	Kategorie nach Titel	Ausgabedatum
Blatt 1	Grundlagen	2011-10-00
Blatt 2	Armaturen für Heizungen	2016-01-00
Blatt 3	Wärmeerzeuger	2004-06-00
Blatt 4	Pumpen (Kreiselpumpen)	2018-05-00
Blatt 4	Pumpen	2005-04-00
Blatt 5	Luftdurchlässe	2020-03-00
Blatt 6	Heizkörper, Heiz- und Kühlkonvektoren mit und ohne Gebläse	2015-07-00
Blatt 7	Ventilatoren	2020-06-00
Blatt 8	Brenner	2004-06-00
Blatt 9	Modullüftungsgeräte	2002-04-00
Blatt 10	Luftfilter	2003-07-00
Blatt 11	Wärmetauscher Fluid/Wasserdampf - Luft	2003-07-00
Blatt 14	RLT-Schalldämpfer (passiv)	2006-08-00
Blatt 16	Brandschutzklappen/Entrauchungsklappen	2018-01-00
Blatt 16	Brandschutzklappe	2003-07-00
Blatt 17	Armaturen für die Trinkwasserinstallation	2016-01-00
Blatt 18	Flächenheizung/-kühlung	2013-09-00
Blatt 19	Sonnenkollektoren	2006-02-00
Blatt 20	Speicher und Durchlauferhitzer	2017-02-00
Blatt 21	Sanitär-Installationselemente	2019-03-00
Blatt 22	Wärmepumpen	2019-03-00
Blatt 23	Wohnungslüftungsgeräte	2019-03-00
Blatt 24	Stellantriebe für TGA-Komponenten	2019-04-00
Blatt 25	Deckenkühlelemente	2011-10-00
Blatt 26	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	2018-10-00
Blatt 29	Rohre, Kanäle und Formstücke	2020-07-00
Blatt 32	Verteiler/Sammler	2013-11-00
Blatt 33	Regelungseinrichtungen und Zubehör	2018-09-00
Blatt 35	Klappen, Blenden und Volumenstromregler	2008-01-00
Blatt 37	Dezentrale Fassadenlüftungsgeräte	2011-11-00
Blatt 43	Druckhalteeinrichtungen	2019-04-00
Blatt 45	Sanitärobjekte	2018-11-00
Blatt 99	Allgemeine Komponenten	2014-04-00
Blatt 100	Systeme	2018-06-00

Anhang A3 Relevante Inhalte der VDI 3805

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang A3.pdf

Farblegende	
Werteauswahl mit Indizes vorhanden	
Komplexe Satzart (kann mehrere Informationen enthalten)	
Attribut ist in der Modellierungsrichtlinie enthalten (in dieser oder ähnlicher Form)	Attribut

Tabelle A-3: Satzart 100 und weitere Attributvorschläge nach VDI 3805 /1/

Kategorie nach Titel Blattnummer Ausgabedatum	**Satzart 100**	**Vorschläge für Attribute**	**Beispieleintrag**
Armaturen für Heizungen	**Einsatzbereich**	**Garniturvariante**	
VDI 3805 Blatt 2	Heizkörperarmaturen für Einrohrheizungen	Garnitur- und Bauformvarianten	Steigrohr und Ventilgehäuse
2016-01-00	Heizkörperarmaturen für Zweirohrheizungen	Gehäusebauformen	Axial
	Armaturen für Flächenheizungen	Gehäuseanschlussarten	Außengewinde
	Absperr- und Regelarmaturen	Gehäusewerkstoff	Federstahl

Anhang A4 Übersicht der Revit-Kategorien

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang A4.pdf

Tabelle A-4: Revit-Kategorien nach Anzahl der erstellbaren Familien und Revit-Typen

Kategoriename	Unterkategoriename	Typen	Familien
Allgemeines Modell		n	n
Bepflanzung		n	n
Brandmelder		n	n
Datengeräte		n	n
Elektrische Ausstattung		n	n
Fenster		n	n

Anhang A5 Exkludierte Objektklassen des CAFM-Connect Katalogs der Bauteile KG 400

Für nicht einzigartige Kategorien wird jeweils nur die erste Nennung im Katalog vermerkt. „Fortfolgend“ bezieht sich im Falle eines Satzes auf die in diesem Satz enthaltenen Klassen bzw. im Falle einer Kategorie auf die nachfolgenden Kategorien desselben Satzes.

Tabelle A 5: Aufzählung der nicht oder nicht in dieser Form betrachteten Objektkategorien der Kostengruppe 400 nach CAFM-Connect Katalog der Bauteiltypen

Klassenkennzeichen	**Begründung für Entfallen**
411.30;411.80;412.10;412.60;419; 419.70 ff.419.80;819.81; 419.90 ff.; 421.11;421.12;421.17;421.19;421.23; 421.30 ;421.36;421.50;430.25;430.26; 430.40 ff.;430.58;434.79;438.10;441; 441.10;441.20;442.13;445.20;445.30; 446;473.30	Fehlen einzigartiger Eigenschaften / in abstrahierter Klasse zusammengefasst
419.83 ff.;421.31	Keine Einzelobjektmodellierung
421.40 ff.429;431 ff.; 442.20;442.30; 442.70;442.90;443.20;443.30;449;450 ff.; 460 ff.;471 ff.;472 ff.;474;476 ff.;477;478;479;480 ff.	Begrenzung des Arbeitsaufwands

Anhang A6 BIMQ - Revit AIA-Editor - .IFC-Workflow

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang A6.pdf

Legende

Orange	Aktualisierungshinweise
Kursiv	Beschreibung einer Schaltfläche
Fettkursiv	Beschreibung eines Reiters
	Zu treffende Einstellung / Zu betätigende Schaltfläche
	Selbstständig zu treffende Auswahl (Optionen)

1. Sichtung der beigestellten Dateien

Abhängig vom gewünschten Abgabeformat sollten zwei bzw. drei Dateien zur Verfügung gestellt werden.

- Bei Abgabe der nativen Projektdatei genügen:
    - Eine Textdatei (.txt) mit gemeinsam genutzten Revit-Parametern
      (genannt:shared parameter Datei)
      (enthält standardmäßig „revit-shared_params“ im Titel)
    - Eine XML-Datei für den AIA-Editor
      (genannt: AIA-Editor Datei)
      (enthält standardmäßig „revit-params“ im Titel)
- Für den .IFC-Export aus Revit wird zusätzlich benötigt:
    - Eine weitere Textdatei mit Vorgaben für Eigenschaftensätze
      (genannt: Exportdatei)
      (enthält standardmäßig „revit-pset“ im Titel)

Anhang A7 Implementierung der Modellierungsrichtlinie in Revit ohne AIA-Editor

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang A7.pdf

Die manuelle Attribuierung von Objekten in Revit gemäß der Modellierungsrichtlinie ohne die Verwendung des AddOns „AIA-Editor“ (oder eines Vergleichbaren) ist nur in geringem Umfang automatisierbar.

Im Folgenden werden zwei beispielhafte Möglichkeiten zur manuellen Attribuierung dargestellt.

Vorab: In der jeweiligen Revit Oberfläche müssen Sie die beigestellte shared parameter Datei für den Import vorbereiten:

- wählen sie: **Verwalten** → *Gemeinsam genutzte Parameter*
- Klicken Sie im geöffneten Pop-up Fenster auf die Schaltfläche *Durchsuchen…*
- Navigieren Sie zur entsprechenden shared parameter Datei und wählen diese aus
- Bestätigen Sie die Auswahl mit *Öffnen*

Option 1: Attribuierung auf Familienebene

- Legen Sie Anhang A12 und Anhang B1 bereit

Anhang A8 Pumpen in Revit

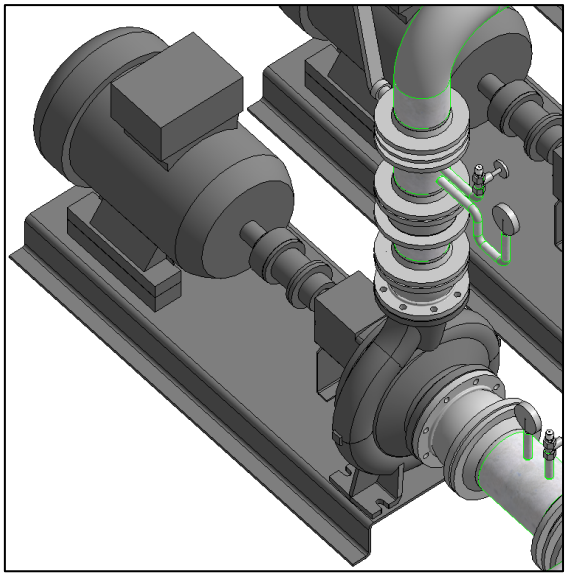


Abbildung A 9: Blockpumpe als HLS-Bauteil

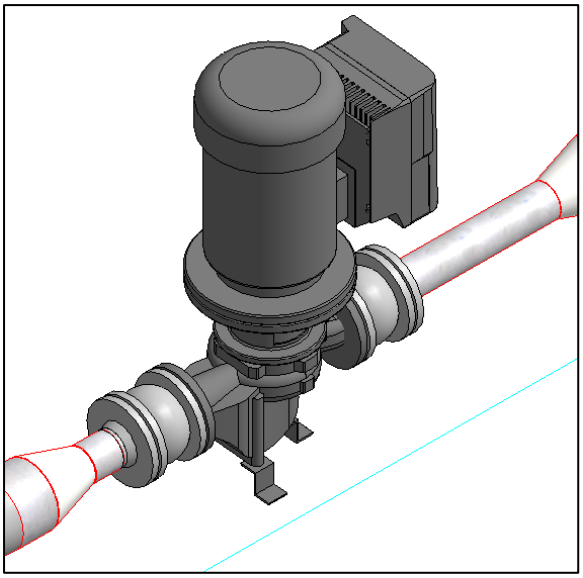


Abbildung A 10: Inlinepumpe als Rohrzubehör

Anhang A9 Revit-IFC-Exporteinrichtung

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang A9.pdf

Allgemeine IFC-Eigenschaftensätze exportieren

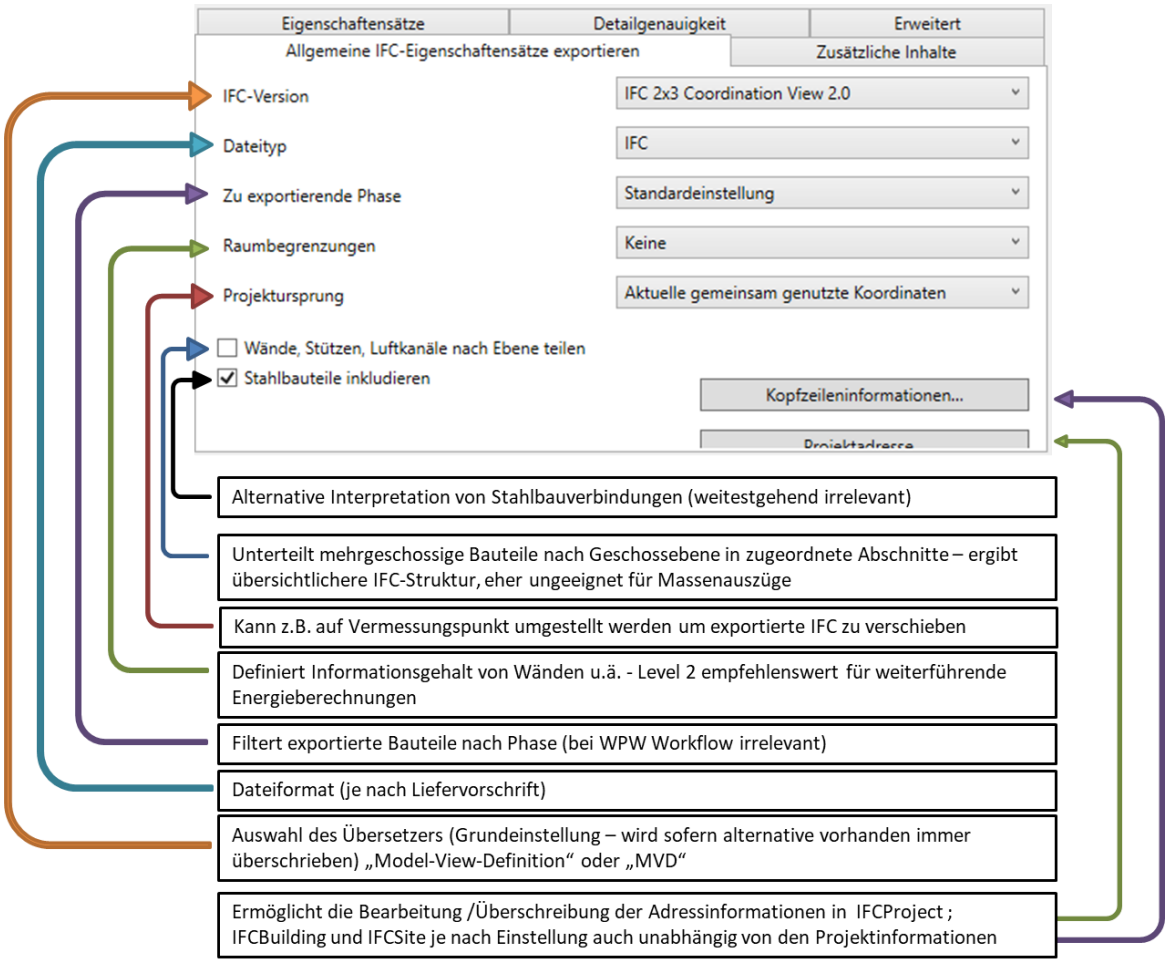


Abbildung A 11: Revit-IFC-Exporteinrichtung; Reiter: Allgemeine IFC-Eigenschaftensätze exportieren

Anhang A10 Workspace „mvcXML“ in Simplebim

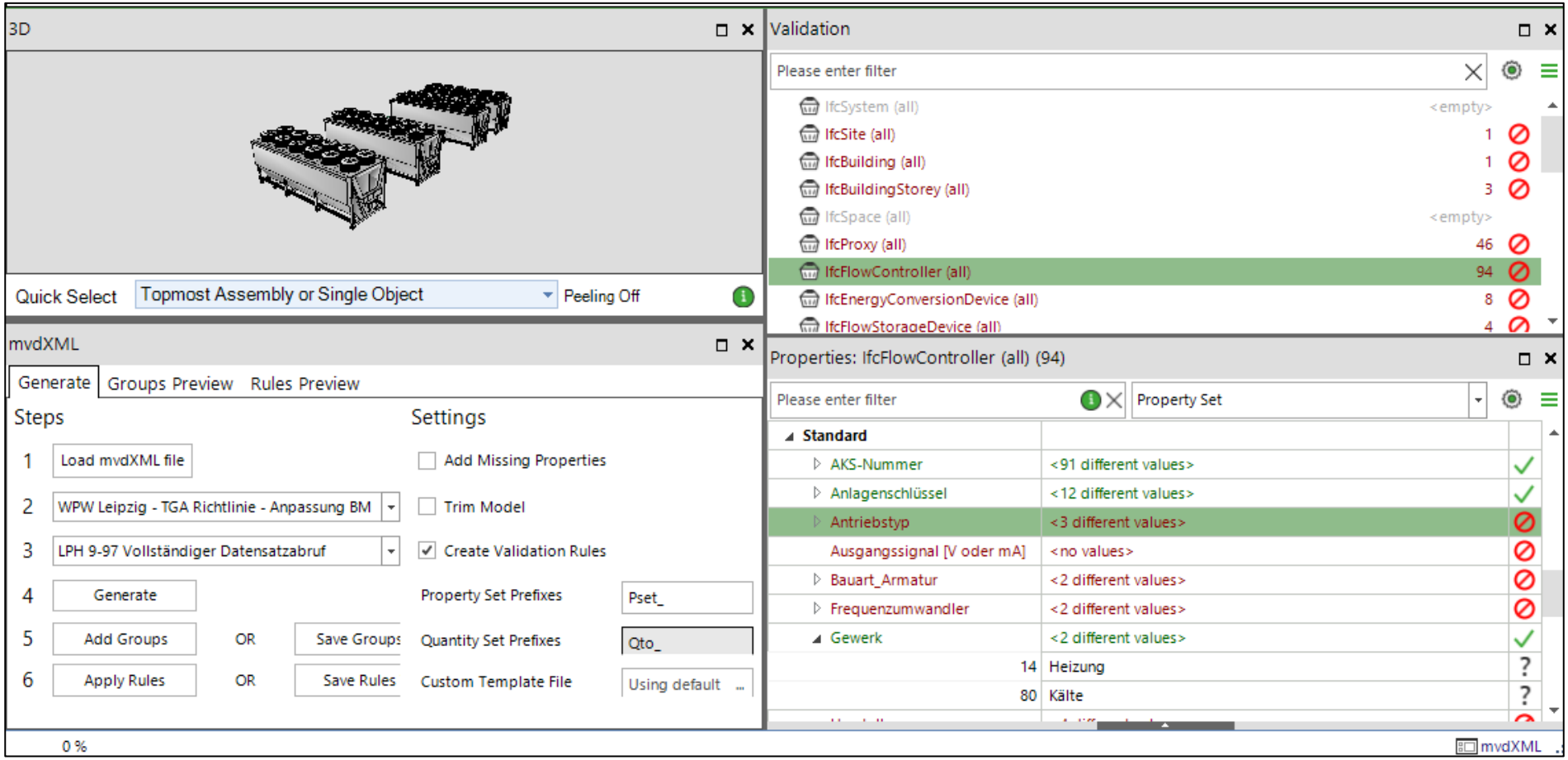


Abbildung A 16: Aufbau der Arbeitsoberfläche (genannt: Workspace) "mvdXML" in Simplebim zur Validierung der Attribut- und Attributwertzuordnung

Anhang A11 Beispielformel zur Individualisierung der IFC-Eigenschaftensätze

=WENN(G121="Eigenschaft";WENN(K121="X";WENN(RECHTS(Q121;2)="BS";"Brandschutz "&"Allgemein."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="TAP";"TAP "&"Allgemein."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="ELP";"ELP "&"Allgemein."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="TWP";"TWP "&"Allgemein."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="ARC";"ARC "&"Allgemein."&C121;WENN(RECHTS(Q121;6)="Planer";"Allgemein."&C121;WENN(RECHTS(Q121;10)="Ausführung";"Ausführung "&"Allgemein."&C121;"KEINE ZUSTÄNDIGKEIT ALLGEMEIN")))))));WENN(RECHTS(Q121;2)="BS";"Brandschutz "&"Spezifisch."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="TAP";"TAP "&"Spezifisch."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="ELP";"ELP "&"Spezifisch."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="TWP";"TWP "&"Spezifisch."&C121;WENN(RECHTS(Q121;3)="ARC";"ARC "&"Spezifisch."&C121;WENN(RECHTS(Q121;6)="Planer";"Spezifisch."&C121;WENN(RECHTS(Q121;10)="Ausführung";"Ausführung "&"Spezifisch."&C121;"KEINE ZUSTÄNDIGKEIT SPEZIFISCH")))))));WENN(UND(G121="Gruppe";NICHT(B121=""));B121;""))

Zusätzliche Hinweise:

Zellen:

B121 - Gruppe

C121 - Eigenschaft

G121 - Typ

K121 - Qualifikation für Allgemein

Q121 - Zuständigkeit

Startnummer:

121

Für Umfortmatierung ungünstige Startnummern:

2 3 6 10

Psets (Bausteine):

Allgemein Spezifisch

Ohne Gerwerkezuordnung bei:

Planer

sonst jeweils mit

kurz	lang
TAP	---
ELP	---
ARC	---
BS	Brandschutz
---	Ausführung
---	Labor
TWP	---

Warnhinweise:

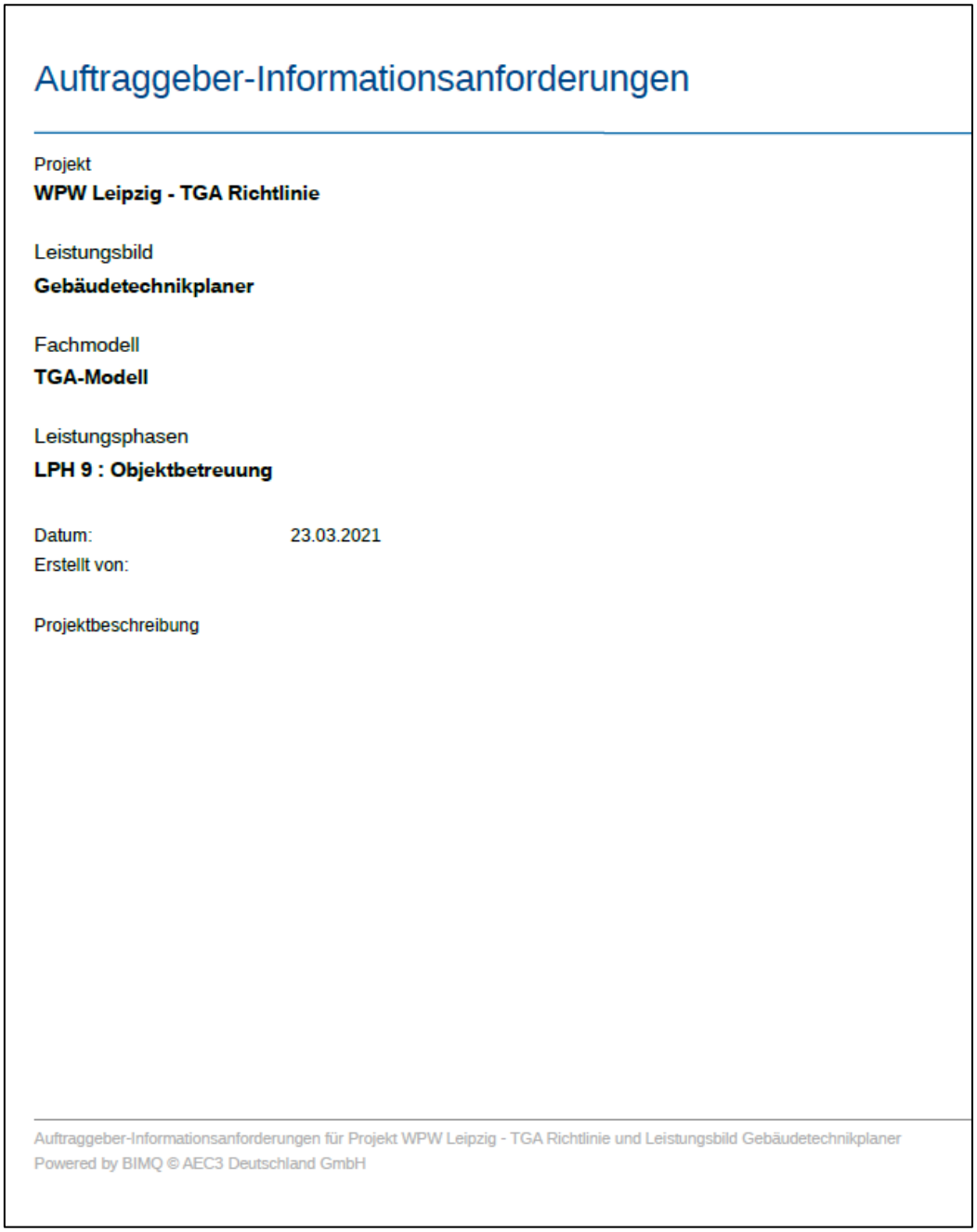
KEINE ZUSTÄNDIGKEIT ALLGEMEIN

KEINE ZUSTÄNDIGKEIT SPEZIFISCH

Anhang A12 Detaillierte Auftraggeberinformationsanforderungen aus BIMQ

Zu finden in:

- ~~Dokumentenordner~~
- CD: Anhang A12_detaillierte Informationsanforderungen.pdf
  Anhang A12_genutzt in.pdf



Auftraggeber-Informationsanforderungen

Projekt
WPW Leipzig - TGA Richtlinie

Leistungsbild
Gebäudetechnikplaner

Fachmodell
TGA-Modell

Leistungsphasen
LPH 9 : Objektbetreuung

Datum: 23.03.2021
Erstellt von:

Projektbeschreibung

Auftraggeber-Informationsanforderungen für Projekt WPW Leipzig - TGA Richtlinie und Leistungsbild Gebäudetechnikplaner
Powered by BIMQ © AEC3 Deutschland GmbH

Abbildung A 17: Deckblatt der BIMQ-Berichtsdatei

Anhang B

Anhang B1 Katalogisierung der Objekttypen nach DIN 276+

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B1.pdf

Anhang B2 Primäre Kategorisierung zur Attributassoziation

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B2.pdf

Anhang B3 Übersicht der Attributassoziationsprozesse

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B3.pdf

Anhang B4 Modellkomponentenkatalog

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B4.pdf

Anhang B5 Erweitert zugeordnete Revit-Kategorien

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B5.pdf

Anhang B6 Zuordnung der Objekttypen nach MRL und nach Revit

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B6.pdf

Anhang B7 Zuordnung der Objekttypen nach MRL, Revit und nach IFC2X3

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B7.pdf

Anhang B8 Zuordnung der Objekttypen nach MRL, Revit und nach IFC4

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B8.pdf

Anhang B9 Tabellarische Mappingübersicht für den BIMQ - Revit AIA-Editor - IFC Workflow

Zu finden in:

- Dokumentenordner
- CD: Anhang B9.xslx