

Master of Science FHNW in Virtual Design and Construction

Integration der Informationsanforderung in den Informationsaustausch mit Information Delivery Specification und buildingSMART Data Dictionary



Sascha, Hostettler

Thesis-Begleiter*in:

Prof. Lukas Schildknecht

Thesis-Expert*in:

Fredy Spring

Praxispartner*in:

Senox AG

Eigenständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit,

dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel «Integration der Informationsanforderung in den Informationsaustausch mit Information Delivery Specification und buildingSMART Data Dictionary» selbst und selbständig verfasst habe, dass ich sämtliche nicht von mir selbst stammenden Textstellen bzw. Bestandteile eines Werkes (Bilder, Grafiken, Codes, etc.) gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt zitiert und die verwendeten Quellen gut sichtbar erwähnt habe;

dass ich in einem Verzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots [z.B. ChatGPT], Übersetzungs- [z.B. DeepL] Paraphrasier- [z.B. Quillbot]) oder Programmierapplikationen [z.B. Github Copilot] deklariert und ihre Art der Verwendung offenlege und bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe,

dass ich sämtliche immateriellen Rechte an von mir allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe oder dass diese Materialien von mir selbst erstellt wurden;

dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;

dass ich mir bewusst bin, dass meine Arbeit auf Plagiate und auf Drittautorschaft menschlichen oder technischen Ursprungs (künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;

dass ich mir bewusst bin, dass die Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik einen Verstoß gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendenpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik verfolgt und dass daraus disziplinarische (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) Folgen resultieren können.

Vorname Nachname: Sascha Hostettler

Ort, Datum: Bern

Unterschrift:

Abstract

Der angestrebte Mehrwert von Building Information Modeling (BIM) wird unter anderem durch die Nutzung und Anwendung über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks erreicht. Der Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen (Projektphase und Betriebsphase) ist in diesem Zusammenhang ein wichtiger Bestandteil. Um eine strukturierte und für das Facility-Management (FM) nutzbare Informationsbereitstellung zu gewährleisten, ist es notwendig, dass das FM einen klaren Informationsbedarf definiert und frühzeitig in die Projektphase eingebunden wird. Best Practice ist heute die Beschreibung der Informationsanforderung in Excel-Tabellen mit Fokus auf die menschliche Interpretierbarkeit. Durch die Beschreibung der Informationsanforderung nach dem Schema Information Delivery Specification (IDS) und der Terminologie des Schemas Industry Foundation Classes (IFC) sowie die Einbindung des Service buildingSMART Data Dictionary (bSDD) zur Veröffentlichung von Klassifikationen wird eine digitale Transformation des Informationsaustausches zwischen den Hauptphasen entworfen. Das Konzept zeigt einen durchgängig digitalen Prozess, wobei alle beteiligten Anwendungen den Import und Export der Austauschformate IDS und IFC sowie die Anbindung an bSDD unterstützen. Der Ansatz berücksichtigt synthetisierte Erfolgsfaktoren aus der Literatur sowie identifizierte Randbedingungen aus Expertengesprächen und wird in einem Proof of Concept auf seine Umsetzbarkeit geprüft. Die Auswertung zeigt, dass der Einsatz offener Formate und standardisierten Schemata es ermöglicht, eine gemeinsame Kommunikationsebene zwischen den zwei durch unterschiedliche Charaktere geprägten Hauptphasen zu schaffen. Unter Einbezug von bSDD kann weiter gezeigt werden, dass die unterschiedlichen Sichten der beiden Hauptphasen mit geringem Modellierungsaufwand integriert abgebildet werden können. Letztlich zeigt das Konzept, dass die zwei unterschiedlich geprägten Systeme nahtlos miteinander interagieren können.

Keywords: openBIM, Information Delivery Specification (IDS), buildingSMART Data Dictionary (bSDD), Informationsanforderung, Informationsmanagementprozess, BIM2FM

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
Hilfsmittelverzeichnis.....	IX
1 Einleitung	1
2 Problemformulierung und zentrale Fragestellung	2
3 Methodik	3
4 Grundlagen	5
4.1 Information Delivery Specification.....	5
4.2 buildingSMART Data Dictionary	8
5 Stand der Praxis und Forschung	12
5.1 Erfolgsfaktoren des Informationsmanagements	12
5.2 Best Practice des Informationsmanagements.....	13
5.3 Informationsmanagementprozesse aus der Literatur	14
5.4 Bekannte Applikationen mit IDS oder bSDD Integration	19
6 Entwurf der digital transformierten Informationsanforderung	20
7 Konzeption der Integration von IDS und bSDD	23
7.1 Beschreiben der Informationsanforderung	23
7.2 Modellieren der Informationsbereitstellung	28
7.3 Annehmen der Informationsbereitstellung.....	32
8 Datenverarbeitung von IDS und bSDD für deren Integration	34
8.1 Integration in CAFM-Applikation waveware	34
8.1.1 Überführung von IDS	35
8.1.2 Anbindung an bSDD	37
8.1.3 Verwendete Technologie	40
8.2 Integration in Autorenapplikation Revit	41
8.2.1 Überführung von IDS	42
8.2.2 Anbindung an bSDD	43
8.2.3 Verwendete Technologie	45
8.3 Interaktion der Komponenten und Austauschformate	48
9 Resultat	49
9.1 Die digital transformierte Informationsanforderung	49
9.2 Interaktion zwischen IDS und bSDD.....	52
9.3 Evaluation Erreichen der Erfolgsfaktoren.....	54
10 Diskussion.....	58
10.1 Interpretation der Resultate	58
10.2 Grenzen der Integration.....	59
11 Schlussfolgerungen und Ausblick.....	61

Literaturverzeichnis	62
Anhang A Zusammenstellung der Literaturrecherche	64
Anhang B Erfolgsfaktoren aus der Literaturrecherche je Quelle	65
Anhang C Erfolgsfaktoren und Kriterien der Informationsqualität	67
Anhang D Fragekatalog der Praxisprojekte	68
Anhang E Datenmodell waveware Grundlage der Verständigung	71
Anhang F Informationsmanagementprozess mit IDS und bSDD	72
Anhang G Dokumentation Prozess PoC in waveware	73
Anhang H Dokumentation Prozess PoC in Revit	84
Anhang I Übersicht der im PoC umgesetzter Facetten von IDS	93
Anhang J Dokumentation Umsetzung in waveware	94
Anhang K Quellcode Proof of Concept	102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Beispiel IDS im XML-Format	6
Abbildung 2: Betrachtung eines digitalen Bauwerksmodells mit unterschiedlichen Klassifizierungen	8
Abbildung 3: Generisches Datenmodell von bSDD zur Publikation und Assoziation von Klassifikationssystemen	9
Abbildung 4: Abbild der Klassifikation (22.22) von NL-SfB auf dem Webportal von bSDD	10
Abbildung 5: Klassifikation (22.22) von NL-SfB im JSON-Format über die bSDD API ²	11
Abbildung 6: Generischer Prozess Informationsaustausch	14
Abbildung 7: Prozess Informationsaustausch nach SN EN ISO 19650 – 1:2018	15
Abbildung 8: Hierarchie der Informationsanforderungen	16
Abbildung 9: BIM-Abwicklungsmodell gemäss Normenreihe SN EN ISO 19650	17
Abbildung 10: Informationslieferungszyklus nach Merkblatt SIA 2051	18
Abbildung 11: Schematische Darstellung der Ebene im Informationsaustausch	22
Abbildung 12: Informationsmanagementprozess im PoC	23
Abbildung 13: Objektkarte eines Raumes in waveware mit Stammdaten zur Unterstützung der Bewirtschaftung	24
Abbildung 14: Prozessdiagramm der Informationsbereitstellung gemäss Informationsanforderung aus dem Betrieb	25
Abbildung 15: Prozessdiagramm der Beschreibung der Informationsanforderung aus waveware	25
Abbildung 16: Eingabemaske der Informationsanforderung in waveware	26
Abbildung 17: Mögliche Modellierung von Katalogeinträgen in waveware	26
Abbildung 18: Eingabemaske der Exportkonfiguration von Klassifikationen auf bSDD	27
Abbildung 19: Prozessdiagramm zur Beschreibung des Imports und Exports von Klassifikationen	27
Abbildung 20: Modellierungsbereich in Revit mit geöffnetem Mappingdialog der Properties beim Import einer Informationsanforderung in IDS	28
Abbildung 21: Prozessdiagramm des Imports der Informationsanforderung in Revit	29
Abbildung 22: Informationsanforderung der 1. und 2. Ordnung abgebildet auf dem Zeitstrahl beim Einbezug in die Modellierung	30
Abbildung 23: Prozessdiagramm zur Beschreibung der durch IDS und bSDD unterstützter Modellierung in Revit	31
Abbildung 24: Prozessdiagramm zur Beschreibung der Informationsbereitstellung gemäss Informationsanforderung aus Revit	32
Abbildung 25: Prozessdiagramm der Informationsannahme und -übernahme in waveware	33
Abbildung 26: Systemübersicht für ein interoperablen Informationsaustausch unter den Akteuren und Akteurinnen	34
Abbildung 27: Objektkarte des Katalogs Raumtypen in waveware	37
Abbildung 28: Informationsanforderung beschrieben mit IDS	39
Abbildung 29: Komponentendiagramm der Umsetzung des PoC in waveware	41
Abbildung 30: Mapping der IFC-Entitäten auf die Revit-Kategorien	42
Abbildung 31: Auszug der zusammengestellten Informationen des «db.json»	42
Abbildung 32: Definitionen der PropertySets und Mapping der Properties auf die Parameter in Revit	43
Abbildung 33: Klassifizierungen aus bSDD zum selektierten Element mit übernommenen Informationen in Revit	44
Abbildung 34: Komponentendiagramm der Umsetzung des PoC in Revit	47
Abbildung 35: Mapping der Datenmodelle unter IDS, bSDD, Revit und waveware	48
Abbildung 36: Systemübersicht Austausch Informationsanforderung zwischen den Hauptphasen	50
Abbildung 37: Schema zur Interaktion zwischen IDS und bSDD	52
Abbildung 38: Interaktion IDS und bSDD in Bezug auf das Informationsmodell	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Facetten des IDS mit Verweis auf die Konzepte des IFC-Schemas	7
Tabelle 2: Beispiel IDS Specification nach 1. Ordnung am Beispiel der Autorenapplikation Revit	29
Tabelle 3: Beispiel IDS Specification nach 2. Ordnung am Beispiel der Autorenapplikation Revit	30
Tabelle 4: Struktur der Beschreibung der Informationsanforderung	35
Tabelle 5: Syntax zur Beschreibung des Filters als Teil der «Applicability» in waveware	36
Tabelle 6: Syntax zur Beschreibung der «Requirements» in waveware	36
Tabelle 7: Zusammenstellung der genutzten Technologie in waveware	40
Tabelle 8: Zusammenstellung der genutzten Technologie in Revit	45
Tabelle 9: Bewertung des konzipierten Informationssystems nach den Erfolgsfaktoren	54
Tabelle 10: Bewertung des konzipierten Informationssystems nach den Kriterien der Informationsqualität	55

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber*in
AIM	Asset Information Modell
AIR	Asset Information Requirements
AN	Auftragnehmer*in
API	Application Programming Interface
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modelling
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
CSV	Comma-separated values
DBM	Digitales Bauwerksmodell
FM	Facility-Management
IAMP	Informationsanforderungsmanagementplattform
IDM	Information Delivery Manual
IDS	Information Delivery Specification
IFC	Industry Foundation Classes
IM	Informationsmanagement
IR	Information Requirements
JSON	JavaScript Object Notation
OIR	Organisation Information Requirements
PIM	Project Information Modell
PIR	Project Information Requirements
PoC	Proof of Concept
regex	regular expression
URI	Uniform Resource Identifier
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

Hilfsmittelverzeichnis

DeepL Übersetzer	Zur Übersetzung von kritischen Textpassagen in verwendeter englischsprachiger Fachliteratur und Unterstützung des englischsprachigen Abstracts.
LanguageTool	Grammatik-, Stil- und Rechtschreibprüfung des Textes.

1 Einleitung

Der angestrebte Mehrwert von Building Information Modeling (BIM) wird unter anderem durch die Nutzung und Anwendung über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks erreicht. Der Informationsaustausch unter den Hauptphasen (Projektphase und Betriebsphase) ist daher ein wichtiger Bestandteil. Für eine strukturierte und durch das Facility-Management (FM) nutzbare Informationsbereitstellung, muss das FM eine klare Informationsanforderung definieren und früh in die Projektphase eingebunden werden. (Dixit et al., 2019, pp. 459–461; May et al., 2022, pp. 4-5,10)

Neben der Projekt- und Betriebsphase besteht eine temporäre Phase des Informationsaustauschs zwischen Planung und dem FM, welche aktuell als einmalige Informationsbereitstellung bei der Übergabe betrachtet wird (May et al., 2022, p. 180). Gemäss (Ashworth, 2020) ist ein frühzeitiger Einbezug des FM mit der Unterstützung des Projektteams sowie regelmässige Informationsbereitstellungen für einen schrittweise geplanten Übergabeprozess wichtig, damit die Übergabe effiziente und qualitativ hochwertige erfolgen kann.

Dieser wichtige Bestandteil bei der Nutzung von BIM über den gesamten Lebenszyklus ist heute durch manuelle Prozesse, fehlende Standards und fehlender Interoperabilität unter den beiden Hauptphasen geprägt (May et al., 2022, p. 10). Die Beschreibung der Informationsanforderung erfolgt aktuell in Excel-Tabellen mit Fokus der menschlichen Interpretierbarkeit. Die so beschriebenen Informationsanforderung muss durch die Informationsbereitstellenden bei der Modellierung interpretiert und die Autorenapplikation händisch entsprechend konfiguriert werden. Eine Validierung der Informationsbereitstellung, gegen die Informationsanforderung beschrieben in Excel-Tabellen ist ebenfalls nicht direkt möglich. Zur Validierung ist eine händische Umformulierung und Übertragung in eine Prüfapplikation notwendig. Dies stellt einen Bruch im digital transformierten Prozess dar. (Teicholz & IFMA Foundation, 2013, pp. 2–3; Tomczak et al., 2022, pp. 4–5).

Die Untersuchung (Tomczak et al., 2022) analysiert und vergleicht formale Beschreibungsmöglichkeiten der Informationsanforderung im Kontext von BIM und der Bauindustrie. Der Fokus der Untersuchung liegt auf quantitativ beschreibenden Formaten, wobei die Beschreibungsmethoden durch eine Standard-Literaturrecherche zusammengestellt sind und im Anschluss mit Expertinnen und Experten diskutiert wurden (Tomczak et al., 2022, pp. 2–3). Resultat der Untersuchung ist die quantitative Beurteilung der Formate. Nach (Tomczak et al., 2022, p. 9,10) wird Information Delivery Specification (IDS) als geeignetste Methode zur automatischen und regelbasierten Überprüfung von alphanumerischen Informationen beschrieben. Für die Beschreibung von übergeordneten Anforderungen von Eigenschaften nennt (Tomczak et al., 2022, p. 9,10) in der Untersuchung ein Datenstrukturserver wie buildingSMART Data Dictionary (bSDD) als geeignetste Methode. Wobei sich die Anforderungen auf bSDD in IDS referenzieren lassen.

Im Kontext dieser Master-Thesis wird untersucht, ob durch die Beschreibung der Anforderung an die alphanumerischen Informationen mit IDS und bSDD, der aktuelle Bruch im digital transformierten Prozess geschlossen werden kann. Zu dem gesamtheitlichen Untersuch wird die Integration in den Prozess und die Applikationen sowie den Einsatz, die Differenzierung und das Zusammenspiel von IDS und bSDD untersucht. Dabei wird explizit auf den Informationsaustausch im Kontext von openBIM eingegangen. Mit openBIM wird im Kern eine Applikation neutralen Austausch unter den Akteuren und Akteurinnen beschrieben (buildingSMART International, 2020). Die Informationsbereitstellung erfolgt mittels des verbreiteten Industrial Foundation Classes (IFC) -Austauschformats des Vereins buildingSMART. Organisatorische Dokumente wie ein BIM-Abwicklungsplan und Ähnliches sowie inhaltliche Elemente der Informationsanforderung werden nicht in die Untersuchung einbezogen.

2 Problemformulierung und zentrale Fragestellung

Die CAFM-Applikation dient zur Unterstützung des FM und führt diesbezüglich alle relevanten Informationen des Bauwerks sowie der festverbauten und mobilen Anlagen. Für eine effektive Unterstützung des FM ist ein homogener Informationsbestand mit gesicherter Informationsqualität zwingend. Bei Neubauten besteht das Bestreben, die für das FM nötigen Informationen direkt aus der Projektphase zu übernehmen und so Doppelarbeit zu reduzieren. Damit diese Informationen einerseits während des Projektes modelliert und andererseits in der Form und Qualität gemäss Anforderung des FM bereitgestellt werden können, bedarf es einer spezifischen Informationsanforderung. (May et al., 2022, p. 171,172)

Die Beschreibung von Informationsanforderungen kann in einen fachlichen und einen technischen Aspekt unterteilt werden. Der Ordnungsrahmen nach (Krcmar, 2015) ordnet den fachlichen Aspekt der übergeordneten Ebene «Management der Informationswirtschaft» und den technischen Aspekt der untergeordneten Ebene «Management der Informationssysteme» zu. Auf der übergeordneten Ebene «Management der Informationswirtschaft» wie die Erhebung der Inhalte der Informationsanforderung sowie die aggregierte Informationsbereitstellung organisiert und durchgeführt. Diese Leistungen werden durch die untergeordnete Ebene «Management der Informationssysteme» unterstützt. Diese Ebene beinhaltet das «Management der Prozesse», das «Management der Daten», das «Management der Anwendungslandschaft» und das «Management des Anwendungs-Lebenszyklus». Das Daten- und Prozessmanagement ist die Hauptaufgabe dieser Ebene. (Schildknecht, 2022, pp. 16–21)

Durch das Ziel den Informationsaustausch digital zu transformieren werden Anforderungen an die untergeordnete Ebene «Management der Informationssysteme» gestellt. Bei der Untersuchung geht es um die Beschreibung eines Endzustandes, Fragestellungen aus dem «Management des Anwendungs-Lebenszyklus» werden daher nicht behandelt. Die Integration von IDS und bSDD in den Informationsaustausch basiert auf der Betrachtung des Prozesses, der Applikationen und der Daten. Daraus lässt sich die folgende zentrale Fragestellung (z.FS) formulieren:

z-FS: Wie sieht das Informationssystem für die Interaktion zwischen den Hauptphasen aus, um durch die Integration von IDS und bSDD die Informationsanforderung digital zu transformieren?

Um die Informationsanforderung mit IDS und bSDD digital zu transformieren, müssen deren Möglichkeiten und Grenzen bekannt sein. Dies führt zu der folgenden Sub-Fragestellung (S-FS):

S-FS1: Welche fachlichen, technischen und organisatorischen Möglichkeiten bietet IDS und bSDD?

Um basierend auf den Erkenntnissen der Möglichkeiten von IDS und bSDD ein neues Informationssystem zu konzipieren, müssen die zwingenden Faktoren des bestehenden Informationssystems für die Praxis bestimmt werden. Als Faktoren werden hier Applikationen, Prozesse und Aspekte des Datenmanagements, als integraler Bestandteil eines Informationssystems, verstanden. Daraus folgt die folgende Sub-Fragestellung:

S-FS2: Welche zwingenden Faktoren lassen sich aus dem heutigen Informationssystem der Interaktion zwischen den Hauptphasen identifizieren?

Um die zwingenden Faktoren identifizieren zu können, muss zunächst das derzeit verwendete Informationssystem bekannt sein. Dabei geht es in erster Linie darum, die als Best Practice geltenden Prozesse, Applikationen und Formate für den Informationsaustausch zu identifizieren. Daher die folgende Fragestellung:

S-FS2.1: Wie sieht heute das Informationssystem (Daten, Prozess, Anwendungslandschaft) der Interaktion zwischen den Hauptphasen aus?

3 Methodik

Der Ordnungsrahmen nach (Krcmar, 2015) beschreibt als Teil des Informationssystems die Managementaufgabe der Daten, Prozesse, Anwendungslandschaft und Anwendungs-Lebenszyklus. Die Elemente Daten, Prozesse und Anwendungen dienen als Grundlage der Betrachtung. Dabei erfolgt im Kontext der Daten die Betrachtung der Interaktion zwischen IDS und bSDD sowie die mögliche Integration in die Applikationen. Die Selektion von IDS und bSDD basiert auf den Resultaten der bestehenden Untersuchung von (Tomczak et al., 2022). Die Applikationen und Prozesse werden mittels Literaturrecherche und aus Gesprächen mit Praxisexperten definiert. Wobei sich der Prozess zum Informationsmanagement (IM) für den Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen in drei primäre Phasen unterteilen lässt. Die Unterleitung wird durch die Definition des Informationsbedarfs, die Informationsmodellierung und die Informationsbereitstellung und -annahme beschrieben (Krcmar, 2015, p. 107,108).

Im ersten Teil erfolgt die Beschreibung der technischen Grundlagen von IDS und bSDD. Dabei werden die zugrundeliegenden Schemata und Formate zum Austausch eingeführt. Diese Grundlagen dienen zum Verständnis der Möglichkeiten, um IDS oder bSDD entsprechend deren Möglichkeiten im Prozess und in die Applikation zu integrieren. Die Integration zielt in erster Linie darauf ab, die Informationsanforderung digital zu transformieren. Damit dies entsprechend dem effektiven Bedarf erfolgt, werden weitere Randbedingungen aus der Literatur und Praxis definiert.

Dafür erfolgt eine teilstrukturierte Literaturrecherche der Datenbanken Swiscovery plus und Scopus kombiniert mit einer Internetsuche. Identifizierte Faktoren für das Gelingen sowie erkannte Hürden eines erfolgreichen Informationsaustausches werden aus der Literatur zusammengefasst. Auf Basis dieser förderlichen und hinderlichen Faktoren eines erfolgreichen Informationsaustausches werden die Erfolgsfaktoren synthetisiert. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Literatur dienen als Ausgangslage für das Zusammenstellen der Fragenkataloge.

Die Fragenkataloge zielen darauf ab, Kenntnisse über den aktuellen Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen zu erlangen. Die Expertengespräche bauen auf einem bilateralen Austausch sowie den Vorkenntnissen der Projekte auf. Der auf dieser Basis vorausgefüllte Fragenkatalog wird zur Abnahme und Vervollständigung an die Experten zugestellt. Alle Praxisexperten arbeiten in beratender Funktion an den Projekten, und beschäftigen sich mit der Konzeption der Informationsübernahme aus der Projektphase in die Betriebsphase. Es handelt es sich hierbei in allen Fällen um Spitalbauprojekte, welche mit unterschiedlichem Umfang mit BIM umgesetzt werden und in der Bewirtschaftung die Computer Aided Facility-Management (CAFM) -Applikation waveware von Loy&Hutz (Loy & Hutz, n.d.) einsetzen. Damit einhergehend sind Grundkenntnisse der Projekte seitens FM sowie die Kontakte zu den Experten vorhanden. Der Fokus liegt auf Spitalbauprojekten, da sich diese durch ihre Komplexität und die Vielzahl beteiligter Akteure und Akteurinnen sowie einen konkreten und umfangreichen Bedarf an FM auszeichnen. Es wird angenommen, dass dadurch und der damit einhergehenden Erfahrung des Stands der Best Practice im Bereich BIM gegenüber einfachen Bauten weiter vorgeschritten ist und sich dieser verallgemeinert auf einfache Bauten anwenden lässt.

Die Senox AG ist an diverse Projekte im Kontext von BIM und der Informationsübernahme in das FM beteiligt. Für das Abbild des Best Practice werden Gespräche mit Experten aus drei, als repräsentative erachtete, Projekte betrachtet. Dies sind die Spitalbauprojekte «Kantonsspital Baden», «Kantonsspital Aarau» und das «Luzerner Kantonsspital». Infolge der Fachexpertise und Erfahrung der Experten fließen Erkenntnisse aus vorangegangenen Projekten ebenfalls mit ein.

Die durch den Expertenaustausch gewonnen Erkenntnisse bezüglich des Prozesses des Informationsaustausches dienen als Ausgangslage der weiterführenden Recherche. Die Prozesse aus der

Literaturrecherche werden, als Grundlage für die Untersuchung in welchen Prozessschritten sich IDS oder bSDD integrieren lassen, einander gegenübergestellt.

Der Entwurf des Informationssystems erfolgt anschliessend durch die Modellierung des Zusammenspiels des Prozesses, der unterstützenden Applikationen sowie der damit verbunden Überführung der Formate. Die Modellierung dieser drei Bestandteile erfolgt mit Hinblick auf die Integration von IDS und bSDD unter Einbezug der Erfolgsfaktoren.

Um die Umsetzbarkeit des entworfenen Informationssystems zu validieren, wird für die massgebenden Teile ein Proof of Concept umgesetzt. Dafür wird im zweiten Teil der Entwurf des Informationssystems konkretisiert und durch die formale Prozessbeschreibung ergänzt. Die Datenmodelle von IDS und bSDD werden dabei auf die Datenmodelle der definierten Applikationen überführt.

Der Proof of Concept lässt Rückschlüsse auf die technische Umsetzbarkeit sowie die Anwendbarkeit in der Praxis zu. Diese dienen als Grundlage für die abschliessende Beschreibung des Informationssystems mit Integration sowie der konkreten Nutzung und Differenzierung von IDS und bSDD. Zur abschliessenden Beurteilung des Entwurfes erfolgt dessen Bewertung auf Basis der eingangs definierten Erfolgsfaktoren.

4 Grundlagen

An einem Bauprojekt arbeiten viele Akteure und Akteurinnen mit unterschiedlichen Zielsetzungen und digitalen Werkzeugen. Dabei wird oft von einer starken Fragmentierung gesprochen. Damit alle in einem Bauprojekt beteiligten Akteure und Akteurinnen Informationen, wie digitale Bauwerksmodelle oder Informationsanforderung austauschen können, bestehen zwei Ansätze. Einerseits der Ansatz, dass jeder Akteur oder Akteurin mit jedem Akteur oder Akteurin eine individuelle einzigartige Schnittstelle für den Informationsaustausch aufbaut und andererseits der Ansatz, dass der Informationsaustausch basierend auf einem standardisierten Schema erfolgt (Borrmann et al., 2021, pp. 89–91). Der Verein buildingSMART International stellt Standards nach dem zweiten Ansatz, der auch openBIM genannt wird, zur Verfügung (buildingSMART International, 2020). Neben dem Standard des IFC-Schemas, für die Informationsbereitstellung in Form eines digitalen Bauwerksmodells, beschreibt buildingSMART diverse weitere Standards, welche ebenfalls für den Informationsaustausch genutzt werden können. Im Kontext der Informationsanforderung sind dies vorrangig der Standard Information Delivery Specification (IDS) auf welchen in Kapitel 4.1 und der Service buildingSMART Data Dictionary (bSDD), auf welchen in Kapitel 0 eingegangen wird.

4.1 Information Delivery Specification

Die Information Delivery Specification (IDS) ist ein auf das Schema Industry Foundation Classes (IFC) abgestimmter und durch buildingSMART unterhaltenen Standard, welcher der formalen Beschreibung und dem Austausch der Informationsanforderung in einem maschinenlesbaren Format dient. Dies ermöglicht den Informationsbestellenden die automatisierte Validierung der Informationsbereitstellung gegenüber der Informationsanforderung. Das IDS-Schema wird zusätzlich in Hinblick darauf erarbeitet, dass Informationsbereitstellende mit IDS die Autorenapplikation automatisiert konfigurieren können, um die Informationsmodellierung abgestimmt auf die Informationsanforderung zu unterstützen. (Eichler et al., 2023, p. 102,115)

Zum Zeitpunkt der Untersuchung liegt IDS in der Version 0.9.7 vor und befindet sich im Abstimmungsverfahren zur Standardisierung durch buildingSMART. Bei Genehmigung erfolgt die offizielle Veröffentlichung der Version 1.0 (Benghi et al., 2024, p. 3). Die Dokumentation von IDS in der aktuellen Version und in vollem Umfang ist auf dem GitHub Profil von buildingSMART unter <https://github.com/buildingSMART/IDS/tree/development/Documentation> einsehbar.

Der Standard ist auf die Beschreibung der alphanumerischen Informationsanforderung ausgelegt. Geometrische Anforderungen oder Anforderungen an die Beschreibung der Geometrie können damit nicht ausgedrückt werden. Es ist nur möglich zu definieren, welche Objekte geliefert werden müssen. Jedoch wird nicht vorausgesetzt oder geprüft, ob die Objekte eine Geometrie aufweisen. Für die Beschreibung von Anforderungen an die Geometrie müssen anderweitige Ansätze wie LOIN genutzt werden. ("SNE EN 17412-1," 2020; Eichler et al., 2023, p. 102)

Die mit IDS beschriebene Informationsanforderung werden in dem Dateiformat XML ausgetauscht, welches die Dateiendung «.ids» enthält. Die Struktur für den Beschrieb wird als XSD auf der GitHub Site von buildingSMART zur Verfügung gestellt. (buildingSMART International, 2022)

Die IDS-Datei ist in zwei Hauptbereiche unterteilt, der Bereich «Info» und der Bereich «Specifications» (Abbildung 1). Im ersten Bereich sind Informationen zu der Datei wie Ersteller, Titel, Beschreibung und Datum zusammengestellt (Abbildung 1, «info»). Dieser Bereich dient der Information und wird nicht für die Validierung verwendet. Der zweite Bereich «Specifications» listet alle Anforderungen als einzelne unabhängige Pakete «Specification» auf. Dieser zweite Bereich dient zur konkreten Beschreibung der Informationsanforderung (Abbildung 1, «specification»). (Eichler et al., 2023, p. 103)

Abbildung 1 Beispiel IDS im XML-Format
(buildingSMART International, 2022, chap. testcases/attribute)

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ids xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLoca-
tion="http://standards.buildingsmart.org/IDS http://standards.buildings-
mart.org/IDS/0.9.7/ids.xsd" xmlns="http://standards.buildingsmart.org/IDS">
  <info>
    <title>An optional attribute fails if empty</title>
    <description>Generated via code automation in the Ids Repository on
      github.</description>
  </info>
  <specifications>
    <specification name="An optional attribute fails if empty" ifcVersion="IFC2X3
      IFC4">
      <applicability maxOccurs="unbounded">
        <entity>
          <name>
            <simpleValue>IFCWALL</simpleValue>
          </name>
        </entity>
      </applicability>
      <requirements>
        <attribute cardinality="optional">
          <name>
            <simpleValue>Name</simpleValue>
          </name>
          <value>
            <simpleValue>Foobar</simpleValue>
          </value>
        </attribute>
      </requirements>
    </specification>
  </specifications>
</ids>
```

Jedes Informationsanforderungspaket «Specification» wird durch zwei Aspekte definiert. Einerseits durch die «Applicability», welche den Anwendungsbereich der Informationsanforderung definiert und andererseits auch die «Requirements», welche die Anforderungen zu dem Anwendungsbereich definiert. Der Anwendungsbereich und die Anforderungen können durch sechs definierte Facetten ausgedrückt werden. Jede Facette bezeichnet ein Konzept des IFC-Schemas. (Eichler et al., 2023, p. 103)

In der Tabelle 1 sind die Facetten aufgeführt und werden den entsprechenden Konzepten des IFC-Schemas zugeordnet. Jede Facette beinhaltet definierte Parameter «Facet Parameters», welche definieren, wie die Facette beschrieben wird. Dabei wird zwischen optionalen und zwingenden Parameter unterschieden. Zu jeder Facette findet sich auf GitHub ein eigenes Kapitel (File) mit detaillierten Informationen zur Anwendung und mit zu beachtenden Einschränkungen.

Jedes Anforderungspaket «Specification» ist unabhängig von den weiteren Anforderungspaketen und kann frei verschoben oder in eine andere Informationsanforderung integriert werden. Jede «Specification» wird dadurch separat durch einen Namen, die zugehörige IFC-Version sowie der Optionalität der «Applicability» und der «Requirements» definiert. Die Optionalität gibt an, ob die Informationsanforderung zwingend, optional oder verboten ist und kann mit der Optionalität der «Requirements» kombiniert werden. Bei zwingenden Anforderungen muss ein Objekt vorhanden sein und bei verbotenen Anforderungen darf das Objekt nicht vorhanden sein. Ist die Anforderung Optional gelten die «Requirements» nur, sofern ein Objekt vorhanden ist. Die «Requirements» können durch einfache und

komplexe Restriktionen, den Datentyp, Verweis auf das bSDD mittels URI oder mit Anweisungen sowie der Optionalität definiert werden (Abbildung 1, XML-Knoten «Value»). Einfach Restriktionen werden durch einen «SimpleValue» als String, Integer oder Boolean und die komplexen Restriktionen durch «Enumeration», «Pattern», «Bounds» und «Length» beschrieben. Die Restriktion «Enumeration» beschreibt eine Auflistung von erlaubten Werten, die Restriktion «Pattern» beschreibt den Erlaubten Ausdruck mittels regex, die Restriktion «Bounds» beschreibt erlaubten Bereich einer Zahl und die Restriktion «Length» beschreibt die exakte Anzahl an erlaubten Charakter eines Wertes. (buildingSMART International, 2022, chap. Complex restrictions)

Tabelle 1: Facetten des IDS mit Verweis auf die Konzepte des IFC-Schemas (Tabelle basiert auf (buildingSMART International, 2022, chap. specifications) und ist mit den Konzepten nach (buildingSMART International, 2024a, chap. 4 Fundamental concepts and assumptions) ergänzt)

Facette	Bezug zu IFC-Schema,	Facet Parameter
Entity	IFC-Entitäten aus IFC2X3, IFC4	IFC Class und Predefined Type
Attribute	Für die Definition des IFC-Schemas zwingende standardisierte Attribute (Object Attributes)	Attribute Name und Attribute Wert
Classification	Bezug zu externen Klassifizierungssystemen (nicht IFC-Systeme) (Object Association -> Classification Association)	Klassifizierungssystem und Wert (Klassenbezug)
Property	Für die freie Ergänzung von Eigenschaften und Eigenschaftenset. (Object Definition -> PropertySet (-> Properties))	Property Set, Name und Property Wert
Material	Bezieht sich auf eines der definierten Materialien, unabhängig des Aufbaus ¹ . (Object Association -> Material Association)	Material Wert/Name
Parts (PartOf)	Die folgenden Assoziationen des IFC-Schemas werden durch IDS unterstützt: IFCRELAGGREGATES, IFCRELASSIGNSTOGROUP, IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE, IFCRELNESTS, IFCRELVOIDSELEMENT, IFCRELFILLSELEMENT	IFC-Entität und deren Assoziation zu anderen IFC-Entitäten

¹ Das IFC-Schema unterscheidet zwischen «Material Constituent Set», «Material Layer Set Usage», «Material Profile Set Usage», «Material Set», «Material Single». Im Falle von IDS wird nicht zwischen den unterschiedlichen Konzepten unterschieden. Es wird lediglich geprüft oder gefordert, ob eines der Materialien in einem der Konzepte vorhanden ist. (buildingSMART International, 2022, chap. Material facet)

4.2 buildingSMART Data Dictionary

Das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) ist ein auf das IFC-Schema abgestimmter und von buildingSMART International veröffentlichter Service zur Beschreibung und Publikation von Klassifikationen. Der Service besteht aus einem frei zugänglichen und auf offenen Standards basierenden Datenstrukturserver, der die Klassifizierung von digitalen Bauwerksmodellen unterstützt. (Eichler et al., 2023, p. 116).

Ein Klassifikationssystem beschreibt eine Struktur und Zuordnung von realen Objekten auf eine abstrakte Weise. Die Beschreibung der Objekte wird vorwiegend nur einer spezifischen Sichtweise gerecht, für welche das Klassifikationssystem geschaffen wurde. Die Strukturierung der Objekte erfolgt dabei in Klassen, wobei eine Klasse eine Gruppe von Objekten mit gleichen Eigenschaften beschreibt. (Borrmann et al., 2021, p. 214)

Ein digitales Bauwerksmodell (DBM) (Abbildung 2, «Gebäudemodell») muss für dessen effektiven Einsatz im Lifecycle des realen Bauwerkes viele Funktionen erfüllen. Viele der Einsatzzwecke des digitalen Bauwerksmodells (Abbildung 2, Gebäudemodell) benötigen unterschiedliche Informationen oder eine unterschiedliche Darstellung derselben Information (Abbildung 2, Klassifizierungen A/B/C). Die Klassifizierung unterstützt eine vielfältige Nutzung des digitalen Bauwerksmodells, ohne für jede Betrachtung die Objekte oder Struktur des Modells ändern zu müssen (Abbildung 2, «Klassifiziertes Modelle»). (Eichler et al., 2023, p. 116)

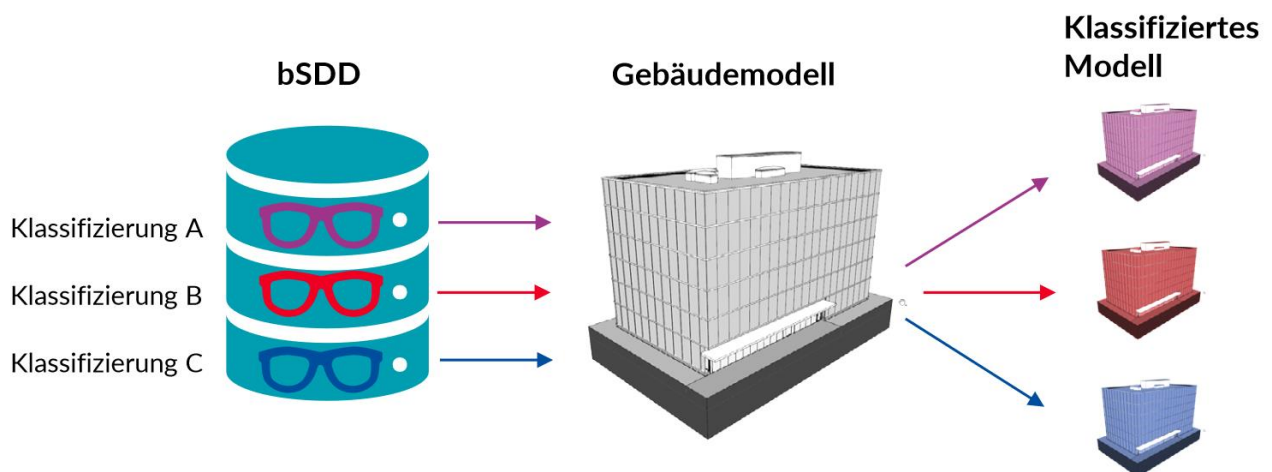


Abbildung 2: Betrachtung eines digitalen Bauwerksmodells mit unterschiedlichen Klassifizierungen (Eichler et al., 2023, p. 116)

Das Datenmodell von bSDD erlaubt die Assoziationen zwischen den unterschiedlichen Klassifizierungssystemen und den unterschiedlichen Sprachen derselben Klasse sowie die Zuweisung von Properties an eine Klasse, womit eine Assoziation auf die Klassen / Entitäten und Properties des ebenfalls publizierten IFC-Schemas möglich ist (Abbildung 3). Dies erlaubt neben der regulär rein sprachlichen Beschreibung der Klassifikationen auch die standardisierte Beschreibung der Klassifikation. Dies erfolgt über die Beschreibung der Klassifikation über Properties des IFC-Schemas oder eigens definierten Properties. Die Beschreibung einer Klassifikation ist damit auch formal möglich. Die aktuelle Dokumentation und die Richtlinien zu Publikationen sind in vollem Umfang auf der offiziellen GitHub Profil von buildingSMART unter <https://github.com/buildingSMART/bSDD/blob/master/Documentation/bSDD%20JSON%20import%20model.md> einsehbar.

Konkret ist bSDD gemäss Abbildung 3 aufgebaut, wobei jede Organisation «Organization» mit einem bSDD-Management Account Klassifikationen publizieren darf. Dabei werden die Klassifizierungen als Klasse «Class» beschrieben und als Teil eines Klassifizierungssystems «Dictionary» publiziert. In dem Klassifizierungssystem können neben Klassen auch Properties «Property» publiziert werden, wobei diese ebenfalls als Klasse geführt werden. Den Properties kann neben einer Beschreibung und dem Datentyp auch mit Restriktionen wie vordefinierte Werte, Wertegrenzen, Werteinschränkungen und Wertlängen ergänzt werden. Mehrere Properties können zu einem PropertySet gruppiert werden. Um den individuellen Anforderungen der Restriktionen je Klassifikation Rechnung zu tragen, wird nicht das Property selbst an der Klasse zugeordnet, sondern nur ein Abbild. Dieses Abbild wird als «Classification Property» bezeichnet und lässt je Klasse individuelle Restriktionen zu. Die Einträge werden bei Änderungen versioniert, wobei jede Version über den entsprechenden Identifikator aufgerufen werden kann. Die Identifikation jeder Klasse und Property erfolgt dafür über eine URI, worüber einerseits der Eintrag identifiziert wird und andererseits im Web direkt aufgerufen werden kann. (buildingSMART International, 2024b)

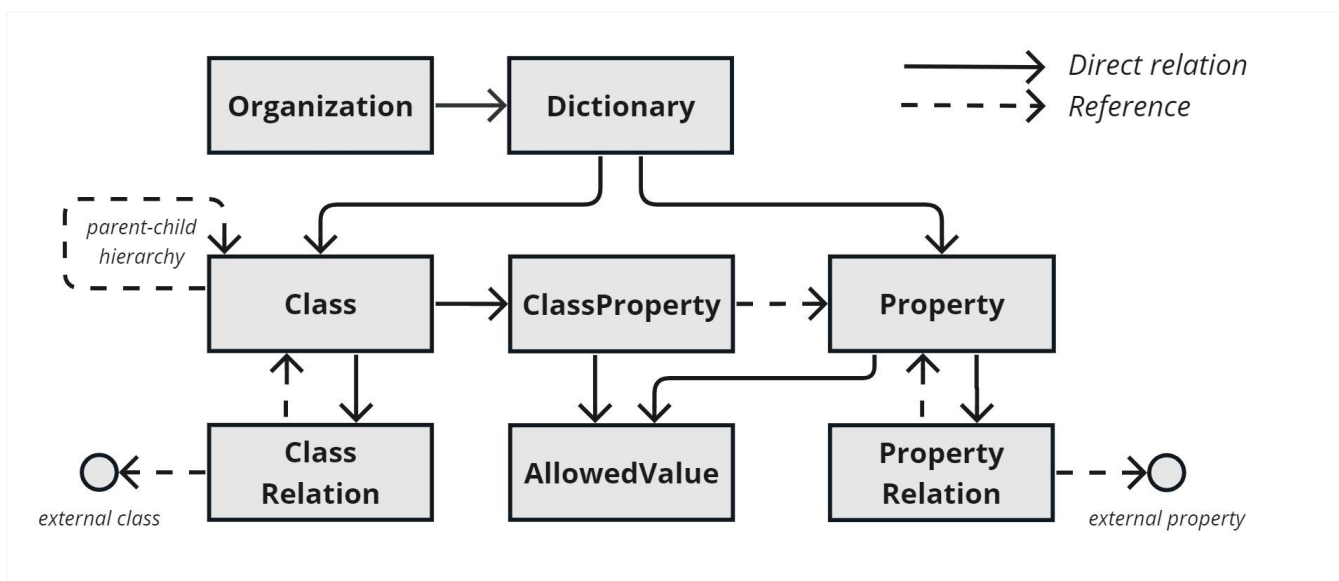


Abbildung 3: Generisches Datenmodell von bSDD zur Publikation und Assoziation von Klassifizierungssystemen (buildingSMART International, 2024b)

Ein reales Objekt kann in unterschiedlichen Klassifizierungssystemen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten beschrieben werden z. B. als 22.22 Innenwände, konstruktiv gemäss Klassifizierungssystem NL-SfB 2005 gem. Abbildung 4. Die reguläre Beschreibung von Klassen erfolgt mittels eines Codes und eines Fliesstextes. Um zu verstehen, worum es sich dabei handelt, muss die Definition dieses Klassifizierungssystem vorliegen. Mittels bSDD besteht die Möglichkeit, die Klassifikation auf eine Entität des IFC-Schemas zu assoziieren und die Beschreibung über Properties des IFC-Schemas auszudrücken (Abbildung 4, «Related IFC entity» und «Class properties»).

Damit kann die Klassifikation «(22.22) binnenwanden; constructief, spouwwanden», die eine Aussenwand «IfcWall» in Niederländisch beschreibt, formal und allgemeingültig, mit dem Property «IsExternal» und dem Wert «True» sowie «LoadBearing», mit dem Wert «True» des IFC-Schemas beschrieben werden.

Die Klassifikation wird somit nicht nur fachlich, sondern auch standardisiert und formal beschrieben. Bei der Anwendung dieser Klassifikation in einer Autorenapplikation, wird es dadurch möglich, diesen formalen beschrieb direkt zu übernehmen und so die Informationsmodellierung schneller zu gestalten

(DigiBase-VokerWessels, 2022). Eine Beschreibung der Werte erfolgt über das Attribut «PredefinedValue» der Klasse «ClassProperty» (Abbildung 5, markierte Einträge).



Class

(22.22) binnenwanden; constructief, spouwwanden Select language

Code	22.22
Class type	Class
URI	https://identifier.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2/class/22.22
Dictionary	NL-SfB 2005
Dictionary version	2.2
Dictionary state	Active
Owner	NL-SfB
Parent class	(22.2) binnenwanden; constructief
Status	Preview
Related IFC entity	Wall

Class properties

Property set: Pset_WallCommon

Außenliegend (IFC-4.3)	Angabe, ob das Element für die Verwendung im Außenbereich vorgesehen ist (TRUE) oder nicht (FALSE). Bei (TRUE) handelt es sich um ein Außenelement, das ein Gebäude nach außen abschließt.
Statisch tragend (IFC-4.3)	Gibt an, ob das Objekt Lasten aufnehmen soll (TRUE) oder nicht (FALSE).

Abbildung 4: Abbild der Klassifikation (22.22) von NL-SfB auf dem Webportal von bSDD²

Der Ausschnitt in Abbildung 4 zeigt die Weboberfläche, mit welcher das bSDD durchsuchen lässt und Informationen im Web menschenlesbar abbildet. Das bSDD ist grundsätzlich mit der Intension als application programming interface (API)-Endpunkt angesprochen zu werden, entworfen worden. Der Aufruf und die Publikation von neuen Daten erfolgen in erster Linie über die API. (buildingSMART International, 2024c)

Wird die oben gezeigte Klassifikation über die Schnittstelle abgefragt, erfolgt die Antwort in Form des JSON-Formats gemäss Abbildung 5. In der Antwort enthalten sind die «relatedIFCEntityNames», «ClassProperties» und die «PredefinedValue» als Teil des JSON-Objects (Abbildung 5, markierte Einträge). Die Informationen zu einer Klassifikation müssen dadurch nicht über die Abfrage einzelner Endpunkte zusammengesetzt werden.

² URI: <https://search.bsdd.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2/class/22.22?Id=57239&LanguageCode=>

Abbildung 5: Klassifikation (22.22) von NL-SfB im JSON-Format über die bSDD API²

```

{
  "relatedIfcEntityNames": ["IfcWall"],
  "parentClassReference": {
    "uri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2/class/22.2",
    "name": "(22.2) binnenwanden; constructief",
    "code": "22.2"
  },
  "classProperties": [
    {
      "name": "Load Bearing",
      "uri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2/class/22.22/prop/Pset_WallCommon/uri/buildingsmart/ifc/4.3/prop/LoadBearing",
      "description": "Indicates (...) carry loads (TRUE) or not (FALSE).",
      "definition": "Indicates (...) carry loads (TRUE) or not (FALSE).",
      "dataType": "Boolean",
      "predefinedValue": "TRUE",
      "propertyCode": "LoadBearing",
      "propertyDictionaryName": "IFC",
      "propertyDictionaryUri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/buildingsmart/ifc/4.3",
      "propertyUri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/buildingsmart/ifc/4.3/prop/LoadBearing",
      "propertySet": "Pset_WallCommon",
      "propertyStatus": "Active",
      "propertyValueKind": "Single"
    },
    {
      "name": "Is External",
      "uri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2/class/22.22/prop/Pset_WallCommon/uri/buildingsmart/ifc/4.3/prop/IsExternal",
      "description": "Indication (...)the outside of the building.",
      "definition": "Indication (...)and faces the outside of the building.",
      "dataType": "Boolean",
      "predefinedValue": "FALSE",
      "propertyCode": "IsExternal",
      "propertyDictionaryName": "IFC",
      "propertyDictionaryUri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/buildingsmart/ifc/4.3",
      "propertyUri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/buildingsmart/ifc/4.3/prop/IsExternal",
      "propertySet": "Pset_WallCommon",
      "propertyStatus": "Active",
      "propertyValueKind": "Single"
    }
  ],
  "dictionaryUri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2",
  "activationDateUtc": "0001-01-01T00:00:00Z",
  "code": "22.22",
  "countriesOfUse": [],
  "name": "(22.22) binnenwanden; constructief, spouwanden",
  "uri": "https://identifier.buildingsmart.org/uri/nlsfb/nlsfb2005/2.2/class/22.22",
  "replacedObjectCodes": [],
  "replacingObjectCodes": [],
  "status": "Preview",
  "subdivisionsOfUse": [],
  "versionDateUtc": "0001-01-01T00:00:00Z"
}

```

5 Stand der Praxis und Forschung

In dem folgenden Kapitel werden die Grundlagen und Randbedingungen für den Entwurf des Informationssystems mit Integration von IDS und bSDD beschrieben. Diese stellen sich aus Erfolgsfaktoren, Inputs aus der Praxis sowie verbreiteten Standards und Normen, in Bezug auf den Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen, zusammen.

5.1 Erfolgsfaktoren des Informationsmanagements

BIM wird heute mehrheitlich aus der Sicht der Planung und Ausführung betrachtet. Die Übergabe der Informationen an das FM, in einem durchgängigen Informationsfluss über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, kann jedoch einen Mehrwert bieten. (May et al., 2022, p. V). Die zwei Hauptphasen in dem Lebenszyklus eines Bauwerks, die Projekt- und die Betriebsphase, weisen unterschiedliche Charakter auf, welcher Auswirkungen auf das phasenübergreifende Informationsmanagement hat (Schildknecht, 2022, p. 13). Die unterschiedlichen Bedürfnisse an Informationen und deren Strukturierung sowie die unterschiedlichen Organisationsformen müssen bei dem Informationsaustausch zwischen den beiden Hauptphasen berücksichtigt werden (Schildknecht, 2022, p. 13).

Zur Identifikation der Erfolgsfaktoren für das Gelingen des Informationsaustauschs zwischen den Hauptphasen, erfolgt eine strukturierte Literaturrecherche. Dabei werden sowohl konkrete Lösungsansätze mit IDS oder bSDD als auch allgemeine Ansätze für einen erfolgreichen Informationsaustausch und dessen Qualitätssicherung eingeschlossen. Die Zusammenstellung der genutzten Abfragen für die Literaturrecherche können dem Anhang A entnommen werden.

Unter den Ergebnissen der Literaturrecherche werden konkret die sechs Untersuchungen von (Dixit et al., 2019; Matarneh, 2019; Matarneh et al., 2019; Pouriya Parsanezhad & Dimyadi, 2014; Tomczak et al., 2022; Yalcinkaya & Singh, 2014) berücksichtigt, welche sich mit dem Thema der Informationsüberführung zwischen den Hauptphasen auseinandersetzen. Diese sind vorwiegend Studien nach der mixet Methode im Zeitraum zwischen 2014 – 2022. Aus diesen sechs Untersuchungen werden die direkt ableitbaren Erfolgsfaktoren zusammengestellt und in Anhang B aufgeführt. Basierend auf dieser Zusammenstellung je Quelle lassen sich im Kontext des Informationsaustauschs daraus die untenstehenden Erfolgsfaktoren beschreiben.

- Die Informationsanforderungen sind auf Basis der alltäglichen Arbeit und nach phasengerechter Detaillierung, sowie frühestmöglich, definiert und klar beschrieben.
- Es besteht eine Interoperabilität und die Verwendung einer standardisierten Terminologie und Taxonomie unter den Akteuren und Akteurinnen.
- Es findet ein regelmässiger, automatischer, elektronischer Informationsaustausch statt.
- Die Rollenzuteilung und Verantwortlichkeiten im Informationsaustausch sind klar definiert.
- Es werden klar definierte und standardisierte Prozesse des Informationsaustausches, zur Sicherstellung der Informationsqualität, angewendet.

Die Erfolgsfaktoren beschreiben übergeordnet den Bedarf eines strukturierten Informationsaustauschs mit gesicherter Informationsqualität und Informationsumfang von dem Projekt an das FM. Konkret lassen sich die Erfolgsfaktoren, wie in Anhang C gezeigt, auf viele der Kriterien der Informationsqualität in Anlehnung an Rohweder et al. 2008, S.28 ff. und Wang und Strong 1996, S. 20 zitiert nach (Krcmar, 2015, tbl. 5.5) zurückführen.

5.2 Best Practice des Informationsmanagements

Die Erarbeitung des Stand Best Practice erfolgt über den Austausch mit Praxisexperten. Die zugrunde liegende ausgefüllten Fragenkataloge sind im Anhang C aufgeführt. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Erkenntnisse im Kontext der Untersuchung aus allen drei Gesprächen zusammenfasst.

Aus den Expertengesprächen und der untersuchten Praxisprojekte geht hervor, dass der Informationsaustausch auf drei Komponenten beruht. Der Autorenapplikation für die geometrische und semantische Informationsmodellierung, dem Common Data Environment (CDE) für den Informationsaustausch zwischen dem Projekt und dem Bauherrn oder der Bauherrin und zur semantischen Informationsmodellierung sowie den Betriebsapplikationen wie eine CAFM-Applikation, welche Empfänger der Informationslieferung ist. Je nach Funktionsumfang des eingesetzten CDE kommen weitere Komponenten zur Prüfung der Informationslieferung hinzu. Das CDE wird jeweils durch den Bauherrn oder der Bauherrin betrieben und bildet seinen Informationsbedarf und seine Struktur ab. Dies ermöglicht eine einheitliche Strukturierung von unterschiedlichen Projekten aus Betriebssicht.

Der Informationsbedarf wird in allen Projekten aus Anwendungsfällen abgeleitet, welche im Umfang des Unterhalts und Betrieb des Bauwerks notwendig sind. Da in allen untersuchten Fällen in einem bestehenden Umfeld gebaut wird, sind viele Anwendungsfälle und der damit einhergehender Informationsbedarf durch bestehende Prozesse und Applikationen definiert. Mit dem Informationsbedarf wird definiert, welche Informationen für die Elemente benötigt werden, um einen gegebenen Anwendungsfall erfüllen zu können. Ein Element bildet eine Gruppe von Objekten ab und kann mit einer Klassifikation und in einigen Fällen mit einer Entität des IFC-Schemas verglichen werden. Die geforderten Attribute sind teilweise mit Restriktionen wie Datentyp, Wertebereich oder Werteliste beschrieben. Alle diese Informationen zum Bedarf sind zentral in einem Datenfeldkatalog / Informationsmodell o. Ä. in Tabellenform als Excel-Datei beschrieben.

Dieser tabellarische Informationsbedarf dient einerseits dazu, die CAFM-Applikation des Betriebs zu konfigurieren und andererseits als Informationsanforderung für die Informationsbereitstellung. Der*die Informationsbereitsteller*in gegenüber dem Bauherrn oder der Bauherrin ist in allen Praxisprojekten eine Totalunternehmung. Die Informationsbereitstellung erfolgt in Kombination eines digitalen Bauwerksmodells im IFC-Austauschformat sowie der Ergänzung von alphanumerischen Informationen an den geometrisch modellierten Objekten im CDE. Das Ermöglichen der zusätzlichen Modellierung im CDE zu der Modellierung in der Autorenapplikation wird dadurch begründet, dass damit Akteure und Akteurinnen, die ohne geometrische Modellierung arbeiten (z. B. Bauphysiker*in). Die geforderten Informationen trotzdem modellbasiert zur Verfügung stellen und Informationen unabhängig der Exportmöglichkeiten in das IFC-Austauschformat der jeweiligen Autorenapplikation erfasst werden können. Die Modellierung der alphanumerischen Informationen erfolgt unabhängig der Komponenten durch händischen Abgleich der Informationsanforderung, beschrieben in der Excel-Datei.

Die Informationsbereitstellung vom Projekt an den Bauherrn oder der Bauherrin erfolgt mit Ausnahme eines Projektes regelmässig zu vereinbarten Zeitpunkten. Der Vergleich der Praxisprojekte zeigt, dass eine regelmässige Informationsbereitstellung nur erfolgt, wenn diese explizit bestellt und früh im Projekt vereinbart sind. Ansonsten erfolgt die Bereitstellung erst nach Abschluss der SIA-Leistungsphase 53. Bei regelmässigen Informationslieferungen ist eine Prüfung dieser mittels der jeweiligen Informationsanforderung möglich. Dies erfolgt entweder direkt bei der Bereitstellung der digitalen Bauwerksmodelle auf dem CDE oder über weitere Applikationen. In beiden Fällen werden durch die Prüfung festgestellte Mängel direkt in dem Ursprungssystem korrigiert.

In zwei Projekten wird die Normenreihe SN EN ISO 19650 im Projekt angewendet. Da diese zum Zeitpunkt des Projektstartes des dritten Projektes noch nicht veröffentlicht war, erfolgt der Einbezug der

SN EN ISO 19650 erst in der Endphase des Bauprojekts. Konzepte wie die Hierarchie der Informationsanforderung oder der Prozess eines einzelnen Informationsaustauschs wird grundsätzlich in allen Projekten verfolgt.

Bezüglich der Erfolgsfaktoren für einen durchgängigen Informationsaustausch sind sich die Experten einig. Es bedarf der klaren Definition der Informationsanforderung und der Verantwortlichkeit zu einem frühen Zeitpunkt im Projekt. Weiter wird als wichtig empfunden, dass die Informationsanforderung SIA-Leistungsphasen gerecht beschrieben wird und alle Projekte, aus Sicht Informationsbestellende, eine einheitliche Objekt- und Datenstruktur aufweisen.

Im Projekt Luks wird die Beschreibung der Informationsanforderung in Tabellenform als Excel-Datei für den durchgängigen Informationsaustausch als hinderlich angesehen. Es besteht die Absicht zukünftig mit der Plattform BIMQ zu arbeiten, welche den Austausch der Informationsanforderung in unterschiedlichen Formaten zur Validierung und Konfiguration der Autorenapplikation erlaubt³.

5.3 Informationsmanagementprozesse aus der Literatur

Der Informationsaustausch erfolgt immer zwischen einem Informationsbestellenden und eines informationsliefernden Akteurs. Dieses Grundkonzept des Informationsaustauschs zwischen Besteller*in und Lieferant*in kann nach Schildknecht, 2022, p. 27 in dem folgenden generischen Prozess abgebildet wird:

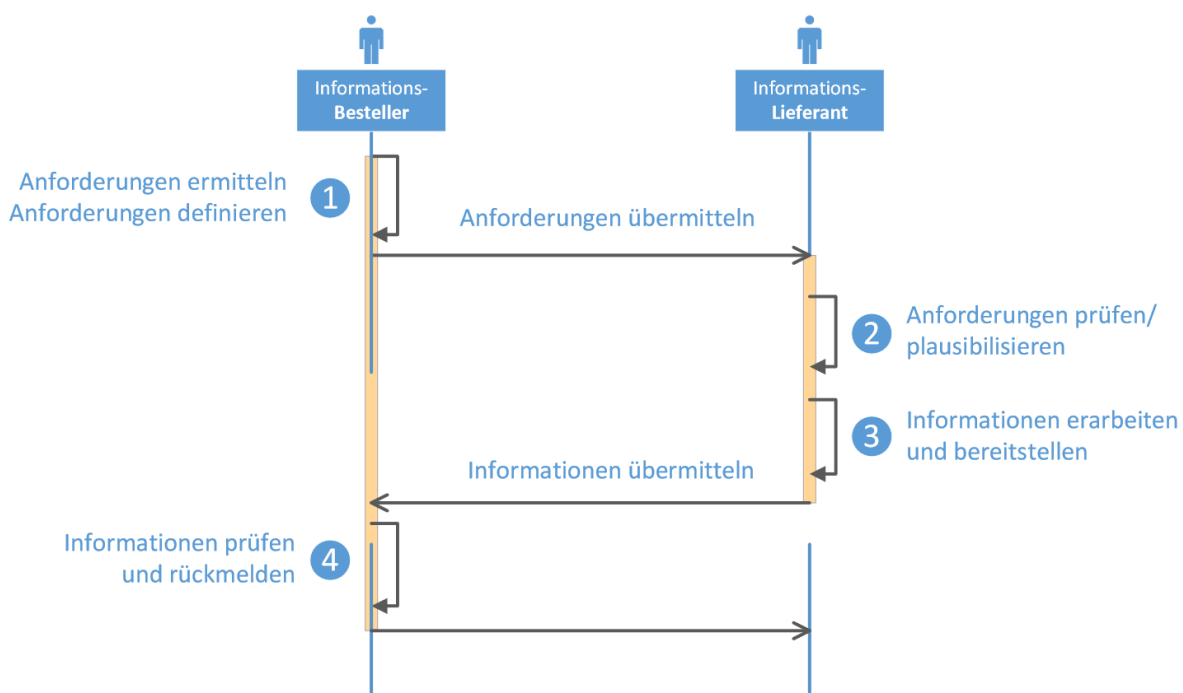


Abbildung 6: Generischer Prozess Informationsaustausch (Schildknecht, 2022, fig. 19)

Dieser Prozess ist unabhängig der in einem Projekt involvierten Akteure und Akteurinnen oder Unterteilnehmern und -teilnehmerinnen umsetzbar. Sind Unterteilnehmern und -teilnehmerinnen in den Informationsaustausch involviert, wird der Informationslieferant oder -lieferantin der ersten Ebene zum Informationsbestellenden der zweiten Ebene, wobei der oben beschriebene Prozess erneut durchlaufen wird.

³ Zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Master-Thesis wird BIMQ noch nicht eingesetzt, es liegen keine Erfahrungswerte vor.

Die Norm "SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018 beschreibt im Kontext des Informationsaustausches zwischen den Hauptphasen ergänzend einen dritten Akteur oder Akteurin, der «federführende Informationsbereitsteller» (Abbildung 7). Dabei folgt die Norm dem Projektentwicklungsmodell einer Totalunternehmung (Schildknecht, 2022, p. 27). Die Norm "SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018 definiert weiter, dass der Informationsbestellende Meilensteine (Anlässe und Zeitpunkte) festlegen soll, zu denen eine Informationsbereitstellung benötigt wird. In Abbildung 7 wird der Informationsaustausch zu einem Meilenstein dargestellt, wobei die Raute den Meilenstein oder den Entscheidungszeitpunkt und der Kreis die Informationslieferung dafür symbolisiert ("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018, p. 24). Der*die federführende Informationsbereitsteller*in ist auf der ersten Ebene informationsbereitstellend für das FM, diese Informationsbestellung wird unterteilt und weitergegeben ("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018, p. 19). Auf der zweiten Ebene ist der*die federführende Informationsbereitsteller*in informationsbestellend.

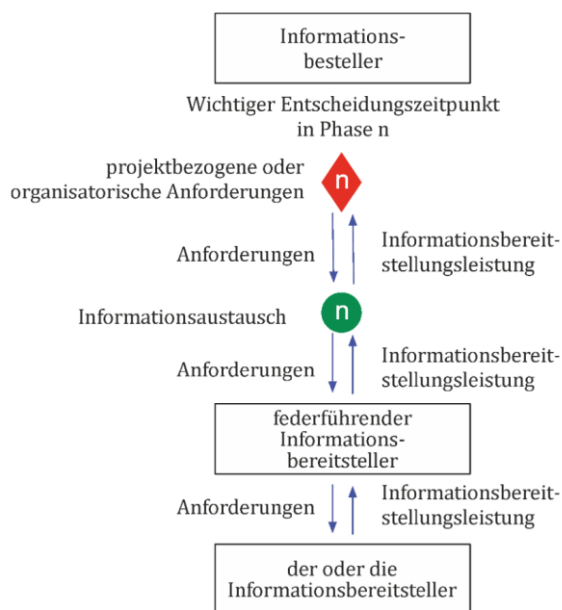


Abbildung 7: Prozess Informationsaustausch nach SN EN ISO 19650 – 1:2018
("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018, fig. 6)

Ergänzend zu dem Prozess des Informationsaustauschs unter den involvierten Akteure und Akteurinnen beschreibt die Norm "SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018 verschiedene Arten der Informationsanforderung und wie diese zueinander stehen. Die Informationsanforderungen sind in vier hierarchisch aufgebaute Klassen eingeteilt (Abbildung 8). Die «Organisatorische Informationsanforderung» (OIR), «Projekt-Informationsanforderung» (PIR), «Asset-Informationsanforderung» (AIR) und «Informationsaustauschanforderungen» (EIR). Die OIR beschreiben den übergeordneten Informationsbedarf zur Erreichung von strategischen Zielen des Informationsbestellenden. Diese geben aus Management-sicht die Stossrichtung oder den Input für die AIR vor und beschreiben den Informationsbedarf für die Bewirtschaftung des Bauwerks (Assets) sowie für die kaufmännischen und technischen Aspekte des Asset-Managements. Aus der übergeordneten Bedarfsbeschreibung OIR, geltend für das gesamte Assetportfolios, sowie aus den AIR können die PIR abgeleitet werden, die den Informationsbedarf aus strategischer Sicht für ein Projekt beschreiben. Aus diesen drei Klassen der Informationsanforderung wird die EIR konsolidiert. Die EIR beinhalten die konkrete Informationsbestellung an den federführenden Informationsbereitsteller*die federführende Informationsbereitstellerin, den Informationsstandard,

die Erzeugungsmethode und das Erzeugungsverfahren. ("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018, pp. 16–20)

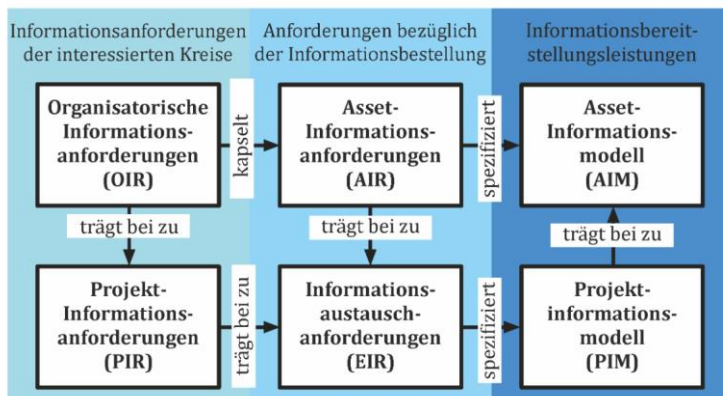


Abbildung 8: Hierarchie der Informationsanforderungen
("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018, fig. 2)

In Abbildung 8 wird neben der Hierarchie der Informationsanforderung deren Zusammenhang zu den, aus den Informationsbereitstellung resultierenden, Informationsmodellen abgebildet. Diese sind das «Asset-Informationsmodell» (AIM) und das «Projekt-Informationsmodell» (PIM). Das AIM bildet die Antwort auf die strategischen und täglichen Asset-Managementprozesse ab und kann zu Beginn eines Projektes Informationen bereitstellen. Die Grundlage für die Projektabwicklung wird durch das PIM abgebildet und wird im Projektverlauf aufgebaut. Das PIM trägt durch die Informationsbereitstellungen an den Informationsbestellenden zur Ergänzung und Nachführung des AIM bei. ("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018, p. 20)

Auf der ("SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018) aufbauend beschreibt die ("SN EN ISO 19650 - 2:2018," 2018) mit acht Aktivitäten spezifisch den Informationsmanagementprozess (IM-Prozess) des Informationsaustausches zwischen den Hauptphasen. Zu jeder Aktivität werden die dafür nötigen Prozesse und die dafür nötige Methoden beschrieben, wobei die Zusammenarbeit und Koordination zwischen den beteiligten Akteuren und Akteurinnen im Vordergrund steht. Ergänzend zu der Norm "SN EN ISO 19650 - 1:2018," 2018 wird konkreter auf das Zusammenspiel der Informationsbestellung und Informationslieferung inklusiv der Generierung von Informationen und der Annahme von Informationsbereitstellungen eingegangen. In diesem Kontext werden die Informationsbereitstellenden in einem Aufgabenteam, die Aufgabenteams und ein federführende*r Informationsbereitsteller*in in einem Bereitstellungsteam und die Bereitstellungsteams in einem Projektteam zusammengefasst ("SN EN ISO 19650 - 2:2018," 2018, fig. 2).

In der Beschreibung des IM-Prozess nach ("SN EN ISO 19650 - 2:2018," 2018, fig. 2), wird nicht konkret auf die Informationsanforderung aus Sicht der Informationsbereitstellenden eingegangen. Das BIM Abwicklungsmodell der SIA (Raoul Müller et al., 2024) berücksichtigt dies dadurch, dass zwischen der Informationsanforderung des*der Auftraggeber*in (AG) und des*der Auftragnehmer*in (AN) unterschieden werden (Abbildung 9). Damit wird der Komplexität aus der Kardinalität einer n:m Beziehung zwischen Informationsbestellenden und Informationsbereitstellenden Rechnung getragen. Dies ermöglicht es Informationsanforderung im IM-Prozess abzubilden, welche aus dem Bedarf eines Fachplanenden entstehen und durch einen anderen Fachplanenden abgedeckt werden oder dass ein Auftragnehmer den Informationsbedarf an den Auftraggeber stellt.

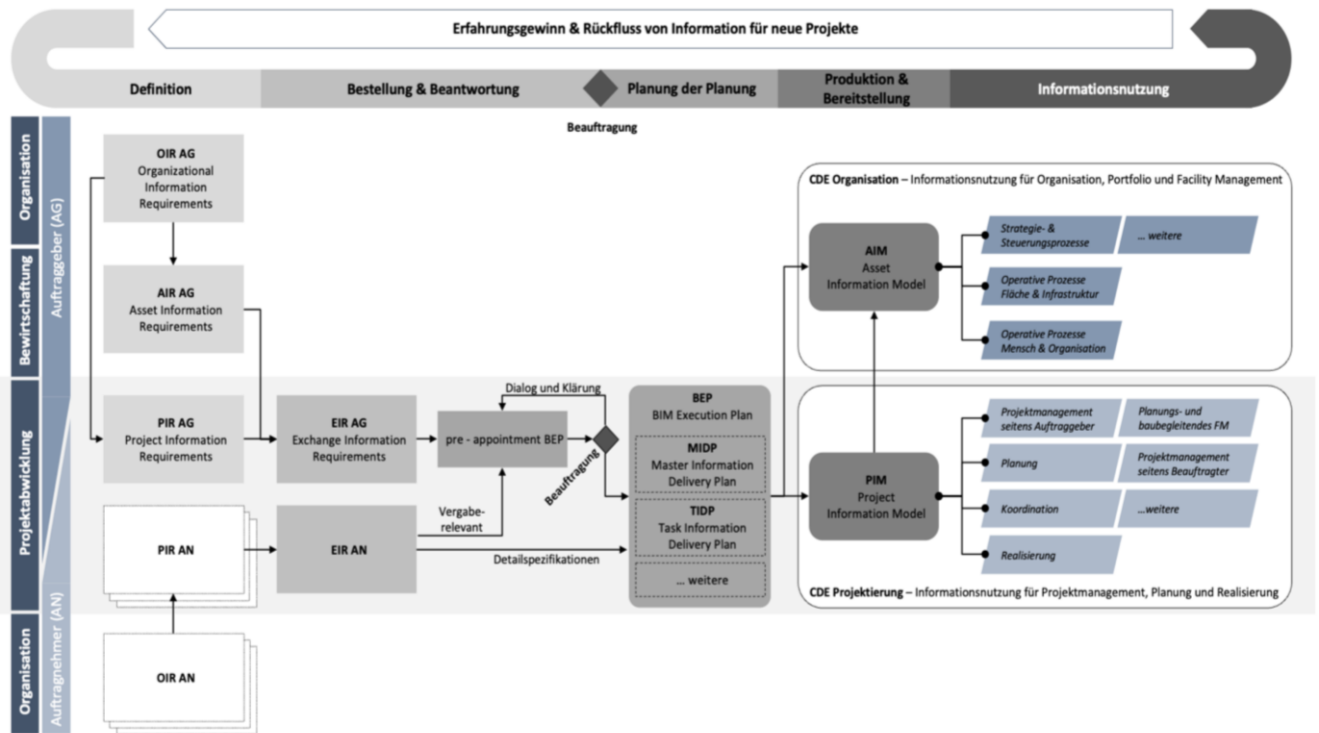


Abbildung 9: BIM-Abwicklungsmodell gemäss Normenreihe SN EN ISO 19650 (Raoul Müller et al., 2024, fig. 1)

Das SIA BIM-Abwicklungsmodell spezifiziert weiter, dass die EIR konkret mit «Warum», «Wann», «Wer», «Was» und «Wie» beschrieben werden soll (Auszug unten) und berücksichtigt damit Aspekte aus der SN EN 17412-1:2020 (“SNE EN 17412-1,” 2020, p. 18; Raoul Müller et al., 2024, p. 7).

- «
- Warum = Ziel, Zweck und erwarteter Nutzen
 - Wann = Zeitpunkt der Informationslieferung in Abhängigkeit zur Nutzung der Information
 - Wer = Wer benötigt und prüft und/oder wer liefert die Information (Akteure)
 - Was = Welche Lieferobjekte werden, in welcher Struktur benötigt
 - Wie = Informationsinhalt und -form in Bezug auf Geometrie, Relationen, Alphanumerik und/oder ergänzender Dokumentation
- » (Raoul Müller et al., 2024, p. 7).

Im Grundsatz basiert das SIA BIM-Abwicklungsmodell auf der SN EN ISO 19650 - 1:2018 und übernimmt die darin definierte Terminologie ebenfalls. Jedoch beschreibt das SIA BIM-Abwicklungsmodell einen konkreteren, weniger abstrakten Sachverhalt und ist damit verständlicher.

Ebenfalls durch den SIA publiziert das Merkblatt SIA 2051 Building Information Modelling (BIM) (“SIA 2051:2017,” 2017) in welchem der Zusammenhang der Informationsanforderung zwischen den Auftraggeber*innen und der Auftragnehmer*innen sowie der BIM-Projektentwicklungsplan beschrieben wird. Dieses Merkblatt behandelt im Grundsatz denselben Sachverhalt wie die ISO 19650 – 1 und der SIA BIM-Abwicklungsplan, jedoch unter der Verwendung einer eigenen Terminologie. Die Terminologie nach der SN EN ISO 19650 Reihe hat sich seither auch in der Schweiz etabliert. Dies zeigt, die verwendete Terminologie des SIA BIM-Abwicklungsplans sowie die Publikationen von Bauen Digital

Schweiz (“BIM-Abwicklungsmodell, Verständigung,” 2022, p. 7; Raoul Müller et al., 2024, fig. 1). Dennoch zeigt das Merkblatt SIA 2051 mit dem unten stehenden Schema zum Informationslieferungszyklus das Grundprinzip des Informationsaustausches zwischen den Hauptphasen im Vergleich zu den bereits erwähnten Publikationen gesamtheitlich auf (“SIA 2051:2017,” 2017, fig. 5). So bildet dieses Schema neben den prozessualen Bestandteilen auch den Reifegrad der Modelle ab und geht auf den Aspekt ein, dass für die Übergabe der Informationen an den Betrieb diese um die nicht bestellten Informationen reduziert werden müssen (“SIA 2051:2017,” 2017, p. 21).

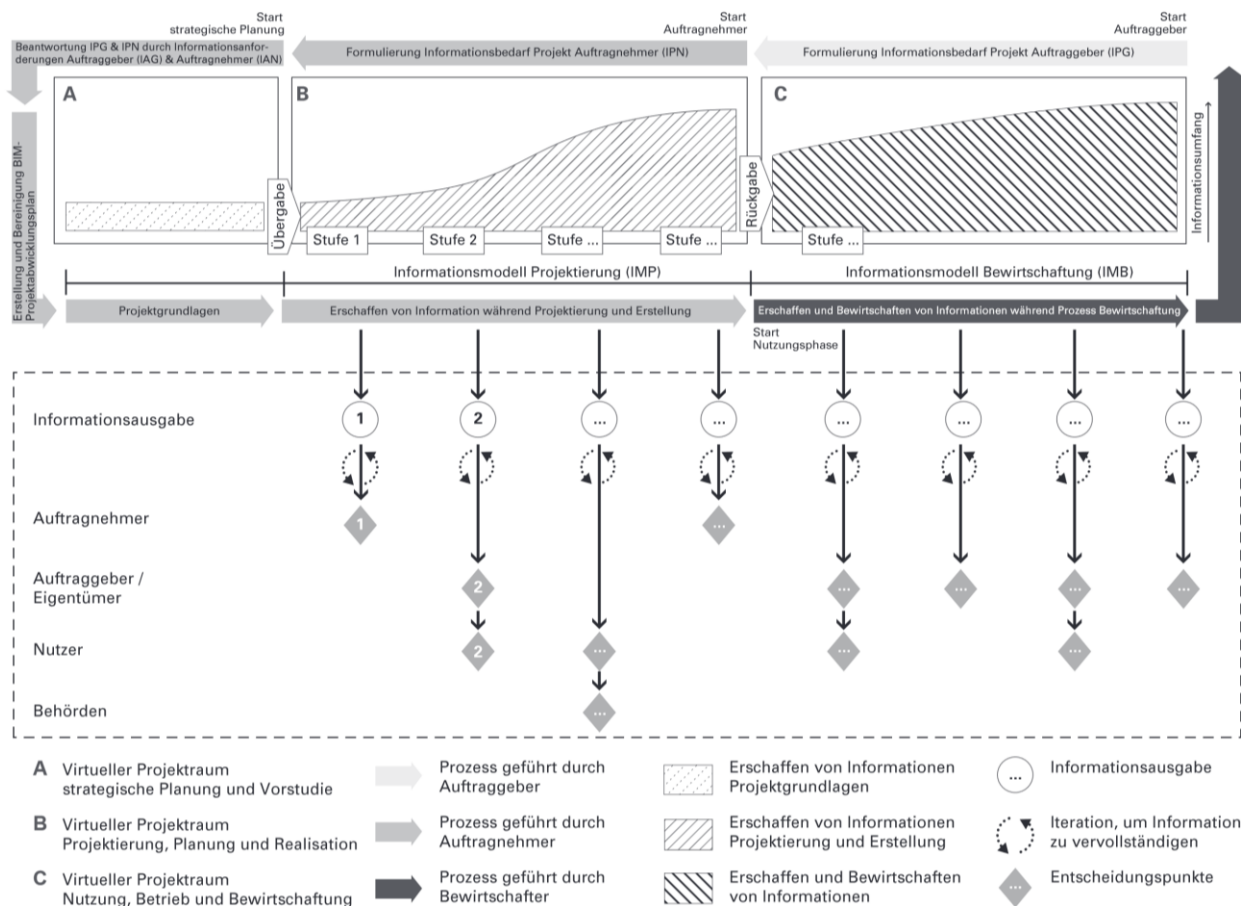


Abbildung 10: Informationslieferungszyklus nach Merkblatt SIA 2051 (“SIA 2051:2017,” 2017, fig. 5)

Die aktuell betrachteten Normen und Merkblätter beschreiben den Informationsaustausch auf Prozessebene, ohne konkret auf Formate zum Austausch einzugehen. Die von buildingSMART entwickelte Methode Information Delivery Manual (IDM) (buildingSMART International, n.d.) sieht eine fachliche Beschreibung des Prozesses sowie der Informationsanforderung vor.

Wird die fachliche und technische Beschreibung kombiniert, kann der Prozess von IDM mit den folgenden Schritten beschrieben werden (Borrmann et al., 2021, fig. 7.1):

1. Definieren und Beschreiben aller im Projekt bzw. in den Informationsaustausch involvierter Akteure und Akteurinnen.
2. Die Prozesse zum Informationsaustausch werden definiert und in einem Business Process Modeling Notation (BPMN) beschrieben.
3. Die Übergabepunkte bzw. die Informationsaustauschschnittstellen werden definiert.
4. Der Informationsgehalt (EIR) der jeweiligen Informationsaustauschschnittstellen wird definiert.

5. Die EIR werden fachlich auf das IFC-Modell abgebildet.
6. Der fachliche Beschrieb der EIR wird auf die technische Beschreibung der Model View Definition (MVD) im Format mvdXML übertragen.

Die durch IDM beschriebenen Prozessschritte zeigen im Grunde dieselbe Vorgehensweise wie der generische Prozess Abbildung 6 unter der Berücksichtigung der Meilensteine nach SN EN ISO 19650 -1, jedoch mit der Ergänzung der Überführung der Beschreibung der Informationsanforderung auf eine formale Sprache eines serialisiertes XML als idmXML für den Austausch (Borrmann et al., 2021, p. 156).

5.4 Bekannte Applikationen mit IDS oder bSDD Integration

In der Praxis findet IDS und bSDD aktuell nur wenig Anwendung. Die Implementierung der IDS oder des bSDD erfolgt derzeit hauptsächlich durch Software-Anbieter in CDE oder in eigens dafür entwickelten Webapplikationen. Dabei werden IDS und bSDD nur isoliert betrachtet und implementiert. Bekannte Applikationen mit IDS- oder bSDD-Integration sind unter anderem: ACCA, BIM.works, Libal und plannerly als CDE und BIMQ, Ekkodale, der BIM-Profilserver von CRB und xbim zur Beschreibung von IA in IDS (ACCA software, n.d.; AEC3, n.d.; BIM Base B.V., 2023; Claudio Benghi, n.d.; CRB & FHNW, n.d.; LIBAL® Deutschland GmbH, n.d.; plannerly, 2019).

Applikationen wie das Prototyp Plug-in von DigiBase für SketchUP oder bSDD-Revit-plugin von VolkerWessels et al. ermöglicht es das bSDD aus der Autorenapplikation zu durchsuchen und eine Klassifikation mit verknüpften Eigenschaften aus bSDD in der Autorenapplikation zu laden, um Objekte schnell zu informieren. Die Applikation Blender mit Add-in BlenderBIM ermöglicht es, Modelle zu erzeugen und diese direkt in der Applikation mit IDS zu validieren (Blenderbim.org, n.d.; DigiBase-VolkerWessels, 2022).

Die Zahl der Applikationen, welche bSDD oder IDS implementieren, wächst aufgrund der wachsenden Popularität und Nachfrage stark an. Der aktuelle Stand der Applikationen, welche Zugriffe auf bSDD gewähren, ist auf der offiziellen Webseite von buildingSMART einzusehen (buildingSMART International, 2024c).

Es ist aktuell keine Ziel-Applikationen bekannt, welche die für die vorgesehene Aufgabe notwendigen Informationen direkt in IDS, beschreiben oder bei der Beschreibung unterstützen kann.

6 Entwurf der digital transformierten Informationsanforderung

Während der Projektphase werden, die für die Projektierung und Erstellung notwendigen Informationen in dem Projekt-Informationsmodell (PIM) erarbeitet und gespeichert. In der Betriebsphase erfolgt die Betriebsunterstützung sowie die Informationspflege in dem Asset-Informationsmodell (AIM) ("EN ISO 29481-1:2017," 2017, p. 20). Um die in der Projektphase erarbeiteten und für den Betrieb relevanten Informationen, im Betrieb nicht ein weiteres Mal erarbeiten zu müssen, ist die nahtlose Informationsübernahme aus dem PIM in das AIM das Ziel. Um den maximalen Nutzen aus der Informationsbereitstellung an den Betrieb zu ziehen, muss eine konkrete Informationsbestellung auf Basis des Bedarfs erfolgen ("SN EN ISO 19650 - 2:2018," 2018, p. 13).

Aus der Untersuchung der Praxis geht hervor, dass im Informationsaustausch in der Regel vier Arten von Applikationen beteiligt sind. Dies ist einerseits die Autorenapplikation zur Modellierung von geometrischen und alphanumerischen Informationen, das CDE zur zentralen Datenhaltung und partiellen Ergänzung von alphanumerischen Informationen, die Prüfapplikation, um die digitalen Bauwerksmodelle zu validieren und die CAFM-Applikation zur Unterstützung des Betriebs.

Hinsichtlich der Intension der Beschreibung der Informationsanforderung mit IDS, wird keine separate Prüfapplikation einbezogen. Die Validierung soll als Komponenten in den bestehenden Applikationen implementiert werden. Damit kann ein schlanker Prozess abgebildet werden. Geometrische Prüfungen wie Kollisionskontrollen sind aus Sicht des FM nicht gesondert nötig. Solche Prüfungen werden im Zuge der Projekt-Koordination durchgeführt. Auf die Notwendigkeit und Möglichkeit zur Prüfung der geometrischen Detaillierung wird hier nicht weiter eingegangen.

Aus der Gegenüberstellung diverser Prozesse gemäss Kapitel 5.1 sowie der Best Practice gemäss Kapitel 5.1 wird der IM-Prozess nach SN EN ISO 19650 -2 ("SN EN ISO 19650 - 2:2018," 2018) als Ausgangslage verwendet. Einerseits zu Konkretisierung und andererseits, um den schweizerischem Charakteristikum Rechnung zu tragen, wird der SIA BIM-Abwicklungsmodell (Raoul Müller et al., 2024) ebenfalls einbezogen.

Die identifizierten grundlegenden Applikationen und der IM-Prozess sind regulär aufeinander abgestimmt. Der IM-Prozess wird in einem weiteren Schritt mit den Erfolgsfaktoren abgeglichen. Die genannten Erfolgsfaktoren der Praxisexperten decken sich mit denen aus der Literaturrecherche identifizierten Erfolgsfaktoren. Der Vergleich zeigt, damit Informationsanforderungen einerseits akkurat durch die Akteure und Akteurinnen beschrieben werden können und andererseits die Informationsbereitstellung inklusive Bereitstellungszeitpunkt klar definiert werden kann, bedarf es dazu eine weitere Komponente. Die Komponente dient zur Verwaltung der Informationsanforderung, um den Erfolgsfaktor «Klare Rollenzuteilung und Verantwortlichkeit» sowie das Bedürfnis des Projekts Luks (zukünftiger Einbezug von BIMQ) zu erfüllen. Die Verwaltung muss gemäss Kapitel 5.1 bezogen auf SN EN 17412-1:2020 die Beantwortung der Fragen; Wer, liefert Wem, Wann, Was, Wie und Warum beinhalten.

Auf Basis des damit definierten IM-Prozesses erfolgt die Zuordnung der Anwendung und Nutzung von IDS und bSDD einerseits zu den Komponenten und andererseits auf die Prozessschritte. Dafür kann zwischen drei Herangehensweisen für den Einsatz von IDS und bSDD unterschieden werden.

- Variante 1: Informationsanforderung beschreiben und austauschen in IDS
- Variante 2: Informationsanforderung beschreiben und publizieren mit bSDD
- Variante 3. Informationsanforderung publizieren über bSDD und diesbezügliche Klassen über IDS fordern.

Variante 2 widerspricht dem Grundkonzept von bSDD, welches von projektspezifischen Publikationen absieht und nach (Tomczak et al., 2022) auch nicht zielführend ist. Werden Informationsanforderung auf bSDD publiziert, kann nur auf Ebene der Entität des IFC-Schemas definiert werden, auf welche Objekte die Anforderung gilt. In der Regel entsprechen die Klassifikationen im Sinne der Informationsanforderung der Excel-Tabellen nur einer Teilmenge dieser Entitäten. Die Beschreibung der Informationsanforderung in IDS ist somit definiert. Variante 3 impliziert ebenfalls, dass projektspezifische Informationsanforderungen auf bSDD publiziert werden. Es wird dennoch eine gemeinsame Anwendung im Informationssystem angestrebt, um sowohl von regelbasierter als auch von standardisierten und katalogbasierten Beschreibungen (Klassifikationen) profitieren zu können. Gerade bei der integrierten Betrachtung der Projektinformationen und der FM-Informationen in einem Modell ist es wertvoll, diese unterschiedlichen Sichten über Klassifikationen abbilden zu können.

Die Erfolgsfaktoren sowie der IM-Prozess nach SN EN ISO 19650 beschreiben den Bedarf, dass die Informationsanforderung aus dem FM möglichst früh im Projekt definiert sein soll. Es wird davon ausgegangen, dass in dem heutigen Kontext die Integration von Informationsbereitstellung aus dem Projekt in einen Bestand den Regelfall darstellt. Die Beschreibung der AIR muss auf den Bestand abgestimmt sein, um die Informationsqualität nach der Informationsübernahme weiterhin sicherzustellen. Die Beschreibung der Informationsanforderung erfolgt aus dem Bestand des FM heraus und deckt so den Informationsbedarf der alltäglichen Arbeit ab und steht von Projektbeginn an fest. Die Beschreibung der Informationsanforderung mittels des Standards des IDS-Schema und der Nutzung der Terminologie des IFC-Schemas bietet eine einheitliche Kommunikationsebene unter den Akteuren und Akteurinnen.

Die Zuweisung der Verantwortlichkeit kann in der Regel nicht direkt durch den Informationsbestellenden erfolgen, dies muss durch eine separate Stelle erfolgen. Dafür sieht die SN EN ISO 19650 der*die federführende Informationsbereinsteller*in vor. Der*die federführende Informationsbereinsteller*in stellt die Informationsanforderung nach Informationsbereitstellung zusammen und stellt diese EIR den Aufgabenteams zur Verfügung. Wobei eine Informationsbereitstellung die Informationsbereitstellung eines bestimmten Akteurs oder Akteurin (wer) zu einem bestimmten Zeitpunkt (wann) an einen definierten Informationsbestellenden (wem/wofür) beschreibt. Es wird bewusst zwischen der Informationsanforderung unterschiedlicher Informationsbestellenden unterschieden. Erfolgt die Auflösung nach Informationsbestellenden der Informationsanforderung, kann die Informationsbereitstellung von seitens Bereitstellenden nicht nach Informationsbestellenden unterschieden werden. Dies müsste in einem nachgelagerten Schritt erfolgen, in einer Umgebung, in welcher die Informationsanforderung je Informationsbestellenden bekannt ist. Die Bereitstellung des gesamten Umfanges an alle Bestellende widerspricht dem Grundsatz der Bereitstellung des minimal erforderlichen Umfanges für die Erfüllung der Anforderung ("ISO 29481- 2:2012," 2016, chap. 5.6.2 b)).

Die in IDS beschriebenen Informationsanforderung je Aufgabenteam (EIR) werden zur Konfiguration in die Autorenapplikation sowie zur Unterstützung der Modellierung genutzt, um eine manuelle Übertragung zu vermeiden. Die geforderten Klassifikationen werden bei der Modellierung direkt von bSDD in die Autorenapplikation übernommen. In diesem Zusammenhang bestehen zwei Ansätze. In einem Fall erfolgt die Anreicherung der Informationen in der Autorenapplikation gemäss Beschreibung auf bSDD. Dieser Fall wird durch Applikationen auf dem Markt verfolgt und kann umgesetzt werden. Im anderen Fall erfolgt die Zuweisung einer geforderten Klassifikation aufgrund der bereits modellierten

Informationen eines Objektes. Idealerweise spielen beide Ansätze ineinander, um die Modellierung der unterschiedlichen Sichtweisen möglichst effizient abzubilden.

Die Informationsbereitstellung erfolgt als konsolidierter Export, basierend auf der Informationsanforderung einer Informationsbereitstellung (Abbildung 11, Ebene 3). Damit kann die Modellierung je Aufgabenteam in einem zentralen Modell erfolgen. Die Informationsbereitstellung je definierten Meilensteine und dazugehörige Informationsanforderung erfolgt über das CDE zur Freigabe an die restlichen Akteure und Akteurinnen. Die Bereitstellung erfolgt in einem Informationscontainer auf dem CDE, welcher eine Informationsanforderung der übergeordneten Ebene abbildet (Abbildung 11, Ebene 2). Der Container bildet Fachmodelle von unterschiedlichen Aufgabenteams ab. Diese aggregierte Informationsbereitstellung wird im CDE, mittels des Informationscontainers zugewiesenen, Informationsanforderung validiert. Nach erfolgreicher Validierung erfolgt die Informationsbereitstellung an den Informationsbestellenden der übergeordneten Ebene (Abbildung 11, Ebene 1). Diese validiert die Informationsbereitstellung mittels der initial definierten Informationsanforderung.



Abbildung 11: Schematische Darstellung der Ebene im Informationsaustausch

7 Konzeption der Integration von IDS und bSDD

Der in Kapitel 5.4 beschriebene Entwurf des Informationssystems mit Integration von IDS und bSDD enthält Komponente, welche im Zuge eines PoC auf deren Umsetzbarkeit geprüft werden. Dafür werden die Komponente und der dafür nötige Prozess hinsichtlich der CAFM-Applikation waveware von Loy&Hutz, stellvertretend der Zielapplikation, und der Autorenapplikation Revit von Autodesk in den Kapiteln 7.1 - 7.3 konzeptionell ausgearbeitet. Der Prozess lässt sich gemäss Abbildung 12 in drei massgebende Bereiche unterteilen; die Beschreibung der Informationsanforderung, die Modellierung der Informationsbestellung sowie die Annahme und Übernahme der Informationsbereitstellung. Funktionen des CDE können heute durch Produkte wie Libal bereits abgedeckt und die Verwaltung der Informationsanforderung kann heute durch Produkte wie der BIM-Profilserver und BIMQ abgebildet werden. Diese können zu aktuellem Zeitpunkt keine Informationsanforderung beschrieben mit IDS importieren und bearbeiten. Die Umsetzbarkeit sowie die Grenzen wird durch den Import mit anschliessender Bearbeitung von Informationsanforderung beschrieben mit IDS in die CAFM-Applikation untersucht. Die Validierung der Informationsbereitstellung gegen die Fachmodelle eines Informationscontainers im CDE wird durch die Validierung der Informationsbereitstellung in der CAFM-Applikation untersucht.

Im Folgenden wird spezifisch die Konzeption des Prozesses der IDS und bSDD-Integration in die Autorenapplikation und die CAFM-Applikation sowie deren Interaktion betrachtet. Vorhandene Produkte wie BIMQ und Ekkodale betrachten IDS und bSDD nicht integriert.

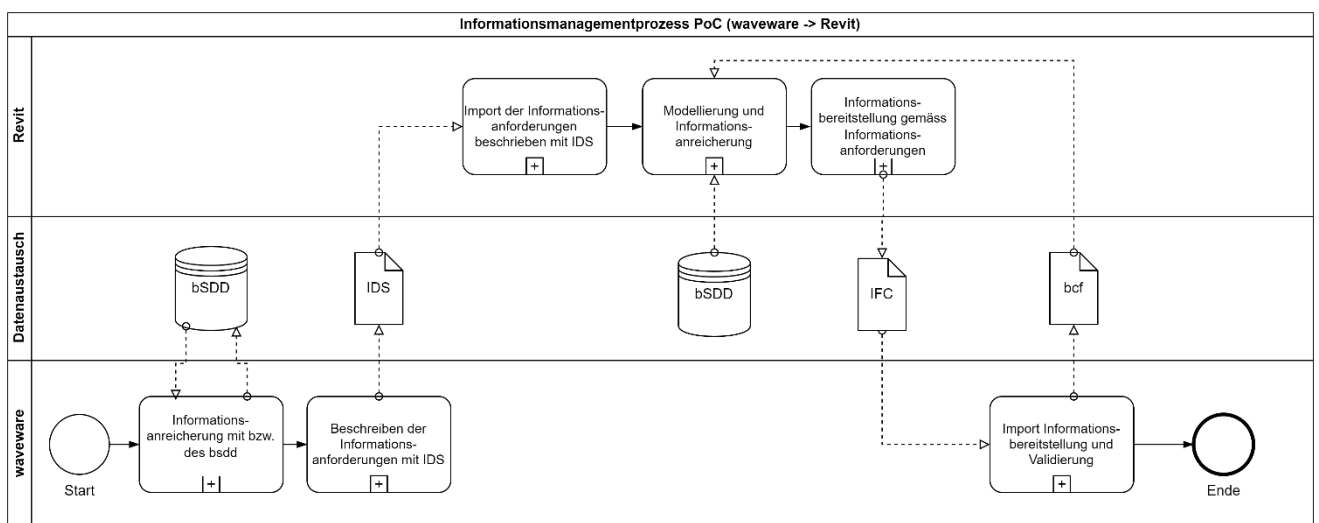


Abbildung 12: Informationsmanagementprozess im PoC

7.1 Beschreiben der Informationsanforderung

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie der Prozess und die Implementierung von IDS und bSDD zur Beschreibung der Informationsanforderung in der CAFM-Applikation waveware von Loy&Hutz im PoC umgesetzt wird. Im Anhang G ist eine detaillierte Dokumentation der beschriebenen Prozessschritte mit Abbildungen der Umsetzung in waveware.

Der Prozess (Abbildung 12) startet in der CAFM-Applikation waveware mit der Definition der Informationsanforderung. Dies ermöglicht es, konkret die Informationen zu fordern, die in der CAFM-Applikation benötigt werden (Abbildung 13). In dieser Betrachtung deckt der Informationsumfang in der CAFM-Applikation den Bedarf zur Unterstützung der Bewirtschaftung ab. Mit dieser Betrachtung ist der Informationsbedarf zum Zeitpunkt der Bauprojektinitialisierung bereits bekannt. Als Teil der Informationsbestellung muss die Teilmenge des Informationsbedarfs definiert werden, welche durch das

Projekt bereitgestellt werden kann und soll (AIR). Die OIR AG und PIR AG werden losgelöst der CAFM-Applikation auf organisatorischer Ebene definiert. Ausnahmen bilden Anforderungen aus Prozessen, welche ergänzend zu der Bewirtschaftung ebenfalls in der CAFM-Applikation abgewickelt werden.

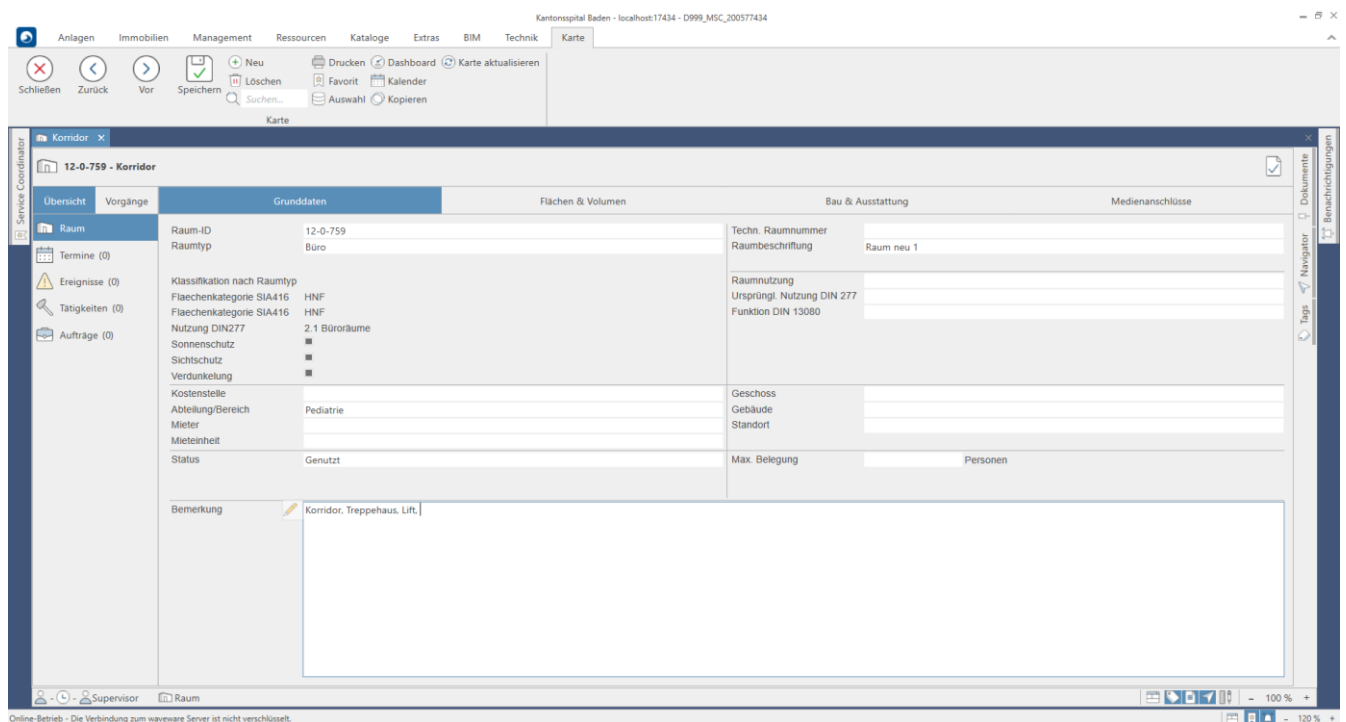


Abbildung 13: Objektkarte eines Raumes in waware mit Stammdaten zur Unterstützung der Bewirtschaftung

Zur Unterstützung der konkreten Beschreibung der AIR kann auch eine Standard-Informationsanforderung im IDS-Austauschformat importiert werden (Abbildung 14). Die korrekte Definition nach IFC-Schema für einen Anwendungsfall ist durch den Import bereits vorhanden und in der CAFM-Applikation muss nur noch das Pendant des Datenbestandes zugewiesen und mit den Restriktionen ergänzt werden. Die Standard-Informationsanforderung entspricht einer Schablone zur spezifischen Beschreibung eines definierten Anwendungsfall der AIR. Einzelne «Specification» und darin enthaltene «Requirements» können durch Kopieren und Einfügen beliebig zwischen den Informationsanforderungen verschoben werden. Sind die Anforderungen vollständig angepasst und ergänzt erfolgt der Export der Informationsanforderung für den Austausch in das IFS-Austauschformat.

Falls aus dem Projekt konkrete Informationsanforderungen an den Betrieb gestellt werden, kann darauf basierend die Informationsbereitstellung aus der waware erfolgen, sofern die benötigten Informationen vorgängig über einen BIM-Container importiert wurden. Ohne BIM-Container sind die nötigen Strukturen nicht vorhanden, um basierend auf einer Informationsanforderung eine Informationsbereitstellung im IFC-Austauschformat auszulösen.

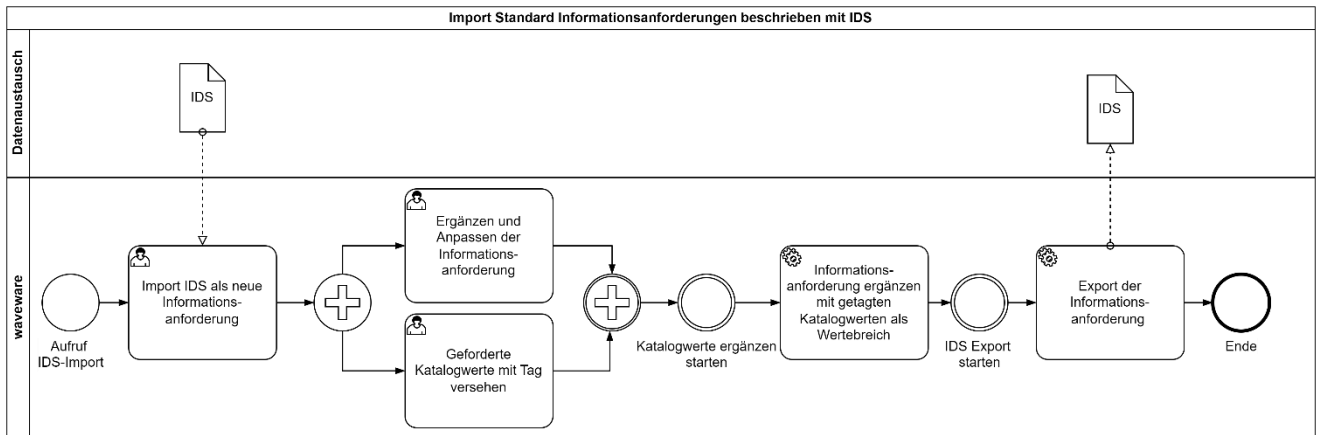


Abbildung 14: Prozessdiagramm der Informationsbereitstellung gemäss Informationsanforderung aus dem Betrieb

Erfolgt die Beschreibung der Informationsanforderung ohne Vorlage, unterscheidet sich dieser Prozess lediglich darin, dass manuell ein neuer BIM-Container und Informationsanforderung angelegt werden (Abbildung 15). Der BIM-Container vereint die Informationsanforderung, die Importschemata sowie die Informationslieferungen. Es können einem BIM-Container in zeitlicher Abfolge unterschiedliche Informationsanforderungen zugewiesen werden, um so phasengerechte Bestellungen auslösen zu können.

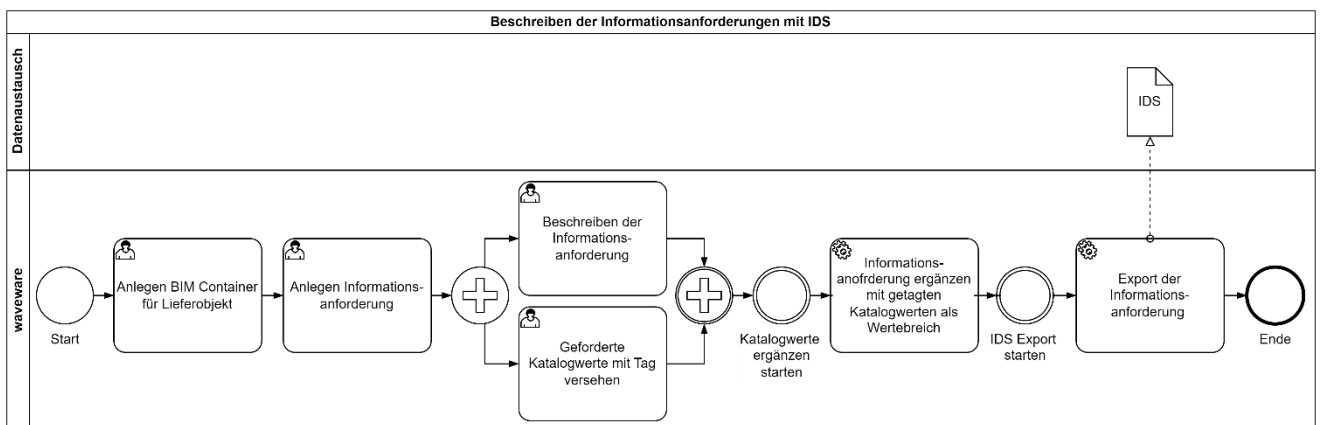


Abbildung 15: Prozessdiagramm der Beschreibung der Informationsanforderung aus waveware

Die Beschreibung der Informationsanforderung erfolgt über eine grafische Eingabemaske, wobei einerseits der Informationsbedarf beschrieben und andererseits diese direkt auf das IFC-Schema gemappt wird (Abbildung 16). Alle Informationsanforderungen, welche sich auf Kataloge, also endliche Wertebereiche beziehen, werden mit den Wertebereichen als Restriktionen ergänzt. Um die zu bestellenden Wertebereiche als Restriktionen kontrollieren und eingrenzen zu können, werden die in die Informationsanforderung zu übernehmende Werten mit einem definierten Tag versehen. Nicht relevante Informationen können darüber ausgeschlossen werden. Restriktionen, welche sich auf einen Wert oder auf einen Regex-Ausdruck beziehen, müssen in der Benutzeroberfläche aktuell manuell ergänzt werden. Ist die Beschreibung der Informationsanforderung abgeschlossen, wird diese als IDS exportiert, im Dokumentenmanagementsystem (DMS) abgelegt und mit dem BIM-Container verknüpft.

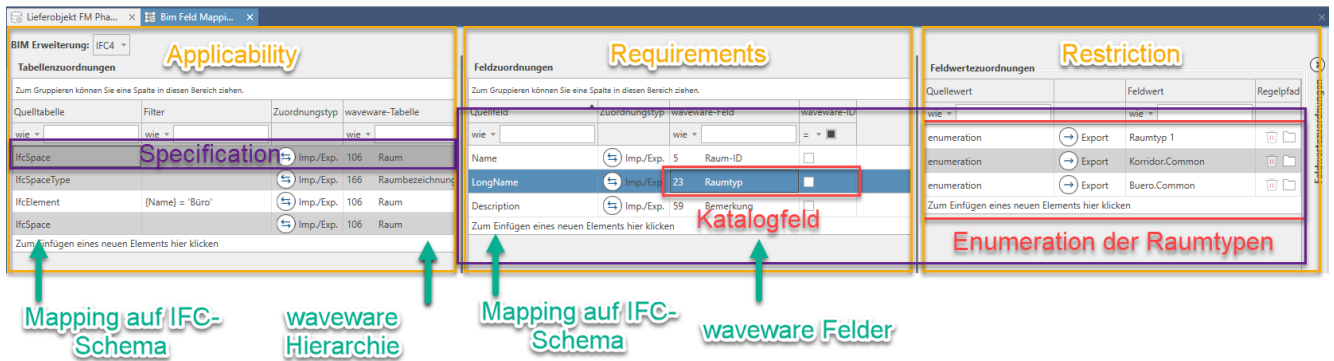


Abbildung 16: Eingabemaske der Informationsanforderung in waweware

Die Katalogeinträge im Kontext der Informationsanforderung können in zwei unterschiedliche Gruppen unterteilt werden. Einerseits sind dies Kataloge, welche als Enumeration, also der Vorgabe von endlichen Wertebereichen, dienen (Abbildung 17 «Katalogeintrag (Enum)») und andererseits Kataloge, welche zusätzliche beschreibende Informationen mitführen, vergleichbar mit «IfcTypeObject» (Abbildung 17 «Katalogeintrag (Typ)»). Katalogwerte der ersten Gruppe können als Restriktionen in der Informationsanforderung aufgenommen und mit IDS beschrieben werden. Die Kataloge der zweiten Gruppe verhalten sich wie Typen, da der Eintrag selbst weitere beschreibende Informationen zu dem Objekt beiträgt.

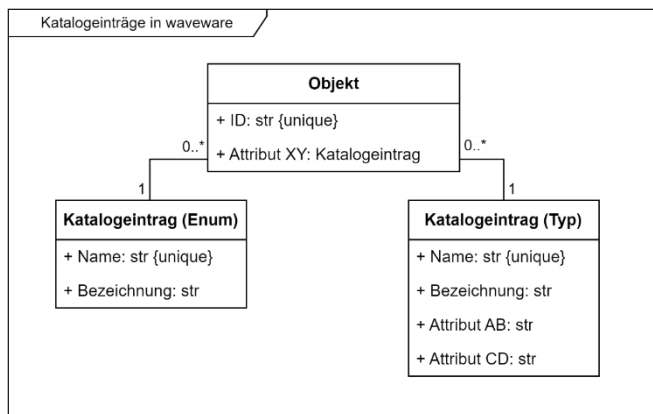


Abbildung 17: Mögliche Modellierung von Katalogeinträgen in waweware

Die Beschreibung von Katalogen der zweiten Gruppe kann ebenfalls regelbasiert mit IDS erfolgen, indem dem Objekt, wie bei der ersten Gruppe, die Namen der Katalogeinträge als Restriktion aufgeführt werden und anschliessend für jeden Katalogeintrag eine eigene «Specification» definiert wird. Die «Applicability» wird mit der Facette «Classification» und die «Requirements» über die Facetten «Attribute» und «Property» beschrieben.

Aus dem Vergleich der unterschiedlichen Beschreibungsmöglichkeiten nach (Tomczak et al., 2022, p. 9) geht hervor, dass sich für die projektübergreifende und propertybasierte Informationsbeschreibung das Data Dictionary bSDD besser eignet. Dies trifft im Fall der Kataloge der zweiten Gruppe zu, da diese z. B. einen Raumtypen (aus dem Raumbuch) beschreiben, welcher für alle Projekte dieses Auftraggebers über den Lebenszyklus (in unterschiedlichen Versionen) gültig ist, und so effektiv die Sicht des FM und die des Projektes in einem Modell abgebildet werden können. Die Modellierenden können dadurch weiterhin auf die vorhandenen Typen in der Autorenapplikation zurückgreifen und müssen nicht eine eigene Typisierung gemäss FM anlegen. Die gängigen Autorenapplikationen unterstützen des Weiteren eine Zuordnung von zwei Typen auf eine Instanz nicht.

Um Informationsanforderungen der zweiten Gruppe ebenfalls in dem Austausch mitzubedenken, erfolgt die Anbindung von waveware an bSDD (Abbildung 19, oben). Es ist damit möglich, Kataloge als Klassifikationen in bSDD zu publizieren. Welche Katalogeinträge des gewählten Kataloges publiziert werden, wird über die Vergabe eines Tags definiert. Um bei der Informationsmodellierung die Klassifizierung möglichst effizient nutzen zu können, wird die Klasse jeweils auf die Entität des IFC-Schemas assoziiert und wo nötig weiter durch «ClassProperty» auf Basis der Katalogfelder beschrieben. Die Abbildung 18 zeigt die Eingabemaske der Exportkonfiguration, wobei zu den oben erwähnten Einstellungen unter Beschreibung das Mapping der waveware Felder auf die «ClassProperty» ersichtlich ist.

BIM bSDD Export		Katalog	
BIM bSDD Export-ID	Standardisierte Typ / Modell	Letzte Synchronisation	Zeitstempel bSDD Import : 2024-04-28T09:48:05
BIM bSDD Export-Bez.		DictionaryVersion	2.1
bSDD Klassifikationssystem	FM waveware Spital	bSDD Klassifikationssystem	u tbd
bSDD Elternklasse	SystemType	bSDD Elternklasse uri	tbd
waveware Objekt (DefNo)		2002 waveware Objekt (name)	Typ/Modell
BIM2FM Mapping		RelatedIfcEntityNamesList	IfcPump
Beschreibung	5 Typ/Modell Code 12 Anlagenbez. Name 27012 Wartungsintervall Wartungsintervall 27025 Leistung Leistung	Status Dictionary	Preview

Abbildung 18: Eingabemaske der Exportkonfiguration von Klassifikationen auf bSDD

Der Export generiert aktuell die JSON-Datei für den Upload, welcher manuell über die bSDD-Managementplattform (buildingSMART International, n.d.) erfolgen muss. Da im Umfang dieser Arbeit, die für einen automatischen Upload notwendige Authentifizierung und Fehlerhandling nicht implementiert werden.

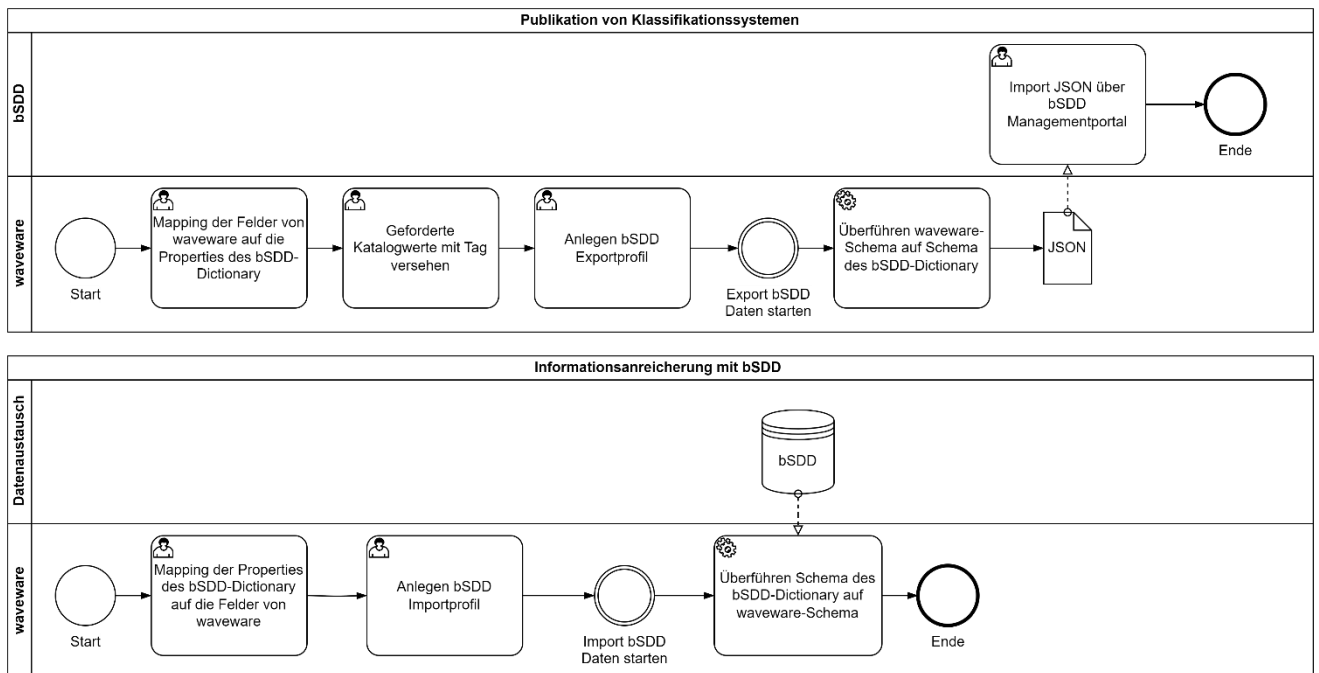


Abbildung 19: Prozessdiagramm zur Beschreibung des Imports und Exports von Klassifikationen

Sind auf bSDD-Klassifikationen publiziert, welche in waveware übernommen werden sollen, ist dies nach dem gleichen Prinzip wie der Export möglich (Abbildung 19, unten). Das Mapping erfolgt auf Datenmodellebene von waveware und das Importprofil kann in waveware selbst angelegt werden (Analog Abbildung 18). Der Import und Export sind jeweils nur manuell auslösbar und nicht zeitgesteuert. Nach dem Import einer Version werden die importierten Informationen auf einem Objekt in waveware verknüpft und zur weiteren Bearbeitung gesperrt. Auf dem Objekt sollen sich die verknüpften

Informationen nicht automatisch durch einen Abgleich mit bSDD verändern, um die Datenqualität zu garantieren. Für den Export gilt dasselbe. Werden im Laufe eines Projektes Klassifikationen auf bSDD aktualisiert, stimmen diese in der Autorenapplikation ggf. nicht mehr. Darum erfolgt der Import und Export versionsweise und nur über ein manuelles Auslösen.

7.2 Modellieren der Informationsbereitstellung

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie der Prozess und die Implementierung von IDS und bSDD bei der Modellierung der Informationsbereitstellung in der Autorenapplikation Revit von Autodesk im PoC umgesetzt wird. Im Anhang H ist eine detaillierte Dokumentation der beschriebenen Prozessschritte mit Abbildungen der Umsetzung in Revit.

Das Bereitstellungsteam erhält durch den federführenden Informationsbereinsteller*die federführende Informationsbereinstellerin die EIR je Informationsbestellenden und Lieferzeitpunkt. Diese konkreten und eindeutigen Informationsanforderung werden in die Autorenapplikation importiert (Abbildung 21). Für einen effektiven Import ist das Mapping der Kategorien und Familientypen von Revit auf die Entitäten des IFC-Schemas zwingend akkurat zu erarbeiten. Beim Import der Informationsanforderung wird diese Mappingdefinition genutzt, um die Informationsanforderung auf das Datenmodell von Revit zu überführen. Werden abstrakte Entitäten des IFC-Schemas gefordert, gilt die Anforderung in Revit für alle instanzierbaren Kind-Entitäten. Zusätzlich ist es möglich Entitäten in einer Enumeration anzugeben. Die Kardinalität zwischen der Kategorie von Revit und Entität des IFC-Schemas spielt keine Rolle, was den Vorteil bietet, dass bei der Beschreibung der Informationsanforderung die Teilmenge der betroffenen Entitäten explizit definiert werden kann, ohne dafür gesonderte «Specifications» zu beschreiben.

Nach dem Import erfolgt in einem zweiten Schritt das Mapping der Properties des IFC-Schemas auf die Parameter von Revit (Abbildung 20, Markierung A). Im selben Schritt wird eine Ansicht entsprechend der Informationsanforderung angelegt. Damit lässt sich einerseits im zentralen, gesamtheitlichen Modell arbeiten und gleichzeitig die potenzielle Informationsbereitstellung zu einer Informationsanforderung betrachten. Zu einem späteren Zeitpunkt können, sofern durch die Applikation unterstützt, auch spezifische Sichten abgebildet werden, um die Informationsbereitstellung angereichert über bSDD aus Sicht des Bestellenden zu betrachten.

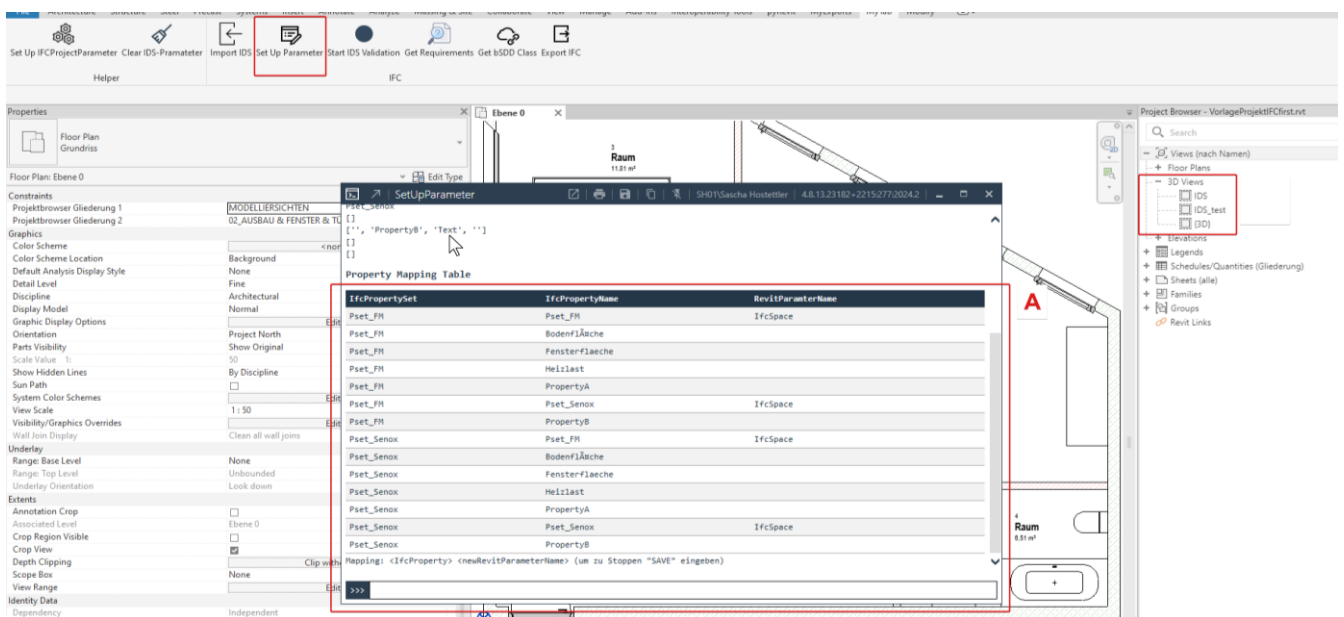


Abbildung 20: Modellierungsbereich in Revit mit geöffnetem Mappingdialog der Properties beim Import einer Informationsanforderung in IDS

Die Modellierenden können beliebige Informationsanforderungen, durch Wiederholen desselben Prozesses importieren. Stellt der Modellierende fest, dass in zwei Informationsanforderungen die identische Information gefordert wird, kann diese auf denselben Parameter in Revit gemappt werden. Der Modellierende hat somit die Information nur einmal abzufüllen, kann jedoch die Information im korrekten Kontext der Informationsbestellung bereitstellen.

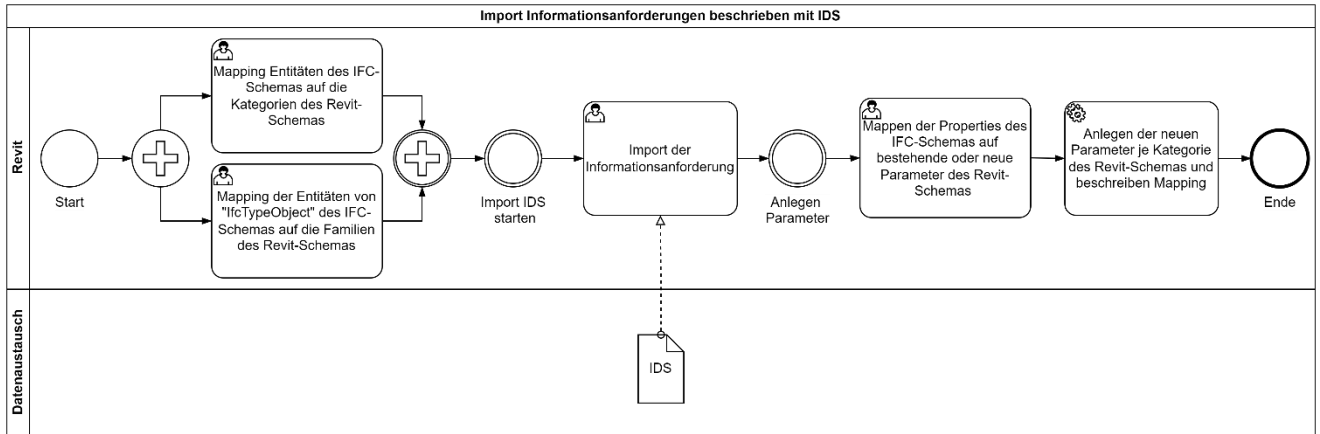


Abbildung 21: Prozessdiagramm des Imports der Informationsanforderung in Revit

Die Beschreibung der Informationsanforderung mit IDS ist auf die Validierung von digitalen Bauwerksmodellen im IFC-Austauschformat ausgelegt, wobei es primär darum geht, bereits vorhandenes aufgrund der beschriebenen Regeln zu beurteilen. Bei der Nutzung der in IDS beschriebenen Informationsanforderung zur Modellierung trifft dies hingegen nicht zu. Es können nicht von Beginn an alle Regeln zutreffen, respektive die daraus resultierenden Anforderungen abgeschätzt werden. Aus Sicht der Nutzung der Informationsanforderung für die Modellierung können diese in zwei Ordnungen eingeteilt werden. Die 1. Ordnung beschreibt Regeln, die auf Kombinationen von Facetten beruhen, die von Beginn an in der Autorenapplikation bekannt sind (Tabelle 2). Bekannt, weil die Autorenapplikation auch ohne modellierte Elemente die geforderte Struktur abbilden kann. Dadurch kann diese geforderte Struktur direkt bei dem Import der Informationsanforderung angelegt werden. Parameter, welche konkret einer Revit Kategorie zugeordnet werden, werden gemäss Mappingdialog des zweiten Importschrittes, entweder auf vorhandene Parameter gemappt oder neu angelegt. Das dynamische Anlegen von neuen Properties ist zurzeit, aufgrund Einschränkungen der gewählten Codestructur, nicht implementiert.

Tabelle 2: Beispiel IDS Specification nach 1. Ordnung am Beispiel der Autorenapplikation Revit

Applicability	Facet: Entity
Requirements	Facet: Attribute Facet: Property Facet: Classification

Regeln nach 2. Ordnung können erst während der Informationsanreicherung eintreffen, da diese über Informationen beschrieben sind, welche im Verlauf der Modellierung erfasst werden (Tabelle 3). Um die Modellierung bei Informationsanforderungen nach 2. Ordnung zu unterstützen, müssen die beschriebenen Regeln nach jeder Eingabe erneut durchlaufen werden. Anlegen der neuen Parameter und Anzeigen der neu zutreffenden Informationsanforderung ist während des Modellierungsprozesses dynamisch.

Tabelle 3: Beispiel IDS Specification nach 2. Ordnung am Beispiel der Autorenapplikation Revit

Applicability	Facet: Attribut Name = «Waldo»
Requirements	Facet: Classification System = «NL-SfB 2005»

Welche Kombination an Facetten nach 1. Ordnung betrachtet werden können, liegt in der Struktur der Autorenapplikation. Im Umfang des PoC wird exemplarisch die Autorenapplikation Revit genutzt, in welcher die Kategorien und die Familientypen bekannt sind. Unabhängig der Autorenapplikation können Anforderungen nach 1. Ordnung jeweils direkt geprüft oder vorgegeben werden (Abbildung 22, 1. Ordnung). Bei Anforderungen nach 2. Ordnung ist dies nicht möglich, da mehrere Vorgaben möglich sind. Erst während der Modellierung können diese auf die zutreffenden Anforderungen eingeschränkt werden (Abbildung 22, 2. Ordnung).

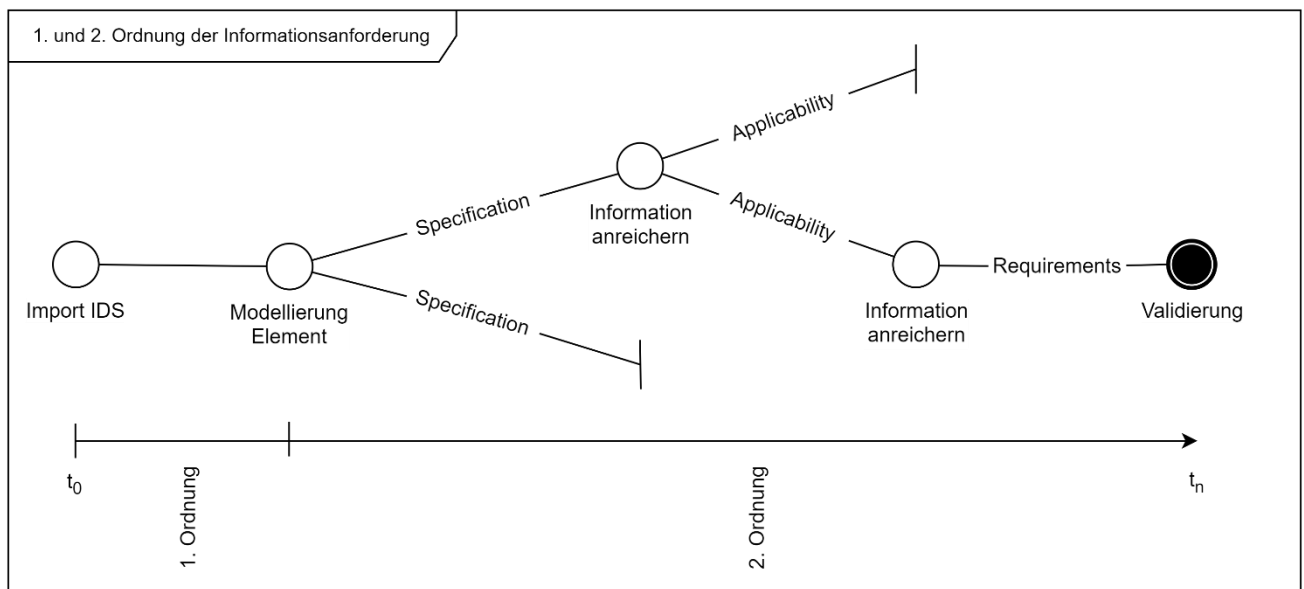


Abbildung 22: Informationsanforderung der 1. und 2. Ordnung abgebildet auf dem Zeitstrahl beim Einbezug in die Modellierung

Bei Anforderungen nach 2. Ordnung ist in der Autorenapplikation zu berücksichtigen, dass während der Modellierung z. B. weitere Attribute oder Properties angelegt werden müssen, um die Anforderungen erfüllen zu können.

Sind alle für einen bestimmten Lieferzeitpunkt definierten Informationsanforderungen importiert, wird mit der Modellierung gestartet. Durch den erfolgten Import der Informationsanforderung werden die Modellierenden während des Modellierungsprozesses bei dem Eintragen von alphanumerischen Informationen durch die Anforderungen der importierten Informationsanforderung unterstützt. Das erfolgt einerseits über die Möglichkeit, die zugehörige Informationsanforderung eines selektierten Elements einzusehen und andererseits über die automatische und unmittelbare Validierung der Eingabe gegen die Informationsanforderung. Das unmittelbare Feedback auf die Informationseingabe unterstützt die Modellierenden bezüglich technischer Qualitätssicherung (Abbildung 23, oben).

Werden Klassifikationen gefordert, so können diese direkt in bSDD gesucht und deren Code sowie Properties in Revit übernommen werden. Die Auswahl der Klassifikationen wird durch die importierten Informationsanforderungen sowie die gemappte Entität des IFC-Schemas des selektierten Elements

eingeschränkt. Alternative kann auch das bSDD frei durchsucht werden, wobei alle instanziierten Klassifikationen übernommen werden können (Abbildung 23, unten).

Die Übernahme der beschreibenden Properties der Klassifizierung ermöglicht, erweiterte Selektionen oder Auswertungen direkt in der Autorenapplikation, ohne Kenntnis über die exakte Beschreibung der Klassifikation zu haben. Dadurch kann die jeweilige Sicht des Informationsbestellenden betrachtet werden und so einerseits die Kommunikation zwischen den Akteuren und Akteurinnen erleichtern und andererseits direkt eine Einschätzung der fachlichen Korrektheit durch den Modellierenden erfolgen.

In dieser Betrachtung erfolgt die Informationsanreicherung über die manuelle Vergabe einer Klassifikation durch den Modellierenden. Die Informationsanreicherung bezieht sich auf die neun Informationen aus den Properties. Eine weitere Betrachtung ist, dass durch bestehende Parameterwerte, welche fortlaufend modelliert werden, die Klassifikationszuweisung automatisch erfolgt. Die Informationsanreicherung bezieht sich auf die automatische Ergänzung von Sichten durch Klassifikationen im Modell. Dafür wird über die Informationsanforderung das Klassifikationssystem und allfällige Klassifikationen definiert, analog zu oben aufgeführter Beschreibung. Werden nun an einem Element Informationen modelliert, welche einer geforderten Klasse entsprechen, kann zukünftig das Element automatisch klassifiziert werden. Entsprechende Rahmenbedingungen werden bei der Umsetzung vorgesehen.

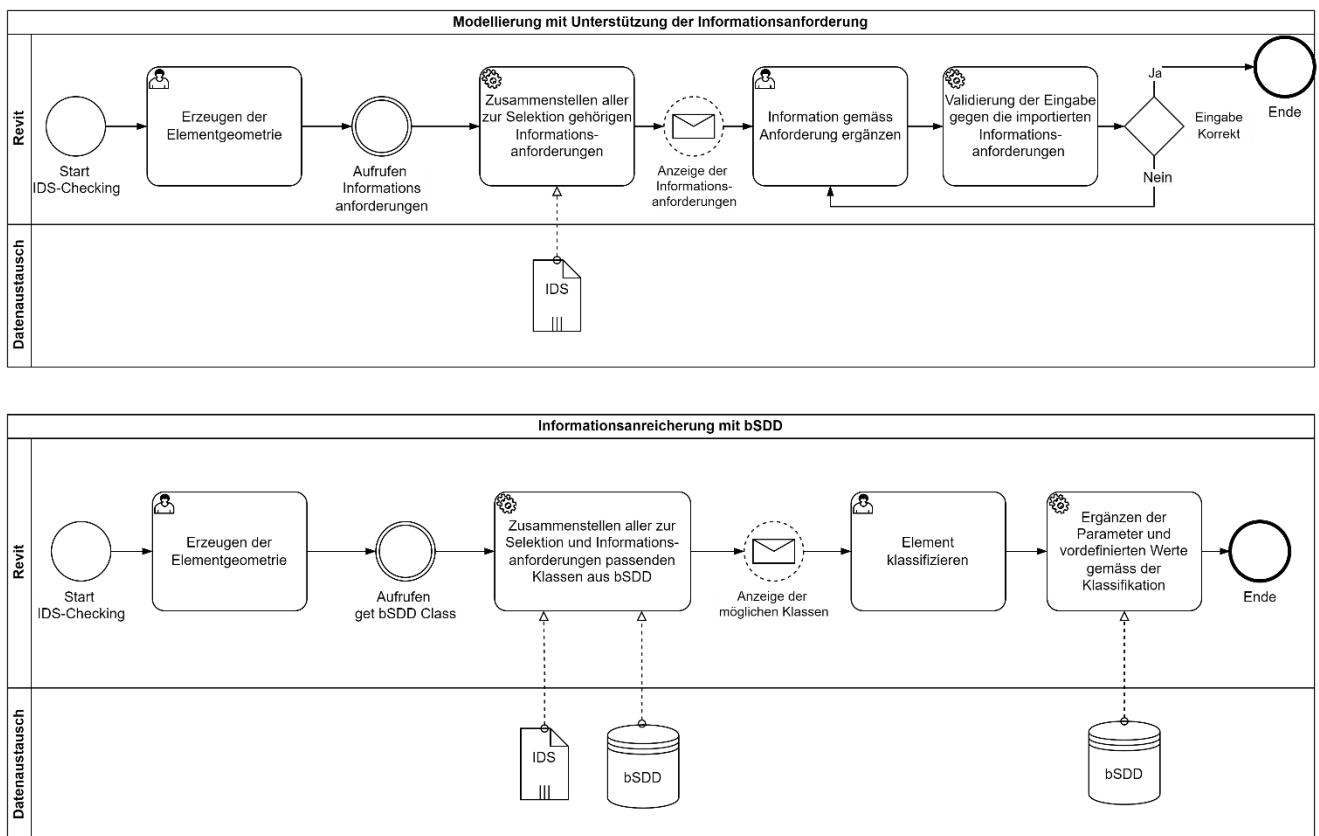


Abbildung 23: Prozessdiagramm zur Beschreibung der durch IDS und bSDD unterstützter Modellierung in Revit

Die Informationsbereitstellung soll auf den minimalen Umfang, welcher alle Informationsanforderungen abdeckt, reduziert werden. Das native Modell hingegen muss die Gesamtmenge aller Informationsanforderungen sowie die für die Modellierung notwendigen Ergänzungen abdecken. Der Export in das IFC-Austauschformat stellt damit nur eine exakt definierte Teilmenge, definiert durch die Informationsanforderung, dar. Die beim Import der Informationsanforderung beschriebenen Mappings werden beim Export ebenfalls genutzt, um die Informationsbereitstellung von dem nativen Modell in das IFC-

Exportformat zu überführen, wobei die Terminologie des Informationsbestellenden direkt mitberücksichtigt wird. Je nach Anforderung kann das für den Umfang der Geometrie über die generierte Ansicht ebenfalls umgesetzt werden. In diesem Kontext erfolgt rein die alphanumerische Betrachtung.

Ist der Export der Informationsbereitstellung im IFC-Austauschformat erfolgt, wird diese direkt gegen die Informationsanforderung validiert (Abbildung 24). Damit besteht die Möglichkeit zur Selbstkontrolle vor der Informationsbereitstellung. Ist die Validierung der Informationsbereitstellung aus der Autorenapplikation erfolgreich, wird diese über den Informationscontainer des CDE für den federführenden Informationsbereitsteller*die federführende Informationsbereitstellerin freigegeben.

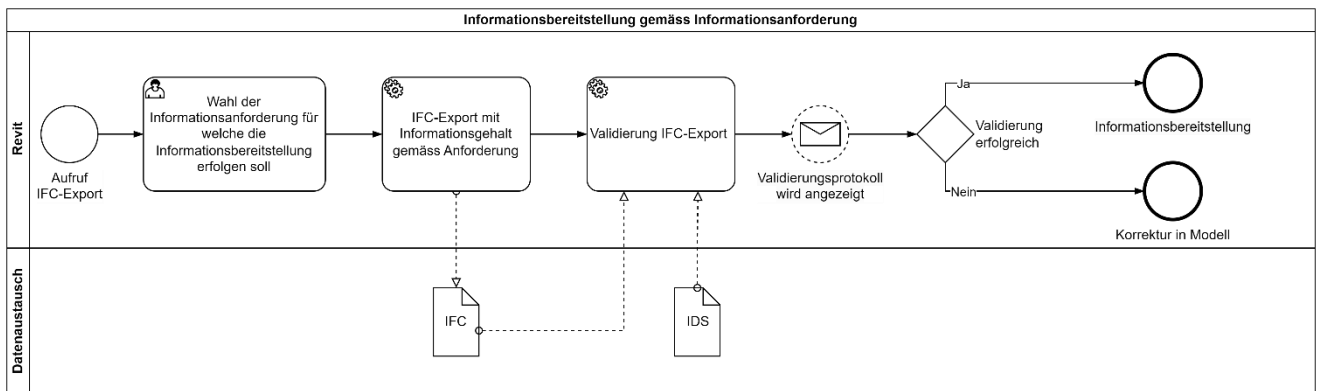


Abbildung 24: Prozessdiagramm zur Beschreibung der Informationsbereitstellung gemäss Informationsanforderung aus Revit

7.3 Annehmen der Informationsbereitstellung

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie der Prozess und die Implementierung von IDS und bSDD bei der Informationsannahme und -übernahme in die CAFM-Applikation waveware im PoC umgesetzt wird. Im Anhang G ist eine detaillierte Dokumentation der beschriebenen Prozessschritte mit Abbildungen der Umsetzung in waveware.

Die Informationslieferung im IFC-Austauschformat wird bei der Übernahme in die CAFM-Applikation importiert. Der Import der Informationsbereitstellung erfolgt in den zu Beginn erstellten BIM-Container. Eine Informationsbereitstellung kann aus mehreren einzelnen Bereitstellungen erfolgen. Die Übernahme erfolgt aus dem Informationscontainer des CDE. Nach dem Import wird die Gesamtheit der Informationslieferung gegen die dazugehörige Informationsbestellung validiert. Das Validierungsprotokoll wird in der CAFM-Applikation angezeigt sowie für den Austausch im BIM Collaboration Format (BCF) - Format im DMS gespeichert.

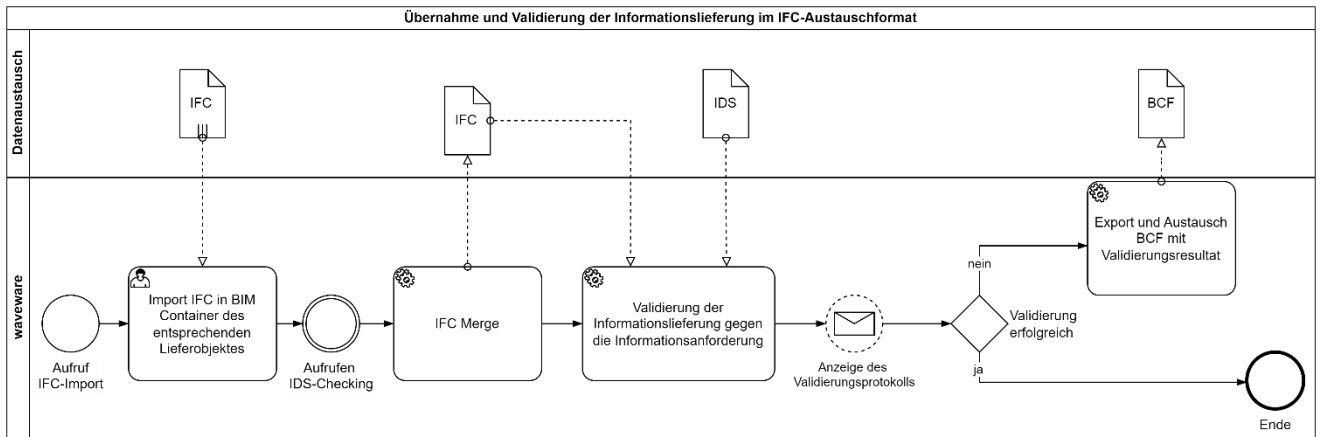


Abbildung 25: Prozessdiagramm der Informationsannahme und -übernahme in waveware

Erfolgt die Validierung fehlerfrei, kann der Import der Informationen in die Betriebsdaten erfolgen. Dafür wird die beschriebene Informationsanforderung genutzt, welche das Mapping des Informationsbestandes auf das IFC-Schema bereits beschreibt. Die Ergänzungen zur Beschreibung der Informationsanforderung, wie die Auflistung der erlaubten Werte wird beim Import nicht berücksichtigt, da diese nur für den Export konfiguriert sind.

8 Datenverarbeitung von IDS und bSDD für deren Integration

Im Kapitel 7 wird das Konzept zur Integration von IDS und bSDD in den Informationsaustausch im Umfang des PoC aufgezeigt. Dabei wird ein Austausch mit offenen Formaten, standardisiert durch den Verein buildingSMART International, ausgelegt für den interoperablen Austausch zwischen den Akteuren und Akteurinnen gemäss Abbildung 26 beschrieben. Der aufgezeigte Export und Import von IDS sowie die Anbindung an bSDD wird nicht nativ durch die Autorenapplikation Revit oder der CAFM-Applikation waveware unterstützt. Es bedarf der Überführung des Datenmodells der Austauschformate auf die nativen Datenmodelle. Auf die explizite Integration in die CAFM-Applikation wird in Kapitel 8.1 und in die Autorenapplikation wird in Kapitel 8.2 eingegangen.

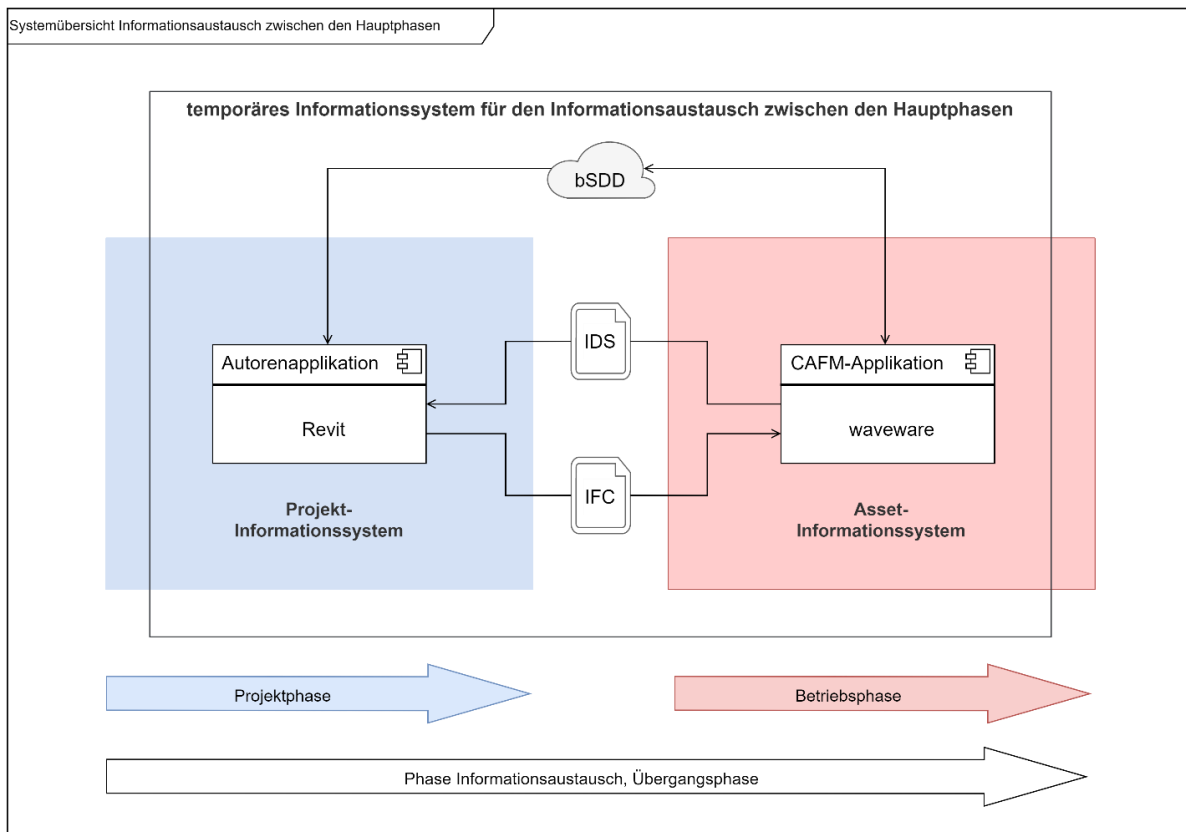


Abbildung 26: Systemübersicht für ein interoperablen Informationsaustausch unter den Akteuren und Akteurinnen

Die Umsetzung der Komponenten zur Verarbeitung der Überführung erfolgt vorwiegend mit der Programmiersprache CPython. Diese ist benutzerfreundlich und eignet sich damit ideal für die Validierung einer technischen Umsetzbarkeit. Ein weiterer Vorteil liegt in der Verfügbarkeit von externen Bibliotheken, welche die Verarbeitung des IFC-Austauschformates sowie des IDS-Austauschformates unterstützen.

8.1 Integration in CAFM-Applikation waveware

Das Datenmodell von waveware ist in Hierarchien, Kataloge, Bewegungen und Felder aufgeteilt. Wobei die Liegenschaft, das Gebäude, das Geschoss, der Raum und die Anlagen jeweils als Hierarchie bezeichnet werden. Ein Typ oder vordefinierte Wertelisten sind Kataloge. Jede Hierarchie und jeder Katalog weist eine Objektkarte auf, auf welcher sich die zugewiesenen Felder befinden (Abbildung 13). Die Objektkarte wird für das Anlegen instanziiert. Den Hierarchien und Kataloge können Bewegungen zugewiesen werden. Bewegungen sind unter anderem Ereignisse, Termine, Tätigkeiten oder Protokollierungen. Es können mehrere Bewegungen derselben Art an einem Objekt zugewiesen

werden. Ein generelles Datenmodell dieser Struktur in waveware ist als Grundlage der Verständigung in Anhang E aufgeführt.

In waveware von Loy & Hutz hat die Firma Senox AG Zugriff auf den Datenmanager, dieser beinhaltet den Designer und den Systembaukasten. Der Datenmanager ist eine Applikation, welche zur Verwaltung und Konfiguration der Nutzerapplikation in Bezug auf Verhalten und Aussehen dient. Mit dem Systembaukasten lassen sich Prozesse mittels vordefinierten Codebausteinen grafisch entwickeln und mit dem Designer Einfluss auf die Darstellung der Objektkarte und vorhandenen Felder nehmen.

8.1.1 Überführung von IDS

Das Datenmodell ist für den Zweck der Unterstützung des Betriebes konzipiert. Dieses Datenmodell gilt es für den Export auf das des IDS-Schemas zu überführen. Die Hierarchien werden dafür zuerst auf die Entitäten und die Felder auf die Attribute und Properties des IFC-Schemas überführt. Dieses Mapping muss manuell erfolgen, es stehen in dem Mappingdialog jedoch die Entitäten und Attribute des IFC-Schemas sowie die Hierarchien, Kataloge und Felder von waveware als Auswahllisten zur Verfügung. Die konkreten Properties des IFC-Schemas sind gemäss Anforderungen über bSDD zu beziehen und stehen danach bei der Beschreibung der Informationsanforderung zur Verfügung.

Für jede Informationsanforderung wird ein Eintrag im Katalog «BIM2FM-Mapping» angelegt, über dieser wird die IFC-Version und der Namen definiert. Die Struktur zur Beschreibung der Informationsanforderung mit Mapping dieser auf das IFC-Schema wird in Tabelle 4 dargestellt. Die daraus resultierende Informationsanforderung im IDS-Austauschformat ist in Abbildung 28 aufgeführt.

Tabelle 4: Struktur der Beschreibung der Informationsanforderung

	Applicability			Requirements			
	Entität	Filter	Objekt	Attribut/Property	Feld	Restriktionstyp	Restriktion
Specification	IfcSpace		Raum	Name	Raum-ID	Pattern	###
				LongName	Raumbez.	Pattern	###
Specification	IfcPump	{ObjectType} = 'AB'	Anlagen	Pset_PumpTypeCommon.FlowRateRange	Maximale Leistung		

Jede Zeile der Tabelle 4 entspricht einer «Specification», mit der Beschreibung der «Applicability» auf der linken Seite und den zugehörigen «Requirements» auf der rechten Seite. Es können η «Specification» mit je maximal zwei «Applicability» und η «Requirements» definiert werden. Eine solche Konfiguration wird in dem nativen waveware Katalog «BIM2FM-Mapping» angelegt und als XML-Datei auf dem waveware Server gespeichert. Beim Export wird auf Basis der Konfiguration in der XML-Datei über die Python Komponente das IDS-Austauschformat erzeugt.

Die Beschreibung der Informationsanforderung in waveware muss hinsichtlich der Informationsübernahme der Informationslieferung zwingend über den Anwendungsbereich «Applicability» der Facette

«Entity» erfolgen (Tabelle 4, «Entität»). Erfolgt die Beschreibung der Informationsanforderung streng nach diesem Schema, kann die beschriebene Informationsbestellung für die Informationsübernahme aus dem digitalen Bauwerksmodell im IFC-Austauschformat verwendet werden. Denn dadurch ist jeder bestellten Information, ein Zielobjekt und ein Zielfeld in waveware zugewiesen. Die im waveware hinterlegten Tooltips der Felder können durch diese Zuweisung als Beschreibung im IDS übernommen werden. Ein Tooltip ermöglicht es, einem Feld Erklärungen oder Beschreibungen zu hinterlegen, welche beim Hovern über ein Feld in waveware angezeigt werden.

Über den Filter ist es möglich, den Anwendungsbereiches «Applicability» auf eine Teilmenge der über die Facette «Entity» beschriebenen Objekte einzuschränken (Tabelle 4, «Filter»). Für die Filterung stehen der Parameter «PredefinedType» und die Facetten «Attribute», «Property», «Classification» und «PartOf» zur Verfügung. Die Beschreibung des Filters erfolgt gemäss der in Tabelle 5 aufgeführten Syntax. Für die Beschreibung der «Value» kann aktuell nur der Restriktionstyp «SimpleValue» genutzt werden. Die Ausdrücke zwischen «<#>» stehen für Platzhalter der effektiven Werte, Ausdrücke ohne Platzhalter sind so zu übernehmen.

Tabelle 5: Syntax zur Beschreibung des Filters als Teil der «Applicability» in waveware

Facette	Syntax
PredefinedType	{PredefinedType}='<PredefinedType>'
Attribute	{<Name>}='<Value>'
Property	{<PropertySet>.<BaseName>}='<Value>'
Classification	{Classification}='<System>.<Value>'
PartOf	{PartOf}='<Entity>'

Im Fall der Beschreibung der Teilmenge mittels «PartOf» wird nur die Entität angegeben, die Assoziation erfolgt automatisch. Im PoC erfolgt die regelbasierte Zuordnung der Entität auf die die Kind-Klassen «IfcRelAggregates» und «IfcRelContainedInSpatialStructure» der Entität «IfcRelationship».

Tabelle 6: Syntax zur Beschreibung der «Requirements» in waveware

Facette	Syntax	Tag
Attribute	<Name>	
Property	<PropertySet>.<BaseName>	
Classification	<System>.<Value>'	Classification
PartOf	«{PartOf}='<Entity>» / «{PartOf}='*'»	FMTTree

Die Beschreibung der «Requirements» kann über die Facette «Attribute», «Property», «Classification» oder «PartOf», gemäss der Syntax der Tabelle 6 erfolgen. Die Facette «Material» wird im Umfang des PoC nicht umgesetzt, technisch würde es analog zu den restlichen Facetten umgesetzt werden. Die Zuordnung zu den Facetten «Attribute» und «Property» erfolgt automatisch aufgrund der Syntax, die Zuordnung zu den Facetten «Classification» und «PartOf» aufgrund des dem Feld zugeordneten Tags. Der Tag für die Zuordnung der Facette «Classification» muss manuell in der Datenmodellebene (Datenmanager - Designer) erfasst werden.

Die Zuweisung auf die Facette «PartOf» erfolgt über die Definition der räumlichen Struktur in waveware, welche standardmässig über einen Tag abgebildet wird. Die Beschreibung der Entität erfolgt

entweder manuell oder über den Ausdruck «**» automatisch auf die räumlich übergeordnete Entität des IFC-Schemas.

Der Fokus der Umsetzung von Restriktionen liegt auf der Beschreibung durch «Enumeration», «SimpleValue» oder «Pattern». Wird in der Spalte «Feld» ein Feld eingeführt, welches in waveware auf einen Katalog zeigt (Tabelle 4, «Feld»), kann über den entsprechenden Trigger in den Restriktionen eine «Enumeration» mit allen getagten Werten aus dem Katalog angelegt werden. Die Vergabe des Tags «isIDSRequirement» erfolgt auf der Objektkarte der gewünschten Katalogeinträge. Die weiteren Restriktionen werden manuell durch Eingabe des Restriktionstyp (Tabelle 4, «Restriktionstyp») und der Restriktion beschrieben (Tabelle 4, «Restriktion»).

Die Beschreibung der Optionalität ist aktuell nicht individuell wählbar. Aufgrund fehlender Konfigurationsmöglichkeit der nativen Komponente «BIM2FM-Mapping» wird die Optionalität global im Code definiert. Die Vorteile der Nutzung dieser nativen Komponente bezüglich der Eingabemöglichkeit, Integration in das System sowie die Nutzung als Importvorschrift überwiegen dem Nachteil der fehlenden Optionalität. Eine Zusammenstellung der umgesetzten Kombinationen der Facetten zur Beschreibung und Import der Informationsanforderung in waveware ist dem Anhang I zu entnehmen.

8.1.2 Anbindung an bSDD

Um Informationen von bSDD beziehen zu können und in bSDD zu publizieren, bedarf es ebenfalls eine Überführung der Datenmodelle. Klassifikationen von bSDD ohne weitere Beschreibung durch Properties können direkt bezogen und publiziert werden. Der «Code» der Klassifikation wird als Identifikator des neuen Katalogeintrages in waveware übernommen (Abbildung 27, «Code»). Für den Export von Katalogeinträgen müssen diese mit entsprechendem Tag «ForBsddUpload» versehen sein. Der Identifikator des Katalogeintrags dient dabei als «Code» der Klassifikation.

Für jeden Import und Exportkonfiguration wird ein neuer Eintrag in dem jeweiligen Katalog angelegt. Welcher Katalog in welches Dictionary mit welcher Elternklasse exportiert und mit welcher Entität des IFC-Schemas diese assoziiert werden sollen, wird über ein zu konfigurierendes Exportprofil bestimmt (Kapitel 7.1, Abbildung 18). Zur spezifischen Konfiguration könnte dies zukünftig über einen Tag auf dem Katalogeintrag erfolgen.

Die «ClassProperty» der Klassifikationen müssen individuell auf die Felder von waveware gemappt werden (Abbildung 27, «ClassProperty»). Dies erfolgt über die Vergabe des definierten Tags «bSDDExportField = ##» mit Zuweisung auf das «ClassProperty» auf Datenmodellebene von waveware (Datenmanagement - Designer).

Die Abbildung 27 zeigt eine Objektkarte eines Raumtyps «Korridor.Common» in waveware, welcher als Klassifikation in dem Dictionary «FM waveware Spital» publiziert ist. Die dazugehörige Klassifikation auf bSDD ist über die URI <https://search.bsdd.buildingsmart.org/uri/Senox/fmwave/2.0/class/Korridor.Common> einsehbar.

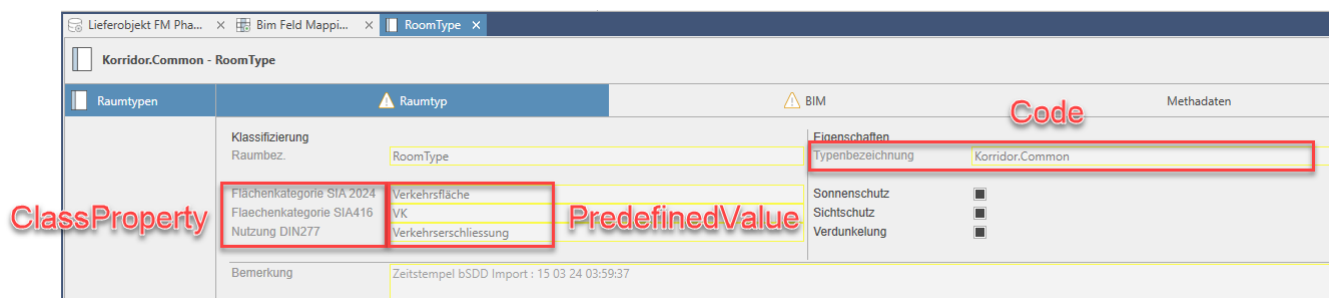


Abbildung 27: Objektkarte des Katalogs Raumtypen in waveware

Alternative zum Mapping der Felder via Tags besteht die Möglichkeit dies über die Konfiguration «BIM2FM-Mapping» zu beschreiben. Das Mapping über die Feldebene bringt diese Art eine einfachere Umsetzung der Schnittstelle und eine saubere Struktur mit sich, da im Code direkt auf die Metainformation der Felder zugegriffen werden kann. Für die Umsetzung des PoC wird dies der Flexibilität des Mappings vorgezogen.

Die Schnittstelle auf bSDD wird so umgesetzt, dass darüber in alle Kataloge von waveware Informationen importieren werden können. Der Import von Entitäten und der Properties mit originaler Terminologie des IFC-Schemas, als Auswahlmöglichkeit bei der Beschreibung der Informationsanforderung ist somit ebenfalls möglich. Der Einbezug der Mehrsprachigkeit und der URI zur Beschreibung der Informationsanforderung kann mit der aktuellen nativen BIM-Basis Komponenten von Loy & Hutz nicht erfolgen. Als Umgehungslösung zur Beschreibung der Informationsanforderung müsste die Entitäten und Properties auf Deutschen in waveware importiert und bei der Überführung auf das IDS über bSDD mit dem gemappten Originalterm und Ergänzung der URI übernommen werden. Mit dieser Umgehungslösung kann der Import aus dem IFC-Austauschformate jedoch nicht Erfolgen, da die gemappten Entitäten nicht denen des bereitgestellten IFC-Austauschformats entsprechen.

Abbildung 28: Informationsanforderung beschrieben mit IDS

```

<Specification name="Lieferobjekt FM Phase 32: Anforderungen an den Raum"
ifcVersion="IFC4" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
  <Applicability>
    <entity>
      <name>
        <simpleValue>IFCSPACE</simpleValue>
      </name>
    </entity>
  </Applicability>
  <Requirements>
    <attribute instructions="Jeder Raumtyp muss einen Namen aufweisen">
      <name>
        <simpleValue>Name</simpleValue>
      </name>
      <value>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="\d{2}\b-\d{3}\b" />
        </xs:restriction>
      </value>
    </attribute>
    <attribute instructions="die Vergabe der Raumnummer muss eindeutig sein">
      <name>
        <simpleValue>LongName</simpleValue>
      </name>
      <value>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="[A-Z]{2}|\b[A-Z]{2}\d{2}\.\d{3}\b" />
        </xs:restriction>
      </value>
    </attribute>
  </Requirements>
</Specification>
<Specification name="Lieferobjekt FM Phase 32: Anforderungen an die
Anlagen" ifcVersion="IFC4" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
  <Applicability>
    <entity>
      <name>
        <simpleValue>IFCPUMP</simpleValue>
      </name>
    </entity>
    <attribute>
      <name>
        <simpleValue>ObjectType</simpleValue>
      </name>
      <value>
        <simpleValue>AB</simpleValue>
      </value>
    </attribute>
  </Applicability>
  <Requirements>
    <property datatype="IfcLabel" uri=" " minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded">
      <propertySet>
        <simpleValue>Pset_PumpTypeCommon </simpleValue>
      </propertySet>
      <name>
        <simpleValue>FlowRateRange</simpleValue>
      </name>
    </property>
  </Requirements>
</Specification>

```

8.1.3 Verwendete Technologie

Die Umsetzung der Funktionalitäten zur Unterstützung des Prozesses in waveware erfolgt aus einer Kombination der Datenverarbeitung in waveware und in CPython. Alle Benutzereingaben erfolgen stets direkt in waveware. Verarbeitungen, welche durch Bibliotheken unterstützt werden, sind in Python ausgelagert. Der Aufruf dieser Python-Komponenten erfolgt aus waveware über eine ausführbare Batch (.bat) Datei. Der Aufruf und die Übergabe der Argumente werden in der Abbildung 29 als Schnittstelle gekennzeichnet. Durch den Aufruf der Python-Komponente über die Batch-Datei ist es möglich, die virtuelle Umgebung mit den installierten Bibliotheken in den benötigten Versionen anzugeben. Mit dem Aufruf werden die Argumente zur Erstellung des IDS-Austauschformates oder zum Speicherort dieser Informationen an die Python-Komponente übergeben. Zur Wahrung der Flexibilität wird davon abgesehen, die Python-Komponente in eine ausführbare Datei umzuwandeln. Nachteil dieser Art des Aufrufs ist, dass nicht direkt auf die Antwort der ausgeführten Python-Komponente eingegangen werden kann. Dies zeigt sich in den Fällen, in denen durch die Python-Komponente eine Datei generiert wird, und diese durch waveware im DMS abgelegt und mit dem entsprechenden Objekt verknüpft wird. Das Anlegen der Datei im DMS wird zeitgesteuert ausgeführt. Bei einer zu langen Laufzeit der Python-Komponente fehlt die Datei zum Anlegen. Da es lediglich eine Frage der Nutzerfreundlichkeit und Robustheit ist, wird dies im Umfang des PoC als ausreichend betrachtet.

Die Versionen der verwendeten Applikationen, Programmiersprachen und Bibliothek in den Python-Komponenten sind in der Tabelle 7 aufgeführt. Die Python-Bibliotheken sind Open-Source und können frei genutzt werden. Die Applikation waveware von Loy & Hutz ist proprietär und Lizenzpflichtig. Die für den Betrieb erforderliche Lizenz inklusive Zugriff auf den Datenmanager wird durch den Praxispartner Senox AG bereitgestellt.

Tabelle 7: Zusammenstellung der genutzten Technologie in waveware

Betriebssystem	
Windows	10.0.22621 Build 22621
Applikationen	Version
waveware (Build)	11.200.5774.34
Programmiersprachen	
CPython	3.11.8
waveware (Systembaukasten/Designer)	11.200.5774.34
Bibliotheken	
IfcOpenSchell	0.7.0231218
IfcTester	0.0.240118
Bcf-client	0.0.240118

Zur Nutzung der Komponenten muss die entsprechende waveware Version inklusive der Projektbasis der Senox AG und den BIM-Basispaketen von Loy & Hutz, Python und alle aufgeführten Bibliotheken installiert sein. Die neu installierte Datenwelt wird mit den Katalogen «20500 - BIM bSDD Import» und

«20501 - BIM bSDD Export» inklusive der darauf befindlichen Felder ergänzt. Das native Objekt «2852 – BIM-Container» muss mit dem Feld «8501 – IR für IDS» ergänzt werden, welches auf den Katalog «3306 – BIM2FM-Mapping» zeigt. In die entsprechend aufgesetzte Datenwelt wird in das Kundenpaket acht die Komponenten «8.Process_bSDD» und in Kundenpaket neun die Komponenten «9.Process_IDS», beiliegend im Anhang K, kopiert. Da die Pfade zur Ausführung der .bat-Dateien und die der Python Skripte im Umfang des PoC absolut codiert sind, müssen diese auf den neuen Speicherpfad angepasst werden. Dies betrifft alle .bat-Dateien und die «Main» Skripte gemäss Anhang J des Pakets «9.Process_IDS». In den Paketen 8.Process_bSDD» und «9.Process_IDS» sind die, in der Abbildung 29 in weiss aufgeführten, eigens entwickelten Komponenten von waveware und Python enthalten.

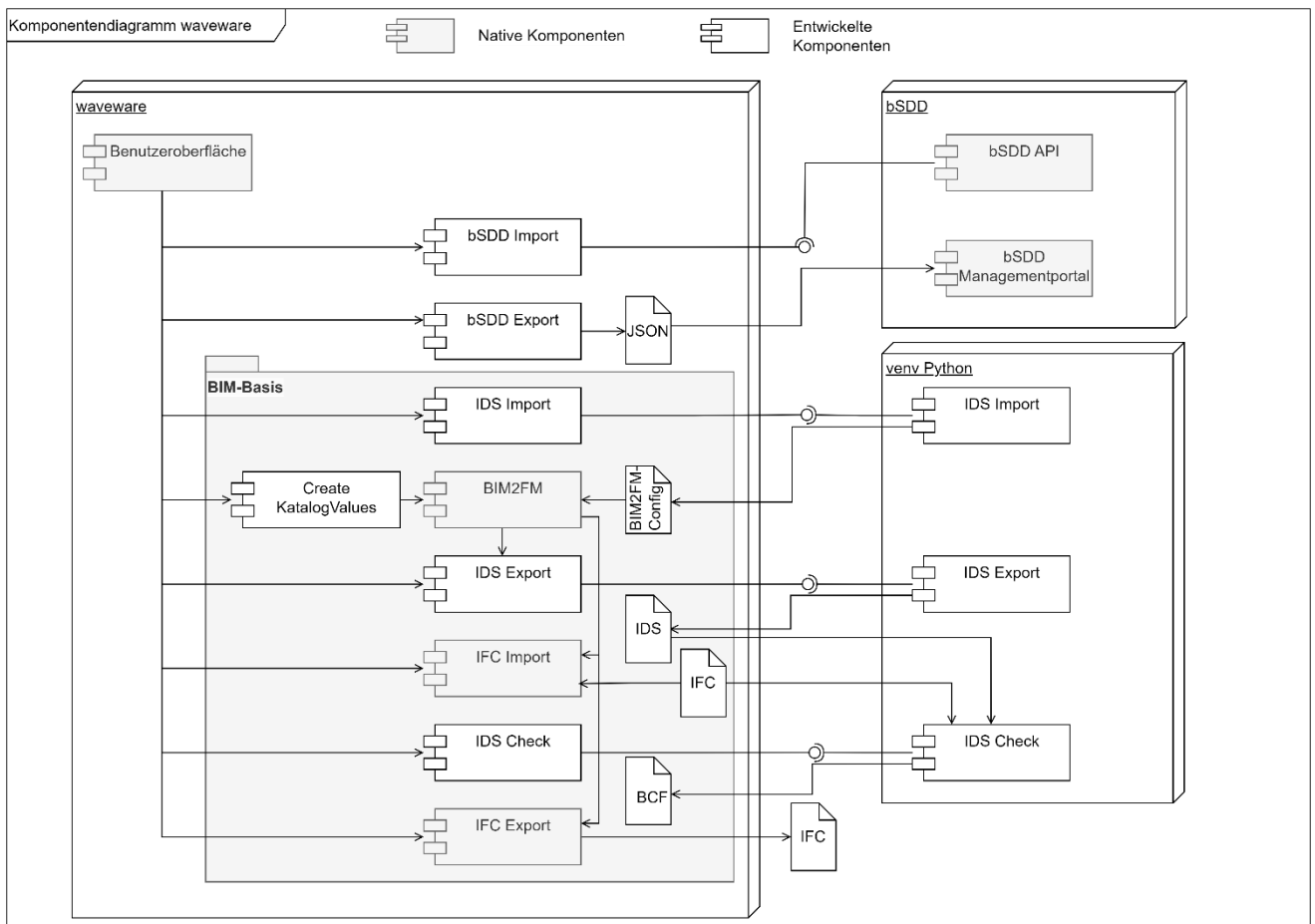


Abbildung 29: Komponentendiagramm der Umsetzung des PoC in waveware

8.2 Integration in Autorenapplikation Revit

Bei der Überführung der Datenmodelle auf Revit werden die Entitäten des IFC-Schemas auf die Revit internen Kategorien und die Attribute auf die vordefinierten Parameter überführt. Die Properties können beliebig mit bestehenden Parametern gemappt oder als neue Parameter angelegt werden. Kategorien und Typen werden über Elemente instanziiert. Ein Element ist durch eine Geometrie und durch die Parameter der Kategorie oder des Typs definiert. Die Integration erfolgt über die bereitgestellte Schnittstelle von Revit.

8.2.1 Überführung von IDS

Das Mapping der Entitäten des IFC-Schemas auf die Kategorien von Revit erfolgt über das native IFC-Mapping von Revit. Dieses ist über die Benutzeroberfläche anzulegen oder anzupassen und wird als Textdatei gespeichert (Abbildung 30).

Abbildung 30: Mapping der IFC-Entitäten auf die Revit-Kategorien

```
# Revit IFC Export Mapping File
# Maps Categories and Subcategories to IFC Classes and Types
# Category <tab> Subcategory <tab> Class name <tab> Type name <tab><tab> Cate-
# gory/Subcategory Id
# Do not remove the colon (:) after certain category names.
# -----
Pipe Accessories          IfcPump                -2008055
Areas                    IfcSpace               -2003200
Rooms                   IfcSpace               -2000160
Rooms      Interior Fill  IfcSpace               -2000161
...
```

Die Attribute des IFC-Schemas können gemäss der Deklaration von (Autodesk Inc., 2021) einem Revit Parameter mit vordefinierter Bezeichnung zugewiesen werden. Die spezifischen Parameter zu den Attributen des IFC-Schemas sind nicht standardmässig in den Projektvorlagen und müssen neu angelegt werden.

Beim Import wird für den vereinfachten Zugriff während der Informationsmodellierung mit aktivem «IDS-Checking» auf das Mapping, eine separate Datei im JSON-Format geführt «db.json». Dabei wird einerseits das Mapping aller Attribute, gruppiert nach Entität des IFC-Schemas, auf die Parameter von Revit und andererseits das Mapping der Entitäten des IFC-Schemas auf die Kategorien von Revit als Dictionary geführt (Abbildung 31). Die Informationsanforderung im IDS-Austauschformat wird während des Importes lokal gespeichert.

Abbildung 31: Auszug der Zusammengestellten Informationen des «db.json»

```
"IDS":{
  "IDSArg": {
    "IFCSPACE": ["IfcName", "IfcLongName"]
  },
  "IfcMapping": {
    "IFCSPACE": ["Areas", "Rooms", "Rooms\tInterior Fill",...],
    "IFCPUMP": ["Pipe Accessories"]
  }},
"IDS_SampleFM_Space_01": {
  "IDSArg": {...}
}
...
```

Das Mapping wird für jedes importierte IDS als eigenes Dictionary in der Datei «db.json» gespeichert. Für das Mapping der Properties bietet Revit eine native Möglichkeit. Die Properties werden gruppiert nach PropertySet in einer Textdatei beschrieben, wobei für jedes Property deren Datentyp und den in Revit verwendeten Parameter angegeben werden kann (Abbildung 32). Revit bietet keine Möglichkeit zur Konfiguration dieser Datei über eine Benutzeroberfläche. Daher wird im Zuge des Importprozesses das Mapping der Properties auf die Parameter über eine tabellarische Darstellung unterstützt (Abbildung 20). Ein weiterer Vorteil davon ist, dass sich das Mapping auf exakt die geforderten Properties beschränkt. Erfolgt das Mapping eines Property auf einen nicht vorhandenen Parameter, wird dieser

automatisch angelegt. Zu jeder importierten Informationsanforderung wird eine eigene Mapping-Datei der Properties angelegt.

Abbildung 32: Definitionen der PropertySets und Mapping der Properties auf die Parameter in Revit

```
PropertySet: Pset_PumpTypeCommon I ['IFCPUMP']
             FlowRateRange Text Durchfluss
...
```

Es wird von einer kombinierten Speicherung des Kategorie-, Attribut- und des Property-Mappings abgesehen, da durch die Nutzung der nativen Komponenten der Export in das IFC-Austauschformat direkt unterstützt wird. So werden die Kategorien und die Properties entsprechend den Mapping-Dateien und die Attribute entsprechend der Parameterbezeichnung exportiert. Die korrekte Mapping-Datei wird durch Auswahl der Informationsanforderung beim Export gewählt.

Bei der initialen Konfiguration der Autorenapplikation gemäss der importierten Informationsanforderung wird die Facette «Entity» basierend auf dem Mapping auf die Kategorie von Revit überführt und dieser die Parameter aus der Facette «Attribute» und der Facette «Property» zugewiesen. Bei der Validierung der Informationseingabe während der Modellierung erfolgt das Mapping nach demselben Prinzip. Die Validierung wird durch einen Trigger ausgelöst, welcher auf Änderungen reagiert und die Element-ID des geänderten Elementes übergibt. Auf Basis dieser Element-ID wird die Revit Kategorie und die damit gemappte Entität des IFC-Schemas abgefragt. Ist diese Entität in einer der importierten Informationsanforderungen aufgeführt, wird das geänderte Element gegen alle geladenen Informationsanforderungen validiert. Für die Validierung der Facette «Attribute» erfolgt jeweils die Überführung des Parameternamens von Revit auf den der Informationsanforderung über die Mapping-Datei. Der genutzte Trigger liefert nur die Element-ID und keine Information zu der Änderung. Es wird immer der komplette Informationsgehalt des Elementes validiert.

Die Unterstützung der Modellierung wird primär für die Facetten «Entity», «Attribute», «Property» und «Classification» umgesetzt. Diese können kumuliert als «Applicability» und als «Requirements» beschrieben werden. Bei der «Applicability» sind Restriktionen in Form von «SimpleValue» ohne Optionalität und bei den «Requirements» sind Restriktionen in Form von «SimpleValues», «Enumeration» und «Pattern» inklusive. Optionalität möglich.

Die Facette «PartOf» wird für einfache Fälle teilweise implementiert und die Facette «Material» wird nicht berücksichtigt. Die Facette «PartOf» kann zur Beschreibung einer «Applicability» genutzt werden, jedoch nicht kumuliert mit weiteren Facetten. Bei der Beschreibung von «Requirements» mit der Facette «PartOf» kann dies lediglich auf die Entität «IfcBuildingStorey» oder über die Entität «IfcRelAggregates» des IFC-Schemas erfolgen. Über die Schnittstelle ist es möglich alle in Revit abgebildeten räumlichen, systemische oder gruppierende Zugehörigkeiten sowie die Materialisierung abzurufen. Die Zuweisung erfolgt jeweils über die Element-ID und je nach Konzept invers (Gui Talarico, n.d.).

Da es für die Umsetzung für den PoC nicht relevant ist, werden nicht alle Facetten in gleichem Umfang umgesetzt. Der Umsetzungsgrad wird so gewählt, dass primär die aktuell verwendeten Strukturen der Informationsanforderung gemäss Best Practice (Kapitel 5.2), umgesetzt werden. Daraus lassen sich Abschätzungen zur Umsetzung der weiteren Facetten ableiten. Eine Zusammenstellung der umgesetzten Kombinationen der Facetten zur Konfigurierung und Validierung in Revit ist dem Anhang I zu entnehmen.

8.2.2 Anbindung an bSDD

Für die Klassifikation von Elementen stehen in Revit gemäss der Deklaration von (Autodesk Inc., 2021) gesonderte Parameter zur Verfügung. Diese sind mit entsprechendem Namen an den

Kategorien anzulegen. Durch die Nutzung der spezifischen Parameter «ClassificationCode(#)» ist es möglich, ein Element mit bis zu zehn Klassifizierungen zu versehen. Die «#» beschreibt ein Platzhalter für die Nummerierung von 2 bis 10, die Nummer 1 wird ohne «(1)» benannt. Die Parameter sind nicht in standardmässigen Projektvorlagen enthalten und müssen manuell angelegt werden. Die Beschreibung der Klassifikation in diesen Parameter muss der Syntax «[ClassificationName]Code:Title» folgen, damit diese beim Export berücksichtigt werden (Autodesk Inc., 2021, p. 15). Um die Übernahme von weiteren Informationen aus bSDD in Revit zu erleichtern wird zusätzliche der, nicht offiziell unterstützte, Parameter «ClassificationCode(#) Description» angelegt.

Die Abfrage von Klassifikationen über bSDD erfolgt durch drei unterschiedliche Ausgangslagen. Sind in der Informationsanforderung das Klassifikationssystem und die Klassifikationen beschrieben, können alle geforderten Klassifikationen selektiert werden. Wird nur das Klassifikationssystem gefordert, werden alle Klassifikationen des geforderten Klassifikationssystems zur Selektion aufgeführt, welche mit der gemappten Entität des IFC-Schemas des selektierten Elements assoziiert sind. Trifft keine der beschriebenen Ausgangslagen zu, können alle Klassifikationssysteme und Klassen (ohne weitere Kind-Klassen) durchsucht und selektiert werden. Grundsätzlich können die angezeigten Klassifikationen auch weiter über die Übereinstimmung der «ClassProperties» und «PredefinedValue» mit den Informationen des selektierten Elements in Revit gefiltert werden. Dies würde widersprüchliche Klassifizierungen verhindern und andererseits die Auswahl weiter minimieren.

Die Auswahl bewirkt in allen Fällen, dass der Klassifikationscode sowie die Beschreibung durch Properties in Revit übernommen werden. Der Klassifikationscode wird in den nächst freien Revit-Parameter «ClassificationCode(#)» und die vordefinierten Properties inklusive Werte werden als Liste von Key-Value-Pair in den zugehörigen Revit-Parameter «ClassificationCode(#) Description» übernommen. Die Abbildung 33 zeigt die Auflistung, der für einen Raum erlaubten, Klassifizierungen des Dictionary «FM waveware Spital» und die übernommene Klassifikation «Büro.Common». Die dazugehörige Klassifikation auf bSDD ist über die URI <https://search.bsdd.buildingsmart.org/uri/Senox/fmwave/2.0/class/Buero.Common> einsehbar.

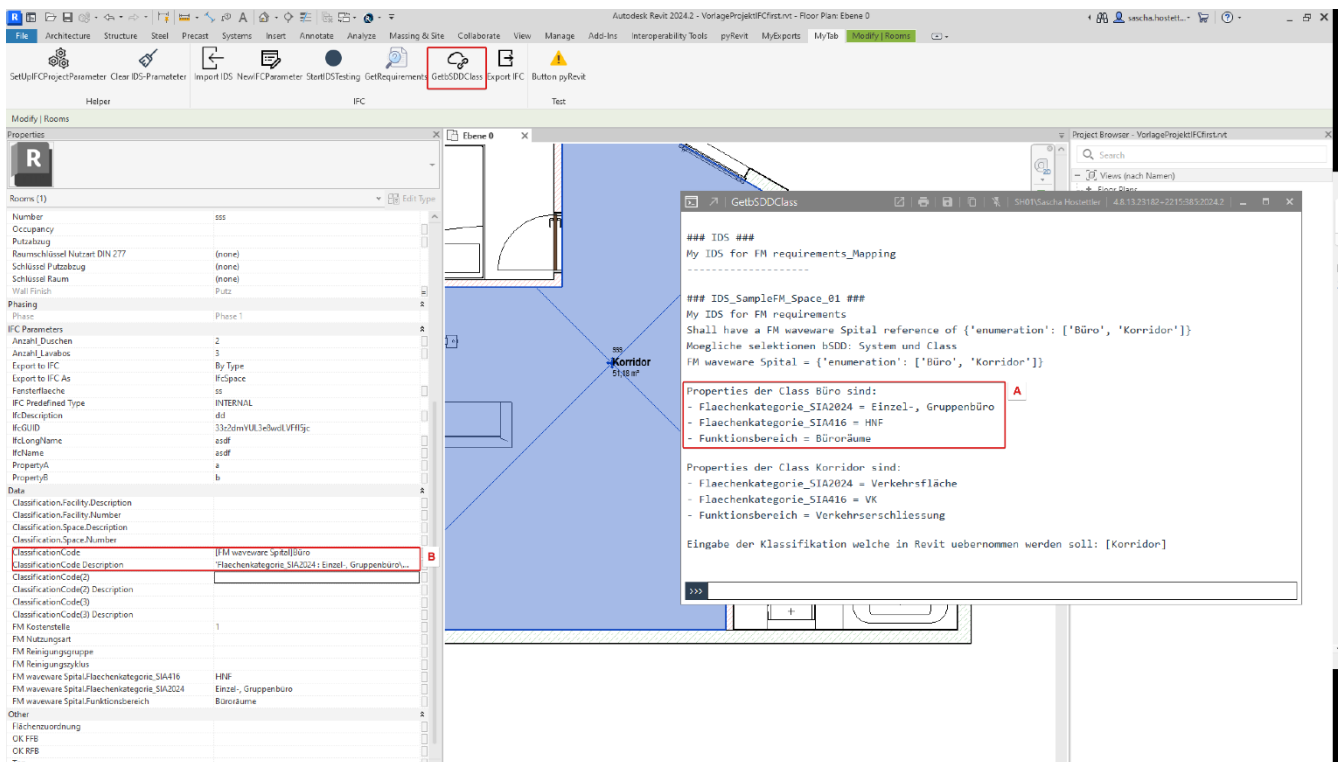


Abbildung 33: Klassifizierungen aus bSDD zum selektierten Element mit übernommenen Informationen in Revit

8.2.3 Verwendete Technologie

Die Autorenapplikation Revit von Autodesk stellt eine umfangreiche Schnittstelle zur Verfügung. Auf die Schnittstelle kann mit Sprachen zugegriffen werden, welche mit dem Microsoft .Net-Framework 4.8 kompatibel sind (Autodesk Inc., 2024). Alternative zu der Programmierung des PoC in der Programmiersprache C# wird das Revit Add-in pyRevit von Ehsan Iran-Nejad (eirannejad, n.d.) verwendet. Damit wird die Ausführung von Skripten und der Zugriff auf die Schnittstelle in der Programmiersprache CPython und IronPython ermöglicht. Zu dem Add-in pyRevit besteht eine umfangreiche Dokumentation und viele Anleitungen, dies in Kombination mit den zur Verfügung stehenden Tools von pyRevit und Bibliotheken für CPython eignet es sich ideal für die Umsetzung eines PoC.

Mit PyRevit können Python-Komponenten aus Revit über Schaltflächen oder über Ereignisse «hooks» aufgerufen werden. Überdies stellt PyRevit Funktionen und Abstraktionen zur Verfügung, um die API einfach über Python-Komponenten anzusprechen. Der grösste Teil der Funktionen von pyRevit können nur mittels IronPython genutzt werden. Externe Bibliotheken, wie z. B. IfcOpenShell können nur in Kombination von CPython einbezogen werden. Die Umsetzung der Komponenten für den PoC wird je nach Aufgabe in CPython oder in IronPython umgesetzt. Komponente, mit welchen die Datenverarbeitung der Austauschformate des IFC oder IDS und Abfragen auf bSDD durchgeführt wird, werden in CPython umgesetzt. Die Komponente, welche auf die interne Struktur von Revit zugreifen z.B., um Parameter anzulegen, werden in IronPython umgesetzt. In Abbildung 34 sind die Umgesetzten Komponenten und deren Zusammenspiel ersichtlich.

Der unterschiedliche Einsatz hat zur Folge, dass neuen Parametern nicht während der Modellierung automatisch angelegt werden können. Die Validierung während der Modellierung und die Abfrage der Klassifikationen auf bSDD erfolgt mittels Komponenten in CPython, womit es im Umfang des PoC nicht möglich ist neuen Parameter anzulegen. Der Import und die initiale Konfiguration werden durch zwei Komponenten beschrieben. Der Import der Informationsanforderung in IDS wird in CPython umgesetzt und die Konfiguration in IronPython. Es werden dafür die Informationen zur Konfiguration aus dem Import als JSON-Objekte in einer lokalen Datei zwischengespeichert. Die JSON-Objekte können in beiden Programmiersprachen ausgelesen und geschrieben werden, womit die Konfiguration in IronPython möglich ist.

Die Versionen der verwendeten Applikationen, Programmiersprachen und Bibliotheken in den Python-Komponenten ohne Standardbibliotheken sind in der Tabelle 8 aufgeführt. Die Python-Bibliotheken sind Open-Source und können frei genutzt werden. Die Autorenapplikation Revit von Autodesk ist hingegen proprietär und Lizenzpflicht, die erforderliche Lizenz wird als Studierendenlizenz durch Autodesk bereitgestellt.

Tabelle 8: Zusammenstellung der genutzten Technologie in Revit

Betriebssystem	
Windows	10.0.22621 Build 22621
Applikationen	Version
Revit	Autodesk Revit 2024.2

Programmiersprachen	
CPython	3.8.5
IronPython	2.7.7
Bibliotheken	
PyRevit	v4.8.13
IfcOpenshell	0.7.0.231218
IfcTester	0.0.240118
request	2.31.0

Zur Nutzung der Komponenten muss Revit, PyRevit Python und alle aufgeführten Bibliotheken installiert sein und der Pfad auf die in pyRevit ausgewählte Python-Version muss als Umgebungsvariable im Betriebssystem Windows ergänzt werden. Das Add-in pyRevit unterstützt nur bestimmte CPython und IronPython Versionen, diese müssen lokal installiert sein und in der pyRevit Konfiguration ausgewählt werden. Eine detaillierte Anleitung zur Installation, Konfiguration und Nutzung von pyRevit ist auf Notion unter <https://pyrevitlabs.notion.site/pyRevit-bd907d6292ed4ce997c46e84b6ef67a0> oder über das GitHub Profil (eirannejad, n.d.) erreichbar.

Die im Umfang des PoC entwickelten Komponenten sind beiliegend im Anhang K im Ordner «Revit-IA_Integration» strukturiert abgelegt und auf GitHub unter https://github.com/Saeschu/Revit-IA_Integration.git einsehbar. Der Ordner muss lokal abgespeichert und den Speicherpfad in der pyRevit Konfiguration hinzugefügt werden. Die Struktur des Ordners muss beibehalten bleiben, da diese einerseits den Trigger zum Auslösen und andererseits die Platzierung der Schaltflächen vorgibt.

Zusätzlich zu der Installation muss Schreibrecht für den Ordner «C:\ProgramData\Autodesk\ApplicationPlugins\IFC 2021.bundle\Contents\2021» bestehen. Unter diesem Pfad sind alle nativen Dateien für das Mapping abgelegt. In der Abbildung 34 werden alle eigens entwickelten Komponenten in Weiss sowie deren Zusammenspiel mit nativen Komponenten aufgezeigt.

Zur Unterstützung bei dem Anlegen der nötigen Parameter ohne Projektvorlage sowie um Konfigurationen auf Grund importierten Informationsanforderungen wieder löschen zu können, werde zwei weitere Komponenten umgesetzt. Diese befinden sich ebenfalls der Beilage.

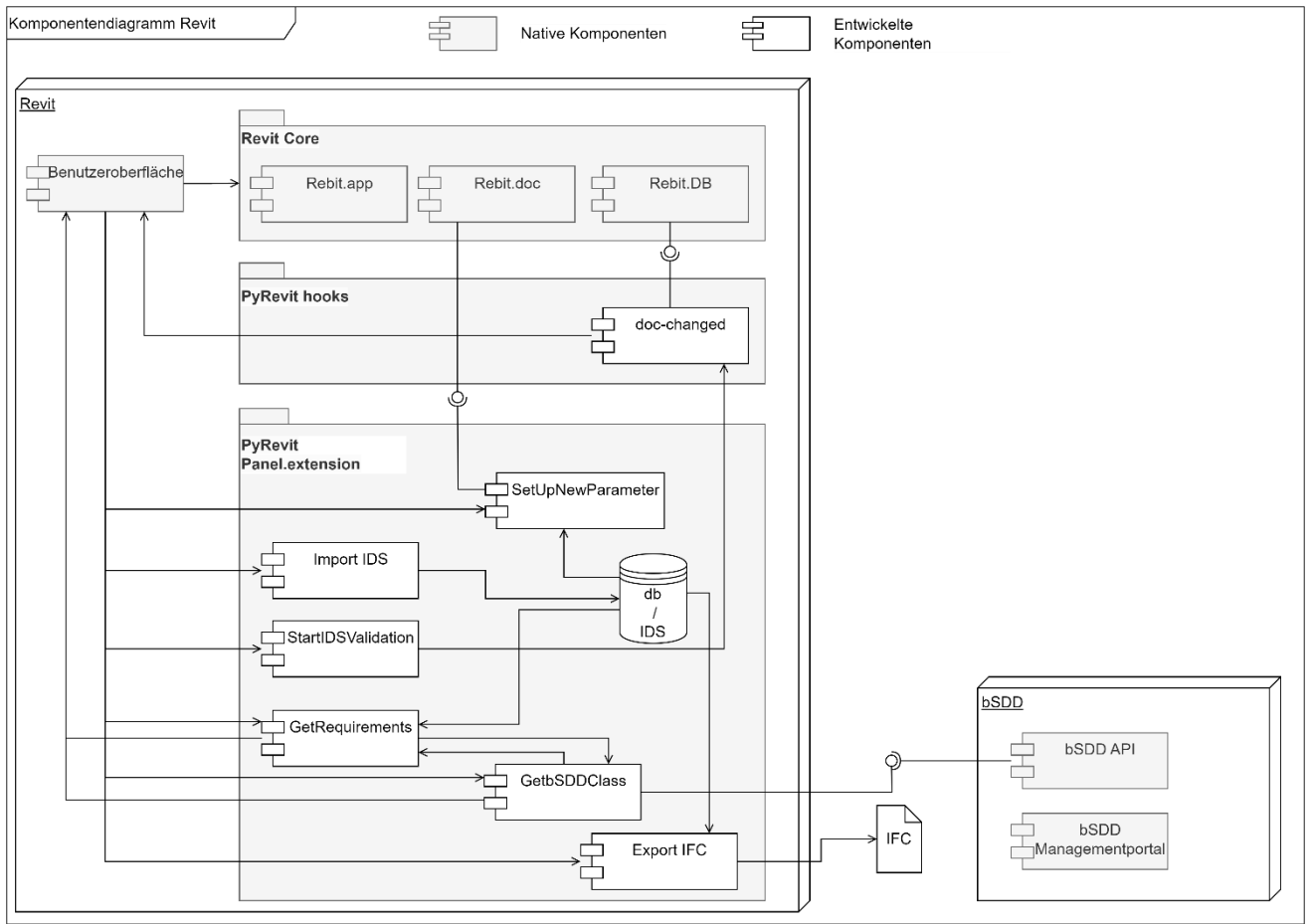


Abbildung 34: Komponentendiagramm der Umsetzung des PoC in Revit

9 Resultat

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie IDS und bSDD in dem Informationssystem für den Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen eingesetzt werden kann und wie deren Interaktion sinnvoll genutzt wird. Dafür wird im Kapitel 9.1 auf die Integration von IDS und bSDD in den IM-Prozess nach SN EN ISO 19650 und dem darauf aufbauenden Kapitel 9.2 auf die konkrete Differenzierung und Interaktion von IDS und bSDD eingegangen. Der vollständige Prozess nach SN EN ISO 19650 inklusive Integration von IDS und bSDD wird in Anhang F aufgezeigt. Auf Basis der beschriebenen Integrationsmöglichkeiten in das Informationssystem für den Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen erfolgt in Kapitel 9.3 die Bewertung nach den Erfolgsfaktoren und den Kriterien der Informationsqualität.

9.1 Die digital transformierte Informationsanforderung

Zur digitalen Transformation des Informationsaustausches zwischen den Hauptphasen erfolgt der Austausch der Informationsanforderung im IDS-Austauschformat mit Referenz auf bSDD und die Informationsbereitstellung im IFC-Austauschformat. Im PoC kann aufgezeigt werden, dass der Import und Export dieser Formate sowie die Anbindung an bSDD in der Autorenapplikation und der CAFM-Applikation möglich ist. Die CAFM-Applikation wird als konkretes Beispiel einer Betriebsapplikation angesehen (Abbildung 36). Durch die offenen Formate und standardisierten Schemas der Austauschformate ist es möglich eine gemeinsame Verständigungsebene, zwischen den durch zwei unterschiedlichen Charakter geprägten Hauptphasen, zu schaffen. Unter Einbezug des bSDD ist es weiter möglich, die damit einhergehenden unterschiedlichen Sichten mit wenig Aufwand bei der Modellierung integriert abzubilden. Damit kann aufgezeigt werden, dass zwei unterschiedlich geprägte Systeme nahtlos interagieren können. Im Folgenden wird spezifisch auf den, aus den Untersuchungen und Erkenntnisse des PoC resultierenden, Informationsaustausch gemäss Abbildung 36 eingegangen.

Ausgangslage ist der Informationsbedarf in Bezug auf den Betrieb und die Instandhaltung des Bauwerks welche, in der CAFM-Applikation abgebildet ist. Die CAFM-Applikation als Werkzeug zur Unterstützung der Betreibenden muss, unabhängig von Projekten, das Informationsbedürfnis des Betreibers für eine effizientes FM decken. Bei Differenzen zwischen Informationsbedarf und Informationsbestand ist eine strukturelle Anpassung der CAFM-Applikation sowie eine Ergänzung der Informationen nötig. In Zusammenhang mit einem Umbau- oder Neubauprojekt ist es sinnvoll Informationen direkt aus der Projektphase zu fordern, um Doppelarbeit bei der Informationsmodellierung zu vermeiden. Diesbezüglich ist die CAFM-Applikation eine Zielapplikation der Informationslieferung aus dem Projekt (Abbildung 36, «Betriebsapplikation»). Um die Informationsbereitstellung nahtlos in den Informationsbestand zu integrieren, erfolgt die Informationsanforderung des FM an ein Projekt direkt aus der CAFM-Applikation. Datentypen, Wertebereiche oder Wertelisten entsprechen damit exakt denen des Betriebes. Das ist für einen homogenen Informationsbestand essenziell und dient der Sicherung der Informationsqualität. Zur Förderung der Verständlichkeit werden für das Mapping der Informationsanforderung auf die Terminologie des IFC-Schemas die offiziellen Entitäten, Attribute und Properties im jeweiligen Kontext angezeigt und zur Auswahl bereitgestellt. Über die Abbildung der Mehrsprachigkeit aus bSDD kann die Auswahl in der jeweilig bevorzugten Sprache erfolgen, wobei die Assoziation auf den standardisierten Term des IFC-Schemas für den Austausch besteht.

Um standardisierte Informationsanforderungen nach Anwendungsfall auf den bestehenden Informationsstand zu überführen und die Restriktionen darauf basierend zu ergänzen, können diese als IDS in die CAFM-Applikation importiert werden. Sonderfälle sind Klassifikationen. Diese werden über bSDD bezogen oder falls notwendig aus der CAFM-Applikation auf bSDD publiziert (Abbildung 36, «publizieren von Klassifikationen / semantische Anreicherung über Klassifikationen»). Damit können z. B.

bestehende Raumtypen als Raumbuch oder Objektkategorien des Betriebes als Klassifikation publiziert werden. Über bSDD werden die Klassifikationen einerseits semantisch beschrieben und zur vereinfachten Anwendung auf das IFC-Schema gemappt. Dies gilt sowohl für die Entitäten als auch für die Attribute und Properties des IFC-Schemas.

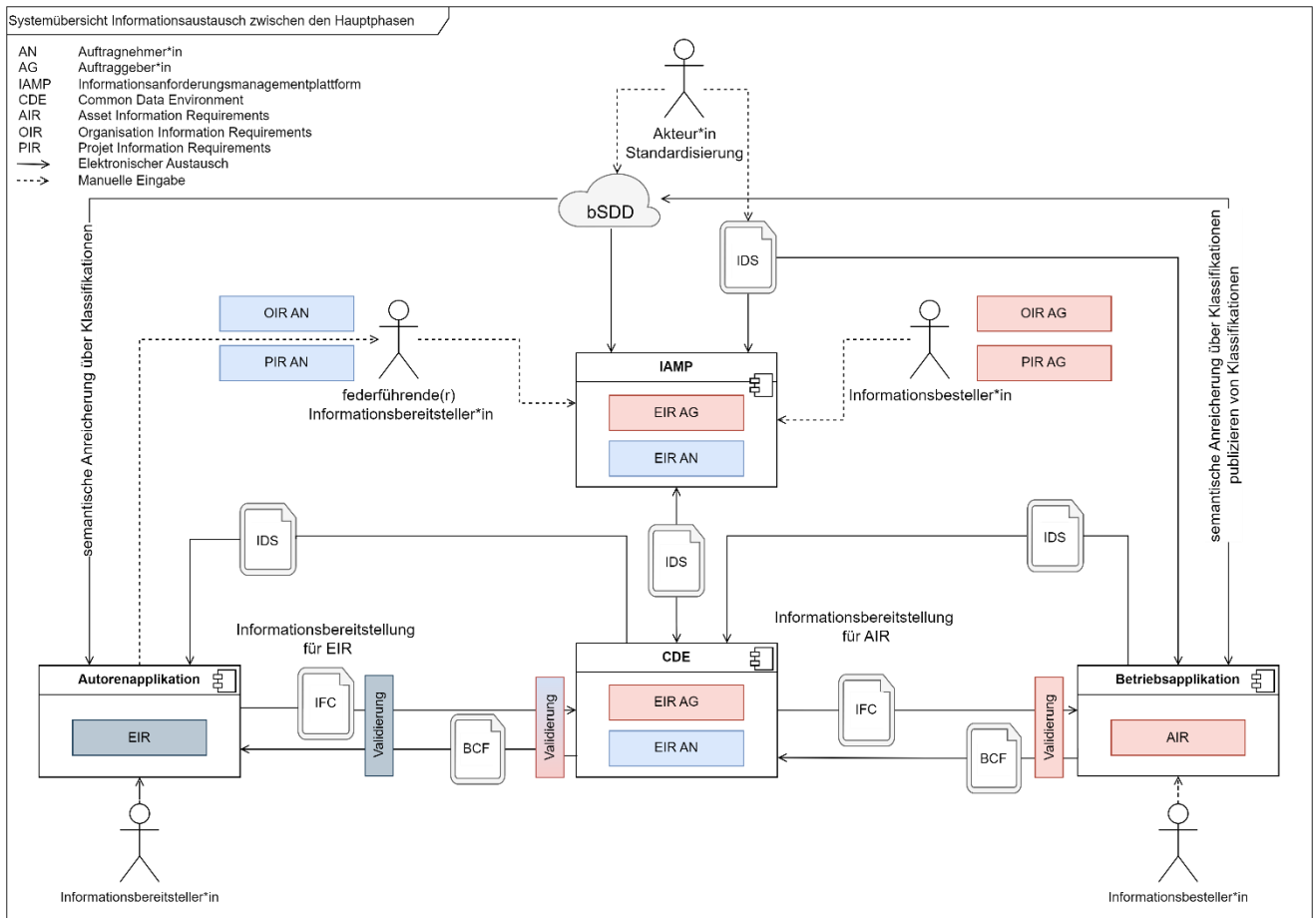


Abbildung 36: Systemübersicht Austausch Informationsanforderung zwischen den Hauptphasen

Die beschriebene Informationsanforderung aus der CAFM-Applikation werden in das IDS-Austauschformat exportiert und an eine zentrale Plattform zur Verwaltung der Informationsanforderung (Informationsanforderungsmanagementplattform (IAMP)) übertragen (Abbildung 36, «IAMP»). Überdies werden über diese Plattform oder über weitere Imports die Informationsbedürfnisse aus den übergeordneten organisatorischen und strategischen Anwendungsfälle (OIR AG) des Informationsbestellenden sowie die Informationsbedürfnisse für die Planung und Realisierung eines Bauwerks (PIR AG) von Seiten Auftraggebenden beschrieben. Die IAMP ermöglicht den Import von Standard-Informationsanforderung und Export der EIR im IDS-Austauschformaten. Die Plattform stellt durch die Nutzung der Konzepte und Terminologien des IFC-Schemas eine neutrale Stelle dar. Um das Verständnis der abstrakten Terminologie des IFC-Schemas besser verständlich zu gestalten, werden diese Begriffe auf die bevorzugte Sprache übersetzt und durch die semantische Beschreibung ergänzt. Diese Informationen sind auf dem bSDD verfügbar und werden von dort übernommen.

Die Beschreibung der OIR AG und PIR AG erfolgt manuell entsprechend den dafür definierten Anwendungsfällen oder über den Import von Standard-Informationsanforderung im IDS-Austauschformat über IAMP. Auf der Plattform sind demnach alle durch den Informationsbestellenden relevanten Informationsbedürfnisse abgebildet. Daraus erfolgt auf der Plattform die Zusammenstellung der Austausch Informationsanforderung (EIR AG und EIR AN). Der*die federführende Informationsbereitsteller*in

definiert zu jeder Anforderung, Wer liefert, Wann Wem Was und stellt die EIR AG und EIR AN dementsprechend zusammen. Die definierten EIR nach Informationsbereitstellung werden den Bereitstellungsteams im IDS-Austauschformat zugestellt. Jedes Bereitstellungsteam erhält exakt die Informationsbestellung, welche für eine definierte Informationsbereitstellung zu einem definierten Zeitpunkt und Bestellenden nötig ist. Die beschriebene Informationsanforderung werden über das gemeinsam genutzte CDE bereitgestellt und dem dafür vorgesehen Informationscontainer zugeordnet.

Das Bereitstellungsteam erhält durch den federführenden Informationsbereitsteller*die federführende Informationsbereitstellerin die EIR für eine bestimmte Informationsbereitstellung, bereitgestellt über das CDE im IDS-Austauschformat. Dieses Set an konkreten und eindeutigen Spezifikationen wird in die Autorenapplikation importiert (Abbildung 36, «Autorenapplikation»). Beim Import werden die Informationsanforderungen durch die Modellierenden auf die Struktur der Autorenapplikation gemappt. So können einerseits durch unterschiedliche Informationsbestellende identisch geforderte Informationen auf eine Informationsquelle in der Autorenapplikation gemappt werden und andererseits können die Modellierenden mit den bestehenden Vorlagen und den ihnen gewohnten Terminologie arbeiten.

In der Autorenapplikation werden durch den Import des IDS-Austauschformates automatisch alle geforderten Attribute mit Datentyp und Wertebereich nach 1. Ordnung an den entsprechenden Objekten und Typen angelegt. Die Modellierenden modellieren entsprechend der importierten Informationsanforderungen. Bei der alphanumerischen Informationserfassung auf einem Objekt, werden durch den Import der Informationsanforderung, nur der geforderte Datentyp oder der geforderte Wertebereich zugelassen. Bei Attributen, welche als Wertelisten hinterlegt sind, wird aus einer Auswahl ein zulässiger Wert ausgewählt. Das unterstützt die Modellierenden bei der technischen Qualitätssicherung. Die fachliche Korrektheit der alphanumerischen und geometrischen Information liegt weiterhin bei den Modellierenden. Die semantische Informationsmodellierung wird in der Autorenapplikation über die Schnittstelle auf bSDD unterstützt (Abbildung 36, «semantische Anreicherung über Klassifikationen»). Durch die Beschreibung der geforderten Klassifikationen im IDS-Austauschformat werden bei der Modellierung nur geforderte und im Zusammenhang mit dem selektierten Objekt erlaubte Klassifikationen angezeigt. So kann die Auswahlmenge der Klassen innerhalb des geforderten Klassifikationssystems über bereits modellierte Informationen eingeschränkt werden. Bei der Klassifikation des Objektes über bSDD werden weitere, den Klassifikationen hinterlegten, Informationen auf das Objekt übernommen. Damit wird die Informationsanreicherung automatisiert und die Beschreibung unterschiedlicher Sichten im selben Modell vereinfacht.

Zu festgelegten Zeitpunkten erfolgt die Informationsbereitstellung an einen Informationsbestellenden. Dies kann eine Informationsbestellung an das FM oder eine Informationsbereitstellung innerhalb des Projektes sein. Die Modellierenden arbeiten je Aufgabenteam in einem Modell, um Informationen nicht mehrfach erfassen zu müssen. Der darin enthaltene Informationsgehalt aus der Schnittmenge aller Informationsanforderungen ist jedoch grösser als in einer einzelnen Informationsbereitstellung gefordert. Die Bereitstellung erfolgt über den Export der geforderten Teilmenge in das IFC-Austauschformat, basierend auf einer importierten Informationsanforderung. Dadurch wird genau und maximal der geforderte Umfang an Informationen ausgetauscht. Das beim Import beschriebene Mapping wird berücksichtigt, um die Strukturen und die Terminologie der Autorenapplikation auf die des IFC-Schemas zu überführen. Der Modellierende erhält nach dem Export direkt eine Rückmeldung bezüglich Übereinstimmung der Informationsbereitstellung mit der Informationsanforderung.

Die Informationsbereitstellung jedes Aufgabenteams erfolgt über ein CDE, in welchem diese in aufgabenteamübergreifenden Informationscontainer, je Informationsbestellenden und Zeitpunkt abgelegt werden (Abbildung 36, «CDE»). Das ermöglicht die Validierung der aufgabenteamübergreifenden Informationsbereitstellung je Informationsanforderung des Auftragnehmenden (EIR AN) und

Auftraggebenden (EIR AG). Bei erfolgreicher Validierung durch den federführenden Informationsbereitsteller*die federführende Informationsbereitstellerin erfolgt die Bereitstellung an den Informationsbestellenden. Das kann der*die federführende Informationsbereitsteller*in oder ein*e Informationsbesteller*in AN/AG sein. Die Informationsbereitstellung wird durch den Informationsbestellenden gegen die ursprüngliche Informationsanforderung validiert. Ist diese erfolgreiche, wird die Informationsbereitstellung angenommen. Im Kontext des Betriebes wird die Informationsbereitstellung in die CAFM-Applikation übernommen und gegen die ursprüngliche Informationsanforderung AIR validiert (Abbildung 36, «Betriebsapplikation»). Erfolgt die Annahme, kann die Informationsbereitstellung genutzt werden, um den entsprechenden Anwendungsfall abzudecken. Zu jedem Validierungsschritt werden die Validierungsergebnisse als BCF direkt an den Informationsbereitstellenden zurückgemeldet. Dieser kann das Validierungsergebnis als BCF in die Autorenapplikation importieren und allfällige Fehler korrigieren. Der Informationsbereitstellungsprozess wird erneut durchlaufen.

9.2 Interaktion zwischen IDS und bSDD

Das in Kapitel 9.1 beschriebene Informationssystem für den Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen beschreibt eine kombinierte Anwendung von IDS und bSDD. Im Folgenden wird auf die Differenzierung und Integration von IDS und bSDD sowie deren Anwendungsform im Informationssystem eingegangen.

Das IDS-Schema bietet einen Regelsatz zur Beschreibung der Regeln, für welche Objekte welche Informationen mit welchen Einschränkungen geliefert werden müssen. Die inhaltliche Beschreibung und den Bezug auf die betroffenen Objekte und deren Informationsgehalt wird durch das IFC-Schema ausgedrückt. Das IFC-Schema dient als neutrale Sprache, um die Anforderungen auf Basis des Regelwerks des IDS-Schemas zu beschreiben. Die Informationsanforderung kann damit spezifisch definiert werden, wird jedoch bei typähnlichen Strukturen aufwendig und unübersichtlich. Die Strukturen werden als Klassifikation über bSDD beschrieben.

Ein Klassifikationssystem beschreibt durch Klassifikationen die Objekte nach spezifischen Gesichtspunkten. Das bSDD stellt durch die Klassifikationen einen Katalog an semantisch beschriebenen Objekten bereit. Um diese Objekte nach unterschiedlichen Gesichtspunkten in einen gemeinsamen Kontext zu setzen, werden die Klassifikationen über bSDD auf die neutrale Sprache des IFC-Schemas gemappt. Die Verwendung der gleichen Terminologie in IDS und bSDD ermöglicht eine integrierte Anwendung bei der Modellierung in der Autorenapplikation (Abbildung 37).

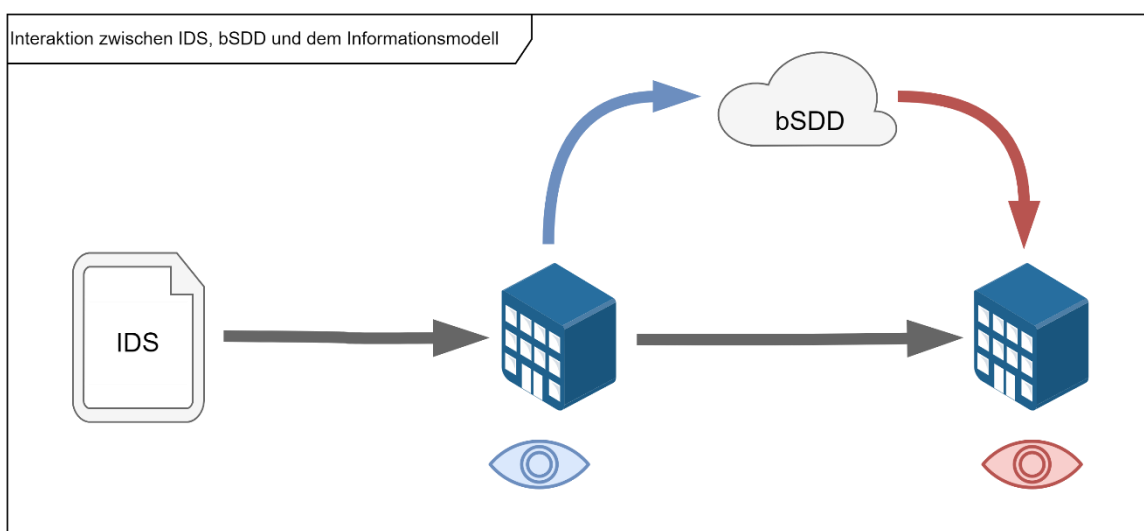


Abbildung 37: Schema zur Interaktion zwischen IDS und bSDD

Die optimale Interaktion zwischen IDS und bSDD gemäss Abbildung 37 wird erzielt, indem der Informationsbestellende regelbasiert, das erforderliche Klassifikationssystem als «Requirements» auf die von ihm definierte «Applicability» fordert (Abbildung 38, blaue Pfeile). Im Minimum ist das geforderte Klassifikationssystem anzugeben, es können jedoch ergänzend spezifisch erlaubte Klassifikationen als Restriktion angegeben werden. In beiden Fällen ist bei der Modellierung vordefiniert, nach welchen Klassifikationen die Objekte klassifiziert werden müssen (Sicht Rot). Durch die bestehenden Informationen eines Objektes (Sicht Blau) wird die mögliche Teilmenge der Klassifikationen (Sicht Rot) des jeweiligen Objektes weiter eingeschränkt. Denn die Semantik der unterschiedlichen, einem Objekt zugewiesenen Klassifikation dürfen sich nicht widersprechen. Der Modellierende wählt aus der Menge der zutreffenden Klassifikationen die fachlich korrekte Klassifikation aus. Damit wird das Minimum der Klassifikation übertragen. Sind der Klassifikation weitere, nicht modellierte Informationen assoziiert, werden diese übernommen (Abbildung 38, rote Pfeile). Diese implizierte Informationsmodellierung ermöglicht effizient und flexibel unterschiedliche Sichten zu modellieren.

Die Übernahme der Informationen aus der Klassifikation erlaubt es, Auswertungen in der jeweiligen Autorenanwendung sichtübergreifend durchzuführen und fördert das Verständnis der Informationsmodellierung. Die impliziten Informationen werden für die Informationsbereitstellung nicht exportiert, lediglich die Klassifikation am Objekt wird exportiert. Applikationen, welche die Informationsbereitstellung nutzen, werden die entsprechenden Informationen bereits strukturiert gespeichert haben oder können diese über das bSDD abrufen.

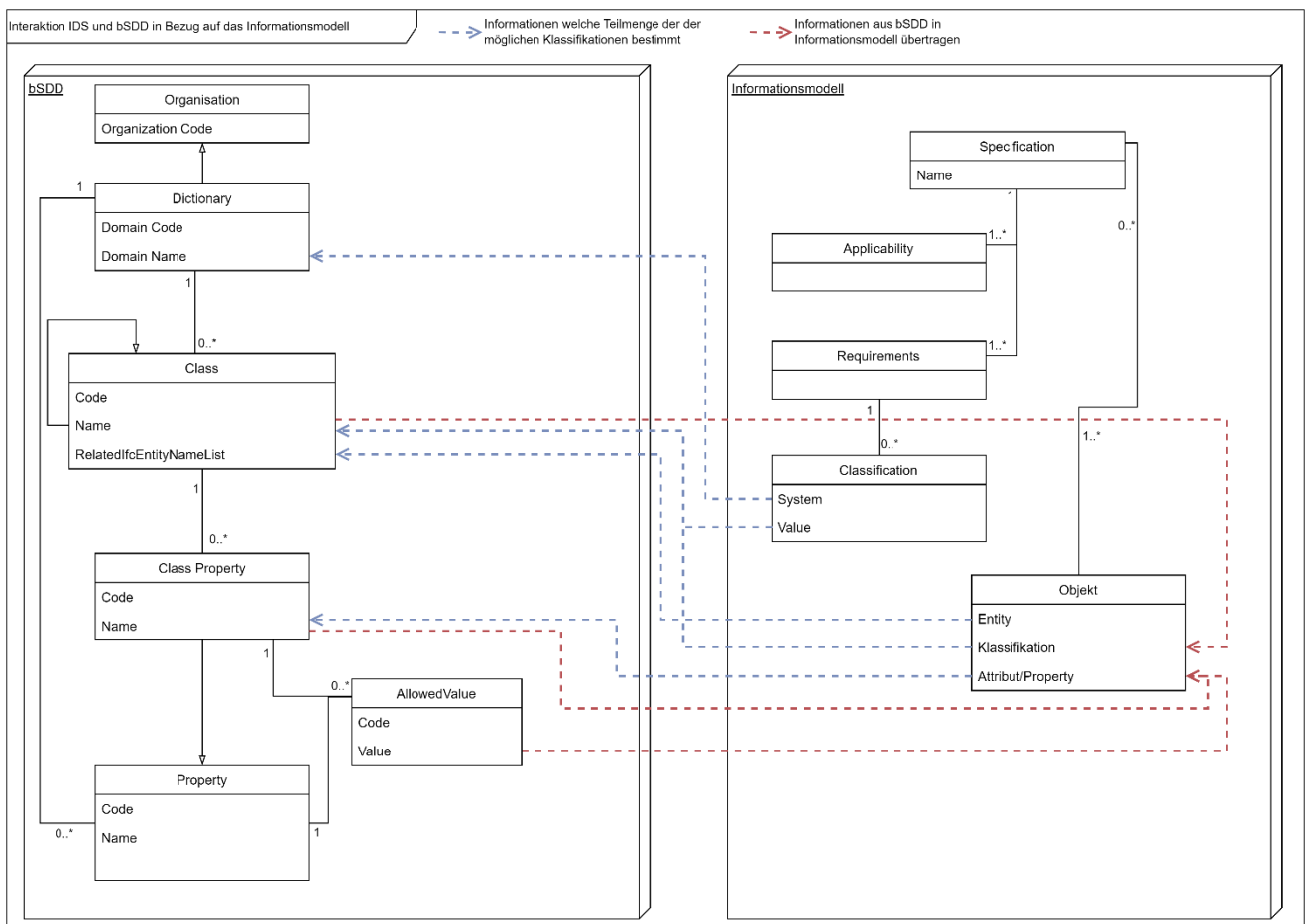


Abbildung 38: Interaktion IDS und bSDD in Bezug auf das Informationsmodell

9.3 Evaluation Erreichen der Erfolgsfaktoren

In Kapitel 5.1 werden Kriterien und Erfolgsfaktoren ermittelt, welche das Informationssystem zum digital transformierten Informationsaustausch erfüllen muss. Im Folgenden wird das entworfene und in Kapitel 9.1 beschriebene Informationssystem mit der Interaktion von IDS und bSDD gemäss Kapitel 9.2 die definierten Kriterien und Erfolgsfaktoren gegenübergestellt.

*Tabelle 9: Bewertung des konzipierten Informationssystems nach den Erfolgsfaktoren
(1 Vollständig erreicht, 0.5 Teilweise erreicht, 0 Nicht erreicht)*

Erfolgsfaktoren	Bewertung	Bemerkung
Die Informationsanforderungen sind auf Basis der alltäglichen Arbeit und nach phasengerechter Detaillierung, sowie frühestmöglich, definiert und klar beschrieben.	1	Die Informationsanforderung wird auf Basis der benötigten bestehenden Struktur und des Informationsbestandes beschrieben. Zeitpunkte zur Informationsbereitstellung können definiert werden. Informationsanforderung und dazugehörige Bereitstellungs- und Annahmeprozesse sind aufeinander abgestimmt. Die CAFM-Applikation bildet den Informationsumfang für die Erfüllung der täglichen Arbeit ab. Teil dieses Informationsbedürfnisses ist die Informationsbestellung an das Projekt. Umfang AIR ist von Beginn an bekannt und kann beschrieben werden. OIR und PIR über Unterstützung von Standards ebenfalls frühestmöglich bekannt. Prozess fordert Austausch mit Ausschreibung an den federführenden Informationsbereitsteller*die federführende Informationsbereitstellerin.
Es besteht eine Interoperabilität und die Verwendung einer standardisierten Terminologie und Taxonomie unter den Akteuren und Akteurinnen.	1	Interoperabilität, Austausch basierend auf Standards und offenen Formaten sowie möglicher Nutzen bestehender Strukturen der Applikationen durch Mapping. Beschrieb der Informationsanforderung nach Standard des IDS-Schemas und Austausch im offenen XML-Format. Beschrieb der Informationsbereitstellung nach Standard des IFC-Schemas und Austausch in den offenen Formaten.
Es findet ein regelmässiger, automatischer, elektronischer Informationsaustausch statt.	1	Die Informationsanforderung wird phasengerecht beschrieben und dementsprechend zur Validierung hinterlegt. Beim Export kann Phasengerecht exportiert werden. Durch die Beschreibung der Informationsanforderung im Format XML sind diese Maschinen interpretierbar und können für die Bereitstellung genutzt werden.
Die Rollenzuteilung und Verantwortlichkeiten im Informationsaustausch sind klar definiert.	1	Nach IM-Prozess klar definierte Rollen und Verantwortung/Aufgaben.

Es werden klar definierte und standardisierte Prozesse des Informationsaustausches, zur Sicherstellung der Informationsqualität, angewendet.	1	Basis bildet die anerkannte Norm SN EN ISO 19650.
Zusammenstellung	5	/5

Neben den Erfolgsfaktoren wird in Kapitel 5.1 auf deren Zusammenhang mit den Kriterien der Informationsqualität von Wang und Strong eingegangen. Die Validierung erfolgt deshalb auch gegen die Kriterien der Informationsqualität in Anlehnung an Rohweder et al. 2008, S 28. ff. und Wang und Strong 1996, S. 20 zitiert nach Strong (Krcmar, 2015, tbl. 5.5) Die die intrinsischen Kriterien (Verlässlichkeit, Fehlerfreiheit, Objektivität und Glaubwürdigkeit) in Anlehnung an Rohweder et al. 2008. S. 29 zitiert nach (Krcmar, 2015, tbl. 5.5) liegen ausserhalb des Einflussbereichs der Fragestellung und werden bei der Bewertung als nicht anwendbar (n.a) ausgewiesen.

Tabelle 10: Bewertung des konzipierten Informationssystems nach den Kriterien der Informationsqualität (1 Vollständig erreicht, 0.5 Teilweise erreicht, 0 Nicht erreicht)

Kriterien der Informationsqualität Rohweder et al. 2008, S 28. ff. und Wang und Strong 1996, S. 20 zitiert nach Strong (Krcmar, 2015, tbl. 5.5)	Bewertung	Bemerkung
Zugänglichkeit -> Sind die Informationen für die Informationsanforderung zugänglich bzw. sind die Informationen der Informationslieferung zugänglich?	1	Die Informationsanforderung beschreiben den Umfang einer konkreten Informationsbereitstellung. Die Informationsanforderung sowie die Informationsbereitstellung wird in offenen Formaten ausgetauscht und über gemeinsam genutzte Plattformen bereitgestellt (CDE).
Angemessener Umfang -> Können genau die Informationen gefordert werden, welche benötigt werden?	1	Es werden nur die Informationen bestellt, welche einem definierten Zweck/Anwendungsfall entstammen. Die Informationsbereitstellung basiert auf diesen Anforderungen, somit werden nur geforderte Informationen bereitgestellt.
Glaubwürdigkeit -> Sind die Informationen der Informationslieferung glaubwürdig?	n.a	
Vollständigkeit -> Sind die Informationen vollständig und zu den festgelegten Zeitpunkten verfügbar?	1	Aufgrund der Prüfmechanismen durch den Bereitstellenden und den Bestellenden kann sichergestellt werden, dass die Informationslieferung vollständig, hinsichtlich der Bestellung, erfolgt.

<p>Übersichtlichkeit</p> <p>-> Werden nur genau die benötigten Informationen geliefert?</p>	1	<p>Bei der Informationsmodellierung werden die zu bearbeitenden Daten bzw. Datenfelder passend auf die Informationsbestellung dargestellt, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten.</p> <p>Die Informationsbestellung bezieht sich genau auf die zu liefernden Informationen. Der Informationsaustausch erfolgt bezogen auf eine Informationsbestellung.</p>
<p>Einheitliche Darstellung</p> <p>-> Werden die Informationen fortlaufend auf dieselbe Art und Weise abgebildet?</p>	1	<p>Beschrieb der Informationsanforderung und der Informationsbereitstellung auf Basis des Standards des IFC-Schemas.</p>
<p>Bearbeitbarkeit</p> <p>-> Sind die Informationen leicht zu bearbeiten und unterschiedlich zu nutzen</p>	1	<p>Durch Unterstützung der Informationsmodellierung mit IDS können Informationen leicht auf Basis der Anforderung verändert werden. Durch das Mapping der Informationsanforderung auf die interne Struktur können mit einer Informationsquelle mehrere Bereitstellungen in unterschiedlicher Form erfolgen, ohne die Information doppelt pflegen zu müssen. Dadurch und durch die Anbindung an bSDD können das Modell bzw. die Informationen zu unterschiedlichen Zwecken mit unterschiedlichen Sichten verwendet werden.</p>
<p>Fehlerfreiheit</p> <p>-> Stimmen die Informationen mit der Realität überein?</p>	n.a	
<p>Eindeutigkeit</p> <p>-> Werden die Informationen in gleicher fachlicher und korrekter Art und Weise begriffen?</p>	0.5	<p>Betrifft das gleiche Verständnis einer Angabe des Informationsbestellenden und -bereitstellenden. Verwenden der Terminologie des IFC-Schemas mit Verweisen auf bSDD welche Beschreibungen liefert und den Einbezug der Felderklärungen in die Informationsbestellung in IDS.</p> <p>Aufgrund Bias und teilweise möglicher mehrfach Zuweisungen von Informationen auf das IFC-Schema teilweise erreicht.</p>

Objektivität -> Können die Informationen streng sachlich und wertfrei modelliert werden?	n.a	
Relevanz -> Werden für den Informationsbestellenden relevante Informationen bereitgestellt?	1	Es werden nur relevante Informationen bereitgestellt, da die Informationslieferung basierend auf der Informationsbestellung erfolgt.
Verlässlichkeit -> Erfolgt die Informationsmodellierung und der Informationsaustausch vertrauenswürdig und kompetent?	n.a	
Aktualität -> Sind die gelieferten Informationen aktuell?	1	Die Informationsbestellung erfolgt auf Basis der Zielsysteme. Diese entsprechen dem aktuellen Stand. Durch die periodische Informationsbereitstellung zu festgelegten Zeitpunkten kann, die für die definierten Nutzen nötige Informationsaktualität gewährleistet werden.
Verständlichkeit -> Sind die Informationen für die Anwender verständlich?	0.5	Vgl. Eindeutigkeit
Wertschöpfung -> Sind die Informationen wertschöpfend?	1	Informationsbereitstellung basiert auf der Informationsanforderung, welche aus den, für die tägliche Arbeit zwingenden Informationen beschrieben wird.
Zusammenstellung	10	/15

10 Diskussion

In dieser Arbeit wird ein Informationssystem für die digitale Transformation des Informationsaustausches zwischen den Hauptphasen aufgezeigt, mit dem Grundgedanken, dass dieser ein massgebender Teil einer wirtschaftlichen Nutzung von BIM ist. Die in Kapitel 9 präsentierten Resultate werden in dem Kapitel 10.1 kritisch betrachtet und diskutiert. In dem Kapitel 10.2 werden die Grenzen des Entwurfes und der technischen Implementation aufgezeigt.

10.1 Interpretation der Resultate

Wie in Kapitel 9.3 aufgezeigt, erfüllt das entworfene Informationssystem bezüglich den Erfolgsfaktoren 5/5 Punkte und bezüglich der Informationsqualität 10/15 Punkte. Rein aus quantitativer Betrachtung lässt sich das beschriebene Informationssystem als zielführend einstufen. Die Anforderungen können abgedeckt und ein durchgängig digital transformierter Prozess kann aufgezeigt werden. Durch den differenzierten Einsatz und die geschickte Interaktion von IDS und bSDD kann im PoC ein hoher Automatisierungsgrad aufgezeigt werden.

Die Anwendbarkeit in der Praxis sowie die fachliche Sicht sind werden nur untergeordnet in der Bewertung berücksichtigt. In die Bewertung nach den Erfolgsfaktoren fehlt die Sicht der Modellierenden sowie des federführenden Informationsbereitstellenden. Obwohl durch die Nutzung des IM-Prozesses nach SN EN ISO 19650 eine möglichst gesamtheitliche Betrachtung angestrebt wird, sind lediglich Erfolgsfaktoren bezüglich des Informationsaustauschs zwischen den Hauptphasen berücksichtigt. Die unterschiedlichen Sichten sind beim Entwurf berücksichtigt, es fehlt der konkrete Einbezug und Validierung der Sicht der Aufgabenteams und Modellierenden aus der Praxis. Selbes gilt für die Aufteilung der EIR AN und EIR AG auf die Aufgabenteams durch den federführenden Informationsbereitsteller*die federführende Informationsbereitstellerin. Die Zuweisung der Informationsanforderung zu einem Lieferzeitpunkt und Informationsbereitstellenden ist bereits heute möglich. Diese Arbeit wird aktuell stark durch die BIM-Manager und beratenden Stellen geprägt.

Produkte wie der BIM-Profilserver, plannerly, BIMQ und Weitere, welche auf dem Markt an Sichtbarkeit und in den Projekten an Anwendung zunehmen, zeigen die Relevanz und den Bedarf dieser Thematik. Des Weiteren werden bereits heute Informationsanforderungen in Form von Tabellen beschrieben und verwaltet. Die Verwaltung der Informationsanforderungen bezüglich des Zeitpunkts und des Bereitstellenden ist damit keine neue Tätigkeit, lediglich das Medium ändert sich. Hingegen der Umgang mit Klassifikationen sowie die Möglichkeit eigene kontextbezogene Klassifikationen über bSDD bereitzustellen und zu fordern ist ein neuer Bereich.

Die Akzeptanz in der Praxis sowie der Wille, die Klassifikationen entsprechend mit Assoziationen aufzubereiten ist offen. Es ist in diesem Kontext auch nicht geklärt, ob aus fachlicher Sicht, Typen beschrieben und als Klasse publiziert werden können. Ob und wie weit es aus fachlicher Sicht möglich ist, standardisierte Informationsanforderung nach Anwendungsfall zu beschreiben, ist nicht klar. Die Datenfeldkataloge und die damit beschriebene Informationsanforderung sind in der Praxis durch Individualität geprägt. Im Speziellen ist die aufgezeigte Interaktion zwischen IDS und bSDD massgebend von einer standardisierten Nutzung der Terminologie abhängig. Diese muss einerseits bei dem Mapping der Informationsanforderung in IDS streng berücksichtigt werden und andererseits müssen die auf bSDD publizierten Klassifikationen ebenfalls mit beschreibenden Properties nach dem IFC-Schema ergänzt und mit der entsprechenden Entität assoziiert werden. Selbst bei der konsequenten Benutzung des Standards des IFC-Schemas kann es mehrere korrekte Möglichkeiten zur Beschreibung von Informationen geben.

Aus den Expertengesprächen sowie den Erfolgsfaktoren zeigt sich des Weiteren keinen direkten Bedarf einer solchen Interaktion zur Abbildung von unterschiedlichen Sichten. Das kann durch die fehlende integrierte Betrachtung der Informationsanforderung des Auftragnehmers und Auftraggebers stammen. Die konkreten Gründe und Grenzen der integrierten Betrachtung der Informationsanforderung sind weiter zu untersuchen.

Die Erfolgsfaktoren, die Expertengespräche sowie die Auswertung des Informationssystems zeigen, dass die maschinelle Beschreibung der Informationsanforderung gefordert wird. Der PoC zeigt, dass das IDS-Schema für die Beschreibung der individuellen Informationsanforderungen und die standardisierte Informationsanforderungen genutzt und in allen definierten Applikationen importiert oder exportiert werden können. Ohne Einbezug von bSDD und den damit entfallenden Klassifikationen, müssen solche Strukturen mit IDS beschrieben werden. Aufgrund der Struktur von IDS führt die Beschreibung von typähnlichen Klassifikationen zu umfangreichen und schlecht menschenlesbaren Informationsforderungen. Dafür ist die Unterstützung durch einen Automatismus wichtig, um den Umfang korrekt abbilden zu können. Dies verstärkt die Relevanz, dass die Beschreibung der Informationsanforderung in der Applikation erfolgen muss, in welcher die geforderten Strukturen vorhanden sind und benötigt werden.

10.2 Grenzen der Integration

Die Integration von IDS und bSDD für den Austausch von Informationsanforderungen und Klassifizierungen basiert auf dem Mapping der Facetten und die Klassen von bSDD auf einer interne Datenstruktur. Die Interoperabilität in Bezug auf den Import von Informationsanforderungen ist von der Komplexität der Beschreibung abhängig, was sich insbesondere bei der Betrachtung des Importes von Standard-Informationsanforderungen in waveware zeigt. Infolge der aktuell bestehenden Struktur kann nur die Facette «Entity» mit einer weiteren Facette kombiniert importiert werden. Komplexere Informationsanforderungen können nicht abgebildet werden. Bezogen auf Applikationen zur Verwaltung von Informationsanforderung bedeutet dies, um die vollumfängliche Komplexität des IDS-Schemas beim Import und Export abbilden zu können, muss deren interne Beschreibung nahe dem IDS-Schema erfolgen.

Die Beschreibung der Informationsanforderung aus der Zielapplikation konnte durch die Umsetzung des PoC aufgezeigt werden. In diesem Umfang sind die im Anhang I aufgezeigten Kombinationen zur Beschreibung der Informationsanforderung umgesetzt. Die Beschreibung der restlichen Facetten und Restriktionen wird jedoch als möglich erachtet. Im Falle der untersuchten CAFM-Applikation bleibt die Einschränkung, dass die Anforderungen «Applicability» im Minimum auf die Facette «Entity» erfolgen muss, um den Import der Informationsbereitstellung ebenfalls abzudecken. Die Möglichkeit zur Definition der Optionalität kann durch die Ergänzung eines Steuerelementes für die Seite «Applicability» und «Requirements» (Tabelle 4) auf der Benutzeroberfläche erfolgen. Aufgrund der Erfahrung durch den PoC kann angenommen werden, dass die Beschreibung und Validierung der Informationsanforderung, mit oben genannter Einschränkung, vollumfänglich in die CAFM-Applikation waveware implementiert werden können.

Im Anhang I ist der im PoC umgesetzte Stand der Implementierung der Informationsanforderung in Revit ebenfalls abgebildet. Dabei wird lediglich von einem Import der Informationsanforderung, beschrieben mit IDS, ausgegangen. Dies, da die Autorenapplikation in der Regel keine bestehende Datenbasis aufweist, welche direkt genutzt werden kann, um die Informationsanforderung zu definieren. Der Ansatz, diese Anforderungen über eine Plattform zu definieren und die daraus exportierten Informationsanforderung beschrieben, mit IDS zur Konfiguration der Autorenapplikation zu nutzen, wird in diesem Kontext als praktikabler betrachtet.

Im Umfang des PoC ist eine Teilmenge des IDS-Schemas zur Nutzung in der Autorenapplikation umgesetzt. Mit Verwendung der Autorenapplikation Revit von Autodesk wird davon ausgegangen, dass eine vollumfängliche Implementierung aller Facetten möglich ist. Die initiale Konfiguration des Projektes auf Basis der Informationsanforderung wird nur für Beschreibungen nach 1. Ordnung möglich sein. Das Anlegen von neuen Parametern gemäss fortlaufend zutreffenden Informationsanforderungen, beschrieben nach 2. Ordnung, konnte im PoC nicht umgesetzt werden. Da jedoch Parameter initial automatisiert angelegt werden können, wird davon ausgegangen, dass dies bei entsprechender Programmierung und Verständnis der API ebenfalls während der Modellierung umgesetzt werden kann. Die Implementierung einer Auswahlliste bei vordefinierten Wertelisten in der nativen Benutzeroberfläche von Revit ist aktuell nicht möglich. Add-ins wie der AIA.Editor von Ekkodale (ekkodale, n.d.) lösen dieses Problem über die Bereitstellung einer eigenen Benutzeroberfläche.

Bezogen auf die Integration der Informationsanforderungen in die Autorenapplikation können die Grösse der Modelle und der Umfang der Informationsanforderungen einen limitierenden Faktor aus technischer Sicht bilden. Einerseits spielt die Übersichtlichkeit bei der Verwaltung von Informationsanforderungen eine wichtige Rolle und andererseits auch die Laufzeit bei der Unterstützung der alphanumerischen Informationsmodellierung. Im PoC ist die Skalierbarkeit nicht berücksichtigt und die Skripts sind nicht laufzeitoptimiert.

Heute erfolgt die Beschreibung der Informationsanforderung mit einer geringen Komplexität, gefordert auf einer Entität des IFC-Schemas oder einer eigenen Klassifizierung und den damit einhergehenden Properties. Die Implementierung der Informationsanforderung, beschrieben mit IDS, in das Informationssystem mit diesem Komplexitätsgrad konnte im PoC aufgezeigt werden. Die Qualität der Informationsbereitstellung und die Erreichung der Erfolgsfaktoren und Dimensionen der Informationsqualität wird durch spezifische Informationsanforderungen gesteigert. Während die AIR auf Basis des Informationsbestandes und der Zielstruktur spezifisch beschrieben werden können, hängt der Inhalt der Informationsanforderung OIR und PIR weiterhin von der fachlichen Definition der Anforderungen ab. Untersuchungen in diesem Bereich können zur Beschreibung von spezifischen Informationsanforderungen beitragen und so, das Erreichen der Erfolgsautoren weiter unterstützen.

11 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Nutzung von IDS zur Beschreibung von Informationsanforderung ist massgebend davon abhängig, ob der Standard durch buildingSMART genehmigt und so offiziell in der Version 1.0 publiziert wird. Ist das der Fall, kann IDS zur Beschreibung der digital transformierten Informationsanforderung in den Informationsaustausch zwischen den Hauptphasen eingesetzt werden. Die Auswertung des PoC zeigt die technische Umsetzbarkeit und den potenziellen Mehrwert dadurch, dass die Erfolgsfaktoren vollumfänglich unterstützt werden. Die Bereitstellung von Informationsanforderungen basierend auf den Informationsgrundlagen der Betriebsapplikation an die Modellierenden, hilft bei der Sicherung eines homogenen Informationsbestandes und der Informationsqualität. Dies nicht nur durch die Konfiguration und Mapping der Terminologie der Autorenapplikation, sondern auch durch die Bereitstellung der Wertebereiche des Bestandes. Die Abbildung von Typenstrukturen der Betriebsapplikation, namentlich der CAFM-Applikation, über Klassifikationen in der Autorensoftware ergänzt die Kommunikationsebene zwischen den Hauptphasen.

Obwohl der aufgezeigte Einbezug der Typenstrukturen über Klassifikationen in die Autorensoftware, es ermöglicht neben dem Objekttyp aus der Modellierung eine weitere Sicht zu integrieren, ist die Praxistauglichkeit offen. Die Interaktion zwischen IDS und bSDD wird wahrscheinlich aufgrund der Komplexität, fachlichen Unklarheiten und Schwierigkeiten des Mappings in der Praxis kurzfristig nicht eingesetzt. Der Einbezug von bSDD zur Publikation und zum Bezug von Klassifikationscodes ohne weitere fachliche Beschreibung bietet nur wenig Mehrwert. Inwieweit standardisierte Klassifikationen aus dem FM beschrieben werden können, ist offen. Es bedarf dahin gehend weiterer Untersuchungen, welche sich mit den fachlichen Aspekten der Beschreibung auseinandersetzen. Der Mehrwert von bSDD besteht wahrscheinlich kurzfristig primär durch die Bereitstellung des IFC-Schemas inklusive der Mehrsprachigkeit.

Die flexible und voneinander losgelöste Struktur der «Specifications», erlaubt die Anwendung im IM-Prozess nach SN EN ISO 19650. Durch unterschiedliche Akteure und Akteurinnen beschriebene Informationsanforderungen können dadurch frei aufgeteilt und neu zusammengestellt werden. Dafür sind unterstützende Komponente nötig, welche diese Verarbeitung nutzerfreundlich ermöglichen. Der Service bSDD bietet dazu bereits die Möglichkeit Entitäten und dazugehörige PropertySets zu beziehen und die Terminologie des IFC-Schemas und anderen Klassifikationen mehrsprachig abzubilden und so die Beschreibung der Informationsanforderung zu vereinfachen. Da die Validierung von Informationsbereitstellungen im IFC-Austauschformat bereits heute mit einfachen Mitteln gegen Informationsanforderungen in IDS erfolgen kann, ist die Beschreibung der Informationsanforderung der erste Ansatzpunkt zur Steigerung der Informationsqualität im Informationsaustausch.

Die Erreichung des digital transformierten Prozesses und der Erfolgsfaktoren, bedingt die feste Integration der Informationsanforderungen in den Informationsaustausch. Dies bedingt, dass Softwarehersteller bereit sind, zugunsten der Interoperabilität den Import und Export der offenen Formate anzubieten.

Zusammenfassend deutet die Untersuchung darauf hin, dass für die Beschreibung der Informationsanforderung zukünftig Plattformen anstelle von Excel-Tabellen genutzt werden und der Austausch der Informationsanforderung in einem maschineninterpretierbaren Format erfolgt. Im Kontext von open-BIM und Anforderungen an alphanumerische Informationen eignet sich dafür IDS ideal.

Literaturverzeichnis

- ACCA software, n.d. Architecture, Engineering and Construction industries | ACCA software [WWW Document]. URL <https://www.accasoftware.com/en/> (accessed 10.1.23).
- AEC3, n.d. BIMQ [WWW Document]. BIMQ. URL <https://www.bimq.de/> (accessed 9.8.23).
- Ashworth, S.J., 2020. The evolution of Facility Management (FM) in the Building Information Modelling (BIM) process : an opportunity to use Critical Success Factors (CSF) for optimising built assets (Ph.D. Dissertation). Liverpool John Moores University.
- Autodesk Inc., 2024. Autodesk Revit, Getting Started [WWW Document]. URL https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/ESP/?guid=Revit_API_Revit_API_Developers_Guide_Introduction_Getting_Started_html (accessed 4.29.24).
- Autodesk Inc., 2021. Revit IFC-Handbuch 2.0 [WWW Document]. URL https://static.au-uw2-prd.autodesk.com/Class_Handout_AS500413_ClassHandoutAS500413SecerbegovicAU2021.pdf (accessed 6.30.23).
- Bauwerks-Informations-Modelle - Informations-Lieferungs-Handbuch - Teil 1: Methodik und Format (ISO 29481-1:2016)*, 2017.
- Benghi, C., Drogemuller, P.R., Omrani, D.S., Pennavaire, C., 2024. *IDS Validation phase Report*.
- BIM Base B.V., 2023. BIM.works [WWW Document]. URL <https://bim.works/> (accessed 10.1.23).
- BIM-Abwicklungsmodell, Verständigung*, Bauen Digital Schweiz, 2022.
- Blenderbim.org, n.d. BlenderBIM Add-on - beautiful, detailed, and data-rich OpenBIM [WWW Document]. URL <https://blenderbim.org/> (accessed 11.14.22).
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), 2021. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, 2.*, aktualisierte Auflage. ed, VDI-Buch. Springer Vieweg, Wiesbaden [Heidelberg].
- Building Information Modelling - Level of Information Need - Part 1: Concepts and principles*, 2020.
- Building Information Modelling (BIM) - Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode*, 2017.
- Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework (ISO 29481- 2:2012)*, 2016.
- buildingSMART International, 2024a. Introduction - IFC4.3.2.0 Documentation [WWW Document]. URL https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/ (accessed 5.20.24).
- buildingSMART International, 2024b. bSDD Json import model [WWW Document]. GitHub. URL <https://github.com/buildingSMART/bSDD/blob/master/Documentation/bSDD%20JSON%20import%20model.md> (accessed 5.4.24).
- buildingSMART International, 2024c. buildingSMART Data Dictionary [WWW Document]. URL <https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/#what-is-the-bSDD> (accessed 4.25.24).
- buildingSMART International, 2022. Information Delivery Specification [WWW Document]. GitHub. URL <https://github.com/buildingSMART/IDS/Documentation> (accessed 6.10.22).
- buildingSMART International, 2020. openBIM [WWW Document]. URL <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> (accessed 5.3.24).
- buildingSMART International, n.d. *Information Delivery Manual (IDM)*. Information Delivery Manual (IDM). URL <https://technical.buildingsmart.org/standards/information-delivery-manual/>
- buildingSMART International, n.d. bSDD.Management [WWW Document]. URL <https://manage.bsdd.buildingsmart.org/> (accessed 5.10.24b).
- Claudio Benghi, n.d. Xids - Information delivery specifications for construction [WWW Document]. URL <http://www.xbim.it/xids> (accessed 9.29.23).
- CRB, FHNW, n.d. bim-profil-server [WWW Document]. URL <https://www.bim-profil-server.crb.ch/projects/list> (accessed 11.15.22).

- DigiBase-VokerWessels, 2022. SketchUp-bsDD-plugin: Buildingsmart Data Dictionary Sketchup plugin [WWW Document]. URL <https://github.com/DigiBase-VolkerWessels/SketchUp-bsDD-plugin/tree/master> (accessed 9.7.23).
- Dixit, M.K., Venkatraj, V., Ostadalimakhmalbaf, M., Pariafsai, F., Lavy, S., 2019. *Integration of facility management and building information modeling (BIM): A review of key issues and challenges*. F 37, 455–483. <https://doi.org/10.1108/F-03-2018-0043>
- Eichler, C.C., Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., 2023. *BIMcert Handbuch, Grundlagenwissen openBIM, buildingSMART Austria*.
- eirannejad, n.d. pyRevit: Rapid Application Development (RAD) Environment for Autodesk Revit® [WWW Document]. GitHub. URL <https://github.com/eirannejad/pyRevit> (accessed 4.29.24).
- ekkodale, n.d. AIA.Editor [WWW Document]. URL <https://tools.ekkodale.com/aiaeditor> (accessed 5.10.24).
- Gui Talarico, n.d. Revit API Docs [WWW Document]. URL <https://www.revitapidocs.com/> (accessed 5.23.24).
- Krcmar, H., 2015. *Informationsmanagement*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45863-1>
- LIBAL® Deutschland GmbH, n.d. LIBAL – Digital Bauen und Betreiben [WWW Document]. URL <https://www.libal-tech.de/> (accessed 9.7.23).
- Loy & Hutz, n.d. wave Facilities, CAFM-Software [WWW Document]. wave Facilities. URL <https://www.loy-hutz.de/facility-management-cafm-software/> (accessed 6.2.23).
- Matarneh, S.T., 2019. *Building information modeling for facilities management_ A literature review and future research directions*. Journal of Building Engineering.
- Matarneh, S.T., Danso-Amoako, M., Al-Bizri, S., Gaterell, M., Matarneh, R.T., 2019. *BIM for FM: Developing information requirements to support facilities management systems*. F 38, 378–394. <https://doi.org/10.1108/F-07-2018-0084>
- May, M., Krämer, M., Schlundt, M. (Eds.), 2022. *BIM im Immobilienbetrieb: Anwendung, Implementierung, Digitalisierungstrends und Fallstudien*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36266-9>
- Organisation von Daten zu Bauwerken Informationsmanagement mit BIM - Teil 1: Konzepte und Grundsätze (ISO 19650-1:2018)*, 2018.
- Organisation von Daten zu Bauwerken Informationsmanagement mit BIM Teil 2: Lieferphase der Assets (ISO 19650-2:2018)*, 2018.
- plannerly, 2019. The BIM Management Platform, BIM Planing, MOdel Checking + ISO 19650 Compliance [WWW Document]. The BIM Management Platform. URL <https://plannerly.com/> (accessed 9.26.23).
- Pouriya Parsanezhad, Dimyadi, J., 2014. *Effective Facility Management and Operations via a BIM-based Integrated Information System*, Unpublished. <https://doi.org/10.13140/2.1.2298.9764>
- Raoul Müller, Marc Pancera, Adrian Wildenauer, Thomas Stadelmann, 2024. *BIM-Abwicklungsmodell, Modell für die Abwicklung des Informationsmanagements über den Lebenszyklus von Bauwerken gemäss Normenreihe SN EN ISO 19650*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.
- Schildknecht, L., 2022. *Informationsmanagement - Reader zum Thema Informationsmanagement des Moduls Informationssysteme im Studiengang MSc FHNW VDC*, Fachhochschule Nordwestschweiz.
- Teicholz, P.M., IFMA Foundation (Eds.), 2013. *BIM for facility managers*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- Tomczak, A., Berlo, L.V., Krijnen, T., Borrmann, A., Bolpagni, M., 2022. *A review of methods to specify information requirements in digital construction projects*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1101, 092024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/9/092024>
- Yalcinkaya, M., Singh, V., 2014. *Building Information Modeling (BIM) for Facilities Management – Literature Review and Future Needs*, Springer Berlin Heidelberg, in: Fukuda, S., Bernard, A., Gurumoorthy, B., Bouras, A. (Eds.), *Product Lifecycle Management for a Global Market*, IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 1–10. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45937-9_1

Anhang A Zusammenstellung der Literaturrecherche

Query	Datenbank	Filter	Bemerkung
Query 1			
("Information Delivery Specifications")	Swisscovery plus	Keine	09.08.2023 -> 26 Ergebnisse -> 2 in Zotero
	Scopus	Keine	09.08.2023 -> 4 Ergebnisse - > 2 in Zotero, 1 doppelt
Query 2			
("bSDD" OR "buildingSMART Data Dictionary")	Scopus	Nur im Titel	01.09.2023 -> 1 Ergebnis -> kein in Zotero da doppelt
	Swisscovery plus	keine	01.09.2023 -> 7 Ergebnisse - > keine in Zotero da doppelt
Query 3			
("BIM2FM" OR "BIM4FM" OR ("BIM" AND (FM OR "Facilities Management" OR "Facility Managers")) OR "BIM for FM" OR "Construction handover" OR " Construction-operations building information exchange"))	Swisscovery plus	Online verfügbar	07.09.2023 -> 94 Ergebnisse -> 10 in Zotero
	Scopus	Keine	07.09.2023 -> 1 Ergebnis -> kein in Zotero da doppelt
Query 4			
(("Qualitätssteigerung" OR "IDS" OR "Information delivery specificaiton" OR "Information delivery manual") AND ("BIM2FM" OR ("BIM" AND (FM OR "facilities management") OR "BIM for FM" OR "Construction handover" OR " Construction operations building information exchange"))	Swisscovery plus	Keine	13.10.2023 -> 12 Ergebnisse -> 4 in Zotero
	Scopus	keine	13.10.2023 -> 12 Ergebnisse -> 1 doppelt

Anhang B Erfolgsfaktoren aus der Literaturrecherche je Quelle

Quelle	Erfolgsfaktoren
A review of methods to specify information Requirements in digital construction projects (Tomczak et al., 2022)	Projektvereinbarungen und die zu erbringenden Leistungen sollen klar definiert sein.
BIM for FM: Developing information Requirements to support facilities management systems (Matarneh et al., 2019)	Interoperabilität: Informationsübernahme ohne mehrfache manuelle Eingabe von Informationen Einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren für die BIM-Implementierung im FM ist die Ermittlung der erforderlichen Daten für die tägliche Arbeit. Identifizierung von nicht-geometrischen BIM-Informationsanforderungen zur Unterstützung einer erfolgreichen Implementierung von BIM im FM
Building Information Modelling (BIM) for Facilities Management – Literature Review and Future Needs (Yalcinkaya & Singh, 2014)	Identifizierung der wichtigsten Anforderungen Kommunikation der Anforderungen zu dem frühestmöglichen Zeitpunkt Interoperabilität Automatische elektronische Informationslieferung Klare Rollenzuteilung, Verantwortlichkeit und Kollaborationsanforderungen für klaren Informationsaustausch
Building information modelling for facilities management_ A literature review and future research directions (Matarneh, 2019)	Softwareinteroperabilität Interoperabilität FM und BIM Nahtloser Informationsaustausch zwischen unterschiedlichen BIM und FM-Systemen ein ganzheitlicher Leitfaden, der alle für einen effizienten Betrieb erforderlichen FM-Informationen für alle Systeme und Gebäudetypen enthält ein klar definierter Prozess für die Informationsqualität, der gewährleistet, dass die Bedürfnisse des Eigentümers/FM in den BIM-Modellen sorgfältig berücksichtigt werden eine Reihe standardisierter praktischer Prozesse zur Integration verschiedener Informationsquellen im Zusammenhang mit Aufgaben des Instandhaltungsmanagements und des Arbeitsschutzmanagements, um eine umfangreiche semantische Datenbank zur Unterstützung von FM-Systemen zu schaffen ein standardisiertes Verfahren für Rückkopplungsschleifen zwischen Betriebs- und Planungsphasen, um ein umfassendes tatsächliches Feedback zur Unterstützung einer effizienten Anlagenplanung zu erhalten mehr Fallstudien aus der Praxis, um den aktuellen Stand der BIM-Implementierung im FM zu untersuchen
Effective Facility Management and Operations via a BIM-based Integrated Information System (Pouriya Parsanezhad & Dimyadi, 2014)	Interoperabilität Standardisierte Terminologie und Taxonomie über alle Akteure und Akteurinnen Akkurat definierte und beschriebene Informationsanforderungen mit bestimmter Detaillierung

<p>Integration of facility management and building information modeling (BIM): A review of key issues and challenges (Dixit et al., 2019)</p>	<p>Informationsmodell des Projekts (Designphase) muss durch FM-Daten angereichert werden Interoperabilität zwischen BIM und FM Software Klar beschriebene Informationsanforderungen Klare Zuteilung von Rollen und Verantwortlichkeiten Kompetenzen mit BIM und BIM Autorenwerkzeuge Standardisierte Arbeitsprozesse und Strukturen Informationsaustausch unter den Akteuren und Akteurinnen Qualitätssicherung der BIM Daten Regelmässige Informationslieferungen von der Projektphase an den Betrieb Reduktion der Informationslieferung auf rein essenziellen teil</p>
---	---

Anhang C Erfolgsfaktoren und Kriterien der Informationsqualität

Erfolgsfaktoren	Verweis auf die Kriterien der Informationsqualität Rohweder et al. 2008, S 28. ff. und Wang und Strong 1996, S. 20 zitiert nach Strong (Krcmar, 2015, tbl. 5.5)
Die Informationsanforderungen sind auf Basis der alltäglichen Arbeit und nach phasengerechter Detaillierung, sowie frühestmöglich, definiert und klar beschrieben.	Die Informationen müssen zu gegebenem Zeitpunkt zugänglich sein (Dim Nr. 1) Aussicht FM Bedarf und Bereitstellung zugänglich Informationslieferung muss in angemessenem Umfang erfolgen (Dim Nr. 2) Informationslieferung muss vollständig sein (Dim Nr. 4) Inhalt der Informationslieferung muss relevant sein (Dim Nr. 11)
Es besteht eine Interoperabilität und die Verwendung einer standardisierten Terminologie und Taxonomie unter den Akteuren und Akteurinnen.	Bedarf nach einheitlicher Darstellung (Dim Nr. 6) Die Informationsbestellung sowie die Informationslieferung muss eindeutig sein (Dim Nr. 9) Informationslieferung muss zu der Wertschöpfung beitragen (Dim Nr. 15) Die Informationslieferung muss durch den Bestellen- den Verständlich sein (Dim Nr. 14)
Es findet ein regelmässiger, automatischer, elektronischer Informationsaustausch statt.	Inhalt der Informationslieferung muss relevant sein (Dim Nr. 11)
Die Rollenzuteilung und Verantwortlichkeiten im Informationsaustausch sind klar definiert.	Die Informationen müssen zu gegebenem Zeitpunkt zugänglich sein (Dim Nr. 1) Aussicht Bereitstellenden zugänglich
Es werden klar definierte und standardisierte Prozesse des Informationsaustausches, zur Sicherstellung der Informationsqualität, angewendet.	Teil der Data Governance, Es geht um die Maximierung der Datenqualität um zur Maximierung des Datenwertes

Anhang D Fragekatalog der Praxisprojekte

Praxisprojekt Kantonsspital Aarau

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der studentischen Arbeit «Integration der Informationsanforderungen in den Informationsaustausch mit Information Delivery Specification und buildingSMART Data Dictionary»

Studienverantwortung: Prof. Lukas Schildknecht

Kontaktinformation: lukas.schildknecht@fhnw.ch / +41 61 228 57 84

Studie durchgeführt durch: Sascha Hostettler

Kontaktinformation: sascha.hostettler@students.fhnw.ch

Informationen zur Studie

Im Rahmen meiner Masterthesis im Masterstudiengang Virtual Design and Construction (VDC) an der FHNW in Muttenz BL beschäftige ich mich mit den Möglichkeiten zur Integration der Information Delivery Specification (IDS) und dem online Dienst buildingSMART Data Dictionary (bSDD) vom Verein buildingSMART in den Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase.

Die IDS ist ein auf das Schema Industry Foundation Classes (IFC) abgestimmter Standard. Dieser dient zur Beschreibung und zum Austausch der Informationsanforderung in einem maschinenlesbaren Format. Das bSDD ist ein frei zugänglicher und auf offenen Standards basierender Datenstrukturserver. Dieser ermöglicht die Publikation von Klassifizierungssystemen und deren Verlinkung untereinander sowie auf das IFC-Schema.

Als Teil davon befasse ich mich mit den derzeit in der Praxis üblichen Informationssystemen für den Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase. Sie unterstützen mich mit Ihrer Expertise und Erfahrung auf diesem Gebiet im Kontext des Praxisprojektes KSA.

Teilnahme

Ihre Teilnahme an der Studie beinhaltet den fachlichen Austausch sowie die Vervollständigung des daraus resultierenden Fragekatalogs.

Rücktritt von der Teilnahme oder Widerruf der Einwilligung

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie haben jederzeit das Recht von der Teilnahme an der Studie zurückzutreten, ohne dafür einen Grund anzugeben. Sie haben ebenfalls das Recht, Ihre Einwilligung zu widerrufen, und Ihre personenbezogenen Daten löschen zu lassen.

Datenschutz, Vertraulichkeit und zukünftige Nutzung

Die im Rahmen der Studie gesammelten Daten werden nur für diese Studie genutzt. Ihr Name oder andere Informationen zu Ihrer Identität werden vertraulich behandelt, nicht publiziert und nicht an Dritte weitergegeben. Ihr Beitrag wird in anonymisierter oder pseudonymisierter Form sicher aufbewahrt und wird nach Abschluss der Studie

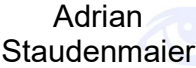

gelöscht, es sei denn die Daten sind im Rahmen eines Forschungsprojektes entstanden, wo sie mit der gleichen Vertraulichkeit behandelt werden.

Einverständnis

Ich habe die Informationen in dieser Erklärung gelesen und verstanden. Mir wurde die Möglichkeit eingeräumt, Fragen zur Studie zu stellen und diese wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich gebe mein Einverständnis, an dieser Studie teilzunehmen und gebe meine Erlaubnis für die Aufbewahrung und Verwendung meiner im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten.

Unterschriften

Name der teilnehmenden Person Adrian Staudenmaier	Unterschrift  Adrian Staudenmaier <small>Digital signiert von Adrian Staudenmaier DN: cn=Adrian Staudenmaier, c=CH, o=Privat, ou=Grätzlistrass 37, 8152 Opfikon, email=adrian@staudenmaier.ch Grund: Ich stimme dem Dokument zu Ort: Zürich Datum: 2024.03.30 17:12:31 +01'00'</small>	Datum
Einverständnis eingeholt von Sascha Hostettler	Unterschrift  S. Hostettler	Datum 29.03.2024

Projektspezifische Fragen zum Informationssystem zwischen dem Projekt und dem Betrieb schwergewichtig bezogen auf die Informationsbestellung.

Übergeordnet

- Welche Applikationen werden im Zuge der Informationslieferung aus der Projektphase beliefert?
 - Die CAFM-Applikation waveware
 - Die CDE des Bauherren Libal
 - Die CMDB-Applikation ServiceNow
 - Ggf. auch das Gebäudeleitsystem
 - o Das GLS und SLS werden mit dem Neubau zusammen geliefert, insofern zu dieser Frage nein.
- Aus welcher Applikation stammen die Ursprungsdaten (Revit, big, dRufus)?
 - Die Modellierung und Pflege der Informationen erfolgt in der jeweiligen Autorensoftware der Planenden.
 - Der TU liefert für jedes Gewerk (teilweise pro Stockwerk) BIM Modelle im ifc Format. Diese werden in die CDE Libal importiert und mit weiteren Informationen (Attribute und Dokumente) aufdatiert. Libal ist die Single Point of Truth für alle Daten die der TU aufbereitete und an das KSA übergibt.
 - Aktuell wird big als Zwischenlösung genutzt, bis Libal vollständig bereit steht.
- Welchen Mehrwert wird durch das Einbinden eines CDE zwischen dem nativen Modell / Quellinformationen und dem CAFM angestrebt?
 - Das CDE von Libal ermöglicht es jede Informationslieferung gegen die zuvor gestellte Informationsanforderung zu validieren und dem Bereitstellenden direkt eine Rückmeldung mit allfälligen Korrekturen auszugeben.
 - Das CDE von Libal folgt der SN EN ISO 19650 und ermöglicht dadurch einen strukturierten Kontroll- und Freigabeprozess.
 - Die CDE ermöglicht die weitere Attribuierung von Objekten nach Datenfeldkatalog, da die nativen Modelle nicht alle Informationen enthalten. Dadurch werden die Modelle nicht unnötig überladen, der Bearbeitungsaufwand sinkt.
 - Die CDE ermöglicht das strukturierte hochladen von Dokumenten zu Objekten (Typen) und stellt so die Informationsanforderung auch auf dieser Ebene sicher.

- Die CDE ermöglicht allen Beteiligten den Fortschritt aller IDT's laufend einzusehen und korrigierend einzuwirken, falls nötig
- Welches sind die massgebendsten Erfolgsfaktoren für das Gelingen eines durchgängigen Informationsaustausches zwischen der Projektphase und der Betriebsphase
 - Klare Definition der Anforderungen – gegenseitig, idealerweise in der SIA Phase 3 oder früher.
 - Dedizierte Personen die sich sowohl im Projekt, wie auch auf der Betriebsseite auf Augenhöhe austauschen können
 - Weniger ist Mehr: Speziell im Datenfeldkatalog braucht es eine gute Iteration, bis klar ist, was tatsächlich benötigt wird.
 - Klare Abtrennen was zwingend im Modell gepflegt werden muss und was «nur» in der CDE gepflegt werden soll.
 - Sämtliche Ausschreibungen für Planende und Ausführende müssen klar definieren, welche Informationen wie und wann bereitgestellt werden müssen

Informationsanforderung

- In welcher Form erfolgt die Informationsbestellung an die Modellierenden?
 - Die Erarbeitung der Informationsanforderung zwischen TU und KSA erfolgt in einem Datenfeldkatalog als Excel (initial Access Datenbank). Die Informationsanforderungen werden für die Verteilung und Prüfung im CDE abgebildet.
 - Erfolgt eine Zustellung des Datenfeldkataloges oder IDS an die Modellierenden? Das kann ich nicht beantworten, ist Hoheit des TU: Ich gehe jedoch davon aus, dass die Unternehmer und Planenden auf Excel Basis informiert wurden, da die CDE erst im Aufbau ist.
- Wurden Use Cases aus dem Betrieb erarbeitet, aus welchen die Informationsanforderung abgeleitet wurde?
 - Der Datenfeldkatalog ist auf Basis von Use Cases des Betriebs entstanden. Die Use Case sind in verschiedenen Workshops zwischen dem Betrieb und dem Beratungsteam erarbeitet worden.
 - In einem zweiten Schritt wurden die Informationsanforderungen mit dem TU iteriert und weiter verfeinert worden. Dabei wurde auf einer Kosten-Nutzen Basis die Attribute reduziert.
- Erfolgte die Zustellung der Informationsanforderung fachbereichsbezogen?

Fragen zum Informationsmanagement Praxisprojekt KSA

- Auf dem CDE wird jedem zu lieferndem Modell und Typ bzw. einem Platzhalter dafür eine Informationsanforderung hinterlegt. Bei der effektiven Modelllieferung erfolgt die Prüfung der Informationslieferung gegen die zuvor definierten Informationsanforderungen.
- Erfolgte für die Planung und Ausführung ebenfalls eine Zusammenstellung der Informationsanforderungen, wie wurden diese Erarbeitet und Beschrieben?
 - Für die Planung kamen die Software gestützten Anforderungen über die CDE zu einem sehr späten Zeitpunkt ins Projekt (Ausführungsphase). Die Ausführenden hingegen erhalten wie in der letzten Frage beschrieben die Informationsanforderungen über die CDE.

Informationsübernahme Projektphase in die Betriebsphase

- Wie erfolgt der Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase?
 - Da der TU sozusagen in die CDE des Bauherren arbeitet, wird am Ende die komplette CDE übergeben. Diese dient dann verschiedenen Applikationen als Datenquelle.
 - Das CAFM wird die Daten über eine REST API Schnittstelle beziehen und wo nötig auch wieder auf der CDE aktualisieren. Sodass die CDE als Single Point of Truth erhalten bleibt.
 - Die nativen Modelle, wie auch die IFC Exporte stehen auf der CDE zur Verfügung und können für Umbauprojekte von da bezogen werden.
 - Bei jeder baulichen Änderung, müssen die Daten der CDE aktualisiert werden, so dass die Umsysteme die aktualisierten Daten wieder beziehen können.
 - Offen ist aktuell, welche Daten in der CDE und welche im CAFM geführt werden und in welchem Umfang ein Abgleich (Synchronisation) stattfinden soll.
- Wie erfolgt die Qualitätsprüfung der gelieferten Informationen und wie hoch ist dabei der Automatisierungsgrad?
 - Bei dem Upload der Modelle auf CDE erfolgt eine direkte Qualitätskontrolle (Phasengerecht nach SIA Phasen). Dabei werden die Modelle gegen die zuvor definierten Informationsanforderungen validiert. Im Anschluss erhält der Informationsliefernde ein Protokoll mit allfälligen Fehlern.

- Daten die in der CDE gepflegt werden müssen (zusätzliche Attribute, Dokumente) kann der Liefernde im Anschluss an einen Modellupload in der CDE bearbeiten und ergänzen.
- Sobald der Liefernde seine Liefertasks abgeschlossen hat, erfolgt ein Freigabeworkflow. Dabei ist folgendes Freigabe-Prinzip angedacht
Liefernder (Gewerk) -> Planer (Gewerk) -> TU (Gesamtverantwortung) -> KSA Fachstelle
- In welcher Applikation erfolgt die Korrektur von fehlerhaften Informationen (bezogen auf die Qualitätsprüfung)?
 - Modellbezogene Korrekturen müssen in der Autorensoftware korrigiert werden und dann über eine IFC Export wieder der CDE zugeführt werden.
 - Alle weiteren Informationslieferungen, somit auch die Korrekturen) erfolgen direkt in der CDE.
- Inwiefern wurde die SN EN ISO 19650 -1 / -2 für den Informationsmanagementprozess berücksichtigt?
 - Die CDE Libal hält sich streng an die Vorgaben der 19650er Reihe. Auch das neue Abwicklungsmodell wird berücksichtigt und laufend aktualisiert.

Informationsmanagement in der Betriebsphase

- Wo werden die betriebsrelevanten Schlüsselinformationen während der Betriebsphase gepflegt und nachgeführt (CAFM, CDE, Revit)?
 - siehe auch «Wie erfolgt der Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase»
 - Für den Betrieb wird mit dem CAFM waveware gearbeitet. Die Informationen im CAFM können jedoch teilweise aus der CDE stammen – Details dazu werden im kommenden Jahr definiert.
 - Sämtliche relevanten Informationen müssen auf der CDE und den nativen Modellen nachgeführt werden. Nur so können Umbauprojekte sinnvoll realisiert werden. Wie dies möglichst automatisiert gemacht werden kann, ist aktuell noch unklar.

Datenschutzerklärung

Dürfen die durch den Fragenkatalog gesammelten Informationen in der Masterarbeit verwendet werden?

Ja

Fragen zum Informationsmanagement Praxisprojekt KSA

Praxisprojekt Luzerner Kantonspital

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der studentischen Arbeit «Integration der Informationsanforderungen in den Informationsaustausch mit Information Delivery Specification und buildingSMART Data Dictionary»

Studienverantwortung: Prof. Lukas Schildknecht

Kontaktinformation: lukas.schildknecht@fhnw.ch / +41 61 228 57 84

Studie durchgeführt durch: Sascha Hostettler

Kontaktinformation: sascha.hostettler@students.fhnw.ch

Informationen zur Studie

Im Rahmen meiner Masterthesis im Masterstudiengang Virtual Design and Construction (VDC) an der FHNW in Muttenz BL beschäftige ich mich mit den Möglichkeiten zur Integration der Information Delivery Specification (IDS) und dem online Dienst buildingSMART Data Dictionary (bSDD) vom Verein buildingSMART in den Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase.

Die IDS ist ein auf das Schema Industry Foundation Classes (IFC) abgestimmter Standard. Dieser dient zur Beschreibung und zum Austausch der Informationsanforderung in einem maschinenlesbaren Format. Das bSDD ist ein frei zugänglicher und auf offenen Standards basierender Datenstrukturserver. Dieser ermöglicht die Publikation von Klassifizierungssystemen und deren Verlinkung untereinander sowie auf das IFC-Schema.

Als Teil davon befasse ich mich mit den derzeit in der Praxis üblichen Informationssystemen für den Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase. Sie unterstützen mich mit Ihrer Expertise und Erfahrung auf diesem Gebiet im Kontext des Praxisprojektes LUKS.

Teilnahme

Ihre Teilnahme an der Studie beinhaltet den fachlichen Austausch sowie die Vervollständigung des daraus resultierenden Fragekatalogs.

Rücktritt von der Teilnahme oder Widerruf der Einwilligung

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie haben jederzeit das Recht von der Teilnahme an der Studie zurückzutreten, ohne dafür einen Grund anzugeben. Sie haben ebenfalls das Recht, Ihre Einwilligung zu widerrufen, und Ihre personenbezogenen Daten löschen zu lassen.

Datenschutz, Vertraulichkeit und zukünftige Nutzung

Die im Rahmen der Studie gesammelten Daten werden nur für diese Studie genutzt. Ihr Name oder andere Informationen zu Ihrer Identität werden vertraulich behandelt, nicht publiziert und nicht an Dritte weitergegeben. Ihr Beitrag wird in anonymisierter oder pseudonymisierter Form sicher aufbewahrt und wird nach Abschluss der Studie

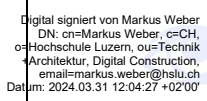

gelöscht, es sei denn die Daten sind im Rahmen eines Forschungsprojektes entstanden, wo sie mit der gleichen Vertraulichkeit behandelt werden.

Einverständnis

Ich habe die Informationen in dieser Erklärung gelesen und verstanden. Mir wurde die Möglichkeit eingeräumt, Fragen zur Studie zu stellen und diese wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich gebe mein Einverständnis, an dieser Studie teilzunehmen und gebe meine Erlaubnis für die Aufbewahrung und Verwendung meiner im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten.

Unterschriften

Name der teilnehmenden Person Markus Weber	Unterschrift  Markus Weber	Datum 31.03.2024
Einverständnis eingeholt von Sascha Hostettler	Unterschrift 	Datum 29.03.2024

Projektspezifische Fragen zum Informationssystem zwischen dem Projekt und dem Betrieb schwer gewichtig bezogen auf die Informationsbestellung.

Übergeordnet

- Welche Applikationen werden im Zuge der Informationslieferung aus der Projektphase beliefert?
 - Die CAFM-Applikation waveware, Ivanti (IT-Bewirtschaftung) und SAP.
- Aus welcher Applikation stammen die Ursprungsdaten (Revit, big, dRufus)?
 - Es können Informationen sowohl in der Autorensoftware als auch in big erfasst werden. Dies gilt für Attribute an modellierten Elementen und für neue Elemente. Wobei neue Elemente auch als reiner Datensatz in big angelegt werden können, ohne zugehörige geometrische Repräsentation. Die Informationslieferung an den Betrieb erfolgt über big. Im LUKS- Informationsmodell ist über den gesamten Lifecycle definiert, wer welche Informationen wann und wie liefern muss und wer diese wann und mit was nutzt.
- Welchen Mehrwert wird durch das Einbinden eines CDE zwischen dem nativen Modell / Quellinformationen und dem CAFM angestrebt?
 - Mapping der je Autorensoftware spezifischen Objekt-/Datenstruktur auf eine einheitliche von LUKS vorgegebene Struktur, die primär die Anforderungen/Bedürfnisse des Betriebs, Unterhalt und Bewirtschaftung abbildet > einheitliche Objekt- und Datenstruktur in jedem Projekt !
 - Übergeordnete Monitoring- und Reporting-Funktionen für beispielsweise Projektleiter, Informationsmanager usw.
 - Akteure, die nicht modellbasiert arbeiten (z.B. Bauphysik, Brandschutz, Unternehmer usw.) können Ihre Informationen trotzdem im Modell-Kontext bereitstellen (Single-Point-of-Truth).
 - Informationen unabhängig der Exportmöglichkeit in das IFC- Austauschformaten der Autorensoftware erfassen können.
- Welches sind die massgebendsten Erfolgsfaktoren für das Gelingen eines durchgängigen Informationsaustausches zwischen der Projektphase und der Betriebsphase
 - Einheitliche Objekt- und Datenstruktur in jedem Projekt
 - Einheitliche Bestellung der Informationen (Daten, Dateien) mit Fokus auf den Betrieb, Unterhalt und Bewirtschaftung

Informationsanforderung

- In welcher Form erfolgt die Informationsbestellung an die Modellierenden?
 - Die ursprüngliche Beschreibung erfolgt im Datenfeldkatalog als Excel. Die darin definierten Anforderungen werden in big abgebildet, wobei definierte Katalogwerte eines Attributes in einer Dropdown-Liste zur Verfügung stehen.
 - In Zukunft wird der Datenfeldkatalog in einem Tool abgebildet (BIMQ), für die strukturierte und maschineninterpretierbare Definition der Informationsanforderungen, mit folgenden Zielen:
 - Softwarevorlage maschinenlesbar für BIM Modellierungssoftware exportieren > Einrichtung der LUKS Objekt- und Datenstruktur in der jeweiligen Autorensoftware
 - Prüfregeln maschinenlesbar für BIM Prüfsoftware exportieren > teil/automatisierte Prüfung der Lieferergebnisse
 - Informationsanforderungen maschinenlesbar für big exportieren > Einrichtung der einheitlichen Objekt- und Datenstruktur in jedem Projekt
 - Ebenfalls in Zukunft wird das Raumbuch, d.h. die geforderten Räume mit ihren spezifischen Anforderungen, strukturiert und maschinenlesbar für jedes Projekt bereitgestellt, mit folgenden Zielen:
 - Softwarevorlage maschinenlesbar für BIM Modellierungssoftware exportieren > Raumanforderungen und Planungs/Lieferergebnisse können direkt in der Autorensoftware angezeigt/verglichen werden
 - Raumanforderungen maschinenlesbar für big exportieren > teil/automatisierte Prüfung der Lieferergebnisse
- Wurden Use Cases aus dem Betrieb erarbeitet, aus welchen die Informationsanforderung abgeleitet wurde?
 - Primär wurde der Ist-Zustand des Betriebs, Unterhalt und Bewirtschaftung aufgenommen, analysiert und strukturiert aufbereitet: Welche Abteilung verantwortet welche Prozesse/Use-Case, nutzt dazu welche Informationen und welche technischen Tools. In einer grösseren Organisation/Unternehmen startet jede digitale Transformation auf einem historisch gewachsenen Ökosystem, das mit all seinen Nachteilen (z.B. technische Systeme, die noch nicht abgeschrieben sind, hinderliche Organisationsstrukturen usw.) zuerst einmal adaptiert und erst dann step-by-step entwickelt werden kann. Hier besteht nach meinen Erfahrungen die grosse Herausforderung, zuerst einmal

- keine Sachzwänge zu schaffen (z.B. Ablösung von technischen Systemen, die noch nicht abgeschrieben sind), die unnötige Investitionen auslösen.
- Erst später, wenn die Organisation einen ersten Reifergrad erreicht hat, können step-by-step die Grundlagen und Rahmenbedingungen hinterfragt und auf der geschaffenen Basis optimiert werden (z.B. wurde bei LUKS nach 3 Jahren eine neue Stelle eines Organisations-übergreifenden Informationsmanager geschaffen, dass wäre 3 Jahre früher unmöglich gewesen).
 - Erfolgte die Zustellung der Informationsanforderung fachbereichsbezogen?
 - In big wird eine einheitliche Struktur der Elemente und Attribute in jedem Projekt angelegt. Die Attribute können weiter mit einer Dropdown-Liste mit vordefinierten Werten ergänzt werden. Für die Informationsübernahme aus dem IFC-Austauschformat (Quell) in big erfolgt die Zuweisung der Informationen je Quelle auf Attribute der Elemente.

Informationsübernahme Projektphase in die Betriebsphase

- Wie erfolgt der Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase?
 - In regelmässigen Abständen erfolgt die Informationslieferung im IFC-Austauschformat (PIM) an big. Der Informationsbereitstellende (Modellierende / BIM-Manager / Datenmanager); das Informationsmodell bzw. die Informationsbestellung gibt vor, welche Informationen zwingend in der Autorensoftware bzw. anderenfalls auch in big geliefert werden können.
 - big dient als zentrale Plattform für alle Projekte über den gesamten Lifecycle und wird durch den Betrieb unterhalten.
- Wie erfolgt die Qualitätsprüfung der gelieferten Informationen und wie hoch ist dabei der Automatisierungsgrad?
 - Die Informationen werden ausgelagert von big in Dalux/BIMCollab/Solibri geprüft. big selbst stellt nur beschränkte Prüfmöglichkeiten in Form von PowerBI-Auswertungen zur Verfügung und die Dropdownlisten können bei der Eingabe überschrieben werden.
 - In Zukunft wird der Datenfeldkatalog in einem Tool abgebildet (BIMQ), daraus können PrüfregeIn maschinenlesbar für BIM Prüfsoftware exportiert und die Modelle vom AN und AG teil/automatisierte geprüft werden.

- In welcher Applikation erfolgt die Korrektur von fehlerhaften Informationen (bezogen auf die Qualitätsprüfung)?
 - Grundsätzlich in den Autorensystemen oder in big, je nach initialer Erfassung.
- Erfolgte für die Planung und Ausführung ebenfalls eine Zusammenstellung der Informationsanforderungen, wie wurden diese Erarbeitet und Beschrieben?
 - Der Fokus der BIM Bestellung bei LUKS lag primär auf dem Betrieb, Unterhalt und Bewirtschaftung, d.h. auf einem kohärenten Gesamt-Informationsmodell nach Abschluss/Übergabe jedes Bauprojektes und dessen nahtlose Integration in die Prozesse des Betriebs, Unterhalt und Bewirtschaftung.
 - Aber auch hier ist es so, dass die Anforderungen/Bedürfnisse der LUKS und das Verständnis, wie mit BIM schlussendlich Mehrwerte geschaffen werden können, mit zunehmendem Reifegrad der Organisation wachsen und step-by-step weitere Use-Case/Informationsanforderungen, auch für die Planung und Ausführung dazu kommen, aktuell z.B.
 - SKP7/8 Medizinalgeräte, aufgeteilt in 9 Sub Use-Case: Kostenschätzung, Beschaffungsplanung, Modell-basierte Planung, Nutzerabstimmung, Umzugsorganisation, Montageplanung, Lieferung/ Montage/Anschlüsse, Inbetriebsetzung/ Abnahme, Betrieb/Unterhalt
 - SKP 9 Mobiliar
 - Türplanung
 - Gebäudeautomation

Informationsmanagement in der Betriebsphase

- Wo werden die betriebsrelevanten Schlüsselinformationen während der Betriebsphase gepflegt und nachgeführt (CAFM, CDE, Revit)?
 - Im LUKS-Informationsmodell wird u.a. auch definiert, wer für welche Information verantwortlich ist und wo diese Information im Betrieb SPoT gepflegt wird (big, Wave, Ivanti, SAP).
 - Unabhängig davon, in welcher Applikation die Informationen gepflegt und nachgeführt werden, erfolgt eine Synchronisation in die jeweils andere Applikation.

Datenschutzerklärung

Dürfen die durch den Fragenkatalog gesammelten Informationen in der Masterarbeit verwendet werden?

- Aus meiner Sicht ja !

Fragen zum Informationsmanagement Praxisprojekt LUKS

Praxisprojekt Kantonsspital Baden

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der studentischen Arbeit «Integration der Informationsanforderungen in den Informationsaustausch mit Information Delivery Specification und buildingSMART Data Dictionary»

Studienverantwortung: Prof. Lukas Schildknecht

Kontaktinformation: lukas.schildknecht@fhnw.ch / +41 61 228 57 84

Studie durchgeführt durch: Sascha Hostettler

Kontaktinformation: sascha.hostettler@students.fhnw.ch

Informationen zur Studie

Im Rahmen meiner Masterthesis im Masterstudiengang Virtual Design and Construction (VDC) an der FHNW in Muttenz BL beschäftige ich mich mit den Möglichkeiten zur Integration der Information Delivery Specification (IDS) und dem online Dienst buildingSMART Data Dictionary (bSDD) vom Verein buildingSMART in den Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase.

Die IDS ist ein auf das Schema Industry Foundation Classes (IFC) abgestimmter Standard. Dieser dient zur Beschreibung und zum Austausch der Informationsanforderung in einem maschinenlesbaren Format. Das bSDD ist ein frei zugänglicher und auf offenen Standards basierender Datenstrukturserver. Dieser ermöglicht die Publikation von Klassifizierungssystemen und deren Verlinkung untereinander sowie auf das IFC-Schema.

Als Teil davon befasse ich mich mit den derzeit in der Praxis üblichen Informationssystemen für den Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase. Sie unterstützen mich mit Ihrer Expertise und Erfahrung auf diesem Gebiet im Kontext des Praxisprojektes KSB.

Teilnahme

Ihre Teilnahme an der Studie beinhaltet den fachlichen Austausch sowie die Vervollständigung des daraus resultierenden Fragekatalogs.

Rücktritt von der Teilnahme oder Widerruf der Einwilligung

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie haben jederzeit das Recht von der Teilnahme an der Studie zurückzutreten, ohne dafür einen Grund anzugeben. Sie haben ebenfalls das Recht, Ihre Einwilligung zu widerrufen, und Ihre personenbezogenen Daten löschen zu lassen.

Datenschutz, Vertraulichkeit und zukünftige Nutzung

Die im Rahmen der Studie gesammelten Daten werden nur für diese Studie genutzt. Ihr Name oder andere Informationen zu Ihrer Identität werden vertraulich behandelt, nicht publiziert und nicht an Dritte weitergegeben. Ihr Beitrag wird in anonymisierter oder pseudonymisierter Form sicher aufbewahrt und wird nach Abschluss der Studie

gelöscht, es sei denn die Daten sind im Rahmen eines Forschungsprojektes entstanden, wo sie mit der gleichen Vertraulichkeit behandelt werden.

Einverständnis

Ich habe die Informationen in dieser Erklärung gelesen und verstanden. Mir wurde die Möglichkeit eingeräumt, Fragen zur Studie zu stellen und diese wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich gebe mein Einverständnis, an dieser Studie teilzunehmen und gebe meine Erlaubnis für die Aufbewahrung und Verwendung meiner im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten.

Unterschriften

Name der teilnehmenden Person Christoph Merz	Unterschrift 	Datum 29.03.2024
Einverständnis eingeholt von Sascha Hostettler	Unterschrift 	Datum 29.03.2024

Projektspezifische Fragen zum Informationssystem zwischen dem Projekt und dem Betrieb schwer gewichtig bezogen auf die Informationsbestellung.

Übergeordnet

- Welche Applikationen werden im Zuge der Informationslieferung aus der Projektphase beliefert?
 - Es werden ca. 10 Umsysteme (Zielsysteme) in der Betriebsphase mit Stammdaten beliefert. Bisher ist nicht endgültig festgelegt/bekannt, welche Informationen diese Umsysteme benötigen. Dafür werden laufend neue Use Cases definiert und deren Informationsanforderungen in dem Datenfeldkatalog ergänzt.
- Aus welcher Applikation stammen die Ursprungsdaten (Revit, big, dRofus)?
 - Die Geometrie wird in der Autorensoftware während der Projektphase modelliert
 - Alle aus dem Bauprojekt für den Betrieb benötigten Daten werden entweder in den CAD-Autorensoftwarelösungen oder/und in separaten Listen geführt. Für die Übergabe der alphanumerischen Daten, wie auch der Bauwerksdokumentation wird Dalux Handover eingesetzt und im Anschluss an Dalux FM übertragen. Von dort aus werden die Daten, Pläne, Dokumente und Modelle über eine API Schnittstelle, dem CAFM-System Waveware übergeben.
 - Alle weiterführenden betriebsrelevanten alphanumerischen Informationen werden in waveware durch den Betrieb in SIA Phase 61 erfasst.
- Welchen Mehrwert wird durch das Einbinden eines CDE zwischen dem nativen Modell / Quellinformationen und dem CAFM angestrebt?
 - Transparentes, zentrales Datenmanagement
 - Bessere Datenqualität
 - Datenbereitstellung in beide Bereiche (Bau und Betrieb)
- Welches sind die massgebendsten Erfolgsfaktoren für das Gelingen eines durchgängigen Informationsaustausches zwischen der Projektphase und der Betriebsphase
 - Klare Definition der Informationsanforderungen, des Datenmodells und der Verantwortlichkeiten.
 - Rechtzeitige Bereitstellung der notwendigen Technologien inkl. Schnittstellen
 - Durchdachtes Datenmanagement Konzept über alle SIA-Phasen
 - Genügend Ressourcen und Kompetenzen im Datenmanagement

Fragen zum Informationsmanagement Praxisprojekt KSB

Informationsanforderung

- In welcher Form erfolgt die Informationsbestellung an die Modellierenden?
 - Die Bestellung der Informationsanforderungen erfolgte klassisch über Word und Tabellen. Die im Betrieb erarbeiteten Informationsanforderungen werden zudem auf Dalux hinterlegt und dort direkt bei der Informationserhebung genutzt.
 - Als Grundlage für das Aufsetzen von Dalux dient ein Datenfeldkatalog, welcher als Master gilt. Dieser wird weiter für den Aufbau des CAFM waveware und der weiteren Umsysteme genutzt.

- Wurden Use Cases aus dem Betrieb erarbeitet, aus welchen die Informationsanforderung abgeleitet wurde?
 - Im Nachhinein (ca. SIA Leistungsphase 52/53) erfolgte durch den BIM-Manager/Informationsmanager die Präzisierung der bisher bestellten Informationsanforderung des Betriebes durch das Aufsetzen von Use Cases. Die Informationsanforderungen, abgeleitet aus den Use Cases, bilden die Grundlage für die Informationseingabe in Dalux Handover , Dalux BIM&Doc und Waveware (z. B. ab zufüllende Attribute und erlaubte Katalogwerte)

- Erfolgte die Zustellung der Informationsanforderung fachbereichsbezogen?
 - Ja, die Informationen erfolgten Fachbereichs bezogen
 - Auf Dalux wird der komplette Umfang der Informationsanforderung eingepflegt. Dieser entspricht jedoch rein dem im Betrieb geforderten Umfang.

- Erfolgte für die Planung und Ausführung ebenfalls eine Zusammenstellung der Informationsanforderungen, wie wurden diese erarbeitet und beschrieben?
 - Betriebsphase und Projektphase sind hier getrennt. Es ist nicht bekannt, wie das Informationsmanagement in der Projektphase erfolgte.

Informationsübernahme Projektphase in die Betriebsphase

- Wie erfolgt der Informationsaustausch zwischen der Projektphase und der Betriebsphase?
 - Die Informationen aus der Projektphase werden nach deren Abschluss (SIA Leistungsphase 53) an den Betrieb übergeben. Die Modellinformationen werden dafür in Dalux Handover übernommen und für den Betrieb harmonisiert. Die harmonisierten Informationen werden weiter an Dalux FM und anschliessend an waveware für die Bewirtschaftung, übergeben.

- Wie erfolgt die Qualitätsprüfung der gelieferten Informationen und wie hoch ist dabei der Automatisierungsgrad?
 - Direkt bei der Neuerfassung in Dalux Handover durch die Einschränkung der Eingabewerte.
 - QS der Modelle durch einen Modellchecker
- In welcher Applikation erfolgt die Korrektur von fehlerhaften Informationen (bezogen auf die Qualitätsprüfung)?
 - Grundsätzlich erfolgt die Pflege und Aktualisierung aller Daten aus dem Bauprozess direkt in den Autorensystemen. Im Betrieb erfolgt die Mutation der Daten in Dalux FM, sowie in waveware
- Inwiefern wurde die SN EN ISO 19650 -1 / -2 für den Informationsmanagementprozess berücksichtigt?
 - Das Datenmodell, wie auch die Referenz auf das IFC entspricht grundsätzlich den Konzepten aus der ISO 19650
 - Weitere Vorgaben wurden nicht übernommen, da das Projekt vor Veröffentlichung der SN startete.

Informationsmanagement in der Betriebsphase

- Wo werden die betriebsrelevanten Schlüsselinformationen während der Betriebsphase gepflegt und nachgeführt (CAFM, CDE, Revit)?
 - In Dalux FM. Spezifische Informationen bezüglich der Raumstruktur wie der Standorte, Geschosse, Räume sowie Informationen, welche stark dynamischen Charakter haben, werden in waveware gepflegt.
 - Die Modelle werden in den nativen Autorensystemen gepflegt und in Dalux FM zurückimportiert

Datenschutzerklärung

Dürfen die durch den Fragenkatalog gesammelten Informationen in der Masterarbeit verwendet werden?

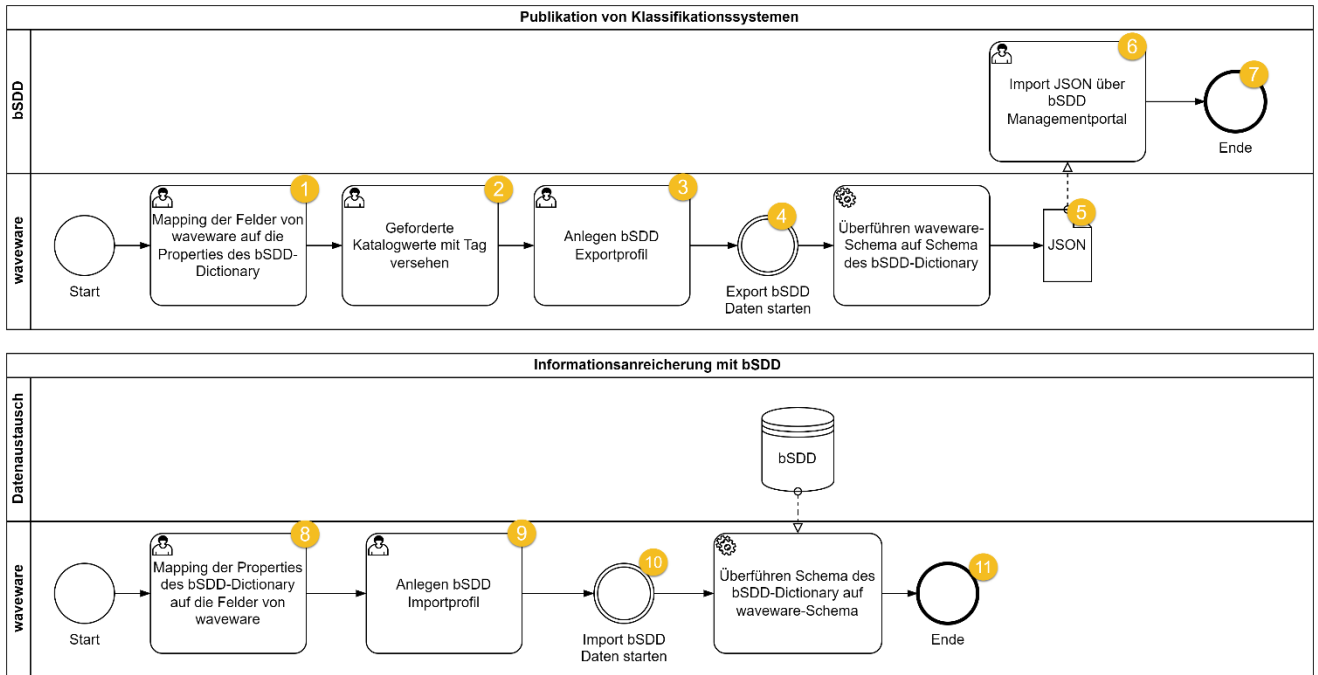
Ja

Anhang E Datenmodell waveware Grundlage der Verständigung

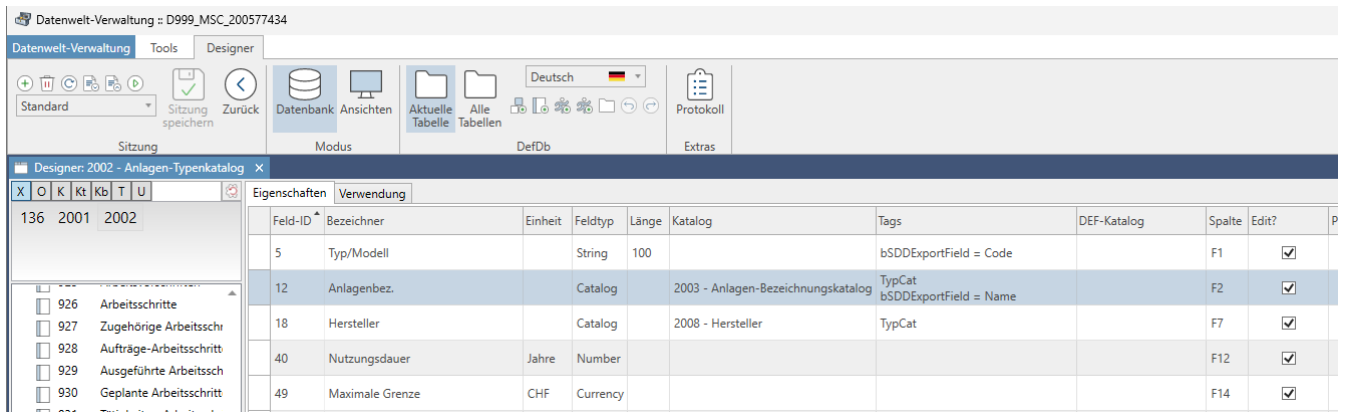
Anhang F Informationsmanagementprozess mit IDS und bSDD

Anhang G Dokumentation Prozess PoC in waveware

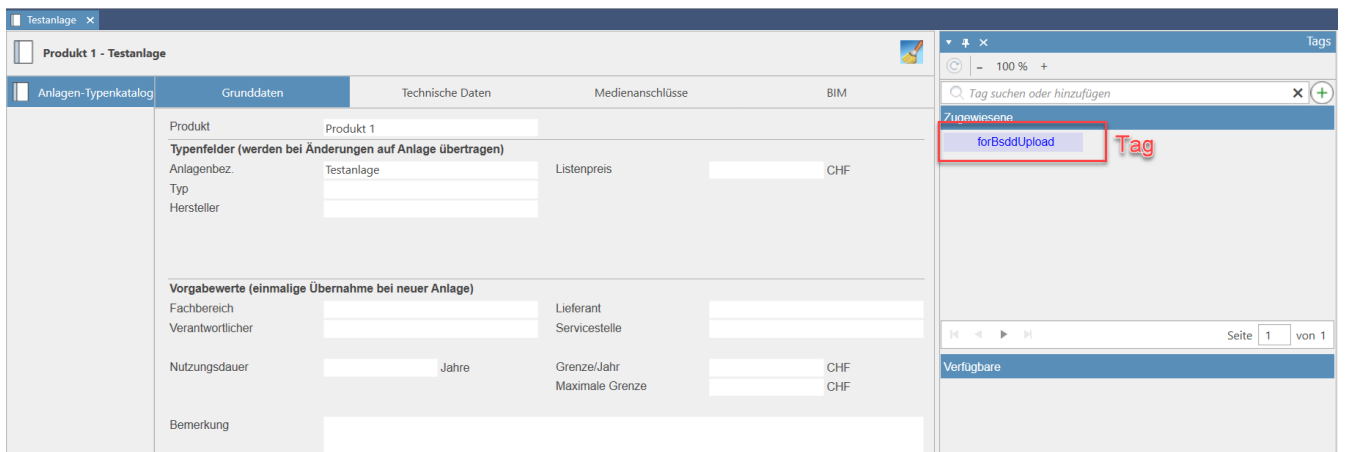
Prozessübersicht Publikation und Import von Klassifikationssystemen



1. Mapping der waveware Felder mittels Tags «bSDDExportField = ##» in Designer



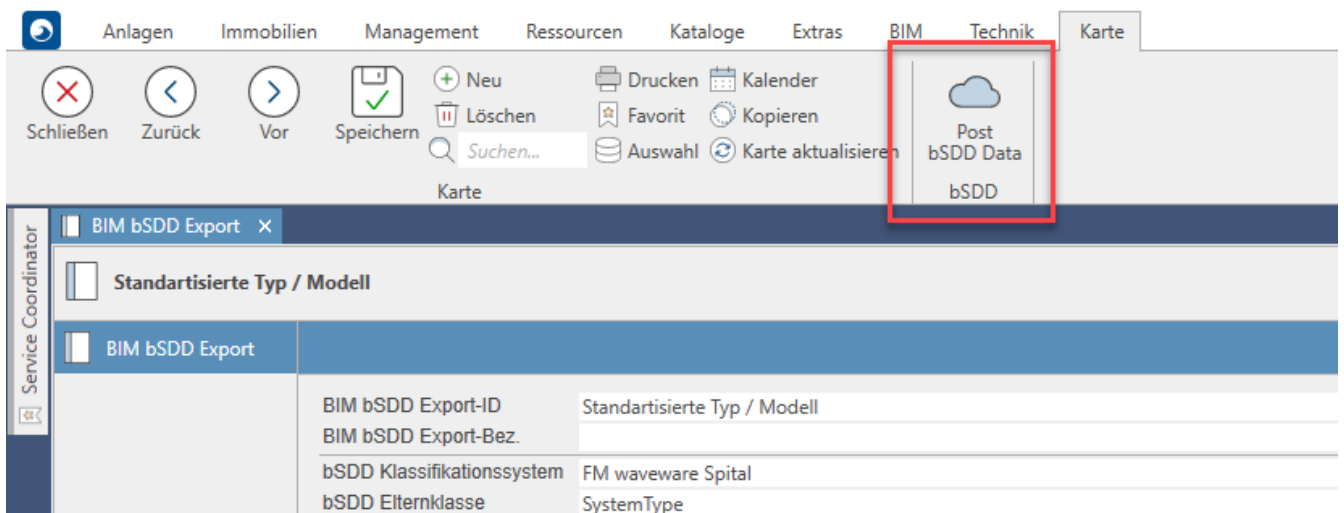
2. Katalogeinträge mit dem Tag «ForBsddUpload» versehen um entspreche Einträge für den Upload zu berücksichtigen.



3. Ansicht des Katalog «20501 – BIM bSDD Export» mit Exportkonfiguration und Auflistung des Mapping

BIM bSDD Export		Katalog	
BIM bSDD Export-ID	Standartisierte Typ / Modell	Letzte Synchronisation	Zeitstempel bSDD Import: 2024-04-28T09:48:05
BIM bSDD Export-Bez.		DictionaryVersion	2.1
bSDD Klassifikationssystem	FM waveware Spital	bSDD Klassifikationssystem uri	tbd
bSDD Elternklasse	SystemType	bSDD Elternklasse uri	tbd
waveware Objekt (DefNo)	2002	waveware Objekt (name)	Typ/Modell
BIM2FM Mapping		RelatedIfrEntityNamesList	IfrPump
Beschreibung	5 Typ/Modell	Status Dictionary	Preview
	12 Anlagenbez.		
	27012 Wartungsintervall		
	27025 Leistung		

4. Auslösen des Export über die Schaltfläche «Post bSDD Data»



5. Json-Datei für den Upload und Erstellung/Aktualisierung des Dictionary

```

1  {
2    "ModelVersion": "2.0",
3    "OrganizationCode": "Senox",
4    "DictionaryCode": "Fmwave",
5    "DictionaryVersion": "2.0",
6    "DictionaryName": "FM waveware Spital ",
7    "ReleaseDate": "2024-01-17T00:00:00",
8    "Status": "Preview",
9    "MoreInfoUrl": "www.senox.ch",
10   "UseOwnUri": false,
11   "DictionaryUri": null,
12   "LanguageIsoCode": "de-CH",
13   "LanguageOnly": false,
14   "License": "No license",
15   "LicenseUrl": null,
16   "QualityAssuranceProcedure": "Use at own risk - this is for demo purposes only",
17   "QualityAssuranceProcedureUrl": null,
18   "Classes": [
19     {
20       "Code": "Room.001",
21       "Uid": null,
22       "OwnedUri": null,
23       "Name": "RoomCommon",
24       "Definition": "This is an Definiton of the Class Room.Common for an FM UseCase",
25       "Status": "Preview",
26       "ActivationDateUtc": "2024-01-17T00:00:00",
27       "RevisionDateUtc": null,
28       "VersionDateUtc": "2024-01-17",
29       "DeActivationDateUtc": null,
30       "VersionNumber": null,
31       "RevisionNumber": null,
32       "ReplacedObjectCodes": null,
33       "ReplacingObjectCodes": null,
34       "DeprecationExplanation": "This is an description to the Class Room.Common",
35       "CreatorLanguageIsoCode": "de-CH",
36       "VisualRepresentationUri": null,
37       "CountriesOfUse": [
38         "CH"
39       ],
40       "SubdivisionsOfUse": null,
41       "CountryOfOrigin": "CH",
42       "DocumentReference": "BAP",
43       "Synonyms": null,

```

6. bSDD Management-Plattform zum Upload der Json-Datei

Dictionaries

Organization: S E N O X A G - Loy & Hutz Schweiz

Dictionary actions	Version	Status	Last uploaded on	Is test version?	Version actions
fmwawe - FM waveware Spital					
	2.0	Active	Mittwoch, 17. Januar 2024	No	
	1.0	Inactive	Sonntag, 26. November 2023	No	
reinigungsmangement - reinigungsmanagement					
	1.1	Preview	Mittwoch, 3. Januar 2024	No	

Rows per page: 15 | 1-3 of 3 | < >

Upload dictionary for S E N O X A G - Loy & Hutz Schweiz

Validate only?

Test upload

Dictionaries uploaded as a test will be visible to the public, but they will remain in Preview status and get automatically deleted after 60 days.

7. Klassifikation dargestellt in dem Onlineportal von bSDD

Class

Büro German (CH)

Code: Buero.Common

Class type: Class

URI: <https://identifier.buildingsmart.org/uri/Senox/fmwawe/2.0/class/Buero.Common>

Definition: This is an Definiton

Dictionary: FM waveware Spital

Dictionary version: 2.0

Dictionary release date: 2024-01-17

Dictionary license: No license

Dictionary state: Active

More info: www.senox.ch

Dictionary quality assurance procedure: Use at own risk - this is for demo purposes only

Owner: [S E N O X A G - Loy & Hutz Schweiz](#)

Parent class: [RoomType](#)

CountriesOfUse: CH

CountryOfOrigin: CH

CreatorLanguageCode: de-CH

DeprecationExplanation: This is an description

DocumentReference: BAP

Status: Preview

VersionDateUtc: 2024-01-17

Related IFC entity: [Space](#)

Class properties

Property set: [Pset_FM](#)

[Flaechenkatgorie_SIA2024](#) The description

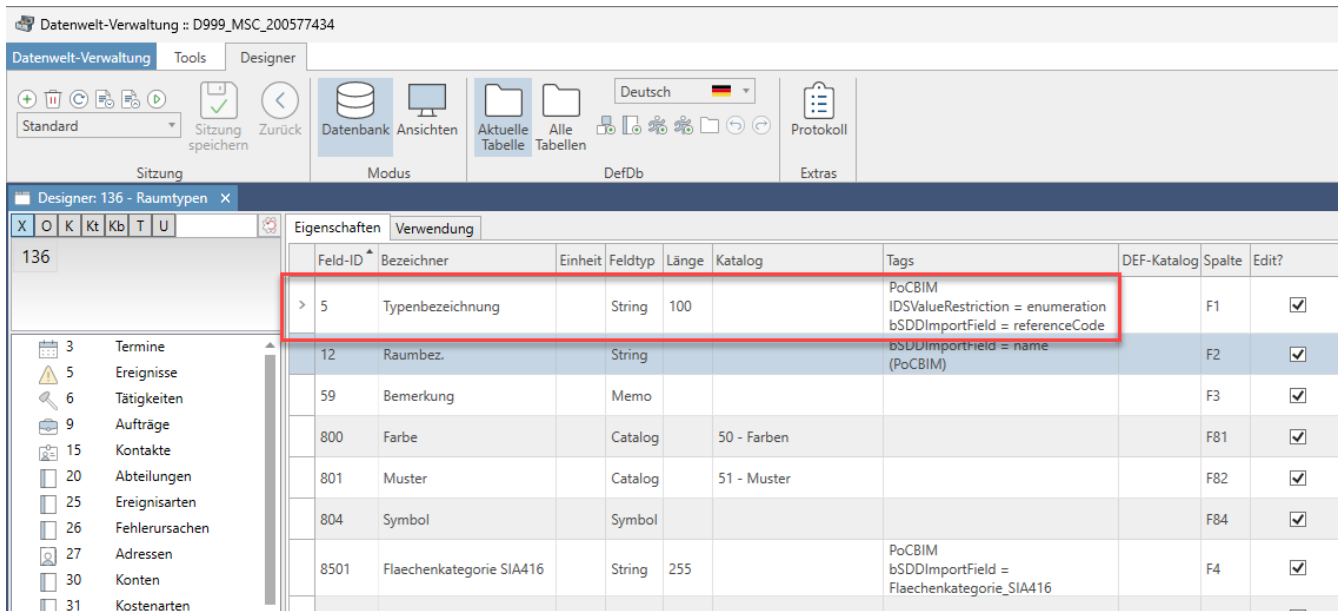
[Flaechenkatgorie_SIA416](#) The description

[Funktionsbereich](#) The description

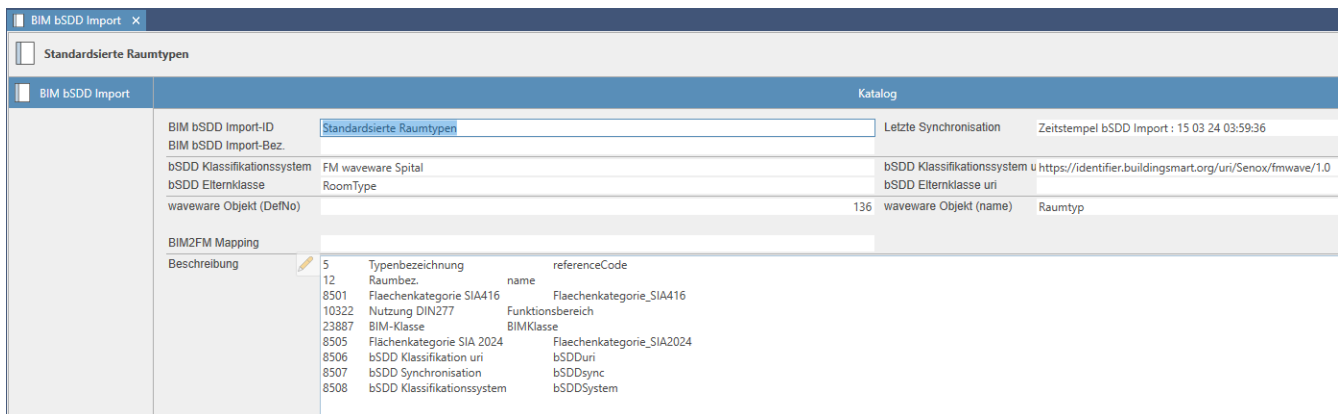
Class relations

URI	Name	Relation type
https://identifier.buildingsmart.org/uri/buildingsmart/ifc/4.3/	Space	HasReference

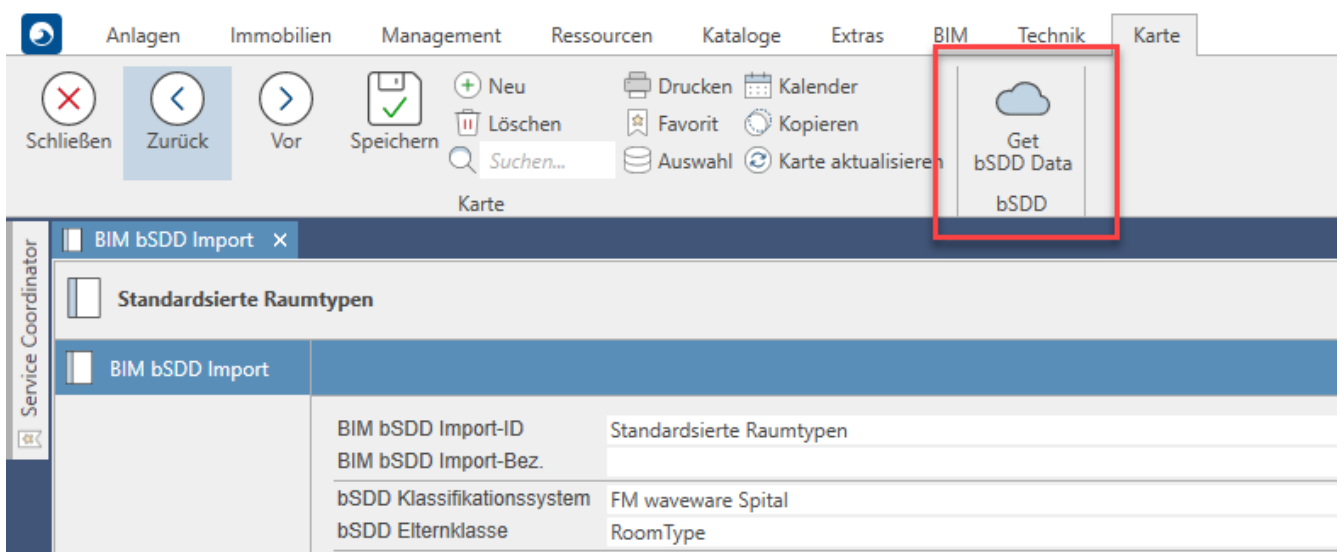
8. Mapping der waveware Felder mittels Tags «bSDDImportField = ##» in Designer



9. Ansicht des Katalog «20500 – BIM bSDD Import» mit Importkonfiguration und Auflistung des Mapping



10. Auslösen des Import über die Schaltfläche «Get bSDD Data»



11. Beispiel einer importierten Klassifikation aus bSDD

Class
Korridor German (CH)

Code	Korridor.Common
Class type	Class
URI	https://identifizier.buildingsmart.org/uri/Senox/fmwave/2.0/class/Korridor.Common
Definition	This is an Definiton
Dictionary	FM waveware Spital
Dictionary version	2.0
Dictionary release date	2024-01-17
Dictionary license	No license
Dictionary state	Active
More info	www.senox.ch
Dictionary quality assurance procedure	Use at own risk - this is for demo purposes only
Owner	S E N O X A G - Loy & Hutz Schweiz
Parent class	RoomType
CountriesORUse	CH;
CountryOROrigin	CH
Creator.LanguageCode	de-CH
DeprecationExplanation	This is an description
DocumentReference	BAP
Status	Preview
VersionDateUtc	2024-01-17
Related IFC entity	Space

Class properties

Property set: [Pset_FM](#)

Flaechenkatgorie_SIA2024	The description
Flaechenkatgorie_SIA416	The description
Funktionsbereich	The description

Class relations

URI	Name	Relation type
https://identifizier.buildingsmart.org/uri/buildingsmart/ifc/4.3/class/ifcSpace	Space	HasReference

BIM bSDD Import x RoomType x

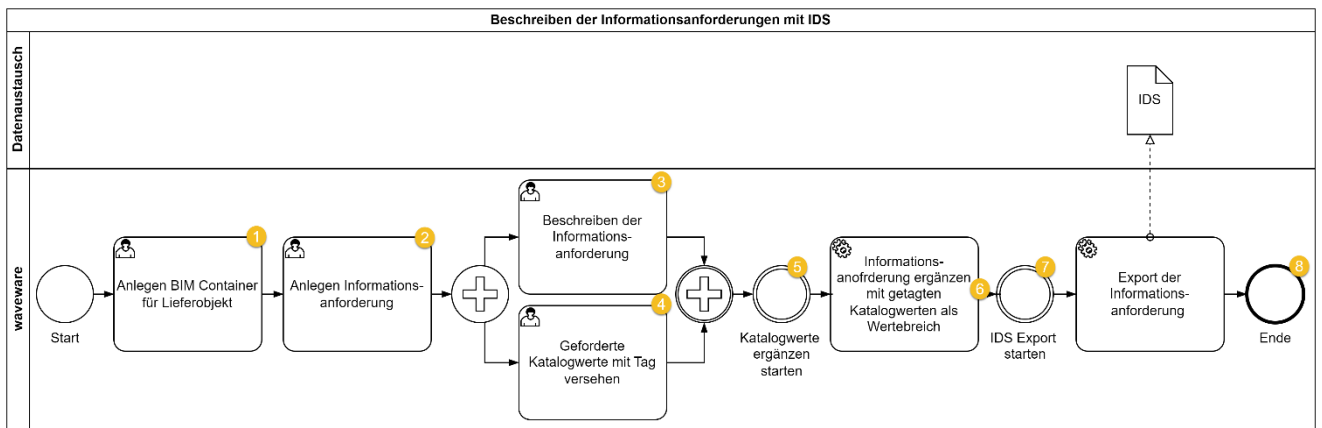
Korridor.Common - RoomType

Raumtypen	Raumtyp	BIM	Methadaten
Klassifizierung	Raumbez. <input type="text" value="RoomType"/>	Eigenschaften	Typenbezeichnung <input type="text" value="Korridor.Common"/>
Flächenkategorie SIA 2024	<input type="text" value="Verkehrsfläche"/>	Sonnenschutz	<input type="checkbox"/>
Flächenkategorie SIA416	<input type="text" value="VK"/>	Sichtschutz	<input type="checkbox"/>
Nutzung DIN277	<input type="text" value="Verkehrerschliessung"/>	Verdunkelung	<input type="checkbox"/>
Bemerkung	<input type="text" value="Zeitstempel bSDD Import : 15 03 24 03:59:37"/>		

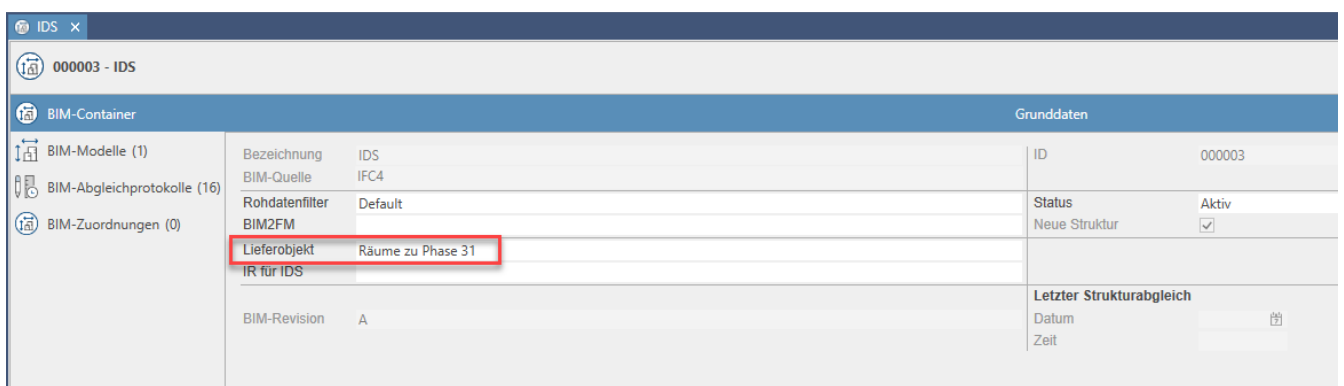
Korridor.Common - RoomType

Raumtypen	Raumtyp	BIM	Methadaten
BIM-Modell	<input type="text" value=""/>	bSDD Klassifikationssystem	<input type="text" value="Standardisierte Raumtypen"/>
BIM-Klasse	<input type="text" value="IfcSpace"/>	bSDD Klassifikation url	<input type="text" value="https://identifizier.buildingsmart.org/uri/Senox/fmwave/2.0/class/Korridor.Common"/>
BIM global ID	<input type="text" value=""/>		
BIM-Zeitstempel	<input type="text" value=""/>	bSDD Synchronisation	<input type="text" value="Zeitstempel bSDD Import : 15 03 24 03:59:36"/>

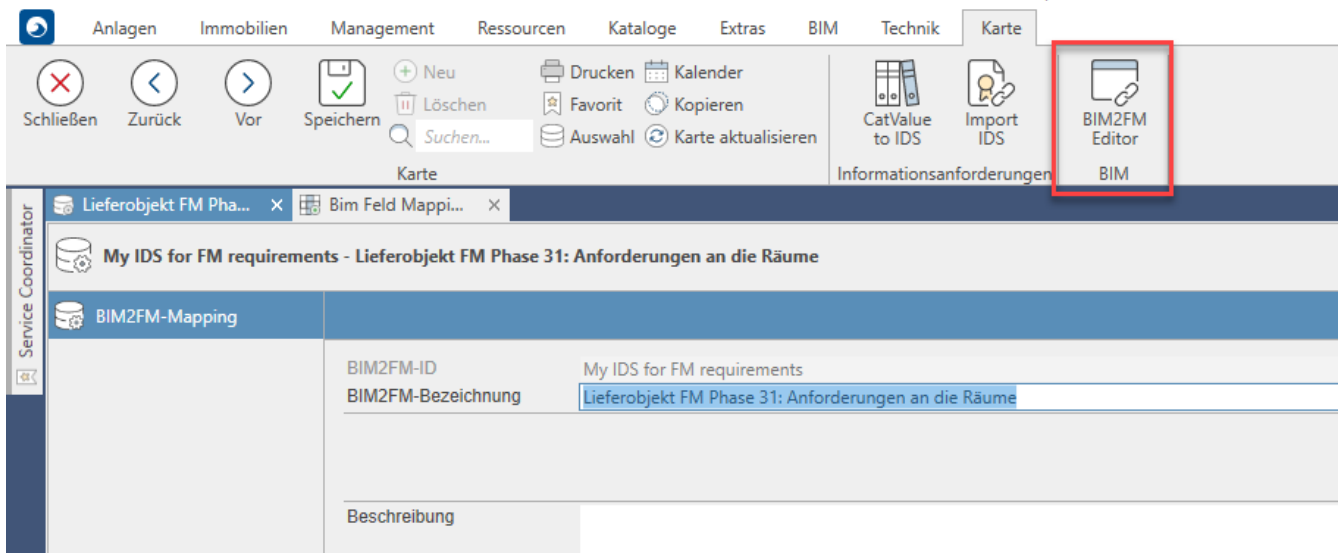
Prozessübersicht Beschreiben und exportieren Informationsanforderung



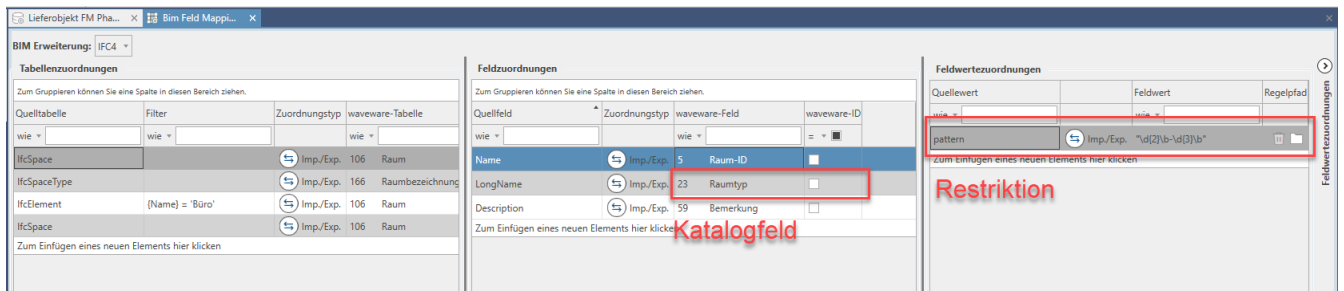
1. Ansicht des Kataloges «2852 – BIM-Container» mit Beschrieb der Informationsbereitstellung



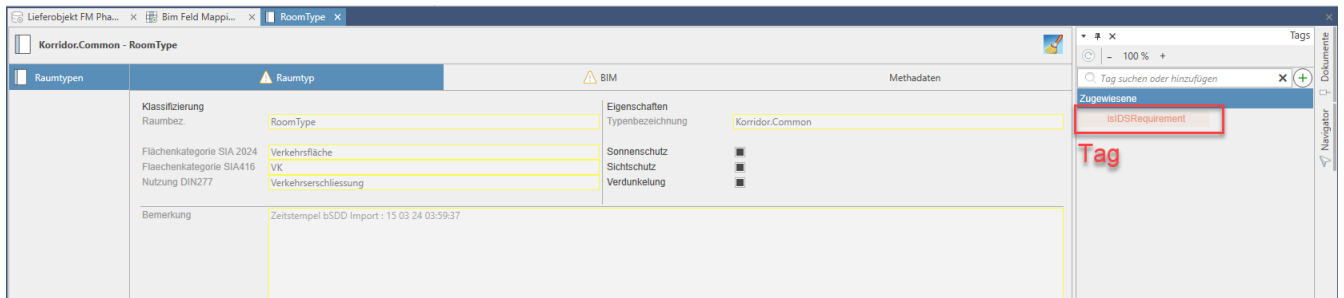
2. Anlegen Informationsanforderung und Ansicht zur Beschreibung über «BIM2FM Editor» öffnen



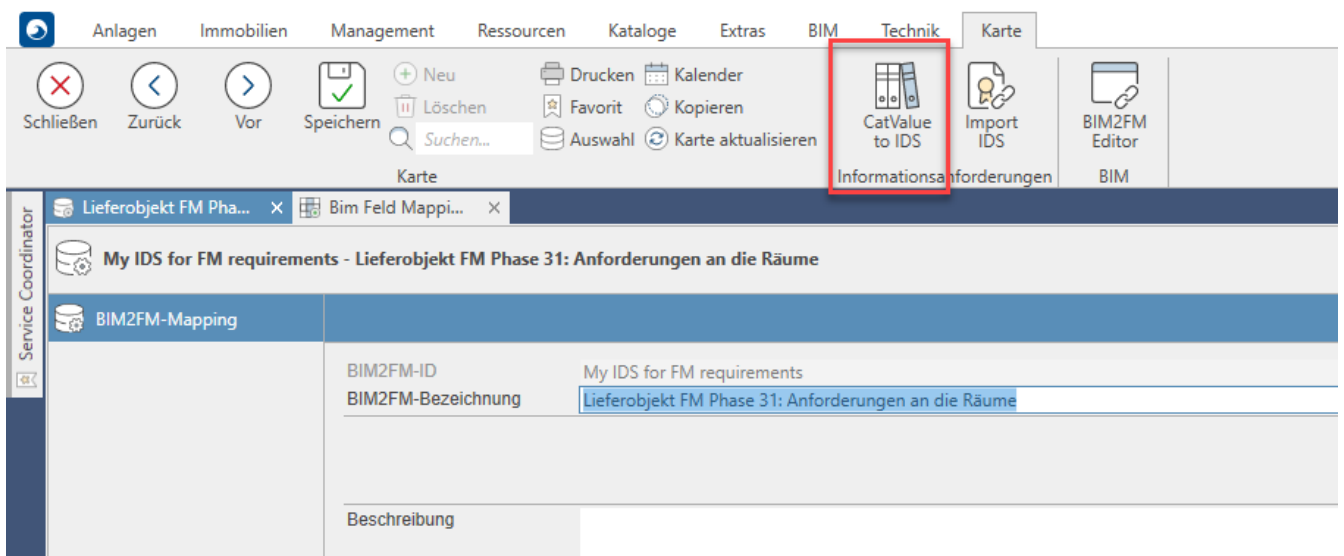
3. Beschreiben der Informationsanforderung inklusive Restriktionen



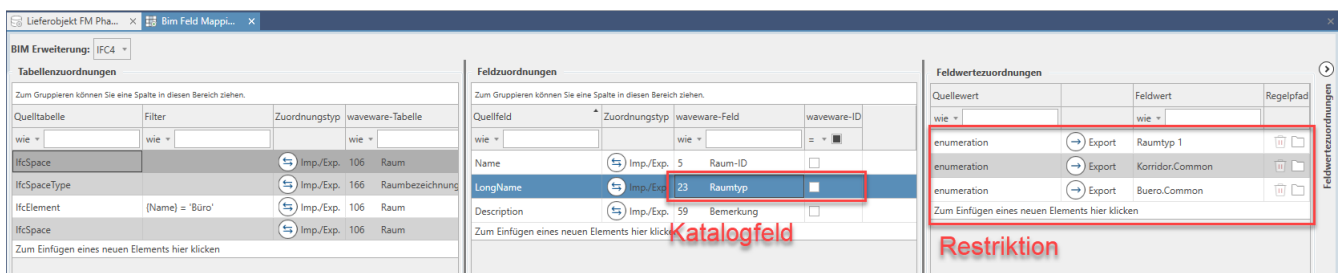
4. Vergabe des Tags «isIDSRequirement» auf dem Katalogeintrag.



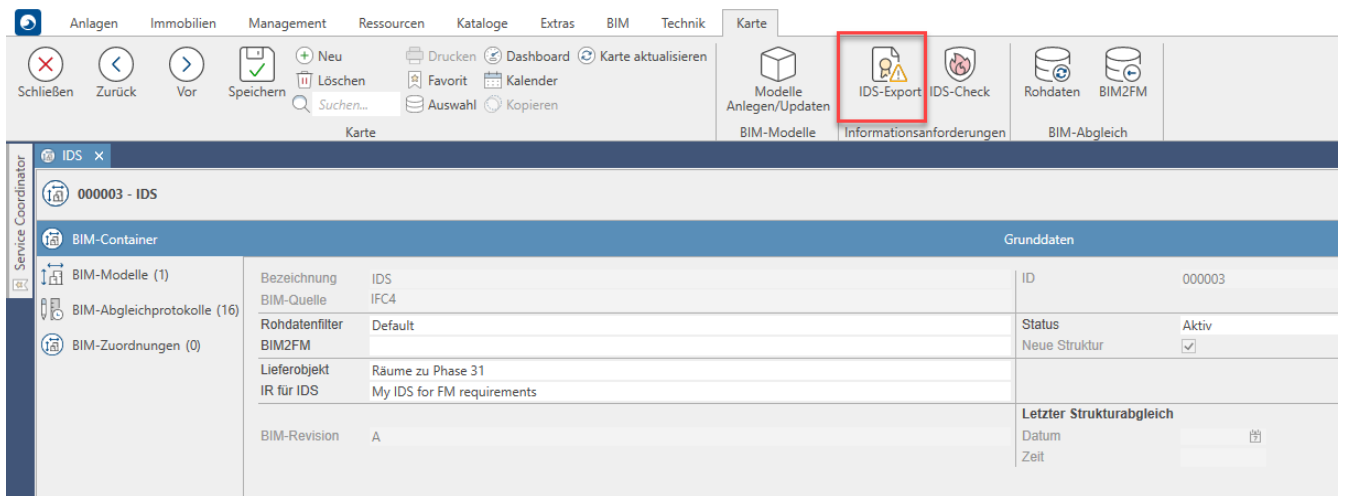
5. Anlegen der Katalogwerte als enumeration für alle Katalogfelder der Informationsanforderung über «CatValue to IDS».



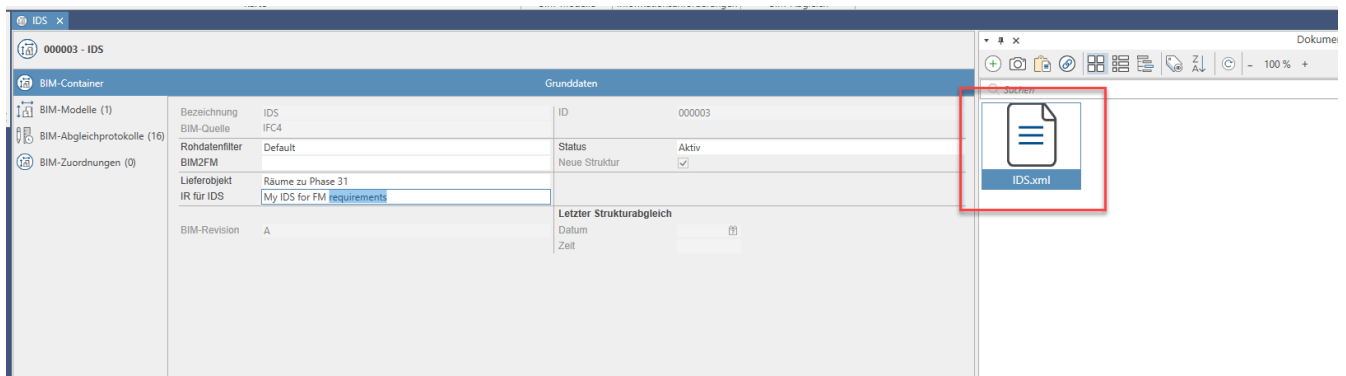
6. Werte der getaggtten Katalogeinträge werden als Enumeration in den Restriktionen aufgeführt.



7. Auslösen Export der Informationsanforderung in IDS über Schaltfläche «IDS-Export» in BIM-Container

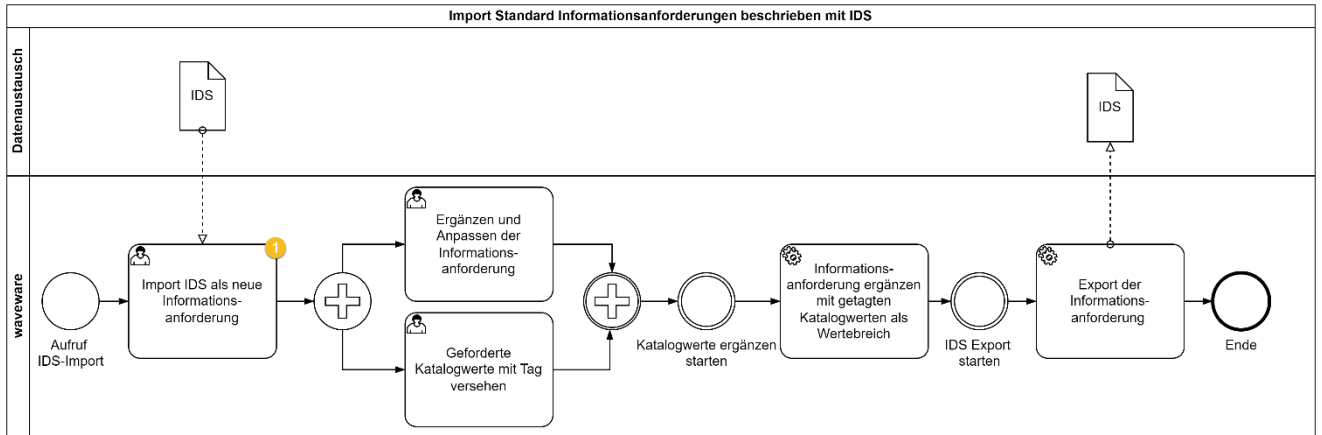


8. Informationsanforderung im IDS-Format wird als Datei im DMS von waveware angehängt

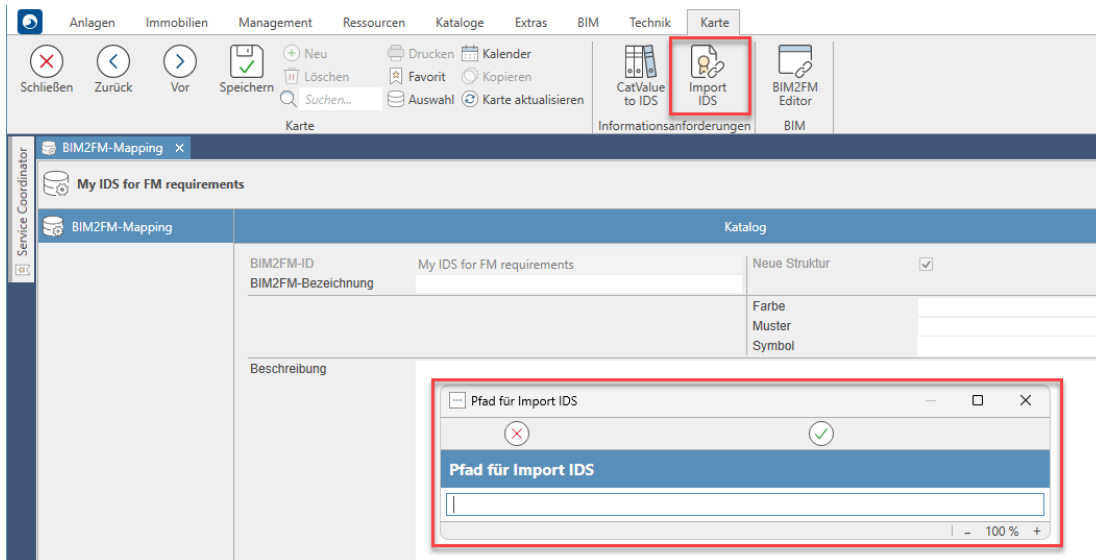


```
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8' ?>
2 <ids xmlns='http://standards.buildingsmart.org/IDS' xmlns:xs='http://www.w3.org/2001/XMLSchema' xmlns:xsi='http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance' xsi:s
3
4 <info>
5 <title>My IDS for FM requirements_Mapping</title>
6 <version>IFC4</version>
7 </info>
8 <specifications>
9 <specification name='Lieferobjekt Räume zu Phase 31: Anforderungen an die IfcSpace' ifcVersion='IFC2X3 IFC4' minOccurs='0' maxOccurs='unbounded'>
10 <applicability>
11 <entity>
12 <name>
13 <simpleValue>IfcSpace</simpleValue>
14 </name>
15 </entity>
16 </applicability>
17 <requirements>
18 <attribute instructions='None'>
19 <name>
20 <simpleValue>Name</simpleValue>
21 </name>
22 <value>
23 <xs:restriction base='xs:string'>
24 <xs:pattern value='\d(2)\b-\d(3)\b' />
25 </xs:restriction>
26 </value>
27 </attribute>
28 <attribute instructions='None'>
29 <name>
30 <simpleValue>LongName</simpleValue>
31 </name>
32 <value>
33 <xs:restriction base='xs:string'>
34 <xs:enumeration value='Raumtyp 1' />
35 <xs:enumeration value='Korridor.Common' />
36 <xs:enumeration value='Buero.Common' />
37 </xs:restriction>
38 </value>
39 </attribute>
40 <attribute instructions='None'>
41 <name>
42 <simpleValue>Description</simpleValue>
43 </name>
```

Prozessübersicht Import bestehendes IDS in waveware

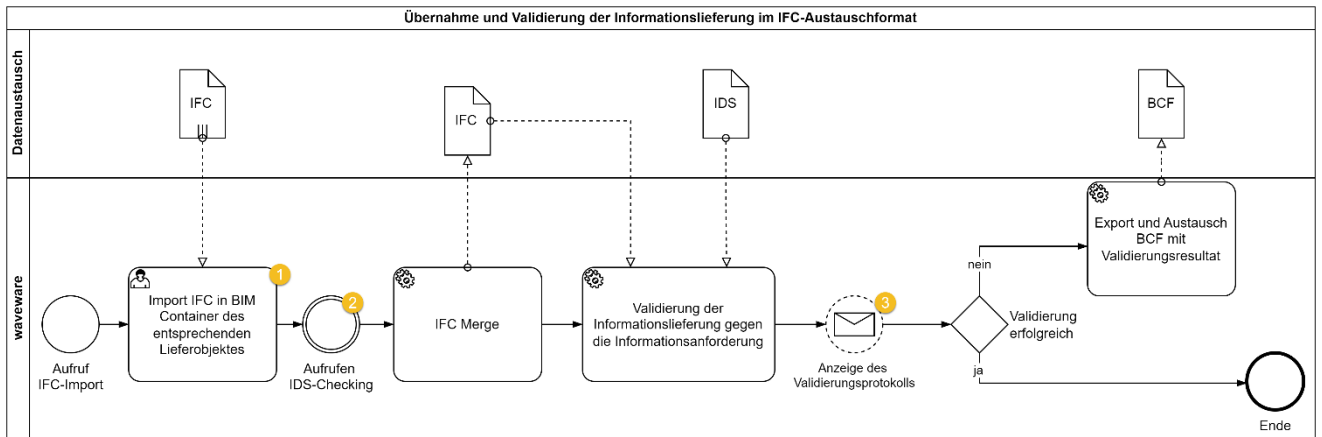


1. Ansicht des Kataloges «2852 – BIM-Container» mit Beschrieb der Informationsbereitstellung und Schaltfläche «Import IDS» worauf sich die Eingabemaske zur Eingabe des Pfad zur IDS-Datei öffnet.

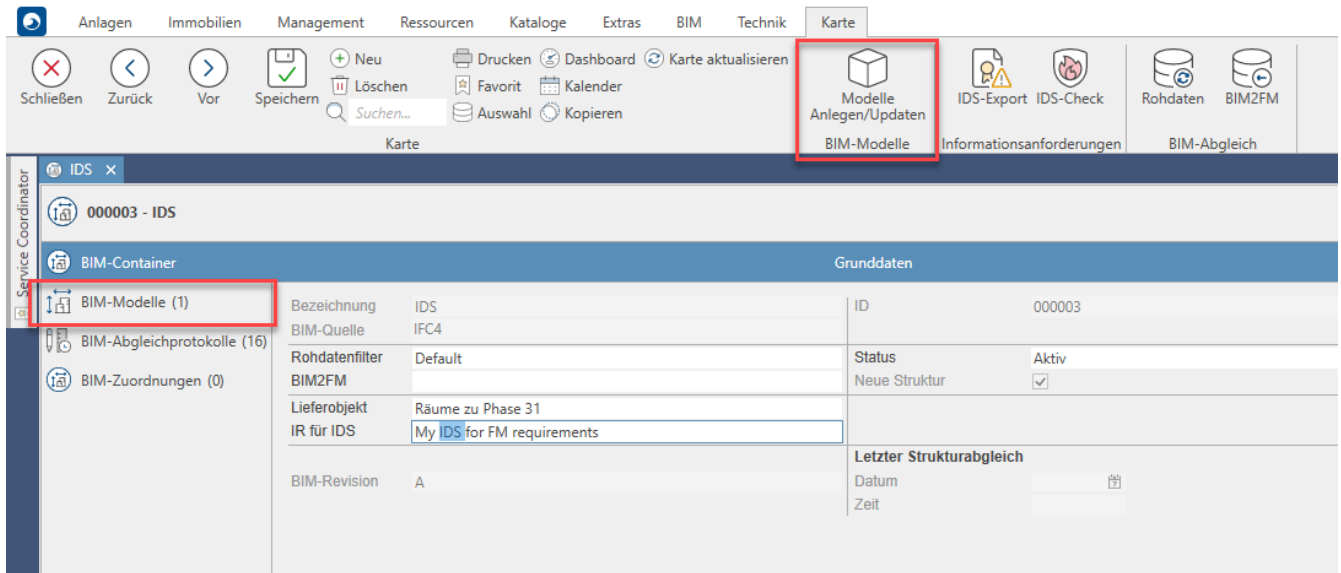


Restliche Prozessschritte analog regulärer Informationsbeschreibung

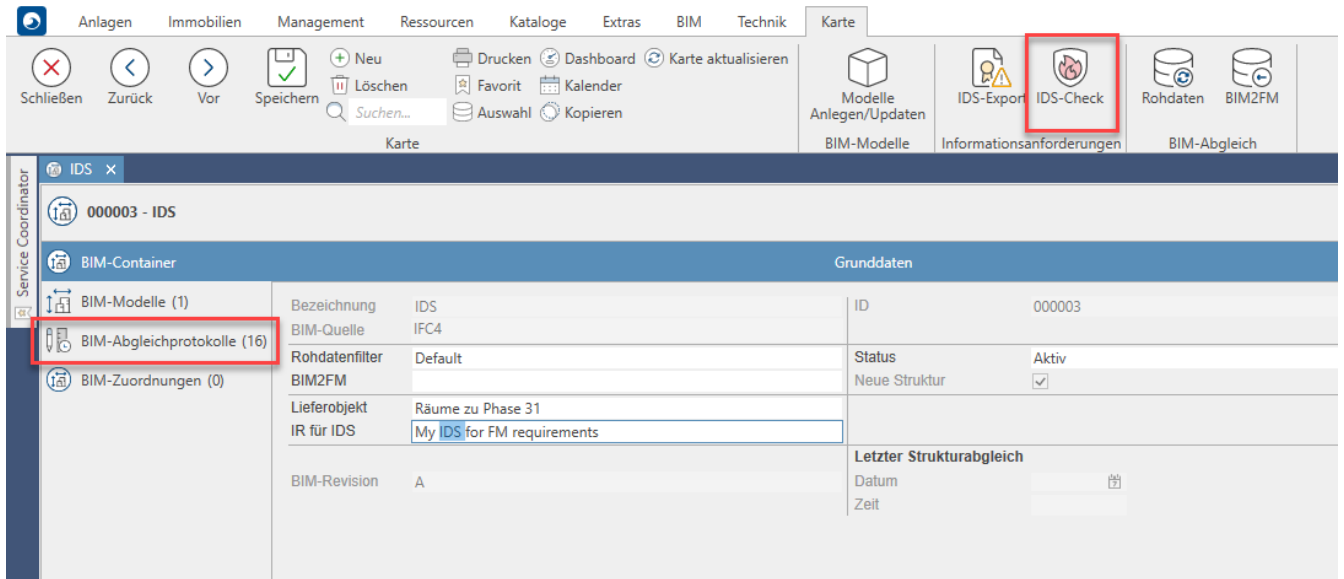
Prozessübersicht Übernahme und Annahme Informationsbereitstellung



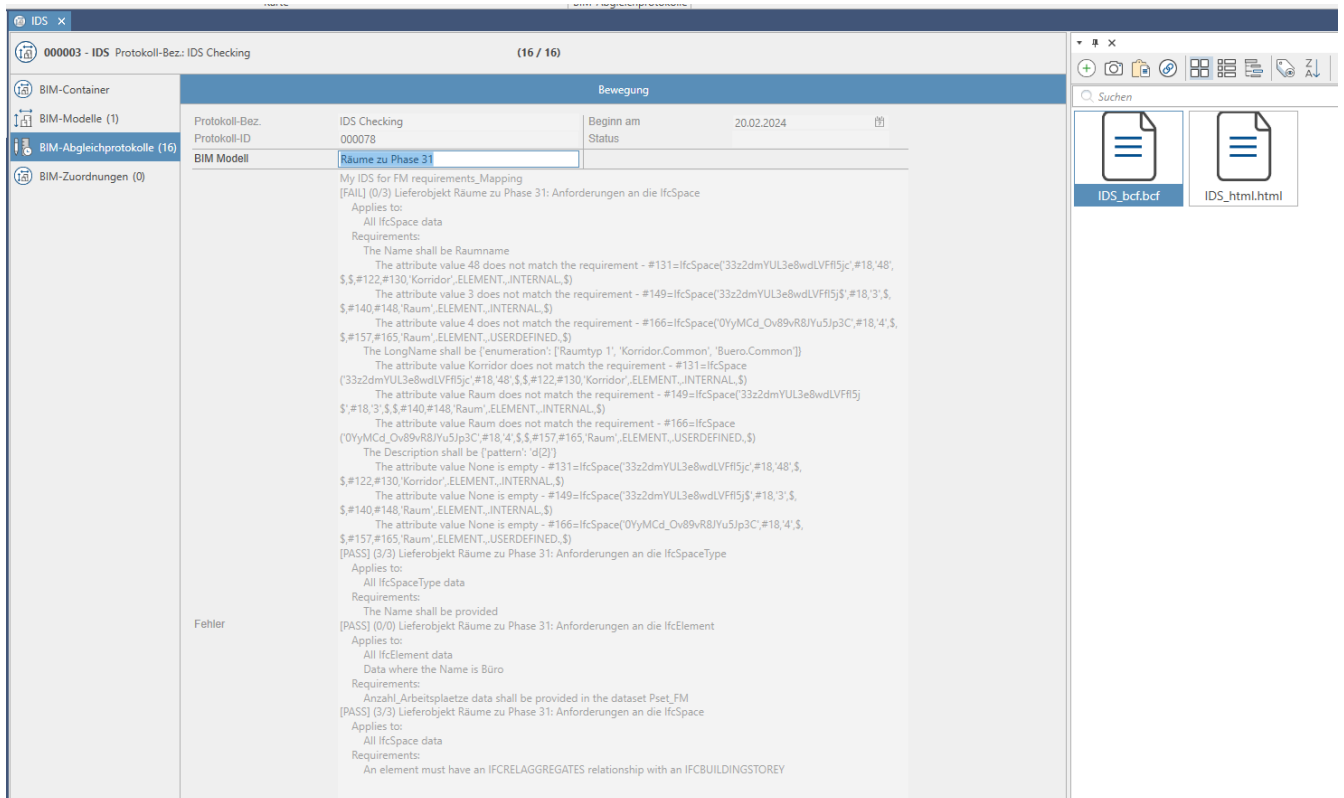
1. Über die Schaltfläche «Modell Anlegen/Update» alle Modelle der Informationslieferung importieren. Zu jedem Modell wird eine zugehörige Bewegung «BIM-Modell» angelegt. (Teil des nativen Paketes «BIM-Basis» von Loy & Hutz.



2. Nach Import der Modelle über die Schaltfläche «IDS-Check» die Validierung gegen die zugewiesene Informationsanforderung starten. Zu jedem Validierungsdurchgang wird eine Bewegung «BIM-Abgleichprotokoll» mit den Validierungsergebnisse angelegt.

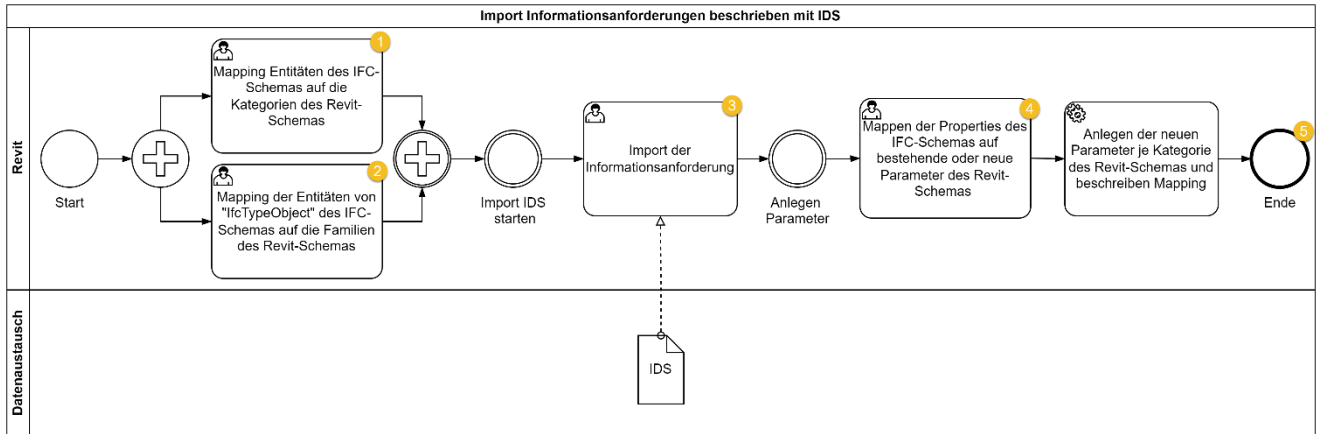


3. Die Bewegung ist Teil des nativen Pakets «BIM-Basis». Diese zeigt regulär nur die Validierungsergebnisse des Imports und BIM2FM Mappings. Im Umfang PoC Ergänzung zur Darstellung der Validierungsergebnisse gegen die Informationsanforderung. Ergebnisse werden als Text in einem Mefeld dargestellt sowie als Datei im BCF-Format im DMS angelegt und mit der Bewegung verknüpft.

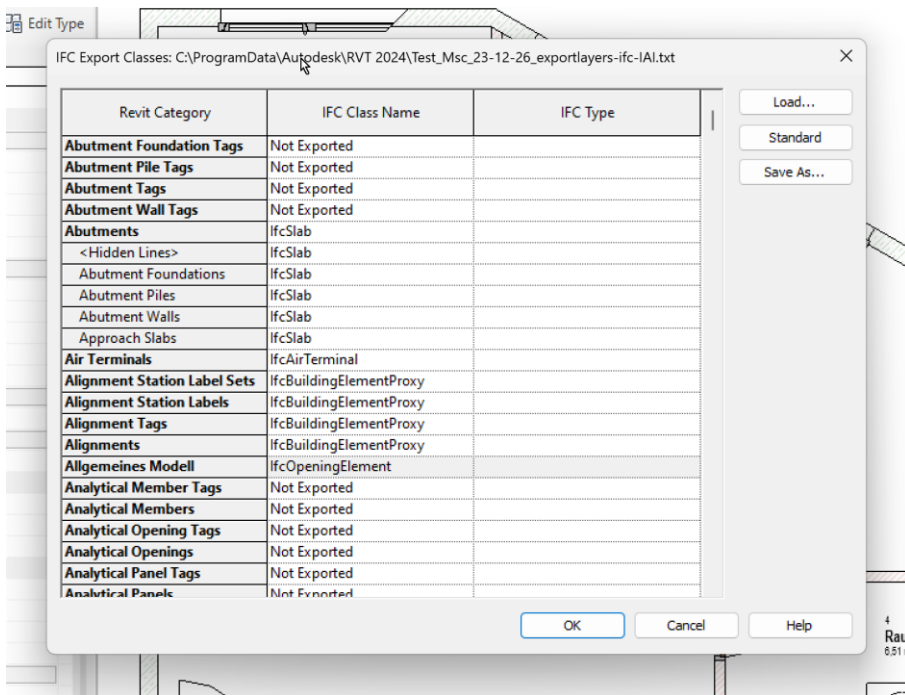


Anhang H Dokumentation Prozess PoC in Revit

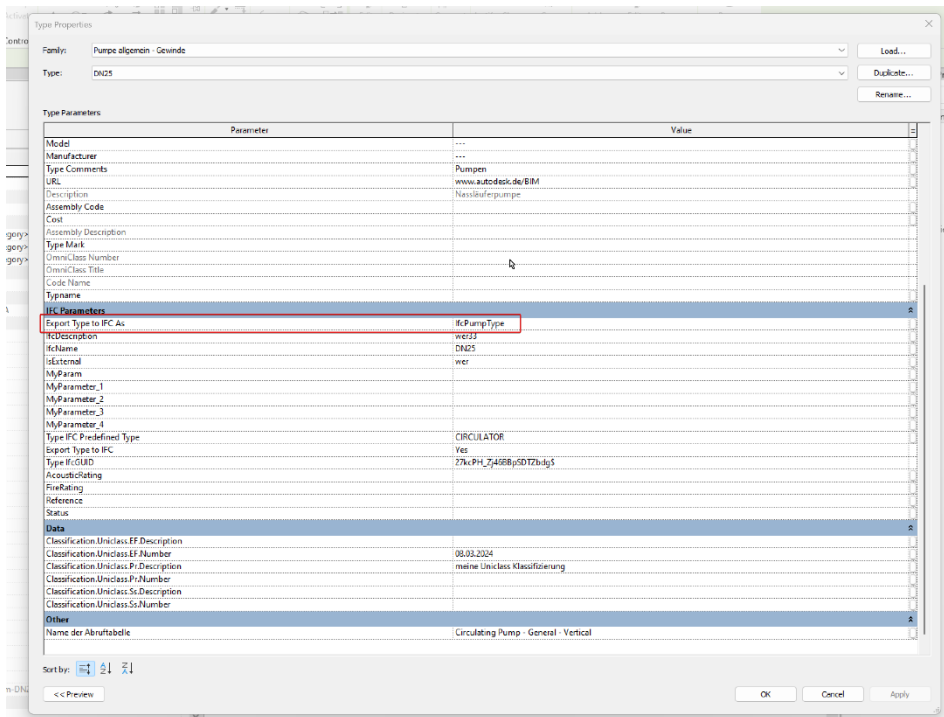
Prozessübersicht Import IDS



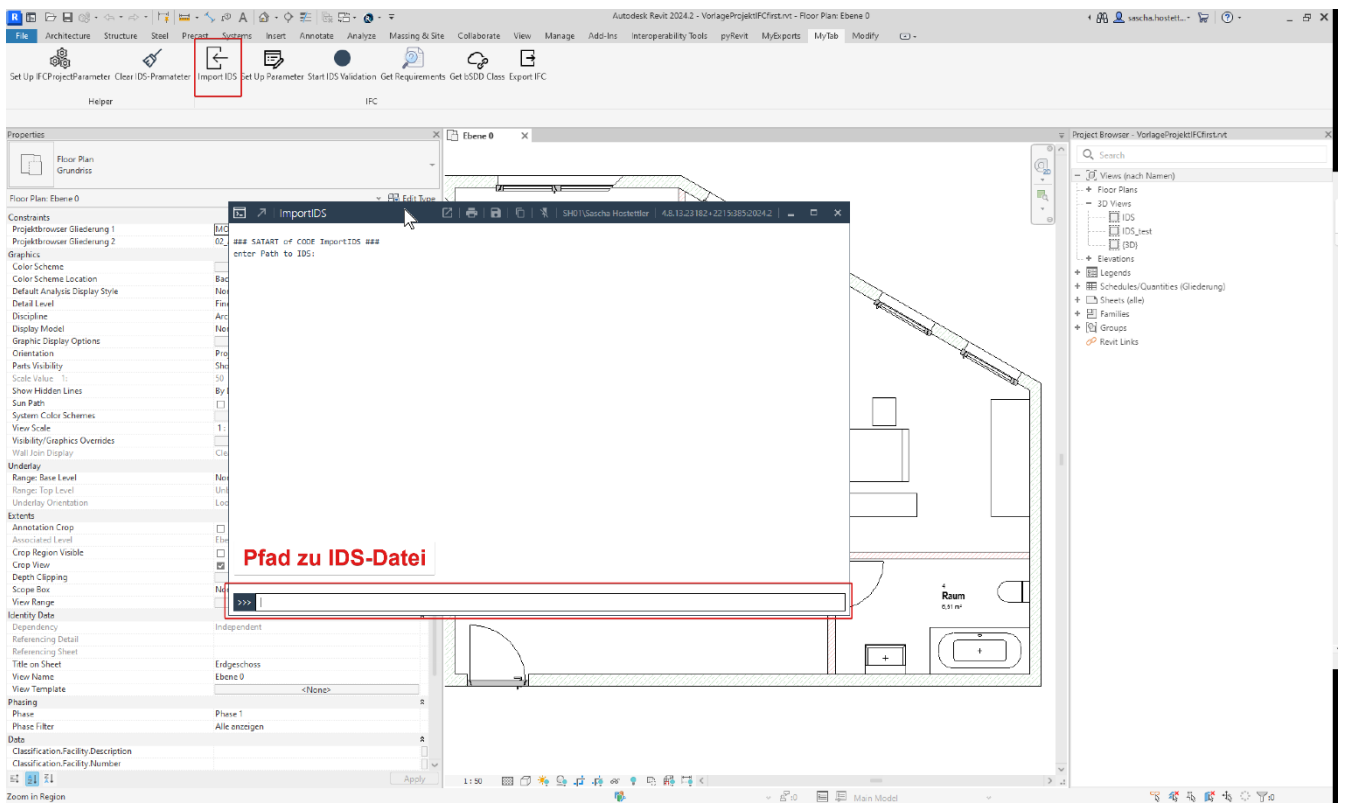
1. Über die native Benutzereingabe von Revit das Mapping der Kategorien auf die Entitäten des IFC-Schemas erstellen.



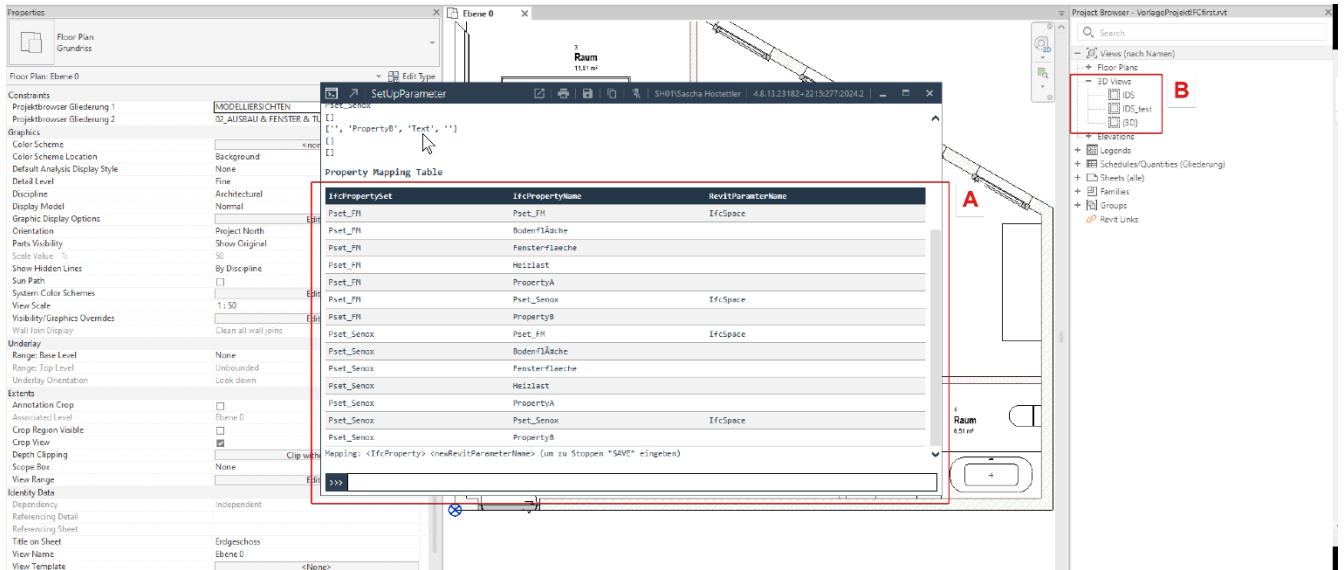
2. Falls unter den Parameter «Export Typeto IFC As» unter den Familientypen nicht vorhanden ist, muss dieser angelegt werden. Über diesen Parameter erfolgt das Mapping der Revit Familientypen auf die «IfcTypeObject» des IFC-Schemas.



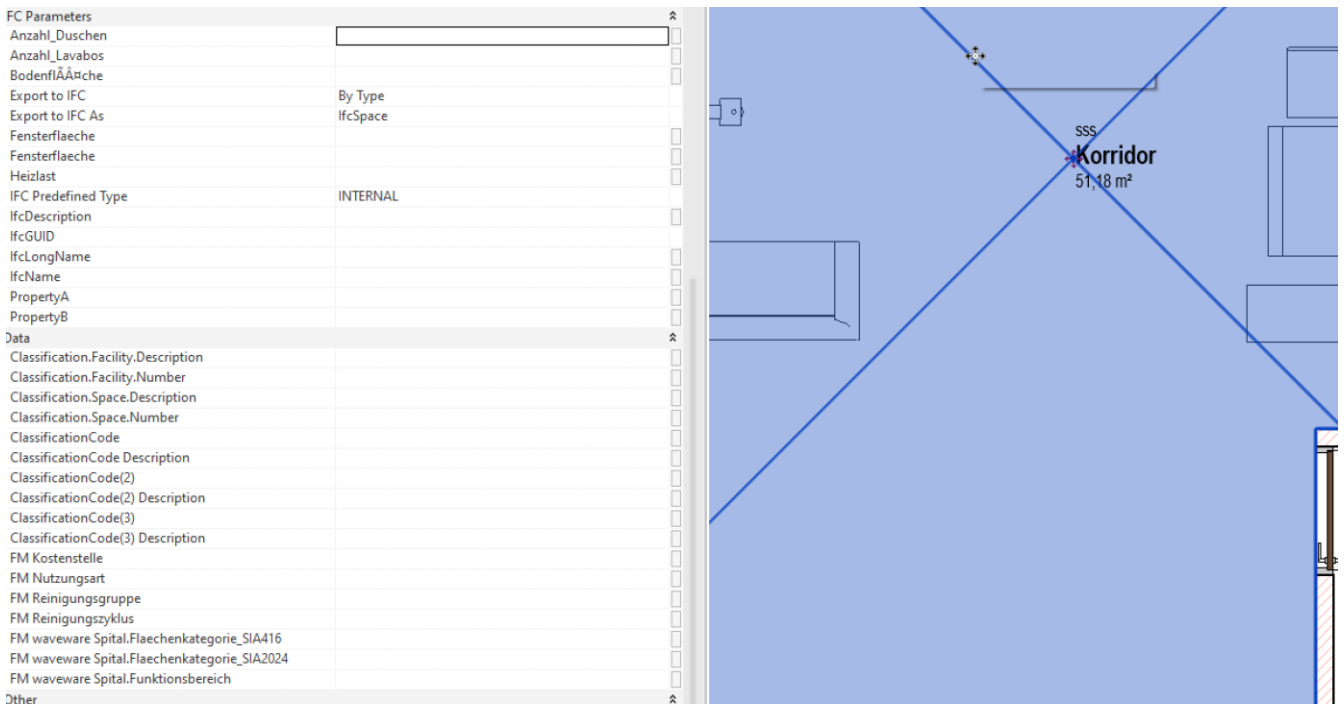
3. Über die Schaltfläche «Import IDS starten» in dem Ribbon «My Tab» den IDS-Import Starten. In dem Eingabefenster den Pfad zu der Datei eingeben.



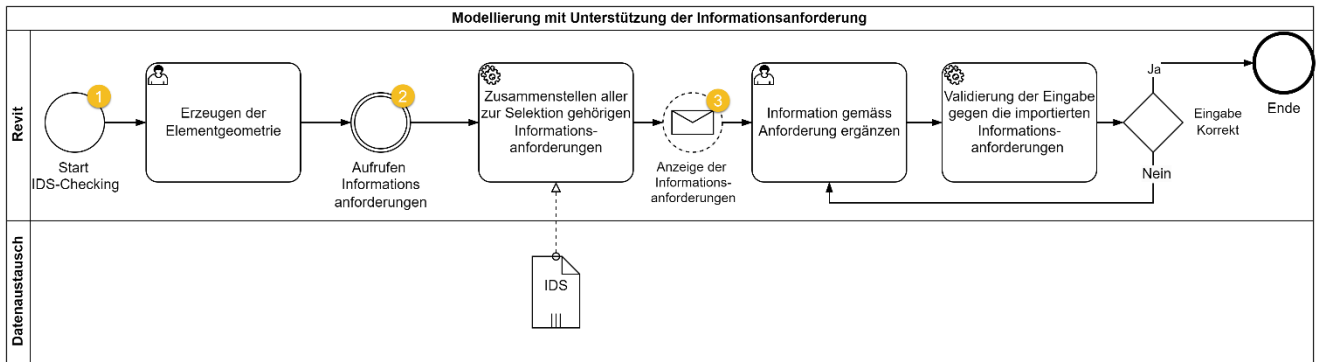
4. Über die Schaltfläche «Set Up Parameter» in dem Ribbon «My Tab» den zweiten Importschritt starten. In dem Eingabefenster das Mapping der Properties aus der Informationsanforderung auf bestehende oder neue Parameter erstellen.



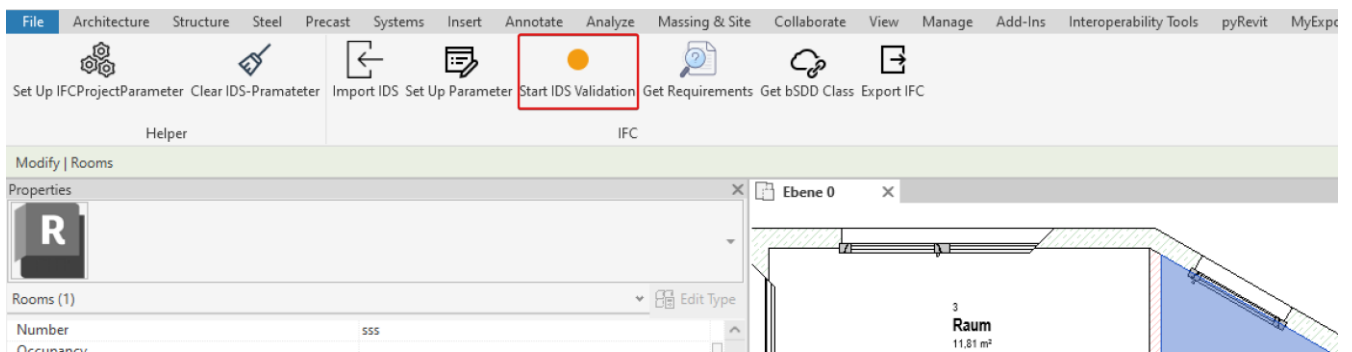
5. Parameter, welche nicht bereits vorhanden sind werden an den Kategorien gemäss Informationsanforderung angelegt.



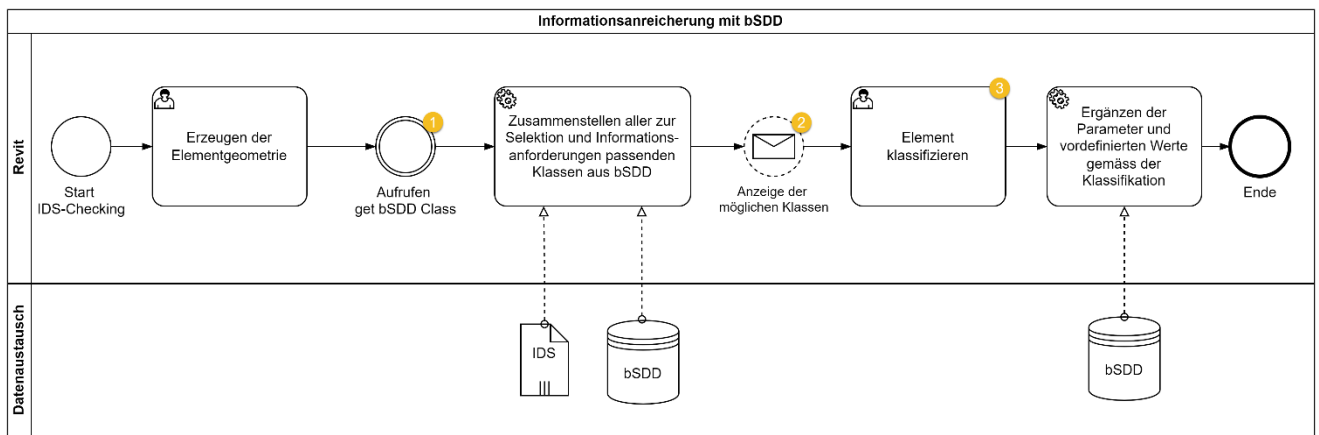
Prozessübersicht Modellierung mit Unterstützung der Informationsanforderung



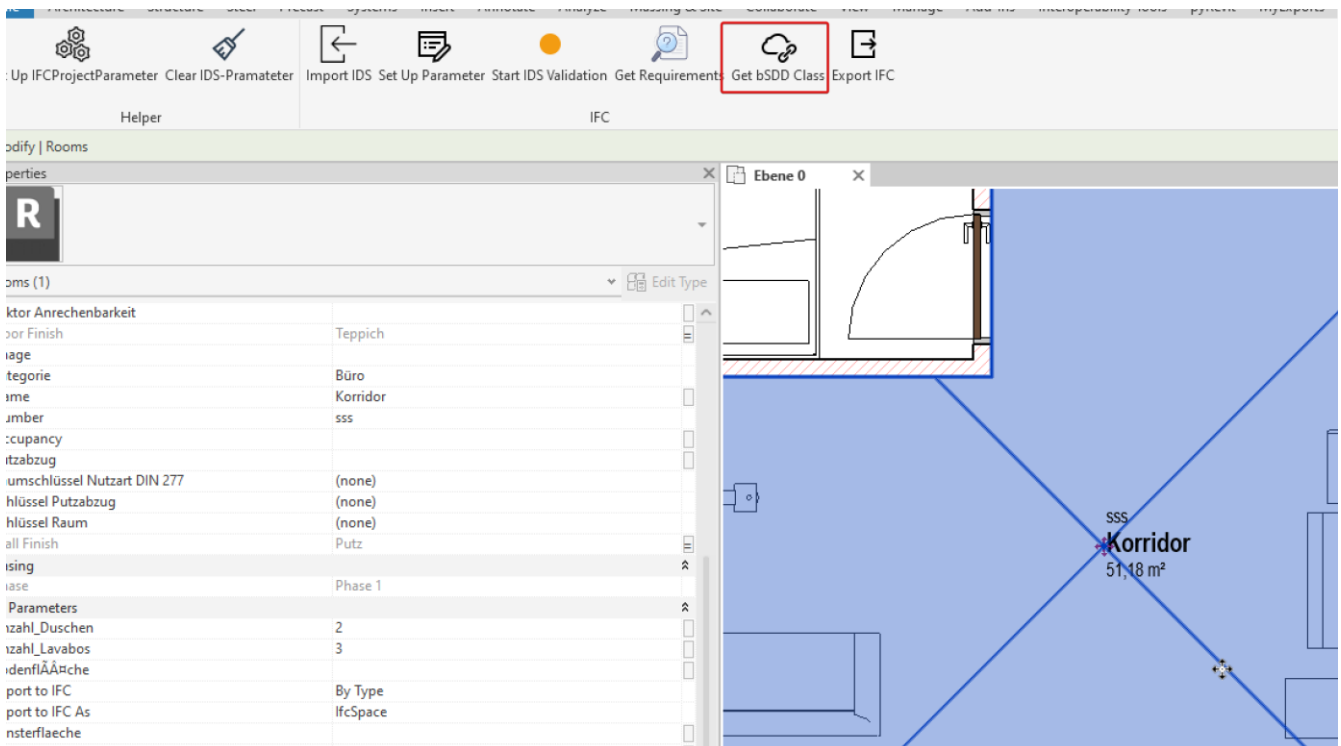
1. Die Unterstützung der Modellierung von alphanumerischen Informationen durch die importierten Informationsanforderung wird über die Schaltfläche «Start IDS-Checking» im Ribbon «My Tab» gestartet.



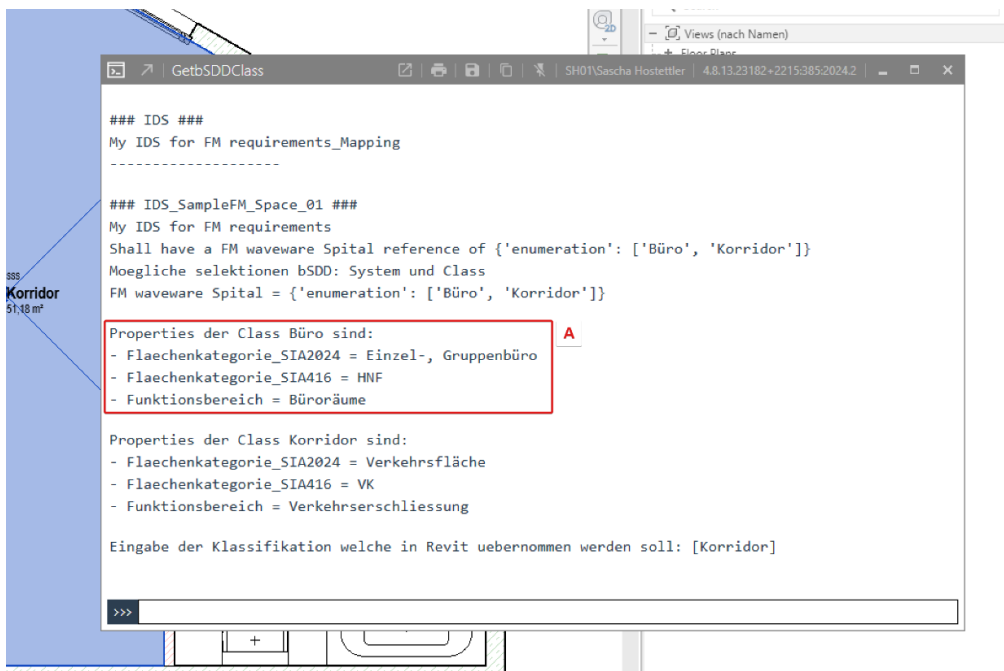
Prozessübersicht Informationsanreicherung mit bSDD



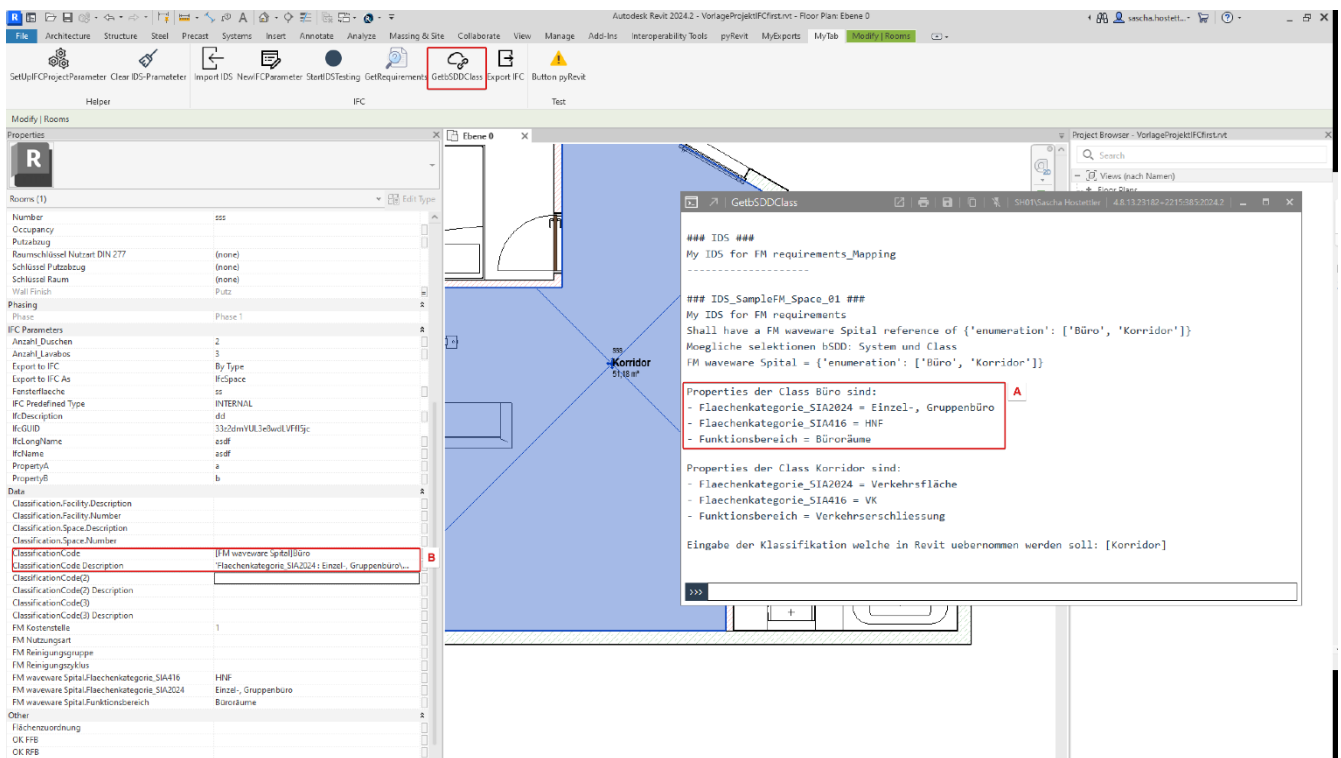
1. Soll ein Element klassifiziert werden, kann dies mit der Unterstützung von bSDD erfolgen. Dafür wird das entsprechende Element selektiert und über die Schaltfläche «Get bSDD Class» im Ribbon «MyTab» das Kontextfenster geöffnet.



2. Im Kontextfenster werden in erster Priorität alle zu dem Element zutreffenden Informationsanforderung bezüglich einer Klassifikation (Classification Facette) aufgezeigt, in zweiter Priorität alle Klassifikationen eines definierten Klassifikationssystem und der Assoziation auf, die dem Element zugewiesene Entität des IFC-Schemas und in dritter Priorität kann, das bSDD frei durchsucht werden.

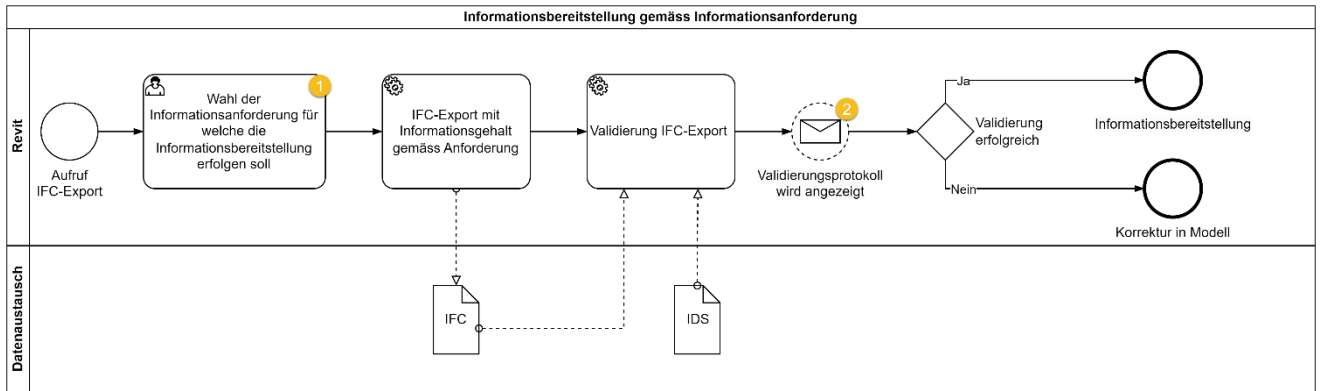


3. Im Kontextfenster kann die gewünschte Klassifikation zu dem selektierten Element gewählt werden. Damit wird der Klassifikations-Code der gewählten Klasse als Parameterwert übernommen. Ist die gewählte Klasse zusätzlich durch Properties beschrieben werden auch diese übernommen.

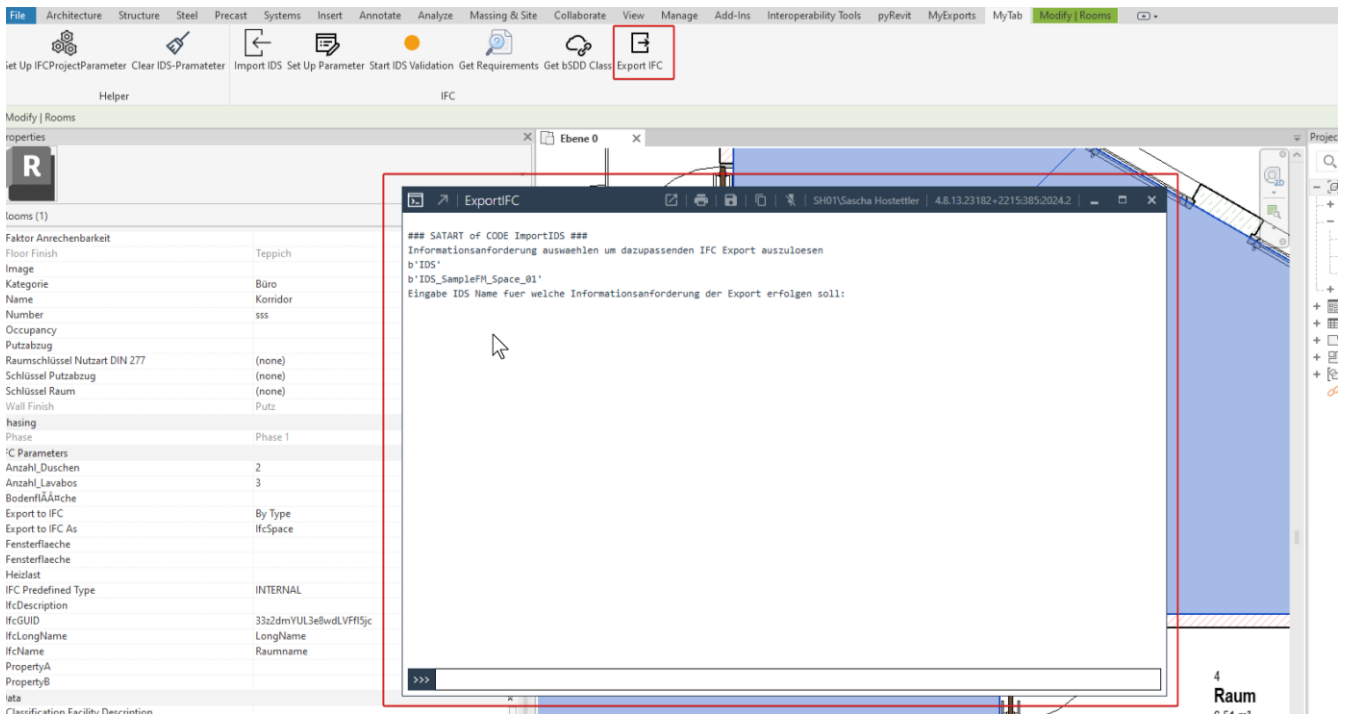


4. Der klassifikations-Code sowie die beschreibenden Properties sind in davor vorgesehenen Felder übernommen.

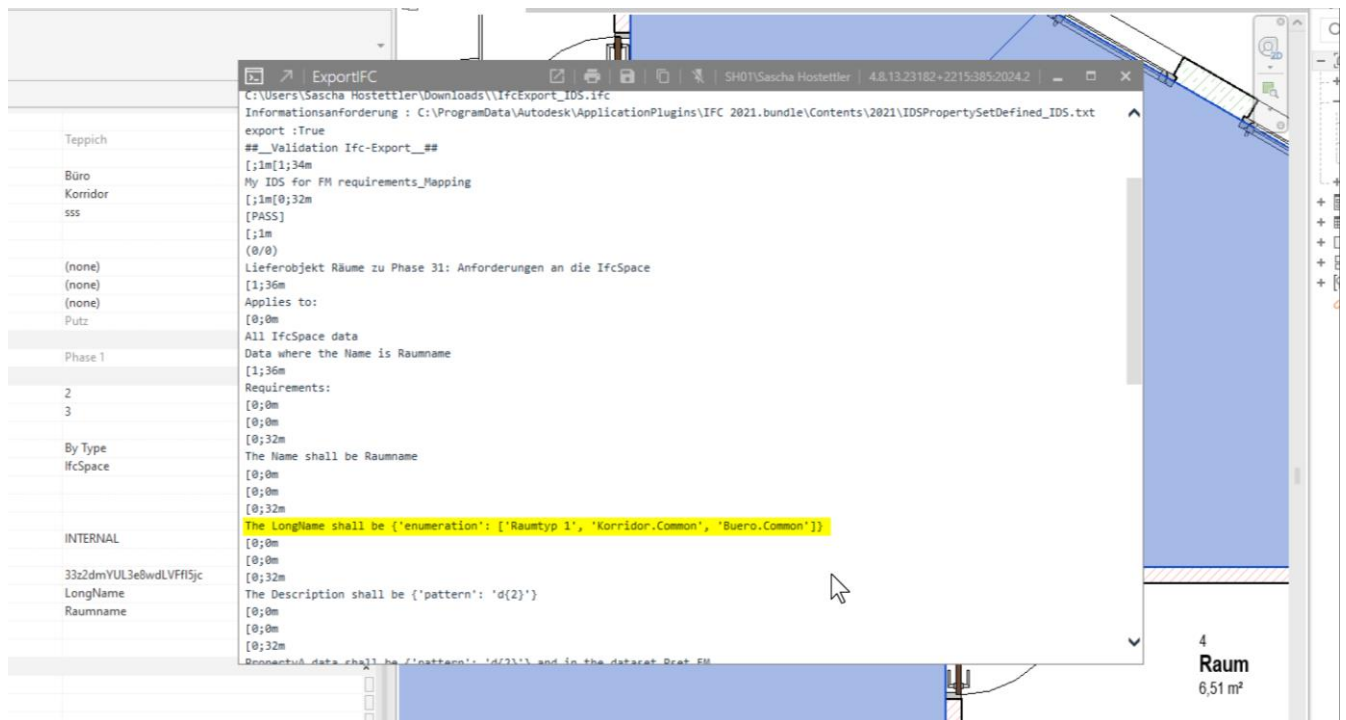
G2.4: Prozessübersicht Informationsbereitstellung gemäss Informationsanforderung



1. Um die Informationsbereitstellung konkret einer Informationsanforderung auszulösen, muss der Export über die Schaltfläche «IFC-Export» im Ribbon «My Tab» erfolgen. Damit erscheint eine Auswahl der importierten Informationsanforderung, für die Wahl des dazugehörigen Exportes.



2. Nach erfolgreichem Export der IFC-Austauschdatei wird diese direkt gegen die Informationsbereitstellung validiert. Das Validierungsergebnis wird in einem separaten Fenster angezeigt.



* Anmerkung: Die Exportqualität kann im Umfang des PoC nur bedingt erreicht werden. Die IfcSpace werden nicht exportiert, damit auch alle damit verbundenen Informationen nicht.

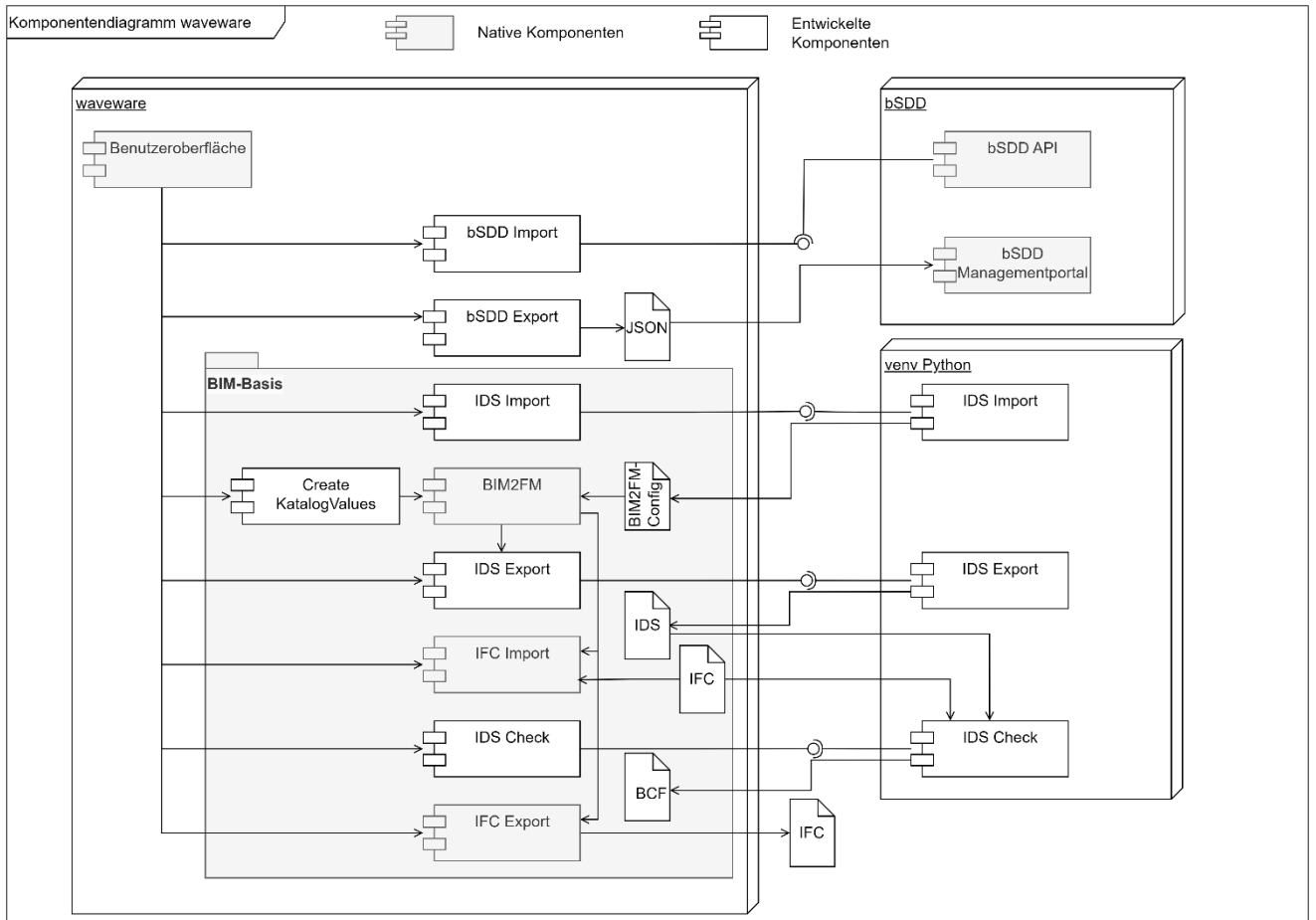
Anhang I Übersicht der im PoC umgesetzter Facetten von IDS

Übersicht im PoC umgesetzter Facetten	CAF-M-Applikation waveaware (Importieren)*			CAF-M-Applikation waveaware (Beschreiben)*			Autorenapplikation Revit (Import und verarbeiten)*		
	Applicability	Restrictions	Optionalität	Applicability	Restrictions	Optionalität	Applicability	Restrictions	Optionalität
Legende: x Verarbeitung ist möglich x ist eine zwingende Eingabe (x) Verarbeitung nur teilweise möglich * Prüfung ist vollumfänglich möglich Restrictions: 1) SimpleValue 2) SimpleValue, Enumeration, Pattern Optionalität: a) Optionale b) Zwingend, Optional, Verboten	Applicability	Restrictions	Optionalität	Applicability	Restrictions	Optionalität	Applicability	Restrictions	Optionalität
	x	1)	a)					x	1)
Facet Entity									
Entity Name									
Entity Name + Predefined Type									
Attribute Name									
Attribute Value									
Classification System									
Classification Value									
Classification URI									
PropertySet + Base Name									
PropertySet + Base Name + Property DataType									
PropertySet + Base Name + Property Value									
PropertySet + Base Name + Property URI									
Part of Entity									
Part of Entity + Part of Relation IFCRELAGGREGATES									
Part of Entity + Part of Relation IFCRELASSIGNSTOGROUP									
Part of Entity + Part of Relation IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE									
Part of Entity + Part of Relation IFCRELNESTS									
Part of Entity + Part of Relation IFCRELVOIDSELEMENT									
Part of Entity + Part of Relation IFCRELFILLSELEMENT									
Material Value									
Material URI									

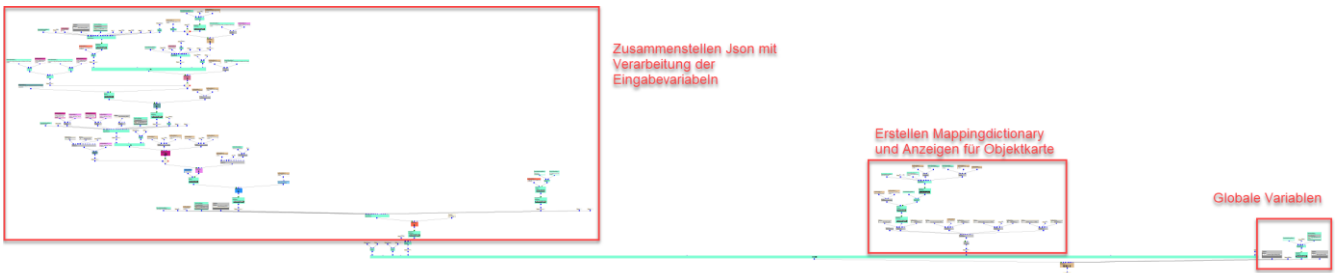
Anhang J Dokumentation Umsetzung in waveware

Übersicht Komponenten

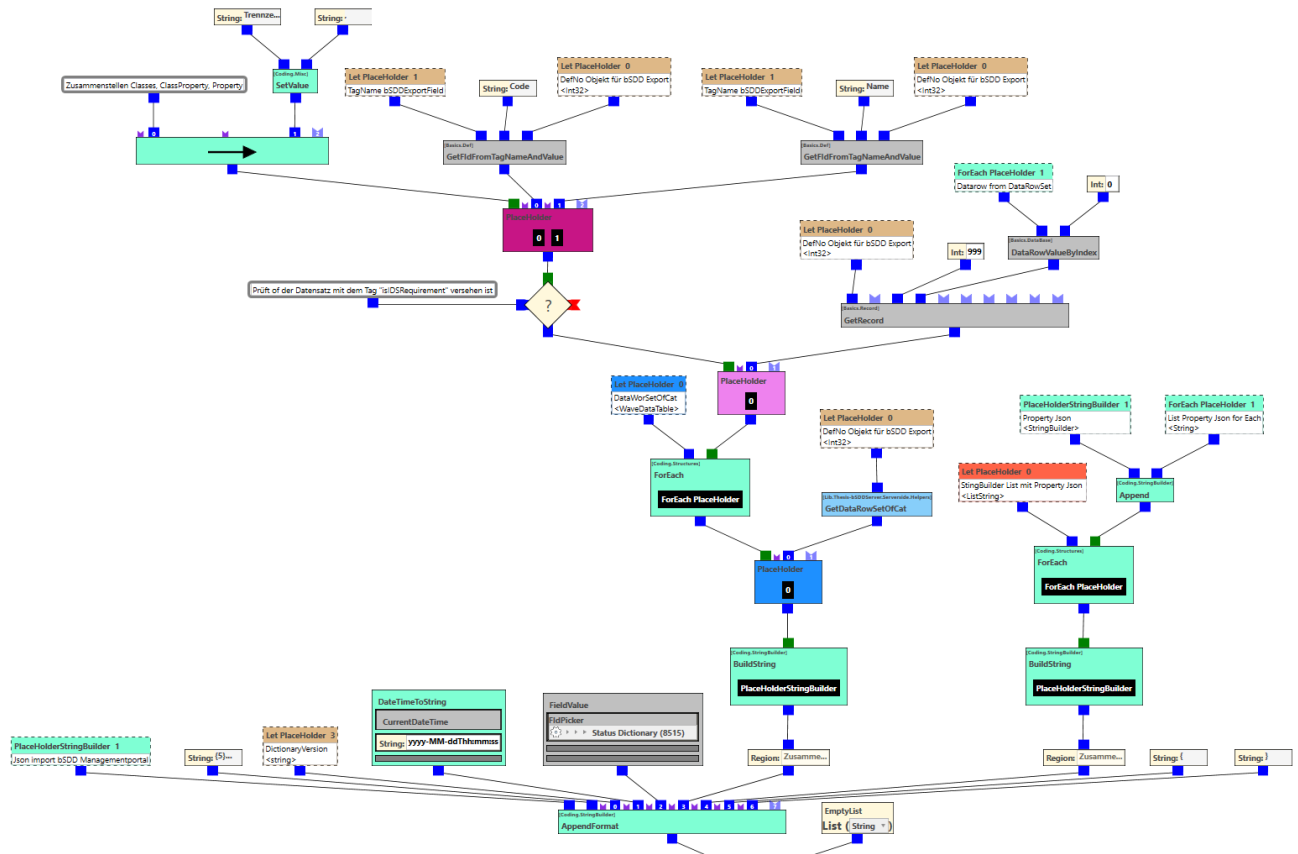
Die Umsetzung der Datenverarbeitung in waveware erfolgt teilweise in der proprietären grafischen Programmiersprache. Diese wird im Systembaukasten des Datenmanagements beschrieben, welcher als Konfigurator von waveware dient. Die damit beschriebenen Skripte mit der Dateiendung «.ulh-script» können in einem Texteditor geöffnet und gelesen werden. Zur Unterstützung deren Verständnis wird untenstehend auf die Hauptskript der entwickelten Komponenten eingegangen. Die jeweiligen Dateien sind in dem Ordner der Applikationen gemäss Position im Komponentendiagramm abgelegt.



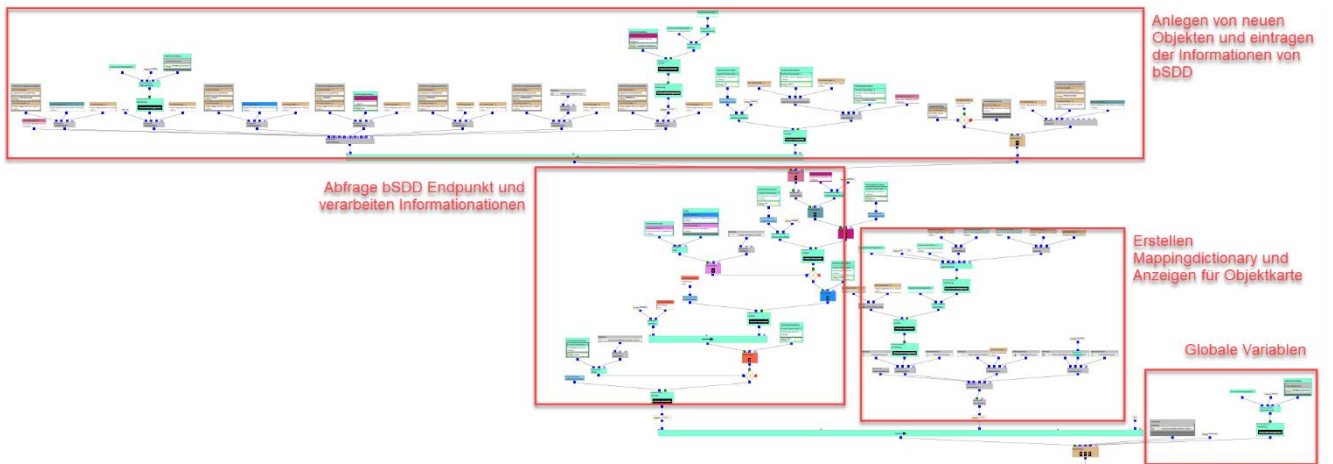
Das Skript «PostBsddData» in der nativen graphischen Programmiersprache von waveware:



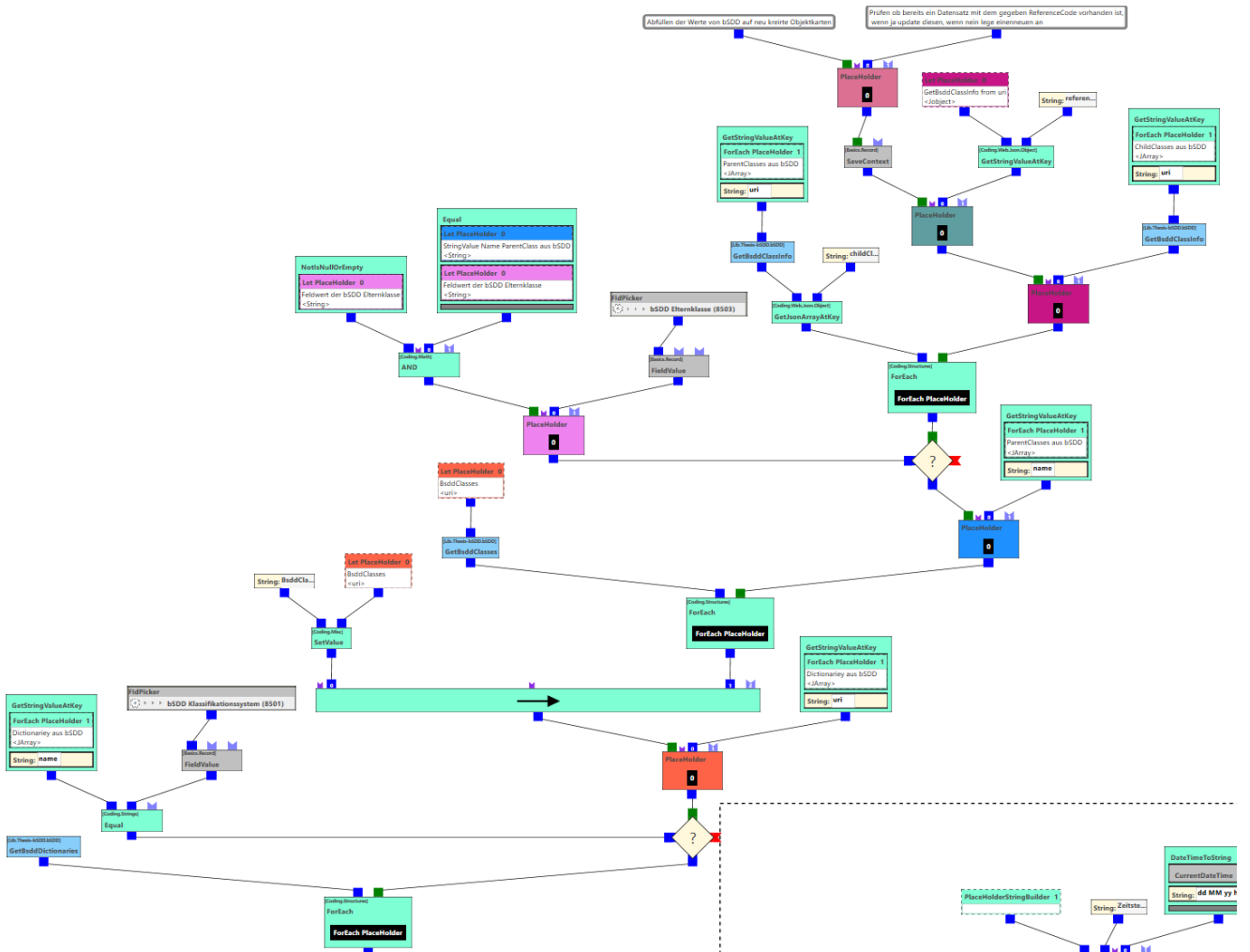
Im Detail sieht der massgebende Teil zur Aufbereitung des Json wie folgt aus:



Das Skript «GetBsddData» in der nativen graphischen Programmiersprache von waveware:

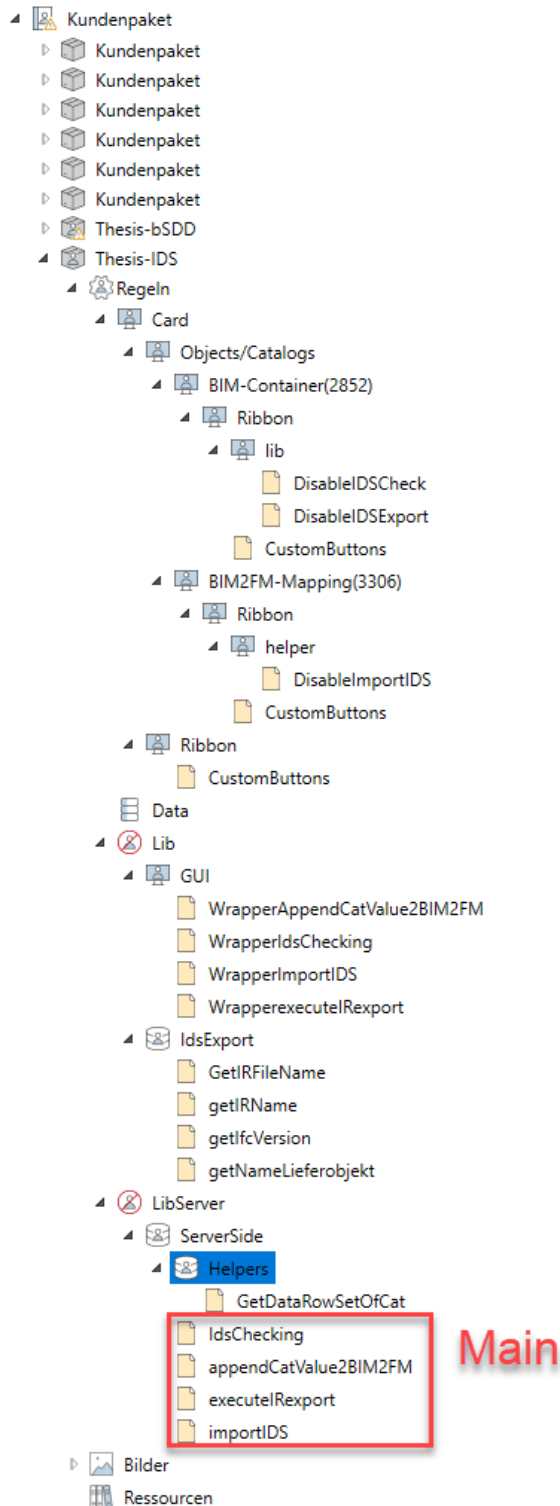


In Detail sieht der massgebende Teil der Verarbeitung der bSDD-Informationen wie folgt aus:

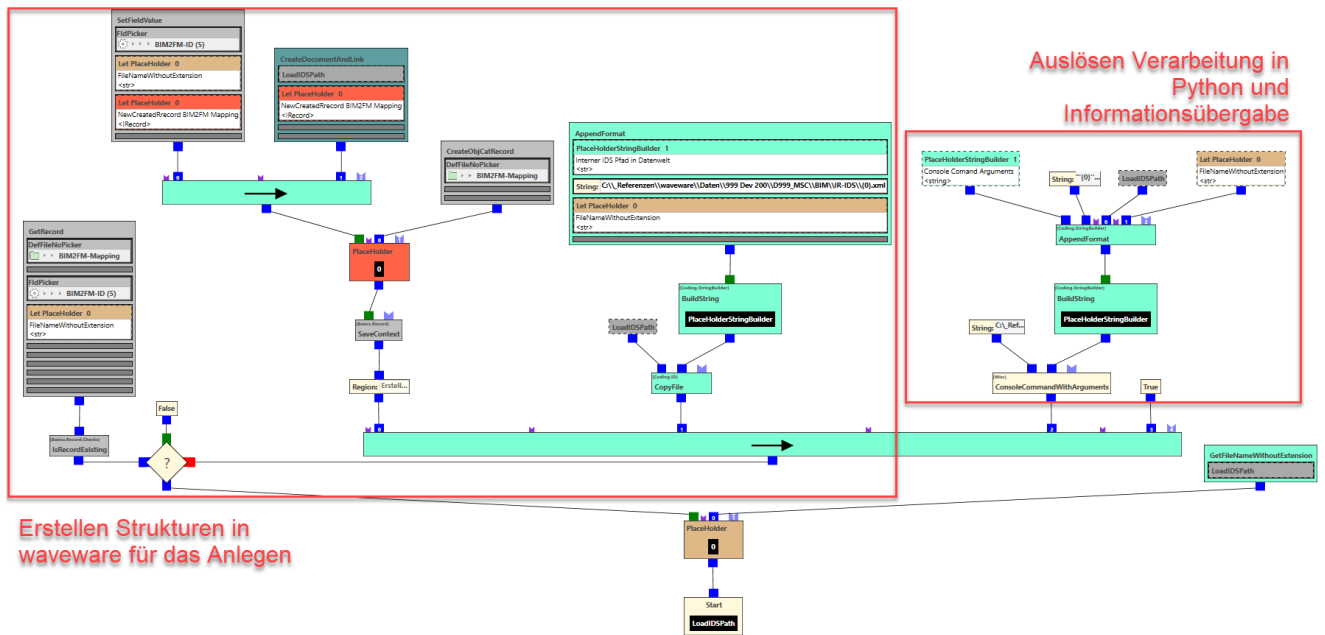


Import und Export von IDS-Austauschformaten

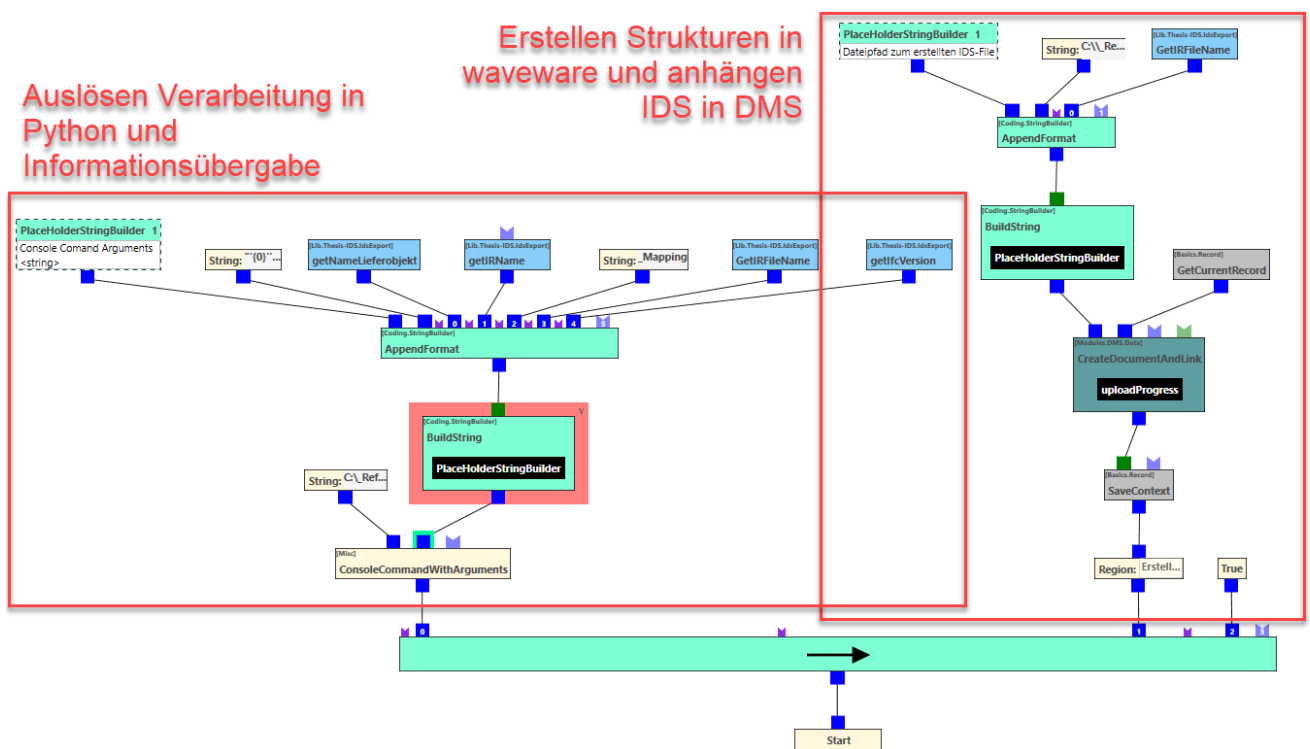
Für die Datenverarbeitung im Kontext des IDS-Format werden die Informationen in waveware zusammengestellt und an ein Skript in CPython übergeben. Das Aufrufen erfolgt mit dem Baustein «ConsoleCommandWithArguments», womit die ausführbare «.bat» -Datei ausgeführt wird, welche die Skripte in CPython für die effektive Verarbeitung aufruft. Die entsprechenden «.bat» Die Codes sind als Dateien gemäss Anhang K beigelegt.



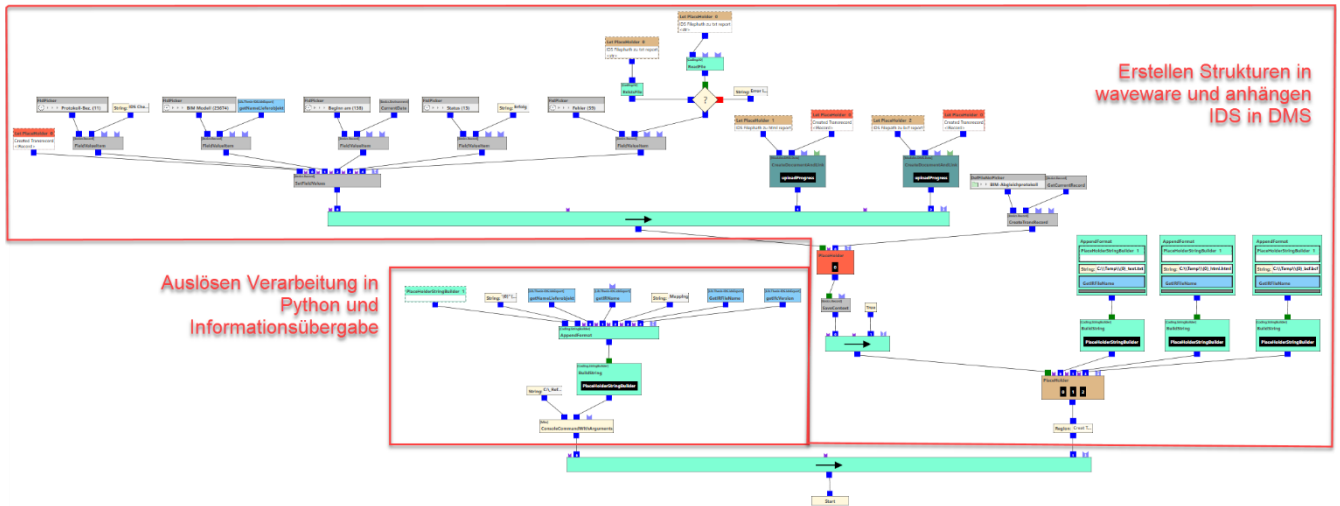
Das Skript «importIDS» in der nativen graphischen Programmiersprache von waveware:



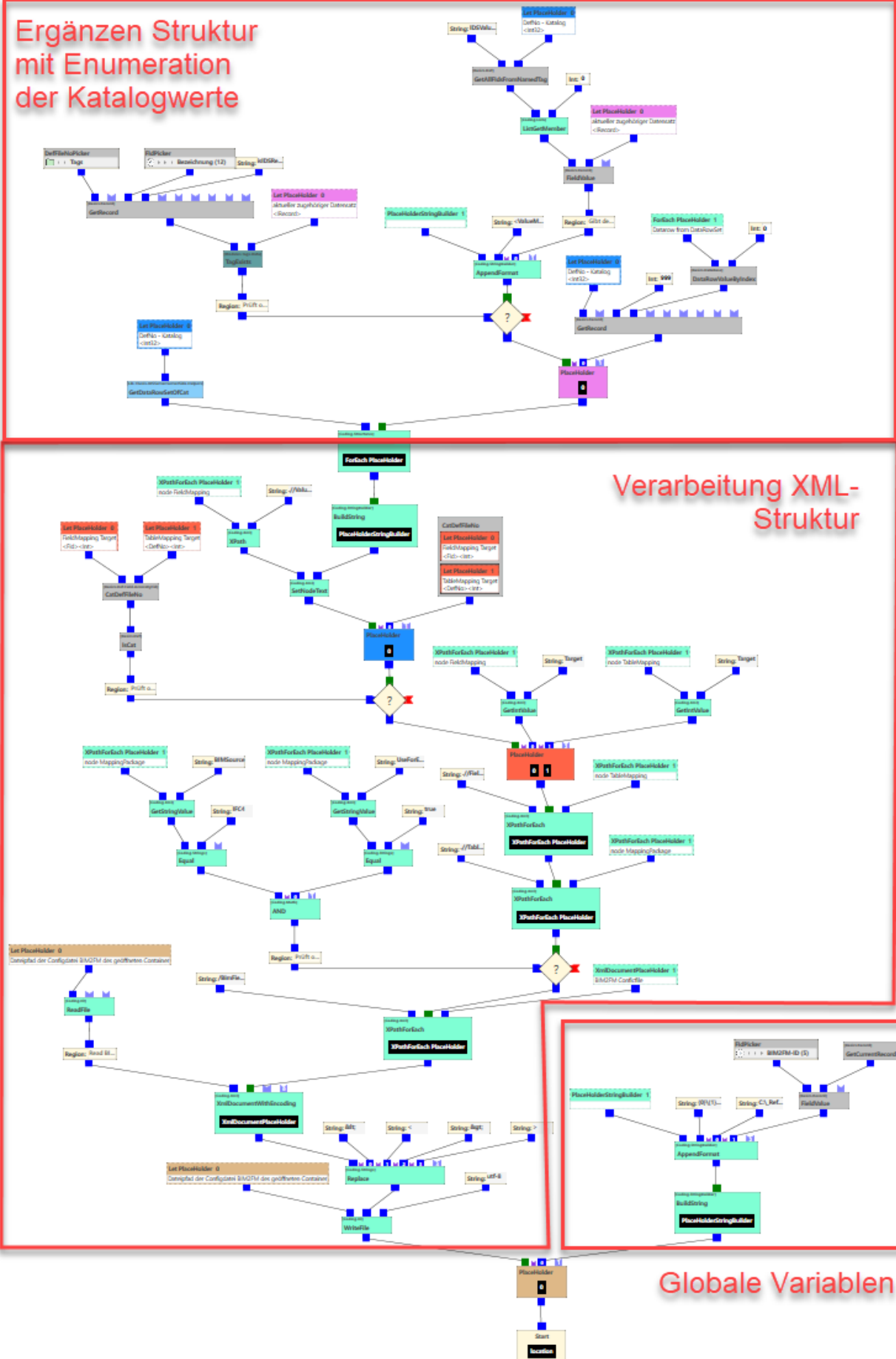
Das Skript «executelRexport» in der nativen graphischen Programmiersprache von waveware:



Das Skript «idsChecking» in der nativen graphischen Programmiersprache von waveware:



Das Skript «appendCatValue2BIM2FM» in der nativen graphischen Programmiersprache von wave-ware:



Anhang K Quellcode Proof of Concept

Im Umfang der Umsetzung des Proof of Concept wurden Implementierungen in der Autorenapplikation Revit sowie in der CAFM-Applikation waveware umgesetzt. Die damit einhergehenden Codes sind in der Beilage nach der nachfolgend beschriebenen Struktur beigelegt.

