



Master's Thesis

**5D BIM quality management:
Quality assurance of BIM-based tenders for an
efficient Open BIM process**

Diplomarbeit

**5D BIM Qualitätsmanagement:
Qualitätssicherung der BIM-basierten Ausschreibung für einen
effizienten Open-BIM-Prozess**

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

Eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Architektur

Von

Mahmoud Amer, B.Sc.

Matr. Nr.: 01646638

Unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Iva Kovacic**

Dipl.-Ing. Dr. techn. **Goran Sibenik**

Institut für Hoch- und Industriebau

Technische Universität Wien,

Karlsplatz 13/234-1, A-1040 Wien

Wien, Oktober 2023

Vorwort

Mein Interesse an der Digitalisierung im Bauwesen wurde vor mehr als sieben Jahren geweckt. Meine praktischen Erfahrungen mit BIM habe ich während meines Studiums sowie meiner Arbeit in unterschiedlichen Architekturbüros und meiner aktuellen Position als BIM-Projektingenieur bei einem renommierten Bauunternehmen gesammelt. Dabei konnte ich Erfahrungen im Umgang mit BIM-Modellen auf Seiten sowohl der Planer als auch der Ausführenden sammeln. Mir wurde schnell klar, wie komplex der Übergangsprozess zwischen Planern als Auftraggeber und ausführenden Bauunternehmen als Auftragnehmer ist. In der folgenden Arbeit wird dieser Prozess in Bezug auf BIM-basierte Ausschreibungen näher betrachtet und ein Rahmenwerk für einen Qualitätssicherungsprozess für die Übergabe und Übernahme von BIM-Modellen entwickelt. Ziel ist es, den Übergabeprozess zwischen Planer und Ausführender unter Anwendung von BIM zu erleichtern und dafür mögliche Optimierungsansätze definieren zu können.

Mein besonderer Dank gilt Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kovacic für ihre absolut konstruktiven Inputs und Einblicke in die Baubranche. Trotz meiner Vollzeitbeschäftigung und der Komplexität des Themas gab es keinerlei Einschränkungen im Austausch rund um die Arbeit. Ein herzliches Dankeschön für die wertvollen Korrekturen und für die Möglichkeit, Experten des AIT „Austrian Institute of Technology“ für die Zielerreichung dieser Arbeit zu interviewen.

Bevor ich mit der wissenschaftlichen Arbeit in den folgenden Kapiteln beginne, möchte ich mich an dieser Stelle vor allem bei meiner Familie und allen Menschen in meinem Umfeld bedanken, die mich auf meinem Weg während meines Studiums an der Technischen Universität Wien begleitet haben. Außerdem möchte ich mich bei meinem Arbeitgeber, meinen Arbeitskollegen und BIM-Experten herzlich bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Weiters bedanke ich mich beim AIT für die Ermöglichung von Expertengesprächen zum Thema dieser Arbeit und für die Bereitstellung der neuen ASI-Merkmale zur weiteren Verwendung in dieser Diplomarbeit.

Gender Disclaimer: Der Verfasser legt Wert auf eine geschlechtsneutrale Schreibweise. Aus Gründen der Lesbarkeit wird nur ein Geschlecht genannt. Dies hat keine Benachteiligung zur Folge und ist als geschlechtsneutral zu verstehen.

Kurzfassung

Die Anwendung von BIM ist heute in der Baubranche weit verbreitet, jedoch werden noch nicht alle Vorteile ausgeschöpft. Für die österreichische Bauwirtschaft bleibt es eine große Herausforderung, einen reibungslosen und durchgängigen Prozess zwischen Planung und Ausführung zu gewährleisten. In den meisten Fällen erfüllen BIM-Modelle, die von Planern gemäß den Anforderungen des öffentlichen Auftraggebers im Rahmen der Ausschreibung erstellt wurden, nicht die Erwartungen der Bauunternehmen, wodurch eine weitere Verwendung dieser Modelle verhindert wird. Die Überprüfung externer Modelle auf ihre Qualität vor der Übernahme stellt nach wie vor eine Schwierigkeit dar, da es für BIM-basierte Ausschreibungen bisher keinen einheitlichen und allgemeingültigen Standard gibt. Bauunternehmen greifen darauf zurück, die BIM-Modelle projektspezifisch mit internen Standards neu zu modellieren, anstatt sie vom ursprünglichen Modellersteller zu übernehmen, was einem durchlaufenden BIM-Prozess nicht entspricht. Diese Lösungsansätze sind nicht nur zeit- und kostenaufwändig, sondern auch fehleranfällig und können zu erheblichen Datenverlusten führen. Es steht jedoch nicht allen Unternehmen die benötigten Ressourcen oder Größe zur Verfügung, um alternativen Ansätze zu verfolgen.

Der ASI-Merkmalserver in Österreich bietet durch seine Anbindung an den internationalen Property Server von Building Smart und seinen laufenden Entwicklungen zur Vereinheitlichung der BIM-Definitionen im Hinblick auf spezifische Anwendungsfälle einen Standard, wonach die Qualität der BIM-Modelle z.B. bei BIM-basierten Ausschreibungen für ein durchlaufender Open BIM Prozess sichergestellt werden kann. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde ein Framework für ein Qualitätssicherungsverfahren entwickelt, mit dem die Qualität der Modelle in Bezug auf die erforderlichen Informationen für die festgelegten BIM-Anwendungsfälle gemäß einem Standard z.B. der ASI-Merkmalserver gewährleistet werden kann. Da die BIM-basierte Ausschreibung für diese Arbeit als Anwendungsfall fixiert wurde, wird das ASI-Merkmalserver diesbezüglich analysiert und mit der LB-HB verglichen, um mögliche Verbesserungspotenziale für das ASI-Merkmalserver definieren zu können. Basierend auf diesen Analysen wurden Merkmallisten erstellt, die als Grundlage für die Modellprüfung durch das entwickelte Framework dienen. Dieses Framework wurde in einer Prüfsoftware implementiert und auf sechs Fallstudien angewandt, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung erstellt worden waren. Dadurch war es möglich, Aussagen über die Qualität dieser BIM-Modelle zu treffen, und darauf aufbauend Optimierungsmöglichkeiten und Empfehlungen für die Bauwirtschaft abzuleiten.

Schlagwörter: BIM; Qualitätsmanagement; Qualitätssicherung; BMC; Open BIM;
Ausschreibung; Merkmale; IFC; ASI-Merkmalserver

Abstract

The use of BIM is now widespread in the construction industry, but not all its advantages are yet being exploited. For the Austrian construction industry, it remains a major challenge to ensure a smooth and continuous process between planning and execution. In most cases, BIM models created by planners in accordance with the requirements of the public client as part of the tendering process do not meet the expectations of the construction companies, which prevents further use of these models. Checking external models for quality prior to adoption remains a difficulty, as there is no uniform and universally applicable standard for BIM-based tenders to date. Construction companies resort to re-modelling the BIM models project-specifically with internal standards instead of adopting them from the original model creator, which does not correspond to a continuous BIM process. These approaches are not only time-consuming and costly, but also prone to errors and can lead to significant data loss. However, not all companies have the resources or size to pursue alternative approaches.

The ASI property server in Austria, through its connection to the Building Smart international property server and its ongoing development, provides a standard for standardizing BIM definitions for specific use cases, e.g., in BIM-based tenders, ensuring the quality of BIM models for a continuous Open BIM process. During this thesis, a framework for quality management was developed to ensure the quality of the BIM models about the required information for the defined BIM use cases according to a standard e.g., the ASI Property Servers. Since BIM-based tendering was fixed as a use case for this work, the ASI Property Server is analyzed in this respect and compared with the LB-HB to be able to define possible improvement potentials for the new development of the ASI Property server. Based on these analyses, Property lists were created that served as the basis for model testing by the developed framework. This framework was implemented in a testing software and applied to six case studies that had been created at the time of the tender. This made it possible to make statements about the quality of these BIM models and, based on this, to derive optimization options and recommendations for the construction industry.

Keywords: BIM; Quality management; Quality assurance; BMC; Open BIM; Tender; Properties; IFC; ASI Property Server

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Kurzfassung	ii
Abstract	iv
Inhaltsverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis	ix
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Ausgangssituation und Problemstellung	2
1.3. Bereitstellung von Fallstudien	3
2. Forschungsdesign	4
2.1. Forschungsfragen und Forschungsrahmen	4
2.1.1. Forschungsfragen	4
2.1.2. Forschungsrahmen	4
2.2. Zielsetzung	5
2.3. Methodik und Herangehensweise	5
3. Stand der Technik	9
3.1. BIM-Anwendungen und Methoden	9
3.1.1. BIM-Anwendungsfälle	10
3.1.2. BIM-Grundlagen und Definitionen	13
3.1.2.1. BIM-Levels	13
3.1.2.2. BIM- Dimensionen	14
3.1.2.3. Level of Development	15
3.1.2.4. BIM-Regelwerke	17
3.1.2.5. BIM-Rollen und Berufsfelder	18
3.1.2.6. Datenaustausch	20
3.1.2.7. Bauwerksinformationsmodell	21
3.1.2.8. Software-Anwendungen	22
3.1.3. BIM-Normierung und Standardisierung	23
3.2. BIM-basierte Qualitätsmanagement	26
3.2.1. Themengebiete des BIM-Qualitätsmanagements	26
3.2.2. Prozessbasierte Integration in Bezug auf BIM-Qualitätsmanagement	28
3.2.3. Qualitätssicherung durch BIM-basierte Modell Prüfung	31
3.2.3.1. Quality Gates	32
3.2.3.2. Komponenten von BIM-basierte Modell Prüfungen	32
3.2.3.3. Logik von BIM-basierte Modell Prüfung	33
3.3. Aktueller Standardisierung in Open-BIM	34
3.3.1. BuildingSMART	34
3.3.2. Open BIM und Closed BIM	35

3.3.3. Normierung und Standardisierung	37
3.3.3.1. Internationale Standards	37
3.3.3.2. Industry Foundation Classes	38
3.3.3.3. BuildingSmart Data Dictionary	40
3.3.3.4. BIM Collaboration Format	42
3.3.3.5. Information Delivery Specification	43
3.3.3.6. Nationale Normen	45
3.4. ASI-Merkmalserver	46
3.5. Datenübertragung durch IFC	49
4. BIM-basierte Ausschreibung	50
4.1. Übergangsphase zwischen Planung und Baudurchführung	50
4.1.1. Übersicht und Zusammenhänge	50
4.1.2. Ausschreibung	52
4.1.2.1. Privatwirtschaftliche und öffentliche Ausschreibungen	52
4.1.2.2. Funktionale und konstruktive Leistungsbeschreibung	53
4.2. Anwendungsfall BIM-basierte Ausschreibung	55
4.2.1. Leistungsorientierte BIM-basierte Mengenermittlung	55
4.2.1.1. Prozessbeschreibung	56
4.2.1.2. Normative und technische Herausforderungen	57
4.2.1.3. Erkenntnisse	59
4.2.2. Elementorientierte BIM-basierte Ausschreibung	59
4.2.2.1. Prozessbeschreibung	60
4.2.2.2. Normative und technische Herausforderungen	61
4.2.2.3. Erkenntnisse	61
4.2.3. Forschungsprojekten mit Bezug auf BIM-basierte Ausschreibung	62
5. Analyse des neuen ASI-Merkmalserver	64
5.1. Experteninterview: ASI-Merkmalserver	64
5.2. Analyse der neuen ASI-Definitionen	65
5.2.1. ASI-Merkmale für BIM-basierte Ausschreibung	66
5.2.2. Beschreibung der Eigenschaften	67
5.2.3. Anlehnung der ASI-Definitionen an IFC-Struktur	67
5.2.4. Projektphasen und Verantwortungen	72
5.2.5. String-Parameters mit standardisierten Optionensets	73
5.2.6. Eigenschaften auf Basis softwareinterne Berechnung	73
5.3. ASI-Merkmalserver und Informationsanforderungen durch IDS	74
6. LB-HB Analyse & Verbesserungspotenziale	76
6.1. Standardisierten Leistungsbeschreibung Hochbau	77
6.2. A-, B- und C-Positionen bei LB-HB	78
6.3. elementbasierte Ableitung der Merkmale	78
6.4. Verbesserungspotenziale	83
6.5. Experteninterview: Verbesserungspotenziale	87

7. Qualitätssicherungsvorgehen & Framework-Entwicklung	91
7.1. Entstehung des Frameworks	91
7.1.1. Entwicklung eines Prüfungsworkflows für BIM-Qualitätssicherung	91
7.1.2. Entwicklung des Prüfungsworkflows für Quality Gate 1	94
7.1.2.1. Automatisierte Prüfung	97
7.1.2.2. Teil-Automatisierte Prüfungen.....	98
7.1.2.3. Behebung der Fehler	100
7.1.3. Voraussetzung der Implementierung des Prüfungsworkflows.....	101
7.2. Bereitstellung der Merkmale.....	101
7.3. Implementierung in Prüfungssoftware	107
7.3.1. Solibri als Prüfungssoftware	107
7.3.2. Mögliche Werteintragungen bei String-Werte.....	107
7.3.3. Voraussetzungen der Implementierung des Workflows in Solibri.....	108
7.3.4. Gliederung der Prüfregeln/Prüfberichte	109
8. Implementierung auf Fallstudien & Qualitätsaussagen	111
8.1. Klassifizierung der Prüfergebnisse.....	111
8.2. Implementierung auf Fallstudien	112
8.2.1. Fallstudie 1	112
8.2.1.1. Wandelemente	112
8.2.1.2. Stützelemente	113
8.2.1.3. Deckenelemente	115
8.2.2. Fallstudie 2	116
8.2.2.1. Wandelemente	116
8.2.2.2. Stützelemente	118
8.2.2.3. Deckenelemente	119
8.2.3. Fallstudie 3	121
8.2.3.1. Wandelemente	121
8.2.3.2. Stützelemente	122
8.2.3.3. Deckenelemente	124
8.2.4. Fallstudie 4	126
8.2.4.1. Wandelemente	126
8.2.4.2. Stützelemente	127
8.2.4.3. Deckenelemente	129
8.2.5. Fallstudie 5	130
8.2.5.1. Wandelemente	130
8.2.5.2. Stützelemente	132
8.2.5.3. Deckenelemente	134
8.2.6. Fallstudie 6	137
8.3. Vergleich der Prüfergebnisse	138
8.3.1. Wandelemente	139
8.3.2. Stützelemente	141
8.3.3. Deckenelemente	143
8.4. Bewertungen und Schlussfolgerung	145
8.5. Beispiele für kommunizierte Fehler in BCF	147

9. Optimierungsmöglichkeiten & Ausblicke.....	148
9.1. Empfehlungen für die Normierung	148
9.2. Empfehlungen für Softwarehersteller	150
9.3. Empfehlungen für die Bauwirtschaft	151
Zusammenfassung.....	153
Abbildungsverzeichnis	158
Tabellenverzeichnis	160
Literaturverzeichnis.....	161
Anhangsverzeichnis.....	167
Anhang A: Merkmalbeschreibung nach ASI-Merkmalserver	167
Anhang B: LB-HB-Analyse – LG07	173
Anhang C: Verbesserungspotenziale.....	188

Abkürzungsverzeichnis

ASI	Austrian Standards Institute
ASI-MMS	ASI-Merkmalserver
API	Application Programming Interface
AVA	Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung
LB-HB	standardisierte Leitungsbeschreibung Hochbau
BPEL	BIM-Projekt Elementliste
BAP	BIM Projektabwicklungsplan
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modelling
bS	buildingSMART
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
CAD	Computer-Aided Design
CDE	Common Data Environment
GUID	Globally Unique Identifier
IDM	Information Delivery Manual
IDS	Information Delivery Specification
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	Organization for Standardization
LOD	Level of Development
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
Pset	Property Set, Merkmalliste
XML	extensible Markup Language

1. Einleitung

1.1. Motivation

Gerade im Zeitalter der Digitalisierung ist ein reibungsloser und transparenter Arbeitsablauf die Grundlage für unternehmerischen Erfolg. Für die österreichische Bauwirtschaft bleibt die Aufrechterhaltung eines solchen kontinuierlichen Prozesses zwischen Projektplanung und -ausführung eine große Herausforderung.¹ Obwohl die Anwendung von BIM (Building Information Modelling) heute in der Baubranche weit verbreitet ist, wird bei der Berichterstattung über laufende Bauprojekte in den Medien häufig von Projektverzögerungen gesprochen. Führende BIM-Unternehmen mit entsprechender Erfahrung auf diesem Gebiet erstellen ihre eigenen BIM-Modelle, um die angestrebten Ziele zu erreichen. Ein enormer Fortschritt wäre es eine Durchgängiges Datenmodell zwischen Planung und Ausführung zu schaffen. Um Missverständnisse und sich überschneidende Definitionen zu vermeiden, benötigen BIM-Elemente branchenweit einheitliche BIM-Properties, wonach die Qualität der BIM-Modelle in Bezug auf die vorhandenen Informationen sichergestellt werden können.²

Erste praktische Erfahrungen mit BIM habe ich durch mein Studium, meine Arbeit in verschiedenen Architekturbüros und meine derzeitige Tätigkeit als BIM-Projektingenieur bei einem großen Bauunternehmen gesammelt. Mir wurde bewusst, dass der tatsächliche Wert der BIM-Methode in den Informationen liegt, die das Modell enthält. Diese Informationen bilden die Grundlage für die beabsichtigten BIM-Anwendungsfälle im Projekt. Ein durchgedachtes und gezieltes Qualitätsmanagement der erforderlichen Informationen in Bezug auf die erwünschten Anwendungsfällen (z.B. BIM-basierte Ausschreibung) wäre unumgänglich, um ein durchlaufender BIM-Prozess zu gewährleisten.^{3,4,5,6} Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird basierend auf der durchgeführten Analysen ein Framework mit Prüfungsworkflows entwickelt, mit dem die Qualität der BIM-Modelle bezüglich der erforderlichen Informationen für die festgelegten BIM-Anwendungsfälle (z.B. BIM-basierte Ausschreibung) gemäß einem Standard (z.B. der ASI-Merkmalserver) gewährleistet werden kann.

¹ (<https://www.zukunft-bau.at/digitalisierung-innovation/bim-building-information-modeling/bim2kalk-bim-properties-fuer-die-0>)

² (<https://www.digitalfindetstadt.at/projekte/challenges/bim-properties-fuer-die-oesterreichische-wirtschaft>)

³ Hjelseth, Eilif, and Nick Nisbet. "Overview of concepts for model checking." *Proceedings of the CIB W. Vol. 78. 2010.*

⁴ SEI, SEBASTIAN. "Development of model checking rules for validation and content checking." *WIT Transactions on The Built Environment 192 (2019): 245-253.*

⁵ Borrmann, A. & König, M., *Building Information Modeling. Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln, vol. 36, ed. U. Vismann, Springer Vieweg: Wiesbaden, pp. 1475–1485, 2018.*

⁶ Eastman, C., Lee, J.-M., Jeong, Y.-S. & Lee, J.-K., *Automatic rule-based checking of building designs. Automation in Construction, 18(8), pp. 1011–1033, 2009.*

1.2. Ausgangssituation und Problemstellung

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, kann die Übertragung des BIM-Modells vom Auftraggeber bzw. Planer auf das Bauunternehmen äußerst anspruchsvoll oder sogar unmöglich sein, um die beabsichtigten Anwendungsfälle und Ziele zu erreichen. In den meisten Fällen bleiben BIM-Modelle, die von Planern im Rahmen der Ausschreibung gemäß den Anforderungen des öffentlichen Auftraggebers erstellt wurden, hinter den Erwartungen des Bauunternehmens zurück. Wie sich im Laufe dieser Arbeit herausstellte, ist vor allem die Tatsache, dass die in diesen Modellen enthaltenen Informationen häufig unzureichend oder falsch sind, was eine weitere Verwendung dieser Modelle verhindert.

Außerdem gibt bisher keinen allgemeingültigen Standard wonach die BIM-Modelle auf ihre Informationsgehalte und ihrer Qualität geprüft, beurteilt und sichergestellt werden können. Aus diesem Grund haben Bauunternehmen darauf zurückgegriffen, die BIM-Modelle mit internen Standards projektspezifisch neu zu modellieren, anstatt sie vom ursprünglichen Modellersteller zu übernehmen, was ein durchlaufender BIM-Prozess nicht entspricht. Diese Lösungen sind nicht nur zeitaufwändig und kostenintensiv, sondern auch anfällig für Fehler und können zu erheblichen Datenverlusten führen. Jedoch verfügen nicht alle Unternehmen über ausreichende Ressourcen oder Größe, um diese Herausforderungen zu bewältigen.

Außerdem entspricht dieser Prozess nicht den Grundprinzipien des Bundesvergabegesetzes. Die Grundsätze des Bundesvergabegesetz 2018 §20 (1) sehen Vergabeverfahren unter Berücksichtigung „der Gleichbehandlung aller Bewerber und Bieter, der Nichtdiskriminierung, der Verhältnismäßigkeit, der Transparenz sowie des freien und lautereren Wettbewerbes“ vor.⁷ Darüber hinaus legt das Bundesvergabegesetz 2018 explizit eine Berücksichtigung von kleinen und mittleren Unternehmen im Vergabeverfahren fest. „§20 (8) Die Konzeption und Durchführung eines Vergabeverfahrens soll nach Möglichkeit so erfolgen, dass kleine und mittlere Unternehmen am Vergabeverfahren teilnehmen können.“⁸

Der neue ASI-Merkmalsserver ist ein wesentlicher Schritt zur Standardisierung von BIM-Definitionen, an die sich alle Unternehmen unabhängig von ihrer Größe halten können. So wird von den Bauunternehmen erwartet, dass sie bei entsprechender Geometrie der BIM-Modelle die Modelle auf die erforderlichen Informationen hin überprüfen, anstatt sie unter Anwendung interner Standards mit aufwendigen Workarounds neu zu modellieren.

⁷ §20, Abs. 1, BVergG. 2018

⁸ §20, Abs. 8, BVergG. 2018

1.3. Bereitstellung von Fallstudien

Sechs Test-Projekte wurden als Fallstudien für die Anwendung des entwickelten Prüfungsworkflows in dieser Diplomarbeit zur Verfügung gestellt. Diese Modelle wurden zum Zeitpunkt der Ausschreibung erstellt und für die weitere Verwendung durch Bauunternehmen freigegeben. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen, handelt es sich bei den vorliegenden Projekten ausschließlich um Wohnbauprojekte aus verschiedenen Planern (Quellen), die zum Zeitpunkt der Ausschreibung erstellt wurden.

	Fallstudie 1	Fallstudie 2	Fallstudie 3	Fallstudie 4	Fallstudie 5	Fallstudie 6
Projektart:	Wohnbau	Wohnbau	Wohnbau	Wohnbau	Wohnbau	Wohnbau
Baustoff/Material:	Beton / Stahlbeton					
Bauweise:	Massivbau	Skelettbau	Massivbau	Skelettbau	Skelettbau	Massivbau
Stockwerke:	10	5	11	5	43	8
IFC:	IFC2x3	IFC2x3	IFC4	IFC2x3	IFC4	IFC2x3

Abbildung 1: Sechs Fallstudien für Prüfungszwecke zur Verfügung stellen ⁹

Wie in Abbildung 1 dargestellt, bestehen die Haupttragwerkselemente aller Fallstudien gemäß dem festgelegten Forschungsrahmen dieser Arbeit aus Beton oder Stahlbeton. Die Fallstudien 1, 3 und 6 wurden in Massivbauweise ausgeführt, während 2, 4 und 5 in Skelettbauweise errichtet wurden.

Die Fallstudien 1, 2, 4 und 6 wurden mit IFC2x3 exportiert, die Fallstudien 3 und 5 mit IFC 4. Da anzunehmen ist, dass die meisten dieser IFC-Modelle nach dem Export vom Modelleigentümer oder Planer mit einem IFC-Editor weiterbearbeitet wurden, werden hier keine BIM-Autorensoftwares aufgeführt.

⁹ (Eigene Darstellung, 2023)

2. Forschungsdesign

2.1. Forschungsfragen und Forschungsrahmen

2.1.1. Forschungsfragen

Basierend auf die Ausgangssituation wurden drei Hauptforschungsfragen definiert:

- Welche Mindestinformationen müssen Modelle bei BIM-basierten Ausschreibungen für einen durchgängigen BIM-Prozess nachweisen?
- Wie kann eine Aussage über die Qualität von BIM-Modellen in Bezug auf die definierten Mindestinformationsanforderungen für bestimmte Anwendungsfälle getroffen werden?
- Welche Optimierungsmöglichkeiten können, darauf basierend getroffen werden?

2.1.2. Forschungsrahmen

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Thema „Qualitätssicherung der BIM-basierten Ausschreibung für einen effizienten Open-BIM-Prozess“. Dabei wird der Anwendungsfall der BIM-basierten Ausschreibung mit den zugehörigen Anwendungsfällen, abgesehen von der Richtigkeit bzw. Genauigkeit der Geometrie, nur in Bezug auf den Informationsgehalt der BIM-Elemente behandelt. Die kalkulatorischen Ansätze und Formeln in der AVA-Software sowie die Abrechnungsregeln nach Werkvertragsnormen werden im Rahmen dieser Diplomarbeit ebenfalls nicht behandelt. Um das Thema im Rahmen dieser Diplomarbeit bearbeiten zu können, wurde der gesamte Prozess auf die drei Haupttragwerkselemente Wände, Decken und Stützen der Leistungsgruppe LG07 (Beton- und Stahlbetonarbeiten) der Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB) beschränkt.

Da die Ausgangssituation und die Arbeitsschritte auf allgemein gültigen Normen und Regelwerken basieren, sind die Ergebnisse dieser Arbeit auch als firmen- und projektunabhängig zu betrachten. Im Zuge der Erstellung dieser Arbeit wurde die BIM-Autorenwerkzeuge Revit und ArchiCAD, die BIM-Prüfungssoftware Solibri, die Kollaborationsplattformen BIMcollab und ACC verwendet. Sowohl die oben genannten als auch andere auf dem Markt erhältliche Softwareprogramme können die durchzuführenden Arbeitsschritte unterstützen.

2.2. Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit könnte demzufolge in drei Hauptpunkten zusammengefasst werden:

- Im Rahmen der Festlegung des erforderlichen Mindestinformationsgehalts für die Ausschreibung sollen Verbesserungsmöglichkeiten für die neuen ASI-Merkmale gefunden werden, indem die aus der LB-HB-Analyse abgeleiteten Elementmerkmale mit den neuen ASI-Merkmalen verglichen werden.
- Ein Framework eines Qualitätssicherungsvorgehens für den Austausch von BIM-Modellen wird im Zuge dieser Diplomarbeit entwickelt, um sicherzustellen, dass die Qualität der Modelle in Bezug auf die erforderlichen Informationen für bestimmte Anwendungsfälle (wie BIM-basierte Ausschreibungen) gemäß einem Standard (wie dem ASI-Merkmalserver) gewährleistet ist. Durch die Implementierung dieses Workflows an den sechs Fallstudien, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung erstellt wurden, werden Qualitätsaussagen über diese Ausschreibungsmodelle getroffen.
- Als Schlussfolgerung aus dieser Arbeit werden Empfehlungen für die Bauwirtschaft und Optimierungsmöglichkeiten definiert.

2.3. Methodik und Herangehensweise

Nachfolgend werden die konkreten Herangehensweisen und Einzelheiten zur Beantwortung der in Kapitel 2.1.1 aufgeführten Forschungsfragen erläutert.

Dies gibt einen Überblick über alle Schritte, die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführt wurden. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wurde die Vorgehensweise dieser Arbeit in vier Hauptteile unterteilt:

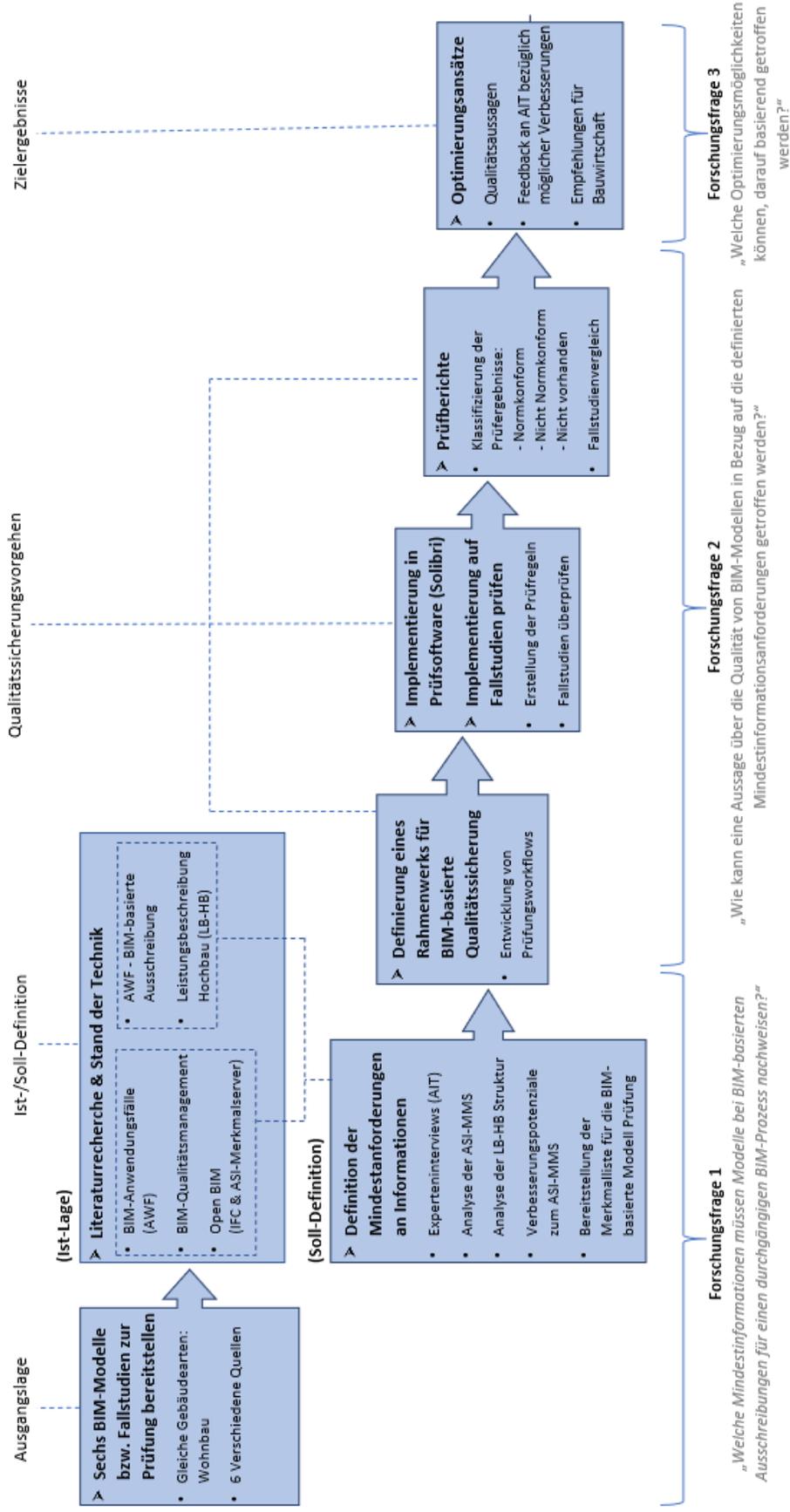


Abbildung 2 : Herangehensweise & Methodik

- **Ausgangslage:**

Sechs Test-Projekte wurden als Fallstudien zur Verwendung dieser Diplomarbeit bereitgestellt, um das entwickelte Prüfungsworkflow anzuwenden. Diese sechs Modellen wurden zum Zeitpunkt der Ausschreibung angefertigt und zur weiteren Verwendung von Bauunternehmen freigegeben. Um die Ergebnisse vergleichbar zu halten, handelt sich bei diesen Projekten nur um Wohnbauprojekten, die aus unterschiedlichen Planern stammen und zum Zeitpunkt der Ausschreibung angefertigt wurden.

- **Ist-/Soll-Definition:**

Durch die Auswertung der relevanten Literatur zum Thema der Arbeit wird in dieser Phase zunächst die Ist-Situation objektiv beurteilt. Die BIM-Anwendungsfälle und grundlegenden Prinzipien des BIM-Qualitätsmanagements werden betrachtet. Ebenso werden die Grundprinzipien und Standards des Open BIM Konzepts erläutert. Die Bedeutung des neuen ASI-Merkmalsservers (ASI-MMS) und des IFC als Austauschformat für die Übertragung der Daten wird dabei klar betont. Anschließend wurde der Fokus auf den Anwendungsfall BIM-basierte Ausschreibung und die damit verbundenen Anwendungsfälle (z.B. BIM-basierte Mengen- und Kostenermittlung) gelegt. Dabei bilden vor allem die Standardisierte Leistungsbeschreibung Hochbau LB-HB und die damit verbundenen Normen und Werkvertragsnormen eine Grundlage für öffentliche Ausschreibungen.

Nach Abschließung der Literaturrecherche wurde im Zuge dieser Diplomarbeit Interviews mit Experten des Austrian Institute of Technology (AIT) über die laufende Entwicklung des neuen ASI-Merkmalsservers durchgeführt. Darauf basierend wurde eine Analyse der neuen eingereichten Merkmale der Leistungsgruppe 07 (LG07) der standardisierten Leistungsbeschreibung Hochbau (LB-HB) durchgeführt. Eine weitere positionsweise Analyse der LG07 der LB-HB Struktur hat sich bewährt, um mögliche Verbesserungspotenziale zur laufenden Entwicklung des ASI-Merkmalsservers definieren zu können. Auf Basis dieser Analysen wurde elementbasierend Merkmallisten mit den entsprechenden IFC-Definitionen bereitgestellt, die als Mindestinformationsanforderungen für BIM-basierte Ausschreibungen dienen können. Somit ist die Forschungsfrage 1 beantwortet. *(Welche Mindestinformationen müssen Modelle bei BIM-basierten Ausschreibungen für einen durchgängigen BIM-Prozess nachweisen?)*

- **Qualitätssicherungsvorgehen:**

Ein Qualitätssicherungsvorgehen wurde entwickelt, um die Qualität der BIM-Modelle in Bezug auf das festgelegte Mindestinformationsgehalt der fixierten BIM-Anwendungsfälle (z.B. BIM-basierte Ausschreibung) sicherstellt. Bevor die BIM-Modelle auf ihre Qualität geprüft werden, musste zuerst ein Rahmenwerk für die Qualitätssicherung entwickelt werden, wonach die Prüfungsworkflows in Prüfungssoftware aufgebaut werden. Die erforderlichen Merkmale aus den zusammengestellten Merkmallisten werden dann in Form von Prüfregeln in Prüfsoftware übersetzt und auf die Sechs Fallstudien implementiert. Darauffolgend werden die Prüfergebnisse entsprechend ihrer Norm-konformität klassifiziert und daraus eine BCF-Datei zur Behebung der Fehler exportiert. Abschließend werden die Ergebnisse aller sechs Modelle verglichen, um eine umfassende Qualitätsaussage über die von Seite der Auftraggeber (Planer) zuvor angefertigten Ausschreibungsmodelle zu verschaffen. Dies liefert somit auch die Antwort für die Forschungsfrage 2.

(Wie kann eine Aussage über die Qualität von BIM-Modellen in Bezug auf die definierten Mindestinformationsanforderungen für bestimmte Anwendungsfälle getroffen werden?)

- **Zielergebnisse:**

Nach dem die Qualitätsaussagen über die Sechs Fallstudien getroffen werden konnten, werden allgemeine Optimierungsansätze und Empfehlungen an Softwareentwickler, Bauwirtschaft und Normungsgremien (z.B. Verbesserungspotenzialen zu den ASI-Definitionen und -Merkmale) definiert. In dem Sinne wird die Forschungsfrage 3 ebenfalls beantwortet.

(Welche Optimierungsmöglichkeiten können, darauf basierend getroffen werden?)

3. Stand der Technik

3.1. BIM-Anwendungen und Methoden

Ein Building Information Model (BIM) ist eine umfassende digitale Darstellung eines Bauwerks mit detaillierten Informationen, die einen hohen Informationsgehalt gewährleistet. Neben der dreidimensionalen Geometrie der Bauteile umfasst dies auch nicht-geometrische Informationen wie Typinformationen, technische Eigenschaften und Kosten. Building Information Modeling beschreibt die Erstellung, Bearbeitung und Verwaltung eines digitalen Modells eines Bauwerks mithilfe spezieller Software.¹⁰

Für Building Information Modeling (BIM) gibt es mehrere Definitionen. Laut dem US-amerikanischen National Institute of Building Sciences ist BIM eine Methode zur digitalen Abbildung der strukturellen und funktionalen Eigenschaften eines Gebäudes von der ersten Bewertung bis zum Rückbau.¹¹ Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVi) gibt in seinem Stufenplan für digitale Planung und Bau die folgende allgemeine Definition vor: „Building Information Modeling bezeichnet eine kooperative Arbeitsmethodik, mit der auf der Grundlage digitaler Modelle eines Bauwerks die für seinen Lebenszyklus relevanten Informationen und Daten konsistent erfasst, verwaltet und in einer transparenten Kommunikation zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.“¹² Dadurch fungiert es als Wissensquelle und zentraler Datenspeicher für die Zusammenarbeit über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes und seiner technischen Systeme.¹³ BIM stellt daher keine spezifische Softwarelösung dar. Vielmehr handelt es sich bei BIM um eine Methode und Arbeitsweise als Bestandteil einer integralen Planungsmethodik, die entsprechende Softwarelösungen und Änderungen ihrer Prozesse erfordert.¹⁴

BIM ist kein neues Konzept. Das erste virtuelle Gebäudemodell wurde 1974 von Forschern der Carnegie Mellon University (USA) unter der Leitung von Charles Eastman erstellt.¹⁵ Die Industrial Alliance for Interoperability (IAI), heute bekannt als internationaler Verband BuildingSMART Foundation Classes (IFC), leistete bereits vor vielen Jahren, in den 1990er Jahren, Pionierarbeit im Bausektor, um ein offenes, plattformunabhängiges Grundmodell für den

¹⁰ Borrmann, André, et al., eds. Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Springer-Verlag, 2015.

¹¹ NBIMS-US, »National BIM Standard United States Version 3,« National Institute of Building Sciences, Washington DC, USA, 2012. [Online]. Available: <http://www.nationalbimstandard.org/>. [Zugriff am 22.02.2016].

¹² BMVi, »Stufenplan Digitales Planen und Bauen,« Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVi), Berlin, 2015.

¹³ S. Tuschy, »Building Information Modeling (BIM): Eine bisher weitgehend unbekannte Größe in der TGA,«

¹⁴ A. Heidemann, »Integrale Planung in der TGA,« in Integrale Planung in der Gebäudetechnik,

¹⁵ C. Eastman, D. Fisher, G. Lafue, J. Lividini, D. Stoker und C. Yessios, »An Outline of the Building Description System«

Datenaustausch zu schaffen. Der ISO 16739-Standard erkennt nun dieses objektorientierte Datenmodell an, das ständig verbessert wird.¹⁶



Abbildung 3: Nutzung des Building Information Model während des gesamten ¹⁷

3.1.1. BIM-Anwendungsfälle

BIM-Anwendungsfälle (AWF) beschreiben die verschiedenen Ziele, für die Daten und Informationen erstellt und auf ein digitales Baumodell angewendet werden. Der Aufwand für die Implementierung von BIM in den verschiedenen Verantwortungsbereichen eines Unternehmens oder Projekts kann durch die Erstellung solcher Anwendungsfälle einfacher definiert und bewertet werden. Die Implementierung jedes Anwendungsfalles erfordert ein einzigartiges Maß an Benutzeraufwand und Wissen. Die vertragliche Vereinbarung von BIM-Anwendungsfällen beim Einsatz der BIM-Methode in Projekten erfolgt auf Grundlage der Auftraggeber-Informationsanforderung (AIA), der der Ausschreibung bzw. dem Bauvertrag beigelegt ist. Aufgrund der Branchenunterschiede ist die Frage, wie ein konkreter Vertrag zustande kommt, unerheblich. In jedem Fall müssen sich Auftraggeber und Auftragnehmer auf eine gemeinsame

¹⁶ van Treeck, Christoph, et al. "Building Information Modeling." *Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling* (2016): 7-90.

¹⁷ Borrmann, André, et al., eds. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Springer-Verlag, 2015.

Projektmanagementstrategie einigen, die BIM einbezieht, sofern ein Vertrag vorliegt. In jedem Fall sollte der mit der Ausschreibung veröffentlichte AIA bereits eine Definition der Anwendungsfälle des Projekts enthalten, damit sich alle Projektbeteiligten beizeiten darauf einstellen und präzise kalkulieren können. Die Anzahl der im Objekt anzugebenden Attribute bzw. Merkmale sowie der Detaillierungsgrad und damit die Planungskosten werden von den Anwendungsfällen „BIM-gestützte Kostenermittlung“, „BIM-unterstützte LV-Erstellung“ und „BIM-Bauabrechnung“ sowie weiteren Anforderungen beeinflusst.¹⁸

Die Durchführung eines BIM-Projekts wird durch die Dokumentation in einem BAP oder Projekthandbuch auf Basis des AIA unterstützt. Regelungen zu diesem Vorgehen befinden sich auch in den BIM-Leistungsbeschreibungen LM.BIM 2022 von buildingSMART, in denen auch die Rollen und deren Verantwortlichkeiten ausführlich beschrieben sind.¹⁹

Die Arbeitsgruppe öffentlicher Auftraggeber hat die folgenden gemeinsamen BIM-Anwendungsfälle für Planung und Bau definiert:²⁰

1. BIM-Bestandserfassung
2. BIM-Baugrunderfassung
3. BIM-Planung
4. BIM-Koordinierung
5. BIM-unterstützte Bemessung und Nachweisführung
6. BIM-unterstützte Nachweisführungen und Zertifizierungen
7. BIM-Visualisierung
- 8. BIM-unterstützte Mengenermittlung**
- 9. BIM-unterstützte Kostenermittlung**
10. BIM-Bauphasensimulation
11. BIM-Raumbuch / Anlagenbuch
12. BIM-basiertes Behördenverfahren (zukünftiger Anwendungsfall)
- 13. BIM-unterstützte LV-Erstellung**
14. BIM-Ausführungsplanung
15. BIM-Werks- und Montageplanung
16. BIM-unterstützter Arbeits- und Gesundheitsschutz
17. BIM-Modelländerungen

¹⁸ ÖIAV, „BIM-Anwendungsfälle öffentlicher Auftraggeber“

¹⁹ (BIMcert-Handbuch-2023.pdf, Buildingsmart Austria, S. 39)

²⁰ ÖIAV, „BIM-Anwendungsfälle öffentlicher Auftraggeber“

18. BIM-unterstützte Bauüberwachung
19. BIM-unterstütztes Mängelmanagement in der Bauabwicklung
20. BIM-Baufortschrittskontrolle
21. BIM-Bauabrechnung
22. BIM-Bestandsdokumentation für behördliche Nachweisführungen
23. BIM-As-Built-Model

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt jedoch auf der BIM-basierten Ausschreibung und den damit verbundenen BIM-Anwendungsfällen. Aus diesem Grund wurden die folgenden Anwendungsfälle in der Liste fett hervorgehoben: (8. Mengenermittlung mit Unterstützung durch BIM, 9. Kostenschätzung mit Unterstützung durch BIM und LV-Erstellung mit Unterstützung durch BIM).

Die Anwendungsfälle BIM-Planung und BIM-Koordination sind von entscheidender Bedeutung für BIM-Projekte. Sofern diese Anwendungsfälle nicht gegeben sind, handelt es sich bei dem Projekt nicht um ein BIM-Projekt. Eine allgemeine Vorgabe für diese Anwendungsfälle könnte grundsätzlich entwickelt werden. Um größtmögliche Konsistenz zu erreichen, sollte die Definition der Anwendungsfälle einheitlich oder nur spezifisch übernommen werden.²¹

Anwendungsfälle beziehen sich auf die Art und Weise, wie Daten und Informationen in einem digitalen Bauwerksmodell erstellt und verwendet werden. Durch die Festlegung dieser Anwendungsfälle ist es einfacher, die Bereiche zu unterscheiden, in denen BIM in einem Unternehmen oder Projekt verwendet werden soll.

Jeder BIM-Anwendungsfall birgt zahlreiche technische und logistische Machbarkeitsprobleme. Durch die Bewältigung zahlreicher Anwendungsfälle werden häufig hohe Anforderungen an Planer und Ausführende gestellt, die jedoch keinen direkten Mehrwert für den Auftraggeber bieten. Des Weiteren stellen zahlreiche Anwendungen immer noch eine bedeutende technische Herausforderung dar oder sind in manchen Softwareumgebungen sogar vollständig unmöglich. Daher ist bei der Umsetzung von BIM im eigenen Unternehmen besonders vorteilhaft, frühzeitig festzulegen, welche Anwendungsfälle man in welcher Phase bewältigen möchte.²²

²¹ ÖIAV, „BIM-Anwendungsfälle öffentlicher Auftraggeber“

²² <https://www.bimpedia.eu/artikel/1617-anwendungsfaelle-der-bim-methode>

3.1.2. BIM-Grundlagen und Definitionen

3.1.2.1. BIM-Levels

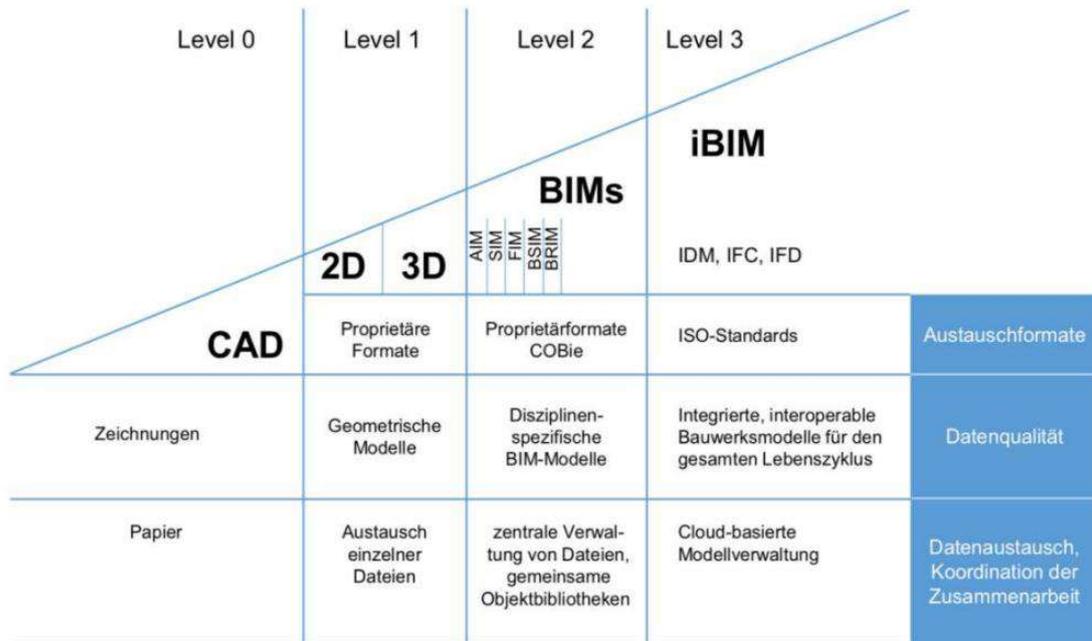


Abbildung 4: BIM-Levels & - Dimensionen ²³

Die unterschiedlichen Einsatztiefen von BIM werden durch die BIM-levels beschrieben. Wie in Abbildung 4 zu sehen sind diese in vier Levels unterteilt:

- **Level 0:**

In dem Level wird die Arbeit digital und zweidimensional abgeschlossen. Mithilfe gedruckter Pläne werden Daten ausgetauscht.

- **Level 1:**

Neben zweidimensionalen Zeichnungen kommen auch dreidimensional modellierte Schnitte zum Einsatz. Zum Datenaustausch werden einzelne Dateien versendet.

- **Level 2:**

Die von den Fachplanern jeweils selbstständig erstellten digitalen Baumodelle werden mit Hilfe eines Koordinationsmodells koordiniert. Für den Datenaustausch werden herstellerspezifische Datenformate verwendet.

²³ Vgl. Borrmann, André, et al., eds. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Springer-Verlag, 2015.

- **Level 3:**

Der gesamte Lebenszyklus wird als digitales Modell erstellt. Daran arbeitet das gesamte Projektteam. Die Einführung von „Big Open BIM“, wie im Kapitel 3.3.2. behandelt, ist von entscheidender Bedeutung. Für den Datenaustausch wird das offene und herstellerneutrale Datenformat IFC verwendet. Zur Datenverwaltung ist ein Modellserver installiert.²⁴

Für die BIM-Ebenen gibt es in Österreich derzeit drei „Normen“. Norm A 6241-1 regelt BIM Level 2. Die technische Umsetzung eines mehrdimensionalen BIM-Level-3-Datenmodells ist in der Norm A 6241-2 geregelt. Datenaustausch und Datenorganisation für BIM Level 3 werden in der Norm A 2063-2 beschrieben.

3.1.2.2. BIM- Dimensionen

Die Klassifizierung basierend auf Dimensionen unterstützt bei der Festlegung der Informationsstufen und der Auswahl semantischer Informationen, die in das BIM-Modell aufgenommen werden sollen. Es werden folgende Dimensionen unterschieden:

- **2D. BIM**

Austausch digitaler Pläne mit assoziativen Beschriftungen und 2D-Zeichnungselementen, die mit Informationen gefüllt werden können. Durch Ableitung der erforderlichen Pläne der betroffenen Gewerke aus dem dreidimensionalen Gebäudemodell entsteht der zweidimensionale Plan.

- **3D. BIM**

Um eine präzisere Darstellung zu ermöglichen, wird ein dreidimensionales Modell des Gebäudes erstellt. Die Koordination der verschiedenen Disziplinen erfolgt mithilfe eines Koordinationsmodells, welches aus Teilmodellen besteht. Die Sprache ist objektiv, klar und der formalen Register entsprechend. Das Gebäudemodell dient zur Durchführung von konstruktiven Analysen, Simulationen und statischen Berechnungen. Kostenschätzungen werden anhand der im Modell angegebenen Größen wie Volumen und Fläche berechnet.

- **4D – Zeit:**

Das dreidimensionale Gebäudemodell wird durch die Integration einer zeitlichen Komponente erweitert. Dies ermöglichten die Darstellung und Simulation bestimmter Prozesse im zeitlichen

²⁴ vgl. Borrmann et al., 2015, S. 9 f.

Verlauf. Das Gebäudemodell dient der Kontrolle des Bauablaufs und bildet die Grundlage für die Abrechnung. Zeitbasierte, dynamische Analysen und Simulationen werden durchgeführt, um eine präzise Bauablaufplanung zu gewährleisten.²⁵

- **5D – Kosten:**

Alle relevanten Kosteninformationen werden in das BIM-Modell integriert. Die Kosten im Modell sind an die tatsächlich erbrachte Leistung gebunden. Dadurch können Kostenkalkulationen durchgeführt und die Entwicklung der Baukosten entsprechend dem Projektfortschritt dargestellt werden.²⁶

- **6D – Facility-Management:**

Das Gebäudemodell wird um sämtliche für den Betrieb relevanten Informationen erweitert, wie beispielsweise Wartungsanleitungen und Produktbeschreibungen der verbauten Komponenten.

- **7D – Nachhaltigkeit:**

In das Gebäudemodell werden Daten zum Recycling, zu den verwendeten Materialien und zum Energieverbrauch des Gebäudes integriert, wodurch Nachhaltigkeitsauswertungen durchgeführt werden können.²⁷

3.1.2.3. Level of Development²⁸

Der Begriff „Level of Development“ (LOD) beschreibt, wie detailliert ein Modell ist und erklärt den Grad der geometrischen Detailliertheit und Informationsdichte des Modells. Der Level of Information (LoI), der die alphanumerische und semantische Informationsdichte des Modells beschreibt, der Level of Geometry (LoG), der geometrische Detaillierungsgrad bestimmt, und der Level of Coordination (LOC), der festlegt, wie die Modelle aufeinander abgestimmt sind, bilden den, wie in Abbildung 5 zu sehen, Level of Development. Zur Beschreibung der verschiedenen Reifegrade wird eine fünfstufige Skala verwendet. Die genaue Festlegung des LoG- und LoI-Detaillierungsgrades muss für alle Parteien klar und rechtsverbindlich erfolgen.

²⁵ vgl. Marco Hemmerling, Boris Bähre, 2020: Informierte Architektur: Building Information Modelling für die Architekturpraxis, Basel, Birkhäuser Verlag GmbH, S. 59 f.

²⁶ vgl. Christine Horner, 2018: BIM kompakt: Teilmodelle verstehen und nutzen, Wien, Austrian Standards plus GmbH, S. 36

²⁷ vgl. Hemmerling et al., 2020, S. 60

²⁸ vgl. Hemmerling et al., 2020, S. 56 f.

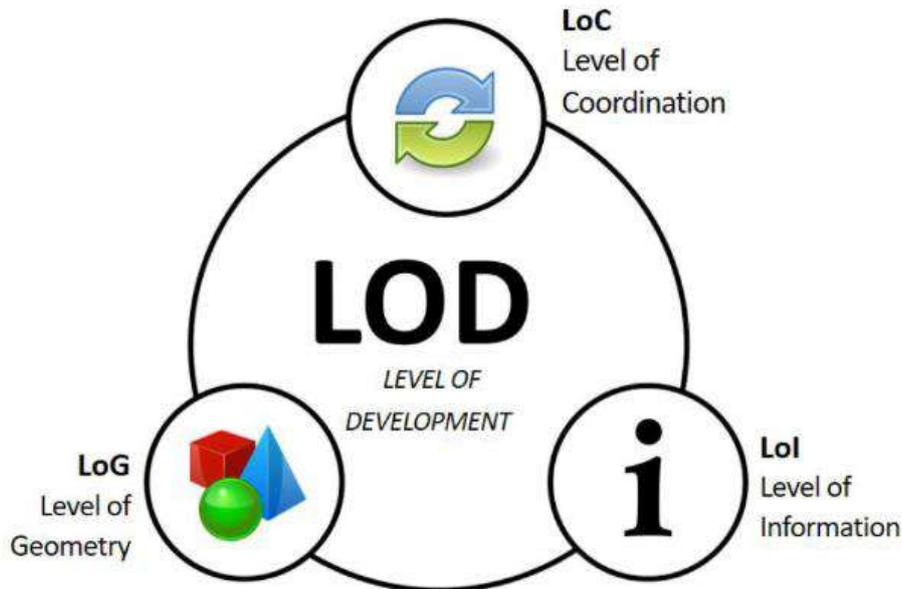


Abbildung 5: Entstehung des LOD ²⁹

- **LOD 100.**

Platzieren von Symbolen als Darstellungen der Elemente. Die konzeptionelle Vorentwurfsphase entspricht diesem Reifegrad.

- **LOD 200.**

Die ungefähren Positionen und Größen der Elemente werden dargestellt. Das Modell umfasst erste Komponentendaten wie Brandschutzdetails und interne vs. externe Unterscheidungen. Dieser Reifegrad entspricht der anfänglichen Entwurfsphase.

- **LOD 300.**

Die genaue Geometrie und Position der Elemente werden angezeigt. Bauteile werden mehrschichtig modelliert und den entsprechenden Materialien beschrieben. Dies entspricht den Leistungsphasen vom Entwurf bis zur Ausführungsplanung.

- **LOD 400.**

Um die Produktion, Lieferung und Montage zu erleichtern, enthalten die Elemente alle erforderlichen geometrischen und alphanumerischen Daten. Der Reifegrad entspricht der Ausführungs- und Werkplanung.

²⁹ Vgl. Plandata Datenverarbeitungs GmbH: LOD - Level Of Development, https://www.bimpedia.eu/node/1005#level_of_development_%E2%80%93_lod, abgerufen am 10.12.2018

- **LOD 500.**

Die Komponenten werden durch die Elemente repräsentiert, die auch alle notwendigen Informationen für Recycling, Betrieb und Wartung der tatsächlich verbauten Bauteile enthalten. Die Komponenten entsprechen dem „As-Built“-Niveau.

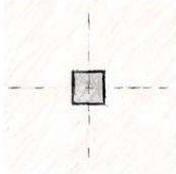
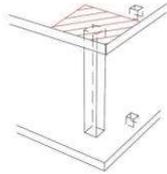
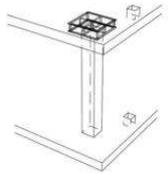
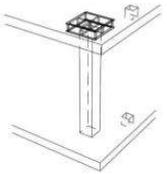
SIA Phasen Fertigungsgrade	Vorprojekt LoD 100	Bauprojekt LoD 200	Ausschreibung LoD 300	Ausführung LoD 400	Dokumentation LoD 500
Stützen und Decken					
	Konzept und Stützenpositionen in Skizzen.	Bauteilmasse festgelegt, Sperrzonen für Durchdringungen ausgewiesen.	Spez. zu Material, Schalung, Einbauteile, Pos. und Lage von Durchdringungen bekannt.	Alle Ausführungsdetails festgelegt. Bewehrung, Durchstanzelemente.	Materialzeignisse zu Armierung, und Beton, Prüf- und Kontrollnachweise Einbau.

Abbildung 6: Symbolbilder für die Beschreibung der LOD ³⁰

3.1.2.4. BIM-Regelwerke

BIM-Regelwerke dienen als Bausteine für BIM-Projekte. Die BIM-Vorschriften beschreiben die jeweiligen Ziele des Unternehmens, die Anforderungen an die Projektbeteiligten und die Schritte, die zur erfolgreichen Umsetzung dieser Anforderungen erforderlich sind.

- *Auftraggeber-Informationsanforderung (AIA):*

Der AIA umfasst eine präzise Beschreibung des Informationsbedarfs des Auftraggebers und ist somit vom Auftragnehmer einzuhalten. Unter Beachtung von Informationsstandards regelt ISO 19650 die geschäftlichen, kaufmännischen und technischen Aspekte der Erstellung von Projektinformationen. Für das konkrete Projekt dient er als Grundlage des BAP.³¹ Um die BIM-Ziele des Auftraggebers zu erreichen, müssen die in AIA definierten Anforderungen, Prozesse, Leistungsprofile, Standards und Anwendungen im BIM eingesetzt werden.³²

³⁰ Adaptiert von Maier Claus: *Building Information Modelling - Grundzüge einer open BIM*

³¹ ISO (2018a), "BS EN ISO 19650-1"

³² BIMcert-Handbuch Grundlagenwissen, 2023. BuildingSmart Austria

- *BIM-Projektentwicklungsplan (BAP):*

Der BAP ist ein Leitfaden, der die Grundlage für die Zusammenarbeit auf der Basis von BIM darlegt. Er beschreibt die Rollen und Organisationsstrukturen und ermöglicht durch eine Matrix die Zuweisung von Rollen und Verantwortlichkeiten. Der BAP spezifiziert die Prozesse/Arbeitsabläufe und Anforderungen für die Ebene der Zusammenarbeit jeder beteiligten Partei und dient als Rahmen für BIM-Dienstleistungen. Hinsichtlich Strukturen, Elementen und Informationen werden die Modelle und Prozesse standardisiert gehalten. Der BAP definiert die projektspezifischen Ausprägungen, regelt den Informations- und Detaillierungsgrad sowie deren Qualitäten. Er wird vom Projektteam erstellt und im Laufe des Projekts kontinuierlich fortgeschrieben. Ein sorgfältig erstellter BAP verbessert den Planungsprozess und fördert die Kommunikation innerhalb des Teams. Der BAP sollte vertraglich zwischen Auftraggeber und Projektbeteiligten verankert sein. Bei der Erstellung des BAP dienen sowohl die Allgemeinen Ingenieurbedingungen für Bauleistungen (AIA) als auch ein eventuell bereitgestelltes Muster-BAP als Leitlinien für den Auftraggeber.³³

3.1.2.5. BIM-Rollen und Berufsfelder

Im Projektmanagement mit BIM werden neue Rollen benötigt, um neue Aufgaben wie die Verwaltung von Gebäudemodellen, die Koordination von Teilmodellen und die Verwaltung von Informationsflüssen zu bewältigen. Diese werden im Folgenden kurz beschrieben:

- *BIM-Modellierer*

In der BIM-Authoring-Software ist der BIM-Modellierer für die Erstellung eines Spezialmodells verantwortlich. In dieser Situation kann ein (BIM-)Techniker, CAD-Konstrukteur oder technischer Zeichner eingesetzt werden.³⁴

- *BIM-Gesamtkoordinator*

Das Koordinierungsmodell und damit die Genauigkeit und Vollständigkeit aller Fachmodelle sind die Hauptaufgaben des GK. Um dies zu erreichen, koordiniert und überwacht er die Einhaltung der BAPs sowohl für einzelne Gewerke als auch für gewerkeübergreifende Prozesse. Als deren Vertreter gegenüber dem BIM-Manager dient der GK als erster Ansprechpartner für

³³ BIMcert-Handbuch Grundlagenwissen, 2023. BuildingSmart Austria

³⁴ Vgl. Bladin M.: Der BIM-Manager

alle BIM-Koordinatoren. Je nach Beschaffungsmodell und Projektphase kann die Aufgabe und entsprechende Hauptverantwortung für das BIM-Modell an den Generalplaner oder den ausführenden Generalunternehmer delegiert werden.³⁵

- *BIM-Fachkoordinator*

Für jede eigenständige Planungsdisziplin gibt es einen eigenen BIM-Koordinator, auch Fachkoordinator genannt. Für Anfragen zu Modelldaten in seinem Fachgebiet ist diese Person die erste Anlaufstelle für den Gesamtkoordinator. Zu seinen Aufgaben gehört neben der Überwachung interner IT-Aufgaben und der Koordination weiterer Gewerke auch die Sicherstellung der Einhaltung der Informationsqualität. Das Fachmodell wird vom BK auf Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft, bevor es an das Koordinationsmodell des GK weitergeleitet wird. Je nach Projektumfang und beteiligten Unternehmen übernimmt die BK auch die Aufgaben des BIM-Modellierers.³⁶

- *BIM-Manager*

Diese Person ist für das gesamte Projekt direkt beim Kunden angestellt und für die Verwaltung der digitalen Komponenten des Projekts verantwortlich. Er arbeitet mit dem BIM-Gesamtkoordinator zusammen, um die BIM-Abwicklungspläne (BAPs) zu entwickeln, und ist hauptsächlich für die Umsetzung des AIA in die Praxis verantwortlich. Bei Anfragen zu AIA und BAP fungiert er als Hauptansprechpartner für den Informationsmanager und den BIM-Gesamtkoordinator. Er vertritt auch den Gesamtkoordinator gegenüber dem Kunden. Um eine konsistente Datenkette sicherzustellen und der AIA gerecht zu werden, definiert er Standards, Regeln und Prozesse. Darüber hinaus Bereitstellung und Einrichtung geeigneter Kollaborationstools. Diese sind erforderlich, um den Informationsfluss zwischen den Projektbeteiligten zu regeln. Er plant, führt und protokolliert die BIM-Meetings.³⁷ In der Literatur werden gelegentlich auch BIM-Manager auf Auftragnehmerseite erwähnt. Sie verantworten die gesamten BIM-Entwicklungs-, Standardisierungs- und Einführungsprozesse des Unternehmens. Gelegentlich beteiligen sie sich direkt an Initiativen, die ausschließlich der Entwicklung dienen.³⁸

³⁵ Vgl. Bredehorn J. et al.: *Leistungsbild BIM-Gesamtkoordinator V1.0 - Ein Dokument des BIM-Praxisleitfadens 1.0*; (www.BIM-blog.de, 2017 a).

³⁶ Vgl. Bredehorn J. et al.: *Leistungsbild BIM-Gesamtkoordinator V1.0 - Ein Dokument des BIM-Praxisleitfadens 1.0*; (www.BIM-blog.de, 2017a).

³⁷ Bredehorn J. et al.: *Leistungsbild BIM-Manager V1.0 - Ein Dokument des BIM-Praxisleitfadens 1.0* (www.BIM-blog.de, 2017b).

³⁸ Vgl. Bredehorn J. et al.: *Leistungsbild BIM-Gesamtkoordinator V1.0 - Ein Dokument des BIM-Praxisleitfadens 1.0*; (www.BIM-blog.de, 2017b).

- *BIM-Informationsmanager (IM)*

Er legt mit dem Auftraggeber die BIM-Projektziele fest und erarbeitet daraus den Informationsbedarf des Auftraggebers. Diese beschreiben alle Informationsanforderungen des Kunden und sollten alle Spezifikationen für die erwarteten folgenden Benutzer enthalten. Der Kunde kann mit einer Vielzahl von Beratern zusammenarbeiten, die dem IM unterschiedliche Inputs liefern können, wie sie diese Anforderungen definieren.³⁹

3.1.2.6. Datenaustausch

Die erfolgreiche Implementierung von BIM erfordert einen fehlerfreien, disziplinübergreifenden Datenaustausch sowie ein einheitliches Datenmanagement. Je nach Umfang der Nutzung ändern sich sowohl die Art des Datenaustauschs als auch die entsprechenden Datenformate. Durch die Verwendung proprietärer Datenformate ermöglicht „Closed BIM“ den verlustfreien Austausch von Daten, die alle Informationen enthalten. Andererseits ist für „Open BIM“ ein offenes, herstellernertrales Datenformat notwendig. BuildingSMART, eine gemeinnützige Organisation, hat dies mithilfe von IFC umgesetzt, dem derzeit beliebtesten offenen Austauschformat. Trotz der Integration der IFC-Schnittstelle in die meisten gängigen Softwareprogramme und ersten Standardisierungen und Normen kann ein völlig fehlerfreier Datenaustausch noch nicht gewährleistet werden. Bei Gebäudemodellen, die nach der Norm A 6241-2 modelliert wurden, werden die Geometrien nun weitgehend korrekt übertragen. Da jede Software über eine einzigartige Import- und Exportschnittstelle mit unterschiedlichen Qualitäten verfügt, ist dennoch eine Qualitätskontrolle erforderlich. Unabhängig von der verwendeten Software und Sprache ist zusätzlich zum IFC-Austauschformat eine fehlerfreie Übertragung der im Modell gespeicherten Daten erforderlich. BuildingSmart hat mit Hilfe des BuildingSmart Data Dictionary (bSDD) eine solche Bibliothek mit Merkmalen und Attributen zur Beschreibung von Bauteilen erstellt. Als nationale Implementierung der Merkmal-Bibliothek wurde in Österreich der ASI-Merkmal-Server entwickelt.⁴⁰

³⁹ Vgl. Bredehorn Jens et al.: *Leistungsbild BIM-Gesamtkoordinator V1.0 - Ein Dokument des BIM-Praxisleitfadens 1.0*; (www.BIM-blog.de, 2017).

⁴⁰ vgl. Handle, O. 2017: *BIM als Werkzeug der Wertschöpfungskette Bau*, in: Gisela Gary (Hrsg.), Heimo Rollett (Hrsg.), *BIM: Digitale Revolution und ihre Grenzen*, 1. Aufl., Wien, Linde Verlag Ges.m.b.H., S. 110 f.

3.1.2.7. Bauwerksinformationsmodell

Im Rahmen des BIM-Planungsprozesses erstellen die jeweiligen Projektbeteiligten fachspezifische Gebäudemodelle. Zur Beschreibung dieser Modelle werden die Begriffe „Fachmodelle“ und „Teilmodelle“ verwendet. Zur Klassifizierung werden die Aspekte von Teilmodellen herangezogen. Zur Einteilung der Teilmodelle werden die unterschiedlichen Fachperspektiven genutzt. Dies wird auch als „Domain“ bezeichnet. Die Domänen sind in vier Kategorien unterteilt: Architektur, Bauingenieurwesen, Technische Gebäudeausrüstung und Bauphysik. Je nach räumlicher Struktur können die Modelle in Geschosse oder Baukomponenten zerlegt werden. Diese werden als Zonen genannt. Abschließend werden die Modelle nach der jeweiligen Leistungsphase, dem Zeitpunkt und dem Ziel des Modells gegliedert. Diese werden als Phasen beschrieben. Am Beispiel des Ausschreibungsmodells. Diese hat eine besondere Funktion und ist zwingender Bestandteil der Ausschreibung.

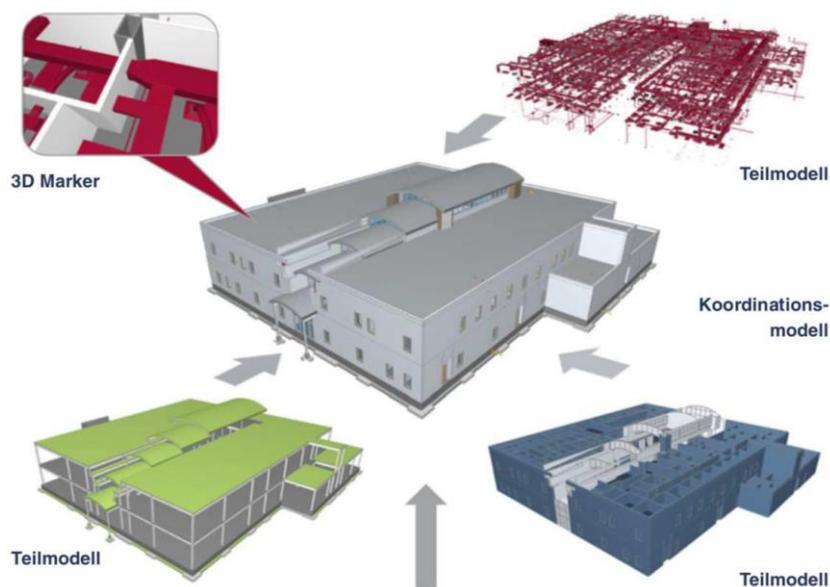


Abbildung 7: Koordinationsmodell und seine Teilmodelle ⁴¹

Als Ergebnis der drei Klassifizierungsdimensionen ergeben sich verschiedene Teilmodelle. Um die Koordination zu planen, die verschiedenen Teilmodelle auf Gesamtkonsistenz zu koordinieren und auf Kollisionen zu prüfen, werden diese zu einem Koordinationsmodell

⁴¹ vgl. Schapke et al., 2015, S. 214

zusammengefasst. Mit der entsprechenden Software wird das Koordinationsmodell untersucht und überprüft.⁴²

3.1.2.8. Software-Anwendungen

Je nach Einsatzgebiet und Funktionsweise lassen sich die verschiedenen BIM-bezogenen Softwareprodukte in verschiedene Gruppen einteilen. Zur Fertigstellung dieser Diplomarbeit sind die folgenden Softwaregruppen erforderlich:

- BIM-Autorensoftware
- BIM-Prüfsoftware
- Auswertungssoftware

Die Abbildung 8 veranschaulicht die Verbindung zwischen den Tools in jeder Kategorie.

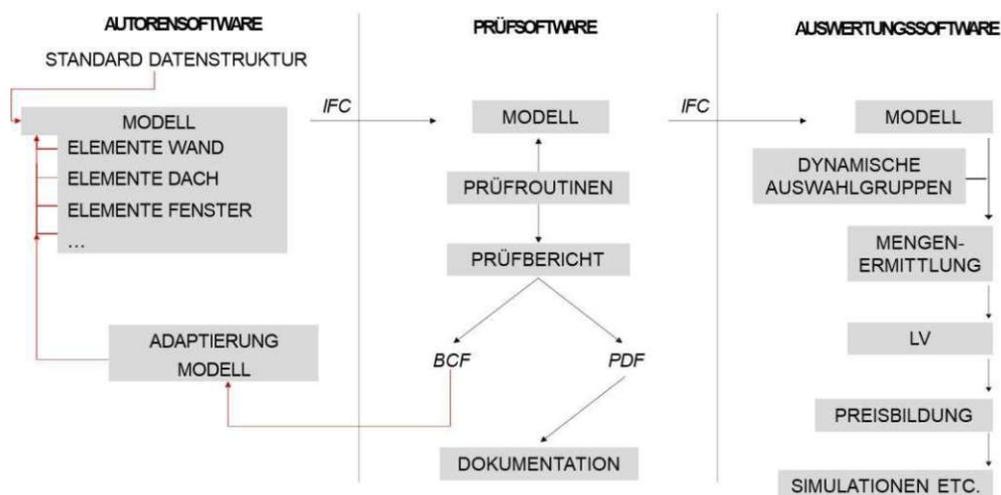


Abbildung 8: Verbindung zwischen BIM-Software⁴³

Die notwendigen Modelle werden mit den BIM-Autorensoftwareprodukten erstellt. In diese Kategorie fallen beispielsweise Allplan, ArchiCAD oder Autodesk Revit.⁴⁴

⁴² vgl. Sven-Eric Schapke, Jakob Beetz, Markus König, Christian Koch, André Borrmann 2015: *Kooperative Datenverwaltung*, in: Jakob Beetz (Hrsg.), *Building Information Modeling: Technische Grundlagen und Industrielle Praxis*, 1. Aufl., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 212-215

⁴³ Eichler, C., 2018. *Digitalisierung der Bauplanung* in: Goger, G. and Winkler, L., 2018. *Tagungsband Kolloquium "Zukunftsfragen des Baubetriebs" und Enquete der Plattform 4.0* TU-MV Media Verlag GmbH, Wien.

⁴⁴ Bei den hier aufgeführten Softwareprodukten handelt es sich lediglich um eine Auswahl der auf dem Markt verfügbaren Produkte.

IFC verfügt über Prüfsoftwaretools, wie z.B. solibri oder Navisworks, und durch IFC werden die Modelle zugeführt. Die Modelle werden nach definierten Prüfroutinen auf Kollisionen und die Einhaltung allgemeiner oder projektspezifischer BIM-Regeln untersucht. Das BCF-Format macht es einfach, Anweisungen zur Modellanpassung an die Autorensoftware zu senden.

Nach erfolgreicher Prüfung wird das Modell per IFC an das entsprechende Auswerteprogramm gesendet. Programme dieser Kategorie können außerdem anhand der spezifischen Ziele der Evaluierung unterschieden werden. Eines der Simulationssoftwareprodukte heißt beispielsweise ArchiPHYSIK. Mit diesem Produkt werden bauphysikalische Simulationen und Berechnungen durchgeführt. Berechnungssoftwareprodukte sind eine wichtige Kategorie. In diese Kategorie fallen neben Nevaris oder ABK auch RIB iTWO 5D.⁴⁵

3.1.3. BIM-Normierung und Standardisierung

BIM wird durch eine Reihe von Normen, Vorschriften und Richtlinien sowohl in Österreich als auch Ausland abgedeckt.

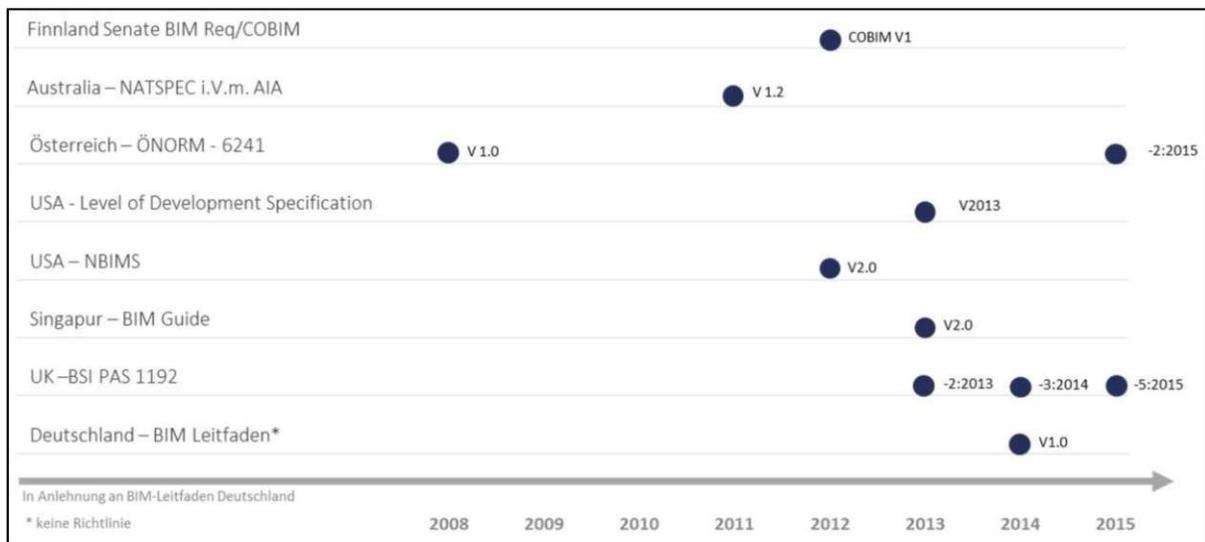


Abbildung 9: Veröffentlichungsreihenfolge der internationalen Standards⁴⁶

Die Veröffentlichungsreihenfolge der ausgewählten Dokumente ist in Abbildung 9 dargestellt. Der kommende Unterkapitel präsentieren die österreichischen und internationalen Standards und

⁴⁵ Eichler, C., 2018. Digitalisierung der Bauplanung" in: Goger, G. and Winkler, L., 2018. Tagungsband Kolloquium" Zukunftsfragen des Baubetriebs" und Enquete der Plattform 4.0 TU-MV Media Verlag GmbH, Wien.

⁴⁶ Bergische Universität Wuppertal: Grundlagen Building Information Modeling und Prozesse

Richtlinien, die bei der Verwaltung von Informationen im BIM-Prozess unmittelbar verwendbar sind.

- **ÖNORM A 6241-1:2015: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) – Level 2⁴⁷**

Durch diese Norm werden die Begriffe, Strukturen und Darstellungsrahmen für die Datenübertragung von zweidimensionalen CAD-Daten und BIM definiert. Es wird erläutert, wie Gebäudedaten im Allgemeinen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg behandelt werden sollten. Dazu wird detailliert erklärt, wie Elemente angezeigt und kategorisiert werden müssen, welche Ebenen verwendet und wie Blöcke mit Beschriftungen gestaltet werden müssen. Das passende Austauschformat ist ". DXF". Die Spezifikation bezieht sich auf die Version 24.1.01 von AutoCAD 2010 und ist perfekt auf die Funktionen und Arbeitsabläufe des Programms abgestimmt. Dadurch basiert sich diese Norm nach eigener Bewertung in Wahrheit mehr auf BIM-Level 1 und wenig auf BIM-Level 2. Aus diesem Grund ist sie für spätere Arbeiten irrelevant.

- **ÖNORM A 6241-2:2015: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM⁴⁸**

Die notwendigen normativen Bedingungen sind in diesem Abschnitt der Norm für die Umsetzung von BIM Level 3 aufgeführt. Die technische Anwendung eines einheitlichen, strukturierten, mehrdimensionalen Datenmodells für Gebäude im Hochbau und zugehörige, raumdefinierbare Bauwerke im Bauingenieurwesen ist in der NORMA A 6241-2 geregelt. Durch diese ÖNORM wird der IFC- und bSDD-basierte Rahmen für einen umfassenden, einheitlichen, produktneutralen, systematisierten Austausch von Modelldaten und den damit verbundenen Sachdaten geschaffen. Es dient auch als Grundlage für den openBIM-Datenaustausch. Diese NORM enthält auch Einzelheiten zum ASI-Markmal-Server (ASI-MMS), der als nationaler Property-Server betrachtet werden kann. ASI-MMS ist eine kostenlose, öffentlich zugängliche Datenbank, den man unter <http://db.freebim.at/> finden kann. Obwohl keine Bauteile darin gespeichert werden, legt es fest, wie alle potenziellen Materialien und Komponenten im BIM-Modell beschrieben werden sollen. Dies dient in erster Linie dazu, festzulegen, welche Details eine Komponente während einer bestimmten Projektphase haben muss. Eine genauere Behandlung und Analyse des ASI-MMS werden in den Kapiteln 3.4 und Kapitel 5 durchgeführt.

⁴⁷ Vgl. ÖNORM A 6241-1:2015

⁴⁸ Vgl. ÖNORM A 6241-2:2015

- **ÖNORM EN ISO 29481-1: Methodik und Format**⁴⁹

Handbücher für Informationslieferung bzw. Information Delivery Manual, kurz IDMs, werden unter Berücksichtigung der Methoden aus dem ersten Abschnitt der ISO 29481 erstellt. Sie beschreiben den Informationsfluss im gesamten Kontext eines Projekts, einschließlich des Informationsaustauschs mit dem BIM-Modell. Prozess- und Transaktionsdiagramme, Interaktionspläne sowie Anforderungen an den Informationsaustausch können als Einzelteile eines IDMs beschrieben werden. Das Letztere kann in bestimmten Phasen des Projekts genutzt werden, um bestimmte Eigenschaften von bestimmten Elementen anzufordern. Alternativ können im IDM bereits vorhandene Definitionen, z. B. aus dem ASI-MMS, verwendet werden.

- **ÖNORM EN ISO 29481-2: Interaktionsstruktur**⁵⁰

Dieser Abschnitt der ISO 29481 definiert eine Technik und Struktur zur Kennzeichnung von "Koordinationshandlungen" zwischen den an einem Bauprojekt beteiligten Personen über alle Phasen hinweg. Er erläutert somit eine Technik, die einen Interaktionsrahmen definiert, eine geeignete Methode zur Darstellung von Aufgaben und Interaktionen, die einen Prozesskontext für den Informationsfluss schafft, und eine Konfiguration, in der der Interaktionsrahmen angegeben werden sollte. Dieser Teil der ISO 29481 zielt darauf ab, die Interoperabilität der im Bauwesen eingesetzten Softwareanwendungen zu verbessern und die digitale Zusammenarbeit zwischen den Akteuren im Bauprozess zu fördern. Die Norm dient auch als Grundlage für den Austausch von genauen, zuverlässigen und wiederholbaren Informationen hoher Qualität.

- **ÖNORMEN ISO 19650-1: Concepts and principles**⁵¹

Das Informationsmanagement mit BIM wird in den allgemeinen Konzepten und Prinzipien dieses Teils des ISO 19650 Normen behandelt. Wortdefinitionen, Informationsanforderungen, Informationsmodelle, der Zyklus der Informationsbereitstellung und Rollen bilden die Hauptschwerpunkte. Unabhängig von der Größe oder Komplexität des Projekts kann dieser Standard für alle Lebensphasen eines Gebäudes und sowohl für bestehende Gebäude als auch für Neubauten verwendet werden.

⁴⁹ Vgl. ÖNORM EN ISO 29481-1:2018: *Bauwerksinformationsmodelle - Handbuch der Information Delivery Manual Teil 1: Methodik und Format.*

⁵⁰ Vgl. ÖNORM EN ISO 29481-2:2018: *Bauwerksinformationsmodelle - Handbuch der Informationslieferung Teil 2: Interaction framework*

⁵¹ Vgl. ÖNORM EN ISO 19650-1:2018: *Organization of information about construction works - Information management using build information modelling Part 1: Concepts and principles.*

- **ÖNORMEN ISO 19650-2: Delivery phase of the asset**⁵²

Dieser Abschnitt der Norm deckt die Planungs- und Bauphase von Bauwerken aller Formen, Größen und Komplexitätsstufen ab. Dieses Dokument beschreibt das Informationsmanagementverfahren, das es dem Kunden ermöglicht, seine Anforderungen an das Informationsmodell zu spezifizieren und diese Anforderungen allen Auftragnehmern zur Verfügung zu stellen.

- **ÖNORM EN ISO 16739: Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauwirtschaft und im Anlagenmanagement**⁵³

Durch diesen Standard, der nur im HTML-Format vorliegt und den Aufbau von IFC-Dateien beschreibt, können IFC-Dateien zum softwareunabhängigen, neutralen Datenaustausch in Bauprojekten genutzt werden. Genauere Informationen zum Datenaustausch mit IFC wurden in Kapitel 3.5 behandelt.

3.2. BIM-basierte Qualitätsmanagement

Das BIM-Modell bildet den Ausgangspunkt für die folgende Leistungs- oder Lebenszyklusphase. Es fasst die Planungsergebnisse aller beteiligten Planer und ausführenden Unternehmen zusammen. Am Ende jeder Phase sollte ein konsistentes, abgestimmtes und widerspruchsfreies Gesamtmodell als Endergebnis der digitalen Planung vorliegen. Dieses Gesamtmodell muss weiteren Qualitätsanforderungen genügen und über den erforderlichen Modellentwicklungsgrad verfügen. Ein angemessenes Maß an Koordination und Abstimmung kann durch die Entwicklung des Modells festgelegt werden.⁵⁴

3.2.1. Themengebiete des BIM-Qualitätsmanagements

Das modellbasierte Qualitätsmanagement in den BIM-Arbeitsmethoden verwendet Techniken und Verfahren, um die Genauigkeit der Konstruktion, Geometrie und Informationen eines digitalen Gebäudemodells sicherzustellen. Die Koordination und Verbreitung von Testergebnissen erfolgt durch den Einsatz modellbasierter Kommunikationstechniken. Software-

⁵² Vgl. ÖNORM EN ISO 19650-2:2018: *Organization of information about construction works - Information management using build information modelling Part 2: Delivery phase of the assets.*

⁵³ Vgl. ÖNORM EN ISO 16739:2017

⁵⁴ van Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. *Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital., S..7-90.*

Optionen für modellbasiertes Qualitätsmanagement finden sich in verschiedenen Kategorien. Die Funktionalität umfasst reine Algorithmen zur Bestimmung geometrischer Kollisionen, datenbankbasierte Fehleranalysen sowie umfangreiche regelbasierte Prüfungen. Ansätze bestreben sich, ein umfangreiches Verständnis über alle im Unternehmen auftretenden Fehler zu erlangen, und gehen daher über einfache Modellprüfungen hinaus. Das BIM-Qualitätsmanagement erfordert eine einheitliche Organisationsstruktur, einheitliche Terminologie und klare Arbeitsabläufe. Nur so können Fehler genau identifiziert, kommuniziert und effektiv behoben werden. Das folgende Diagramm in Abbildung 10 verdeutlicht, wie die Qualitätskontrolle in digitale Projekt- oder Geschäftsaufbauten integriert werden kann:⁵⁵

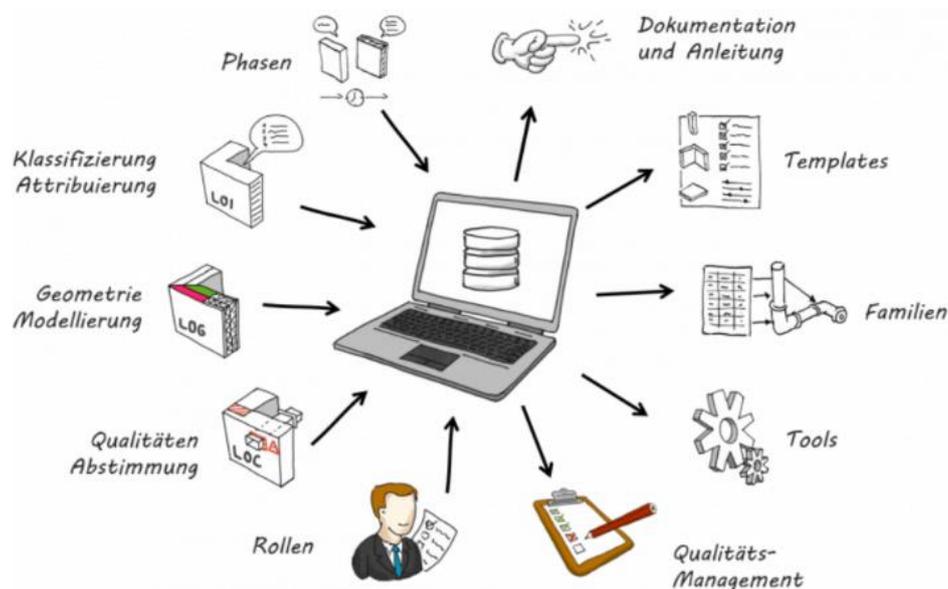


Abbildung 10: Qualitätsmanagement als einen Bestandteil des Regelkreises digitaler Projekt- oder Firmensetups⁵⁶

Die Qualitätsstandards für das Gesamtmodell, das Teilmodell und das Fachmodell sind von höchster Bedeutung. Einerseits dienen die Teil- und Fachmodelle als Nachweis für die erbrachten Leistungen der Beteiligten an Datenübergabepunkten. Andererseits stellen sie eine wichtige Quelle für die kontinuierliche Aktualisierung und Verwendung in anderen Teilmodellen oder Gewerken dar. Es ist offensichtlich, dass eine digitale Planung eine methodische Vorgehensweise erfordert, um Inkonsistenzen und Konflikte im Modell zu erkennen, zu vermeiden und zu lösen. Organisatorische oder technologische Hilfsmittel können dazu beitragen, Modellinkonsistenzen

⁵⁵ <https://www.bimpedia.eu/artikel/1352-qualitaetsmanagement-in-bim>

⁵⁶ <https://www.bimpedia.eu/artikel/1352-qualitaetsmanagement-in-bim>

einzdämmen, doch sie können nicht vollständig behoben werden. Es sollte spezifiziert werden, wie der BIM-Qualitätsstandard bei der BIM-Qualitätsbewertung in welcher Tiefe und auf welche Techniken Bezug genommen wird.⁵⁷

Das BIM-Qualitätsmanagement umfasst eine Vielzahl von Aufgaben, die sicherstellen, dass alle Anforderungen an die Modellqualität erfüllt werden. Die Gewährleistung einer vordefinierten, standardisierten Modellqualität, welche für die genormte Übergabe und automatisierte Auswertung von Modellen von zentraler Bedeutung ist, bildet einen wesentlichen Bestandteil dieser Aufgaben. Des Weiteren ist es unerlässlich, die alphanumerischen Beschreibungen aller Modellkomponenten in jeder Leistungsphase (z. B. die normgerechte Bezeichnung des Brandschutzes oder die Betonklasse einer Wand in der Entwurfsphase) auf Richtigkeit und Vollständigkeit zu überprüfen. Dies ist erforderlich, um einen kontinuierlichen BIM-Prozess sicherstellen zu können.⁵⁸ Dieser Aspekt ist ein bedeutender Bestandteil dieser Diplomarbeit und wird in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Das automatisierte Qualitätsmanagement basiert auf Arbeitsweisen und Standards, die auf BIM basieren. Aus diesem Grund können sich durch das Prüfen von Modellen erhebliche Vorteile ergeben. Allerdings müssen die betroffenen Parteien die Standards akzeptieren und, was noch wichtiger ist, sie befolgen. Building Information Modeling umfasst viel mehr als nur den Einsatz von Software. Es beschreibt einen Prozess und eine Art der Zusammenarbeit.

Insbesondere bei der Einhaltung von Standards im Planungsprozess ist es unerlässlich, eine Anlaufstelle für derartige Problemstellungen zu schaffen. Modell-Audits und zyklische BIM-Besprechungen sind unabdingbar, um auch die angestrebten Ziele mit dieser Arbeitsweise zu erreichen.⁵⁹

3.2.2. Prozessbasierte Integration in Bezug auf BIM-Qualitätsmanagement

Die Verwendung einzelner Fachmodelle, die über Referenzen mit anderen Teilmodellen verbunden sind, hat sich in der Praxis bewährt. Die Aufteilung in mehrere Fachmodelle weist theoretisch Vorteile auf. Zur Koordination besteht die Möglichkeit, verschiedene Fachmodelle zu einem einzigen Koordinationsmodell zusammenzufassen, wie in Abbildung 11 dargestellt.

⁵⁷ van Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. *Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling*, pp.7-90.

⁵⁸ <https://www.bimpedia.eu/artikel/1352-qualitaetsmanagement-in-bim>

⁵⁹ Borrmann, A., König, M., Koch, C. and Beetz, J. eds., 2015. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Springer-Verlag.

Zur Zusammenführung unterstützen Softwarelösungen eine Vielzahl unterschiedlicher Datenaustauschformate. Es ist von Bedeutung, zwischen dem Koordinationsmodell und dem zentralen Modell zu unterscheiden. Auch mit moderner Hardware lassen sich aufgrund von Modellkoordinierungsproblemen keine komplexeren Projekte als kleine Bauprojekte verwalten. Die Größe eines Modells übersteigt rasch die Leistungsfähigkeit des Computers, was wiederum Leistungseinbußen mit sich bringt und ein effizientes Arbeiten erschwert oder gar unmöglich macht. Stattdessen sollten die Planer den Umfang auf relevante Daten beschränken und ein komplettes Modell mit allen Modellfamilien vermeiden. Ein solches Modell enthält auch unternehmensinterne Hintergrundinformationen und ist somit nicht notwendig. Eine domänenübergreifende asynchrone Verarbeitung ist möglich, indem einzelne Fachmodelle über Referenzen dynamisch miteinander verknüpft werden. Mit dieser Technik können auch Elemente verknüpft werden, die auf Zeichnungen oder Punktwolken aus einem Laserscan basieren.⁶⁰

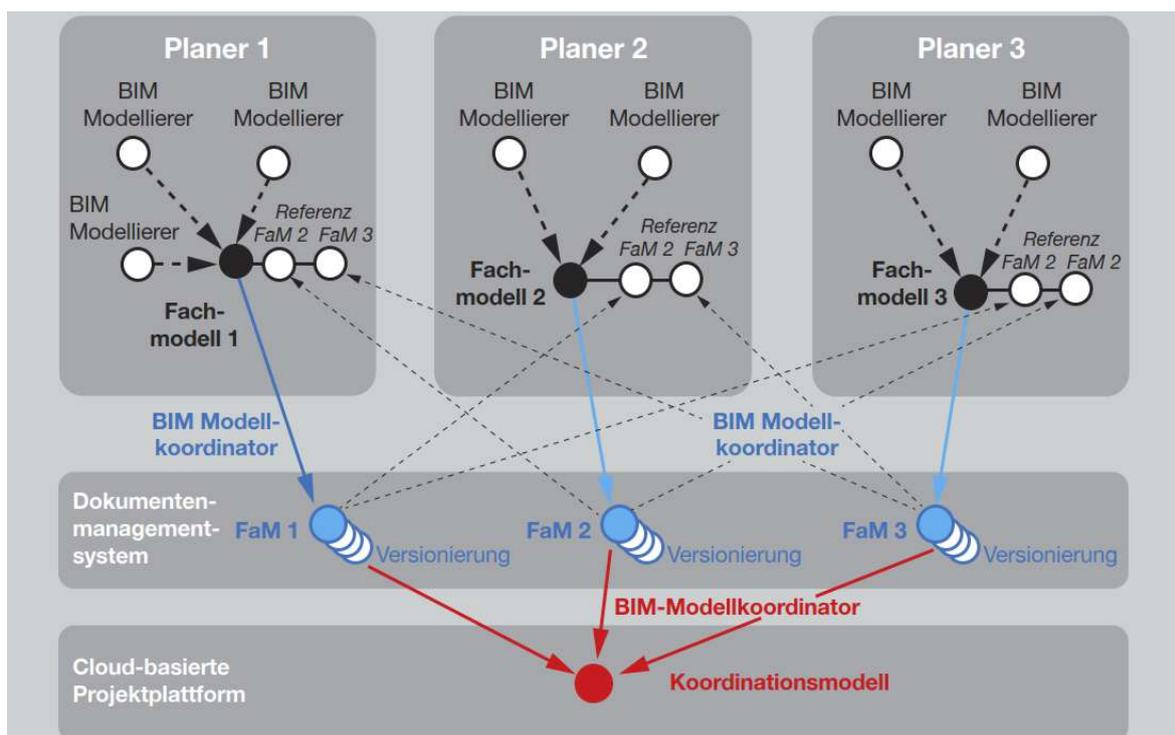


Abbildung 11 Fachbereichsübergreifende Koordination von Fachmodellen (FaM) und Zusammenwirken von Dokumentenmanagementsystem und Koordinationsmodell ⁶¹

⁶⁰ Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling, pp.7-90.

⁶¹ van Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling, pp.7-90

In Abbildung 12 ist eine mögliche methodisch-technische Umsetzung der prozessbasierten Integration (IDM: Information Delivery manual) dargestellt. Diese Umsetzung steht unter der Aufsicht des übergeordneten BIM-Qualitätsmanagements. Modellkoordinator prüft BIM-Teilmodelle, bevor diese im Dokumentenmanagementsystem (DMS) abgelegt, mit anderen Teilmodellen verknüpft und abgelegt werden. Der BIM-Ingenieur fügt während der Modellrevision Teilmodelle zu einem Koordinationsmodell zusammen. Anschließend wird das Modell überprüft und Änderungen kommuniziert, beispielsweise mithilfe der Kommunikationslösungen einer Projektplattform (PP). In regelmäßigen Abständen werden zu Dokumentationszwecken erstellte Dokumente, Teilmodelle und CAD-Pläne archiviert.⁶²

Diese Darstellung zeigt eine mögliche prozessbasierte Integration des BIM-Qualitätsmanagements durch den Modellersteller vor der Freigabe. Im siebten Kapitel dieser Diplomarbeit wird ein mögliches Framework für den Datenaustausch entwickelt, welcher die Qualität der Informationen in BIM-Modellen auf Basis der definierten Anwendungsfälle für einen durchgängigen Open-BIM-Prozess gewährleistet.

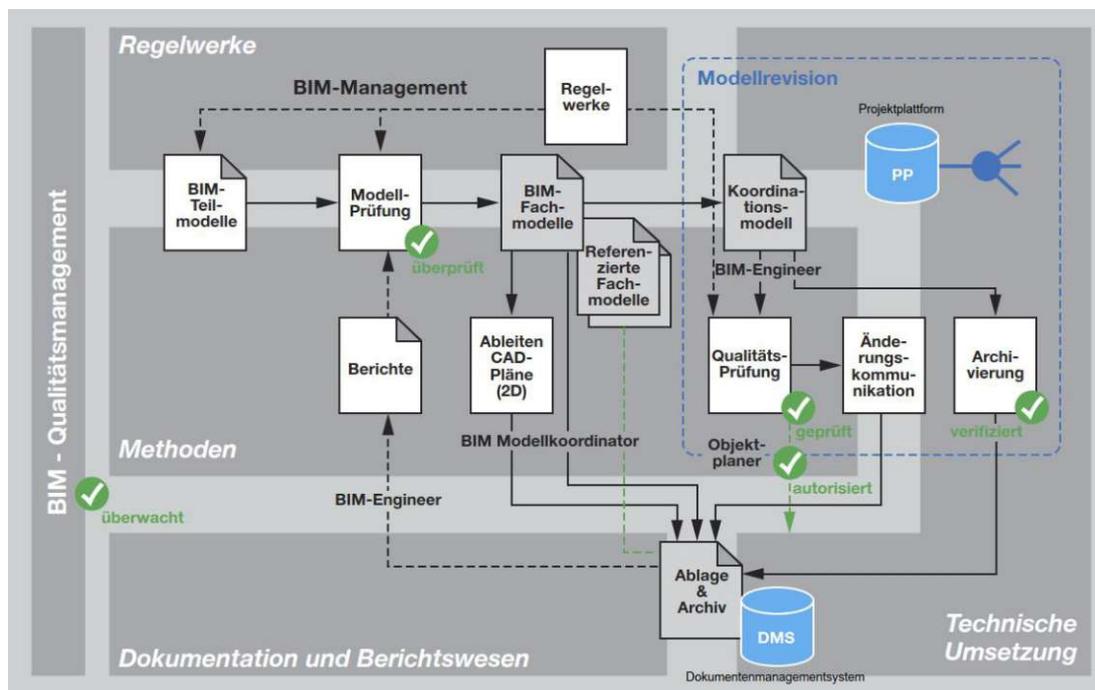


Abbildung 12: Prozessworkflow für BIM-Qualitätsmanagement ⁶³

⁶² Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling, pp.7-90.

⁶³ Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling, pp.7-90.

3.2.3. Qualitätssicherung durch BIM-basierte Modell Prüfung

Die BIM-basierte Modellprüfung (BMC: BIM-based Modell Checking) stellt möglicherweise den effizientesten Weg dar, um die BIM-Technologie zu nutzen und die AEC-Branche voranzutreiben. Diese ist stark reguliert und erfordert die Einhaltung einer Vielzahl von Gesetzen, Vorschriften, Regeln und Standards. BIM-basierte Modellprüfung gehört zu den besten Methoden, um die Bedeutung der in BIM-Dateien enthaltenen relevanten Informationen zu verdeutlichen.⁶⁴

Es handelt sich um eine Methode zur Koordination von BIM-Outputs aus verschiedenen Disziplinen. Die Art und Weise, wie BMC implementiert wird, wird maßgeblich durch den Einsatz von BIM im Allgemeinen und Open BIM auf Basis von IFC im Besonderen beeinflusst. Dateien, die relevante Daten enthalten, werden von BMC benötigt, um die Prüfregeln verarbeiten zu können. Es ist möglich, sich auf die Entwicklung von Lösungen zu konzentrieren, wenn Informationen in einem Standardformat wie IFC ausgetauscht werden können. Durch mehr Daten in der Datei können mehr Regeln erstellt werden. BMC kann einen großen Einfluss sowohl auf den Einsatz von Open BIM als auch auf die Produktion exzellenter Informationsinhalte in BIM-Dateien haben. Der Mangel an relevanten Informationen in BIM-Dateien und der geringe und inkonsistente BIM-Reifegrad der am Projekt beteiligten Unternehmen sind die Hauptgründe für die spärliche Nutzung von BMC.

Aus diesem Grund wird BMC häufig als Koordinationstool für die Kollisionserkennung eingesetzt und hat in dieser Rolle einen erheblichen Einfluss auf den Prozess, indem es Probleme identifiziert, Schuldzuweisungen zuweist und Änderungen verfolgt. Ein wichtiger Faktor für den Einsatz von BMC ist die verbesserte Modellqualität mit präzisen Lösungen. Das Ziel der Modellüberprüfung ist es, Modelle zu erstellen, die fehlerfrei sind, damit Daten bei der Verwendung in anderen Programmen und Verfahren als vertrauenswürdig eingestuft werden können. BMC leistet dabei einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung digitaler Modelle. Es bietet eine enge Interaktion mit den Daten im BIM-Modell und kann als Katalysator verwendet werden, um den Einsatz von umfassendem BIM zu fördern und den Austausch wichtiger Daten zwischen allen an einem Bauprojekt beteiligten Parteien zu erleichtern.⁶⁵

Modelle aus verschiedenen Disziplinen können im Planungs- und Bauprozess koordiniert werden, indem BMC-Software als Werkzeug für Reporting und Koordination verwendet wird.

⁶⁴ McGraw-Hill Construction, 2012. *Construction industry workforce shortages: Role of certification, training and green jobs in filling the gaps. Smart Market Report.*

⁶⁵ Hjelseth, E., 2015. *Foundations for BIM-based model checking systems. Norwegian University of Life Sciences.*

Mit Hilfe von Funktionen in BMC-Software wie Navisworks und Solibri können BIM-Dateien zu einem einzigen gemeinsamen koordinierten Modell kombiniert werden.

Baubehörden betrachten BMC als ein Konzept für die automatisierte Abwicklung von Anträgen. Diese Art der Validierung erfordert die Umwandlung von Gesetzen in kalkulierbare Regeln, um Bauanträge bearbeiten zu können. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich dies in naher Zukunft drastisch ändern wird.⁶⁶

3.2.3.1. Quality Gates

Unter Quality Gates versteht man die erwarteten Zielqualitäten und Inhalte eines digitalen Gebäudemodells zu einem bestimmten Zeitpunkt im Lebenszyklus. Ein Beispiel hierfür sind zulässige Kollisionen in bestimmten Planungsphasen. Häufig werden Kollisionen zwischen Architektur- und Lüftungskomponenten im Vorentwurf toleriert, nicht aber in der Ausführungsplanung. Solche Festlegungen werden üblicherweise in BIM-Ausführungsplänen entsprechend den Projektanforderungen in Quality Gates definiert.⁶⁷

3.2.3.2. Komponenten von BIM-basierte Modell Prüfungen

BIM-Dateien, Software und Regelsätze sind die drei Komponenten, aus denen ein BMC-System besteht.

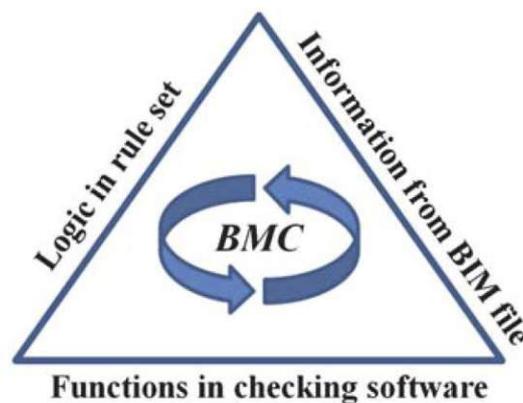


Abbildung 13: Komponenten von BMC-Systemen⁶⁸

Die Logik eines Regelsatzes, der Informationsgehalt einer BIM-Datei und die Funktionen der Modellprüfungssoftware sind alle miteinander verbunden, wie in Abbildung 13 gezeigt.

⁶⁶ Hjelseth, E., 2015. BIM-based model checking (BMC). *Building Information Modeling–Applications and Practices*, pp.33-61.

⁶⁷ <https://www.bimpedia.eu/artikel/1352-qualitaetsmanagement-in-bim>

⁶⁸ Hjelseth, E., 2015. *Foundations for BIM-based model checking systems*. Norwegian University of Life Sciences.

- Die Software umfasst die Funktionen und Dienste, die den Import von BIM-Dateien, die Verarbeitung von Regeln, die Visualisierung von Daten und die Meldung von Problemen ermöglichen.
- Für eine genaue Modellprüfung ist die Qualität der BIM-Datei von entscheidender Bedeutung.
- Regelsätze sind Sammlungen von Regeln, die ein einzelnes Thema abdecken.⁶⁹

3.2.3.3. Logik von BIM-basierte Modell Prüfung

Eine Regel ist im Wesentlichen eine einfache logische Frage, die die Antwort "Ja", "Nein" oder "Nicht geprüft" haben kann, wenn dies erforderlich ist, um zu verhindern, dass sie aufgrund fehlender Daten nicht aktiviert wird. Die Abbildung stellt den Ablauf in schematischer Form dar. Daten (Geometrie, Text, Zahlen und Beziehungen) aus der BIM-Datei werden in BMC eingegeben, das dann die Regeln verarbeitet. Zum Beispiel: "Stellen Sie sicher, dass die Türbreite 800 mm oder mehr beträgt." Das Ergebnis ist "Bestanden", wenn die BIM-Datei Informationen über ein "Türobjekt" mit dem Eigenschaftsnamen "door_opening_width" (auch in der Regel verwendet) und dem Wert "800 mm" enthält. Wenn der Wert "750 mm" ist, kommt es zu einem Fehler. Wenn die Eigenschaft "Türöffnungsbreite" in der BIM-Datei nicht oder als "Türbreite" angegeben ist, lautet das Ergebnis "Nicht geprüft". Es ist wichtig, dass die in der BIM-Datei enthaltenen Informationen und die von der Regel geforderten Informationen inhaltlich genau übereinstimmen.⁷¹

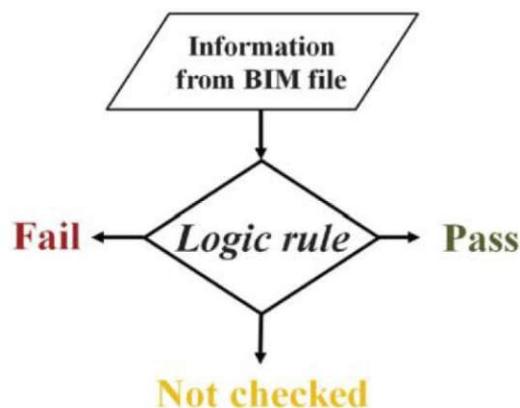


Abbildung 14: Logik von BMC⁷⁰

⁶⁹ Hjelseth, E., 2015. Foundations for BIM-based model checking systems. Norwegian University of Life Sciences.

⁷⁰ Hjelseth, E., 2015. Foundations for BIM-based model checking systems. Norwegian University of Life Sciences.

⁷¹ Hjelseth, E., 2015. Foundations for BIM-based model checking systems. Norwegian University of Life Sciences.

3.3. Aktueller Standardisierung in Open-BIM

Weltweit gibt es heute mehr als 6500 verschiedene Sprachen. Es ist einfacher, Informationen innerhalb derselben Sprache (geschlossen) auszutauschen als zwischen verschiedenen Sprachen (offen). Viele Länder haben sich auf einen Standard geeinigt, damit weiterhin Informationen zwischen den verschiedenen Sprachen ohne nennenswerten Verlust ausgetauscht werden können (z.B. Englisch). Auch für die openBIM-Implementierung sind klare und offene Standards erforderlich, um Informationsverluste beim Austausch zu verhindern. Somit ist für die openBIM-Methode ein plattformneutraler Datenaustausch ebenfalls erforderlich.⁷²

Sobald die Begriffe „Open-BIM“ und „standardisierter Informationsaustausch“ bei BIM-basierten Projekten in Österreich vorkommt werden häufig die Begriffe „ASI-Merkmalserver“ und „IFC-konforme Arbeitsmethode“ verwendet. Unter der Begriff Merkmalmanagement versteht man die Verwaltung von Informationen (Informationsmanagement), die in Form von Merkmalen im Modell vorliegen.

3.3.1. BuildingSMART

Die internationale Non-Profit-Organisation buildingSMART International (bSI) wurde erstmals in den 1990er Jahren als Industry Alliance for Interoperability (IAI) gegründet und änderte kurz darauf ihren Namen in International Alliance for Interoperability, bevor sie 2005 zu buildingSMART wurde. Seitdem wurde dafür mehr als 20 nationale Organisationen gegründet. z.B. buildingSMART Austria (bSAT), buildingSMART Germany (bSD) oder buildingSMART Switzerland (bSCH).

Das Hauptziel von BuildingSMART (bS) besteht darin, das Konzept Open BIM voranzutreiben und den Informations- und Datentransfer zwischen verschiedenen Softwareanwendungen der Bauindustrie zu erleichtern. Die Zusammenarbeit und der digitale Workflow sollen optimiert werden. Dadurch gelang es (bS), alle namhaften Softwareentwickler für ihre Mitgliedschaft zu gewinnen. (bS) sind sich des Werts offener Lösungen bewusst und stehen daher Softwareneutral für globale, offene, interoperable (Datenaustausch-)Standards im Mittelpunkt der Digitalisierung der Bauindustrie. Diese haben viele Vorteile, da sie es ermöglichen, eine umfassende digitale Umgebung für das gesamte Projekt- und Asset-Lebenszyklus zu schaffen. Basierend auf das

⁷² (BIMcert-Handbuch-2023.pdf / Buildingsmart Austria)

Open-BIM Konzept erstellte (bS) als unabhängiger Verein eigene offene Standards für den Informationsaustausch und die Interoperabilität. Die beiden bekanntesten sind IFC und BCF.⁷³

3.3.2. Open BIM und Closed BIM

Es gibt vier verschiedene Hauptarten der BIM-Arbeitsweises. Erstens gibt es einen Unterschied zwischen „Big BIM“ und „Little BIM“.

Bei der als „Little BIM“ bezeichneten Arbeitsweise wird BIM einzeln als Insellösung einer Fachdisziplin eingesetzt. Mithilfe einer BIM-Software wird ein digitales Gebäudemodell erstellt, aus dem Pläne abgeleitet werden können. Es erfolgt nicht, verschiedene Disziplinen anhand des Modells oder der Weaternutzungen des Modells zu koordinieren. Obwohl, allein dies kann zu einer Steigerung der Produktivität führen, aber ein beträchtlicher Teil des Potenzials ist noch ungenutzt. Bei „Big BIM“ hingegen wird das Gebäudemodell in allen Phasen des Projekts genutzt. Alle Beteiligten und Disziplinen werden anhand des Modells untereinander koordiniert.⁷⁴

Zunächst erfolgt die Unterscheidung in „Closed BIM“ und „Open BIM“. Unter „Closed BIM“ versteht man den Einsatz von Software eines einzigen Herstellers. Die Datenübertragung erfolgt über proprietäre Schnittstellen des Softwareherstellers, was die Datenübertragung erheblich vereinfacht. Trotz der breiten Palette an Softwareprodukten einiger Hersteller bestehen Einschränkungen in der Nutzung technischer Möglichkeiten und eine Abhängigkeit von bestimmten Softwareherstellern. Darüber hinaus ist es wichtig, die rechtlichen Aspekte der gesetzlich geforderten Produktneutralität bei Angeboten öffentlicher Auftraggeber zu berücksichtigen. In der Anwendung „Open BIM“ kommen unterschiedliche Softwareprodukte verschiedener Hersteller zum Einsatz. Dies erfordert den Einsatz eines offenen, produktneutralen Daten- und Informationsaustauschformats. Ein solches Format für den herstellerunabhängigen Datenaustausch steht mit Hilfe von IFC (Industry Foundation Classes) schon lange zur Verfügung. Im Vergleich zu „Closed BIM“ erfordert der offene Datenaustausch mehr Aufwand und Komplexität.⁷⁵

⁷³ (BIMcert-Handbuch-2023.pdf / Buildingsmart Austria)

⁷⁴ (vgl. Borrmann et al., 2015, pp. 7-9)

⁷⁵ (vgl. Borrmann et al., 2015, S. 7-9)

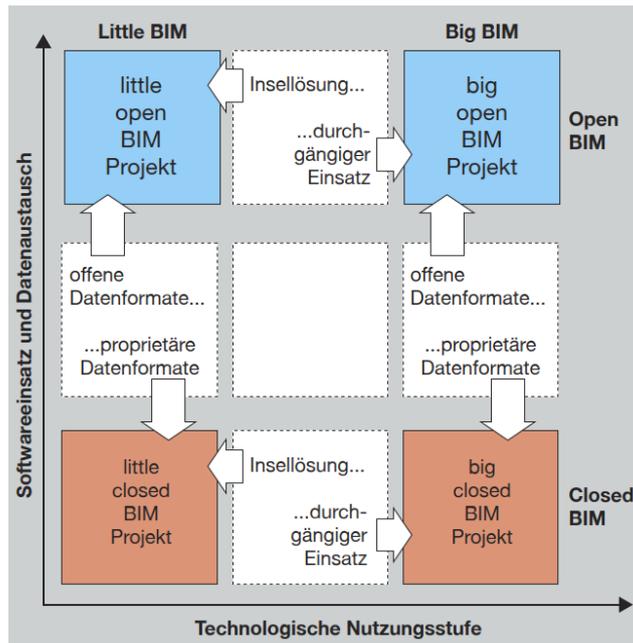


Abbildung 15: Unterscheidung der BIM-Nutzungsarten),⁷⁶

Basierend auf diesen Unterscheidungen erfolgt eine Einteilung in vier Nutzungsarten:

• **Little closed BIM:**

Das Bauwerksinformationsmodell ist von jeder Fachdisziplin isoliert und wird ausschließlich während einer bestimmten Arbeitsphase verwendet. Das digitale Modell erfordert keine Abstimmung zwischen den Fachdisziplinen. Die Software stammt vom gleichen Hersteller. Es handelt sich um einen proprietären Datenaustausch.

• **Little open BIM:**

Die Nutzung erfolgt auf die gleiche Weise wie „Little Closed BIM“, mit der Ausnahme, dass Software verschiedener Hersteller verwendet wird, was die Verwendung eines offenen Datenaustauschformats erforderlich macht. Regeln bezüglich Datenaustausch müssen festgelegt.

• **Big closed BIM:**

Das Bauwerksinformationsmodell kommt in vielen oder allen Arbeitsphasen zum Einsatz und hilft bei der Koordination der verschiedenen Fachdisziplinen. Um dies zu erreichen, werden zu bestimmten Zeitpunkten in der Zukunft die einzelnen Teilmodelle zu einem

⁷⁶ Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M. and van Treeck, C., 2016. Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling

Koordinationsmodell zusammengefasst und auf ihr Kollisionspotenzial hin untersucht. Der Datenaustausch ist proprietär, da die Software eines Herstellers verwendet werden.

- **Big open BIM:**

Die Nutzung erfolgt auf die gleiche Weise wie „Big Closed BIM“, mit der Ausnahme, dass aufgrund der verschiedenen Softwareprodukte ein offenes Datenaustauschformat erforderlich ist. In der Big Open BIM besteht die höchste Komplexitätsgrad. Es ist höchst notwendig, die Regeln und die spezifischen Verfahren zu bestimmen.⁷⁷

3.3.3. Normierung und Standardisierung

3.3.3.1. Internationale Standards

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Open BIM-Standards und ihre Entwicklung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene zusammengefasst. Diese Normen werden ebenfalls um neue Standards erweitert und zueinander in Beziehung gesetzt. Die Abhängigkeiten der verschiedenen Standards werden in der Abbildung 16 nach dem Zeitpunkt ihrer Abhängigkeit dargestellt. Basierend auf das Open-BIM Konzept stellt (bS) als unabhängiger Verein eigene offene Standards für den Informationsaustausch und die Interoperabilität zur Verfügung.

⁷⁷. vgl. Baier, C., Díaz, J. 2017: *Begriffsdefinitionen und Klassifizierung*, in: Silbe, K. (Hrsg.), Díaz, J. (Hrsg.), *BIM-Ratgeber für Bauunternehmer: Grundlagen, Potenziale, erste Schritte*, Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co KG, S. 24 f.)

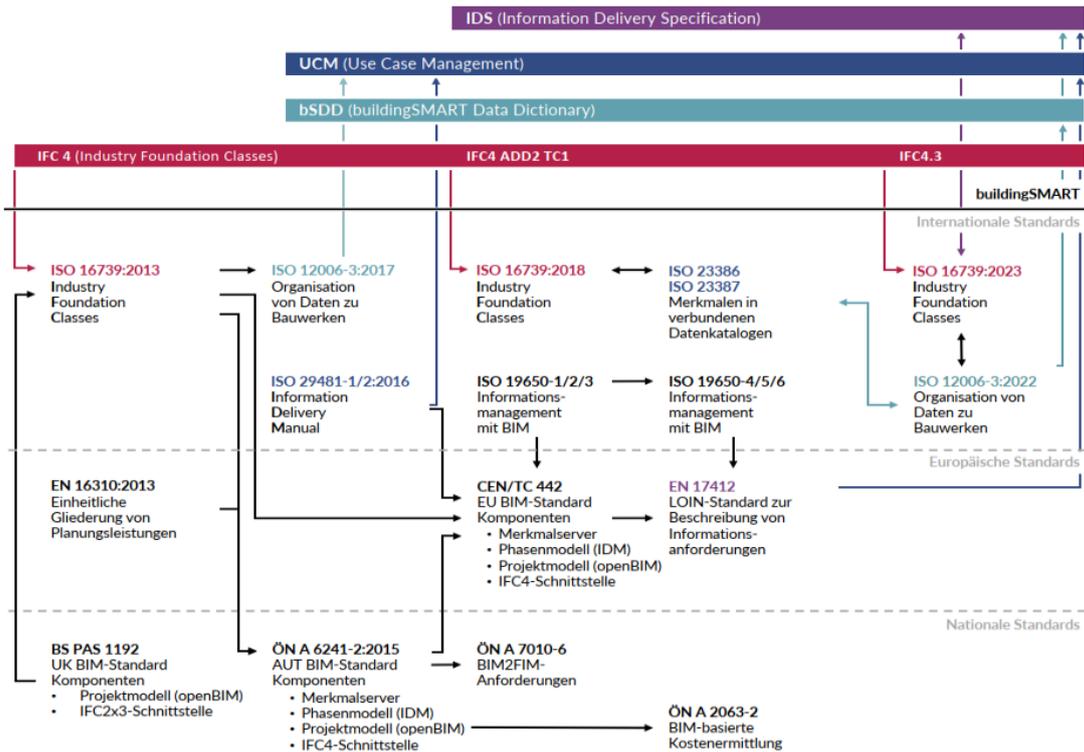


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen internationalen, europäischen und nationalen⁷⁸

3.3.3.2. Industry Foundation Classes

Industry Foundation Classes (IFC) ist ein Datenstruktur, das auch als ein offenes Datenaustauschformat für Bauwerksdaten fungiert ist. Seit 1995 erstellte buildingSMART international IFC als Bestandteil des openBIM-Standards. Mit ISO 16739 ist IFC seit 2013 (dem Jahr der Veröffentlichung von IFC4) ein offizieller ISO-Standard und wird regelmäßig mit diesem Standard aktualisiert. IFC ist ein weiteres Format, das BuildingSMART für die Archivierung und Referenzierung von Modellen empfiehlt.

Als Grundlage für Open BIM dient IFC4, seit seiner Zertifizierung und Veröffentlichung in 2013 für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement als anerkannte herstellernerneutrale Datenstruktur. Mit der aktuell verfügbaren Version von IFC4 können alle wichtigen Baugewerke des Hochbaus in der Datenstruktur abgebildet werden. In der kommenden IFC5-Version werden die Infrastrukturbereiche Straße, Schiene, Brücke und Tunnel sowie die dazugehörige Streckenführung (IfcAlignment) integriert.

⁷⁸ (BIMcert-Handbuch-2023.pdf / Buildingsmart Austria)

Jeder Geschäftsprozess im allgemeinen Informationsmanagement hat laut ÖNORM eine bestimmte Struktur. Es umfasst bestimmte Informationsklassen, die die Struktur für die Informationsanforderungen jedes Objekts skizzieren. Diese allgemeine Aussage wird wie in Abbildung 17 gezeigt auf den BIM-Prozess übertragen. Dabei ist das IFC-Schema das Standardschema der BIM-Methode.⁷⁹

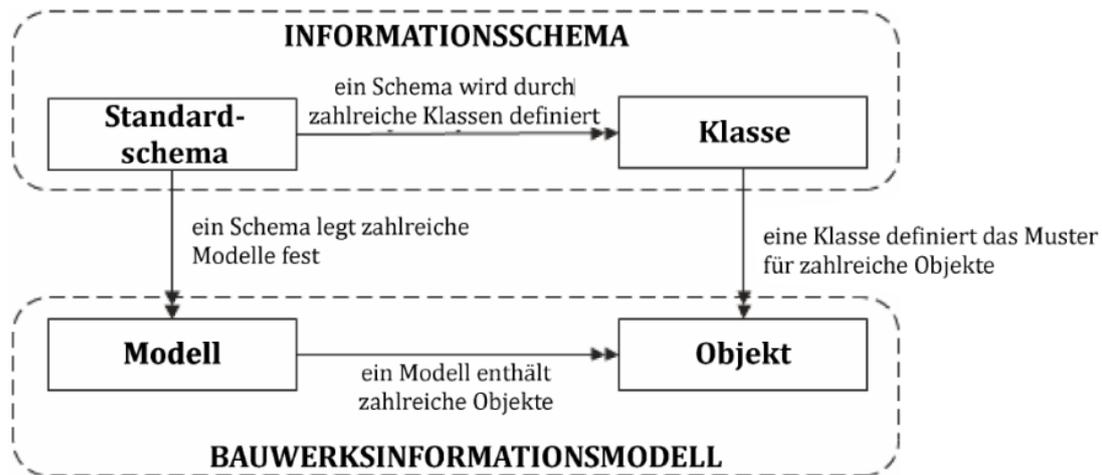


Abbildung 17: Zusammenhang zwischen Informationsschema und BIM-Modell⁸⁰

Im Wesentlichen beschreibt die IFC-Struktur folgende Punkte: Welche Informationsklassen gibt es, wie hängen sie zusammen und wie muss eine Gebäudestruktur aufgebaut sein, um ein Modell aufzustellen. Die Elementklassen (Entitäten) des IFC-Schemas werden als Informationsklassen bezeichnet. Diese Klassen gibt es einerseits für Bauteile wie z. B. IfcBuilding, IfcWall oder IfcSlab, andererseits auch abstrakte Elementaren wie IfcOrganization, IfcDate, IfcAddress.

Ein (BIM-)Modell besteht aus vielen verschiedenen Objekten. Hierbei handelt es sich um unterschiedliche physische Komponenten, beispielsweise ein Rohr, eine Wand oder eine Säule. Jedem Objekt in einer IFC-Datei wird eine Elementklasse zugewiesen. Soll dieses Objekt beispielsweise eine Wand darstellen, erhält es die Klassenbezeichnung „IfcWall“. Alle für dieses Objekt notwendigen Informationen im AIA für die Elementklasse „Wand“ werden durch diese Klassifizierung für alle nachfolgenden Prozesse als notwendig definiert. Diese Zusammenhänge machen das 3D-Modell zum Rahmen der im BIM-Prozess verwendeten Informationen. Die Struktur der Informationsreihenfolge wird durch die Spezifikationen des IFC-Schemas zum Aufbau eines Modells definiert.⁸¹

⁷⁹. (ÖNORM EN ISO 29481-1:2018, S.12.)

⁸⁰ (ÖNORM EN ISO 29481-1:2018, S.12.)

⁸¹ (Vgl. Bormann Andre, König Markus, Koch Christian: *Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und indust-rielle Praxis* (Springer Vieweg Wiesbaden, 2015).)

Zusätzlich werden „Property Sets“ (Pset) oder Merkmal-Listen definiert. Diesen Listen sind bestimmte Elemente zugeordnet. Somit dient der IFC-Standard auch dazu, allgemein zu definieren, welche Merkmale für eine Komponente notwendig sein können. Den Merkmal-Listen beinhalten keine länderspezifischen Informationen, da sie weltweit standardisiert sind. Zusätzlich zu den Merkmal-Listen gibt es in IFC noch eine Menge Merkmale, die nicht speziell zugewiesen sind.

Der Austausch geometrischer und nichtgeometrischer (alphanumerischer) Daten erfolgt über die IFC-Datenstruktur. `IfcPropertySet` wird hauptsächlich zum Transport dieser alphanumerischen Daten verwendet. Die `IfcPropertySet`-Definitionen werden von buildingSMART als separate Spezifikation zur Verfügung gestellt, da sie nicht im IFC-Schema verankert sind. Dabei können sind die Bezeichnung der Psets wie folgend definiert:

- Property Sets mit der Endung „Common“ dürfen nur von buildingSMART International definiert werden (z.B. `Pset_WallCommon`).
- Property Sets, die mit „Pset“ starten, können von buildingSMART International oder von nationales buildingSMART-Chapters definiert werden.
- Property Sets, die mit `Qto` starten, enthalten pro Elementklasse Informationen zu den geometrischen Grundgrößen des betroffenen Elementes.
- Alle anderen organisations- oder projektspezifische Property Set müssen mit einem anderen Präfix starten (z.B. `ASI_Merkmalliste`).

Diese Unterteilung der Eigenschaftensätze bildet eine wesentliche Grundlage für die neuen BIM-Definitionen, die von AIT an ASI eingereicht wurden. (Siehe Kapitel ...)

3.3.3.3. BuildingSmart Data Dictionary⁸²

Das BuildingSMART Data Dictionary wird als bSDD bezeichnet. Dabei handelt es sich um eine webbasierte Plattform, die auf Basis von ISO 12006-3. als Bibliothek von Objekten und deren Attributen dient. Dabei handelt es sich um keine Norm, sondern um einen webbasierten Service zur Erstellung und Konsolidierung von einzelnen Datenstrukturergänzungen.

Anders als der Name vermuten lässt, ist bSDD nicht nur ein Wörterbuch, sondern auch ein Datenstruktur-Server. Dieser ermöglicht es einerseits jeder Organisation, eigene Datenstrukturen zu erstellen, zu veröffentlichen und mit bestehenden Strukturen zu verbinden. Andererseits

⁸² (*BIMcert-Handbuch-2023.pdf*, *Buildingsmart Austria*, S. 116)

können einzelne Benutzer auf diese Strukturen zugreifen, um ihre Modelle mit Daten anzureichern oder sie unter verschiedenen Gesichtspunkten (verschiedene Klassifikationen) zu betrachten. Auf diese Weise kann ein und dasselbe Modell für mehrere Berechnungen, Auswertungen und Simulationen verwendet werden, ohne dass die Geometrie oder Struktur des Modells verändert wird.

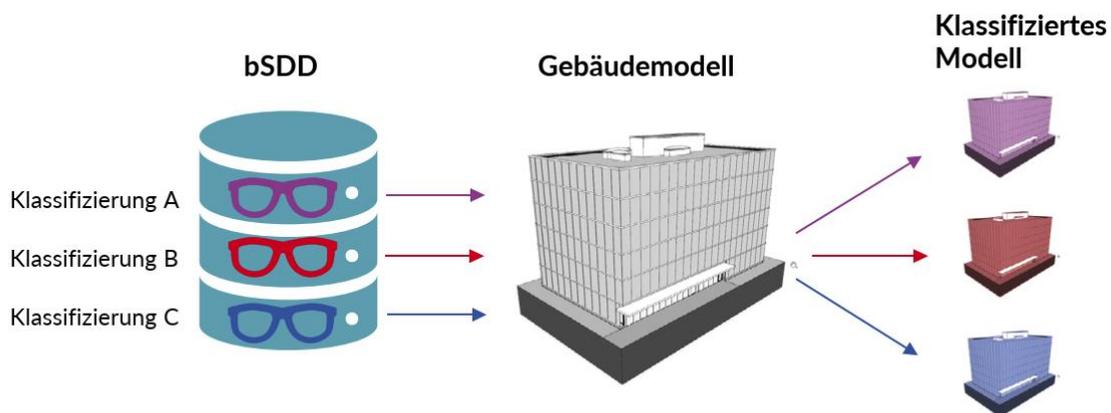


Abbildung 18: bSDD als Klassifizierungsserver ⁸³

Es genügt, die vorhandenen Elemente mit den entsprechenden Datenstrukturen in bSDD über eine Klassifikation zu verbinden, um von einer Perspektive zur nächsten zu gelangen (siehe Abbildung: bSDD als Klassifikationsserver). So kann z.B. der Einsatz verschiedener Materialien oder Produkte in Modellen getestet und simuliert werden, um die beste Leistung in Bezug auf Ökobilanz, Energieverbrauch, Brandschutz oder Kosten zu ermitteln.

Um Missverständnisse durch unterschiedliche Sprach- oder Schreibweisen zwischen den Projektpartnern zu vermeiden, wurde das BuildingSMART Data Dictionary (bSDD) erstellt. Einzelne IFC-Eigenschaften erhalten unter anderem GUID-Nummern (Globally Unique Identifier). Bei einer IFC-konformen Arbeitsweise werden alle Merkmale über diese GUIDs identifiziert und nicht über ihre Bezeichnung im Programm. Die Informationen im bSDD können verwendet werden, um die Bedeutung einer Funktion unabhängig von der Spracheinstellung des Programms zu bestimmen. Diese Übersetzungen können online eingesehen oder in die Software integriert werden.

⁸³ (BIMcert-Handbuch-2023.pdf, Buildingsmart Austria, S. 116)

Durch die Verknüpfung der Inhalte zielt das bSDD darauf ab, eine zentrale Datenstruktur und einen Feature-Server bereitzustellen, der den globalen Zugriff erleichtert und gleichzeitig Redundanzen reduziert. Folgende Ziele können hervorgehoben werden:

- Systematische Konsolidierung und Vereinheitlichung der Klassifikationen.
- Einrichtung einer weltweit standardisierten Adresse zum Auffinden und Verwenden von Klassifizierungen und Deklarationen.
- Reduzierung überflüssiger Stellen und Schaffung einer Grundlage für Datenkonsistenz in digitalen Prozessen in der Planungs- und Baubranche.
- Bereitstellung von Mapping-Funktionen, um verschiedene Klassifizierungen und Deklarationen miteinander zu verknüpfen.

Für alle Nutzer ergibt sich daraus ein direkter Mehrwert:

- Die Möglichkeit, Ihre eigenen Domänen, Klassifikationen, Merkmale und Strukturen zu deklarieren und öffentlich zugänglich zu machen. Außerdem können sie Daten aus dem Gebäudemodell auslagern.
- Verknüpfung Ihrer eigenen Klassifizierungssysteme mit anderen, bereits etablierten Domänen und Weiternutzung bereits errichteter Bauwerke.
- Entwicklung verständlicher Datenstrukturen, Vermeidung von Missverständnissen und verbessertes Datenmanagement.

3.3.3.4. BIM Collaboration Format

Für die modellbasierte Kommunikation wird das offene Datenformat BCF verwendet. BCF ist die Abkürzung für BIM Collaboration Format. Es wurde von buildingSMART International als Bestandteil des openBIM-Standards anerkannt. Basierend auf dem IFC-Austauschformat dient BCF der reibungslosen digitalen Kommunikation von Problemen oder Änderungen und somit erleichtert den damit zusammenhängenden Informationsaustausch im Arbeitsprozess zwischen verschiedenen Softwareprodukten und damit der verständlichen Kommunikation von Problemen oder Änderungen. Die modellbezogenen Kommentare (Issues), die betroffenen Elemente des Modells (über die Objekt-GUIDs) und reproduzierbare Bildschirmsegmente können derzeit alle mit BCF (aktuelle Version: BCF 2.1) zwischen verschiedenen BIM-fähige Software (siehe Abbildung 19) übertragen werden.

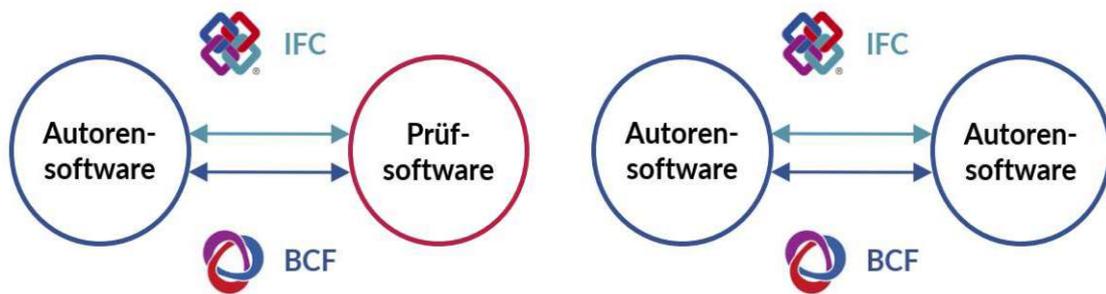


Abbildung 19: BCF- und IFC-Austausch zwischen verschiedene BIM-Software ⁸⁴

Ihre Hauptfunktion findet sich im Bereich der Qualitätssicherung des Modellmanagements, da sie Problemstellungen zugleich kommunizieren wie auch dokumentieren. BCFs werden jedoch genauso in kleinen Abstimmungsfällen zwischen BIM-Fachkoordination (BFK) und BIM-Erstellern (BE) verwendet, um konkrete Fragen zu Modell- und Planungsinhalten abstimmen zu können.

Diese modellbasierte Kommunikation verbessert die Koordination. Dies bedeutet, dass Informationen zu Modellproblemen (Berichte), deren Standort, Blickrichtung, Komponente, Kommentare, Benutzer, Zeitpunkt oder Änderungen im IFC-Datenmodell gezielt ausgetauscht werden können. Anstatt das gesamte Modell zu übertragen, besteht das Ziel darin, die markierten Daten zu übertragen. Für die kommenden Versionen ist eine Erweiterung des Funktionsumfangs zur Übertragung von Eigenschaften zwischen verschiedenen Modellen geplant.

3.3.3.5. Information Delivery Specification

IDS (Information Delivery Specification) ist ein XML-basierter und internationaler buildingSMART-Standard zur Festlegung von Anforderungen für den Modellaustausch, die Maschinen lesbar sind. IDS, ist ein junger Standard (2023), der basierend auf der in AIA erwünschte BIM-Anwendungsfall und die entsprechende Detailtiefe, die Informationsanforderungen digital und automatisiert definiert.

IDS ist daher ein vielversprechendes Tool, um die definierten Anforderungen in der entsprechenden BIM-Software automatisch interpretieren zu können. Es integriert den

⁸⁴ ((BIMcert-Handbuch-2023.pdf, Buildingsmart Austria, S. 91)

automatisierten Open-BIM-Prozess mit den derzeit in Textform vorliegenden Informationsanforderungen. Dabei verspricht IDS für diese zwei Teilprozesse angewendet zu werden:

- Als Konfigurationsdatei für BIM-Autorensoftware, zur automatisierten Bereitstellung der notwendigen Informationsstruktur.
- Als Konfigurationsdatei für BIM-Prüfsoftware zur automatisierten Überprüfung des Inhalts und der Struktur der Informationsstruktur. Der IDS-Workflow beginnt beim Auftraggeber (BIM-Management). Die vorgesehenen BIM-Anwendungsfälle werden vom BIM-Management identifiziert und die dafür benötigten Daten erfasst.

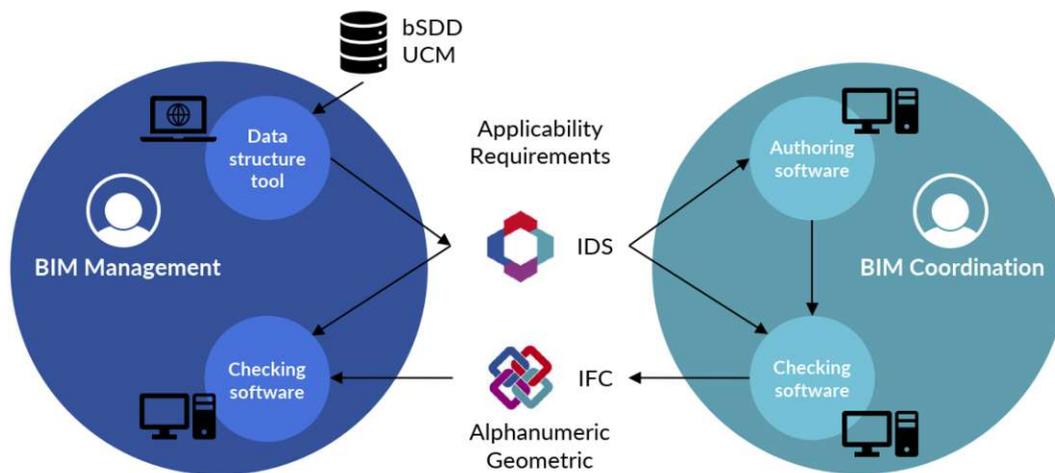


Abbildung 20: IDS-Workflow.⁸⁵

Mithilfe eines Datenstrukturtools werden typischerweise die Informationsanforderungen definiert. Diese dient als Konfigurationsdatei sowohl für BIM-Autoren- als auch für Prüfsoftware. So kann die Autorensoftware für bestimmte Objekte automatisch die notwendigen Eigenschaften erstellen. In BIM-Prüfsoftware wählt die Konfigurationsdatei automatisch Prüfregele aus und befüllt sie. Die IDS ermöglicht somit eine automatisierte Prüfung der genau definierten Informationen durch die Verknüpfung der Informationsbedürfnisse des Auftraggebers mit dem BIM-Modell.

Da IDS zum Zeit Punkt der Anfertigung dieser Diplomarbeit noch unterlaufenden Entwicklungen steht, konnte es nicht im Zuge dieser Arbeit umgesetzt werden. Dadurch wird aber wesentliche Erleichterung zur Festlegung von Anforderungen für den Modellaustausch.

⁸⁵ (BIMcert-Handbuch-2023.pdf, Buildingsmart Austria, S. 101)

3.3.3.6. Nationale Normen

Die nationalen österreichischen Normen für BIM und digitale Modellierung sind in einer eigenen Normengruppe ÖNORM A 6241 zusammengefasst, die derzeit aus zwei Hauptteilen besteht.

- *ÖNORM A 6241-1:2015 »Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) – Level 2«*⁸⁶

Die technische Umsetzung des Datenaustauschs und der Datenverwaltung für Bauwerksinformationen bei der Errichtung von Gebäuden und verwandten, raumbestimmenden Bauwerken im Bauwesen, einschließlich der in diesen Bauwerksmodellen enthaltenen alphanumerischen Daten, ist in der NORM A 6241-1 geregelt. Diese NORM enthält auch die wichtigsten Begriffe, Strukturen und Darstellungsgrundlagen. Es werden die grundlegenden Methoden des »Building Information Modeling« (BIM) und der Übertragung zweidimensionaler CAD-Dateien erläutert.

- *ÖNORM A 6241-2:2015 »Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM«*⁸⁷

Die ÖNORM A 6241-2 regelt die technische Anwendung eines einheitlichen, strukturierten, mehrdimensionalen Datenmodells für Gebäude im Hochbau und damit verbundene, raumdefinierende Konstruktionen im Tiefbau. Diese ÖNORM legt den Rahmen für einen umfassenden, einheitlichen, produktneutralen, systematisierten Austausch von Grafikdaten und den zugehörigen Sachdaten auf Basis von IFC und bSDD fest. Sie bildet auch somit die Grundlage für einen openBIM-Datenaustausch. Diese ÖNORM gibt ebenfalls Auskunft über den ASI-Merkmalserver, der als ein nationaler Property Server betrachtet werden kann. Dabei wird in Bezug auf die festgelten Anwendungsfälle die Definierung von Merkmalen mit deren Beschreibung, Disziplinen, Projektphasen, etc. festgelegt. Die bSDD-GUID wird verwendet, um diese Merkmale mit dem International Property Server (bSDD) zu verbinden. Da der ASI-Merkmalserver eine sehr wesentliche Rolle für diese Arbeit spielt, wird in darauffolgendem Punkt etwas detaillierter darauf eingegangen.

Wie im Kapitel 3 erwähnt, wird Bei dieser ÖNORM eindeutig darauf hingewiesen, dass „Die Ermittlung der Kosten und deren Zuweisung zu tatsächlichen Leistungen hat unter Verwendung der für Österreich anzuwendenden Standardisierten Leistungsbeschreibungen gemäß ÖNORM

⁸⁶ *ÖNORM A 6241-1:2015*

⁸⁷ *ÖNORM A 6241-2:2015*

A 2063 zu erfolgen“ Darüber hinaus ist dabei zu beachten, dass aufgrund der Transparenz der Prozesse die Mengenermittlung nicht nach Werksvertragsnormen erfolgen muss.

3.4. ASI-Merkmalserver

- Definition und Entwicklung des ASI-Merkmalserver

Als Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen ASI (Austrian Standards Institute) und dem österreichischen Forschungsprojekt „free-BIM“ ist das Austrian Standards Institute - Merkmalsserver (auch bekannt als ASI-Merkmalserver, ASI-MMS oder MMS) in 2015 entstanden. Zu der Gruppe dieses Forschungsprojekts waren hauptsächlich die Universität Innsbruck sowie zahlreiche Unternehmen beteiligt. Das langfristige Projekt soll in mehreren Teilprojekte gegliedert. Am Ende des Projekts wird der MMS öffentlich zugänglich bleiben und von Fachpersonen betreut, gewartet und auf Neurungen angepasst.

Als unterstützende Datenbank zur Abbildung des Inhalts der ÖNORAM A 6241-2:2015 wurde das MMS erstellt. Welche Merkmale für welche Komponenten in welcher Projektphase notwendig sind, können Anwender in dieser offenen, kostenlosen Datenbank nachsehen (www.freebim.at). Das MMS hat kaum internationale Bedeutung, da es sich um ein rein österreichisches Produkt handelt.

Ziel des ASI-Merkmalserver ist es die Open BIM-Anwendungen durch IFC in Österreich zu ermöglichen. Daher wurde er für den Austausch von Alphanumerischen Merkmalen der einzelnen Elemente im IFC-Format geschaffen. Die Harmonisierung sprach- und softwareunabhängiger Übertragungen der relevanten Eigenschaften erfordert eine Vereinheitlichung und Standardisierung der Merkmale.⁸⁸

Zur Beschreibung jeder Eigenschaft und der damit verbundenen Werte wird eine Global Unique Identifier (GUID) verwendet, der universal maschinenlesbar ist. Wie in Abbildung veranschaulicht, werden diese GUID's ebenfalls im buildingSmart Data Dictionary (bSDD) gespeichert und dienen zur eindeutigen Identifizierung von Elementen und Merkmalen. Der bSDD-Merkmal-Server speichert alle Daten dieser Merkmale zusammen mit ihren

⁸⁸ vgl. Frösch, G., Gächter, W., Tautschnig, T., 2019. Günther Specht: Merkmalsserver im Open-BIM-Prozess, in: Bautechnik, pp.338.

Entsprechungen und der entsprechenden GUID. Nationale Besonderheiten werden dabei nicht berücksichtigt.⁸⁹

Die GUIDs und ihre Abhängigkeiten werden zentral vom bSDD gespeichert und verwaltet. Bei der Entwicklung des Merkmalservers war es erforderlich eine Schnittstelle zur Modellierungssoftware zu entwickeln, da es keine Solche von bSDD bereitgestellt wird. Mit Hilfe des freeBIM/Norm-Merkmal-Servers in Österreich wurde eine ähnliche Schnittstelle entwickelt. Somit wird durch den MMS einen automatisierten Zugriff auf die erforderlichen Daten geschaffen.⁹⁰

Der freeBIM-Merkmal-Server sammelt und verarbeitet Merkmale in deutscher Sprache. Diese werden nach der Genehmigung ausgewertet und dem bSDD gegenübergestellt. Die Merkmale erhalten vom bSDD individuelle GUIDs, die dann für die Zuweisung verantwortlich sind. Dies weist darauf hin, dass Merkmale eindeutig, unabhängig von Sprache und Software maschinenlesbar sind.⁹¹

- Weiterentwicklung des ASI-Merkmal-Servers

Die erforderliche Software-Infrastruktur für den Merkmal-Server wurde zuvor durch das langjährige Projekt „freeBIM“ geschaffen, das vom Land Tirol und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG gefördert wird. Gerhard Zucker, Spezialist für digitale Gebäudetechnologien am AIT-Center for Energy, erklärte: „Abseits von der IT-Infrastruktur wurde die Erstellung der Inhalte, der BIM Properties, lange Zeit unterschätzt. Wir rechnen damit, dass wir noch einige tausend Properties erstellen müssen, die alle neutralisiert, also herstellerunabhängig, und mit bestehenden Normen harmonisiert eingepflegt gehören.“⁹²

⁸⁹ vgl. Georg Fröch et al., 2015, *freeBIM-tirol Projektabschlussbericht*, Innsbruck, zitiert nach Georg Fröch, 2019, S. 341.

⁹⁰ vgl. Georg Fröch, W. Wächter, A. Gasteiger, T. Gasteiger, 2015, *freeBIM-tirol und die A 6241-2 Anwendungsmöglichkeiten in: IPDC 2015, Simulation von Planungs- und Bauprozessen That's BIM!*, Innsbruck, STUDIA Universitätsverlag, zitiert nach Georg Fröch, 2019, S.341 f.

⁹¹ vgl. Georg Fröch, 2017: *Merkmalsserver als Kommunikationsmittel für die Bauwirtschaft*, in: Gisela Gary (Hrsg.), Heimo Rollett (Hrsg.), *BIM: Digitale Revolution und ihre Grenzen*, 1. Aufl., Wien, Linde Verlag Ges.m.b.H., S. 84 f.

⁹² <https://www.zukunft-bau.at/digitalisierung-innovation/bim-building-information-modeling/bim2kalk-bim-properties-fuer-die-0>

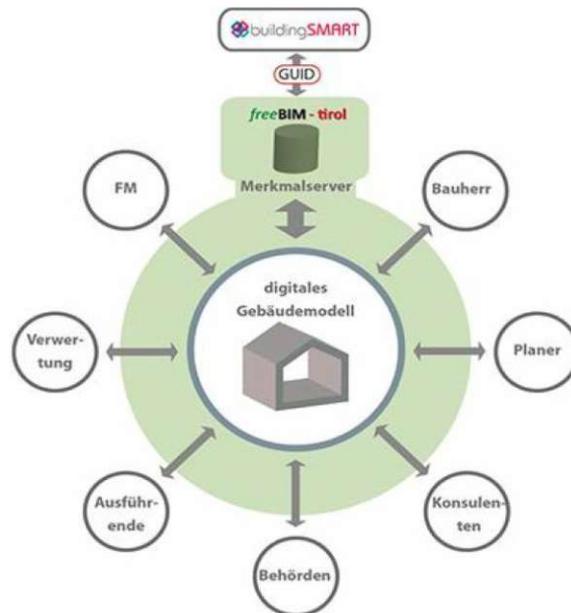


Abbildung 21: Merkmalserver als gemeinsame Datenbasis in Open BIM-Projekten⁹³

Ab 2020 trat das Austrian Institute of Technology AIT an Austrian Standards heran und bot an, den Prozess durch die Bereitstellung von Fachwissen und die Weiterentwicklung der Inhaltentwicklung zu unterstützen. Bei dieser Entwicklung wird an der Definition weitergearbeitet und gleichzeitig werden die bisher aktuellen Eigenschaften geprüft und verbessert. Bei Lücken, etwa in der technischen Gebäudeausrüstung, der Infrastruktur, der Automatisierung oder der Bautechnik, sollte umgehend eine Lösung erarbeitet werden.⁹⁴

Innerhalb der weltweit anerkannten IFC-Datenstruktur wird ein BIM-Vokabular gesucht, um die Landschaft nationaler Standards darzustellen. Die resultierenden Erkenntnisse werden in die ÖNORM A 6241 einfließen und basieren auf die aktuellen IFC-Definitionen gemäß EN ISO 16739. buildingSMART Austria (bsAT) befürwortet und begleitet dieses Projekt. Das Hauptziel ist eine Beschreibung von BIM-Eigenschaften für effektive Planung, Ausschreibung, Bau und Betrieb, die über das A.S.I. zugänglich sind. Die gesamte Branche kann einfach.

⁹³ Vgl. inndata Datentechnik GmbH: *freebim-Projektbeschreibung*

⁹⁴ <https://www.zukunft-bau.at/digitalisierung-innovation/bim-building-information-modeling/bim2kalk-bim-properties-fuer-die-0>

3.5. Datenübertragung durch IFC

IFC-Dateien werden zum Austausch der geometrischen und numerischen Informationen jedes IFC-Elements verwendet. Um die BIM-Modelle für BIM-basierte Ausschreibungen nutzen zu können, sind ein bestimmtes Maß an geometrischen und alphanumerischen Details und Informationen sowie eine genaue und einheitliche Modellierung erforderlich. Im Rahmen der Analyse des neuen ASI-Merkmalserver werden die hierfür benötigten Informationen in Kapitel 5 ausführlich behandelt und aufgeführt.

- Alphanumerische Daten

Mit den BIM-Autorensoftware können Elemente mit alphanumerischen Daten bereichert werden. Zum Austausch von alphanumerischen Merkmalen einzelner Elemente im IFC-Format der ‚Open BIM‘-Anwendung wurde der ASI-Merkmalserver geschaffen. Eine Vereinheitlichung und Standardisierung der Merkmale sind zur Harmonisierung sprachen- und softwareunabhängiger Übertragungen der jeweiligen Eigenschaften notwendig. Damit wird sichergestellt, dass Attribute korrekt in die Ausschreibungsprogramme übernommen werden. Dadurch wird der Rahmen für die automatisierte Erstellung von Ausschreibungen geschaffen und die Übergabe der Attribute an Ausschreibungsprogramme ermöglicht. Diese Standarddefinitionen der alphanumerischen Daten der IFC-Elemente werden im Zuge der durchgeführten ASI-MMS Analyse in Kapitel 5 aufgeführt.

- Geometrische Daten

Die geometrischen Daten in der IFC-Datei sind entscheidend für die modellbasierte Mengenermittlung. Die Mengen für die Ausschreibung und Abrechnung werden darauf basierend festgelegt. Je nachdem, wie die Elemente kategorisiert wurden, enthält die IFC-Datei verschiedene „BaseQuantities“. Es geht hierbei um die geometrischen Daten des Elements, unabhängig davon, ob es mit ein- oder mehrschichtig modelliert wurde. Im Rahmen der ASI-MMS-Analyse werden diese Standarddefinitionen der Basismengen der IFC-Elemente auch in Kapitel 5 aufgeführt.

4. BIM-basierte Ausschreibung

4.1. Übergangsphase zwischen Planung und Baudurchführung

Dieses Unterkapitel befasst sich mit den Definitionen der Prozessschritten in der Übergangsphase zwischen Planung und Baudurchführung. Die genehmigten Ergebnisse aus der Genehmigungsplanungs- und Entwurfsphase sollen in die Ausführungsphase einfließen und entsprechend übersetzt werden. Darüber hinaus müssen in den Zeichnungen alle für die Ausführung notwendigen konkreten Details wie Maße, Höhen, Materialien, Einbauteile, Aussparungen usw. enthalten sein, damit der Positionen zu den Elementen umsetzbare Lösungen entstehen.

4.1.1. Übersicht und Zusammenhänge ⁹⁵

Die Ausschreibung, die den rechtlichen Rahmen für die auszuführenden Bauleistungen bildet, wird vom Auftraggeber (AG) erstellt. Die Leistungen werden dann im Rahmen eines Vergabeverfahrens an einen Auftragnehmer (AN) vergeben, der die Durchführung der geplanten Leistungen übernimmt und durch die Abrechnung finanziell abgegolten wird.

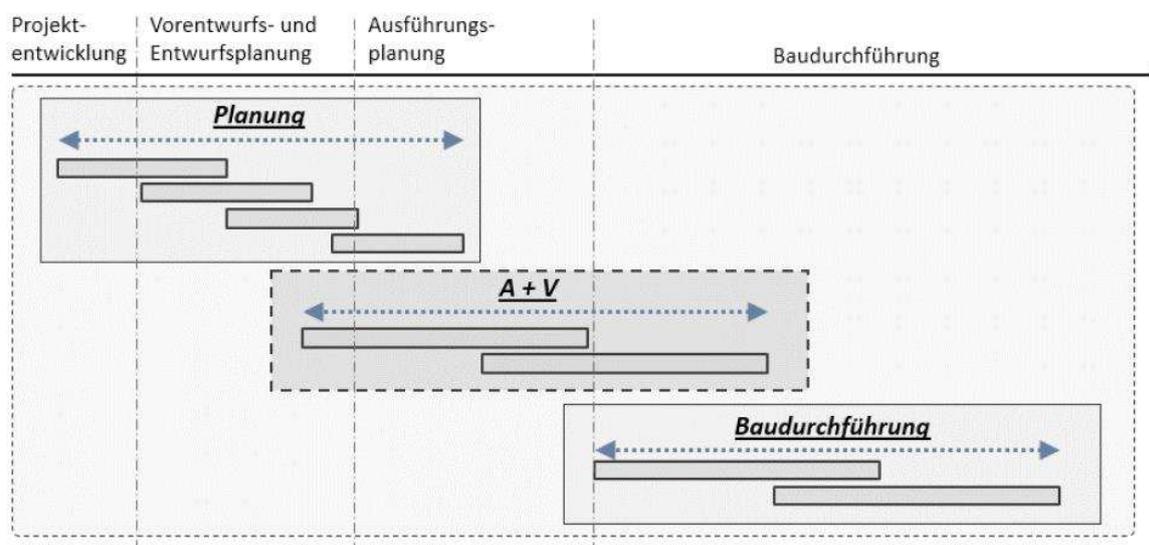


Abbildung 22: Ausschreibung und Vergabe als Schnittstelle zwischen Planung und Baudurchführung ⁹⁶

⁹⁵ (Bernd Kochendörfer, 2006), Seite 107

⁹⁶ (Bernd Kochendörfer, 2006), Seite 107

Im Wesentlichen legt die Norm B 1801-1:2022-03 zwei Gliederungssysteme für Bau- und Gebäudetechnikleistungen fest. Wie in Abbildung 22 abgebildet sind frühe Planungsphasen und Kostenplanung Bauteilorientiert zu erfolgen. Ausschreibungen hingegen sind leistungsorientiert zu erstellen. Das Leistungsverzeichnis fasst alle für die Errichtung erforderlichen Leistungen in Leistungsgruppen zusammen.⁹⁷

		Projektphase					
		Entwicklungsphase	Vorbereitungsphase	Vorentwurfsphase	Entwurfsphase	Ausführungsphase	Abschlussphase
Handlungsbereich							
Qualität	Qualität	Qualitätsziel	Qualitätsrahmen	Vorentwurfsbeschreibung	Entwurfsbeschreibung	Ausführungsbeschreibung	Qualitätsdokumentation
	Quantität	Quantitätsziel	Raumprogramm	Vorentwurfsplanung	Entwurfsplanung	Ausführungsplanung	Planungsdokumentation
Kosten	Kosten	Kostenziel	Kostenrahmen	Kostenschätzung	Kostenberechnung	Kostenanschlag	Kostenfeststellung
	Finanzierung	Finanzierungsziel	Finanzierungsrahmen	Finanzierungsplan			
Termine	Termine	Terminziel	Terminrahmen	Großterminplan	Genereller Ablaufplan	Ausführungsterminplan	Terminfeststellung
	Ressourcen	Ressourcenziel	Ressourcenrahmen	Ressourcenplan			
Gliederung							
Baugliederung	1. Ebene						
	2. Ebene						
	3. Ebene						
	Elementtyp						
Leistungsgliederung	Leistungsposition						

Abbildung 23: Planungsphasen und Gliederungssysteme⁹⁸

Abbildung 23 aus der ÖNORM B 1801-1 veranschaulicht, dass die Bau- und Leistungsgliederung auf der ersten Gliederungsebene identisch ist. In der zweiten Ebene ist die Baugliederung nach Grobelement und Leistungsgliederung nach Leistungsgruppen gegliedert. Auf der dritten Ebene werden Bauprojekte in Elemente bzw. Unterleistungsgruppen unterteilt. In der Ebene 4 wird die Gliederung nach Elementtypen bzw. Leistungspositionen erfolgen.

Die Elementtypen werden aus den einzelnen Leistungspositionen der Positionen gebildet, wenn sowohl Bau- und Leistungsgliederung verwendet werden. Dadurch wird eine direkte

⁹⁷ vgl. Austrian Standards Institute (Hrsg.), 2022, ÖNorm B 1801-1:2022-03: Bauprojekt- und Objektmanagement: Teil 1: Objektterrichtung

⁹⁸ ÖNORM B 1801-1, 2015

Verbindung zwischen den beiden Gliederungssystemen hergestellt. Dies ermöglichten die gleichzeitige Verarbeitung, Anzeige und Auswertung von Daten über alle Ebenen der beiden Strukturen hinweg.

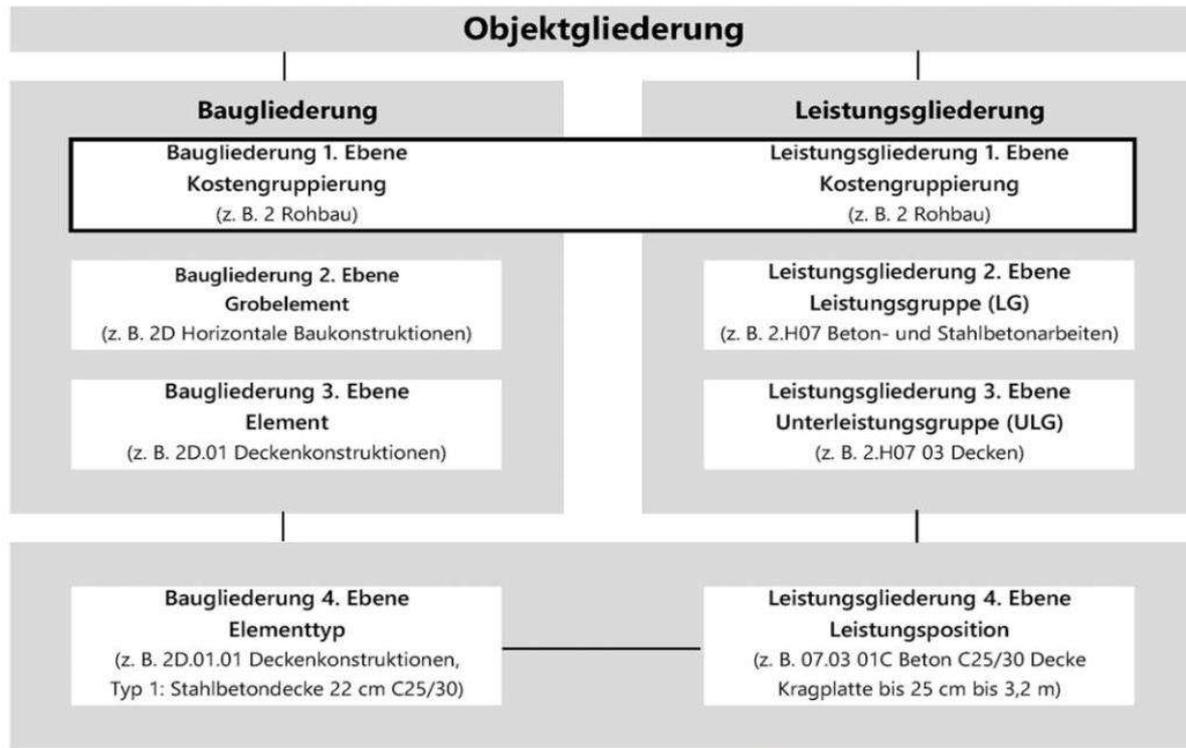


Abbildung 24: Gliederungssysteme nach ÖNorm B 1801-1:2022-03⁹⁹

4.1.2. Ausschreibung

Nach der Leistungsphase Ausführungs- und Detailplanung folgt die Projektphase der Ausschreibung von Bau- und Gebäudetechnikleistungen. In der Ausschreibung legt der Auftraggeber an eine bestimmte oder bestimmte Anzahl von Unternehmen fest, welche Leistung er unter welchen Umständen erhalten möchte.¹⁰⁰

4.1.2.1. Privatwirtschaftliche und öffentliche Ausschreibungen

Privatwirtschaftliche Ausschreibungen sind unregelt und vom Bundesvergabegesetz (BVerG) ausgenommen. Der private Ausschreiber vergibt nach Aufforderung an Unternehmen (Bieter) zur Abgabe eines Angebots den Auftrag nach beliebigen Kriterien.

⁹⁹ ÖNROM B 1801-1, 2015

¹⁰⁰ . (ÖNORM A 2050, 2006-11-01), S. 4

Bei öffentlichen Ausschreibungen handelt es sich um offizielle Verfahren, für die festgelegte Regeln gelten. Diese Prozesse mögen zunächst umständlich und bürokratisch erscheinen, sorgen aber tatsächlich dafür, dass der Beschaffungsprozess möglichst schnell und unterbrechungsfrei ablaufen kann. Um eine mögliche Wiederholung des Ausschreibungsverfahrens zu verhindern, kann der Auftraggeber zudem schnell feststellen, ob ein Unternehmen für einen Auftrag geeignet ist.

Zu öffentlichen Ausschreibungen gehören Projekten öffentlicher Auftraggeber unter anderem der Bund, die Länder, Kommunen, Gemeindeverbände und einige Organisationen, die eine besonders enge Beziehung zur öffentlichen Hand haben, weil sie von dieser kontrolliert oder finanziert werden.¹⁰¹

Die Vergabe öffentlicher Aufträge im Ober- und Unterschwellenbereich unterliegt im Wesentlichen dem Bundesvergabegesetz. Für Bauaufträge gilt ab dem 1. Januar 2012 die Obergrenze von 5.000.000 €. Ein darüberhinausgehender Vertrag, der im oberen Schwellenbereich liegt, muss er EU-weit bekannt gemacht werden.¹⁰²

4.1.2.2. Funktionale und konstruktive Leistungsbeschreibung

Der AG kann je nach Leistung zwischen funktionalen oder konstruktiven Leistungsbeschreibungen wählen. Sie sind abhängig vom Planungsstand und weisen grundsätzlich unterschiedliche Detaillierungsgrade der anzubietenden Planungsleistungen auf. Während die konstruktive Leistungsbeschreibung eine detaillierte Beschreibung und genaue Zuordnungen der geplanten Bauleistung erfordert, wird die funktionale Leistungsbeschreibung bereits in früheren Planungsphasen entwickelt.

- ***Funktionale Leistungsbeschreibung***

„Beschreibung der zu erbringenden Leistung als Aufgabenstellung mit Leistungs- oder Funktionsanforderungen durch Angabe sowohl des Zwecks der fertigen Leistung als auch der an die Leistung gestellten Anforderungen in technischer, wirtschaftlicher, gestalterischer, funktionaler und sonstiger Hinsicht.“¹⁰³

¹⁰¹ Bundesvergabegesetz 2018 (BVerG 2018), Fassung vom 10.11.2018.

¹⁰² Bundesvergabegesetz 2018 (BVerG 2018), Fassung vom 10.11.2018.

¹⁰³ ÖNORM A 2050, S. 4.

- **Konstruktive Leistungsbeschreibung**

„Beschreibung der zu erbringenden Leistung durch allgemeine Darstellung der Aufgabe und ein in Einzelleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis, erforderlichenfalls ergänzt durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Proben, Muster, statische Berechnungen und Hinweise auf ähnliche Leistungen. Die Darstellung der Aufgabe kann bei Bauleistungen durch die Baubeschreibung erfolgen.“¹⁰⁴

Da dieses Kapitel die Grundlagen für die Automatisierung des Ausschreibungs-LV und die Ableitung die dafür erforderlichen Elementmerkmale, siehe Kapitel 4 und 5, behandelt, wird auf die konstruktive Leistungsbeschreibungen etwas detaillierter eingegangen.

Das Vorhandensein eines Leistungsverzeichnisses in den Vergabeunterlagen ist notwendiger Bestandteil der konstruktiven Leistungsbeschreibung. Die Planung (typischerweise der Einreichplan) bildet die Grundlage für das Leistungsverzeichnis. Entweder erarbeitet der Auftraggeber die Planung direkt oder beauftragt in seinem Auftrag einen Planer. Da die zu erbringenden Leistungen sehr detailliert beschrieben werden, sind solche Ausschreibungen für den Auftragnehmer einfacher zu bearbeiten und mit weniger Risiken verbunden als funktionale Ausschreibungen. Die beliebteste Form der Ausschreibung in Österreich ist die konstruktive Leistungsbeschreibung.

Zum Zweck einer konstruktiven Leistungsbeschreibung müssen umfangreiche Leistungen in ein Leistungsverzeichnis gegliedert werden. Gemäß § 97 Abs. 2 BVerG sind öffentliche Auftraggeber verpflichtet, bei der Erstellung von Ausschreibungen, standardisierte Leistungsbeschreibungen (LB) zu entwickeln und entsprechende Leitlinien, wie z.B. ÖNORM zu nutzen.¹⁰⁵

¹⁰⁴ ÖNORM A 2050, S. 4.

¹⁰⁵ (Bundesvergabegesetz Österreich, 2018)

4.2. Anwendungsfall BIM-basierte Ausschreibung

Eine informationstechnisch umsetzbare, verständliche und offensichtlich anwendbare Methodik ist Grundvoraussetzung für die Umsetzung von BIM in Ausschreibungs-, Vergabe- und Abrechnungsprozessen. Für die Entwicklung BIM-basierter AVA-Prozesse sind eine Datenbasis und eine einheitliche Arbeitsweise notwendig.

Sowie Bei der ÖNORM A 6241-2 beschrieben haben Kostenermittlungen und deren entsprechenden Zuweisungen zu tatsächlichen Leistungen unter Verwendung der für Österreich anzuwendenden Standardisierten Leistungsbeschreibungen gemäß ÖNORM A 2063 zu erfolgen. Darüber hinaus weist dieser ÖNORM daraufhin, dass aufgrund der Transparenz der Prozesse und der Übereinstimmung mit den tatsächlich ausgeführten Bauwerken die Mengenermittlung nicht nach Werksvertragsnormen erfolgen muss. Das muss aber zusätzlich vertraglich vereinbart sein.¹⁰⁶

Auf Grund dessen wird in diesem Kapitel zwei Hauptprinzipien der BIM-basierten Ausschreibung in Betracht genommen:

- Leistungsorientierte BIM-basierte Ausschreibung: Mengen- und Kostenabrechnungen werden nach tatsächlich ausgeführten Leistungen und LBH-HB ermittelt.
- Elementorientierte BIM-basierte Ausschreibung: Mengen- und Kostenabrechnungen werden nach tatsächlich ausgeführten Bauwerken ermittelt.

Diese zwei Ausschreibungsarten wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit nur in Bezug auf die dafür erforderlichen Informationen der Modellelementen untersucht. Dabei wird nicht auf kalkulatorische Rechenansätze eingegangen. Die aus dieser Analyse resultierenden Erkenntnisse bilden somit die Basis für die darauffolgenden Kapiteln.

4.2.1. Leistungsorientierte BIM-basierte Mengenermittlung

Der Unterschied zwischen Baugliederung und Leistungsgliederung wurde im Kapitel 2.3 behandelt. Dementsprechend werden die frühen Planungsphasen und die dazugehörigen Mengen- und Kosten-ermittlung bauteilorientiert erfolgen. Ausschreibungen sind dagegen leistungsorientiert zu erfolgen. Alle erforderlichen Leistungen werden in den Leistungsverzeichnissen zusammengestellt und in Leistungsgruppen gegliedert.

Mit dem Übergang von der Leistungsphase der Ausführung und Detailplanung zur Ausschreibungsphase geht die bauteilorientierte Planungsgliederung in eine

¹⁰⁶ Vg ÖNORM A 6241-2, S. 8.

leistungsorientierte Gliederung über. Für einen durchgängigen BIM-Projektprozess muss der Wandel von der elementbasierten zur leistungsbasierten Struktur digital organisiert werden.¹⁰⁷

4.2.1.1. Prozessbeschreibung

Als Grundlage für die Datenstruktur von BIM-Modellen dienen Gebäudeelemente und ihre Gliederungen, die in etwa der Baugliederung der Norm B1801-1 entsprechen. Im durchgängigen BIM-Prozess sollen Mengen automatisch anhand von Modellen erfasst werden.

Die BIM-Modelle werden in BIM-Autorenwerkzeuge entsprechend angefertigt, in einem offenen übertragbaren Format (z.B IFC) exportiert und in eine AVA-Software importiert. Dort wird ein Leistungsverzeichnis erstellt und die BIM-Objekte mit den entsprechenden Teilleistungen verknüpft. Einige AVA-Software ermöglicht eine halbautomatische oder manuelle Verknüpfung. Jedem BIM-Objekt ist eine entsprechende Teilleistung (bzw. AVA-Element nach ÖNORM A 2063-2¹⁰⁸) zugeordnet, die entweder selbst definiert ist oder aus einer Teilleistungsbibliothek ausgewählt wird. Für jede Teilleistung werden die Maße (Länge, Fläche und Volumen) des BIM-Objekts angegeben, die für die Bestimmung der Menge der Teilleistung von Bedeutung sind. Aus einem BIM-Objekt lassen sich mehrere Teilleistungen ableiten. Beispielsweise fallen bei einer Ortbetonwand Mengen für die Bewehrung, Schalung, Beton sowie die Spachtel- und Malerarbeiten an. Alle zugehörigen BIM-Objekte oder solche mit denselben Attributen können automatisch mit denselben Teilleistungen verknüpft werden, sobald die Teilleistungen für ein BIM-Objekt definiert sind.

Durch die Zuordnung zahlreicher verschiedener Elemente zu den entsprechenden Leistungspositionen ergeben sich die Mengensätze der einzelnen Positionen, wie in Abbildung 25 veranschaulicht. Die BIM-Elemente, die von der Geometrie und Lage her anders sind, werden in den dafür entsprechenden Positionen zusammengefasst. Für jeden BIM-Objektyp müssen die zugehörigen LV-Artikel und entsprechenden Mengenabfragen intern in der AVVA-Software definiert werden. Die BIM-Lösung hier ist geschlossen. Diese Einstellungen können in jedem Projekt verwendet werden, solange eine einheitliche Vorgehensweise befolgt wird.

¹⁰⁷ vgl. Harald Christalon, Gerald Goger, Wilhelm Reismann, 2019, AVVA radikal-digital: Überlegungen zu Ausschreibung, Vergabe Vertrag Abrechnung, Schrift 14, TU-Verlag, S. 19

¹⁰⁸ ÖNORM A 2062-2

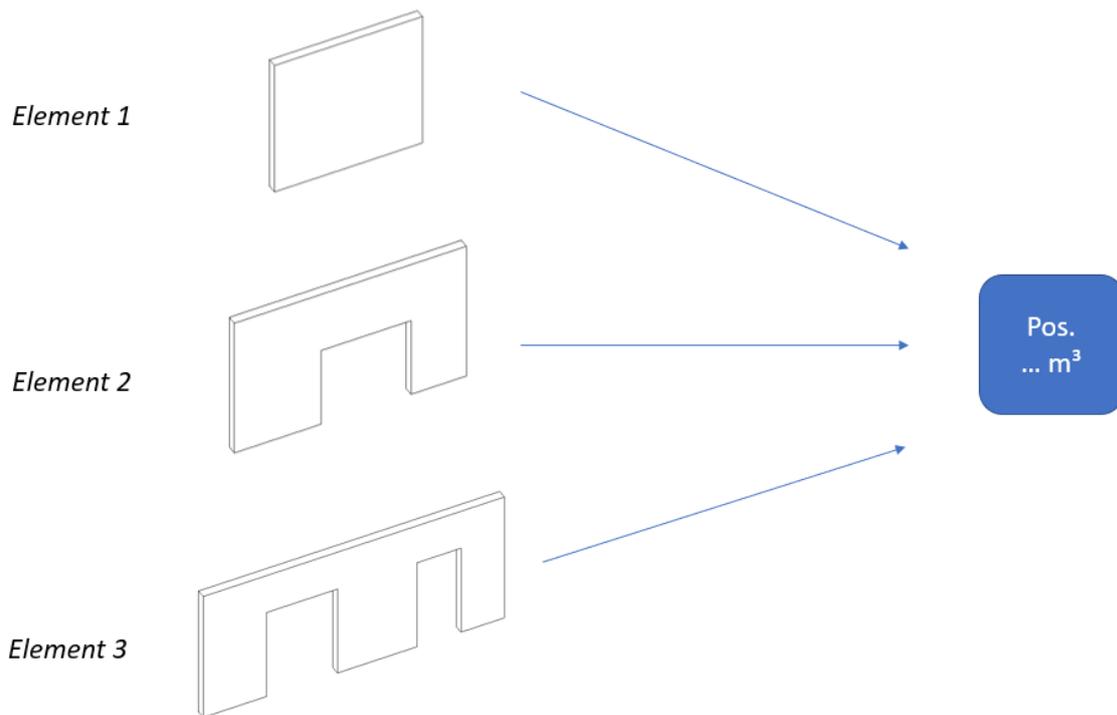


Abbildung 25: Zuordnung von BIM-Elementen der entsprechenden Position ¹⁰⁹

4.2.1.2. Normative und technische Herausforderungen

Bei komplexeren BIM-Projekten, die mehrere hundert verschiedene BIM-Objekttypen enthalten, wird dies sehr zeitaufwändig. Da es sich außerdem um Nettomengen handelt, können die ermittelten Beträge nicht auf jedes Projekt angewendet werden. Die mit IFC übermittelten Daten erfolgen entweder in Brutto- oder Nettomengen, wie in Kapitel 4 erläutert, und entsprechen nicht den Abrechnungsmengen im Sinne werkvertraglicher Standards. Ohne aufwändige Workarounds ist eine automatisierte Berücksichtigung der unterschiedlichen Abrechnungsregeln gemäß Werkvertragsstandards und standardisierten Leistungsbeschreibungen nicht möglich.

Geometrische Klassifizierungen der Elemente stellt auch eine weitere Herausforderung. Die Möglichkeiten der dreidimensionalen Modellierung unterscheiden sich von der vorausgesetzten Gliederung der konstruktiven Leistungsbeschreibungen. Wände, Stützen, Balken und Decken sind die grundlegenden Unterteilungen der Gebäudemodellteile. Grundlage hierfür sind nicht die der Ausschreibung zugrunde liegenden Bauteildefinitionen, sondern vor allem die

¹⁰⁹ Eigene Darstellung, 2023

Anforderungen an die Plandarstellung, die technische Fähigkeit von CAD-Programmen sowie die Minimierung des Fehlerrisikos durch eine konsistente und möglichst einfache Modellierung.¹¹⁰

Durch großflächige Öffnungen können Konstruktionen entstehen, die bei der Modellierung als Wandelemente gemäß den Definitionen der Werkvertragsnormen der Reihe B 22xx als Stützen, Balken und Wandsockel zu kennzeichnen sind. Laut Rechnungslegungsvorschriften sollte das Bauwerk als Stütze, Balken und Wandsockel ermittelt werden, auch wenn es im Gebäudemodell als Wand mit Öffnung dargestellt ist. Aufgrund der modellhaften Darstellung der Wand als Bauteil ist eine Abrechnung gemäß den Abrechnungsregeln und eine Unterscheidung der Bauteile in Stützen, Balken, Brüstung und Wandsockel nur mit sehr schwerem Aufwand möglich. Eine Modellierung gemäß den Abrechnungsvorschriften der Werkvertragsnormen würde einen erheblichen Mehraufwand erfordern und ein höheres Fehlerrisiko bergen. Bei einer werkvertraglichen Unterscheidung der Bauteile müsste die Wandkonstruktion nicht als mehrschichtiges Wandelement mit Öffnung, sondern mehrfach unterteilt werden. Es muss entschieden werden, welche Wandabschnitte als Stützen, welche als Balken und welche als Wandsockel bestimmt werden sollen. Andererseits ist es auch erforderlich, die Wandschichten innerhalb und außerhalb der tragenden Wand als separate Elemente zu modellieren. Diese Wandabschnitte müssen als separate Wandelemente zwischen Stützen und Balken eingefügt werden. Für jedes Verbundelement der tragenden Wand ist in den weiteren Wandschichten eine zusätzliche Öffnung mit entsprechender Platzierung vorzusehen. Aufgrund der zahlreichen daraus resultierenden Probleme erscheint es nicht praktikabel, die Modellierung exakt an die Komponentendefinitionen der Servicevertragsstandards anzupassen.¹¹¹

Einige AVVA-Softwarepakete (wie iTWO der Firma RIB) ermöglichen entsprechende Lösungen, womit Abrechnungsregeln laut Werksvertragsnormen mit komplizierten vordefinierten Regeln, eingehalten werden können. Darauf basierend erfolgt die automatische und detaillierte Mengenermittlung, und die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses. Voraussetzung für diese Automatisierung sind eine standardisierte Arbeitsweise und eine spezifische Vorprogrammierung. Geometrische Klassifizierungen sind basierend auf die

¹¹⁰.Dibon, T. (2022). *BIM-kompatible Ausschreibung und Abrechnung von Bau- und Gebäudetechnikleistungen* [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. *repositUM*. <https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450>

¹¹¹ Dibon, T. (2022). *BIM-kompatible Ausschreibung und Abrechnung von Bau- und Gebäudetechnikleistungen* [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. *repositUM*. <https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450>.

entwickelten Lösungen der AVA-Software in der Modellierungsphase möglichst zu berücksichtigen.

4.2.1.3. Erkenntnisse

Da diese Problematik sehr komplex und stand Heute dafür keine standardisierte Lösung gibt, haben große Bauunternehmen eigene spezifische Lösungen entwickelt, die grundsätzlich auf intern entwickelte Unternehmen-Standards basieren. Die BIM-basierte Abrechnung, die das Mengenermittlungsverfahren nach Werksvertragsnormen aufrechterhält, stellt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit begrenzten personellen und technischen Möglichkeiten einen Wettbewerbsnachteil und ein erhebliches Hindernis für die Teilnahme an Ausschreibungen dar. Denn dafür sind spezielle Softwarelösungen und entsprechend geschultes Personal erforderlich.

Die Grundsätze des Bundesvergabegesetz 2018 §20 (1) sehen Vergabeverfahren unter Berücksichtigung „der Gleichbehandlung aller Bewerber und Bieter, der Nichtdiskriminierung, der Verhältnismäßigkeit, der Transparenz sowie des freien und lautereren Wettbewerbes“ vor. Darüber hinaus legt das Bundesvergabegesetz 2018 explizit eine Berücksichtigung von kleinen und mittleren Unternehmen im Vergabeverfahren fest. „§20 (8) Die Konzeption und Durchführung eines Vergabeverfahrens soll nach Möglichkeit so erfolgen, dass kleine und mittlere Unternehmen am Vergabeverfahren teilnehmen können.“¹¹²

Um eine automatisierte Auswertung und durchgängigen BIM-Prozess zu ermöglichen und Aufwendungen für Abrechnungstätigkeiten auf Auftragnehmer und Auftraggeber zu reduzieren, ist einen sinnvolle Modellierungs- und Auswertungsleitfaden für eine nachvollziehbare BIM-Ausschreibung zu überlegen, der für alle Unternehmen umsetzbar ist.

4.2.2. Elementorientierte BIM-basierte Ausschreibung

Wie einleitend beschrieben weist die ÖNORM A 6241-2 bereits daraufhin, dass nach gesonderter Vereinbarung die Möglichkeit besteht, auf das Mengenermittlungsverfahren gemäß Werkvertragsnormen verzichten zu können und die ermittelten Mengen nach tatsächlichen Größen abzurechnen. Wie im letzten Abschnitt beschrieben sind die Auslöser dafür die Diskrepanzen zwischen dem Projektmodell und den tatsächlich errichteten Bauwerken (dem

¹¹² §20, Abs. 1, BVergG. 2018 / §20, Abs. 8, BVergG. 2018

As-Built-Modell). Darüber hinaus spielen der Konsistenz und Transparenz der BIM-Prozesse und die damit hängende Auswertungsmöglichkeiten eine weitere Rolle.¹¹³

Die tatsächlich ausgeführten Bauwerke entsprechend hier die aus dem BIM-Modell abzuleitende Netto-Mengen. Da das BIM-Modell in einzelnen Elementen bzw. Elementtypen unterteilt ist, werden die Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung bei dieser Methode elementbasierend erfolgen.

4.2.2.1. Prozessbeschreibung

Die Bauteile werden durch ein IFC-Element im digitalen BIM-Modell und durch ein AVA-Element in den Ausschreibungs-, Vergabe- und Abrechnungsunterlagen repräsentiert. Die Ausschreibung ist nach Elementen und nicht nach Leistungen gegliedert. Anstelle der Leistungsverzeichnis wird gemäß ÖNORM A 2063-2 eine BIM-Projektelementliste, kurz BPEL, verwendet.¹¹⁴ Planung und Ausschreibung werden durch die direkte Verbindung zwischen dem AVA-Element und dem IFC-Element im BIM-Modell sowie der dreidimensionalen Darstellung des AVA-Elements im BIM-Modell verbunden. Dadurch kann die Ausschreibung automatisch erstellt werden. Bei der Ausschreibung wird die vollständige Informationstiefe des BIM-Modells verwendet und darüber hinaus zusätzliche Beschreibungen hinzugefügt. Als Grundlage für die Ausschreibung dient neben den BPEL das BIM-Modell, das mit allen relevanten Ausschreibungsinformationen und dem nach projektspezifischen Anforderungen modellierten Level of Development (LOD) versehen ist. Nach dem Exportieren des Modells in einer IFC-Datei als offenes Austauschformat wird das BIM-Modell mit allen IFC-Elementen in ein Ausschreibungsprogramm übertragen. Dort werden die AVA-Elemente automatisch generiert. Anhand von Parametern und Kenndaten werden die AVA-Elemente mit den IFC-Elementen verknüpft. Zur Nachvollziehbarkeit werden AVA-Elemente und IFC-Elemente Identifikationsnummer zugewiesen. Diese Identifikationsnummern sind von wesentlicher Bedeutung und bei Erstellung eines Elementes zu bestimmen und im weiteren Projektablauf nicht mehr zu verändern. Wenn diese Verknüpfung unterbrochen wird, geht die Nachvollziehbarkeit des Prozesses verloren.¹¹⁵

Allgemeine technische Voraussetzungen sowie Abrechnungs- und Kalkulationsbestimmungen sind in der Beschreibung enthalten. Je nach Gewerk und Art des Elements müssen unterschiedliche geometrische Details und technische Eigenschaften spezifiziert werden. Die

¹¹³ . Vgl. ÖNORM A 6241-2, S. 8.

¹¹⁴ Vgl. ÖNORM A 2063-2

¹¹⁵ Vgl. ÖNORM A 2063-2

angegebenen technischen und geometrischen Merkmale sind Vertragsbestandteil. Für jedes Element müssen manuell zusätzliche Bestimmungen hinzugefügt werden. Es wird automatisch eine Komponentenliste erstellt. Der Auftragnehmer ist verpflichtet, bei der Angebotserstellung für jedes Element und jede Unterkomponente einen Einheitspreis anzugeben. Durch Division der Nettomengen des Elements durch seinen Einzelpreis werden die Preise für Unterkomponenten und Einzelkomponenten abgeleitet.

4.2.2.2. Normative und technische Herausforderungen

Die genaue Modellierung der einzelnen Elemente erfordert besondere Aufmerksamkeit. Die Modellierungsanforderungen der NORM A 6241-2 und die Modellierungsrichtlinien der BIM-Autorensoftware können aufgrund zu ausschreibungsrelevanter Anforderungen gelegentlich abweichen.

In Modell nicht berücksichtigte Leistungen, die zu den jeweiligen gehören, müssen in der Elementbeschreibung als Ergänzung aufgeführt werden und werden somit erfasst. Beispielsweise stehen Randabschlüsse, Sockelprofile oder auch gleitende Deckenabschlüsse in direktem Zusammenhang mit dem jeweiligen Element und werden ergänzend ausgeschrieben.

4.2.2.3. Erkenntnisse

Durch die Ermittlung der Nettomenge können Auftragnehmer den tatsächlichen Materialeinsatz und die tatsächliche Menge klar nachvollziehen. Der Auftragnehmer kann die Ausschreibung und alle darin enthaltenen Mengen direkt für die Abrechnung und Bauplanung nutzen, da sie alle klar und verständlich sind. Durch die direkte Übertragung der Geometriedaten von IFC-Elementen auf AVA-Elemente wird ein durchgängiger, automatisierter BIM-AVA-Prozess mit reduziertem Aufwand und Fehlerrisiko sowie erhöhter Nachvollziehbarkeit ermöglicht.¹¹⁶

Modellelementen werden entsprechend ihrer tatsächlichen Geometrie ausgeschrieben und angeboten. Durch die Betrachtung einzelner Elemente und die eindeutige Ausschreibung jedes einzelnen Bauteils kann auf eine Unterscheidung nach Bauteilgeometrie verzichtet werden. Da die Ausschreibung und das dreidimensionale Modell direkt verknüpft sind und zahlreiche geometrische Informationen mit dem Modell zusammenhängend zur Verfügung stehen, kann der Bieter bei der Angebotskalkulation die Geometrie und Detailgenauigkeit jedes einzelnen Elements einsehen.

¹¹⁶ Dibon, T., 2022. BIM-kompatible Ausschreibung und Abrechnung von Bau und Gebäudetechnikleistungen [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. [repositum. https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450..](https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450..)

4.2.3. Forschungsprojekten mit Bezug auf BIM-basierte Ausschreibung

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Initiativen und Forschungsprojekte gestartet, mit dem Ziel, Lösungen für einen durchlaufenden BIM-Prozess zu gewährleisten. Nachfolgend werden einige Projekte, die sich mit dem Thema „Standardisierung und Übersetzung von BIM-Definitionen“ auseinandersetzen, kurzgefasst:

- **„Merkmalservice“**¹¹⁷

Das Endergebnis dieses Forschungsprojekts ist ein Prototyp zur Übersetzung von Unternehmensstandards. Der Zweck des Merkmalservices besteht darin, Unternehmen die Zusammenarbeit über einen offenen Workflow zu ermöglichen, ohne ihre internen Systemprozesse und Arbeitsabläufe ändern zu müssen, um die erforderlichen Daten zu berücksichtigen. Vielmehr werden die Daten mit Hilfe des Merkmalservices an die Systemprozesse des Unternehmens angepasst. Der Merkmal-Service fungiert als Verwaltungs- und Übersetzungsplattform. Sobald aber die zu übersetzende Daten und Merkmale nicht vollständig vorhanden sind, wird immer noch eine unzureichende Datenmenge übersetzt und eine nachträgliche Bearbeitung bzw. Vervollständigung der erforderlichen Information wird angestrebt.

- **„BIM2KALK & BIM-Parameter für Baustoffe“**¹¹⁸

„Wir konnten in zwölf Jahren noch nie ein BIM-Modell übernehmen und mussten immer im Haus selbst modellieren.“ Anton Rieder, GF von Rieder Bau und Tiroler Landesinnungsmeister. Um den BIM-Informationsfluss an Schnittstellen zwischen verschiedenen Gewerken und Modellphasen reibungslos zu gestalten, konzentrieren sich derzeit zwei Forschungsprojekte auf die Entwicklung einheitlicher Standards. Diese Zwei Projekten wurden von den wissenschaftlichen Partner AIT (Austrian Institute of Technology) und (Digital findet Stadt) begleitet und geführt.

¹¹⁷ Bauzeitung I Ausgabe 07/2022

¹¹⁸ Bauzeitung I Ausgabe 04/2023

➤ „Kostenkalkulation aus dem BIM-Modell (BIM2Kalk)“¹¹⁹

Um zukünftige BIM-basierte Kostenkalkulationen zu ermöglichen, wird derzeit daran gearbeitet, jede Leistungsgruppe der Hochbau-Leistungsbeschreibung (LB-HB) BIM-fähig zu machen. Ziel ist es, möglichst viele Informationen über Bauvorhaben Mithilfe eines BIM-Modells wie z.B. die Anzahl der Stufen auf Treppen oder die Betonklasse für Betonwände direkt rausgezogen werden können. Durch den Einsatz geeigneter Softwaretools kann dieser Prozess dann (teil-)automatisiert werden. BIM kann auch flächendeckend umgesetzt werden, wenn das notwendige Minimum geschaffen wird, mit dem jeder umgehen und es verstehen kann. Mit diesem „Little Happy BIM“ können Planer die Themen Mengenermittlung, Kalkulation und Ausschreibung zurück ins Büro holen. Diese Properties sollen auch gute Möglichkeiten in den Bereichen Kreislaufwirtschaft und Re-Use anbieten.

Wie in Abbildung 26 veranschaulicht, werden die untersuchten Properties durch einen Validierungsprozess geprüft und vom Normungsgremium (ASI-Austrian Standards Institute) genehmigt. Die Ergebnisse der LB-HB, LG 07 (Stahlbeton) wurden bereits dadurch geprüft und genehmigt. Auf dem Merkmalsserver der Universität Innsbruck sollen die Informationen für die Wirtschaft zugänglich sein. Derzeit wird über die Übernahme von LG 39 (Trockenbau) und LG 44 (Wärmedämmverbundsysteme) entschieden. „Die nächsten 14 Leistungsgruppen werden aber deutlich schneller gehen, denn nun haben wir die Methodik erarbeitet“, Gerhard Zucker, Vertreter des Wissenschaftspartners AIT, erklärt.

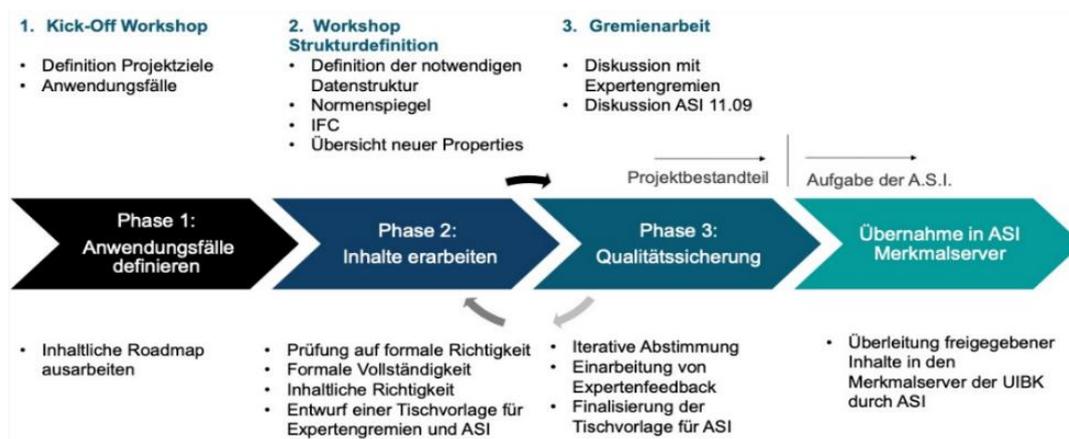


Abbildung 26: Validierungsprozess zur Genehmigung der resultierenden Ergebnisse¹²⁰

¹¹⁹ Bauzeitung I Ausgabe 04/2023

¹²⁰ Bauzeitung I Ausgabe 07/2022

➤ „BIM-Parameter für Baustoffe“¹²¹

In letzter Zeit haben die meisten Baustoffhersteller BIM-Datenbanken und Plug-Ins für ihre Produkte entwickelt. Ohne einheitliche Definitionen, erschwert das den Austausch und Weiterverwendung bei den angestrebten Anwendungsfällen. Die Idee besteht darin, allgemeine Planungsparameter für Ausschreibungen durch spezifische Produktparameter von Herstellern nach der Auftragserteilung zu ersetzen und diese durch zusätzliche Leistungsparameter der relevanten Baustoffe zu ergänzen. Um die gesamte Wertschöpfungskette in der Baubranche abbilden zu können, werden vertrauenswürdige, strukturierte und nutzbare Informationen benötigt.

5. Analyse des neuen ASI-Merkmalserver

5.1. Experteninterview: ASI-Merkmalserver

Im Rahmen der Erarbeitung dieser Diplomarbeit hat sich die Gelegenheit geboten mit Herrn Gerhard Zucker von AIT, Spezialist für digitale Gebäudetechnologien der die Weiterentwicklung des Merkmalserver von Seite der AIT begleitet, ein Interview durchzuführen. Dabei wurde die Informationen bestätigt, dass zurzeit Neuerungen an den bisher definierten ASI-Merkmalen gibt. Neue Merkmale wurden bereits an ASI eingereicht und stehen für die Anwendung zur Verfügung. Diese Merkmale sind somit standardisiert und sorgen mit dieser Vereinheitlichung für einen durchgängigen BIM-Prozess. Diese Merkmale haben dafür gesorgt, einen Mindeststandard für die Informationen festzulegen, die für die beabsichtigten Anwendungsfälle benötigt werden.

Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf den Informationen liegt, die zur Ermittlung von Mengen und Kosten für eine BIM-basierte Ausschreibung benötigt werden, wurden in diesem Interview nur Informationen zu den relevanten ASI-Merkmalen erhoben. Als Ergebnis zum durchgeführten Interview haben sich folgende Arbeitsschritte für diese Diplomarbeit ergeben:

- Diese standardisierten Merkmale, die bereits an ASI übermittelt wurden, sind im Rahmen dieser Diplomarbeit zu analysieren und bilden die Grundlage für die Qualitätsaussagen der zu prüfenden Fallstudien.

¹²¹ Bauzeitung I Ausgabe 04/2023

- Eine Analyse der LB-HB Struktur, wäre interessant, um die für die Ausschreibung erforderlichen Informationen elementbasierend definieren zu können. Es wäre interessant, die neuen ASI-Merkmale anhand der abgeleiteten LB-HB-Merkmale zu bewerten, um weitere Verbesserungsmöglichkeiten zu finden.
- Bisher gibt es für die neuen Merkmale keine definierten Prüfregele. Daher wäre es zielführend, diese neudefinierten Merkmale in Form einer automatisierten Prüfung in einer Open-BIM-Prüfungssoftware (z.B. Solibri) zu interpretieren und auf reale Projekte (Fallstudien) zu testen. Dies wäre von entscheidender Bedeutung, um die Genauigkeit der bisher in der Praxis verwendeten Modell-Informationen und die Qualität der BIM-Modelle für zukünftige Ausschreibungen sicherzustellen.

Die zuvor an ASI übermittelten kostenrelevanten Merkmale konnten zu einem späteren Zeitpunkt in Listenform zur Verwendung in dieser Arbeit zur Verfügung gestellt werden. Dabei handelt es sich um die Leistungsgruppen LG07 (Beton- und Stahlbetonarbeiten), LG39 (Trockenbauarbeiten) und LG44 (Wärmedämmverbundsysteme) der LB-HB. Basierend auf dem festgelegten Forschungsrahmen dieser Arbeit wurde aus der Gesamtliste der neuen Merkmale eine gekürzte Liste erstellt, die nur auf die Elemente Wand, Decke und Stütze bei der LG07 eingeschränkt ist. (Siehe Tabelle 3 in Kapitel 5.2.1) Diese ASI-Merkmalisten dienen somit als Mindeststandard für die Informationen, die bei BIM-basierten Ausschreibungen elementbasierend benötigt werden. Darauf basierend sind die ASI-Merkmale mit ihren entsprechenden IFC-Definitionen als Datengerüst dafür (wie im Kapitel 5.2.3 behandelt) zu betrachten und bilden somit die Grundlage für die Erzeugung der Prüfregele und -ergebnisse in den Kapitel 7 und 8.

5.2. Analyse der neuen ASI-Definitionen

Die Weiterentwicklung des ASI-Merkmalsservers mit seinen neuen BIM-Definitionen pro Anwendungsfall bietet eine besondere Lösung, um die erforderlichen Informationen elementbasierend für BIM-Ausschreibungen festlegen zu können. Bei dieser Entwicklung werden die BIM-Definitionen weiterentwickelt, während die aktuellen Eigenschaften getestet und verbessert werden. Das Hauptziel besteht darin, die BIM-Eigenschaften für effiziente Planung, Ausschreibung, Bau und Betrieb zu beschreiben, die durch die ASI leicht erreichbar sind. Die gesamte Baubranche soll einen freien, öffentlichen und offenen Zugang zum Merkmal-Server haben. Da diese neuen veröffentlichten Merkmale derzeit als Mindeststandard für den Informationsgehalt der auszuschreibenden BIM-Modelle gelten, war eine umfassende

Analyse dieser Merkmale zur Unterstützung der in dieser Arbeit durchgeführten Anwendungen und Qualitätsprüfungen erforderlich.

5.2.1. ASI-Merkmale für BIM-basierte Ausschreibung

Die ASI-Merkmale wurden bereits elementbasierend entwickelt und gegliedert. Wie im Forschungsrahmen festgelegt handelt es sich bei dieser Arbeit um die elementbasierten Merkmale der Leistungsgruppe LG07 für Wand-, Stützen- und Deckenelementen. Als Vorbereitung für die weiteren Anwendungen und Analysen dieser Diplomarbeit wurde für jeden Bauelement eine Liste aller relevanten ASI-Merkmale zusammengestellt, wie in der folgenden Tabelle 1 dargestellt. Dabei wurden zu einer besseren Übersicht die zwischen den drei Elementen überschneidenden eigenständigen Merkmalen hervorgehoben.

Tabelle 1: ASI-Merkmale der LG07 ¹²²

ASI-Merkmale der LG07 für Wände	ASI-Merkmale der LG07 für Stützen	ASI-Merkmale der LG07 für Decken
Außenbauteil	Außenbauteil	Außenbauteil
Bauteiltyp	Bauteiltyp	Bauteiltyp
Brandabschnittsdefinierendes Bauteil	Feuerwiderstandsklasse	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil
Brandverhalten	Neigungswinkel	Brandverhalten
Brennbares Material	Status	Brennbares Material
Feuerwiderstandsklasse	Tragendes Bauteil	Feuerwiderstandsklasse
Raumhohe Wand	U-Wert	Schallschutzklasse
Schallschutzklasse	Ausführung	Dachflächenneigung
Status	Baustahfestigkeit	Status
Tragendes Bauteil	Betonfestigkeitsklasse	Tragendes Bauteil
U-Wert	Bewehrungsgrad Volumen	U-Wert
Ausführung	Expositionsklasse	Ausführung
Baustahfestigkeit	Bruttovolumen	Baustahfestigkeit
Betonfestigkeitsklasse	Gesamtoberfläche	Betonfestigkeitsklasse
Bewehrungsgrad Volumen	Länge	Bewehrungsgrad Volumen
Expositionsklasse	Mantelfläche	Expositionsklasse
Bruttofläche	Nettoberfläche	Breite
Bruttogrundfläche	Nettovolumen	Bruttofläche
Bruttovolumen	Querschnittsfläche	Bruttovolumen
Dicke	Bauteilkurzbezeichnung	Dicke
Höhe	Erdberührendes Element	Länge
Länge	Typ Sonderelement	Nettofläche
Nettofläche	Bauteilaktivierung	Nettovolumen
Nettogrundfläche	Sichtbeton	Umfang
Nettovolumen	Verhältnis Baustahlmatte/Gesambewehrung	Bauteilkurzbezeichnung
Bauteilkurzbezeichnung	Betonkurzbezeichnung	Erdberührendes Element
Erdberührendes Element	Breite Profil	Oberseite geneigt
Typ Sonderelement	Tiefe Profil	Unterseite geneigt
Bauteilaktivierung	Durchmesser	Typ Sonderelement
Sichtbeton		Bauteilaktivierung
Verhältnis Baustahlmatte/Gesambewehrung		Sichtbeton
Betonkurzbezeichnung		Verhältnis Baustahlmatte/Gesambewehrung
		Betonkurzbezeichnung

Überschneidende Merkmale (Elementübergreifend) Eigenständige Merkmale (Elementspezifisch)

¹²² Eigene Darstellung, 2023

5.2.2. Beschreibung der Eigenschaften

Um das genaue Nutzung und Anwendung jedes Merkmals zu bestimmen, wurden alle Merkmale mit einer Beschreibung vom ASI-Merkmalserver vorgesehen. Somit können falsche Anwendungsformen dieser Merkmale vermieden werden. Wie im Anhang A aufgeführt, werden die Merkmalbeschreibungen ASI-Merkmalserver aufgelistet.

5.2.3. Anlehnung der ASI-Definitionen an IFC-Struktur

Die Vereinheitlichung und Standardisierung der Merkmale ist für die Koordination sprach- und softwareunabhängiger Übertragungen der relevanten Eigenschaften notwendig.¹²³ Das Ziel des ASI-Merkmalserver ist es, durch IFC in Österreich Open BIM-Anwendungen zu ermöglichen, wie bereits in der Literaturrecherche erwähnt. Daher wurde es für den Austausch alphanumerischer Informationen zu einzelnen Elementen im IFC-Format entwickelt. Innerhalb der weltweit anerkannten IFC-Datenstruktur wird nach einem BIM-Vokabular gesucht, um die Landschaft nationaler Standards abzubilden. Die Ergebnisse fließen in die ÖNorm A 6241 ein und basieren auf den neuesten IFC-Definitionen gemäß EN ISO 16739. Dies wird von BuildingSMART Austria (bsAT) ebenfalls unterstützt und gesteuert. Zur Identifizierung jeder Eigenschaft und der dazugehörigen Werte werden Global Unique Identifiers (GUIDs) verwendet, die universal maschinenlesbar sind. Diese GUID's sind auch im buildingSMART Data Dictionary (bSDD) enthalten. Nationale Besonderheiten werden dabei nicht berücksichtigt.¹²⁴

Es gibt auch Definitionen für „Property Sets“ (Psets) bzw. Eigenschaftensätze. Diese Sätze sind mit bestimmten Elementen belegt. Daher dient der IFC-Standard auch dazu, allgemein zu definieren, welche Eigenschaften oder Merkmale für eine Komponente erforderlich sein könnten. Da die Eigenschaftensätze weltweit standardisiert sind, enthalten sie keine länderspezifischen Informationen. Es gibt viele weitere Merkmale in IFC, die keine spezielle Zuweisungen zu Eigenschaftensätzen aufzeigen.

Der Datenaustausch von geometrischen und nicht-geometrischen (alphanumerischen) Informationen erfolgt über die IFC-Datenstruktur. IFCPropertySet wird hauptsächlich zur Übertragung dieser alphanumerischen Daten genutzt. Die Definitionen von IFCPropertySets

¹²³ vgl. Fröch, G., Gächter, W., Tautschnig, A. and Specht, G., 2019. *Merkmalsserver im Open-BIM-Prozess. Bautechnik*, 96(4), pp.338,

¹²⁴ vgl. Fröch, G., Gächter, W., Tautschnig, A. and Specht, G., 2019. *Merkmalsserver im Open-BIM-Prozess. Bautechnik*, 96(4), pp.341

werden von buildingSMART als separate Spezifikation bereitgestellt, da sie nicht im IFC-Schema verankert sind. Die Bezeichnungen der Psets bzw. Eigenschaftensätze folgen dabei einer bestimmten Herangehensweise. Eigenschaftensätze mit der Endung „Common“ dürfen nur von buildingSMART International definiert werden (z.B. Pset_WallCommon). Eigenschaftensätze, die nur mit „Pset“ beginnen, können von buildingSMART International oder von nationalen buildingSMART-Chaptern definiert werden. Eigenschaftensätze, die mit Qto beginnen, enthalten für jede Elementklasse Informationen über die geometrischen Grundgrößen des betreffenden Elements. Alle anderen organisations- oder projektspezifischen Eigenschaftensätze müssen mit einem anderen Präfix beginnen (z.B. AsiP_Eigenschaftensatz). Nachfolgend sind die neuen ASI-Merkmale mit ihren entsprechenden IFC-Definitionen und Psets aufgeführt.

Für alle untersuchten Elementen (Wände, Stützen und Decken) der LG07 (Beton- und Stahlbetonarbeiten) wurden Merkmale unter die Psets „Pset_ConcreteElementGeneral“ und „AsiP_ConcreteElementSpecific“, wie in der Tabelle 2 aufgelistet, mit ihren entsprechenden IFC-Definitionen festgelegt, die in den BIM-Modellen für die LG07-Bauteile entsprechend gepflegt werden müssen. Dabei wurde für Betonelemente spezifisch von buildingSmart das Pset „Pset_ConcreteElementGeneral“ und von ASI das Pset „AsiP_ConcreteElementSpecific“ definiert.

Tabelle 2: IFC-Definitionen und -Psets für Beton- und Stahlbetonelementen¹²⁵

Pset	Datentyp	Merkmal in Deutsch	IFC4
Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung	*.ConstructionMethod
	String	Baustahlfestigkeit	*.ReinforcementStrengthClass
	String	Betonfestigkeitsklasse	*.StrengthClass
	Float	Bewehrungsgrad Volumen	*.ReinforcementVolumeRatio
	String	Expositionsklasse	*.ExposureClass
AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung	*.ThermallyActivated
	String	Betonkurzbezeichnung	*.ShortDescription
	Boolean	Sichtbeton	*.FairFaced
	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung	*.MeshToTotalRatio

¹²⁵ Eigene Darstellung, 2023

Für jede Eigenschaft wurde ein Datentyp festgelegt, der die Art und Weise bestimmt, wie der Inhalt bzw. die Werte eingegeben werden. Ein String-Datentyp ist eine Folge von Zeichen, die Buchstaben, Wörter, Phrasen oder Symbole sein können. Der Zweck von Strings ist es, Gruppen von Zeichen zu speichern, die Wörtern oder Sätzen ähneln. Ein Float-Datentyp ist eine Gleitkommazahl, d. h. eine Zahl mit einer Dezimalstelle. Gleitkommazahlen werden verwendet, wenn eine höhere Genauigkeit erforderlich ist. Ein Integer-Datentyp ist eine Zahl ohne Dezimalpunkt. Ein Boolean-Datentyp hat nur zwei mögliche Werte: wahr oder falsch. Ein Ratio-Datentyp gibt das Verhältnis zwischen zwei Zahlen an. Diese Datentypen müssen bei Definierung der entsprechenden Parameter in BIM-Autorensoftware berücksichtigt und angelegt werden. Wie in Tabelle 3 dargestellt, wurden für Wandelemente spezifische Merkmale vorgesehen, für die einerseits von Building Smart das Pset „Pset-WallCommon“ und andererseits von ASI das Pset „AsiP_WallSpecific“ definiert wurde. Darüber hinaus sind Merkmale, die Informationen über die geometrischen Basisgrößen von Wänden enthalten, unter dem Pset „Qto_WallBaseQuantities“ zusammengefasst.

Tabelle 3: IFC-Definitionen und -Psets der Wandelemente ¹²⁶

Pset	Datentyp	Merkmal in Deutsch	IFC4
Pset_WallCommon	String	Status	*.Status
	Boolean	Außenbauteil	*.IsExternal
	String	Bauteiltyp	*.Reference
	Boolean	Tragendes Bauteil	*.LoadBearing
	Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil	*.Compartmentation
	Boolean	Brennbares Material	*.Combustible
	String	Brandverhalten	*.SurfaceSpreadOfFlame
	String	Feuerwiderstandsklasse	*.FireRating
	Boolean	Raumhohe Wand	*.ExtendToStructure
	String	Schallschutzklasse	*.AcousticRating
AsiP_WallSpecific	Float	U-Wert	*.ThermalTransmittance
	String	Bauteilkurzbezeichnung	*.ComponentAbbreviation
	Boolean	Erdberührendes Element	*.SoilContact
Qto_WallBaseQuantities	String	Typ Sonderelement	*.TypeOfSpecialElement
	Float	Bruttofläche	*.GrossSideArea
	Float	Bruttogrundfläche	*.GrossFootprintArea
	Float	Bruttovolumen	*.GrossVolume
	Float	Dicke	*.Width
	Float	Höhe	*.Height
	Float	Länge	*.Length
	Float	Nettofläche	*.NetSideArea
	Float	Nettogrundfläche	*.NetFootprintArea
Float	Nettovolumen	*.NetVolume	

¹²⁶ Eigene Darstellung, 2023

Wie in Tabelle 4 gezeigt, werden auch spezifische Eigenschaften für Stützelemente bereitgestellt, für die das Pset „Pset-ColumnCommon“ von building Smart und die Psets „AsiP_ColumnSpecific“ und „AsiQ_ColumnspecificQuantities“ von ASI definiert wurden. Darüber hinaus sind Merkmale, die Details zu den grundlegenden geometrischen Abmessungen der Stützen enthalten, unter dem pset „Qto_ColumnBaseQuantities“ zusammengefasst. Es ist ersichtlich, dass die Stützelemente im Vergleich zu den Wandelementen insgesamt weniger Eigenschaften aufweisen.

Tabelle 4: IFC-Definitionen und -Psets der Stützelemente ¹²⁷

Pset	Datentyp	Merkmal in Deutsch	IFC4
AsiP_ColumnSpecific	String	Status	*.Status
	Boolean	Außenbauteil	*.IsExternal
	String	Bauteiltyp	*.Reference
	Boolean	Tragendes Bauteil	*.LoadBearing
	String	Feuerwiderstandsklasse	*.FireRating
	Float	Neigungswinkel	*.Slope
	Float	U-Wert	*.ThermalTransmittance
AsiP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung	*.ComponentAbbreviation
	Boolean	Erdb berührendes Element	*.SoilContact
	String	Typ Sonderelement	*.TypeOfSpecialElement
Qto_ColumnBaseQuantities	Float	Bruttovolumen	*.GrossVolume
	Float	Gesamtoberfläche	*.GrossSurfaceArea
	Float	Länge	*.Length
	Float	Mantelfläche	*.OuterSurfaceArea
	Float	Nettoberfläche	*.NetSurfaceArea
	Float	Nettovolumen	*.NetVolume
	Float	Querschnittsfläche	*.CrossSectionArea
AsiQ_ColumnSpecificQuantities	Float	Breite Profil	*.ProfileWidth
	Float	Tiefe Profil	*.ProfileDepth
	Float	Durchmesser	*.Diameter

Wie in Tabelle 5 aufgeführt, wurden für Deckenelemente bestimmte Merkmale festgelegt. Dies geschah durch die Definition des Psets "Pset-SlabCommon" von building Smart und des Psets "AsiP_SlabSpecific" von ASI. Zudem wurden ebenfalls Merkmale zur Erfassung von

¹²⁷ Eigene Darstellung, 2023

Informationen über die geometrischen Grundgrößen der Decken unter dem Pset "Qto_SlabBaseQuantities" zusammengefasst.

Tabelle 5: IFC-Definitionen und Deckenelemente ¹²⁸

Pset	Datentyp	Merkmal in Deutsch	IFC4
Pset_SlabCommon	String	Status	*.Status
	Boolean	Außenbauteil	*.IsExternal
	String	Bauteiltyp	*.Reference
	Boolean	Tragendes Bauteil	*.LoadBearing
	Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil	*.Compartmentation
	Boolean	Brennbares Material	*.Combustible
	String	Brandverhalten	*.SurfaceSpreadOfFlame
	String	Dachflächenneigung	*.PitchAngle
	Boolean	Feuerwiderstandsklasse	*.FireRating
	String	Schallschutzklasse	*.AcousticRating
	Float	U-Wert	*.ThermalTransmittance
AsIP_SlabSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung	*.ComponentAbbreviation
	Boolean	Erdberührendes Element	*.SoilContact
	String	Oberseite geneigt	*.TopInclined
	Float	Unterseite geneigt	*.BottomInclined
	Float	Typ Sonderelement	*.TypeOfSpecialElement
Qto_SlabBaseQuantities	Float	Breite	*.Width
	Float	Bruttofläche	*.GrossSideArea
	Float	Bruttovolumen	*.GrossVolume
	Float	Dicke	*.Depth
	Float	Länge	*.Length
	Float	Nettofläche	*.NetSideArea
	Float	Nettovolumen	*.NetVolume
	Float	Umfang	*.Perimeter

¹²⁸ Eigene Darstellung, 2023

5.2.4. Projektphasen und Verantwortungen

Die BIM-Modelle werden über die Projektphasen bis zur Ausschreibung sukzessiv mit den notwendigen Informationen aus den verschiedenen Fachdisziplinen angereichert. Wie in Tabelle 6 aufgeführt, wurden alle erforderlichen Informationen für die Ausschreibung entsprechend den Projektphasen laut neuem ASI-Merkmalserver strukturiert. Darüber hinaus wurden die entsprechenden Fachdisziplinen allen erforderlichen Eigenschaften zugewiesen. Daraus lässt sich erkennen, dass die meisten Eigenschaften der Kostenermittlungsgrundlagen in die Verantwortung der Tragwerksplanung fallen. Die Basismengen (Qto's) aus dem BIM-Modell, die für Mengenermittlungen verwendet werden sollen, werden letztendlich aus dem Architektur-Modell hervorgehen.

Tabelle 6: Gliederung der Eigenschaften nach Projektphasen und Verantwortlichkeiten ¹²⁹

Projektphase	Eigenschaftsname	Verantwortlichkeit
Vorentwurf	Außenbauteil	AR - Architektur
	Status	AR - Architektur
	Tragendes Bauteil	TP - Tragwerksplanung
	Erdberührendes Element	AR - Architektur
	Sichtbeton	AR - Architektur
	Dachflächenneigung	AR - Architektur
Entwurf	Bauteiltyp	AR - Architektur
	Feuerwiderstandsklasse	PH - Bauphysik
	U-Wert	PH - Bauphysik
	Bauteilaktivierung	HT - Haustechnik
	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil	BS - Brandschutz
	Brennbares Material	BS - Brandschutz
	Raumhohe Wand	AR - Architektur
	Oberseite geneigt	AR - Architektur
	Unterseite geneigt	AR - Architektur
	Bauteilkurzbezeichnung	AR - Architektur
Einreichplanung	Brandverhalten	BS - Brandschutz
	Schallschutzklasse	PH - Bauphysik
	Ausführung	TP - Tragwerksplanung
Kostenermittlungsgrundlagen	Baustahlfestigkeit	TP - Tragwerksplanung
	Betonfestigkeitsklasse	TP - Tragwerksplanung
	Bewehrungsgrad Volumen	TP - Tragwerksplanung
	Expositionsklasse	TP - Tragwerksplanung
	Typ Sonderelement	AR - Architektur
	Verhältnis	TP - Tragwerksplanung
	Betonkurzbezeichnung	TP - Tragwerksplanung
	Gesamtoberfläche	AR - Architektur
Basis Modell	Länge	AR - Architektur
	Mantelfläche	AR - Architektur
	Nettoberfläche	AR - Architektur
	Querschnittsfläche	AR - Architektur
	Breite Profil	AR - Architektur
	Tiefe Profil	AR - Architektur
	Durchmesser	AR - Architektur
	Breite	AR - Architektur
	Bruttofläche	AR - Architektur
	Bruttovolumen	AR - Architektur
	Dicke	AR - Architektur
	Länge	AR - Architektur
	Nettofläche	AR - Architektur
	Nettovolumen	AR - Architektur
	Umfang	AR - Architektur

	TP - Tragwerksplanung
	AR - Architektur
	PH - Bauphysik
	HT - Haustechnik
	BS - Brandschutz

¹²⁹ Eigene Darstellung, 2023

5.2.5. String-Parameters mit standardisierten Optionensets

Für einige Eigenschaften, die in Form von Strings angegeben werden müssen, wurden von ASI standardisierte Optionensets festgelegt. Diese Eigenschaften sind "Betonkurzbezeichnung", "Betonfestigkeitsklasse", "Expositionsklasse", "Status", "Brandverhalten" und "Feuerwiderstandsklasse". In Tabelle 7 sind die standardisierten ASI-Einträge für jede Eigenschaft aufgeführt. Diese müssen im BIM-Modell sorgfältig und korrekt für jedes Element ausgefüllt werden. Falsche Einträge, wie beispielsweise "C 20/25" oder "C20_25" anstatt "C20/25" für die Betonfestigkeitsklasse, entsprechen nicht den standardisierten Eintragungen und führen zu einer fehlerhaften Auswertung. Diese standardisierten Optionensets spielen eine bei der erstellten Qualitätsprüfungen in Kapitel 7 wesentliche Rolle.

Tabelle 7: String-Parameter mit standardisierten Optionensets ¹³⁰

String Parameter mit standardisierten Optionensets		
Merkmal in Deutsch	IFC4	standardisierte Optionensets / Werteinträge
Betonfestigkeitsklasse	*.StrengthClass	"C8/10", "C12/15", "C16/20", "C20/25", "C25/30", "C30/37", "C35/45", "C40/50", "C45/50", "C45/55", "C50/60", "C55/67", "C60/75", "C70/85", "C80/95", "C90/105", "C100/115", "NOTDEFINED", "USERDEFINED"
Expositionsklasse	*.ExposureClass	"X0", "XC1", "XC2", "XC3", "XC4", "XW1", "XW2", "XD1", "XD2", "XD3", "XF1", "XF2", "XF3", "XF4", "XA1", "XA2", "XA3", "XM1", "XM2", "XM3", "XA1L", "XA2L", "XA3L", "XA1T", "XA2T", "XA3T", "NOTDEFINED", "USERDEFINED"
Betonkurzbezeichnung	*.ShortDescription	"B1", "B2", "B3", "B4", "B5", "B6", "B7", "B8", "B9", "B10", "B11", "B12", "HL-SW", "B6/C3A-frei", "NOTDEFINED", "USERDEFINED"
Status	*.Status	"Neu", "Bestand", "Abriss", "temporär", "anderer", "Unbekannt", "nicht gesetzt"
Brandverhalten	*.SurfaceSpreadOfFlame	"A1", "A2-s1, d0", "A2-s1, d1", "A2-s1, d2", "A2-s2, d0", "A2-s2, d1", "A2-s2, d2", "A2-s3, d0", "A2-s3, d1", "A2-s3, d2", "B-s1, d0", "B-s1, d1", "B-s1, d2", "B-s2, d0", "B-s2, d1", "B-s2, d2", "B-s3, d0", "B-s3, d1", "B-s3, d2", "C-s1, d0", "C-s1, d1", "C-s1, d2", "C-s2, d0", "C-s2, d1", "C-s2, d2", "C-s3, d0", "C-s3, d1", "C-s3, d2", "D-s1, d0", "D-s1, d1", "D-s1, d2", "D-s2, d0", "D-s2, d1", "D-s2, d2", "D-s3, d0", "D-s3, d1", "D-s3, d2", "E", "E-d2", "F", "NOTDEFINED", "USERDEFINED"
Feuerwiderstandsklasse	*.FireRating	"R 15", "R 20", "R 30", "R 45", "R 60", "R 90", "R 120", "R 180", "R 240", "R 360", "RE 20", "RE 30", "RE 60", "RE 90", "RE 120", "RE 180", "RE 240", "REI 15", "REI 20", "EW 20", "REI 30", "REI 45", "REI 60", "REI 90", "REI 120", "REI 180", "REI 240", "E 20", "E 30", "E 60", "E 90", "E 120", "E 180", "E 240", "EI 15", "EI 20", "EI 30", "EI 45", "EI 60", "EI 90", "EI 120", "EI 180", "EI 240", "EI-M 30", "EI-M 60", "EI-M 90", "EI-M 120", "EW 20", "EW 30", "EW 90", "NOTDEFINED", "USERDEFINED"

5.2.6. Eigenschaften auf Basis softwareinterne Berechnung

Einige Eigenschaften mit dem Datentyp Float, die automatisch durch die BIM-Autorensoftware berechnet werden, basieren auf einer internen Softwareberechnung. Jede BIM-Software hat ihre eigene Berechnungsmethode, die vom Softwarehersteller festgelegt wird. Das Vorhandensein dieser Eigenschaften wurde vom Normungsinstitut (ASI) als Voraussetzung festgelegt, jedoch ist die Art und Weise, wie diese Werte aus der BIM-Software berechnet werden, eine reine

¹³⁰ Eigene Darstellung, 2023

Softwareangelegenheit, die vom Normungsinstitut nicht bestimmt werden kann. Eine Vereinheitlichung der Berechnungsmethoden zwischen allen BIM-Software wäre aber wünschenswert. Beispiele für diese Eigenschaften sind der U-Wert und die Basismengen (Qto's), die ohne spezielle Einstellungen vom User aus BIM-Autorensoftware ausgerechnet werden

5.3. ASI-Merkmalserver und Informationsanforderungen durch IDS

Da das ASI-Merkmalserver alle erforderliche Informationen bzw. Merkmale auf Basis das Open BIM Konzept für einen bestimmten BIM-Anwendungsfall festlegen soll, werden die Informationen im Merkmalserver durch Festlegung folgenden Bestimmungen definiert:

- Festlegung der angestrebten BIM-Anwendungsfälle AWF „Englische Bezeichnung: Use Case Management (UCM)
- Abbildung der entsprechenden Normen und Standards (z.B. die standardisierte Leistungsbeschreibung Hochbau)
- Unterstützung vom Open BIM Konzept durch Vereinheitlichung der BIM-Definitionen und Festlegung die dafür entsprechenden IFC-Definitionen
- Aufführung der entsprechenden GUID's für alle vorhandenen Merkmale, die die Verbindung zum internationalen Property Sever vom Building Smart International gewährleistet.

Je nachdem welche LOI in welcher Projektphase in AIA oder BAP festgelegt wurde, werden diese aufgeführten Punkten durch der ASI-MMS automatisch bestimmt und zur direkten Anwendung zur Verfügung gestellt. Wie in Abbildung 27 dargestellt, könnten diese Anforderungen wiederum durch den neue IDS-Standard Digital interpretiert werden. Diese Datei wird sowohl für BIM-Autoren als auch für Prüfsoftware als Konfigurationsdatei verwendet. Die Autorensoftware hat die Möglichkeit, automatisch die erforderlichen Eigenschaften für bestimmte Objekte zu erstellen. Die Prüfregeln werden in der Konfigurationsdatei der BIM-Prüfsoftware automatisch ausgewählt und befüllt. Durch die Verbindung der Informationsanforderungen des Auftraggebers mit dem BIM-Modell ermöglicht die IDS eine automatisierte Prüfung der definierten Informationen.

Da IDS zu diesem Zeitpunkt noch unter laufenden Veränderungen stand, konnte es nicht in dieser Diplomarbeit umgesetzt werden. Dies führt jedoch zu einer bedeutenden Erleichterung bei der Festlegung der Anforderungen für den Modellaustausch.

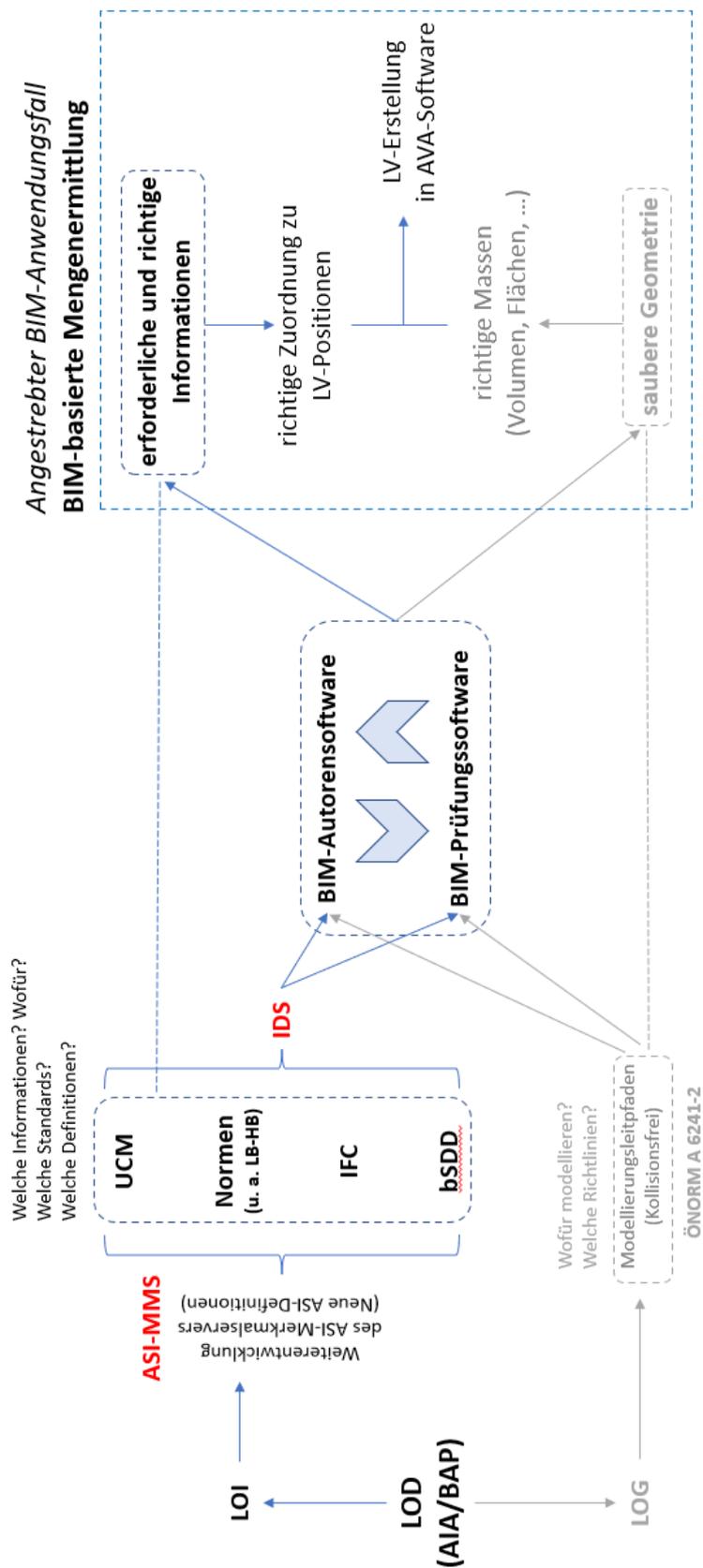


Abbildung 27: ASI-Merkmalsserver und Informationsanforderung durch IDS

6. LB-HB Analyse & Verbesserungspotenziale

Wie bereits in Kapitel 3.5 erwähnt, wurde nachgewiesen, dass eine BIM-Ausschreibung, die auf Elementen basiert, im Vergleich zur Leistungsbasierten Methode wesentliche Vorteile aufweist. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die für beide Methoden notwendigen Informationen im Vordergrund stehen, da sie für die Zuordnung der BIM-Elemente zu den entsprechenden Leistungspositionen bzw. AVA-Elementen entscheidend sind. Diese Informationen bilden die Grundlage für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses für eine leistungsorientierte BIM-Ausschreibung oder für die Entstehung der BIM-Projektelementliste (BPEL) für eine elementorientierte BIM-Ausschreibung.

Die standardisierte Leistungsbeschreibung fasst die am häufigsten vorkommenden und für konstruktive Leistungsbeschreibungen notwendigen Informationen in Leistungspositionen zusammen. Gemäß § 105 Abs. 3 BVerfG ist die LB-HB Struktur für öffentliche Ausschreibungen ein Standard, der bei der Erstellung von Ausschreibungen und Leistungsverzeichnissen zu beachten ist.¹³¹ Die Struktur der BIM-Modelle ist dagegen nicht nach Leistungen, sondern nach Elementen gegliedert. Sowohl für leistungs- als auch für elementbasierte BIM-Ausschreibungen müssen die Informationen, die für jedes Element nachzuweisen sind, elementbasiert definiert werden. Wie in Kapitel 5 aufgeführt, bietet hier die Weiterentwicklung des ASI-Merkmalsservers mit seinen neuen BIM-Definitionen pro Anwendungsfall eine spezielle Lösung, um die erforderlichen Informationen für BIM-Ausschreibungen elementbasiert standardisiert definieren zu können. Eine weitere Möglichkeit, wäre es elementbasierend Merkmale aus der LB-HB Positionen abzuleiten und den BIM-Elementen zuzuweisen. So können die neuen ASI-Merkmale anhand der ableitbaren LB-HB-Merkmale evaluiert werden, um weitere Verbesserungsmöglichkeiten finden zu können.

In diesem Kapitel wurde eine positionsweise Analyse der LG07 der LB-HB Struktur in Bezug auf die definierten Elemente (Wände, Stützen und Decken) durchgeführt. Ziel dieser Analyse ist es, nicht nur die analysierten Positionen der LG07 BIM-fähig zu machen, sondern auch die elementbasierten Merkmale aus den entsprechenden Leistungspositionen abzuleiten und anschließend mit den neuen ASI-Merkmalen zu vergleichen, um Verbesserungspotenziale und Feedback zu den bisher veröffentlichten ASI-Merkmalen der LG07 definieren zu können.

¹³¹ Vgl. §20, Abs. 8, BVerfG. 2018

6.1. Standardisierten Leistungsbeschreibung Hochbau

Das Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandorte (BMDW) veröffentlicht, verwaltet und pflegt die standardisierte Leistungsbeschreibung für die Bereiche Hochbau und Gebäudetechnik.¹³² Es besteht aus einer Gruppe von Texten, die Standardleistungen beschreiben, einschließlich rechtlicher und technischer Vertragsbestimmungen sowie Positionen für eine zukünftige Leistungsverzeichnisse (LV). Die Leistungen für ein bestimmtes Fachgebiet werden entweder in ihrer Gesamtheit oder in Bezug auf ihren Teilgebieten in die Sammlung aufgenommen. Die aktuelle Version ist die LB-HB-022¹³³

Die standardisierte Leistungsbeschreibung hat erhebliche Auswirkungen auf die Bauabwicklung. Aufgrund von den am meisten vorkommenden Bauprojektbläufen enthält die LB-HB-Struktur standardisierte Leistungspositionen entsprechend gebündelten Leistungsgliederung, die vom Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort standardisiert wurden¹³⁴ (Ausgabe Dezember 2021). Standardisierte Leistungsbeschreibungen vereinfachen die Komplexität des Bauvorhabens und koordinieren gleichzeitig die Kommunikation zwischen den Fachplanern.

Die Gliederung der Kenndaten und Inhalte der Leistungsbeschreibungen sind wie in ÖNORM – A 2063-1:2021 zu halten:¹³⁵

- Leistungsgruppe (LG)
- Unterleistungsgruppe (ULG)
- Wählbare Vorbemerkung bzw. Position

Die zu ausführenden geplanten Elemente im Bauwerk werden den entsprechenden Positionen der Leistungsbeschreibung zugeordnet. Andere (nicht standardisierte) Leistungen müssen gesondert betrachtet werden, damit ein Gesamtangebot entstehen kann. Hierbei kann es sich um zusätzliche Positionen handeln, die mit dem Buchstaben „Z.“ gekennzeichnet werden. Die ausschreibenden Fachplaner können sich auch für Wahl- und Eventualpositionen zur Leistungsbeschreibung entscheiden. Wahlpositionen beschreiben Leistungen, die nur einen Teil einer Variante bilden. Eventualpositionen beschreiben hingegen Leistungen, die auf besonderen Wunsch des Auftraggebers erbracht werden und nicht im Gesamtpreis enthalten

¹³² (Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandorte, 2018).

¹³³ <https://www.bmaw.gv.at/Services/Bauservice/LB-HB-022-PDF.html>

¹³⁴ <https://www.bmaw.gv.at/Services/Bauservice/Hochbau.html>

¹³⁵ Vgl. ÖNORM A 2063-2

sind. Als Grundlage für den Kostenanschlag dient die erstellte Ausschreibung, die auch als Vertragsgrundlage für das Projekt dient.¹³⁶

6.2. A-, B- und C-Positionen bei LB-HB

Die ABC-Analyse ist ein Werkzeug in der Baubranche, um Risiken, Güter und Leistungen zu bewerten und zu kategorisieren. Leistungspositionen werden in drei Hauptkategorien – A, B und C – eingeteilt. A-Positionen beschreiben Positionen mit einem hohen Anteil an Baukosten, während B-Positionen einen bedeutenden Teil ausmachen und C-Positionen nur einen geringen Anteil beinhalten.¹³⁷ Die 80/20-Regel besagt, dass die A-Positionen typischerweise 15–20 % der Positionen und 80–90 % der Kosten ausmachen.¹³⁸

Aufgrund der umfangreichen Leistungsbeschreibung und des hohen Detaillierungsgrads ergeben sich bei der Ausschreibung, Kalkulation und Abrechnung zahlreiche kostengünstige Nebenleistungen. Allerdings werden nur etwa 25% der Standardpositionen tatsächlich genutzt. Eine wesentliche Reduzierung der Standardpositionen ist aus Gründen der Klarheit und einfacheren Anwendung anzudenken.¹³⁹

6.3. elementbasierte Ableitung der Merkmale

Die Leistungsbeschreibungen sind umfangreich und enthalten viele Leistungspositionen pro Gewerk. Ca. 15-20% der Leistungspositionen machen fast 80% der Kosten und Abrechnungssummen durch die A-Positionen aus. Ein BIM-Element kann mehrere Leistungspositionen erfüllen, wenn es über die entsprechenden Merkmale verfügt. Es wäre am einfachsten, wenn BIM-Elemente nur die wichtigsten und am häufigsten auftretenden Leistungspositionen repräsentieren. Durch die Implementierung der 80/20-Regel, könnte es mit 20% der Modellieraufwand (Mindestanforderungen) 80% der Leistungen erschlagen. Der Modellierungsaufwand wäre drei- bis fünffach, wenn alle Leistungspositionen im BIM-Modell vollständig dargestellt wären. Leistungen, die nicht in den BIM-Elementen erfasst sind, müssen entweder manuell erfasst oder beschrieben werden.

¹³⁶ Vgl. Fellner, *Baubetrieb und Baumanagement: Band 2*, 2018

¹³⁷ vgl. Jacob, D., Stuhr, C. and Winter, C., 2018.: *Strategien und Kalkulation*, in: Oehmichen, M. (Hrsg.): *Kalkulieren im Ingenieurbau: Strategie – Kalkulation – Controlling*, 3.Aufl., Freiberg: Springer Vieweg, S. 6

¹³⁸ vgl. Plettenbacher, W., Stopfer, M. and Nowotny, K., 2014. *Handbuch Anti-Claim-Management: Verhindern und Abwehren von Mehrkosten am Bau*. Linde, 1. Aufl., Wien: Linde, S. 91

¹³⁹ vgl. Ellmer, H., 2019. *Der holprige Weg zum Kostenvoranschlag – Sind die Steine eingebildet oder beseitigbar?*, in: Hofstadler, C. (Hrsg.): *Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht: 50 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU-Graz*, Graz: Springer Vieweg, S. 215

Diese Mindestanforderungen werden elementweise durch Merkmale repräsentiert. Durch die Weiterentwicklung des ASI-Merkmalsservers stehen elementbasierend die erforderlichen Merkmale für BIM-Ausschreibung bereits zur Verfügung. Ziel der in diesem Kapitel durchzuführenden LB-HB-Analyse ist es, die elementbasierten Merkmale aus den entsprechenden Leistungspositionen abzuleiten und anschließend mit den neuen ASI-Merkmalen zu vergleichen, um daraus Rückschlüsse und Verbesserungspotenziale ableiten zu können.

Um die Analyse der LB-HB Struktur im Rahmen dieser Diplomarbeit abhandeln zu können wurden nur die drei Hauptelemente des Tragwerks (Wände, Stützen und Decken) der LG07 „Beton- und Stahlbetonarbeiten“ in dieser Analyse behandelt.

Wie in Abbildung 28 und 29 zu sehen wurden zwei Positionen als Beispiele für die positionsweise Analyse der LG07 veranschaulicht. Eine gründliche Analyse aller Wand-, Stützen- und Deckenrelevanten Positionen der LG07 wurde durchgeführt und die dazugehörigen Merkmale listenförmig abgeleitet.

LBH-Position/-Vorbemerkung	070201	Wände aus Beton (Wand). Im Positionsstichwort ist die Dicke (cm) und bei Beton die Festigkeitsklasse angegeben. Bauteilhöhe über Null bis 3,2 m.			
	070201E	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	m ³		

Liste der abgeleiteten Merkmale & Eigenschaften	LV-Position-Text	LV-Position-Nr.	Merkmals-Bezeichnung	erfordliche Werte	Werttyp
	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	070201E	Baustoff/Gewerk	Beton	String
			Ifc-Bauelement	IfcWall	String
			Typ Sonderelement	Wand	String
			Ausführung	vor Ort	String
			Höhe	...<3,2m	Integer
			Dicke	...<20cm	Integer
			Betonfestigkeitsklasse	C20/25	String
Brutto- /Nettovolumen			...m ³	Integer	

Abbildung 28: Beispiel für die positionsweise Ableitung der Merkmale (LBH-Position: 070201E) ¹⁴⁰

¹⁴⁰ Eigene Darstellung, 2023

Für die in diesem Beispiel aufgeführten Positionen sind die Nettovolumina/-flächen maßgeblicher als die Bruttovolumina/-flächen. Da die Bruttomengen jedoch in jedem Fall zu den Basismengen gehören und für weitere Abrechnungsregeln nach Werkvertragsnormen maßgeblich sind, werden sie in dieser Analyse ebenfalls aufgeführt. In dieser Diplomarbeit liegt der Fokus ausschließlich auf den erforderlichen BIM-Informationen, abgesehen von den anzuwendenden Abrechnungsregeln nach Werkvertragsnorm.

LBH-Position	070201T	Spreizschalung Beton Wand b.3,2m Einseitige Spreizschalung (z.B. in Baulücken), ohne Unterschied der Wanddicke.	m²		
Liste der abgeleiteten Merkmale & Eigenschaften	LV-Position-Text	LV-Position-Nr.	Merkmal-Bezeichnung	erfordliche Werte	Werttyp
	Spreizschalung Beton Wand b.3,2m	070201T	Baustoff/Gewerk	Beton	String
			Ifc-Bauelement	IfcWall	String
			Typ Sonderelement	Wand	String
			Ausführung	vor Ort	String
			Höhe	...<3,2m	Integer
			Schalung 1-seitig	Ja/Nein	Boolean
			Brutto-/Nettofläche	...m ²	Integer

Abbildung 29: Beispiel für die positionsweise Ableitung der Merkmale (LBH-Position: 070201T) ¹⁴¹

Wie in Anhang B dargestellt, wurden als Ergebnis der LB-HB-Analyse für jedes Element die abgeleiteten Merkmale mit den zugehörigen Positionen aufgelistet. Diese Merkmale gewährleisten eine korrekte Zuordnung der BIM-Elemente zu den entsprechenden Leistungspositionen bzw. AVA-Elementen bei leistungsbasierten BIM-Ausschreibungen.

Im Rahmen dieser Analyse wurden für alle Positionen vier Hauptmerkmale festgelegt, die als übergeordnet betrachtet werden können und für alle Leistungspositionen sowie dazugehörigen Bauteile relevant sind. Diese lauten wie folgt:

- **Baustoff/Gewerk:** (Beton- und Stahlbetonarbeiten / Trockenbauarbeiten – Mauerarbeiten / usw.)

Diese Eigenschaft ist von zentraler Bedeutung für die Einstufung in Leistungsgruppe

¹⁴¹ Eigene Darstellung, 2023

07 und somit relevant für alle Leistungspositionen. Eine mögliche Darstellung im BIM-Modell könnte durch das native IfcMaterial erfolgen.

- **Ifc-Entity/Bauelement:** (IfcWall / IfcColumn / IfcSlab / IfcBeam / usw.)

Die IFC-Klassifizierung spielt hier eine entscheidende Rolle, um die BIM-Elemente geometrisch zu identifizieren. Diese ist ebenfalls aus dem nativen BIM-Autorensoftware direkt ablesbar. Die geometrische Klassifizierung und Differenzierung, ob z.B. ein Element als Wand (IfcWall) oder Stütze (IfcColumn) modelliert werden muss spielt hier eine wesentliche Rolle. Dieses Thema geht über den Rahmen dieser Arbeit hinaus und stellt einen separaten Forschungsbereich dar.

- **Typ Sonderelement:** (Wand / Brüstung / Attika / Parapet / Nische / usw.)

Eine präzise Angabe darüber, ob eine modellierte Wand beispielsweise als Brüstung, Attika, Parapet oder als raumhohe Wand fungiert, ist für eine leistungsorientierte BIM-Ausschreibung maßgeblich. Bei einer elementbasierten Ausschreibung kann auf ein solches Vorgehen verzichtet werden, da jeder Elementtyp separat ausgeschrieben wird. Dennoch sollte dieser Parameter für eine bessere Nachvollziehbarkeit angegeben werden.

- **Ausführung:** (vor Ort / vorgefertigt / usw.)

Die Ausführungsart des Elements beeinflusst auch die Zuordnung zu den entsprechenden Leistungspositionen. Z.B. ob der Element vorgefertigt oder vor Ort ausgeführt wird.

Durch die Untersuchung der Wandpositionen der LG07 und die Bestimmung der entsprechenden Merkmale lässt sich erkennen, dass neben den übergeordneten Merkmalen die folgenden Merkmale den Großteil der entsprechenden Positionen ausmachen:¹⁴²

- Höhe
- Betonfestigkeitsklasse
- Brutto-/Nettovolumen
- Dicke
- Brutto-/Nettofläche*

Basierend auf der Untersuchung der Stützenpositionen der LG07 und die Identifizierung der entsprechenden Merkmale wurde festgestellt, dass neben den übergeordneten Merkmalen die meisten entsprechenden Positionen von den folgenden Merkmalen dominiert werden:

- Länge

¹⁴² Vgl. Anhang B: LB-HB Analyse - LG07

- *Betonfestigkeitsklasse*
- *Brutto-/Nettovolumen*
- *Dicke*
- *Querschnittsfläche*
- *Brutto-/Nettofläche**

Aus der Untersuchung der Deckenpositionen und entsprechenden Merkmale der LG07 ergibt sich, dass neben den übergeordneten Merkmalen insbesondere die folgenden Merkmale am häufigsten vorkommen:

- Unterstellungshöhe
- Brutto-/Nettovolumen
- Betonfestigkeitsklasse
- Dicke
- Brutto-/Nettoflächen*

* Anmerkung zu den abgeleiteten Brutto-/Nettomengen:

Die geometrischen Informationen der IFC-Elemente werden als Bruttomengen und Nettomengen (tatsächlich ausgeführte Mengen) in das Ausschreibungsprogramm übertragen. Die automatisierte und modellbasierte Ermittlung von Mengen ist daher lediglich anhand von Netto- oder Bruttomengen möglich. Gemäß den Werkvertragsnormen stimmen die in Abrechnungsmenge nicht immer mit den tatsächlich erbrachten Mengen überein. Dabei werden manche Öffnungen und Unterbrechungen übermessen, während andere abgezogen werden. Dadurch stimmen die ermittelten Abrechnungsmengen gemäß Werkvertragsnormen nicht mit den Netto- oder Bruttomengen der IFC-Elemente überein. Eine Berücksichtigung der Abrechnungsregeln in Werkvertragsnormen erfordert einen aufwendigen Prozess zur Einarbeitung der Abrechnungsregeln.¹⁴³ Aus diesem Grund weist die ÖNorm A 6241-2 bereits darauf hin, auf die Abrechnungsregeln der Werkvertragsnormen verzichten und nach tatsächlich ausgeführten Mengen ermitteln zu können. Das muss aber vertraglich vereinbart sein. Daher wurden in der durchgeführten LB-HB Analyse sowohl Brutto- als auch Netto-Mengen abgeleitet, ohne Rücksicht auf die tatsächlich erforderliche Abrechnungsmenge für die jeweiligen Positionen.

¹⁴³ Dibon, T., 2022. *BIM-kompatible Ausschreibung und Abrechnung von Bau- und Gebäudetechnikleistungen* [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. [repositum. https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450](https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450)

6.4. Verbesserungspotenziale

Nach Ableitung der elementbasierten Merkmale aus dem LB-HB wurden diese im Anschluss mit den neuen ASI-Merkmalen pro Element verglichen. Daraus ergaben sich LB-HB-Merkmale, wofür bisher keine eindeutigen ASI-Merkmale bzw. Definitionen definiert wurden. Diese Punkte wurden als Verbesserungspotential für die neu eingereichten ASI-Merkmale identifiziert und im Rahmen von Interviews mit Experten des AIT auf ihre Sinnhaftigkeit hin diskutiert und waren auch Gegenstand von Kommentaren zu zukünftigen Erkenntnissen.

Wie in den Abbildungen veranschaulicht wurden für jedes Element die entsprechenden abgeleiteten LB-HB-Merkmale aufgelistet und den neuen ASI-Merkmalen gegenübergestellt. Die übereinstimmenden Merkmale wurden in grüner Farbe hervorgehoben, während die fehlenden Merkmale in oranger Farbe hervorgehoben wurden.

Basierend auf die erfolgte Gegenüberstellung wurden, wie in Abbildung 30 veranschaulicht, folgende Merkmale als Verbesserungspotenziale zu neuen ASI-Merkmalserver für Wandelemente hervorgehoben:

- Baustoff/Gewerk (native IFC-Property: IfcMaterial)
- Stabstahlbewehrung
- Mattenbewehrung
- Schalung 2-seitig
- Schalung 1-seitig
- Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig
- Rückbiegeanschluss-Bewehrung 2-reihig
- Flächenbehandlung
- Öffnung
- Nische
- Neigungswinkel

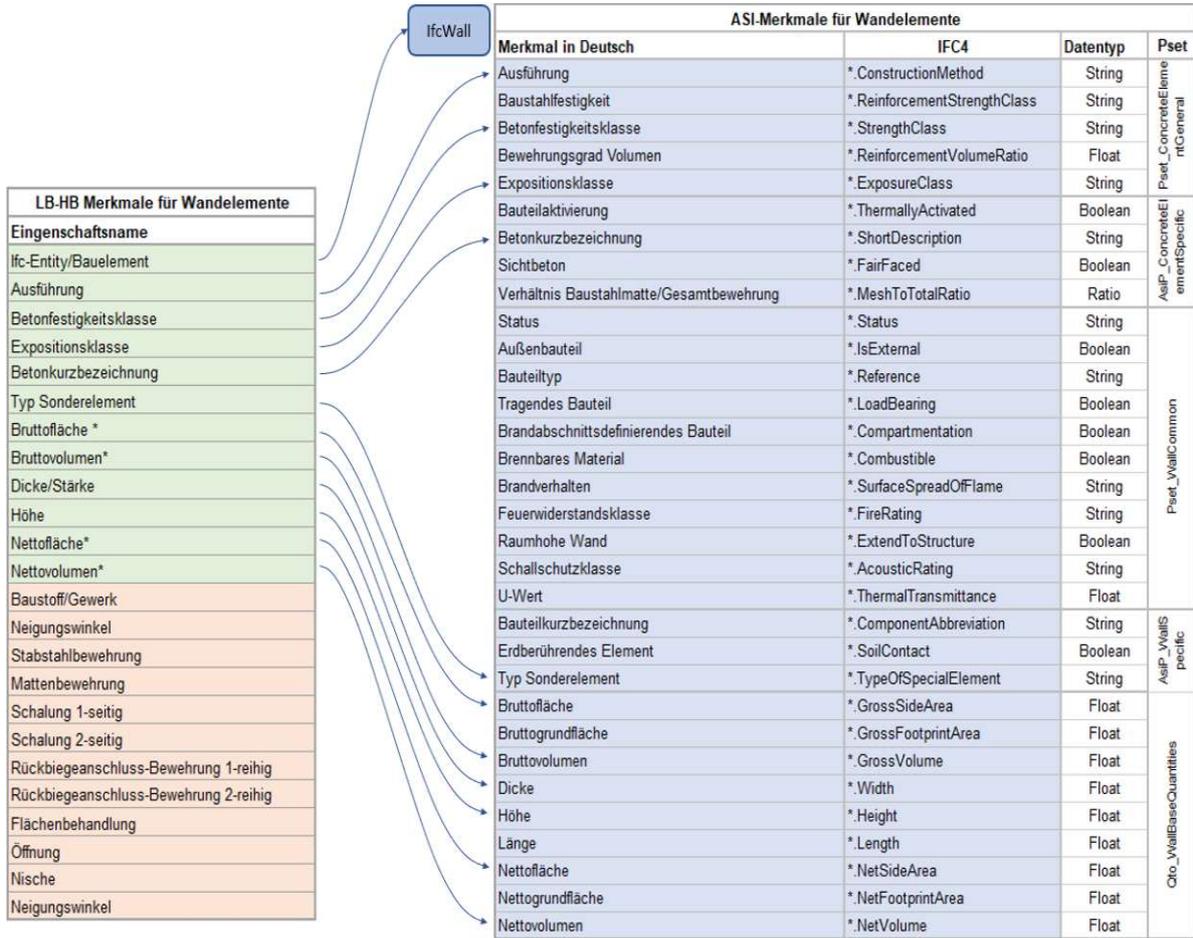


Abbildung 30: Gegenüberstellung der Abgeleiteten LB-HB Merkmale und ASI-Merkmale für Wände¹⁴⁴

Als Ergebnis des Vergleichs wurden, wie in Abbildung 31 abgebildet, folgende Merkmale von Deckenelementen als Verbesserungsmöglichkeiten für die neuen ASI-Merkmale identifiziert:

- Baustoff/Gewerk (native IFC-Property: IfcMaterial)
- Stabstahlbewehrung
- Mattenbewehrung
- Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig
- Rückbiegeanschluss-Bewehrung 2-reihig

¹⁴⁴ Eigene Darstellung, 2023

- Öffnung
- Bewehrung f. Elementdecke
- Einbauten
- Leerverrohrungen-Durchmesser
- Leerverrohrungen-Länge
- Untersichtsfläche
- Querschnittsfläche
- Unterstellungshöhe

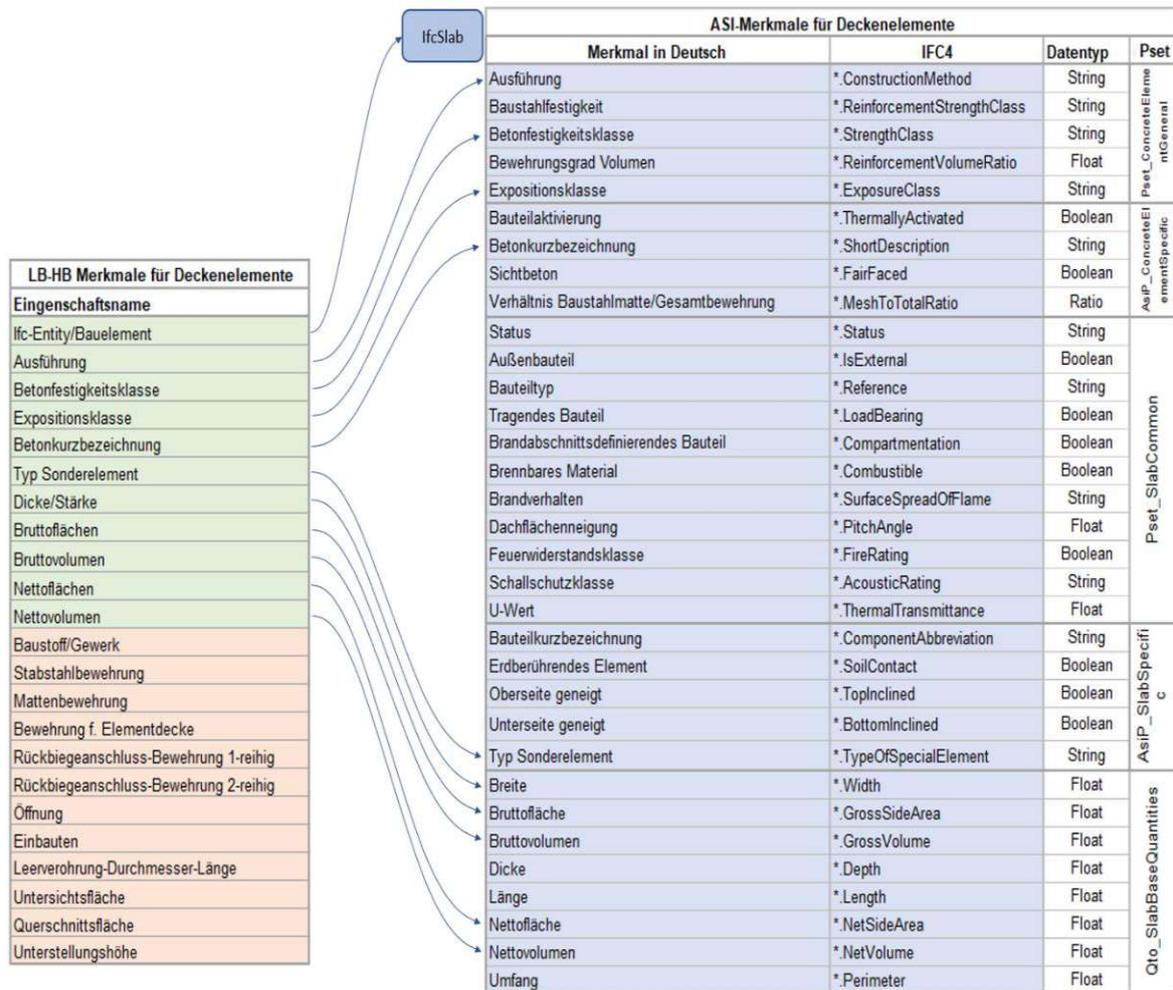


Abbildung 31: Gegenüberstellung der abgeleiteten LB-HB Merkmale und ASI-Merkmale für Decken ¹⁴⁵

¹⁴⁵ Eigene Darstellung, 2023

Für Stützelemente konnten aus der erstellten Gegenüberstellung, wie in Abbildung 32 zu sehen, folgende Verbesserungspotenziale für die neuen ASI-Merkmale identifiziert werden:

- Baustoff/Gewerk (native IFC-Property: IfcMaterial)
- Stabstahlbewehrung
- Flächenbehandlung
- Querschnittsform

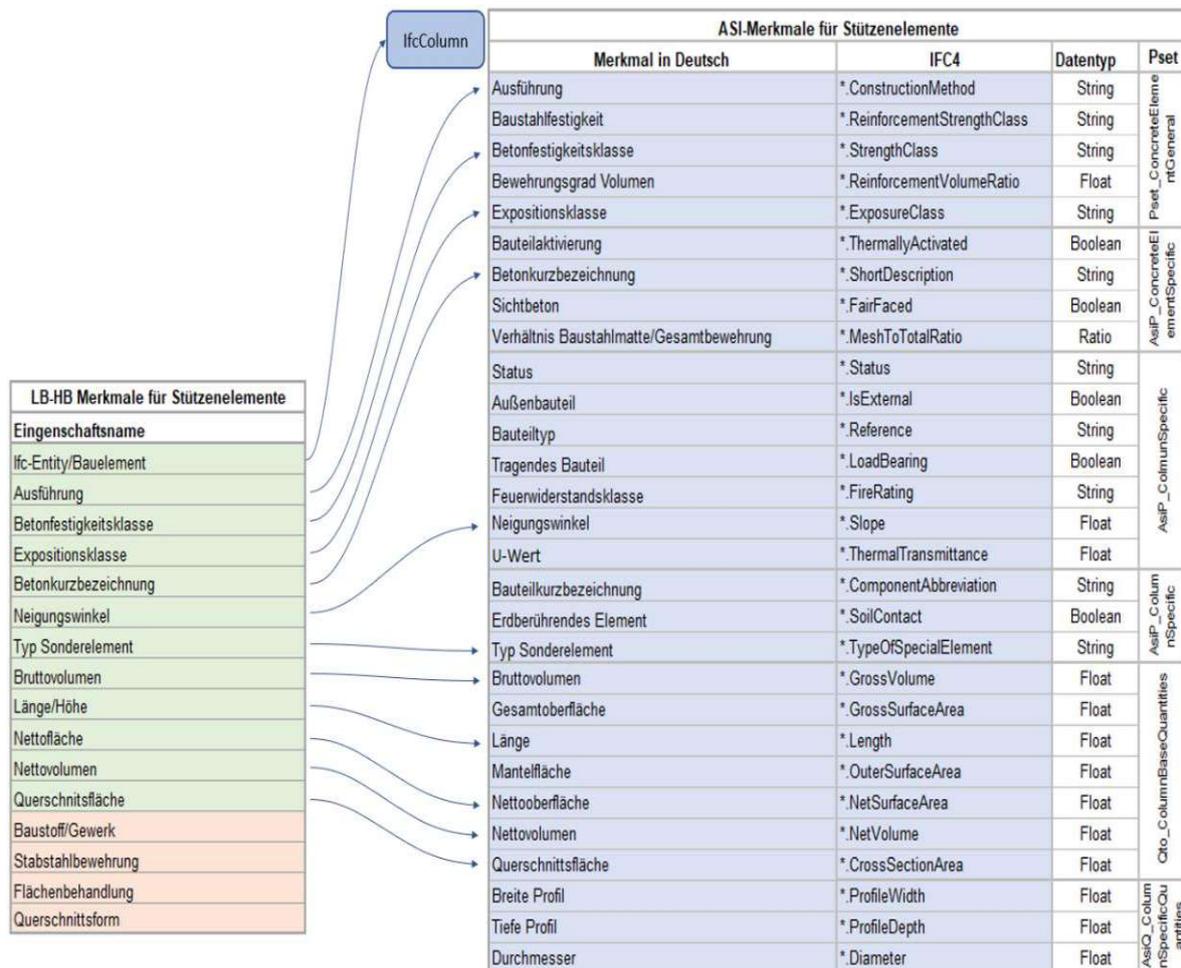


Abbildung 32: Gegenüberstellung der abgeleiteten LB-HB Merkmale und ASI-Merkmale für Stützen¹⁴⁶

¹⁴⁶ Eigene Darstellung, 2023

6.5. Experteninterview: Verbesserungspotenziale

Da diese Verbesserungspotenziale sich teilweise über die drei untersuchten Elemente hinweg wiederholen und teilweise sehr eng miteinander verknüpft sind, wurden sie, wie im Anhang C aufgelistet, nach ihren gegenseitigen Abhängigkeiten gruppiert und erhielten anschließend auf Basis von Interviews mit Experten des AIT folgende Kommentare:

- **Baustoff/Gewerk**

Kommentar: (wäre sinnvoll/anzudenken)

Diese Eigenschaft ist für die Zuordnung in die Leistungsgruppe 07 ausschlaggebend und daher für alle dazugehörigen Bauteile erforderlich. Sie kann beispielsweise durch das native IfcMaterial oder einen eigenen String-Typparameter im BIM-Modell abgebildet werden. Wobei es empfohlen wird, IfcMaterial zu verwenden, da es schon im nativen IFC bereits vorhanden ist.

- **Stabstahl- und Mattenbewehrung**

Kommentar: (ist bereits vorhanden)

Statt zwei separater Eigenschaften für Stabstahlbewehrung und Mattenbewehrung sollten sie alle gemeinsam durch eine im ASI-Merkmalserver bereits vorhandene Eigenschaft "Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung" (in IFC4: "MeshToTotalRatio") ersetzt werden.

- **Schalung 1-seitig/2-seitig**

Kommentar: (wäre sinnvoll/anzudenken)

Spreizschalungen bzw. einseitige Schalungen stellen einen besonderen Fall von Wandschalungen dar, die im Gegensatz zur regulären zweiseitigen Schalung gesondert abgerechnet werden müssen. Daher sollte für zweiseitige geschalte Wände einen Boolean-Exemplar Parameter im BIM-Modell vermerkt werden. Wie man diese im Modell geometrisch voneinander differenzieren kann, bleibt aber noch offen. Daher besteht hier ein geometrisches Problem, wie die Schalungsflächen genau ermittelt werden sollen. Eine Visuelle Prüfung wird hier benötigt, um diese nachvollziehen zu können.

- **Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig/2-reihig**

Kommentar: (schwer nachvollziehbar und Aufwand ist sehr hoch)

Ein Parameter für Rückbiegeanschlüsse zu definieren, wird als nicht aussagekräftig genug erachtet. Eine Möglichkeit bestünde darin, einen Parameter mit einem Integer-Wert zu definieren, der die Anzahl der Rückbiegeanschlüsse bei einem Element angibt. Doch bleibt die Frage offen, auf welcher Seite des Bauteils die Anschlüsse angebracht werden sollen. Zudem sind die eingegebenen Werte nur schwer auf ihre Richtigkeit zu überprüfen und erfordern eine manuelle bzw. visuelle Prüfung. Daher bilden Rückbiegeanschlüsse ein weiteres Geometrieproblem, das schwer alphanumerisch zu lösen ist.

- **Flächenbehandlung**

Kommentar: (wäre sinnvoll/anzudenken)

Im derzeitigen Datenmodell sind Arbeiten an Bauteilen noch nicht vollständig angedacht. Es wäre sinnvoll, einen Parameter für Flächenbehandlung mit einem definierten Optionen-Set einzuführen. Derzeit ist nur eine Option für "Sichtbeton" im ASI-Merkmalserver (in IFC4 "FairFaced") verfügbar. Es sollte ein weiterer Parameter für alle Beton-Bauteile mit zusätzlichen Optionen wie Kratzen, Stocken, Spitzen, Scharrieren und Polieren in Betracht gezogen werden. Ein solcher Parameter müsste nach Erledigung wieder gelöscht werden und sollte nicht ins as-built Modell wandern. Außerdem ist eine genaue Flächenbestimmung erforderlich z.B. die Gesamtfläche einer Wand ist nicht unbedingt zu kratzende Fläche.

- **Öffnung**

Kommentar: (schwer nachvollziehbar und Aufwand ist sehr hoch)

Die Berücksichtigung eines spezifischen Parameters für Öffnungen ist äußerst kritisch, da dieser für fast jedes Element gepflegt werden muss. Die Berücksichtigung aller Öffnungen gemäß den LB-HB-Vorgaben und den Abrechnungsregeln der Werksvertragsnormen im BIM-Modell stellt, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, eine weitere Schwierigkeit dar, da die Modell-Methode die Netto-Methode ist. Die Abbildung von Nachdurchbrüchen im BIM-Modell stellt ein weiteres Hindernis dar. Die sicherste Methode zur Abbildung von Öffnungen ist die Schlitz- und Durchbruchsplanung. Daher sollten Öffnungen bzw. Durchbrüche modelliert werden (ProvisionForVoids). Ein alphanumerischer Parameter scheint hier nicht sinnvoll zu sein.

- **Nische**

Kommentar: (schwer nachvollziehbar)

Nischen sollten modelliert werden, ein alphanumerischer Parameter scheint hier nicht sinnvoll, weil unklar ist wo die Nischen sich befinden und welche Größe sie haben. Es ist jedoch wichtig, eine klare geometrische Identifizierung der Nischen im Modell zu gewährleisten. Eine automatische Prüfung, ob alle Nischen entsprechend modelliert wurde ist jedoch herausfordernd.

- **Querschnittsform**

Kommentar: (wäre sinnvoll/anzudenken)

Für die Berechnung der benötigten Schalung ist es notwendig, die Querschnittsform der Stützen anzugeben. Eine Möglichkeit wäre die Einführung eines String-Typparameters mit einem Optionen-Set der verfügbaren Querschnittsformen für Stützen. Es wäre jedoch interessant, elementübergreifend eine Option für allgemeine Querschnittsflächen zu haben, ähnlich wie bei den Trägerprofilen. Jedenfalls braucht es dann auch alle notwendigen geometrischen Informationen (Rechteck: Länge/breite, Kreis: Radius, Ellipse: a/b, usw.)

- **Bewehrung f. Elementdecke**

Kommentare: (ist bereits vorhanden)

Die Bewehrung für Halbfertigteile (z.B Elementdecken) und vor Ort ausgeführte Bauteile kann durch den Parameter "Bewehrungsgrad Volumen" (in IFC4 "ReinforcementVolumeRatio") definiert werden, der bereits im ASI-Merkmalserver enthalten ist.

- **Einbauten und Leerverrohrungen**

Kommentare: (schwer nachvollziehbar und Aufwand ist sehr hoch)

Einbauten und Leerverrohrungen sind als Durchbrüche bzw. Öffnungen zu identifizieren. Die sicherste Methode für die Abbildung der Öffnung ist die Schlitz- und Durchbruchsplanung. Daher sollten als Öffnungen bzw. Durchbrüche modelliert werden (ProvisionForVoids). Ein alphanumerischer Parameter scheint hier nicht sinnvoll zu sein.

- **Untersichtsfläche & Querschnittsfläche**

Kommentare: (wäre sinnvoll/anzudenken)

Untersichtshöhen und Querschnittsflächen sind wesentlich für die Berechnung der Schalung. Durch die Verwendung von Basisgrößen könnten diese direkt in die AVA-Software integriert und bei Bedarf daraus abgerechnet werden. Es wäre möglicherweise sinnvoll, in der BIM-Autorensoftware einen spezifischen Float-Parameter dafür zu definieren, um die Handhabung zu erleichtern. Das bildet aber ebenfalls ein geometrisches Problem, wie die Schalungsflächen genau ermittelt werden sollen. Ein möglicher Workflow wäre, ein Spezialprogramm für Schalungsberechnungen mit dem Modell aufzurufen und die Ergebnisse zurück ins IFC-Modell schreibt.

- **Unterstellungshöhe**

Kommentare: (wäre sinnvoll/anzudenken)

Unterstellungshöhen oder Schalhöhen für Decken und Unterzüge sind maßgebend für die Abrechnung der Schalung sowie für die Bestimmung von nachfolgenden Installationen und Deshalb sind sie durch einen Float-Parameter im BIM-Modell zu erfassen. Dies stellt aber auch ein geometrisches Problem dar, wie die Schalungshöhen genau zu bestimmen sind. Ein möglicher Workflow wäre, ein spezielles Schalungsberechnungsprogramm mit dem Modell aufzurufen und die Ergebnisse in das IFC-Modell zurückzuschreiben.

Wie im Kapitel 7 dargelegt, wurden die neuen ASI-Merkmale basierend auf den Erkenntnissen aus den Analysen in Kapitel 5 und 6 gruppiert und für die zu erzeugende Qualitätsprüfung bereitgestellt. Hierbei wurde ebenfalls die erstellte Gliederung der Prüfredeln berücksichtigt. Eine detailliertere Behandlung und Aufzählung erfolgten jedoch im Kapitel 7.4.

7. Qualitätssicherungsvorgehen & Framework-Entwicklung

Die Qualitätssicherung von BIM-Modellen und Prüfungsworkflows spielt eine entscheidende Rolle bei der Gewährleistung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit von den Prozessen der Bauprojekte. Wie in Kapitel 3.1 und 3.2 beschrieben, werden in den BIM-Anwendungsfällen die Ziele und Zwecke der zu verwendenden BIM-Modelle festgelegt. Um sicherzustellen, dass diese BIM-Modelle den höchsten Qualitätsstandards entsprechen und die angestrebten Ziele erreichen, werden spezifische Verfahren und Arbeitsabläufe implementiert.

7.1. Entstehung des Frameworks

Zur Entwicklung eines effektiven Qualitätssicherungsverfahrens für BIM-Modelle wurde im Zuge dieser Diplomarbeit zunächst ein allgemeiner Workflow bzw. Rahmenwerk definiert, der Quality Gates festlegt, an denen die BIM-Modelle im Prozess überprüft werden müssen. Die Prozesse innerhalb dieser Quality Gates sind entsprechend durch spezifische Workflows zu bestimmen, welche die Schritte für die Prüfung und Freigabe der BIM-Modelle definieren. Es wird sichergestellt, dass sämtliche relevante Aspekte wie geometrische Genauigkeit, Datenkonsistenz sowie Übereinstimmung mit den Projektanforderungen geprüft werden. Ein BIM-Modell, das für einen bestimmten BIM-Anwendungsfall vorgesehen ist, muss die Prüfungen innerhalb dieser Quality Gates bestehen, um die Qualität der enthaltenen Geometrien und Informationen abzusichern. Dies kann mithilfe von automatisierten, teilautomatisierten oder auch manuellen Überprüfungen erfolgen.

7.1.1. Entwicklung eines Prüfungsworkflows für BIM-Qualitätssicherung

Um die Ziele der definierten BIM-Anwendungsfälle (BIM-Use Cases) zu erreichen, wurde ein Qualitätssicherungsprozess mittels BMC-Workflow (BIM-based Model Checking) definiert, wie in Abbildung 33 dargestellt. Ursprünglich war die Idee, einen allgemeinen BMC-Workflow zu entwickeln, der unabhängig von den festgelegten Anwendungsfällen die Vorgehensweise zur Qualitätssicherung von BIM-Modellen erklärt. Es ist wichtig, bei der Modellübergabe oder -bearbeitung zwischen verschiedenen Qualitätssicherungsverfahren zu unterscheiden. Für eine verlässliche Sicherstellung der Qualität von BIM-Modellen war die Erstellung und Entwicklung von Quality Gates erforderlich. Diese gewährleisten eine schrittweise Prüfung der Modelle innerhalb des Prozesses zur Erreichung des gewünschten Ziels. Die erstellten Quality Gates ermöglichen die Überprüfung von geometrischen Anforderungen sowie geometrischer und nicht-geometrischer Informationen der Modelle für bestimmte Zwecke auf Basis der

festgelegten Anwendungsfälle, wie zum Beispiel Mengen- und Kostenermittlung für BIM-basierte Ausschreibung, welche für diese Diplomarbeit definiert wurden.

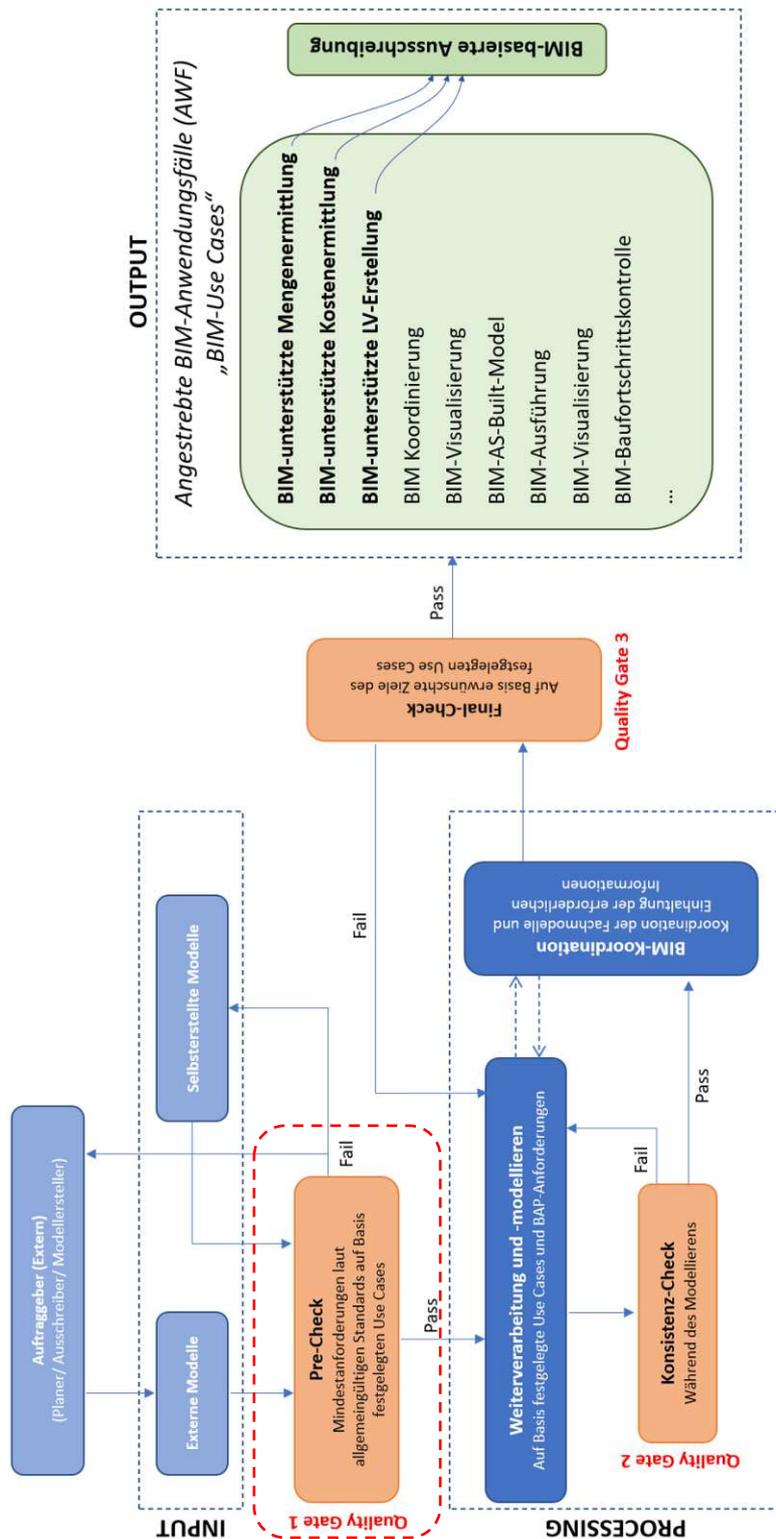


Abbildung 33: Macro BMC-Workflow für Qualitätssicherung der BIM-Modelle

Wie in Abbildung 33 veranschaulicht, besteht der allgemeine BMC-Prüfungsworkflow grundsätzlich aus drei Hauptteilen:

- Input:

Zusammenstellung der BIM-Modelle, welche von externen Partnern wie Planern oder Vergabestellen vor der Anwendung geprüft werden müssen. Hierbei sind auch die von internen Teams erstellten oder nachmodellierten Modelle einzubeziehen.

- Processing:

Hier erfolgt die fortlaufende Bearbeitung, Modellierung und Abstimmung der Modelle durch die beauftragten Unternehmen (z.B. Bauunternehmen) in Übereinstimmung mit den Informationsanforderungen des Auftraggebers (AIA) und dem BIM-Abwicklungsplan (BAP). Dies geschieht unter Berücksichtigung der gewünschten BIM-Anwendungsfälle und gemäß den vertraglichen Vereinbarungen.

- Output:

Das Ergebnis soll ein fundiertes BIM-Modell sein, das die Anforderungen der festgelegten Anwendungsfälle vollständig erfüllt. Da bei dieser Diplomarbeit die BIM-basierte Ausschreibung im Fokus steht, wurden die BIM-unterstützten LV-Erstellung, Mengen- und Kostenermittlung, wie in Abbildung 33 dargestellt, bei dieser Arbeit berücksichtigt.

Um eine reibungslose Modellübernahme und -übergabe und Weiterverarbeitung des BIM-Modells sicherzustellen, wurden, wie bereits erwähnt, drei Quality Gates definiert:

- Quality Gate 1:

Bevor es projekt- oder auftragsspezifisch wird, ist es zunächst erforderlich, in Quality Gate 1 den Zustand der externen Modelle zu ermitteln. Dabei werden anhand der gegebenen Anwendungsfälle allgemein anerkannte Normen und Standards sowie der erreichte Detaillierungsgrad des Modells geprüft, um zu bestimmen, ob sie für eine Weiterverarbeitung oder direkte Verwendung gemäß den Vertragsbedingungen angemessen sind. Das Quality Gate 1 ist von zentraler Bedeutung für diese Diplomarbeit und wird detailliert behandelt, um die Einhaltung der erforderlichen Informationen der Elemente Wände, Stützen und Decken der LG07 gemäß dem ASI-Standard für Ausschreibungen sicherzustellen.

- Quality Gate 2:

Je nach Verwendungszweck und vertraglichen Vereinbarungen werden hier spezifische Anforderungen für das Projekt kontinuierlich überprüft, welche in AIA und BAP festgelegt sind, wenn das Modell für interne Verarbeitung weiterverwendet werden soll.

- Quality Gate 3:

Vor der Übergabe an den Auftraggeber oder die zuständige Stelle wird eine abschließende und umfassende Überprüfung des Modells im Hinblick auf anwendungsbezogene Anforderungen durchgeführt.

Beim Quality Gate 1 wurde bereits festgestellt, dass klare und standardisierte Mindestkriterien für die qualitative Beurteilung von BIM-Modellen während der Ausführungsphase fehlen. Insbesondere fehlt es an spezifischen Kriterien für Use Cases, die außerhalb des Interesses der AG/AG-Planer liegen (z. B. Mengen-/Kostenermittlung) oder für den gesamten Bauwerkslebenszyklus relevant sind. Daher konzentriert sich die fortlaufende Entwicklung des ASI-Merkmalsservers, wie in Kapitel 3.4 beschrieben, darauf, die notwendigen Mindestinformationen für bestimmte BIM-Anwendungsfälle zu ermitteln und einheitlich zu gestalten. Darüber hinaus wird durch die Nutzung einer öffentlich zugänglichen und IFC-basierten Datenbank mit dem ASI-Merkmalsserver eine effiziente Datenübertragung gewährleistet. Daher liefert der neue ASI-Merkmalsserver eine Grundlage für die zu erstellenden BIM-basierte Prüfungen. In Kapitel 5 wurde detailliert behandelt, wie die neuen ASI-Merkmale in Bezug auf dem festgelegten Anwendungsfall der BIM-basierten Ausschreibung elementbasierend gegliedert und aufgebaut wurden. Basierend auf der durchgeführten Analyse der LG07 der LB-HB in Kapitel 6 wurden Verbesserungspotenziale zum neuen ASI-Merkmale definiert und anschließend mit Kommentaren von Experten der AIT versehen. Wie in Kapitel 7.2 beschrieben, wurden die neuen Merkmale der ASI anhand der Ergebnisse aus den Analysen der Kapitel 5 und 6 gruppiert und für die bevorstehende Qualitätsprüfung bereitgestellt. Dabei wurde auch die erstellte Gliederung der Prüfregele, wie in Kapitel 7.3.4 aufgeführt, berücksichtigt.

7.1.2. Entwicklung des Prüfungsworkflows für Quality Gate 1

Wie in den Kapitel 3.1 und 3.2 beschrieben, sind die Qualität von BIM-Modellen anhand ihrer Geometrie und Informationen im Hinblick auf die definierten Anwendungsfälle objektiv zu

bewerten. Aus diesem Grund müssen alle Quality Gates mit Prüfungsworkflows für Geometrie- und Informationenchecks ausgestattet sein. In dieser Diplomarbeit geht es ausschließlich um die Informationen innerhalb der BIM-Modelle, die für eine BIM-basierte Ausschreibung benötigt werden. Der Prüfworkflow für Quality Gate 1 basiert daher, abgesehen von der Korrektheit der Geometrie, ausschließlich auf den für eine BIM-basierte Ausschreibung erforderlichen Informationen, die bereits im neuen ASI Property Server, wie im Kapitel 5 detailliert aufgeführt, definiert sind.

Wie in Abbildung 34 dargestellt, wurde für Quality Gate 1 ein detaillierterer BMC-Workflow erstellt, der die wichtigsten Interaktionen und Prüfprozesse beschreibt. Dieser Workflow kann flexibel auf verschiedene BIM-Anwendungsfälle in Bezug auf das Informationsgehalt der BIM-Modelle bzw. LOI angewendet werden. Sobald die zu prüfenden Mindestinformationen auf Basis der definierten Anwendungsfälle und deren Definitionen anhand eines BIM-Standards wie z.B. dem ASI-Merkmalserver festgelegt sind, kann mit diesem BMC-Workflow die Qualität der BIM-Modelle auf Einhaltung dieser Mindestanforderungen an Informationen entsprechend der Standarddefinitionen sichergestellt werden. Da es sich bei dieser Arbeit in erster Linie um einen Open-BIM-Prozess handelt und die Definitionen des ASI-Merkmalserver auf IFC basieren, wurden IFC und BCF als Austauschformate festgelegt. Der Workflow für die Prüfung wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit mit Solibri als Prüfsoftware umgesetzt. Gemäß diesem Workflow besteht das Quality Gate 1, wie in Abbildung 34 veranschaulicht, aus den folgenden drei Prüfungen:

- Prüfung 1: Übereinstimmung mit ASI-Standard (Automatisierte/Behördliche Prüfung)
- Prüfung 2: Vorhandensein der erforderlichen Merkmale (Teil-automatisierte Prüfung)
- Prüfung 3: Vorhandensein der erlaubten String-Werte (Teil-automatisierte Prüfung)

Dabei wurden drei mögliche Szenarien farblich hervorgehoben:

- Grün: IFC-Modell hat das Quality Gate 1 bestanden und entspricht somit dem ASI-Standard.
- Rot: Standardisierter Weg zur Fehlerbehebung
- Blau: Unterstützt und erleichtert die Fehlerbehebung (je nach Abstimmung bzw. vertragliche Vereinbarung)

Nachdem der Auftraggeber (Planer) das von ihm exportierte IFC-Modell an den Auftragnehmer (Bauunternehmer) übergeben hat, durchläuft das Modell im Quality Gate 1 die dort generierten

Qualitätsprüfungen, wobei Prüfung 1 als automatisierte Prüfung und Prüfung 2 und 3 als teilautomatisierte Prüfungen angesehen werden können.

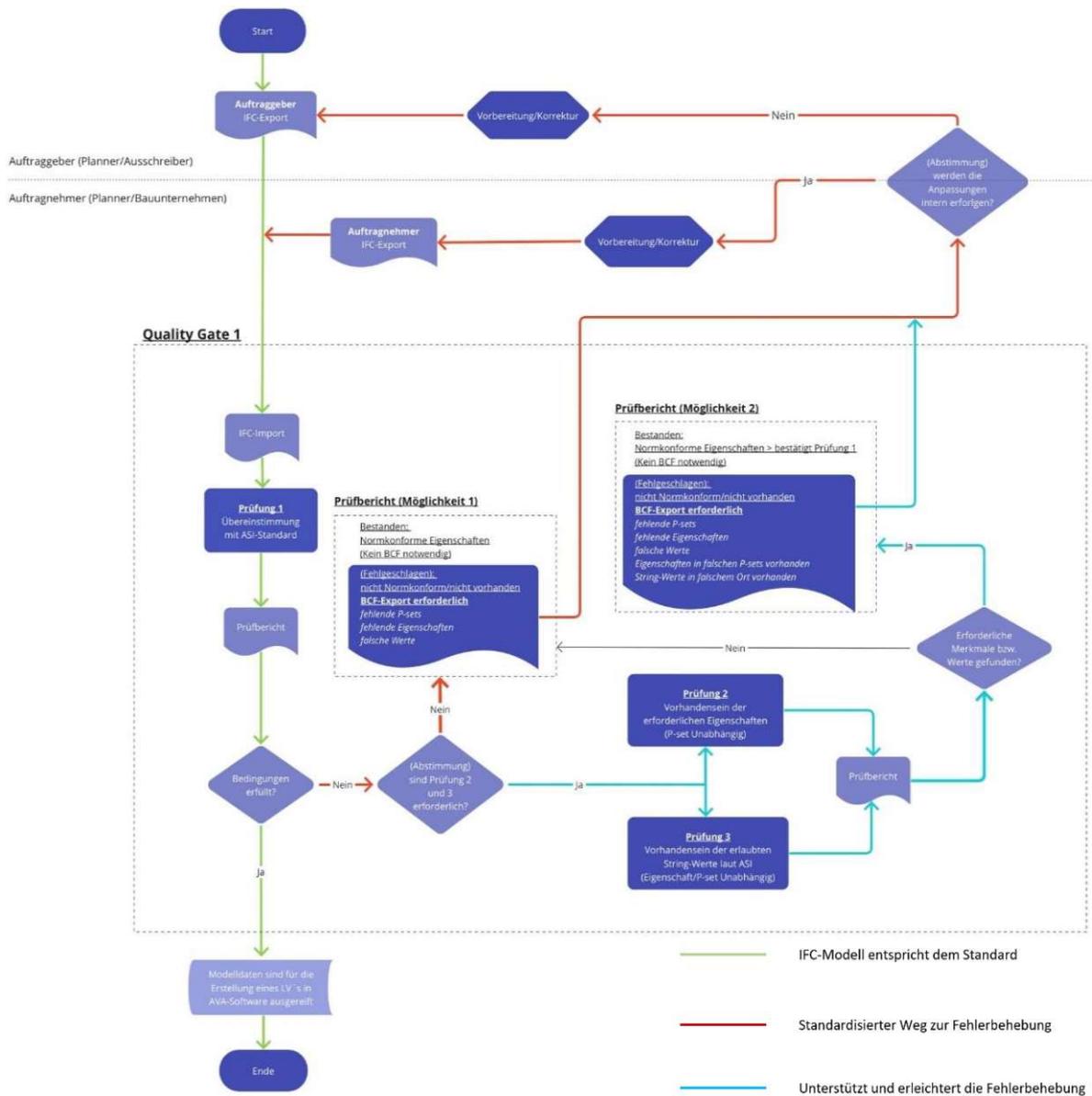


Abbildung 34: BMC-Workflow für die Übereinstimmung der Informationen mit einem festgelegten Standard¹⁴⁷

¹⁴⁷ Eigene Darstellung, 2023

7.1.2.1. Automatisierte Prüfung

Prüfung 1 (Übereinstimmung mit ASI-Standard)

Die in dieser Prüfung entwickelten Regelsätze stellen sicher, dass die Eigenschaftensätze, deren Eigenschaften und deren Werte für die untersuchten Elemente in den IFC-Modellen eins zu eins mit dem ASI-Standard übereinstimmen müssen. Die Abläufe dieser Prüfung wurden gemäß Abbildung 34 dargestellt, wobei der grüne Pfad steht für bestandene Modelle, während der rote Pfad für fehlerhafte Ergebnisse und deren standardisierten Weg zur Fehlerbehebung steht. Da behördliche Prüfungen bzw. Prüfungen, die nach einem Standard entwickelt wurden, unverändert bleiben müssen, wurden die Prüfregeln so aufgebaut, dass sie unabhängig vom Modellstand direkt angewendet werden können. Dementsprechend wird die Prüfung 1 als automatisierte Prüfung betrachtet. Sobald ein IFC-Modell mit dieser Prüfung untersucht wird, werden die Prüfergebnisse ohne weitere Anpassung der Regeln generiert. Die Prüfergebnisse der **Prüfung 1** werden wie folgt in drei Hauptkategorien klassifiziert:

- Norm-Konform:
 - Bestanden = übereinstimmt mit ASI-Standard
- Nicht vorhanden:
 - Fehlgeschlagen = Fehlende Eigenschaftensätze
 - Fehlgeschlagen = Fehlende Eigenschaften
- Vorhanden, aber nicht Norm-Konform:
 - Fehlgeschlagen = Falsche bzw. fehlende Werteinträge

Aus den Ergebnissen wird eine BCF-Datei erzeugt, um die fehlgeschlagenen Ergebnisse dem Auftraggeber digital mitteilen zu können. Diese BCF-Datei enthält die folgenden Informationen:

- Nicht vorhanden:
 - Elemente mit fehlenden Eigenschaftensätze
 - Elemente, die richtige Eigenschaftensätze mit fehlenden Eigenschaften haben
- Vorhanden, aber nicht Norm-Konform:
 - Elemente mit richtigen Eigenschaften in richtigen Eigenschaftensätzen, aber mit falschen bzw. fehlenden Werteinträge.

Diese Fehler werden seitens des Auftraggebers behoben und ein neues IFC-Modell wird erstellt und erneut an den Auftragnehmer zur Prüfung und Bewertung gesendet. Um die Qualitätseinschätzungen von Prüfung 1 umfassend zu erweitern, könnte als weitere Option nach

vertraglichen Vereinbarungen und Abstimmungen vor der Erstellung der BCF-Datei eine Überprüfung des IFC-Modells durch Prüfung 2 und Prüfung 3 erfolgen. Die BCF-Datei wird durch diese zwei zusätzlichen Prüfungen erweitert und mit neuen Informationen angereichert, die dem Auftraggeber dabei helfen, die aufgetretenen Probleme einfacher zu lösen.

7.1.2.2. Teil-Automatisierte Prüfungen

Prüfung 2 (Vorhandensein der erforderlichen Merkmale)

Prüfung 3 (Vorhandensein der erlaubten String-Werte)

Da die Weiterentwicklung des ASI-Merkmalsservers noch relativ neu ist, ist es sehr wahrscheinlich, dass die in den BIM-Modellen enthaltenen Informationen dem ASI-Standard nicht entsprechen. Ein anderer Grund könnte eine unstrukturierte Arbeitsweise oder falsche IFC-Exporteinstellungen bzw. Mapping-Funktionen der definierten Eigenschaften im BIM-Autorensoftware sein. Die BIM-Definitionen entsprechen in den meisten Fällen nicht dem IFC-Standard und somit auch nicht dem ASI-Standard. Daher empfiehlt es sich, die Prüfung 1 um zusätzliche Informationen mithilfe von Prüfung 2 und 3 zu erweitern, um falsch zugeordnete Eigenschaften und Einträge im gesamten Modell aufzudecken. Sobald dies vereinbart und abgestimmt ist, kann Prüfung 1 mit Prüfung 2 und 3 erweitert werden. Dadurch wird die Kommunikation mit dem Auftraggeber erleichtert und die Wahrscheinlichkeit einer Fehlerbehebung erhöht. Die Abläufe der Prüfungen 2 und 3 wurden gemäß Abbildung 34 mit dem blauen Pfad dargestellt. Da die Anordnung der Informationen je nach Projekt unterschiedlich ausfallen kann, müssen die Prüfregele für Prüfung 2 und Prüfung 3 im Voraus projektspezifisch angepasst werden. Daher sollten beide Prüfungen als teil-automatisierte Prüfungen angesehen werden.

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Prüfung wird gegebenenfalls gemäß den vertraglichen Vereinbarungen und Absprachen die Prüfung 2 durchgeführt. In Prüfung 2 werden untersuchten Elemente in den IFC-Modellen auf das Vorhandensein der erforderlichen Merkmale und Eigenschaften gemäß ASI-Standard geprüft, unabhängig von den dafür vorgeschriebenen Eigenschaftensätzen. Die Richtigkeit der eingetragenen Werte gemäß ASI-Standard spielt bei dieser Prüfung ebenfalls keine Rolle. Es wird ausschließlich überprüft, ob das Modell die benötigten Eigenschaften für einen bestimmten BIM-Anwendungsfall gemäß dem ASI-Standard aufweist, unabhängig von den dafür vorgesehenen Eigenschaftensätzen bzw. Eintrag.

Dabei werden bestandenen Ergebnissen aus Prüfung 1 bestätigt und nicht bestandenen Ergebnissen um Informationen erweitert, ob diese in einem anderen Bereich des Modells

vorhanden sind. Die aus **Prüfung 2** resultierenden Prüfergebnisse werden in drei Hauptkategorien klassifiziert:

- Norm-Konform:
 - Bestanden = übereinstimmt mit ASI-Standard (bestätigt Prüfung 1)
- Vorhanden, aber nicht Norm-Konform:
 - Bestanden = erforderliche Merkmale sind vorhanden, aber falsch verortet.
- Nicht vorhanden:
 - Fehlgeschlagen = erforderliche Merkmale sind gar nicht vorhanden

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Prüfung wird gegebenenfalls gemäß den vertraglichen Vereinbarungen und Absprachen auch die dritte Prüfung durchgeführt. In Prüfung 3 werden die untersuchten Elemente der IFC-Modelle unabhängig von den dafür im ASI-Standard vorgeschriebenen Eigenschaften und Eigenschaftssätzen auf das Vorhandensein der erlaubten String-Werte geprüft. Die Richtigkeit der eingetragenen Werte gemäß des ASI-Standards spielt bei dieser Prüfung eine sehr wichtige Rolle. Es wird ausschließlich geprüft, ob die richtigen bzw. erlaubten String-Werte laut ASI für einen festgelegten BIM-Anwendungsfall im Modell vorhanden sind. Demzufolge werden nur Merkmale bzw. Eigenschaften mit String-Werten geprüft, für die standardisierte Optionensets von ASI festgelegt wurden, wie in Tabelle 7 aufgelistet.

Dabei werden bestandenem Ergebnissen nur für standardisierte String-Werte aus Prüfung 1 ebenfalls bestätigt, während bei nicht bestandenem Ergebnissen Informationen hinzugefügt werden, ob diese in einem anderen Ort im Modell vorhanden sind. Die Prüfergebnisse aus **Prüfung 3** werden ebenfalls in drei Hauptkategorien klassifiziert.

- Norm-Konform:
 - Bestanden = übereinstimmt mit ASI-Standard (bestätigt Prüfung 1)
- Vorhanden, aber nicht Norm-Konform:
 - Bestanden = erlaubte String-Werte sind vorhanden, aber falsch verortet
- Nicht vorhanden:
 - Fehlgeschlagen = erlaubte String-Werte sind gar nicht vorhanden

Basierend auf den Ergebnissen dieser beiden Prüfungen kann eine BCF-Datei erstellt werden, um die Fehlerergebnisse dem Auftraggeber digital zu kommunizieren. Es wäre jedoch aussagekräftiger, eine umfassende BCF-Datei für alle drei Prüfungen zu erstellen, da die

Prüfungen 2 und 3 idealerweise auf die Prüfung 1 folgen sollten. Diese BCF-Datei soll folgende Informationen enthalten:

- Nicht vorhanden:
 - Elemente mit fehlenden Eigenschaftensätze
 - Elemente, die richtige Eigenschaftensätze mit fehlenden Eigenschaften haben
- Vorhanden, aber nicht Norm-Konform:
 - Elemente mit richtigen Eigenschaften in richtigen Eigenschaftensätzen, aber mit falschen bzw. fehlenden Werteinträge
 - Elemente, die richtige Eigenschaften beinhalten, die in falschen Eigenschaftensätze verortet sind
 - Elemente, die richtige String-Werte aber in falschen Eigenschaften bzw. Eigenschaftensätze verortet sind

Durch diese beiden zusätzlichen Prüfungen werden der BCF-Datei neue Informationen hinzugefügt, die dem Auftraggeber helfen, das Problem zu beheben. Diese Erweiterung ermöglicht es, laut ASI-Standard richtig definierte Eigenschaften und Werte zu identifizieren, die jedoch im IFC-Modell falsch abgebildet wurden. Dadurch wird die Behebung dieser Fehler erheblich erleichtert.

7.1.2.3. Behebung der Fehler

Je nachdem, ob nur Prüfung 1 oder auch die Prüfungen 2 und 3 zur Erweiterung durchgeführt wurden, müssen die in der BCF-Datei aufgeführten Probleme vor weitere Anwendung des Modells (z.B. Auswertung in der AVA-Software) behoben werden. In der Regel ist der Modellersteller (AG) für diese Fehlerkorrekturen verantwortlich. Je nach vertraglicher Vereinbarung, Abstimmungen oder Projektspezifikation können diese Fehlerkorrekturen jedoch auch vom Auftragnehmer übernommen werden. Wie in Abbildung 34 dargestellt, ist das Ziel von Quality Gate 1, dass die IFC-Modelle die Prüfung 1 bestehen und somit den grün markierten Pfad einschlagen. Dieser Überprüfungsprozess wird so lange fortgesetzt, bis alle erforderlichen Informationsanforderungen erfüllt sind. Es ist wichtig festzuhalten, dass in dieser Arbeit ausschließlich die für BIM-Ausschreibungen benötigten Informationen berücksichtigt wurden. Zudem muss die Qualität der geometrischen Anforderungen und Abhängigkeiten ebenfalls sichergestellt werden. Dadurch wird gewährleistet, dass die aus dem Modell abgeleiteten Mengen (Qto's) korrekt sind. Wie bereits im Forschungsrahmen in Kapitel 2.1.2. beschrieben wurde, fällt dieser Punkt jedoch außerhalb des Umfangs dieser Arbeit und wird daher als möglicher Bereich für zukünftige Forschung betrachtet.

7.1.3. Voraussetzung der Implementierung des Prüfungsworkflows

Wie zu Beginn beschrieben, ist der für den Quality Gate 1 entwickelte Prüfungsworkflow auf verschiedene BIM-Anwendungsfälle bezüglich benötigter Informationen anwendbar. Um diesen Workflow umzusetzen, müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen im Prozess erfüllt sein:

- Es ist notwendig, im Vorfeld die gewünschten BIM-Anwendungsfälle (Use-Cases) für den Prozess zu definieren, um daraufhin das Prüfungsziel und die erforderlichen Informationen festzulegen.
- Ein BIM-Standard, beispielsweise der IFC- oder ASI-Standard, der die Standardisierung und Vereinheitlichung der Informationen von BIM-Elementen definiert, sollte festgelegt werden.
- Da sich diese Prüfungen auf die nativen BIM-Elemente beziehen, sollten die zu untersuchenden BIM-Elemente im Modell klar voneinander zu unterscheiden sein. Dies wird durch die Berücksichtigung der entsprechenden IFC-Entities, wie zum Beispiel IfcWall, IfcColumn, IfcSlab, usw., erreicht.

In dieser Diplomarbeit wurde den Anwendungsfall BIM-basierte Ausschreibung fixiert. Dieser Prüfungsworkflow wird die Modelle auf den dafür erforderlichen Informationen und Merkmale in Bezug auf dem ASI-Standard prüfen. Die erforderlichen Informationen und Merkmale für den ausgewählten Anwendungsfall wurden bereits in den Kapiteln 5 und 6 analysiert und werden im folgenden Kapitel für die BIM-basierten Prüfungen des Quality Gate 1 bereitgestellt.

7.2. Bereitstellung der Merkmale

Die für den Anwendungsfall BIM-basierte Ausschreibung erforderlichen Informationen und Merkmale wurden bereits in den Kapiteln 5 und 6 analysiert. Die neuen ASI-Merkmalslisten dienen in erster Linie als Grundlage für die zu erstellenden Prüfregeln in Prüfsoftware. Auf der Grundlage der durchgeführten Analysen des ASI-Merkmalservers und der LG07 der LB-HB-Struktur wurden die neuen ASI-Merkmalslisten pro Element für die zu erstellenden Prüfregeln bereitgestellt. Dabei wurden folgende Erkenntnisse aus den durchgeführten Analysen berücksichtigt:

- Da das Merkmal "IFC-Entity" in allen BIM-fähigen Software standardisiert als "IfcWall", "IfcColumn", "IfcSlab" usw. ablesbar sein soll, wurde es nicht als

Verbesserungspotenzial aufgeführt. Jedoch sind bei der Modellierung die geometrischen Klassifizierungen zwischen den verschiedenen Bauelementen zu beachten. Deshalb ist es wichtig, den korrekten IFC-Elementen zu verwenden. Es ist besonders wichtig festzulegen, ob ein Element beispielsweise als Wand (IfcWall) oder als Stütze (IfcColumn) modelliert werden soll. Die Interpretation der geometrischen Klassifizierung der BIM-Elemente nach den Anforderungen der LB-HB und der Werkvertragsnormen stellt eine große Herausforderung dar. Die BIM-Elemente nach diesen Anforderungen zu klassifizieren ist ohne aufwändige Workarounds nicht möglich. Hier bietet sich die Möglichkeit die Ausschreibung, wie im Kapitel 4 beschrieben, elementbasiert nach tatsächlich ausgeführten Mengen zu bilden, wo jeder Elementtyp eigenständig ausgeschrieben wird. Das muss aber gesondert bzw. vertraglich vereinbart sein. Bei dieser Möglichkeit genügt die Klassifizierung der Bauelemente in den nativen BIM-Elementen bzw. IFC-Entities. Dafür sind auch bestimmte Klassifizierungsregeln erforderlich.¹⁴⁸ Da der Fokus dieser Arbeit auf die notwendigen Informationen der BIM-Elemente beschränkt war, werden diese Klassifizierungsregeln der Geometrie im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht und für zukünftige Entwicklungen offengelassen.

In den untersuchten Fallstudien wird davon ausgegangen, dass diese geometrischen Klassifizierungen bereits im Vorfeld berücksichtigt wurden. In der generierten Prüfung wird jedoch durch die definierte Eigenschaft „IFC-Entity/Bauelement“ sichergestellt, dass das IFC-Entity für alle untersuchten BIM-Elemente lesbar ist.

Wie in Kapitel 8.2.6 beschrieben, wurde in Fallstudie 6 festgestellt, dass alle Elemente im Modell mit allgemeinen Modellelementen „IfcBuildingElementProxy“ modelliert wurden und somit die entwickelten Prüfungen in dieser Fallstudie nur sehr schwer durchführbar sind, da die Klassifizierung der Modellelemente in IFC-Elemente nicht erfolgen konnte.

- Das Merkmal „Baustoff/Gewerk“ könnte zwar aus dem IfcMaterial übernommen werden, jedoch der eingegebene Wert kann jeden beliebigen Inhalt haben. Aus diesem Grund wurde dieses Merkmal als verbesserungswürdig angesehen. Eine mögliche Standardisierung der eingetragenen Werte könnte durch einen String-Type-Parameter mit standardisierten Optionssätzen der verschiedenen Leistungsgruppen der LB-HB definiert werden. Da dieses Merkmal für die Erkennung der jeweiligen Leistungsgruppe

¹⁴⁸ Dibon, T., 2022. *BIM-kompatible Ausschreibung und Abrechnung von Bau- und Gebäudetechnikeleistungen* [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. *repositUM*. <https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450>

wichtig ist, wurde bei der im Kapitel 8 durchgeführten Prüfung pro Fallstudie nach möglichen Werteinträgen für die LG07 - Beton- und Stahlbeton wie z.B. (*Beton*, *Stahlbeton*, *stb*, *C20/25*, *XC1*, ...) gesucht. Die gefundenen Elemente mit diesen Werteinträge wurden dann einer Reihe von Auswertungen in der Prüfsoftware unterzogen, um die Suchwerte und -bereiche für jede Fallstudie zu optimieren. Nur die aus diesem Vorgang gefilterte Elemente wurden durch die entwickelte Prüfung untersucht. Dieser Vorgang kann jedoch wesentlich vereinfacht werden, wenn dafür ein Parameter mit standardisierten Optionssätzen definiert wird. So wird z.B. bei Beton- und Stahlbetonbauteilen nur nach „Beton- und Stahlbetonarbeiten“ gesucht.

- Wie in den Tabellen 8, 9 und 10 aufgelistet, wurden für die zu erstellende Prüfung pro Element die Eigenschaftensätze „Pset_ConcreteElementGeneral“, „AsiP_ConcreteElementSpecific“, „Pset_*Common“, „AsiP_*Specific“ und „Qto_*BaseQuantities“ mit deren darin befindlichen Eigenschaften festgelegt. Für Jede Eigenschaft wurde der entsprechende Datentyp aufgeführt.
- Ein zusätzlicher Eigenschaftensatz „AsiQ_ColumnSpecificQuantities“ wurde von ASI für die Stützelementen definiert. Dieser Eigenschaftensatz besteht aus drei Eigenschaften: „Breite Profil“, „Tiefe Profil“ und „Durchmesser“. Diese Merkmale sind sehr typspezifisch und hängen sehr stark von der Form bzw. Querschnittsform der Stützen ab. Aus diesem Grund konnten diese Merkmale nicht als ein Bestandteil der erzeugten Prüfung betrachtet werden können. Diese Merkmale können zum Beispiel durch eine darauffolgende Prüfung für runde bzw. rechteckige Stützen geprüft werden.
- Eigenschaften mit dem Datentyp Float, die automatisch durch die BIM-Autorensoftware berechnet werden, basieren auf einer internen Softwareberechnung. Jede BIM-Software hat ihre eigene Berechnungsmethode, die vom Softwarehersteller festgelegt wird. Beispiele für diese Eigenschaften sind der U-Wert und die Basismengen (Qto's), die ohne spezielle Einstellungen vom User aus den BIM-Autorensoftware ausgerechnet werden. Das Vorhandensein dieser Eigenschaften wurde vom Normungsinstitut (ASI) als Voraussetzung festgelegt, jedoch ist die Art und Weise, wie diese Werte aus der BIM-Software berechnet werden, eine reine Softwareangelegenheit, die vom Normungsinstitut nicht bestimmt werden kann. Daher wurden alle Eigenschaften mit Float darunter alle Qto's nur auf ihr Vorhandensein geprüft und nicht auf die Richtigkeit des darin befindlichen Wertes.

Basierend auf diesen Erkenntnissen, wurden die neuen ASI-Merkmale für die Wand-, Stützen- und Deckenelemente, wie folgt, gruppiert und für die zu erzeugende Qualitätsprüfung bereitgestellt.

Tabelle 8: Bereitstellung der Wandmerkmallisten für die Prüfung¹⁴⁹

Wandelemente

Erforderliche Merkmale			
Ebene	Eigenschaftensatz	Datentyp	Eigenschaft
1		String	Baustoff/Gewerk
2		String	Bauelement_IFC
3	Pset_WallCommon	Boolean	Außenbauteil
		String	Bauteiltyp
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil
		String	Brandverhalten
		Boolean	Brennbares Material
		String	Feuerwiderstandsklasse
		Boolean	Raumhohe Wand
		String	Schallschutzklasse
		String	Status
		Boolean	Tragendes Bauteil
	Float	U-Wert	
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung
		String	Baustahlfestigkeit
		String	Betonfestigkeitsklasse
		Float	Bewehrungsgrad Volumen
		String	Expositionsklasse
	Qto_WallBaseQuantaties	Float	Bruttofläche
		Float	Bruttogrundfläche
		Float	Bruttovolumen
		Float	Dicke
		Float	Höhe
		Float	Länge
		Float	Nettofläche
		Float	Nettogrundfläche
	AsiP_WallSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung
		Boolean	Erdberührendes Element
		String	Typ Sonderelement
	AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung
		Boolean	Sichtbeton
		Ratio	Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung
String		Betonkurzbezeichnung	

¹⁴⁹ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 9: Bereitstellung der Stützenmerkmalliste für die Prüfung¹⁵⁰

Stützelemente

Erforderliche Merkmale			
Ebene	Eigenschaftensatz	Datentyp	Eigenschaft
1		String	Baustoff/Gewerk
2		String	Bauelement_IFC
3	Pset_ColumnCommon	Boolean	Außenbauteil
		String	Bauteiltyp
		Boolean	Feuerwiderstandsklasse
		String	Status
		Boolean	Tragendes Bauteil
		Float	Neigungswinkel
		Float	U-Wert
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung
		String	Baustahlfestigkeit
		String	Betonfestigkeitsklasse
		Float	Bewehrungsgrad Volumen
		String	Expositionsklasse
	Qto_ColumnBaseQuantaties	Float	Bruttovolumen
		Float	Gesamtoberfläche
		Float	Länge
		Float	Mantelfläche
		Float	Nettoberfläche
		Float	Nettovolumen
		Float	Querschnittsfläche
	AsiP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung
		Boolean	Erdberührendes Element
String		Typ Sonderelement	
AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung	
	Boolean	Sichtbeton	
	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung	
	String	Betonkurzbezeichnung	

¹⁵⁰ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 10: Bereitstellung der Deckenmerkmaliste für die Prüfung¹⁵¹

Deckenelemente

Erforderliche Merkmale			
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft
1		String	Baustoff/Gewerk
2		String	Bauelement_IFC
3	Pset_SlabCommon	Boolean	Außenbauteil
		String	Bauteiltyp
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil
		String	Brandverhalten
		Boolean	Brennbares Material
		Float	Dachflächenneigung
		String	Feuerwiderstandsklasse
		String	Schallschutzklasse
		String	Status
		Boolean	Tragendes Bauteil
	Float	U-Wert	
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung
		String	Baustahlfestigkeit
		String	Betonfestigkeitsklasse
		Float	Bewehrungsgrad Volumen
		String	Expositionsklasse
	Qto_SlabBaseQuantities	Float	Breite
		Float	Bruttofläche
		Float	Bruttovolumen
		Float	Dicke
		Float	Länge
		Float	Nettofläche
		Float	Nettovolumen
		Float	Umfang
	AsiP_SlabSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung
		Boolean	Erdberührendes Element
		Boolean	Oberseite geneigt
		Boolean	Unterseite geneigt
		String	Typ Sonderelement
	AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung
Boolean		Sichtbeton	
Boolean		Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung	
String		Betonkurzbezeichnung	

¹⁵¹ Eigene Darstellung, 2023

7.3. Implementierung in Prüfungssoftware

7.3.1. Solibri als Prüfungssoftware

Die Softwarelösung "Solibri" wird von SOLIBRI INC. entwickelt und vertrieben, einer Tochtergesellschaft der Nemetschek-Gruppe. Die leistungsstarke Open BIM-Prüfungssoftware Solibri wurde speziell für die Überprüfung und Validierung von Modellen konzipiert. Diese Anwendung ermöglicht es Architekten, Ingenieuren und Baufachleuten, BIM-Modelle effizient zu überprüfen und potenzielle Konstruktionsfehler, Abweichungen oder Probleme frühzeitig zu erkennen. Solibri bietet eine umfangreiche Palette an Werkzeugen zur automatisierten Prüfung von BIM-Modellen, darunter Kollisionsprüfungen, Regel-basierte Prüfungen und Modellvergleiche. Dadurch können potenzielle Planungsfehler oder Designmängel schnell identifiziert und behoben werden, noch bevor das Projekt in die Bauphase übergeht. Solibri unterstützt vorwiegend IFC-Formate, da es auf dem Open-BIM-Konzept basiert. Formate für BIM-Autorensoftware wie beispielsweise Revit (rvt.) oder ArchiCAD (pln.) werden von Solibri nicht unterstützt. Neben dem nativen Format eines Solibri-Projekts (smc.) und dem IFC-Format unterstützt Solibri auch die Formate BCF, PDF und XLS.

7.3.2. Mögliche Werteintragungen bei String-Werte

Merkmale bzw. Eigenschaften, die Stringwerte erfordern, können mehrere Eingabeformen haben. Dies kann von Bürostandards, Praxiserfahrungen oder auch nicht standardisierten Einträgen abhängen. Für die weitere Verwendung in dieser Diplomarbeit wurde eine Liste der am häufigsten vorkommenden Eingabeformen zur Verfügung gestellt. Wie in der *Tabelle 11* abgebildet, sind beispielhaft die am häufigsten vorkommenden Einträge für die Betonfestigkeitsklasse C25/30 aufgelistet. Die in Solibri zu verwendenden wildcards sind ebenfalls für jeden Wert entsprechend aufgelistet. Diese möglichen Eingaben können um weitere vorkommende Eingaben erweitert werden.

Tabelle 11: Mögliche vorkommende Werteinträge aus der Praxis ¹⁵²

	Betonfestigkeitsklasse						
	Standard LB-HB/Norm	Mögliche vorkommende Werteinträge aus der Praxis					
	C25/30	C25_30	C 25/30	C_25_/30	C_25/30	C25_/30	C25/30
	C_25/30	C 25 / 30	...	C25 / 30	...
Suchfunktion in Solibri (Wildcards)	*C25/30*	*C25?30*	*C?25?30*	*C?25???30*	*C?25/30*	*C25???30*	*C25??30*

 Erweiterbar

Bei den Prüfungen, die in dieser Diplomarbeit erzeugt und durchgeführt wurden, werden ausschließlich die standardisierten Werte geprüft, die dem ASI-Standard entsprechen. Andere Eintragsformen werden in der Praxis nur projektspezifisch eingesetzt, falls benötigt.

7.3.3. Voraussetzungen der Implementierung des Workflows in Solibri

Da bei jeder Software spezifische Bedingungen beachtet werden müssen, wurden für die in dieser Diplomarbeit durchgeführten Prüfungen folgende Voraussetzungen definiert:

- Solibri ist eine offene Open BIM-Modell Prüfungssoftware, mit der der Datenaustausch zwischen verschiedenen BIM-Softwarepaketen gewährleistet werden kann. Aus diesem Grund werden für die Prüfung in Solibri ausschließlich IFC-Modelle vorausgesetzt.
- Da die Prüfregeln von Solibri weitgehend auf Filterfunktionen basieren, ergeben sich für die Umsetzung dieses Workflows folgende Anforderungen:
 - Die Informationen innerhalb der IFC-Modelle müssen verständlich sein bzw. eine gewisse Struktur aufweisen, die es ermöglicht, Elemente nach bestimmten Informationen zu filtern und zu suchen.
 - Die BIM-Elemente im IFC-Modell müssen die entsprechenden IFC-Klassen (IfcWal, IfcColumn, IfcBeam, usw.) aufweisen. Damit können die nativen Filterfunktionen von Solibri genutzt werden. Ansonsten werden projektspezifisch Workarounds bzw. Lösungen entwickelt, die sehr spezifisch und zeitaufwendig sind. Beispielsweise wäre eine Lösung, im gesamten Modell nach den einzelnen Elementen zu filtern/suchen, wo z.B. nach solchen Werten (*Wand*, *Wall*,

¹⁵² Eigene Darstellung, 2023

Stütze, *Stz.* , ...) in Namen bzw. Typnamen gesucht wird, was sehr spezifisch, zeitaufwendig und vor allem auch sehr fehleranfällig ist.

7.3.4. Gliederung der Prüfregele/Prüfberichte

Für die Nachvollziehbarkeit der Qualitätsaussagen der geprüften Fallstudien war eine plausible Gliederung der Prüfregele sowie der Prüfergebnisse und Prüfberichte erforderlich. Die Art und Weise, wie die Prüfregele strukturiert sind, beeinflusst somit den Aufbau und die Gliederung der Prüfberichte. Daher empfiehlt es sich sehr, die Prüfregele nach einem klaren Konzept zu gliedern. Da diese Diplomarbeit den Anwendungsfall der BIM-basierten Ausschreibung und das LB-HB als Standard für öffentliche und standardisierte Ausschreibungen gilt, wurde die Gliederung der LB-HB Struktur als Grundlage für den Aufbau und die Gliederung der Prüfregele verwendet.

Wie bereits in Kapitel 4 und 6 ausführlich beschrieben, sind die Leistungsbeschreibungen in der LB-HB-Struktur nach Baustoffen und Gewerken innerhalb von Leistungsgruppen (LG) gegliedert. Diese Leistungsgruppen sind wiederum nach Bauelementen wie beispielsweise Wänden, Stützen oder Decken in Unterleistungsgruppen (ULG) unterteilt. Die Unterleistungsgruppen umfassen Vorbemerkungen, welche eine Gruppe von Leistungspositionen beschreiben. Die einzelnen Positionen werden anschließend durch Positionstexte detailliert beschrieben. Dabei sind in den Vorbemerkungen sowie in den Positionstexten die wesentlichen Elementmerkmale wie z. Bauteildicke, Bauteilhöhe und Betonklasse enthalten.

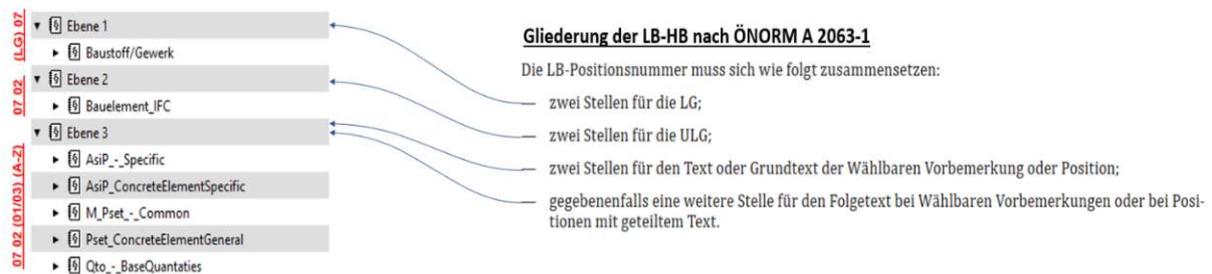


Abbildung 35: Gliederung der Prüfregele nach LB-HB-Gliederung¹⁵³

¹⁵³ Eigene Darstellung, 2023

In Anlehnung an die Gliederung der LB-HB werden die Prüfredsätze in drei Ebenen eingeteilt. Ebene 1 entspricht den Leistungsgruppen (Baustoffe und Gewerke). Ebene 2 entspricht den Unterleistungsgruppen (Baulemente). Ebene 3 entspricht den Vorbemerkungen und den zugehörigen Positionstexten. Wie in Abbildung 35 zu sehen ist, sind die meisten erforderlichen Eigenschaften in den zugehörigen Eigenschaftssätzen (Psets) auf Ebene 3 zu finden, wobei jede Eigenschaft, wie in Abbildung 36 veranschaulicht, in drei Prüfredeln entsprechend der zu prüfenden Elemente unterteilt ist. Wie im Forschungsrahmen in Kapitel 2.1.2 erwähnt, wurde diese Arbeit auf die Leistungsgruppe 07 und die drei Haupttragelemente (Wände, Stützen und Decken) beschränkt.

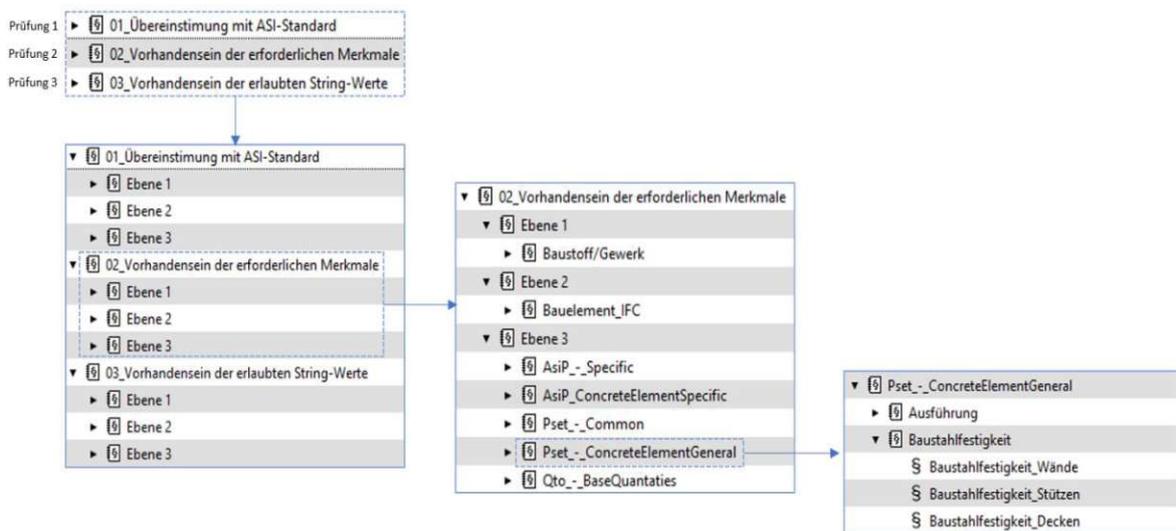


Abbildung 36: Aufbau der Prüfredeln in Solibri ¹⁵⁴

In diesem Kapitel wurden die entwickelten Prüfungen mit ihren Prüfsätzen und Regeln durch den entwickelten Workflow auf sechs Fallbeispiele angewendet, um eine Aussage über die Qualität der erforderlichen Informationen gemäß dem ASI-Merkmalserver und für BIM-basierte Ausschreibungen zu treffen. Darüber hinaus werden basierend darauf Optimierungsmöglichkeiten und Empfehlungen für die Bauindustrie definiert.

¹⁵⁴ Eigene Darstellung, 2023

8. Implementierung auf Fallstudien & Qualitätsaussagen

8.1. Klassifizierung der Prüfergebnisse

Basierend auf dem entwickelten BMC-Prüfungsworkflow für Quality Gate 1 sowie der Aufbau- und Gliederung der Prüfregele wurden die drei festgelegten Elemente (Wand, Decke und Stütze) der LG07 auf die für eine BIM-basierte Ausschreibung notwendigen Informationen bei allen Fallstudien überprüft. Alle Prüfergebnisse lagen beim 80-100% bzw. 0-30%. Daher wurde ein Richtwert festgelegt, dass Ergebnisse bei 80-100% als vorhanden und die bei 0-30% als nicht vorhanden interpretiert werden. Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse der drei durchgeführten Prüfungen als Schlussfolgerung in drei Hauptkategorien eingeteilt:

- **Norm-Konform:** Die Informationen sind vorhanden und entsprechen dem ASI-Standard. Das bedeutet, die Eigenschaft hat gemäß dem ASI-Standard den richtigen Namen (IFC- oder ASI-Property), ist im richtigen Eigenschaftensatz (IFC- oder ASI-Propertyset) und enthält den richtigen Eigenschaftswert.
- **Nicht Norm-Konform:** Die Informationen sind vorhanden aber entsprechen nicht dem ASI-Standard. Das könnte einer der folgenden Möglichkeiten bedeuten:
 - die Eigenschaft ist mit dem richtigen Namen im Modell vorhanden, aber falsch verortet (nicht im richtigen Eigenschaftensatz)
 - oder die Eigenschaft ist mit dem richtigen Namen und im richtigen Eigenschaftensatz vorhanden aber mit einem falschen Wert bzw. gar nicht befüllt.
 - oder der erlaubte Wert von einer bestimmten Eigenschaft ist irgendwo im Modell vorhanden aber ebenfalls falsch verortet (z.B. der Wert für Betonklasse „C20/25“ wurde bei Typ-Namen gefunden)
- **Nicht vorhanden:** Die erforderlichen Informationen wurden nirgendwo im Modell gefunden.

 Normkonform  nicht Normkonform  bestätigt Prüfung |  nicht vorhanden

Abbildung 37: Legende für die Klassifizierung der Prüfergebnisse ¹⁵⁵

¹⁵⁵ Eigene Darstellung, 2023

Wie in Abbildung 37 abgebildet, wurde im Rahmen der elementbasierten Umsetzung des BMC-Workflows von Quality Gate 1 auf den sechs Fallstudien eine Legende entwickelt, um die Ergebnisse der Prüfung und die damit einhergehenden Schlussfolgerungen verständlich zu halten.

8.2. Implementierung auf Fallstudien

8.2.1. Fallstudie 1

8.2.1.1. Wandelemente

Wie in Tabelle 12 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Wandelemente in Fallstudie 1 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich in den Psets „Pset_WallCommon“ und „Pset_ConcreteElementGeneral“.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich am meisten in den Psets "Qto_WallBaseQuantaties" und "AsiP_WallSpecific" und liegen alle in der Verantwortung der Disziplin Architektur.

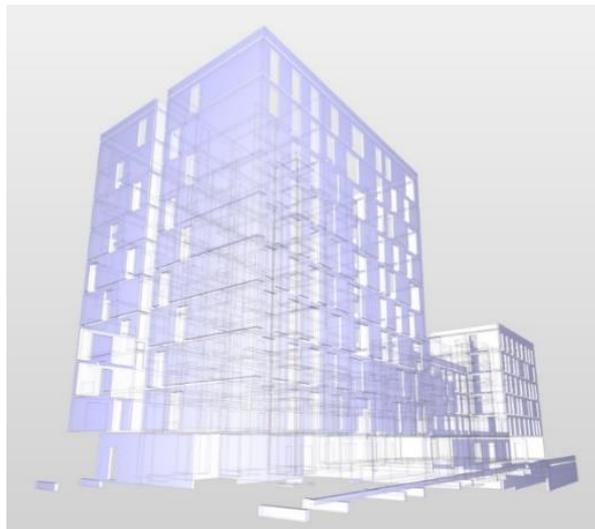


Abbildung 38: Wandelemente in Fallstudie 1 ¹⁵⁶

¹⁵⁶ Eigene Darstellung, 2023

- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei das Pset „AsiP_ConcreteElementGeneral“ komplett fehlt. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.

Tabelle 12: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 1 ¹⁵⁷

Wandelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung			
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Nrom-konform	nicht vorhanden	
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓		
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓			
3	Pset_WallCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓			
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓			
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil	✓	✓		✓			
		String	Brandverhalten		✓			✓		
		Boolean	Brennbares Material						X	
		String	Feuerwiderstandsklasse						X	
		Boolean	Raumhohe Wand	✓	✓		✓			
		String	Schallschutzklasse						X	
		String	Status						X	
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓			
	Pset_ConcreteElementGeneral	Float	U-Wert							X
		String	Ausführung		✓				✓	
		String	Baustahlfestigkeit							X
		String	Betonfestigkeitsklasse	✓	✓	✓	✓			
		String	Bewehrungsgrad Volumen							X
	Qto_WallBaseQuantaties	String	Expositionsklasse	✓	✓	✓	✓			
		Float	Bruttofläche		✓				✓	
		Float	Bruttogrundfläche		✓				✓	
		Float	Bruttovolumen							X
		Float	Dicke		✓				✓	
		Float	Höhe		✓				✓	
		Float	Länge		✓				✓	
		Float	Nettofläche		✓				✓	
	AsiP_WallSpecific	Float	Nettogrundfläche							X
		Float	Nettovolumen		✓				✓	
		String	Bauteilkurzbezeichnung							X
	AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Erdbührendes Element		✓				✓	
		String	Typ Sonderelement		✓				✓	
Boolean		Bauteilaktivierung							X	
Boolean		Sichtbeton							X	
AsiP_ConcreteElementSpecific	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung							X	
	String	Betonkurzbezeichnung							X	

8.2.1.2. Stützelemente

Wie in Tabelle 13 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Stützelemente in Fallstudie 1 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich in den Psets „Pset_ColumnCommon“ und „Pset_ConcreteElementGeneral“.
- Die meisten Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich im Pset "Qto_ColumnBaseQuantaties" und liegen in der Verantwortung der Disziplin Architektur.

¹⁵⁷ Eigene Darstellung, 2023

- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind über alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP-ColumnSpecific“ und „AsiP_ConcreteElementSpecific“ vollständig fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.

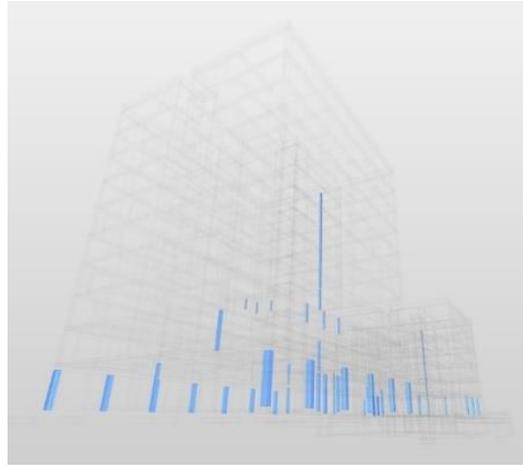


Abbildung 39: Stützelemente in Fallstudie 1 ¹⁵⁸

Tabelle 13: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 1 ¹⁵⁹

Stützelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung			
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden	
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓		
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓			
3	Pset_ColumnCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓			
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓			
		String	Feuerwiderstandsklasse						X	
		String	Status						X	
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓			
		Float	Neigungswinkel						X	
		Float	U-Wert						X	
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung		✓			✓		
		String	Baustahlfestigkeit						X	
		String	Betonfestigkeitsklasse	✓	✓	✓	✓			
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X	
	Qto_ColumnBaseQuantaties	String	Expositionsklasse	✓	✓	✓	✓			
		Float	Bruttovolumen		✓			✓		
		Float	Gesamtoberfläche						X	
		Float	Länge		✓			✓		
		Float	Mantelfläche						X	
		Float	Nettoberfläche						X	
		Float	Nettovolumen						X	
		Float	Querschnittsfläche						X	
		AsiP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
			Boolean	Erdberührendes Element						X
String	Typ Sonderelement							X		
AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Bauteilaktivierung						X		
	Boolean	Sichtbeton						X		
	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung						X		
	String	Betonkurzbezeichnung						X		

¹⁵⁸ Eigene Darstellung, 2023

¹⁵⁹ Eigene Darstellung, 2023

8.2.1.3. Deckenelemente

Wie in Tabelle 14 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Deckenelemente in Fallstudie 1 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Im Pset „Pset_SlabCommon“ befinden sich die meisten normkonform definierten Eigenschaften.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt und betreffen fast alle in Tabelle 6 aufgeführten Disziplinen.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei das Pset „AsiP_ConcreteElementSpecific“ komplett fehlt. Fast alle in der Tabelle 6 aufgeführten Disziplinen sind von diesen Mängeln betroffen.

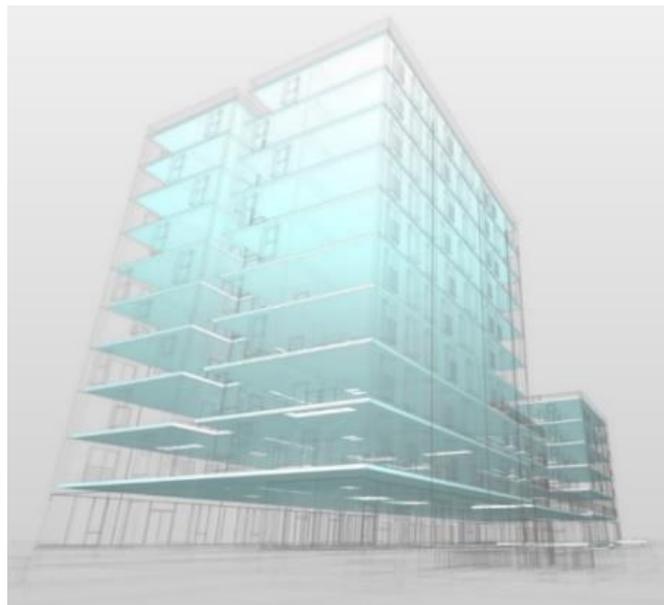


Abbildung 40: Deckenelemente in Fallstudie 1 ¹⁶⁰

¹⁶⁰ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 14: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 1 ¹⁶¹

Deckenelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_SlabCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten		✓			✓	
		Boolean	Brennbares Material						X
		Float	Dachflächenneigung						X
		String	Feuerwiderstandsklasse		✓			✓	
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	U-Wert						X
		Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung		✓			✓
	String		Baustahlfestigkeit						X
	String		Betonfestigkeitsklasse	✓	✓	✓	✓		
	Float		Bewehrungsgrad Volumen						X
	String		Expositionsklasse		✓	✓		✓	
	Qto_SlabBaseQuantaties	Float	Breite		✓			✓	
		Float	Bruttofläche		✓			✓	
		Float	Bruttovolumen		✓			✓	
		Float	Dicke		✓			✓	
		Float	Länge						X
		Float	Nettofläche						X
		Float	Nettovolumen		✓			✓	
		Float	Umfang		✓			✓	
	AsiP_SlabSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element		✓			✓	
		Boolean	Oberseite geneigt						X
		Boolean	Unterseite geneigt						X
String		Typ Sonderelement		✓			✓		
AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Boolean	Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung						X	
	String	Betonkurzbezeichnung						X	

8.2.2. Fallstudie 2

8.2.2.1. Wandelemente

Wie in Tabelle 15 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Wandelemente in Fallstudie 2 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich im Psets „Pset_WallCommon“.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich am meisten im Pset "Qto_WallBaseQuantaties" und liegen in der Verantwortung der Disziplin Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind über alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementGeneral“, „AsiP_WallSpecific“ und

¹⁶¹ Eigene Darstellung, 2023

„Pset_ConceretElementGeneral“ komplett fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.

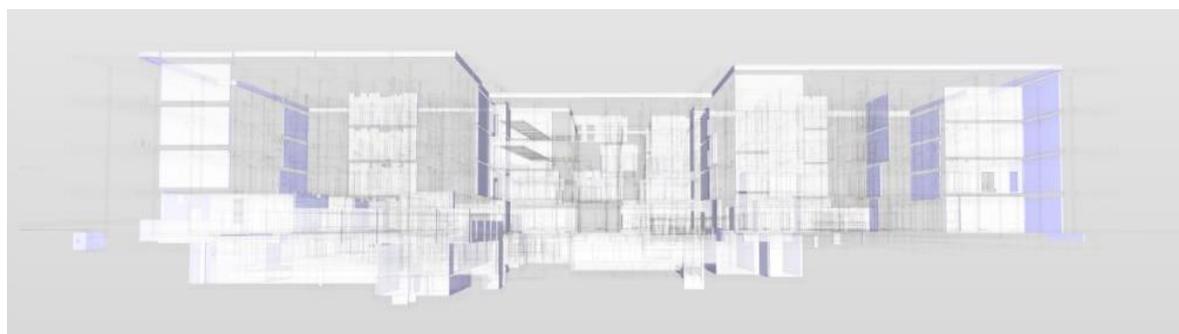


Abbildung 41: Wandelemente in Fallstudie 2 ¹⁶³

Tabelle 15: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 2 ¹⁶²

Wandelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_WallCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten						X
		Boolean	Brennbares Material						X
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		Boolean	Raumhohe Wand	✓	✓		✓		
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	U-Wert	✓	✓		✓		
		Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung					
	String		Baustahlfestigkeit						X
	String		Betonfestigkeitsklasse						X
	Float		Bewehrungsgrad Volumen						X
	String		Expositionsklasse						X
	Qto_WallBaseQuantaties	Float	Bruttofläche		✓			✓	
		Float	Bruttogrundfläche						X
		Float	Bruttovolumen						X
		Float	Dicke		✓			✓	
		Float	Höhe		✓			✓	
		Float	Länge		✓			✓	
		Float	Nettofläche						X
		Float	Nettogrundfläche						X
	AsiP_WallSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdbührendes Element						X
		String	Typ Sonderelement						X
AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung						X	
	String	Betonkurzbezeichnung						X	

¹⁶² Eigene Darstellung, 2023

¹⁶³ Eigene Darstellung, 2023

8.2.2.2. Stützelemente

Wie in Tabelle 16 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Stützelemente in Fallstudie 2 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich im Pset „Pset_ColumnCommon“.
- Nur zwei Eigenschaften „Baustoff/Gewerk“ und „Länge“, die nicht normkonform vorhanden sind, wurden gefunden.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind über alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementGeneral“, „AsiP_ColumnSpecific“ und „Pset_ConceretElementGeneral“ komplett fehlen. Alle aufgeführten Disziplinen in der Tabelle 6 sind von diesen Mängeln betroffen.

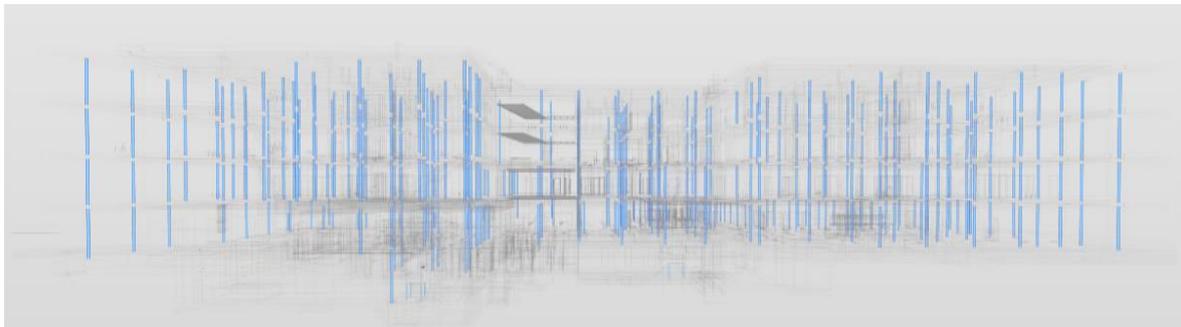


Abbildung 42: Stützelemente in Fallstudie 2 ¹⁶⁴

¹⁶⁴ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 16: : Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 2 ¹⁶⁵

Stützelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_ColumnCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	Neigungswinkel						X
		Float	U-Wert						X
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X
		String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse						X
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
	Qto_ColumnBaseQuantities	Float	Bruttovolumen						X
		Float	Gesamtoberfläche						X
		Float	Länge		✓			✓	
		Float	Mantelfläche						X
		Float	Nettooberfläche						X
		Float	Nettovolumen						X
		Float	Querschnittsfläche						X
	AsiP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
		String	Typ Sonderelement						X
	AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Bauteilaktivierung						X
Boolean		Sichtbeton						X	
Ratio		Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung						X	
String		Betonkurzbezeichnung						X	

8.2.2.3. Deckenelemente

Wie in Tabelle 17 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Deckenelemente in Fallstudie 2 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Im Pset „Pset_SlabCommon“ befinden sich die meisten der normkonform definierten Eigenschaften.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich am meisten in den Pset "Qto_SlabBaseQuantities" und "Pset_ConcereteElementGeneral" und liegen in der Verantwortung der Disziplinen Architektur und Tragwerksplanung.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_SlabSpecific“ und „Pset_ConceretElementGeneral“ komplett fehlen. Diese betreffen ebenfalls fasst alle in Tabelle 6 aufgeführten Disziplinen.

¹⁶⁵ Eigene Darstellung, 2023

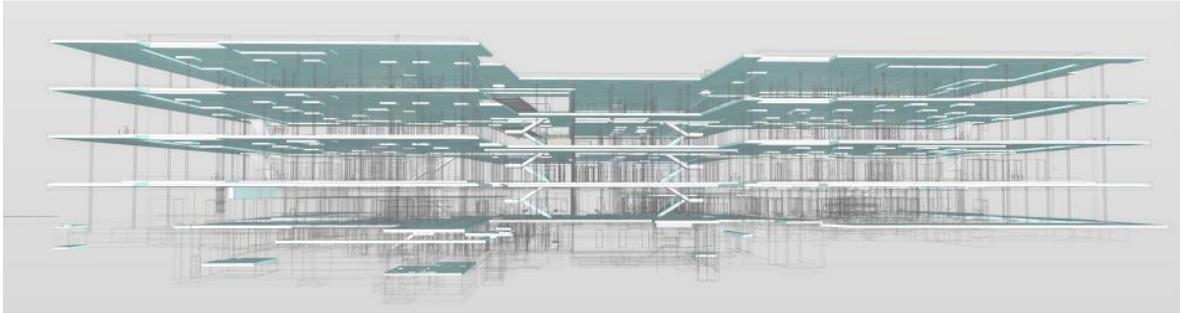


Abbildung 43: Deckenelemente in Fallstudie 2 ¹⁶⁶

Tabelle 17: Prüfergebnisse der Deckenelement in Fallstudie 2 ¹⁶⁷

Deckenelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung			
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden	
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓		
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓			
3	Pset_SlabCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓			
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓			
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil							X
		String	Brandverhalten							X
		Boolean	Brennbares Material							X
		Float	Dachflächenneigung							X
		String	Feuerwiderstandsklasse							X
		String	Schallschutzklasse							X
		String	Status							X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓			
	Float	U-Wert	✓	✓		✓				
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung							X
		String	Baustahlfestigkeit							X
		String	Betonfestigkeitsklasse			✓		✓		
		Float	Bewehrungsgrad Volumen							X
		String	Expositionsklasse				✓		✓	
	Qto_SlabBaseQuantities	Float	Breite							X
		Float	Bruttofläche		✓			✓		
		Float	Bruttovolumen							X
		Float	Dicke		✓			✓		
		Float	Länge							X
		Float	Nettofläche							X
		Float	Nettovolumen							X
	AsiP_SlabSpecific	Float	Umfang		✓			✓		
		String	Bauteilkurzbezeichnung							X
		Boolean	Erdberührendes Element							X
		Boolean	Oberseite geneigt							X
Boolean		Unterseite geneigt							X	
AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Typ Sonderelement							X	
	Boolean	Bauteilaktivierung							X	
	Boolean	Sichtbeton							X	
	Boolean	Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung							X	
	String	Betonkurzbezeichnung							X	

¹⁶⁶ Eigene Darstellung, 2023

¹⁶⁷ Eigene Darstellung, 2023

8.2.3. Fallstudie 3

8.2.3.1. Wandelemente

Wie in Tabelle 18 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Wandelemente in Fallstudie 3 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich in den Psets „Pset_WallCommon“ und "QtoWallBaseQuantaties".
- Nur zwei Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, konnten gefunden werden. Diese sind die „Betonfestigkeitsklasse“ in Verantwortung des Tragwerkplaners und die „Buttofläche“ in Verantwortung der Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementGeneral“, „AsiP_WallSpecific“ komplett fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.



Abbildung 44: Wandelemente in Fallstudie 3 ¹⁶⁸

¹⁶⁸ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 18: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 3 ¹⁶⁹

Wandelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_WallCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten						X
		Boolean	Brennbares Material						X
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		Boolean	Raumhohe Wand	✓	✓		✓		
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
	Float	U-Wert						X	
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X
		String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse			✓		✓	
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
	Qto_WallBaseQuantaties	Float	Bruttofläche		✓			✓	
		Float	Bruttogrundfläche	✓	✓		✓		
		Float	Bruttovolumen						X
		Float	Dicke	✓	✓		✓		
		Float	Höhe	✓	✓		✓		
		Float	Länge	✓	✓		✓		
		Float	Nettofläche	✓	✓		✓		
		Float	Nettogrundfläche						X
	AsiP_WallSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
		String	Typ Sonderelement						X
AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung						X	
	String	Betonkurzbezeichnung						X	

8.2.3.2. Stützelemente

Wie in Tabelle 19 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Stützelemente in Fallstudie 3 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich im Psets „Pset_ColumnCommon“.
- Die meisten Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich im Pset "Qto_ColumnBaseQuantaties" und liegen in der Verantwortung der Disziplin Architektur.

¹⁶⁹ Eigene Darstellung, 2023

- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind über alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP-ColumnSpecific“ und „AsiP_ConcreteElementSpecific“ vollständig fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.

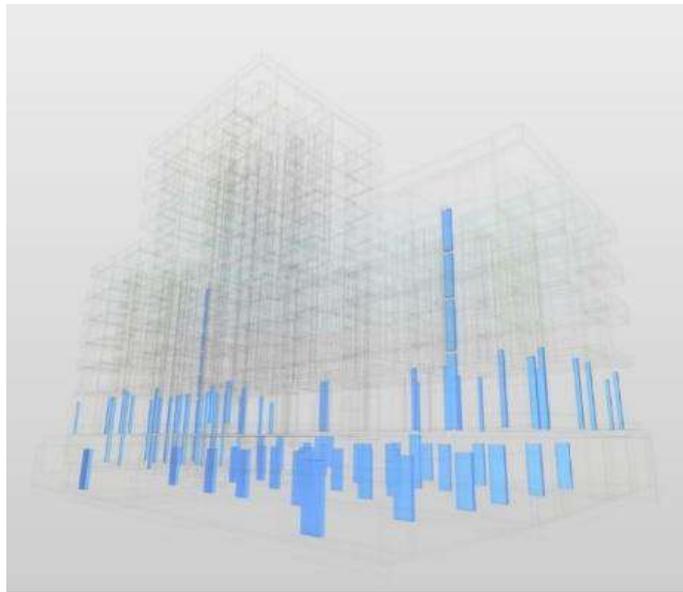


Abbildung 45: Stützelemente in Fallstudie 3¹⁷⁰

¹⁷⁰ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 19: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 3 ¹⁷¹

Stützelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung			
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden	
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓		
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓			
3	Pset_ColumnCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓			
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓			
		String	Feuerwiderstandsklasse						X	
		String	Status						X	
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓			
		Float	Neigungswinkel						X	
		Float	U-Wert						X	
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X	
		String	Baustahlfestigkeit						X	
		String	Betonfestigkeitsklasse			✓		✓		
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X	
	Qto_ColumnBaseQuantities	String	Expositionsklasse						X	
		Float	Bruttovolumen	✓			✓			
		Float	Gesamtoberfläche		✓			✓		
		Float	Länge						X	
		Float	Mantelfläche		✓			✓		
		Float	Nettooberfläche						X	
		Float	Nettovolumen						X	
		Float	Querschnittsfläche						X	
		AsiP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
			Boolean	Erdberührendes Element						X
	String		Typ Sonderelement						X	
	AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Bauteilaktivierung						X	
Boolean		Sichtbeton						X		
Ratio		Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung						X		
String		Betonkurzbezeichnung						X		

8.2.3.3. Deckenelemente

Wie in Tabelle 20 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Deckenelemente in Fallstudie 3 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- In den Psets „Pset_SlabCommon“ und „Qto_SlabBaseQuantities“ befinden sich die meisten normkonform definierten Eigenschaften.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich in den Psets „Pset_ConcreteElementGeneral“ und „Qto_SlabBaseQuantities“ und liegen in der Verantwortung der Architektur und Tragwerksplanung.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP-SlabSpeciic“ und „AsiP_ConcereteElementSpecific“ komplett fehlen. Fast alle in der Tabelle 6 aufgeführten Disziplinen sind von diesen Mangeln betroffen.

¹⁷¹ Eigene Darstellung, 2023

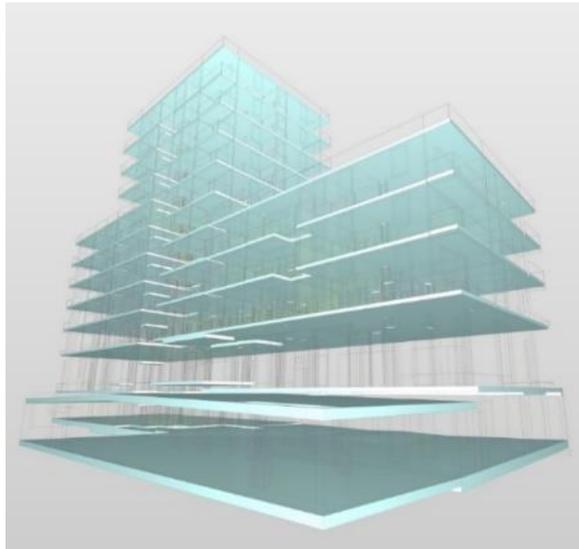


Abbildung 46: Deckenelemente in Fallstudie 3 ¹⁷²

Tabelle 20: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 3

Deckenelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk	✓	✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_SlabCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten						X
		Boolean	Brennbares Material						X
		Float	Dachflächenneigung						X
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	U-Wert						X
		String	Ausführung						X
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse			✓		✓	
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
	Qto_SlabBaseQuantaties	Float	Breite	✓	✓		✓		
		Float	Bruttofläche		✓			✓	
		Float	Bruttovolumen	✓	✓		✓		
		Float	Dicke		✓			✓	
		Float	Länge						X
		Float	Nettofläche						X
		Float	Nettovolumen	✓	✓		✓		
		Float	Umfang	✓	✓		✓		
	AsiP_SlabSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
Boolean		Oberseite geneigt						X	
Boolean		Unterseite geneigt						X	
String		Typ Sonderelement						X	
AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Boolean	Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung						X	
	String	Betonkurzbezeichnung						X	

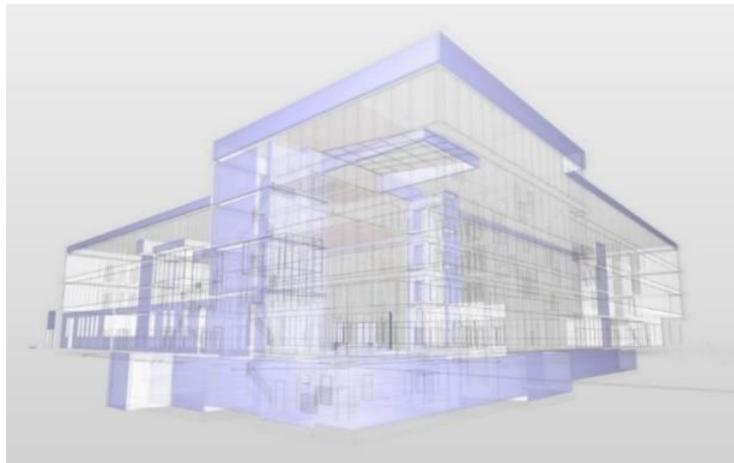
¹⁷² Eigene Darstellung, 2023

8.2.4. Fallstudie 4

8.2.4.1. Wandelemente

Wie in Tabelle 21 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Wandelemente in Fallstudie 4 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich im Pset „Pset_WallCommon“.
- Eigenschaften, die nicht Normkonform vorhanden sind, befinden sich am meisten im Pset "Qto_WallBaseQuantaties" und liegen in der Verantwortung der Disziplin Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementGeneral“, „AsiP_WallSpecific“ komplett fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.



*Abbildung 47: Wandelemente in Fallstudie 4*¹⁷³

¹⁷³ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 2: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 4 ¹⁷⁴

Wandelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung			
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden	
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓		
2		String	Bauelement_JFC	✓	✓		✓			
3	Pset_WallCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓			
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓			
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil							X
		String	Brandverhalten							X
		Boolean	Brennbares Material							X
		String	Feuerwiderstandsklasse		✓			✓		
		Boolean	Raumhohe Wand	✓	✓		✓			
		String	Schallschutzklasse							X
		String	Status							X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓			
		Float	U-Wert	✓	✓		✓			
		Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						
	String		Baustahlfestigkeit							X
	String		Betonfestigkeitsklasse							X
	Float		Bewehrungsgrad Volumen							X
	String		Expositionsklasse							X
	Qto_WallBaseQuantaties	Float	Bruttofläche		✓				✓	
		Float	Bruttogrundfläche							X
		Float	Bruttovolumen							X
		Float	Dicke		✓				✓	
		Float	Höhe		✓				✓	
		Float	Länge		✓				✓	
		Float	Nettofläche							X
		Float	Nettogrundfläche							X
	AsiP_WallSpecific	Float	Nettovolumen							X
		String	Bauteilkurzbezeichnung							X
		Boolean	Erdberührendes Element							X
	AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Typ Sonderelement							X
		Boolean	Bauteilaktivierung							X
		Boolean	Sichtbeton							X
Ratio		Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung							X	
	String	Betonkurzbezeichnung							X	

8.2.4.2. Stützelemente

Wie in Tabelle 22 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Stützelemente in Fallstudie 4 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich im Psets „Pset_ColumnCommon“.
- Nur zwei Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, konnten gefunden. Diese sind die „Expositionsklasse“ in Verantwortung der Tragwerksplanung und die „Länge“ in Verantwortung der Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind über alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP-ColumnSpecific“ und „AsiP_ConcreteElementSpecific“ vollständig fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.

¹⁷⁴ Eigene Darstellung, 2023

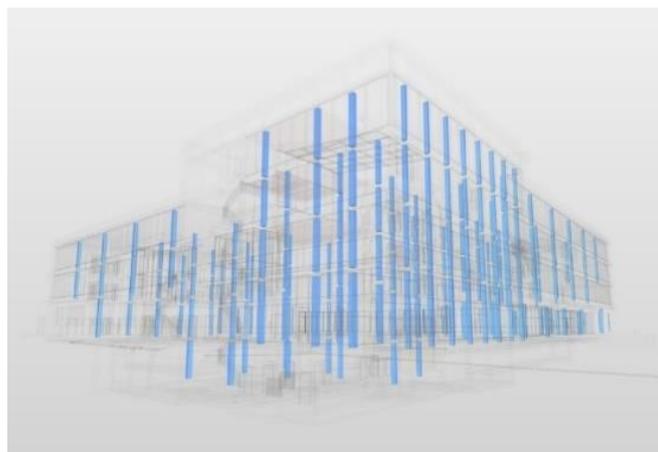


Abbildung 48: Stützelemente in Fallstudie 4 ¹⁷⁵

Tabelle 22: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 4 ¹⁷⁶

Stützelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_ColumnCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	Neigungswinkel						X
		Float	U-Wert						X
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X
		String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse						X
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse			✓		✓	
	Qto_ColumnBaseQuantities	Float	Bruttovolumen						X
		Float	Gesamtoberfläche						X
		Float	Länge		✓			✓	
		Float	Mantelfläche						X
		Float	Nettoberfläche						X
		Float	Nettovolumen						X
		Float	Querschnittsfläche						X
	AsIP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
String		Typ Sonderelement						X	
AsIP_ConcreteElementSpecific	String	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Ratio	Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung						X	
	String	Betonkurzbezeichnung						X	

¹⁷⁵ Eigene Darstellung, 2023

¹⁷⁶ Eigene Darstellung, 2023

8.2.4.3. Deckenelemente

Wie in Tabelle 23 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Deckenelemente in Fallstudie 4 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Im Pset „Pset_SlabCommon“ befinden sich die meisten normkonform definierten Eigenschaften.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich nur im Pset „Qto_SlabBaseQuantaties“ und liegen alle in Verantwortung der Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementSpecific“ und „AsiP-SlabSpecifc“ komplett fehlt. Fast alle in der Tabelle 6 aufgeführten Disziplinen sind von diesen Mängeln betroffen.

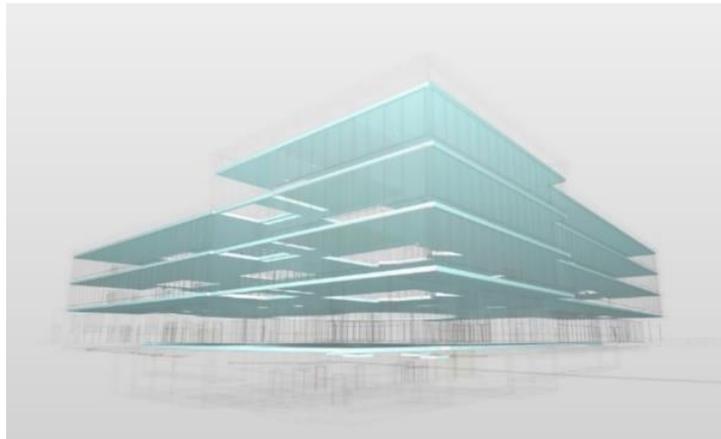


Abbildung 49: Deckenelemente in Fallstudie 4¹⁷⁷

¹⁷⁷ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 3: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 4 ¹⁷⁸

Deckenelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_SlabCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten						X
		Boolean	Brennbares Material						X
		Float	Dachflächenneigung						X
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	U-Wert	✓	✓		✓		
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X
		String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse						X
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
	Qto_SlabBaseQuantaties	Float	Breite						X
		Float	Bruttofläche		✓			✓	
		Float	Bruttovolumen						X
		Float	Dicke		✓			✓	
		Float	Länge						X
		Float	Nettofläche						X
		Float	Nettovolumen						X
	AsiP_SlabSpecific	Float	Umfang		✓			✓	
		String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
		Boolean	Oberseite geneigt						X
Boolean		Unterseite geneigt						X	
AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Typ Sonderelement						X	
	Boolean	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Boolean	Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung						X	
	String	Betonkurzbezeichnung						X	

8.2.5. Fallstudie 5

8.2.5.1. Wandelemente

Wie in Tabelle 24 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Wandelemente in Fallstudie 5 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich in den Psets „Pset_WallCommon“ und „Qto_WallBaseQuantaties“

¹⁷⁸ Eigene Darstellung, 2023

- „Bruttofläche“ und „Baustoff/Gewerk“ sind Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind und liegen in der Verantwortung der Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementGeneral“, „AsiP_WallSpecific“ komplett fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen.



*Abbildung 50: Wandelemente in
Fallstudie 5¹⁷⁹*

¹⁷⁹ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 24: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 5 ¹⁸⁰

Wandelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_WallCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten						X
		Boolean	Brennbares Material						X
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		Boolean	Raumhohe Wand	✓	✓		✓		
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	U-Wert						X
		String	Ausführung						X
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse						X
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
		Float	Bruttofläche		✓				
	Qto_WallBaseQuantities	Float	Bruttogrundfläche	✓	✓		✓		
		Float	Bruttovolumen						X
		Float	Dicke	✓	✓		✓		
		Float	Höhe	✓	✓		✓		
		Float	Länge	✓	✓		✓		
		Float	Nettofläche	✓	✓		✓		
		Float	Nettogrundfläche						X
		Float	Nettovolumen	✓	✓		✓		
	AsiP_WallSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
		String	Typ Sonderelement						X
	AsiP_ConcreteElementSpecific	Boolean	Bauteilaktivierung						X
		Boolean	Sichtbeton						X
Ratio		Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung						X	
String		Betonkurzbezeichnung						X	

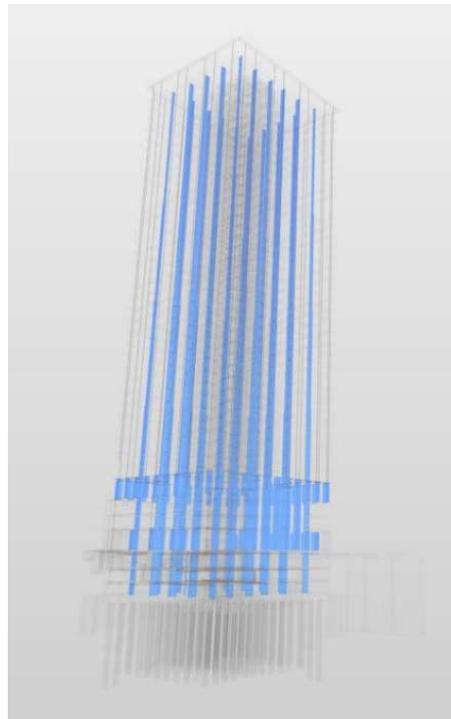
8.2.5.2. Stützelemente

Wie in Tabelle 25 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Stützelemente in Fallstudie 5 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Die meisten normkonform definierten Eigenschaften befinden sich im Psets „Pset_ColumnCommon“.

¹⁸⁰ Eigene Darstellung, 2023

- Nur zwei Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, konnten gefunden. Diese sind die „Ausführung“ in Verantwortung der Tragwerksplanung und die „Länge“ in Verantwortung der Architektur.
- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind über alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP-ColumnSpecific“, „AsiP_ConcreteElementSpecific“ und „Pset_ConcreteElementGeneral“ vollständig fehlen. Fast alle Disziplinen, die in der Tabelle 6 aufgeführt sind, sind von diesen Mängeln betroffen



*Abbildung 51: Stützelemente in
Fallstudie 5 ¹⁸¹*

¹⁸¹ Eigene Darstellung, 2023

Tabelle 25: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 5¹⁸²

Stützelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk			✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_ColumnCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	Neigungswinkel						X
		Float	U-Wert						X
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X
		String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse						X
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
	Qto_ColumnBaseQuantities	Float	Bruttovolumen	✓	✓		✓		
		Float	Gesamtoberfläche						X
		Float	Länge		✓			✓	
		Float	Mantelfläche						X
		Float	Nettoberfläche						X
		Float	Nettovolumen						X
		Float	Querschnittsfläche						X
	AsiP_ColumnSpecific	String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdbührendes Element						X
		String	Typ Sonderelement						X
	AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Bauteilaktivierung						X
Boolean		Sichtbeton						X	
Ratio		Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung						X	
String		Betonkurzbezeichnung						X	

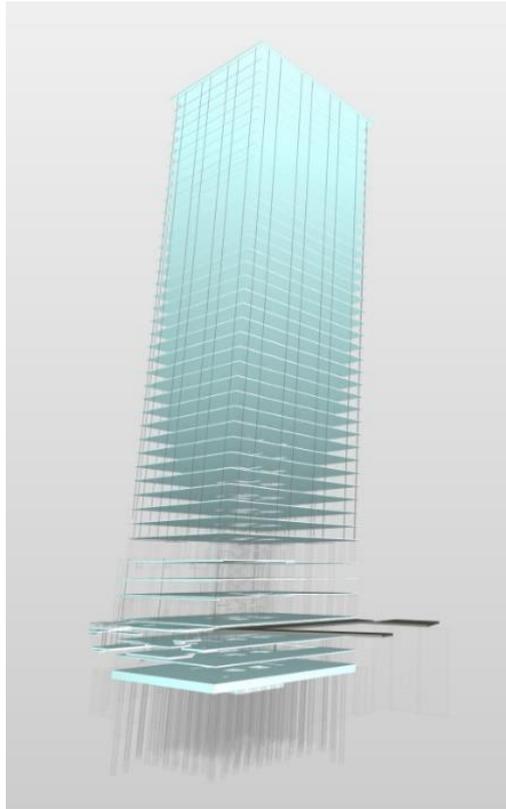
8.2.5.3. Deckenelemente

Wie in Tabelle 26 aufgeführt, können als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Prüfung der Deckenelemente in Fallstudie 5 folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- In Psets „Pset_SlabCommon“ und „Qto_SlabBaseQuantities“ befinden sich die meisten normkonform definierten Eigenschaften.
- Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich am meisten im Pset „Qto_SlabBaseQuantities“ und liegen alle in Verantwortung der Architektur.

¹⁸² Eigene Darstellung, 2023

- Eigenschaften, die nicht vorhanden sind, sind auf alle Psets verteilt, wobei die Psets „AsiP_ConcreteElementSpecific“ und „AsiP-SlabSpecifc“ komplett fehlt. Fast alle in der Tabelle 6 aufgeführten Disziplinen sind von diesen Mangeln betroffen.



*Abbildung 52: Deckenelemente in Fallstudie 5*¹⁸³

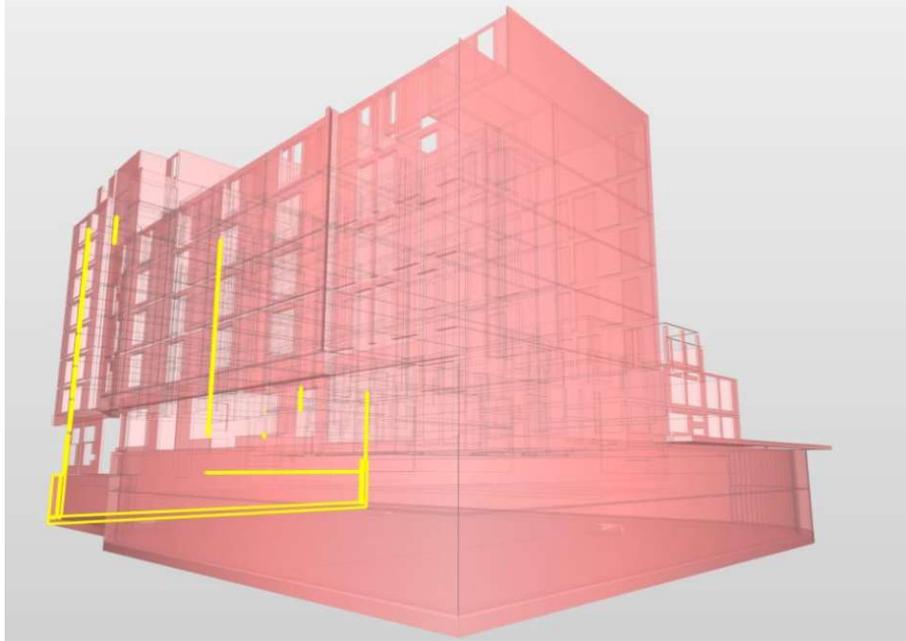
Tabelle 26: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 5 ¹⁸⁴

Deckenelemente

Erforderliche Merkmale				Prüfergebnisse			Schlussfolgerung		
Ebene	Eigenschaftensätze	Datentyp	Eigenschaft	Prüfung 1	Prüfung 2	Prüfung 3	Norm-konform	Nicht Norm-konform	nicht vorhanden
1		String	Baustoff/Gewerk		✓	✓		✓	
2		String	Bauelement_IFC	✓	✓		✓		
3	Pset_SlabCommon	Boolean	Außenbauteil	✓	✓		✓		
		String	Bauteiltyp	✓	✓		✓		
		Boolean	Brandabschnittsdefinierendes Bauteil						X
		String	Brandverhalten						X
		Boolean	Brennbares Material						X
		Float	Dachflächenneigung						X
		String	Feuerwiderstandsklasse						X
		String	Schallschutzklasse						X
		String	Status						X
		Boolean	Tragendes Bauteil	✓	✓		✓		
		Float	U-Wert						X
	Pset_ConcreteElementGeneral	String	Ausführung						X
		String	Baustahlfestigkeit						X
		String	Betonfestigkeitsklasse						X
		Float	Bewehrungsgrad Volumen						X
		String	Expositionsklasse						X
	Qto_SlabBaseQuantaties	Float	Breite	✓	✓		✓		
		Float	Bruttofläche		✓			✓	
		Float	Bruttovolumen	✓	✓		✓		
		Float	Dicke		✓			✓	
		Float	Länge						X
		Float	Nettofläche						X
		Float	Nettovolumen	✓	✓		✓		
	AsiP_SlabSpecific	Float	Umfang	✓	✓		✓		
		String	Bauteilkurzbezeichnung						X
		Boolean	Erdberührendes Element						X
		Boolean	Oberseite geneigt						X
Boolean		Unterseite geneigt						X	
AsiP_ConcreteElementSpecific	String	Typ Sonderelement						X	
	Boolean	Bauteilaktivierung						X	
	Boolean	Sichtbeton						X	
	Boolean	Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung						X	
		String	Betonkurzbezeichnung					X	

¹⁸⁴ Eigene Darstellung, 2023

8.2.6. Fallstudie 6



*Abbildung 53: Fallstudie 6*¹⁸⁵

In Fallstudie 6 wurde festgestellt, dass das gesamte Modell vollständig mit "IfcBuildingElementProxy" erstellt wurde und somit keine anderen IFC-Klassen aufweist.

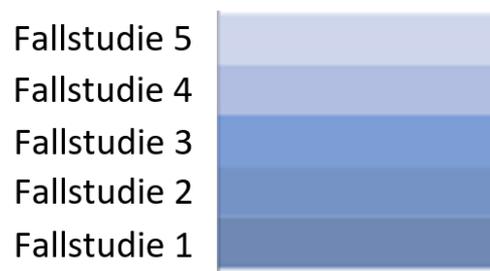
Wie bereits in den Kapiteln 7.1.3 und 7.3.3 beschrieben, stellt die Klassifizierung in den IFC-Klassen eine wesentliche Voraussetzung für die direkte Implementierung des entwickelten Prüfungsworkflows sowie für die Implementierung in Solibri dar. Andernfalls erfordert die Klassifizierung der Elemente in Solibri zunächst aufwändige Workarounds. Eine mögliche Lösung besteht darin, im gesamten Modell nach einzelnen Elementen zu filtern oder zu suchen, indem man in Namen, Typnamen, Ebenen usw. nach bestimmten Werten wie "*Wand*", "*Wall*", "*Stütze*", "*Stz*" usw. sucht. Anschließend könnten die gefundenen Elementen zu einer neuen Klassifizierung in Solibri zugeordnet werden, was jedoch sehr spezifisch und zeitaufwendig ist. Diese Methode erfordert außerdem, dass die Informationen im Modell nach einer bestimmten Struktur aufgebaut sind, da sonst der Zusammenhang nicht mehr nachvollziehbar ist. Daher erfordern solche nachträglichen Klassifizierungen viel Aufwand, um sie in der Prüfsoftware korrekt einstellen zu können.

Aus diesem Grund konnten keine Prüfergebnisse aus der Fallstudie 6 abgeleitet werden, da sie aufgrund ihrer schlechten Modellierung keine ausreichende Datenqualität liefert und somit nicht weiterverfolgt werden konnte.

¹⁸⁵ Eigene Darstellung, 2023

8.3. Vergleich der Prüfergebnisse

Um eine Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse für jedes untersuchte Element zwischen allen Fallstudien herstellen zu können, wurde ein Gradient-Legende, wie in Abbildung 54 gezeigt, entworfen. Diese dient der besseren Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit der fünf untersuchten Fallstudien. Dementsprechend konnten die Ergebnisse aller drei Prüfungen mit ihren Schlussfolgerungen für die fünf Fallstudien nur in einem Diagramm pro Element zusammengefasst werden, wie in Abbildungen 56, 57 und 58 ersichtlich.



*Abbildung 54: Gradient-Legende für untersuchte Fallstudien*¹⁸⁶

- Prüfung 1:
Übereinstimmung mit ASI-Standard
- Prüfung 2:
Vorhandensein der erforderlichen Merkmale
(unabhängig von vorgesehenen P-sets)
- Prüfung 3:
Vorhandensein der erlaubten String-Werte
(unabhängig von vorgesehenen Eigenschaften und P-sets)

*Abbildung 55: Legende der durchgeführten Prüfungen*¹⁸⁷

¹⁸⁶ Eigene Darstellung, 2023

¹⁸⁷ Eigene Darstellung, 2023

8.3.1. Wandelemente

Wie in Abbildung 56 dargestellt, konnte festgestellt werden, dass die Eigenschaften „Bauelement_IFC“, „Tragendes Bauteil“, „Raumhöhe Wand“, „Bauteiltyp“ und „Außenbauteil“ in allen Fallstudien normkonform vorhanden sind. Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich vor allem bei den Basismengen der Wände im Pset „Qto_WallBaseQuantaties“ und liegen in der Verantwortung der Architektur. Bei der Prüfung 3 konnte festgestellt werden, dass der Wert der Eigenschaft „Betonfestigkeitsklasse“ in der

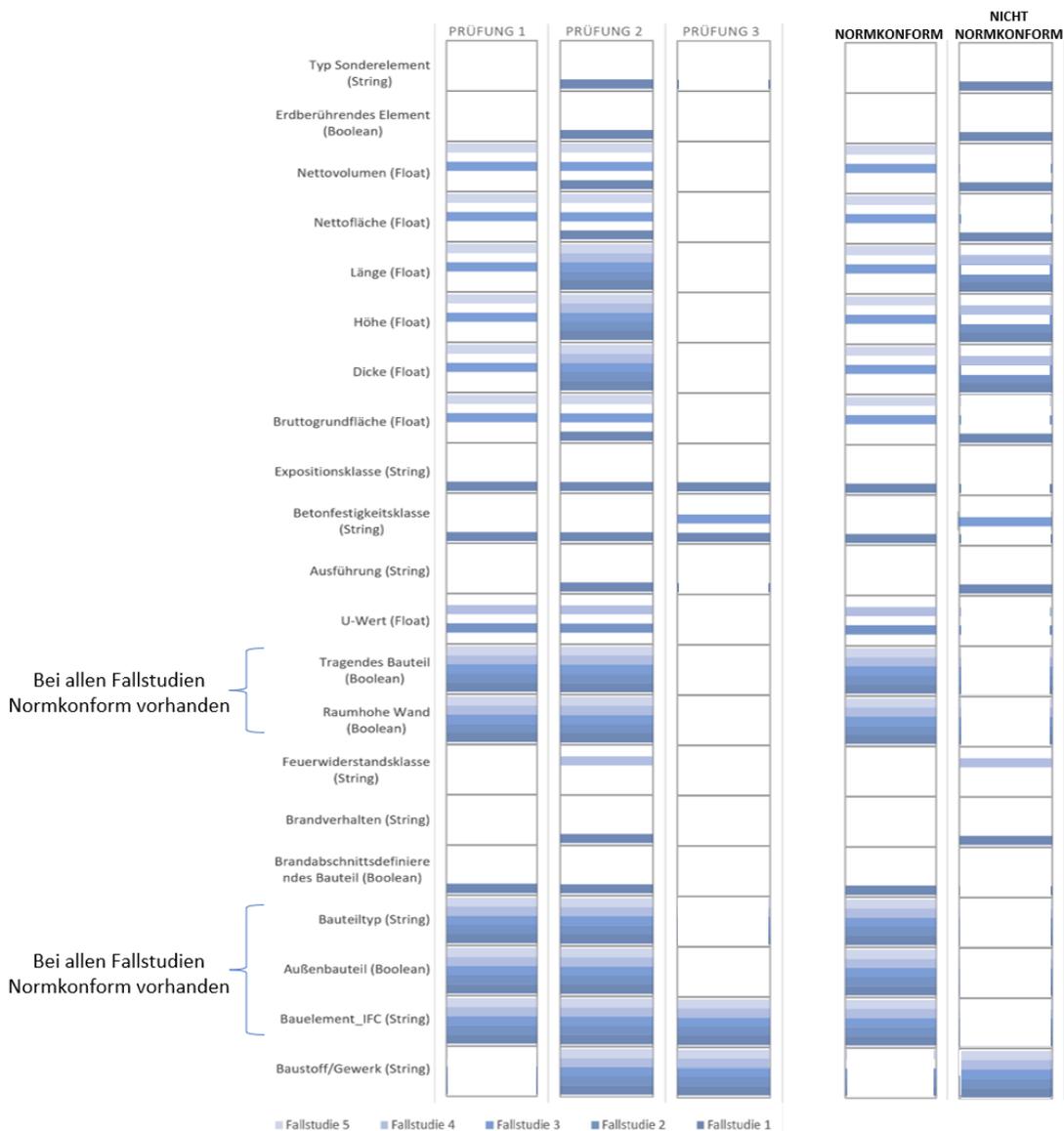


Abbildung 56: Vergleich der Prüfergebnisse für Wandelementen der fünf Fallstudien¹⁸⁸

¹⁸⁸ Eigene Darstellung, 2023

Fallstudie 3 vorhanden ist aber an einer anderen Stelle gefunden wurde. Er wurde daher als nicht normgerecht interpretiert.

Die Merkmale von Wänden, die in keiner der Fallstudien gefunden wurden, sind in den folgenden Psets zu finden und werden im Folgenden aufgeführt:

Pset_WallCommon

- Brennbares Material (Boolean) > Verantwortung: Brandschutz
- Schallschutzklasse (String) > Verantwortung: Brandschutz
- Status (String) > Verantwortung: Architektur

Pset_ConcreteElementGeneral

- Baustahlfestigkeit (String) > Verantwortung: Tragwerksplanung
- Bewehrungsgrad Volumen (Float) > Verantwortung: Tragwerksplanung

Qto_WallBaseQuantities

- Bruttofläche (Float) > Verantwortung: Architektur
- Bruttovolumen (Float) > Verantwortung: Architektur
- Nettogrundfläche (Float) > Verantwortung: Architektur

AsiP_WallSpecific

- Bauteilkurzbezeichnung (String) > Verantwortung: Architektur

AsiP_ConcreteElementSpecific (Gesamtes P-set)

- Bauteilaktivierung (Boolean) > Verantwortung: Haustechnik
- Sichtbeton (Boolean) > Verantwortung: Architektur
- Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung (Float) > Verantwortung: Tragwerksplanung
- Betonkurzbezeichnung (String) > Verantwortung: Tragwerksplanung

Es lässt sich daraus erkennen, dass die meisten fehlenden Merkmale der Wandelementen in den Verantwortungsbereich der Architektur fallen, wobei für einige der fehlenden Merkmale auch die Tragwerksplanung, der Brandschutz und die Haustechnik verantwortlich sind. Das gesamte Pset „AsiP_ConcreteElementSpecific“ fehlt vollständig in allen Fallstudien.

8.3.2. Stützelemente

Wie in Abbildung 57 dargestellt, konnte festgestellt werden, dass bei den Stützelementen die Eigenschaften „Bauelement_IFC“, „Tragendes Bauteil“, „Bauteiltyp“ und „Außenbauteil“ in allen Fallstudien normkonform vorhanden sind. Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich vor allem bei den Basismengen der Wände im Pset „Qto_WallBaseQuantaties“ und liegen in der Verantwortung der Architektur. Bei der Prüfung 3 konnte festgestellt werden, dass die Werte der Eigenschaften „Expositionsklasse“ in Fallstudie 4 und „Betonfestigkeitsklasse“ in Fallstudie 1 und 3 vorhanden sind aber an einer anderen Stelle gefunden wurden. Sie wurden daher als nicht normkonform interpretiert.

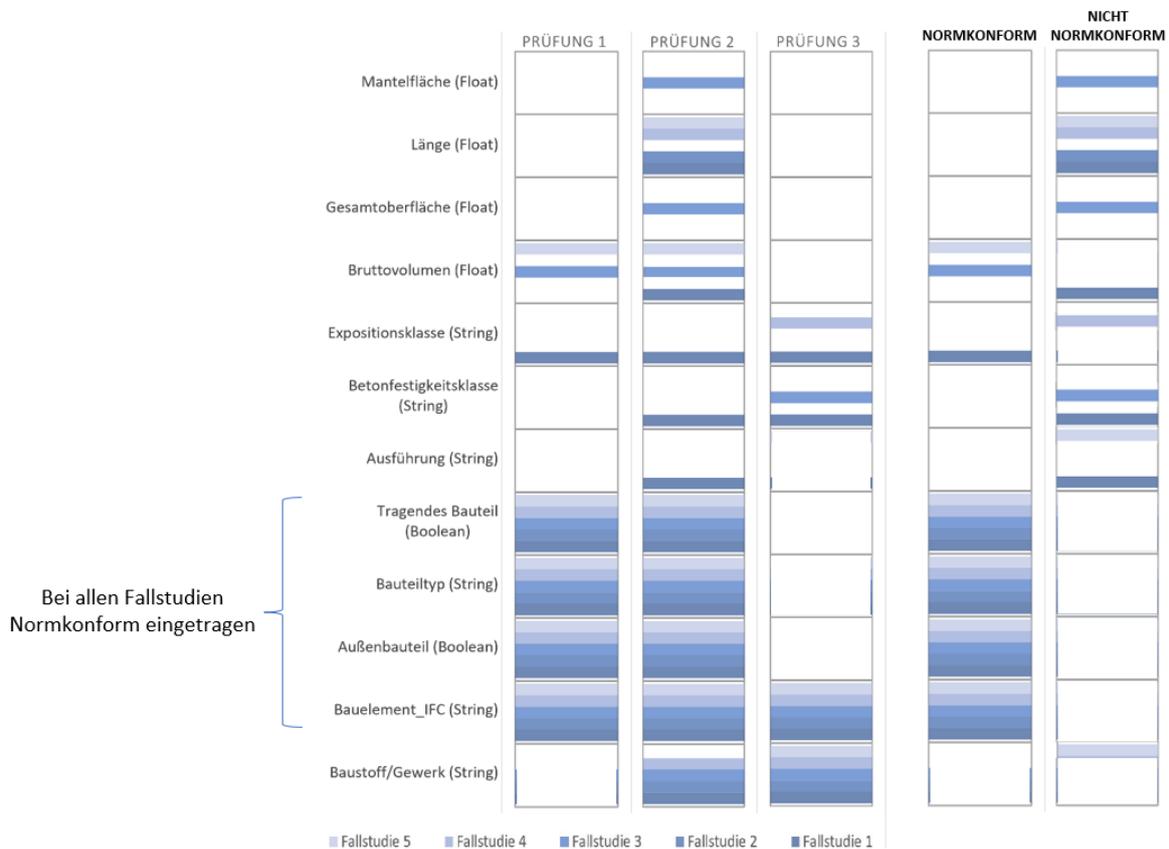


Abbildung 57: Vergleich der Prüfergebnisse für Stützelemente der fünf Fallstudien ¹⁸⁹

¹⁸⁹ Eigene Darstellung, 2023

Die Merkmale von Stützen, die in keiner der Fallstudien gefunden wurden, sind in den folgenden Psets zu finden und werden im Folgenden aufgeführt:

Pset_ColumnCommon

- Feuerwiderstandsklasse (String) > Verantwortung: Bauphysik
- Status (String) > Verantwortung: Architektur
- Neigungswinkel (Float) > Verantwortung: Architektur
- U-Wert (Float) > Verantwortung: Bauphysik

Pset_ConcreteElementGeneral

- Baustahlfestigkeit (String) > Verantwortung: Tragwerksplanung
- Bewehrungsgrad Volumen (Float) > Verantwortung: Tragwerksplanung

Qto_ColumnBaseQuantities

- Nettooberfläche (Float) > Verantwortung: Architektur
- Nettovolumen (Float) > Verantwortung: Architektur
- Querschnittsfläche (Float) > Verantwortung: Architektur

AsiP_ColumnSpecific

- Bauteilkurzbezeichnung (String) > Verantwortung: Architektur
- Erdberührendes Element (Boolean) > Verantwortung: Architektur
- Typ Sonderelement (String) > Verantwortung: Architektur

AsiP_ConcreteElementSpecific (Gesamtes P-set)

- Bauteilaktivierung (Boolean) > Verantwortung: Haustechnik
- Sichtbeton (Boolean) > Verantwortung: Architektur
- Verhältnis Baustahlmatte_Gesambewehrung (Float) > Verantwortung: Tragwerksplanung
- Betonkurzbezeichnung (String) > Verantwortung: Tragwerksplanung

Daraus ist ersichtlich, dass die meisten fehlenden Merkmale der Stützelemente in den Verantwortungsbereich der Architektur fallen, wobei einige der fehlenden Merkmale auch in den Verantwortungsbereich der Tragwerksplanung, der Bauphysik, des Brandschutzes und der Haustechnik fallen. Das gesamte Pset „AsiP_ConcreteElementSpecific“ fehlt in allen Fallstudien vollständig.

8.3.3. Deckenelemente

Wie in Abbildung 58 dargestellt, konnte festgestellt werden, dass bei den Deckenelementen die Eigenschaften „Bauelement_IFC“, „Tragendes Bauteil“, „Bauteiltyp“ und „Außenbauteil“ in allen Fallstudien normkonform vorhanden sind. Eigenschaften, die nicht normkonform vorhanden sind, befinden sich vor allem bei den Basismengen der Wände im Pset „Qto_WallBaseQuantaties“ und liegen in der Verantwortung der Architektur. Bei der Prüfung 3 konnte festgestellt werden, dass die Werte der Eigenschaften „Expositionsklasse“ in Fallstudie 1 und „Betonfestigkeitsklasse“ in Fallstudie 3 an einer anderen Stelle gefunden wurden. Sie wurden daher als nicht normkonform interpretiert.

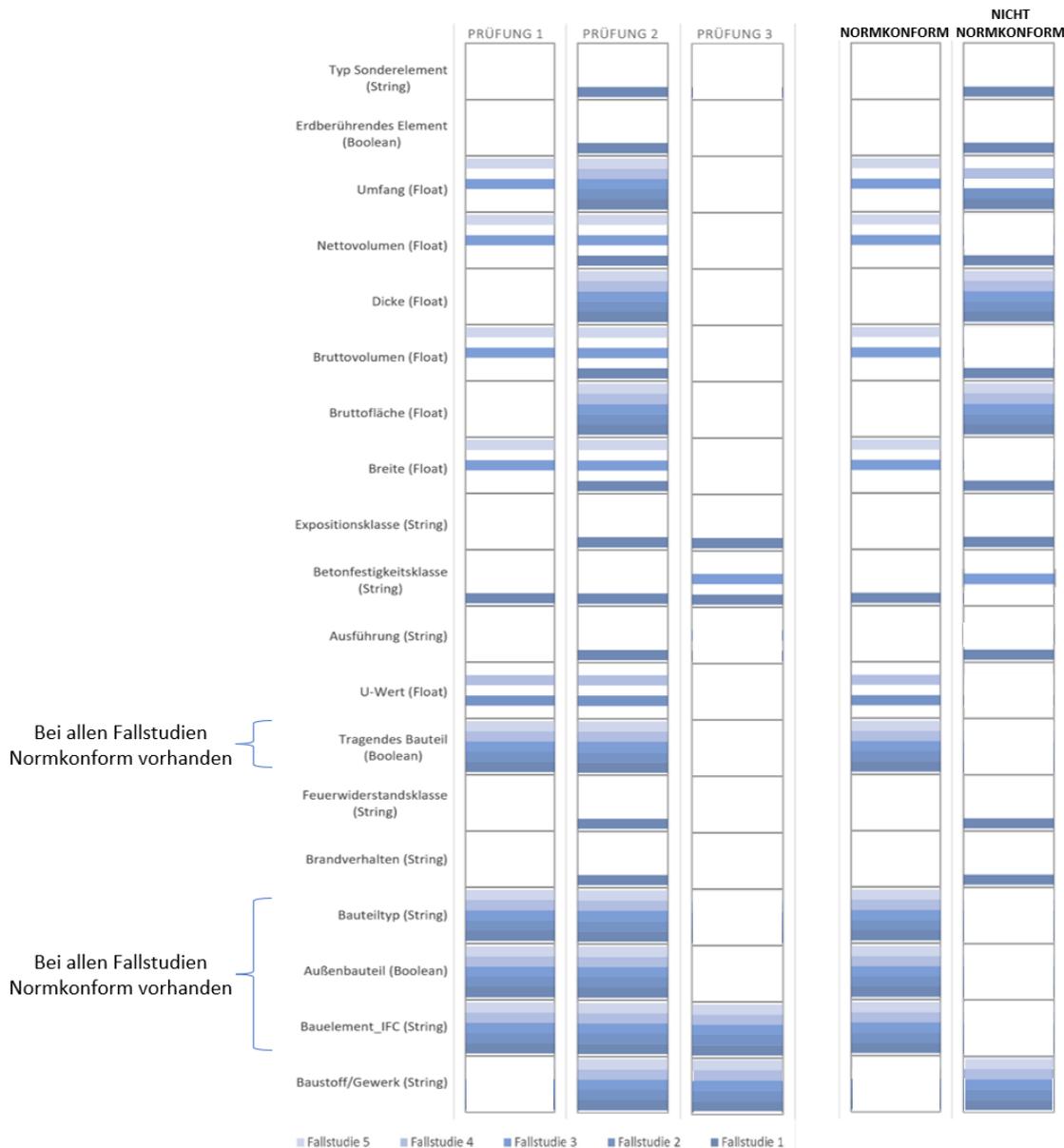


Abbildung 58: Vergleich der Prüfergebnisse für Deckenelemente der fünf Fallstudien ¹⁹⁰

¹⁹⁰ Eigene Darstellung, 2023

Die Merkmale von Decken, die in keiner der Fallstudien gefunden wurden, sind in den folgenden Psets zu finden und werden im Folgenden aufgeführt:

Pset_SlabCommon

- Brandabschnittsdefinierendes Bauteil (Boolean) > Verantwortung: Brandschutz
- Brennbares Material (Boolean) > Verantwortung: Brandschutz
- Schallschutzklasse (String) > Verantwortung: Bauphysik
- Status (String) > Verantwortung: Architektur

Pset_ConcreteElementGeneral

- Baustahlfestigkeit (String) > Verantwortung: Tragwerksplanung
- Bewehrungsgrad Volumen (Float) > Verantwortung: Tragwerksplanung

Qto_SlabBaseQuantaties

- Länge (Float) > Verantwortung: Architektur
- Nettofläche (Float) > Verantwortung: Architektur

AsiP_SlabSpecific

- Bauteilkurzbezeichnung (String) > Verantwortung: Architektur
- Oberseite geneigt (Boolean) > Verantwortung: Architektur
- Unterseite geneigt (Boolean) > Verantwortung: Architektur

AsiP_ConcreteElementSpecific (Gesamtes P-set)

- Bauteilaktivierung (Boolean) > Verantwortung: Haustechnik
- Sichtbeton (Boolean) > Verantwortung: Architektur
- Verhältnis Baustahlmatte_Gesamtbewehrung (Float) > Verantwortung: Tragwerksplanung
- Betonkurzbezeichnung (String) > Verantwortung: Tragwerksplanung

Es zeigt sich, dass die meisten fehlenden Merkmale der Deckenelemente in den Verantwortungsbereich der Architektur fallen, wobei einige der fehlenden Merkmale auch in den Verantwortungsbereich der Tragwerksplanung, der Bauphysik, des Brandschutzes und der Haustechnik. Das gesamte Pset „AsiP_ConcreteElementSpecific“ fehlt vollständig in allen Fallstudien.

8.4. Bewertungen und Schlussfolgerung

Auf der Grundlage der durchgeführten Qualitätsprüfungen der untersuchten Fallstudien können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Daraus konnte beschlossen werden, dass keine der untersuchten Fallstudien die definierten Mindestanforderungen vollständig erfüllt hat. Es lässt sich daraus feststellen, dass solche Qualitätssicherungsprinzipien sehr wichtig vor Modellübergabe bzw. -übernahme sind, um die angestrebten Ziele im Rahmen eines Open-BIM Prozesses reibungslos erreichen zu können.
- Bei Wand- und Deckenelementen könnte beschlossen werden, dass Fallstudie 3 und 5 die meisten normkonformen Merkmale enthalten, während bei Stützelemente die Fallstudie 1, 3 und 5 die meisten Normkonformen Merkmalen zeigt, wobei hier anzumerken ist, dass bei Fallstudie 1 der Anzahl der Stützelementen im Vergleich zu den anderen Fallstudien relativ gering ist. Möglicherweise könnte die Verwendung der IFC-Version ein Grund für die normkonformen Ergebnisse der Fallstudien 3 und 5 sein, da diese beiden Fallstudien mit IFC4 exportiert wurden. Im Gegensatz dazu wurden die anderen Fallstudien mit IFC2x3 exportiert.
- Außer bei Fallstudie 6 waren die BIM-Elemente bei allen anderen Fallstudien als native IFC-Elemente erkennbar. Dadurch konnten die entwickelten Prüfregeln bei allen Fallstudien direkt eingesetzt werden.
- Alle Eigenschaften der Psets „AsiP_ConcreteElementSpecific“ und „AsiP_*Specific“ konnten in keiner der untersuchten Fallstudien als normkonform gefunden werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die von der ASI spezifisch definierten Psets erst mit dem neuen ASI-Merkmalserver definiert wurden. Es war daher zu erwarten, dass sie in keiner der Fallstudien als normkonform identifiziert werden. Dementsprechend wurden sie in den Ergebnissen entweder als nicht normkonform oder als nicht vorhanden ausgewiesen, wobei das Pset „AsiP_ConcreteElementSpecific“ in allen Fallstudien gänzlich fehlte und als nicht vorhanden identifiziert wurde.
- Laut den festgelegten Verantwortlichkeiten, wie in Tabelle 6 aufgeführt, des neuen ASI-Merkmalsservers ist die Architektur größtenteils für die fehlenden und nicht

normkonformen Eigenschaften verantwortlich. Hierfür sollten klare Honorarvereinbarungen getroffen werden. Es sollte also geklärt werden, inwiefern die Architekten für diese Merkmale verantwortlich sind. Einige der fehlenden Merkmale liegen jedoch auch im Verantwortungsbereich der Tragwerksplanung, Bauphysik, des Brandschutzes und der Haustechnik.

- Im Pset "Pset_*Common" sind die meisten Eigenschaften, die normkonform definiert, zu sehen. Beispiele dafür sind "Tragendes Bauteil", "Bauteiltyp" und "Außenbauteil", welche bei allen untersuchten Elementen aller Fallstudien als normkonform identifiziert wurden. Möglicherweise liegt dies daran, dass diese Merkmale automatisch von der BIM-Autorensoftware definiert und beim IFC-Export exportiert wurden. Die übrigen Merkmale wurden jedoch größtenteils vernachlässigt. Daraus könnte beschlossen werden, dass die untersuchten BIM-Modelle, die zum Zeitpunkt einer Ausschreibung erstellt wurden, nicht den Mindestinformationsanforderungen des ASI-Standards entsprechen. Ein weiterer Grund könnte in den IFC-Exporteinstellungen der BIM-Autorensoftware liegen. Ein entsprechendes Know-how im IFC-Export wäre hier unabdingbar.
- Bei allen untersuchten Fallstudien war erkennbar, dass die meisten Elemente in den Basismengen des Psets "Qto_*BaseQuantaties*" nicht normkonform definierte Eigenschaften aufweisen. Dies könnte daran liegen, dass diese Merkmale nicht unbedingt unter dem Pset "Qto_*BaseQuantaties*" definiert wurden oder auch gar nicht definiert sind. Sie können jedoch automatisch von der BM-Software berechnet werden. Daher werden die IFC-Basismengen unmittelbar nach dem Import in der Prüfsoftware ablesbar sein. Möglicherweise haben die Prüfsoftwares unterschiedliche Bezeichnungen für diese Basismengen.
- In einigen Fallstudien wurde durch Prüfung 3 festgestellt, dass die erforderlichen Werte für die Eigenschaften "Betonfestigkeitsklasse" und "Expositionsklasse" gemäß dem ASI-Merkmal im Modell falsch verortet sind. Das bedeutet, dass sie nicht im richtigen Pset "Pset_ConcreteElementGeneral" und nicht bei der richtigen Eigenschaft eingetragen worden. Möglicherweise liegt dies daran, dass diese Werte in der Praxis häufig in Typnamen oder in IfcMaterial, zum Beispiel als "C20/25" oder "XC1" angegeben werden.

8.5. Beispiele für kommunizierte Fehler in BCF

Wie in Abbildung 59 dargestellt, wurde ein Beispiel für eine nicht normkonformer Eintrag der Explosionsklasse aufgeführt. Das bedeutet, dass das Merkmal vorhanden ist, aber der Eintrag nicht den vom ASI-Standard für die Explosionsklasse erlaubten Werten entspricht. Diese erlaubten Werte für Explosionsklassen nach dem ASI-Standard wurden zusammen mit anderen standardisierten String-Werten anderer Merkmale in Tabelle 7 in Kapitel 5.2.5 aufgeführt.

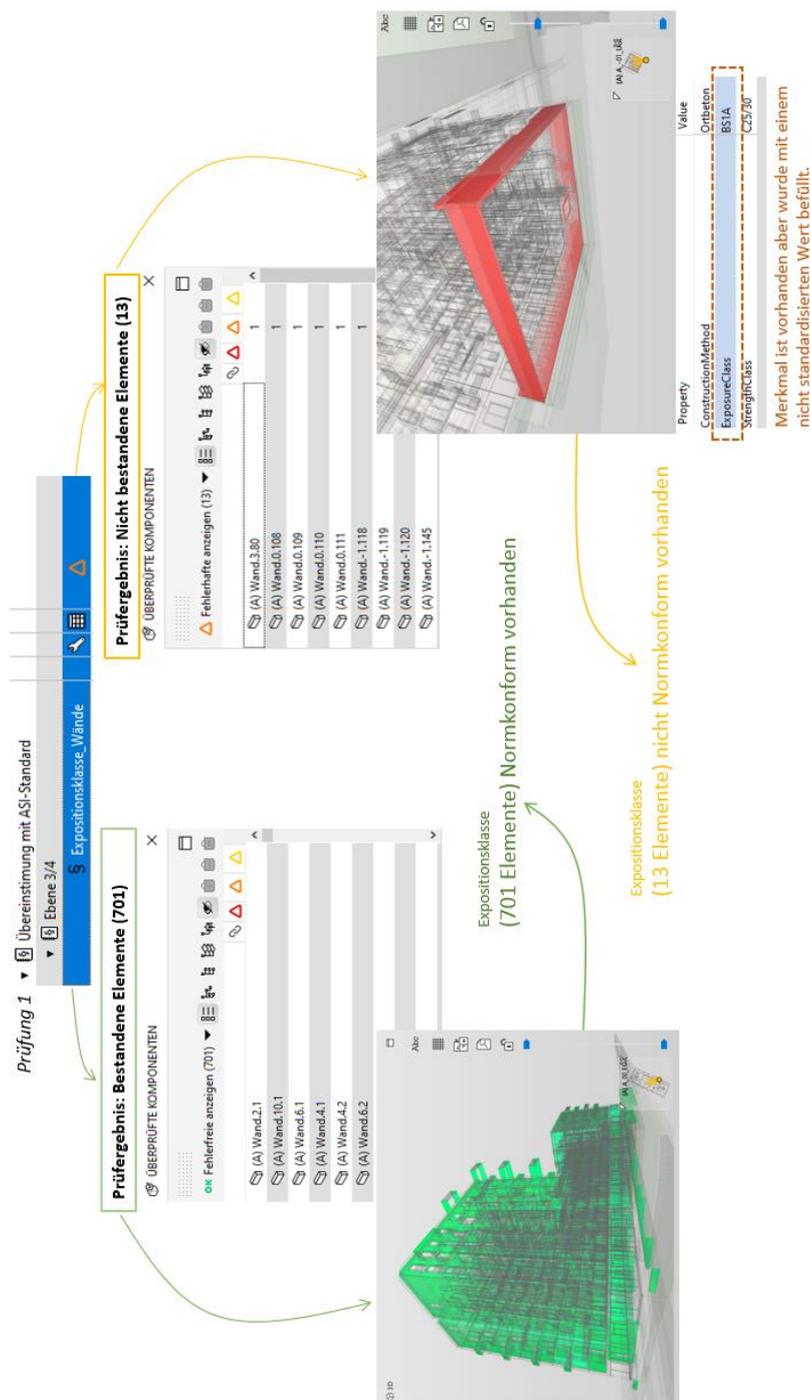


Abbildung 59: Beispiel für kommunizierte Fehler in BCF

9. Optimierungsmöglichkeiten & Ausblicke

9.1. Empfehlungen für die Normierung

Je nach Größenverhältnis werden Bauelemente gemäß der Werkvertragsnorm B 2204 als Stützen, Pfeiler oder Wände kategorisiert. Des Weiteren müssen Bauelemente wie Wandsockel und Balken unterschieden werden. Die Bauteildefinitionen nach Werkvertragsnorm sind ausschließlich für die Ausschreibung und Abrechnung von Bauleistungen relevant. Die standardisierten Leistungsbeschreibungen sind äußerst detailliert und beinhalten eine Vielzahl von Leistungspositionen. Die A-Positionen machen bei 15-20% der Leistungspositionen fast 80% der Abrechnungssumme aus. Im Modell sind hauptsächlich die A-Positionen und ein kleiner Teil der B- und C-Positionen repräsentiert. Die Gliederung der Leistungen nach ÖNorm A 2063-1 sieht weitere Kategorien wie Wand, Brüstung oder Attika vor. Eine vollständige Darstellung aller Leistungspositionen würde daher zu einem 3- bis 5-fachen Modellierungsaufwand führen.

Die Möglichkeiten der dreidimensionalen Modellierung in BIM-Autoren Software unterscheiden sich von der vorausgesetzten Gliederung der konstruktiven Leistungsbeschreibungen. Wände, Stützen, Balken und Decken sind die grundlegenden Unterteilungen der Gebäudemodellteile. Daher ist es besonders wichtig festzulegen, ob ein Element beispielsweise als Wand (IfcWall) oder als Stütze (IfcColumn) modelliert werden soll. Grundlage hierfür sind nicht die der Ausschreibung zugrunde liegenden Bauteildefinitionen, sondern vor allem die Anforderungen an die Plandarstellung, die Leistungsfähigkeit von CAD-Programmen sowie die Minimierung des Fehlerrisikos durch eine konsistente und möglichst einfache Modellierung.

Die Interpretation der geometrischen Klassifizierung der BIM-Elemente nach den Anforderungen der LB-HB und der Werkvertragsnormen stellt eine große Herausforderung dar. Die Klassifizierung der BIM-Elemente nach diesen Anforderungen mit den vorhandenen Werkzeugen der BIM-Software ist ohne aufwändige Workarounds nicht möglich. Somit bleibt die geometrische Differenzierung der Elemente nach Leistungsverzeichnis und Werkvertragsnormen, wie Kapitel 4.2.1 behandelt, offen. Da es sich beim LB-HB, den ÖNormen und den Werkvertragsnormen um österreichspezifische Normen handelt, wäre eine entsprechende Anpassung der österreichischen Normen und Regelwerke an die verfügbaren BIM-Werkzeuge anzudenken.

Eine mögliche Lösung wäre, wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben, eine elementbasierte BIM-Ausschreibung, bei der jedes BIM-Element mit seinen Spezifikationen separat ausgeschrieben wird. Hierfür wurde der ASI-Merkmalserver geschaffen, wo elementbasiert die Mindestinformationsanforderungen je nach definiertem Anwendungsfall in Form von BIM-Eigenschaften und Attributen standardisiert festgelegt wurden. Damit wurden bereits erste Schritte gesetzt, um BIM-Ausschreibungen elementbasiert, statt leistungsbasiert zu definieren. Das bedeutet, dass Informationen, die bisher in den Leistungspositionen der LB-HB enthalten waren, nun in Form von elementbasierten Eigenschaften und Attributen abgebildet werden. Aufgrund der in Kapiteln 5 und 6 durchgeführten Analyse des ASI-Merkmalserver und der LB-HB konnte festgestellt werden, dass der ASI-Merkmalserver bereits Informationen aus der LB-HB berücksichtigt und abbildet, jedoch nicht alle. Dadurch konnten im Rahmen dieser Diplomarbeit Verbesserungspotentiale für den neuen ASI-Merkmalserver definiert werden. Diese wurden, wie in Kapitel 5 sowie im Anhang C angeführt, mit Experten des AIT diskutiert und mit weiteren Kommentaren zukunftsorientiert angereichert.

Es wird empfohlen, einen standardisierten Qualitätssicherungs-Workflow zu entwickeln, um die Konformität von BIM-Modellen mit der Norm zu überprüfen. Dieser könnte ebenfalls auf dem ASI-Merkmalserver basieren und von Planern und Baufirmen vor der Übergabe bzw. Übernahme eines BIM-Modells angewendet werden, um die vereinbarte Qualität des Modells sicherzustellen. Ein mögliches Rahmenwerk für einen solchen Ansatz wurde in den Kapiteln 7 und 8 detailliert dargestellt und anhand von fünf Fallstudien umgesetzt. Eine weitere wichtige Maßnahme wäre die automatische Integration der erforderlichen Parameter gemäß dem ASI-Merkmalserver in die BIM-Softwarelösungen. Dies könnte durch die Integration des neuen IDS-Standards und entsprechender APIs erreicht werden.

Die geometrischen Informationen der IFC-Elemente werden entsprechend der tatsächlich ausgeführten Mengen als Brutto- und Nettomengen an das Ausschreibungsprogramm übergeben. Die automatisierte und modellbasierte Mengenermittlung erfolgt somit ausschließlich auf Basis von Brutto- oder Nettomengen. Entsprechend den Werkvertragsnormen stimmen die Abrechnungsmengen nicht immer mit den tatsächlich erbrachten Mengen überein. Einige Öffnungen und Unterbrechungen werden übermessen, während andere abgezogen werden. Dies führt dazu, dass die Abrechnungsmengen nach Werkvertragsnormen nicht mit den Netto- oder Bruttomengen der IFC-Elemente übereinstimmen. Um die Abrechnungsregeln gemäß den Werkvertragsnormen zu berücksichtigen, ist ein zeitaufwendiger Prozess notwendig. Aus diesem Grund wird in der ÖNorm A 6241-2 darauf hingewiesen, dass auf die Abrechnungsregeln der

Werkvertragsnormen verzichtet werden kann und stattdessen nach den tatsächlich ausgeführten Mengen abgerechnet wird. Dazu ist jedoch eine vertragliche Vereinbarung erforderlich. Dies bestätigt, dass diese Diskrepanz zwischen der BIM-Methode und den bestehenden Abrechnungsregeln und Gliederungen bereits von den Normungsgremien erkannt und darauf hingewiesen wurde. Es wird daher empfohlen, über eine Erneuerung der bestehenden Normen nachzudenken.

9.2. Empfehlungen für Softwarehersteller

In der ÖNORM 6241-2 und im dazugehörigen Merkmalsserver werden Empfehlungen gegeben, welche Merkmale bei welchen Modellelementen in welcher Projektphase benötigt werden. Die Merkmalsbeschreibungen beziehen sich auf die klassischen, alphanumerischen IFC-Merkmale und gewährleisten eine Normumsetzung in allen IFC-zertifizierten Programmen. Im Rahmen des Forschungsprojekts "freebim" werden fortlaufend Tools entwickelt, um das MMS in verschiedene BIM-Programme zu integrieren. Dies erleichtert die Anwendung der Norm in der Software und verbessert sie gegebenenfalls weiter. Es wird jedoch empfohlen, ähnliche Tools für Prüfungssoftware zu berücksichtigen, um beispielsweise automatisch Prüfregeln zu erstellen. Eine mögliche Umsetzung hierfür könnte durch die Integration des neuen IDS-Standards und entsprechender APIs erfolgen.

Um alphanumerische Daten in einem BIM-Modell effektiv bearbeiten zu können, sind spezifische BIM-Datenverarbeitungs- und BIM-Modellierungsoptionen notwendig. Zudem können geeignete Funktionen auf einer BIM-Kollaborationsplattform oder Schnittstellen von herkömmlichen Datenverarbeitungsprogrammen zur BIM-Software von Nutzen sein. Zurzeit gibt es einige Software auf dem Markt, wie zum Beispiel Blender BIM oder US BIM Editor, mit denen neben den Merkmalen auch die Geometrie der Modellelemente von IFC-Dateien ebenfalls bearbeitet werden können. Ob jedoch die Bearbeitung einer IFC-Datei im Sinne der Wahrhaftigkeit sinnvoll bzw. zulässig ist, wäre zu überlegen.

Einige Eigenschaften des Gleitkomma-Datentyps werden automatisch von der BIM-Autorensoftware berechnet und basieren auf einer internen Methode der Software. Die Berechnungsmethoden sind je nach Softwarehersteller festgelegt und können variieren. Das Vorhandensein dieser Eigenschaften wurde vom Normungsinstitut als Voraussetzung über den ASI-Merkmalsserver festgelegt. Die Berechnungsmethoden dieser Werte in BIM-Software sind ausschließlich Sache der Software und können nicht durch das Normungsinstitut bestimmt werden. Es wäre jedoch von Vorteil, wenn die Berechnungsmethoden zwischen allen BIM-Softwares vereinheitlicht würden. Ein Beispiel für solche Eigenschaften sind der "U-Wert" und

die Basismengen (Qto's), die ohne besondere Einstellungen von Benutzern aus der BIM-Autorensoftware berechnet werden können.

Es wäre wünschenswert, wenn beim Einsatz von Solibri als Prüfsoftware eine Regel existieren würde, mit der bestimmte Werte im gesamten Modell auf einen Schlag gesucht werden könnten, ohne dass dafür aufwendige Klassifizierungen oder Regelsätze aufgebaut werden müssen. Die Integration einfacher Prüfredeln in die BIM-Autorensoftware zur schnellen und einfachen Kontrolle der Modelle während des Modellierens sollte in Erwägung gezogen werden. Eine wichtige Maßnahme wäre auch die automatische Integration der erforderlichen Parameter gemäß dem ASI-Merkmalserver in die BIM-Softwarelösungen. Dies könnte ebenfalls durch die Integration des IDS-Standards und entsprechender APIs erfolgen.

9.3. Empfehlungen für die Bauwirtschaft

Der ASI-Merkmalserver in Österreich bietet durch seine Anbindung an den internationalen Property Server von Building Smart und seine laufenden Weiterentwicklungen zur Vereinheitlichung der BIM-Definitionen im Hinblick auf spezifische Anwendungsfälle einen Standard, nach dem die Qualität der in den BIM-Modellen enthaltenen Informationen z.B. bei BIM-basierten Ausschreibungen für einen durchgängigen Open BIM-Prozess sichergestellt werden kann. Sowohl Auftraggeber (Planer) als auch Auftragnehmer (Bauunternehmen) müssen sich an den ASI-Merkmalserver halten, um einen durchgängigen BIM-Prozess gewährleisten zu können.

Bereits bestehende BIM-Modelle müssen vom Bauunternehmer nicht zwingend neu modelliert werden, allerdings müssen sie zunächst im Hinblick auf allgemeingültige Standards, wie es in den Kapiteln 7 und 8 beschrieben wurde, auf ihre erwünschte Qualität geprüft werden. Dadurch können nicht nur Zeit und Kosten gespart, sondern auch fehlerfrei gearbeitet werden, da keine Datenverluste entstehen. Um die gewünschte Qualität von BIM-Modellen vor Freigabe bzw. Übernahme sicherzustellen, müssen Planer und Bauunternehmen standardisierte Qualitätsmanagementstrategien implementieren. Die Einhaltung allgemeingültiger Standards ist essenziell, um einen durchgängigen Prozess zu gewährleisten.

Das ADDIN für den ASI-Merkmalserver, welches von "freeBIM" zur Verfügung gestellt wird, sollte von Planungsbüros genutzt werden. Ebenso sollten die neu veröffentlichten BIM-Definitionen verwendet werden, um einen reibungslosen Prozess zu gewährleisten.

Um einen automatisierten Auswertungs- und durchgängigen BIM-Prozess zu ermöglichen und Kosten für Abrechnungstätigkeiten sowohl für Auftragnehmer als auch Auftraggeber zu

reduzieren, muss ein durchdachter und normstandardisierten Modellierungs- und Auswertungsleitfaden für eine nachvollziehbare BIM-Ausschreibung erstellt werden. Dieser Leitfaden sollte von allen Unternehmen umgesetzt werden können. Durch dieses Vorgehen werden kleine und mittlere Unternehmen unabhängig von ihren Ressourcen oder Größe in der Lage sein, am Vergabeverfahren teilzunehmen.

Eine reibungslose und durchgängige Umsetzung von Bauvorhaben stellt für die österreichische Bauwirtschaft nach wie vor eine große Herausforderung dar. In den kommenden Jahren werden Forscher, Normungsgremien, Planer, Auftraggeber und Auftragnehmer praxistaugliche Lösungen erproben, verbessern und beschreiben. Oftmals erfüllen BIM-Modelle, welche von Planern im Rahmen der Ausschreibung und gemäß den Anforderungen des öffentlichen Auftraggebers erstellt wurden, nicht die Erwartungen der Bauunternehmen. Daher wird eine weitere Verwendung dieser Modelle oft gehemmt. Die Überprüfung von externen Modellen auf ihre Qualität vor der Übernahme stellt weiterhin Schwierigkeiten dar, da es bisher keinen einheitlichen und allgemeingültigen Standard für BIM-basierte Ausschreibungen gibt.

Da diese Problematik äußerst komplex ist, haben große Bauunternehmen eigene spezifische Lösungen entwickelt, die hauptsächlich auf intern entwickelte Unternehmensstandards zurückgreifen. Die BIM-basierte Abrechnung, die das Mengenermittlungsverfahren nach Werksvertragsnormen aufrechterhält, stellt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit begrenzten personellen und technischen Ressourcen einen Wettbewerbsnachteil und ein signifikantes Hindernis für die Teilnahme an Ausschreibungen dar. Denn hierfür sind spezielle Softwarelösungen und entsprechend geschultes Personal erforderlich. Durch dieses Vorgehen werden die Grundgedanken des Bundesvergabegesetzes verletzt, die Gleichbehandlung für alle Bewerber und Bieter sowie die Einbeziehung kleiner und mittlerer Unternehmen in den Vergabeprozess fordern.

Zusammenfassung

Generell scheinen die BIM-Arbeitsbedingungen in Österreich ungünstiger zu sein als in Deutschland oder Skandinavien. Bei Medienberichten über laufende Bauprojekte wird häufig über steigende Kosten und Projektverzögerungen gesprochen, obwohl BIM mittlerweile in der Branche weit verbreitet ist. Führende BIM-Unternehmen mit entsprechender Branchenerfahrung erstellen ihre eigenen BIM-Modelle, um die erwünschten Ergebnisse zu gewährleisten. Die Übertragung von Modellen zwischen der Planung und der Ausführung bleibt weiterhin ein großes Hindernis. Bauunternehmen haben begonnen, BIM-Modelle jedes einzelnen Projekts unter Verwendung interner Standards neu zu modellieren, anstatt sie vom ursprünglichen Modellersteller im Rahmen eines durchlaufenden BIM-Prozesses zu übernehmen. Diese Herangehensweise erfordert nicht nur erhebliche Zeit- und Kosten, sondern birgt auch ein hohes Fehler- und Datenverlustrisiko. Jedoch sind nicht alle Unternehmen groß genug oder verfügen über ausreichende Ressourcen, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Dieser Prozess verstößt gegen die Grundprinzipien des Bundesvergabegesetzes, welches die Gleichbehandlung aller Bewerber und Bieter sowie die Beteiligung von kleinen und mittelständischen Unternehmen am Vergabeverfahren vorschreibt. Die Durchführung von Planung und Ausführung mit demselben Datenmodell würde eine erhebliche Verbesserung darstellen. Um die Genauigkeit von BIM-Modellen in Bezug auf die verfügbaren Daten zu gewährleisten und um Missverständnisse und sich überschneidende Definitionen zu vermeiden, sind branchenweite BIM-Definitionen für BIM-Elemente und entsprechende Qualitätssicherungsmaßnahmen erforderlich. Ein durchgängiger BIM-Prozess zwischen Planer AG und Ausführer AN ist nur dann gewährleistet, wenn die Qualität der im BIM-Modell enthaltenen Elemente hinsichtlich ihrer Geometrie und der darin enthaltenen Informationen auf Basis der definierten Anwendungsfälle sichergestellt ist.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde ein mögliches Framework entwickelt, um die Informationsqualität des BIM-Modells im Hinblick auf definierte Anwendungsfälle für einen durchlaufenden BIM-Prozess zu gewährleisten. Es ist notwendig, zunächst einen neutralen Standard festzulegen (z.B. IFC oder ASI-Merkmalserver), der die Definitionen der BIM-Elemente standardisiert und einen reibungslosen Open-BIM Prozess ermöglicht. Basierend auf den festgelegten BIM-Anwendungsfällen werden die Mindestinformationsanforderungen gemäß diesem neutralen Standard (ASI-Merkmalserver) festgelegt. Die Ergebnisse dieser Schritte sollten bereits im AIA und BAP für Open-BIM-Projekte definiert und festgelegt werden. Der ASI-Merkmalserver bietet mit seinen laufenden Weiterentwicklungen hier die

Möglichkeit, basierend auf den festgelegten BIM-Anwendungsfällen entsprechende Mindestinformationsanforderungen elementweise festzulegen. Da die BIM-basierte Ausschreibung als Anwendungsfall für diese Arbeit fixiert wurde, wird der ASI-Merkmalserver im Rahmen dieser Arbeit analysiert und mit der LB-HB verglichen. Daraus konnten mögliche Verbesserungspotenziale für den ASI-Merkmalserver abgeleitet werden, welche im Rahmen von Interviewterminen mit Experten aus dem AIT diskutiert und kommentiert wurden. Basierend auf diesen Analysen wurden Merkmallisten erstellt, die als Mindestanforderungen für BIM-basierte Ausschreibungen dienen könnten. Um die Qualität des BIM-Modells auf Basis der definierten Mindestinformationsanforderungen prüfen und sicherstellen zu können, müssten Qualitätssicherungsworkflows entwickelt werden.

Ein mögliches Framework hierfür wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit vorgestellt. Damit kann ein reibungsloser Arbeitsablauf zwischen Planern und Auftragnehmern hinsichtlich der für die angestrebten BIM-Anwendungsfälle erforderlichen Informationen gewährleistet werden. Dieses Framework wurde in Bezug auf die BIM-basierte Ausschreibung als definierter Anwendungsfall für diese Arbeit an sechs Fallstudien, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung durchgeführt wurden, umgesetzt. Es wurde festgestellt, dass keine der untersuchten Fallstudien die im Rahmen dieser Diplomarbeit definierten Mindestanforderungen vollständig erfüllt hat. Somit wird deutlich, dass Qualitätssicherungsprinzipien vor Modellübergaben oder -übernahmen von äußerster Bedeutung sind, um durchgängige BIM-Prozesse und reibungslose Zielverwirklichungen sicherzustellen.

Die geometrischen Anforderungen für BIM-basierte Ausschreibung scheinen in Österreich jedoch weiterhin ein großes Problem zu darstellen. Der Hauptgrund dafür sind die Diskrepanzen zwischen den Abrechnungsregeln und den geometrischen Klassifizierungen nach den österreichischen Normen und Regelwerken und die Möglichkeiten der dreidimensionalen Modellierung in BIM-Autoren Software. Eine Erneuerung der Ausschreibungsnormen wäre hier anzudenken. Diese wurden im Zuge der Literaturrecherche in dieser Diplomarbeit beschrieben, um die Problemstellung zu erläutern. Eine genauere Analyse ist jedoch nicht Gegenstand dieser Diplomarbeit, da dieses Thema den Forschungsrahmen dieser Arbeit überschreitet. Der neue ASI-Merkmalserver stellt eine ausgezeichnete Grundlage dar, um standardisierte Informationen für spezifische Anwendungsfälle zu definieren. Dadurch wird sichergestellt, dass ein reibungsloser BIM-Prozess gewährleistet wird. Die definierten Eigenschaften für den jeweiligen Anwendungsfall können als Mindeststandard angesehen werden. Um eine reibungslose Freigabe bzw. Übergabe des BIM-Modells im Rahmen eines Open BIM Prozesses zu gewährleisten, ist es unerlässlich, die Qualität der betroffenen Modelle

mittels Qualitätssicherungsprinzipien sicherzustellen. Wie in Tabelle 27 aufgelistet, wurde als Schlussfolgerung für die in dieser Arbeit durchgeführten Literaturrecherche, Analysen und Qualitätssicherungsmaßnahmen Empfehlungen für alle am Bauen Beteiligten definiert.

Tabelle 27: Tabelle der Maßnahmen und Empfehlungen

	Normierung	Software Developer	Bauwirtschaft
Geometrische Klassifizierung	<p>Die Interpretation der geometrischen Klassifizierung der BIM-Elemente nach den Anforderungen der LB-HB und der Werkvertragsnormen stellt eine große Herausforderung dar, wie in Kapitel 4.2.1 behandelt. Die Klassifizierung der BIM-Elemente nach diesen Anforderungen mit den vorhandenen Werkzeugen der BIM-Software ist ohne aufwändige Workarounds nicht möglich.</p> <p>> Eine entsprechende Anpassung der österreichischen Normen und Regelwerke an die verfügbaren BIM-Werkzeuge wäre anzudenken. Eine mögliche Lösung wäre, wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben, eine elementbasierte BIM-Ausschreibung durchzuführen, bei der jedes BIM-Element mit seinen Spezifikationen separat ausgeschrieben wird.</p>	<p>Zurzeit gibt es einige Software auf dem Markt, wie zum Beispiel Blender BIM oder US BIM Editor, mit denen neben den Merkmalbearbeitung auch die Geometrie der Modellelemente von IFC-Dateien ebenfalls bearbeitet werden können.</p> <p>> Ob jedoch die Bearbeitung einer IFC-Datei im Sinne der Wahrhaftigkeit sinnvoll bzw. zulässig ist, wäre zu überlegen.</p>	<p>Die BIM-basierte Abrechnung, die das Mengenermittlungsverfahren nach Werkvertragsnormen aufrechterhält, stellt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit begrenzten personellen und technischen Ressourcen einen Wettbewerbsnachteil und ein signifikantes Hindernis für die Teilnahme an Ausschreibungen dar. Denn hierfür sind spezielle Softwarelösungen und entsprechend geschultes Personal erforderlich. Durch dieses Vorgehen werden die Grundgedanken des Bundesvergabegesetzes verletzt, die Gleichbehandlung für alle Bewerber und Bieter sowie die Einbeziehung kleiner und mittlerer Unternehmen in den Vergabeprozess fordern.</p> <p>> Um einen automatisierten Auswertungs- und durchgängigen BIM-Prozess zu ermöglichen und Kosten für Abrechnungstätigkeiten sowohl für Auftragnehmer als auch Auftraggeber zu reduzieren, muss ein durchdachter und normstandardisierter Modellierungs- und Auswertungsleitfaden für eine nachvollziehbare BIM-Ausschreibung erstellt werden. Dieser Leitfaden sollte von allen Unternehmen umgesetzt werden können. Durch dieses Vorgehen werden kleine und mittlere Unternehmen unabhängig von ihren Ressourcen oder Größe in der Lage sein, am Vergabeverfahren teilzunehmen. In den kommenden Jahren wird von Forscher, Normungsgremien, Planer, Auftraggeber und Auftragnehmer erwartet praxistaugliche Lösungen zu erproben, verbessern und festzulegen.</p>
Alphanumerische/Geometrische Daten	<p>Die geometrischen Informationen der IFC-Elemente werden entsprechend der tatsächlich ausgeführten Mengen als Brutto- und Nettomengen an das Ausschreibungsprogramm übergeben. Die automatisierte und modellbasierte Mengenermittlung erfolgt somit ausschließlich auf Basis von Brutto- oder Nettomengen. Dies führt dazu, dass die Abrechnungsmengen nach Werkvertragsnormen nicht mit den Netto- oder Bruttomengen der IFC-Elemente übereinstimmen. Um die Abrechnungsregeln gemäß den Werkvertragsnormen zu berücksichtigen, ist ein zeitaufwendiger Prozess notwendig. Aus diesem Grund wird in der ÖNorm A 6241-2 darauf hingewiesen, dass auf die Abrechnungsregeln der Werkvertragsnormen verzichtet werden kann und stattdessen nach den tatsächlich ausgeführten Mengen abgerechnet werden kann, sobald das vertraglich vereinbart wurde.</p> <p>> Es wird daher empfohlen, über eine Erneuerung der bestehenden Abrechnungsregeln und Ausschreibungsnormen nachzudenken. Eine mögliche Lösung wäre, wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben, eine elementbasierte BIM-Ausschreibung durchzuführen, bei der jedes BIM-Element mit seinen Spezifikationen separat und basierend auf seine Nettomengen ausgeschrieben wird.</p>	<p>Um alphanumerische Daten in einem BIM-Modell effektiv bearbeiten zu können, sind spezifische BIM-Datenverarbeitungs- und BIM-Modellierungsoptionen notwendig. Zudem können geeignete Funktionen auf einer BIM-Kollaborationsplattform oder Schnittstellen von herkömmlichen Datenverarbeitungsprogrammen zur BIM-Software von Nutzen sein.</p> <p>> Ob jedoch die Bearbeitung einer IFC-Datei im Sinne der Wahrhaftigkeit sinnvoll bzw. zulässig ist, wäre zu überlegen.</p> <p>Einige Eigenschaften des Gleitkomma-Datentyps werden automatisch von der BIM-Autorenssoftware berechnet und basieren auf einer internen Berechnungsmethode der Software. Die Berechnungsmethoden sind je nach Softwarehersteller festgelegt und können variieren. Das Vorhandensein dieser Eigenschaften wurde vom Normungsinstitut als Voraussetzung über den ASI-Merkmalserver festgelegt.</p> <p>> Die Berechnungsmethoden dieser Werte in BIM-Software sind ausschließlich Sache der Software und können nicht durch das Normungsinstitut bestimmt werden. Es wäre jedoch von Vorteil, wenn die Berechnungsmethoden zwischen allen BIM-Softwares vereinheitlicht würden. Ein Beispiel für solche Eigenschaften sind der "U-Wert" und die Basismengen (Oto's), die ohne besondere Einstellungen von Benutzern aus der BIM-Autorenssoftware berechnet werden können.</p>	

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ASI-Merkmalserver</p>	<p>Mit dem ASI-Merkmalserver wurden bereits erste Schritte gesetzt, um BIM-Ausschreibungen elementbasiert, statt leistungsbasiert zu definieren. Aufgrund der in Kapiteln 5 und 6 durchgeführten Analyse des ASI-Merkmalserver und der LB-HB konnte festgestellt werden, dass der ASI-Merkmalserver bereits Informationen aus der LB-HB berücksichtigt und abbildet, jedoch nicht alle.</p> <p>> Dadurch konnten im Rahmen dieser Diplomarbeit Verbesserungspotentiale für den neuen ASI-Merkmalserver definiert werden. Diese wurden, wie in Kapitel 5 sowie im Anhang C angeführt, mit Experten des AIT diskutiert und mit weiteren Kommentaren zukunftsorientiert angereichert.</p>	<p>Im Rahmen des Forschungsprojekts "freeBIM" werden fortlaufend Tools und ADDINs entwickelt, um das ASI-Merkmalserver in verschiedene BIM-Programme zu integrieren. Dies erleichtert die Anwendung der Norm in der Software und verbessert sie gegebenenfalls weiter.</p> <p>> Es wird jedoch empfohlen, ähnliche Tools für Prüfungssoftware zu berücksichtigen, um beispielsweise automatisch Prüfregele zu erstellen. Eine mögliche Umsetzung hierfür könnte durch die Integration des neuen IDS-Standards und entsprechender APIs erfolgen.</p> <p>> Eine weitere wichtige Maßnahme wäre die automatische Integration der erforderlichen Parameter gemäß dem ASI-Merkmalserver in die BIM-Softwarelösungen. Dies könnte durch die Integration des neuen IDS-Standards und entsprechender APIs erreicht werden.</p>	<p>Der ASI-Merkmalserver in Österreich bietet durch seine Anbindung an den internationalen Property Server von Building Smart und seine laufenden Weiterentwicklungen zur Vereinheitlichung der BIM-Definitionen im Hinblick auf spezifische Anwendungsfälle einen Standard, nach dem die Qualität der in den BIM-Modellen enthaltenen Informationen z.B. bei BIM-basierten Ausschreibungen für einen durchgängigen Open BIM-Prozess sichergestellt werden kann.</p> <p>> Die ADDINs für den ASI-Merkmalserver, welche von "freeBIM" zur Verfügung gestellt werden, sollten von Planungsbüros genutzt werden. Ebenso sollten die neu veröffentlichten BIM-Definitionen verwendet werden, um einen reibungslosen Prozess zu gewährleisten. Sowohl Auftraggeber (Planer) als auch Auftragnehmer (Bauunternehmen) müssen sich an den ASI-Merkmalserver halten, um einen durchgängigen BIM-Prozess gewährleisten zu können.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Qualitätssicherung</p>	<p>> Es wird empfohlen, einen standardisierten Qualitätssicherungs-Workflow zu entwickeln, um die Konformität von BIM-Modellen mit der Norm zu überprüfen. Ein mögliches Rahmenwerk für einen solchen Ansatz wurde in den Kapiteln 7 und 8 detailliert dargestellt und anhand von Fallstudien umgesetzt.</p>	<p>> Es wäre wünschenswert, wenn beim Einsatz von Solibri als Prüfsoftware eine Regel existieren würde, mit der bestimmte Werte im gesamten Modell auf einen Schlag gesucht werden könnten, ohne dass dafür aufwendige Klassifizierungen oder Regelsätze aufgebaut werden müssen.</p> <p>> Die Integration einfacher Prüfregele in die BIM-Autorensoftware zur schnellen und einfachen Kontrolle der BIM-Modelle während des Modellierens sollte in Erwägung gezogen werden.</p>	<p>> Um die gewünschte Qualität von BIM-Modellen vor Freigabe bzw. Übernahme sicherzustellen, müssen Planer und Bauunternehmen standardisierte Qualitätsmanagementstrategien implementieren. Die Einhaltung allgemeingültiger Standards ist essenziell, um einen durchgängigen Prozess zu gewährleisten.</p> <p>> Das in den Kapiteln 7 und 8 entwickelte und umgesetzte Qualitätssicherungsverfahren könnte auf dem ASI-Merkmalserver basieren und von Planern und Baufirmen vor der Übergabe bzw. Übernahme eines BIM-Modells angewendet werden, um die vereinbarte Qualität des Modells sicherzustellen.</p> <p>> Bereits bestehende BIM-Modelle müssen vom Bauunternehmer nicht zwingend neu modelliert werden, allerdings müssen sie zunächst im Hinblick auf allgemeingültige Standards, wie es in den Kapiteln 7 und 8 beschrieben wurde, auf ihre erwünschte Qualität geprüft werden. Dadurch können nicht nur Zeit und Kosten gespart, sondern auch fehlerfrei gearbeitet werden, da keine Datenverluste entstehen.</p>

Obwohl BIM bereits in der Planungsphase weite Verbreitung findet, wird es bei der Ausschreibung bislang nur in wenigen Pilotprojekten eingesetzt. Die kommenden Jahre werden von Forschern, Normungsgremien, Planern, Auftraggebern und Auftragnehmern dem Testen, Verbessern und Beschreiben praxistauglicher Lösungen gewidmet sein. In Zukunft wird BIM von öffentlichen Auftraggebern erwartet, um Innovationen im gesamten Bausektor zu fördern. Dank der in den letzten Jahren verbesserten und weiterentwickelten Softwareprodukte sind die meisten technischen Voraussetzungen bereits gegeben. Es sind lediglich einige Anpassungen sowie zukünftige Methodenanpassungen erforderlich. Für die Implementierung von Methoden und Prozessen ist die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft, Forschung und Softwareentwicklern unerlässlich. Damit die Baubranche ihre Digitalisierungsreise konsequent vorantreiben kann, sind neben neuen Technologien auch neue rechtliche Grundlagen, Richtlinien, Standards und Normen für BIM-basierte Ausschreibungen erforderlich.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sechs Fallstudien für Prüfungszwecke zur Verfügung stellen	3
Abbildung 2 : Herangehensweise & Methodik	6
Abbildung 3: Nutzung des Building Information Model während des gesamten	10
Abbildung 4: BIM-Levels & - Dimensionen	13
Abbildung 5: Entstehung des LOD	16
Abbildung 6: Symbolbilder für die Beschreibung der LOD	17
Abbildung 7: Koordinationsmodell und seine Teilmodelle	21
Abbildung 8: Verbindung zwischen BIM-Software	22
Abbildung 9: Veröffentlichungsreihenfolge der internationalen Standards	23
Abbildung 10: Qualitätsmanagement als einen Bestandteil des Regelkreises digitaler Projekt- oder Firmensetups	27
Abbildung 11 Fachbereichsübergreifende Koordination von Fachmodellen (FaM) und Zusammenwirken von Dokumentenmanagementsystem und Koordinationsmodell	29
Abbildung 12: Prozessworkflow für BIM-Qualitätsmanagement	30
Abbildung 13: Komponenten von BMC-Systemen	32
Abbildung 14: Logik von BMC	33
Abbildung 15: Unterscheidung der BIM-Nutzungsarten),.....	36
Abbildung 16: Zusammenhang zwischen internationalen, europäischen und nationalen	38
Abbildung 17: Zusammenhang zwischen Informationsschema und BIM-Modell	39
Abbildung 18: bSDD als Klassifizierungsserver	41
Abbildung 19: BCF- und IFC-Austausch zwischen verschiedene BIM-Software	43
Abbildung 20: IDS-Workflow.	44
Abbildung 21: Merkmalsserver als gemeinsame Datenbasis in Open BIM-projekten	48
Abbildung 22: Ausschreibung und Vergabe als Schnittstelle zwischen Planung und Baudurchführung	50
Abbildung 23: Planungsphasen und Gliederungssysteme	51
Abbildung 24: Gliederungssysteme nach ÖNorm B 1801-1:2022-03	52
Abbildung 25: Zuordnung von BIM-Elementen der entsprechenden Position	57
Abbildung 26: Validierungsprozess zur Genehmigung der resultierenden Ergebnisse	63
Tabelle 1: ASI-Merkmale der LG07	66
Tabelle 2: IFC-Definitionen und -Psets für Beton- und Stahlbetonelementen	68
Tabelle 3: IFC-Definitionen und -Psets der Wandelemente	69
Tabelle 4: IFC-Definitionen und -Psets der Stützelemente	70

Tabelle 7: String-Parameter mit standardisierten Optionensets	73
Abbildung 27: ASI-Merkmalserver und Informationsanforderung durch IDS.....	75
79	
Abbildung 28: Beispiel für die positionsweise Ableitung der Merkmale	79
(LBH-Position: 070201E)	79
Abbildung 29:Beispiel für die positionsweise Ableitung der Merkmale (LBH-Position: 070201T)	80
Abbildung 30: Gegenüberstellung der Abgeleiteten LB-HB Merkmale und ASI-Merkmale für Wände	84
Abbildung 31:Gegenüberstellung der abgeleiteten LB-HB Merkmale und ASI-Merkmale für Decken	85
Abbildung 32: Gegenüberstellung der abgeleiteten LB-HB Merkmale und ASI-Merkmale für Stützen	86
Abbildung 33: Macro BMC-Workflow für Qualitätssicherung der BIM-Modelle.....	92
Abbildung 34: BMC-Workflow für die Übereinstimmung der Informationen mit einem festgelten Standard	96
Abbildung 35: Gliederung der Prüfregele nach LB-HB-Gliederung	109
Abbildung 36: Aufbau der Prüfregele in Solibri	110
Abbildung 37: Legende für die Klassifizierung der Prüfergebnisse	111
Abbildung 38: Wandelemente in Fallstudie 1	112
Abbildung 39: Stützelemente in Fallstudie 1	114
Abbildung 40: Deckenelemente in Fallstudie 1	115
Abbildung 41: Wandelemente in Fallstudie 2	117
Abbildung 42: Stützelemente in Fallstudie 2	118
Abbildung 43: Deckenelemente in Fallstudie 2	120
Abbildung 44: Wandelemente in Fallstudie 3	121
Abbildung 45: Stützelemente in Fallstudie 3	123
Abbildung 46: Deckenelemente in Fallstudie 3	125
Abbildung 47: Wandelemente in Fallstudie 4	126
Abbildung 48: Stützelemente in Fallstudie 4	128
Abbildung 49: Deckenelemente in Fallstudie 4	129
Abbildung 50: Wandelemente in Fallstudie 5	131
Abbildung 51: Stützelemente in Fallstudie 5	133
Abbildung 52: Deckenelemente in Fallstudie 5	135

Abbildung 53: Fallstudie 6	137
Abbildung 54: Gradient-Legende für untersuchte Fallstudien	138
Abbildung 55: Legende der durchgeführten Prüfungen	138
Abbildung 56: Vergleich der Prüfergebnisse für Wandelementen der fünf Fallstudien	139
Abbildung 57: Vergleich der Prüfergebnisse für Stützelemente der fünf Fallstudien	141
Abbildung 58: Vergleich der Prüfergebnisse für Deckenelemente der fünf Fallstudien	143
Abbildung 59: Beispiel für kommunizierte Fehler in BCF	147

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ASI-Merkmale der LG07	66
Tabelle 2: IFC-Definitionen und -Psets für Beton- und Stahlbetonelementen	68
Tabelle 3: IFC-Definitionen und -Psets der Wandelemente	69
Tabelle 4: IFC-Definitionen und -Psets der Stützelemente	70
Tabelle 5: IFC-Definationen und Deckenelemente.....	71
Tabelle 6: Gliederung der Eigenschaften nach Projektphasen und Verantwortlichkeiten	72
Tabelle 7: String-Parameter mit standardisierten Optionensets	73
Tabelle 8: Bereitstellung der Wandmerkmalisten für die Prüfung	104
Tabelle 9: Bereitstellung der Stützenmerkmaliste für die Prüfung	105
Tabelle 10: Bereitstellung der Deckenmerkmaliste für die Prüfung	106
Tabelle 11: Mögliche vorkommende Werteinträge aus der Praxis	108
Tabelle 12: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 1	113
Tabelle 13: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 1	114
Tabelle 14: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 1	116
Tabelle 15: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 2	117
Tabelle 16: : Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 2	119
Tabelle 17: Prüfergebnisse der Deckenelement in Fallstudie 2	120
Tabelle 18: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 3	122
Tabelle 19: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 3	124
Tabelle 20: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 3	125
Tabelle 21: Prfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 4	127
Tabelle 22: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 4	128
Tabelle 23: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 4	130
Tabelle 24: Prüfergebnisse der Wandelemente in Fallstudie 5	132
Tabelle 25: Prüfergebnisse der Stützelemente in Fallstudie 5	134

Tabelle 26: Prüfergebnisse der Deckenelemente in Fallstudie 5	136
Tabelle 27: Tabelle der Maßnahmen und Empfehlungen	155

Literaturverzeichnis

- Anhang B: LB-HB Analyse - LG07.
- Baier, C., Díaz, J. 2017: Begriffsdefinitionen und Klassifizierung, in: Baier, C. and Franke, L., BIM-Ratgeber für Bauunternehmer: Grundlagen, Potenziale, erste Schritte: mit 82 Abbildungen und 10 Tabellen.pp 24, Köln, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co KG, pp. 24
- Baldwin, M., 2018. Der BIM-Manager. *Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement*.
- Bauzeitung I Ausgabe 07/2022
- Bauzeitung I Ausgabe 04/2023.
- Biener, E., Borrmann, A., Feiser, J., Heinemann, E., Homann, M., Jäger, W., Joeckel, R., König, M., Krings, W., Malkwitz, A. and Maurrmaier, D., 2018. *Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln*. Springer-Verlag.
- BMVi, S.D.P., 2015. Bauen. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVi), Berlin.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (eds) 2015. Building Information Modeling: Technische Grundlagen und Industrielle Praxis, 1.Aufl., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH pp 7-9.
- Borrmann, A., Berkahn, V., 2015. Grundlagen der geometrischen Modellierung. In: Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (eds) Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. VDI-Buch. Springer Vieweg, Wiesbaden. pp 15.
- Bredehorn, J., Heinz, M., Liebsch, P. & Sautter, H., 2017b. LOD / LOI – Informationen zur Detaillierungs- und Informationstiefe BIM V1.02. Ein Dokument des BIM-Praxisleitfaden 1.0.: Drees und Sommer; vrame Consult GmbH. www.BIM-blog.de. Zugegriffen 26.10.2017
- Bundesvergabe-gesetz 2018 (BVerG 2018), Fassung vom 10.11.2018.
- Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandorte, 2018.
- Carl C. E-, Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., 2023. BIMcert-Handbuch Grundlagenwissen, Buildingsmart Austria, pp 116.

- Carl C. E-, Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., 2023. BIMcert-Handbuch Grundlagenwissen, Buildingsmart Austria, pp 91.
- Carl C. E-, Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., 2023. BIMcert-Handbuch Grundlagenwissen, Buildingsmart Austria, pp 101.
- Carl C. E-, Schranz, C., Krischmann, T., Urban, H., 2023. BIMcert-Handbuch Grundlagenwissen, Buildingsmart Austria, P. 39.
- Claus, M., 2015. Building Information Modelling-Grundzüge einer open BIM Methodik für die Schweiz. *Ernst Basler+ Partner Zürich*.
- Dibon, T., 2022. BIM-kompatible Ausschreibung und Abrechnung von Bau- und Gebäudetechnikleistungen [Diploma Thesis, Technische Universität Wien]. *repositUM*. <https://doi.org/10.34726/hss.2022.8450>.
- Ellmer, H., 2019. Der holprige Weg zum Kostenvoranschlag–Sind die Steine eingebildet oder beseitigbar?, in: Hofstadler, C. (Hrsg.): Aktuelle Entwicklungen in Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht: 50 Jahre Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU-Graz, Graz: Springer Vieweg, S. 215.
- Eichler, C., 2018. „Digitalisierung der Bauplanung“ in: Goger, G. and Winkler, L., 2018. Tagungsband Kolloquium " Zukunftsfragen des Baubetriebs" und Enquete der Plattform 4.0 TU-MV Media Verlag GmbH, Wien
- Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y. & Lee, J., 2009. Automatic rule-based checking of building designs. *Automation in construction*. 18(8), pp. 1011-1033..
- Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D. and Yessios, C., 1974. An outline of the building description system. *Research Rep*, 50, p.1974.
- Fellner, T., 2018. Baubetrieb und Baumanagement Band 2,.:Hölzel Verlag. Hölzel Verlag; 1. Aufl. 2018 Edition (17. August 2018), Austria
- Fröch, G., Gächter, W., Tautschnig, A. and Specht, G., 2019. *Merkmalsserver im Open-BIM-Prozess. Bautechnik*, 96(4), pp.338.
- Fröch, G. 2017: *Merkmalsserver als Kommunikationsmittel für die Bauwirtschaft*, in: Gary, G. (Hrsg.), Rollett, H. (Hrsg.), BIM: Digitale Revolution und ihre Grenzen, 1. Aufl., Wien, Linde Verlag Ges.m.b.H., pp. 84
- Fröch, G. et al., 2015, *freeBIM-tirol und die A 6241-2 Anwendungsmöglichkeiten in: IPDC 2015, Simulation von Planungs- und Bauprozessen That's BIM!*, Innsbruck, *STUDIA Universitätsverlag* zitiert nach Fröch, G., Gächter, W., Tautschnig, A. and Specht, G., 2019. Merkmalsserver im Open-BIM-Prozess. *Bautechnik*, 96(4), pp.341.

- Goger, G., Reismann, W. and Christalon, H., 2019. *AVVA radikal-digital Schrift 14. Vergabe Vertrag Abrechnung*, Schrift 14, TU-Verlag, pp. 19
- Graupner, G. 2021, *BIM-Properties für Kalkulation und Produktneutrale Ausschreibung*, Zukunftsagentur Bau. Onlinelink: <https://www.zukunftsbau.at/digitalisierung-innovation/bim-building-information-modeling/bim2kalk-bim-properties-fuer-die-0>.
- Graupner, G., 2021-2023. BIM-PROPERTIES FÜR KALKULATION UND PRODUKTNEUTRALE AUSSCHREIBUNG. [Online] Available at: <https://www.digitalfindetstadt.at/projekte/challenges/bim-properties-fuer-die-oesterreichische-wirtschaft-die-moeglichkeit>. [Zugriff am 2023].
- Handle, O. 2017: BIM als Werkzeug der Wertschöpfungskette Bau, in: Gisela Gary (Hrsg.), Rollett, H. (Hrsg.), *BIM: Digitale Revolution und ihre Grenzen*, 1. Aufl., Wien, Linde Verlag Ges.m.b.H., S. 110.
- Heidemann, A., 2014. *Integrale Planung der TGA*. In: *Integrale Planung der Gebäudetechnik*. VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44748-2_1.
- Hemmerling, M. and Bähre, B., 2020. *Informierte Architektur: Building Information Modelling für die Architekturpraxis*. Birkhäuser. (S.60)
- Hemmerling, M. and Bähre, B., 2020. *Informierte Architektur: Building Information Modelling für die Architekturpraxis*. Birkhäuser. (S.56)
- Hemmerling, M. and Bähre, B., 2020. *Informierte Architektur: Building Information Modelling für die Architekturpraxis*. Birkhäuser. (S.29)
- Hjelseth, E., 2015. *Foundations for BIM-based model checking systems*. Norwegian University of Life Sciences.
- Hjelseth, E., 2015. BIM-based model checking (BMC). *Building Information Modeling–Applications and Practices*, pp.33-61.
- Hjelseth, E. & Nisbet, N., 2010. *Overview of concepts for model checking*. s.l., Proceedings of the CIB W.
- Horner, C., 2018. *BIM kompakt: Teilmodelle verstehen und nutzen*. Austrian Standards plus Publishing.(S 36).
- <https://www.bmaw.gv.at/Services/Bauservice/LB-HB-022-PDF.html>
- <https://www.bmaw.gv.at/Services/Bauservice/Hochbau.html>
- <https://www.bimpedia.eu/artikel/1352-qualitaetsmanagement-in-bim>
- <https://www.bimpedia.eu/artikel/1617-anwendungsfaelle-der-bim-methode>

- <https://www.oia.v.at/2023/06/schrift-02-der-agoeag-bim-anwendungsfaelle-oeffentlicher-auftraggeber/>
- ISO (2018a), “BS EN ISO 19650-1: organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – information management using building information modelling: Part 1: concepts and principles (ISO copyright office)”.
- Jacob, D., Stuhr, C. and Winter, C., 2018.: Strategien und Kalkulation, in: Oehmichen, M. (Hrsg.): Kalkulieren im Ingenieurbau: Strategie – Kalkulation – Controlling, 3. Aufl., Freiberg: Springer Vieweg, S. 6.
- Kochendörfer, B., Liebchen, J. H. & Viering, M. G., 2006. *Bau-Projekt-Management (German Edition): Grundlagen und Vorgehensweisen (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft)*. s.l.: Springer Vieweg, pp 107
- McGraw-Hill Construction, 2012. Construction industry workforce shortages: Role of certification, training and green jobs in filling the gaps. *Smart Market Report*.
- NBIMS-US, »National BIM Standard United States Version 3,« National Institute of Building Sciences, Washington DC, USA, 2012. [Online]. Available: <http://www.nationalbimstandard.org/>. [Zugriff am 22.02.2016].
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM A 2063-2:2021 Berücksichtigung der Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) Level 3.
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM A 6241-2:2015: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM.
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 1801-1:2022-03: *Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objektterrichtung*.
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM B 1801-1:2015: *Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objektterrichtung*.
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM A 2050, 2006-11-01: *Vergabe von Aufträgen über Leistungen - Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm* pp 4
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM A 6241-1:2015: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) – Level 2
- Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 29481-1, 2018: *Bauwerksinformationsmodelle – Handbuch der Informationslieferungen Teil 1: Methodik und Format*, pp 12.

- ÖNORM A 2063-2.
- ÖNORM A 6241-1, 2015; Digitale Bauwerksdokumentation Teil 1: CAD-Datebstruktur und Building information Modeling.
- ÖNORM A 6241-2, 2015: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) des Austrian Standards Institute
- ÖNORM EN ISO 29481-1, 2018: Bauwerksinformationsmodelle - Handbuch der Informationslieferungen Teil 1: Methodik und Format.
- ÖNORM EN ISO 29481-1:2018: Bauwerksinformationsmodelle - Handbuch der Informationslieferungen Teil 2: Interaction framework
- ÖNORM EN ISO 19650-1, 2018: Organization of information about construction works - Information management using build information modelling Part 1: Concepts and principles.
- ÖNORM EN ISO 19650-2, 2018: Organization of information about construction works - Information management using build information modelling Part 2: Delivery phase of the assets.
- ÖNORM EN ISO 16739:2017: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.
- Plandata Datenverarbeitungs GmbH: LOD - Level Of Development, https://www.bimpedia.eu/node/1005#level_of_development_%E2%80%93_lod, abgerufen am 10.12.2018,
- Plettenbacher, W., Stopfer, M. and Nowotny, K., 2014. Handbuch Anti-Claim-Management: Verhindern und Abwehren von Mehrkosten am Bau. Linde, 1. Aufl., Wien: Linde, S. 91.
- Schapke, S.E. Beetz, J. König, M. Koch, C., Borrmann, A. 2015: Kooperative Datenverwaltung, . In: Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (eds) Building Information Modeling: Technische Grundlagen und Industrielle Praxis, 1.Aufl., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 214.
- Schapke, S.E. Beetz, J. König, M. Koch, C., Borrmann, A. 2015: Kooperative Datenverwaltung, in: Jakob Beetz (Hrsg.), Building Information Modeling: Technische Grundlagen und Industrielle Praxis, 1.Aufl., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 212-215.
- Sei, S., 2019. Development of model checking rules for validation and content checking. WIT Transactions on The Built Environment, , Band 192, pp. .245-253.

- Treeck, C., Elixmann, R., Rudat, K., Hiller, S., Herkel, S., Berger, M., 2016. *Building Information Modeling. Gebäude. Technik. Digital.* S.7-90.
- Tuschy, S., 2014. Building Information Modeling (BIM)–Eine bisher weitgehend unbekannte Größe in der TGA. *Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung, o. Jg*, pp.88-91.
- Zucker, G., 2020-2021. BIM Properties für die österreichische Wirtschaft, AIT Austrian Institute of Technology GmbH. [Online] Available at: <https://www.digitalfindetstadt.at/projekte/challenges/bim-properties-fuer-die-oesterreichische-wirtschaft> [Zugriff am 2021].
- §20, Abs. 8, BVergG. 2018.
- §20, Abs. 1, BVergG. 2018

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Merkmalbeschreibung nach ASI-Merkmalserver

- Außenbauteil:
„Angabe, ob dieses Bauteil ein Außenbauteil ist (JA) oder ein Innenbauteil (NEIN).
Als Außenbauteil grenzt es an den Außenraum (oder Erdreich, oder Wasser).“
- Bauteiltyp:
„Bezeichnung zur Zusammenfassung gleichartiger Bauteile zu einem Bauteiltyp (auch Konstruktionstyp genannt). Alternativ zum Namen des "Typobjekts", insbesondere wenn die Software keine Typen unterstützt.“
- Feuerwiderstandsklasse:
„Feuerwiderstandsklasse gemäß der nationalen oder regionalen Brandschutzverordnung.“
- Status:
„Status bzw. Phase des Bauteils insbesondere beim Bauen im Bestand. "Neu" (new) neues Bauteil als Ergänzung, "Bestand" (existing) bestehendes Bauteil, das erhalten bleibt, "Abbruch" (demolish) Bauteil, das abgebrochen wird, "Temporär" (temporary) Bauteil und andere Bauelemente, die vorübergehend eingebaut werden (wie Abstützung, etc.)“
- Tragendes Bauteil:
„Angabe, ob dieses Bauteil tragend ist (JA) oder nichttragend (NEIN)“
- U-Wert:
„Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Materialschichten. Hier der Gesamtwärmedurchgangskoeffizient des Bauteils (für alle Schichten).; gibt die Energiemenge an, die pro Sekunde durch eine Fläche von 1 m² fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen stationär um 1 K unterscheiden; Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstands.“
- Ausführung:
„Angabe, ob dieses Betonbauteil als Ortbeton ("In-Situ") oder als Fertigteil ("Precast") ausgeführt werden soll.“
- Baustahlfestigkeit:
“Classification of the reinforcement strength in accordance with the concrete design

code which is applied in the project. The reinforcing strength class often combines strength and ductility.”

- **Betonfestigkeitsklasse:**
„Klassifikation der Betonfestigkeit gemäß der aktuellen, im Projekt angewandten, Norm.“
- **Bewehrungsgrad Volumen:**
„Klassifikation der Betonfestigkeit gemäß der aktuellen, im Projekt angewandten, Norm.“
- **Expositionsklasse:**
„Klassifikation der Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen und physikalischen Einwirkungen gemäß der aktuellen, im Projekt angewandten, Norm.“
- **Bauteilkurzbezeichnung:**
„Angabe der Bauteilkurzbezeichnung gem. projektspezifischem Bauteilkatalog (z.B. IW03, FB01, FE01, D02).“
- **Erdberührendes Element:**
„Angabe, ob dieses Bauteil erdberührend ist (JA), oder nicht (NEIN).“
- **Typ Sonderelement:**
„Angabe von Sonderformen und Sonderbauteilen z.B. Krümmung, Neigung, Wandkrone, Köcherfundament, Hohldielendecke etc. Definition der möglichen Eingaben erfolgt in der AIA und im BAP“
- **Bauteilaktivierung:**
„Angabe, ob dieses Betonbauteil thermisch aktiviert ist (JA), oder nicht (NEIN).“
- **Betonkurzbezeichnung:**
„Angabe der Betonkurzbezeichnung gem. ÖNORM B 4710-1“
- **Sichtbeton:**
„Angabe, ob dieses Betonbauteil Anforderungen an die Sichtqualität hat (JA), oder nicht (NEIN).“

- Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung:
„Das Verhältnis von Baustahlmatten in Bezug zur Gesamtbewehrung. Werte zwischen "0" (keine Stahlmatten) und "1" (ausschließlich Stahlmatten)“
- Bruttofläche:
 - *Wandspezifisch*: „Ansichtsfläche der Wand, gemessen als Schnittfläche an der Mittellinie der Wand. Alle Öffnungen dieser Fläche werden übermessen.“
 - *Deckenspezifisch*: „Fläche der Decke (Ansichtsfläche, nicht projizierte oder Mantelfläche). Alle Öffnungen werden übermessen. Der Wert wird nur angegeben, wenn die Decke eine konstante Dicke hat.“
- Nettofläche:
 - *Wandspezifisch*: „Ansichtsfläche der Wand, gemessen als Schnittfläche an der Mittellinie der Wand. Alle Öffnungen dieser Fläche werden abgezogen.“
 - *Deckenspezifisch*: „Fläche der Decke (Ansichtsfläche, nicht projizierte oder Mantelfläche). Alle Öffnungen werden abgezogen. Der Wert wird nur angegeben, wenn die Decke eine konstante Dicke hat.“
- Bruttovolumen:
 - *Wandspezifisch*: „Bruttovolumen der Wand. Alle Öffnungen werden übermessen.“
 - *Stützenspezifisch*: „Volumen der Stütze. Alle Öffnungen und Aussparungen werden übermessen.“
 - *Deckenspezifisch*: „Bruttovolumen der Decke. Alle Öffnungen werden übermessen.“
- Nettovolumen:
 - *Wandspezifisch*: „Nettovolumen der Wand. Es wird die geometrische Berechnung für das Nettovolumen herangezogen. Alle Öffnungen werden abgezogen.“
 - *Stützenspezifisch*: „Volumen der Stütze. Alle Öffnungen und Aussparungen werden abgezogen.“
 - *Deckenspezifisch*: „Nettovolumen der Decke. Alle Öffnungen werden abgezogen.“

- Brandabschnittsdefinierendes Bauteil:
 - *Wand- und Deckenspezifisch*: „Angabe, ob dieses Bauteil einen Brandabschnitt begrenzt (JA), oder nicht (NEIN).“
- Brandverhalten:
 - *Wand- und Deckenspezifisch*: „Ausführungsplanung Brandverhalten - Klassifizierung des Brandverhaltens des in Verkehr gebrachten Produktes nach EN 13501-1 und den in EN 15715 angegebenen Regeln für Einbau und Befestigung“
- Brennbares Material:
 - *Wand- und Deckenspezifisch*: „Angabe, ob das Bauteil brennbares Material enthält (JA) oder nicht (NEIN).“
- Raumhohe Wand:
 - *Wandspezifisch*: „Angabe, ob diese Wand raumhoch ist (JA), oder nicht (NEIN).“
- Schallschutzklasse:
 - *Wand- und Deckenspezifisch*: „Schallschutzklasse gemäß der nationalen oder regionalen Schallschutzverordnung.“
- Neigungswinkel:
 - *Stützenspezifisch*: „Neigungswinkel der Stütze relative zur Horizontalen (0 Grad). Dieser Parameter wird zusätzlich zur geometrischen Repräsentation bereitgestellt. Im Fall der Inkonsistenz zwischen dem Parameter und der Geometrie hat die geometrische Repräsentation Priorität. Dieser Parameter ist für CAD Software write-only.“
- Dachflächenneigung:
 - *Deckenspezifisch*: „Neigungswinkel der Decke gegenüber der Horizontalen wenn es sich um eine Dachfläche handelt. Angabe 0 Grad definiert eine horizontale Fläche. Dieser Parameter wird zusätzlich zur geometrischen Repräsentation bereitgestellt. Im Fall der Inkonsistenz zwischen dem Parameter und der Geometrie hat die geometrische Repräsentation Priorität.“

- Bruttogrundfläche:
 - *Wandspezifisch*: „Grundfläche oder Konstruktionsfläche der Wand. Öffnungen, wie von Türen, werden übermessen.“
- Dicke:
 - *Wandspezifisch*: „Dicke der Wand. Der Wert wird nur angegeben, wenn die Dicke konstant ist.“
 - *Deckenspezifisch*: „Dicke der Decke, der Wert wird nur angegeben, wenn er konstant ist.“
- Höhe:
 - *Wandspezifisch*: „Höhe der Wand. Der Wert wird nur angegeben, wenn die Höhe konstant ist.“
- Länge:
 - *Wandspezifisch*: „Länge der Wand entlang der Mittellinie der gesamten Wand.“
 - *Stützenspezifisch*: „Physikalische Länge der Stütze ohne Berücksichtigung von Abschrägungen, Ausklinkungen, und ähnliches.“
 - *Deckenspezifisch*: „Länge der Decke (einer der beiden Abmaße in der parallelen Draufsicht auf die Decke). Wird nur bei rechteckigen Decken angegeben.“
- Nettogrundflächen:
 - *Wandspezifisch*: „Grundfläche oder Konstruktionsfläche der Wand. Öffnungen, wie von Türen, werden abgezogen.“
- Mantelfläche:
 - *Stützenspezifisch*: „Mantelfläche der Stütze, die Querschnittsfläche am Anfang und Ende der Stütze wird nicht berücksichtigt.“
- Nettooberfläche:
 - *Stützenspezifisch*: „Nettooberfläche der Stütze, alle Öffnungen und Aussparungen werden von der Mantelfläche abgezogen.“
- Querschnittsfläche:
 - *Stützenspezifisch*: „Querschnittsfläche der Stütze.“

- Breite Profil:
 - *Stützenspezifisch*: „Physikalische Breite des Stützenprofils ohne Berücksichtigung von Abschrägungen, Ausklinkungen, und ähnliches“
- Tiefe Profil:
 - *Stützenspezifisch*: „Physikalische Tiefe des Stützenprofils ohne Berücksichtigung von Abschrägungen, Ausklinkungen, und ähnliches“
- Durchmesser:
 - *Stützenspezifisch*: „Durchmesser der Stütze“
- Breite:
 - *Deckenspezifisch*: „Breite der Decke (einer der beiden Abmaße in der parallelen Draufsicht auf die Decke). Wird nur bei rechteckigen Decken angegeben.“
- Umfang:
 - *Deckenspezifisch*: „Umfang der Decke, der Wert wird nur angegeben, wenn die Decke eine konstante Dicke hat.“
- Oberseite geneigt:
 - *Deckenspezifisch*: „Neigung Oberseite - gibt an, ob die Oberseite zur Horizontalen geneigt ist (JA) oder nicht (NEIN).“
- Unterseite geneigt:
 - *Deckenspezifisch*: „Neigung Unterseite - gibt an, ob die Unterseite zur Horizontalen geneigt ist (JA) oder nicht (NEIN)“

Anhang B: LB-HB-Analyse – LG07

LB-HB Analyse - LG07 (Abeitung der elementbasierten Merkmale)		
laufende Nr. für die Nachvollzie- barkeit	Legende	
	<i>Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten</i>	
	<i>dazugehörige Leistungspositionen der LG07</i>	
	<i>Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver</i>	
	Übergeordnete Merkmale der LG07	ÜMXX
	Wandmerkmal der LG07	WMXX
	Stützenmerkmal der LG07	SMXX
	Deckenmerkmal der LG07	DMXX
Übergeordnete Merkmale der LG07		
	Eigenschaftsname	Werttyp
ÜM01	Baustoff/Gewerk	String
ÜM02	Ifc-Entity/Bauelement	String
ÜM03	Typ Sonderelement	String
ÜM04	Ausführung	String
	Hinweis: - Diese sind grundlegende Eigenschaften, die für die Einstufung in die Leistungsgruppe 07 ausschlaggebend und daher übergeordnet sind. - (Baustoff/Gewerk): gehört zu den Verbesserungspotenzialen der ASI-Definitionen (Siehe Anhang C) - (Ifc-Entity/Bauelement - Typ Sonderelement - Ausführung): Übereinstimmen mit den neuen ASI-Definitionen.	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m</i>	<i>070201E</i>
	<i>Beton Wand ü.20-30cm C20/25 b.3,2m</i>	<i>070201F</i>
	<i>Beton Wand ü.30-40cm C20/25 b.3,2m</i>	<i>070201G</i>
	<i>Beton Wand b.20cm C25/30 b.3,2m</i>	<i>070201H</i>
	<i>Beton Wand ü.20-30cm C25/30 b.3,2m</i>	<i>070201I</i>
	<i>Beton Wand ü.30-40cm C25/30 b.3,2m</i>	<i>070201J</i>
	<i>Schalung Beton Wand b.3,2m</i>	<i>070201S</i>
	<i>Spreizschalung Beton Wand b.3,2m</i>	<i>070201T</i>
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Wand b.3,2m</i>	<i>070201V</i>
	<i>Bewehrung Matten Beton Wand b.3,2m</i>	<i>070201W</i>
	<i>Az Wand b.3,2m f.Beton_____</i>	<i>070201X</i>
	<i>Beton Wand b.20cm C20/25 ü.3,2m</i>	<i>070203A</i>
	<i>Beton Wand ü.20-30cm C20/25 ü.3,2m</i>	<i>070203B</i>
	<i>Beton Wand ü.30-40cm C20/25 ü.3,2m</i>	<i>070203C</i>
	<i>Beton Wand b.20cm C25/30 ü.3,2m</i>	<i>070203D</i>
	<i>Beton Wand ü.20-30cm C25/30 ü.3,2m</i>	<i>070203E</i>
	<i>Beton Wand ü.30-40cm C25/30 ü.3,2m</i>	<i>070203F</i>
	<i>Schalung Beton Wand ü.3,2m</i>	<i>070203S</i>
	<i>Spreiz-Schalung Beton Wand ü.3,2m</i>	<i>070203T</i>
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Wand ü.3,2m</i>	<i>070203V</i>
	<i>Bewehrung Matten Beton Wand ü.3,2m</i>	<i>070203W</i>
	<i>Az Wand ü.3,2m f.Beton_____</i>	<i>070203X</i>
	<i>Az Beton Wand f.Neigung ü.3%</i>	<i>070225C</i>
	<i>Az Beton b.C20/25 f.XC2</i>	<i>070240A</i>

Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften	070240X
Schalung Wand f.Nische b.0,1m2	070247A
Schalung Wand f.Nische ü.0,1-0,5m2	070247B
Schalung Wand f.Nische ü.0,5-1m2	070247C
Öffnungen Wand/Balken b.0,1m2	070248A
Öffnungen Wand/Balken ü.0,1-0,5m2	070248B
Schlitze Wand/Balken b.0,05m2	070248C
Kratzen von Wand-,u.Stützenflächen	070262G
Stocken von Wand-,u.Stützenflächen	070262H
Spitzen von Wand-,u.Stützenflächen	070262I
Scharrieren von Wand-,u.Stützenflächen	070262J
Anschlusselement Wand/Balken/Roste 1-reihig	070295A
Anschlusselement Wand/Balken/Roste 2-reihig	070295B
Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 b.3,2m	070214A
Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 b.3,2m	070214B
Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 b.3,2m	070214C
Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 b.3,2m	070214D
Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 b.3,2m	070214E
Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 b.3,2m	070214F
Schalung Beton Sützen rechteckig b.3,2m	070214N
Schalung Beton Stützen rund b.3,2m	070214O
Bewehrung Stabst.Beton Stützen b.3,2m	070214T
Az Stützen b.3,2m f.Beton	070214X
Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:	070215A
Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:	070215B
Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:	070215C
Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:	070215D
Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:	070215E
Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:	070215F
Schalung Beton Stützen rechteckig ü.3,2m:	070215N
Schalung Beton Stützen rund ü.3,2m:	070215O
Bewehrung Stabst.Beton Stützen ü.3,2m:	070215T
Az Stützen ü.3,2m f.Beton	070215X
Az Beton Stützen f.Neigung ü.3%	070226F
Az Beton b.C20/25 f.XC2	070240A
Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften	070240X
Kratzen von Wand-,u.Stützenflächen	070262G
Stocken von Wand-,u.Stützenflächen	070262H
Spitzen von Wand-,u.Stützenflächen	070262I
Scharrieren von Wand-,u.Stützenflächen	070262J
Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301A
Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301C
Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301D
Schalung D/Kragpl.Untersicht b.3,2m	070301S
Rand-Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m	070301T

Bewehrung Stabst.D/Kragpl.b.3,2m	070301V
Bewehrung Matten D/Kragpl.b.3,2m	070301W
Az D/Kragpl.b.3,2m f.Beton	070301X
Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302A
Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302C
Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302D
Schalung D/Kragpl.Untersicht ü.3,2m:	070302S
Rand-Schalung D/Kragpl.Roste ü.3,2m:	070302T
Bewehrung Stabst.D/Kragpl.ü.3,2m:	070302V
Bewehrung Matten D/Kragpl.ü.3,2m:	070302W
Az D/Kragpl.ü.3,2m f.Beton	070302X
Elementdecke b.3,2m 20cm	070309A
Elementdecke b.3,2m	070309X
Bewehrung f.Elementdecke b.3,2m	070309Y
Elementdecke ü.3,2m 20cm	070311A
Elementdecke ü.3,2m	070311X
Bewehrung f.Elementdecke ü.3,2m	070311Y
Elementdecke/Öffnungen b.0,25m ²	070313A
Elementdecke/Öffnungen ü.0,25-0,5m ²	070313B
Elementdecke/Öffnungen ü.0,5-1m ²	070313C
Elementdecke/Öffnungen ü.1-2m ²	070313D
Elementdecke/Öffnungen ü.2m ² :	070313X
Az Elementdecke f.Betongüte	070314A
Az Elementdecke f.Expositionsklasse	070314B
Einbaudosen f.Elementdecke	070315A
Leerverrohrungen b.25mm f.Elementdecke	070315B
Beton Plattenbalkendecke C20/25 b.3,2m	070316A
Beton Plattenbalkendecke C25/30 b.3,2m	070316B
Schalung Plattenbalkendecke b.3,2m	070316S
Rand-Schalung Plattenbalkendecke/Roste b.3,2m	070316T
Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke b.3,2m	070316V
Bewehrung Matten Plattenbalkendecke b.3,2m	070316W
Az Plattenbalkendecke b.3,2m f.Beton	070316X
Beton Plattenbalkendecke C20/25 ü.3,2m:	070317A
Beton Plattenbalkendecke C25/30 ü.3,2m:	070317B
Schalung Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317S
Rand-Schalung Plattenbalkendecke/Roste ü.3,2m:	070317T
Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317V
Bewehrung Matten Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317W
Az Plattenbalkendecke ü.3,2m f.Beton	070317X
Beton Kassettendecke C20/25 b.3,2m	070318A
Beton Kassettendecke C25/30 b.3,2m	070318B
Schalung Kassettendecke b.3,2m	070318S
Bewehrung Stabst.Kassettenecke b.3,2m	070318V
Bewehrung Matten Kassettendecke b.3,2m	070318W
Az Kassettendecke b.3,2m f.Beton	070318X
Beton Kassettendecke C20/25 ü.3,2m:	070319A
Beton Kassettendecke C25/30 ü.3,2m:	070319B
Schalung Kassettendecke ü.3,2m:	070319S
Bewehrung Stabst.Kassettendecke ü.3,2m:	070319V
Bewehrung Matten Kassettendecke ü.3,2m:	070319W
Az Kassettendecke ü.3,2m f.Beton	070319X
Beton Platte ü.Aufzugsschacht C20/25 b.25cm	070320A

	Beton Platte ü.Aufzugsschacht C25/30 b.25cm	070320C
	Schalung Platte ü.Aufzugsschacht	070320S
	Bewehrung Stabst.Platte ü.Aufzugsschacht	070320V
	Bewehrung Matten Platte ü.Aufzugsschacht	070320W
	Az Platte ü.Aufzugsschacht f.Beton	070320X
	Öffnungen Decken/Treppen/Rampen b.0,1m2	070348A
	Öffnungen Decken/Treppen/Rampen ü.0,1-0,5m2	070348B
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.XC2	070340A
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B3	070340E
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B7	070340F
	Az Beton Treppen/Decken f.besondere Eigenschaften	070340X
	Anschlusselement Decken/Treppen/Rampen 1-reihig	070395A
	Anschlusselement Decken/Treppen/Rampen 2-reihig	070395B
	Merkmale der Wandelemente der LG07	
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM01	Betonfestigkeitsklasse	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	070201E
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 b.3,2m	070201F
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 b.3,2m	070201G
	Beton Wand b.20cm C25/30 b.3,2m	070201H
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 b.3,2m	070201I
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 b.3,2m	070201J
	Az Wand b.3,2m f.Beton	070201X
	Beton Wand b.20cm C20/25 ü.3,2m	070203A
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 ü.3,2m	070203B
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 ü.3,2m	070203C
	Beton Wand b.20cm C25/30 ü.3,2m	070203D
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 ü.3,2m	070203E
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 ü.3,2m	070203F
	Az Wand ü.3,2m f.Beton	070203X
	Az Beton b.C20/25 f.XC2	070240A
	Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
	Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
	Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
	Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
	Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM02	Expositionsklasse	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Az Beton b.C20/25 f.XC2	070240A
	Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
	Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
	Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
	Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
	Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
	Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM03	Betonkurzbezeichnung	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.

	<i>Az Beton b.C20/25 f.B2</i>	070240B
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B2</i>	070240C
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B4</i>	070240D
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B7</i>	070240G
	<i>Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften</i>	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM04	Stabstahlbewehrung	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Wand b.3,2m</i>	070201V
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Wand ü.3,2m</i>	070203V
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM05	Mattenbewehrung	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Bewehrung Matten Beton Wand b.3,2m</i>	070201W
	<i>Bewehrung Matten Beton Wand ü.3,2m</i>	070203W
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM06	Schalung 1-seitig	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Spreizschalung Beton Wand b.3,2m</i>	070201T
	<i>Spreiz-Schalung Beton Wand ü.3,2m</i>	070203T
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM07	Schalung 2-seitig	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Schalung Beton Wand b.3,2m</i>	070201S
	<i>Schalung Beton Wand ü.3,2m</i>	070203S
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM08	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig	Integer
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Anschlusselement Wand/Balken/Roste 1-reihig</i>	070295A
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM09	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 2-reihig	Integer
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Anschlusselement Wand/Balken/Roste 2-reihig</i>	070295B
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM10	Flächenbehandlung	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Kratzen von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262G
	<i>Stocken von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262H
	<i>Spitzen von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262I
	<i>Scharrieren von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262J
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM11	Öffnung	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Öffnungen Wand/Balken b.0,1m2</i>	070248A
	<i>Öffnungen Wand/Balken ü.0,1-0,5m2</i>	070248B

	Schlitze Wand/Balken b.0,05m2	070248C
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM12	Nische	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Schalung Wand f.Nische b.0,1m2	070247A
	Schalung Wand f.Nische ü.0,1-0,5m2	070247B
	Schalung Wand f.Nische ü.0,5-1m2	070247C
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM13	Dicke/Stärke	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	070201E
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 b.3,2m	070201F
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 b.3,2m	070201G
	Beton Wand b.20cm C25/30 b.3,2m	070201H
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 b.3,2m	070201I
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 b.3,2m	070201J
	Az Wand b.3,2m f.Beton	070201X
	Beton Wand b.20cm C20/25 ü.3,2m	070203A
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 ü.3,2m	070203B
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 ü.3,2m	070203C
	Beton Wand b.20cm C25/30 ü.3,2m	070203D
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 ü.3,2m	070203E
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 ü.3,2m	070203F
	Az Wand ü.3,2m f.Beton	070203X
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM14	Brutto-/ Nettofläche	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Schalung Beton Wand b.3,2m	070201S
	Spreizschalung Beton Wand b.3,2m	070201T
	Schalung Beton Wand ü.3,2m	070203S
	Spreiz-Schalung Beton Wand ü.3,2m	070203T
	Schalung Wand f.Nische b.0,1m2	070247A
	Schalung Wand f.Nische ü.0,1-0,5m2	070247B
	Schalung Wand f.Nische ü.0,5-1m2	070247C
	Öffnungen Wand/Balken b.0,1m2	070248A
	Öffnungen Wand/Balken ü.0,1-0,5m2	070248B
	Schlitze Wand/Balken b.0,05m2	070248C
	Kratzen von Wand-,u.Stützenflächen	070262G
	Stocken von Wand-,u.Stützenflächen	070262H
	Spitzen von Wand-,u.Stützenflächen	070262I
	Scharrieren von Wand-,u.Stützenflächen	070262J
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM15	Höhe	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	070201E
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 b.3,2m	070201F
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 b.3,2m	070201G
	Beton Wand b.20cm C25/30 b.3,2m	070201H
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 b.3,2m	070201I

	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 b.3,2m	070201J
	Schalung Beton Wand b.3,2m	070201S
	Spreizschalung Beton Wand b.3,2m	070201T
	Bewehrung Stabst.Beton Wand b.3,2m	070201V
	Bewehrung Matten Beton Wand b.3,2m	070201W
	Az Wand b.3,2m f.Beton	070201X
	Beton Wand b.20cm C20/25 ü.3,2m	070203A
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 ü.3,2m	070203B
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 ü.3,2m	070203C
	Beton Wand b.20cm C25/30 ü.3,2m	070203D
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 ü.3,2m	070203E
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 ü.3,2m	070203F
	Schalung Beton Wand ü.3,2m	070203S
	Spreiz-Schalung Beton Wand ü.3,2m	070203T
	Bewehrung Stabst.Beton Wand ü.3,2m	070203V
	Bewehrung Matten Beton Wand ü.3,2m	070203W
	Az Wand ü.3,2m f.Beton	070203X
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM16	Neigungswinkel	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Az Beton Wand f.Neigung ü.3%	070225C
	Eigenschaftsname	Werttyp
WM17	Brutto-/ Nettovolumen	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	070201E
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 b.3,2m	070201F
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 b.3,2m	070201G
	Beton Wand b.20cm C25/30 b.3,2m	070201H
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 b.3,2m	070201I
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 b.3,2m	070201J
	Bewehrung Stabst.Beton Wand b.3,2m	070201V
	Bewehrung Matten Beton Wand b.3,2m	070201W
	Az Wand b.3,2m f.Beton	070201X
	Beton Wand b.20cm C20/25 ü.3,2m	070203A
	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 ü.3,2m	070203B
	Beton Wand ü.30-40cm C20/25 ü.3,2m	070203C
	Beton Wand b.20cm C25/30 ü.3,2m	070203D
	Beton Wand ü.20-30cm C25/30 ü.3,2m	070203E
	Beton Wand ü.30-40cm C25/30 ü.3,2m	070203F
	Bewehrung Stabst.Beton Wand ü.3,2m	070203V
	Bewehrung Matten Beton Wand ü.3,2m	070203W
	Az Wand ü.3,2m f.Beton	070203X
	Az Beton Wand f.Neigung ü.3%	070225C
	Az Beton b.C20/25 f.XC2	070240A
	Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
	Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
	Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
	Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
	Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften	070240X
	Merkmale der Stützelemente der LG07	
	Eigenschaftsname	Werttyp

SM01	Betonfestigkeitsklasse	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 b.3,2m</i>	070214A
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 b.3,2m</i>	070214B
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 b.3,2m</i>	070214C
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 b.3,2m</i>	070214D
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 b.3,2m</i>	070214E
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 b.3,2m</i>	070214F
	<i>Az Stützen b.3,2m f.Beton</i>	070214X
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:</i>	070215A
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:</i>	070215B
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:</i>	070215C
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:</i>	070215D
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:</i>	070215E
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:</i>	070215F
	<i>Az Stützen ü.3,2m f.Beton</i>	070215X
	<i>Az Beton b.C20/25 f.XC2</i>	070240A
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B1</i>	070240B
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B2</i>	070240C
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B4</i>	070240D
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B7</i>	070240G
	<i>Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften</i>	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM02	Expositionsklasse	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Az Beton b.C20/25 f.XC2</i>	070240A
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B1</i>	070240B
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B2</i>	070240C
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B4</i>	070240D
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B7</i>	070240G
	<i>Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften</i>	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM03	Betonkurzbezeichnung	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B1</i>	070240B
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B2</i>	070240C
	<i>Az Beton b.C25/30 f.B4</i>	070240D
	<i>Az Beton b.C20/25 f.B7</i>	070240G
	<i>Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften</i>	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM04	Stabstahlbewehrung	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Stützen b.3,2m</i>	070214T
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Stützen ü.3,2m:</i>	070215T
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM05	Flächenbehandlung	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Kratzen von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262G

	<i>Stocken von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262H
	<i>Spitzen von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262I
	<i>Scharrieren von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262J
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM06	Querschnittsform	String
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Schalung Beton Stützen rechteckig b.3,2m</i>	070214N
	<i>Schalung Beton Stützen rund b.3,2m</i>	070214O
	<i>Schalung Beton Stützen rechteckig ü.3,2m:</i> _____	070215N
	<i>Schalung Beton Stützen rund ü.3,2m:</i> _____	070215O
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM07	Brutto-/ Nettofläche	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Schalung Beton Stützen rechteckig b.3,2m</i>	070214N
	<i>Schalung Beton Stützen rund b.3,2m</i>	070214O
	<i>Schalung Beton Stützen rechteckig ü.3,2m:</i> _____	070215N
	<i>Schalung Beton Stützen rund ü.3,2m:</i> _____	070215O
	<i>Kratzen von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262G
	<i>Stocken von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262H
	<i>Spitzen von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262I
	<i>Scharrieren von Wand-,u.Stützenflächen</i>	070262J
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM08	Länge/Höhe	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 b.3,2m</i>	070214A
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 b.3,2m</i>	070214B
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 b.3,2m</i>	070214C
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 b.3,2m</i>	070214D
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 b.3,2m</i>	070214E
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 b.3,2m</i>	070214F
	<i>Schalung Beton Stützen rechteckig b.3,2m</i>	070214N
	<i>Schalung Beton Stützen rund b.3,2m</i>	070214O
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Stützen b.3,2m</i>	070214T
	<i>Az Stützen b.3,2m f.Beton</i>	070214X
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:</i> _____	070215A
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:</i> _____	070215B
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:</i> _____	070215C
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:</i> _____	070215D
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:</i> _____	070215E
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:</i> _____	070215F
	<i>Schalung Beton Stützen rechteckig ü.3,2m:</i> _____	070215N
	<i>Schalung Beton Stützen rund ü.3,2m:</i> _____	070215O
	<i>Bewehrung Stabst.Beton Stützen ü.3,2m:</i> _____	070215T
	<i>Az Stützen ü.3,2m f.Beton</i>	070215X
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM09	Brutto-/ Nettovolumen	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 b.3,2m</i>	070214A
	<i>Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 b.3,2m</i>	070214B

	Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 b.3,2m	070214C
	Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 b.3,2m	070214D
	Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 b.3,2m	070214E
	Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 b.3,2m	070214F
	Bewehrung Stabst.Beton Stützen b.3,2m	070214T
	Az Stützen b.3,2m f.Beton	070214X
	Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:	070215A
	Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:	070215B
	Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:	070215C
	Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:	070215D
	Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:	070215E
	Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:	070215F
	Bewehrung Stabst.Beton Stützen ü.3,2m:	070215T
	Az Stützen ü.3,2m f.Beton	070215X
	Az Beton Stützen f.Neigung ü.3%	070226F
	Az Beton b.C20/25 f.XC2	070240A
	Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
	Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
	Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
	Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
	Az Beton Balken/Rost f.besondere Eigenschaften	070240X
	Eigenschaftsname	Werttyp
SM10	Querschnittsfläche	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 b.3,2m	070214A
	Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 b.3,2m	070214B
	Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 b.3,2m	070214C
	Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 b.3,2m	070214D
	Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 b.3,2m	070214E
	Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 b.3,2m	070214F
	Az Stützen b.3,2m f.Beton	070214X
	Beton Stützen b.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:	070215A
	Beton Stützen ü.0,05m2 C20/25 ü.3,2m:	070215B
	Beton Stützen b.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:	070215C
	Beton Stützen ü.0,05m2 C25/30 ü.3,2m:	070215D
	Beton Stützen b.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:	070215E
	Beton Stützen ü.0,05m2 C30/37 ü.3,2m:	070215F
	Az Stützen ü.3,2m f.Beton	070215X
	Az Beton b.C20/25 f.XC2	070240A
	Az Beton b.C20/25 f.B1	070240B
	Az Beton b.C25/30 f.B2	070240C
	Az Beton b.C25/30 f.B4	070240D
	Az Beton b.C20/25 f.B7	070240G
	Merkmale der Deckenelemente der LG07	
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM01	Betonfestigkeitsklasse	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301D
	Az D/Kragpl.b.3,2m f.Beton	070301X

	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302D
	Az D/Kragpl.ü.3,2m f.Beton	070302X
	Az Elementdecke f.Betongüte	070314A
	Az Elementdecke f.Expositionsklasse	070314B
	Beton Plattenbalkendecke C20/25 b.3,2m	070316A
	Beton Plattenbalkendecke C25/30 b.3,2m	070316B
	Az Plattenbalkendecke b.3,2m f.Beton	070316X
	Beton Plattenbalkendecke C20/25 ü.3,2m:	070317A
	Beton Plattenbalkendecke C25/30 ü.3,2m:	070317B
	Az Plattenbalkendecke ü.3,2m f.Beton	070317X
	Beton Kassettendecke C20/25 b.3,2m	070318A
	Beton Kassettendecke C25/30 b.3,2m	070318B
	Az Kassettendecke b.3,2m f.Beton	070318X
	Beton Kassettendecke C20/25 ü.3,2m:	070319A
	Beton Kassettendecke C25/30 ü.3,2m:	070319B
	Az Kassettendecke ü.3,2m f.Beton	070319X
	Beton Platte ü.Aufzugsschacht C20/25 b.25cm	070320A
	Beton Platte ü.Aufzugsschacht C25/30 b.25cm	070320C
	Az Platte ü.Aufzugsschacht f.Beton	070320X
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.XC2	070340A
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B3	070340E
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B7	070340F
	Az Beton Treppen/Decken f.besondere Eigenschaften	070340X
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM02	Expositionsklasse	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Az Elementdecke f.Expositionsklasse	070314B
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.XC2	070340A
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B3	070340E
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B7	070340F
	Az Beton Treppen/Decken f.besondere Eigenschaften	070340X
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM03	Betonkurzbezeichnung	String
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Az Elementdecke f.Expositionsklasse	070314B
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B3	070340E
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B7	070340F
	Az Beton Treppen/Decken f.besondere Eigenschaften	070340X
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM04	Stabstahlbewehrung	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Bewehrung Stabst.D/Kragpl.b.3,2m	070301V
	Bewehrung Stabst.D/Kragpl.ü.3,2m:	070302V
	Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke b.3,2m	070316V
	Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317V
	Bewehrung Stabst.Kassetteneck b.3,2m	070318V
	Bewehrung Stabst.Kassettendecke ü.3,2m:	070319V
	Bewehrung Stabst.Platte ü.Aufzugsschacht	070320V

	Eigenschaftsname	Werttyp
DM05	Mattenbewehrung	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Bewehrung Matten D/Kragpl.b.3,2m</i>	070301W
	<i>Bewehrung Matten D/Kragpl.ü.3,2m:</i>	070302W
	<i>Bewehrung Matten Plattenbalkendecke b.3,2m</i>	070316W
	<i>Bewehrung Matten Plattenbalkendecke ü.3,2m:</i>	070317W
	<i>Bewehrung Matten Kassettendecke b.3,2m</i>	070318W
	<i>Bewehrung Matten Kassettendecke ü.3,2m:</i>	070319W
	<i>Bewehrung Matten Platte ü.Aufzugsschacht</i>	070320W
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM06	Bewehrung f. Elementdecke	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Bewehrung f.Elementdecke b.3,2m</i>	070309Y
	<i>Bewehrung f.Elementdecke ü.3,2m</i>	070311Y
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM07	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig	Integer
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Anschlusselement Decken/Treppen/Rampen 1-reihig</i>	070395A
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM08	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 2-reihig	Integer
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Anschlusselement Decken/Treppen/Rampen 2-reihig</i>	070395B
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM09	Öffnung	Boolean
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Elementdecke/Öffnungen b.0,25m2</i>	070313A
	<i>Elementdecke/Öffnungen ü.0,25-0,5m2</i>	070313B
	<i>Elementdecke/Öffnungen ü.0,5-1m2</i>	070313C
	<i>Elementdecke/Öffnungen ü.1-2m2</i>	070313D
	<i>Elementdecke/Öffnungen ü.2m2:</i>	070313X
	<i>Öffnungen Decken/Treppen/Rampen b.0,1m2</i>	070348A
	<i>Öffnungen Decken/Treppen/Rampen ü.0,1-0,5m2</i>	070348B
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM10	Einbauten	Integer
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Einbaudosen f.Elementdecke</i>	070315A
	<i>Leerverrohrungen b.25mm f.Elementdecke</i>	070315B
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM11	Leerverrohrung-Durchmesser-Länge	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Leerverrohrungen b.25mm f.Elementdecke</i>	070315B
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM12	Dicke/Stärke	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.

	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301D
	Az D/Kragpl.b.3,2m f.Beton	070301X
	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302D
	Az D/Kragpl.ü.3,2m f.Beton	070302X
	Elementdecke b.3,2m 20cm	070309A
	Elementdecke b.3,2m	070309X
	Elementdecke ü.3,2m 20cm	070311A
	Elementdecke ü.3,2m	070311X
	Az Elementdecke f.Betongüte	070314A
	Az Elementdecke f.Expositionsklasse	070314B
	Az Plattenbalkendecke b.3,2m f.Beton	070316X
	Beton Platte ü.Aufzugsschacht C20/25 b.25cm	070320A
	Beton Platte ü.Aufzugsschacht C25/30 b.25cm	070320C
	Az Platte ü.Aufzugsschacht f.Beton	070320X
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.XC2	070340A
	Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B3	070340E
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM13	Untersichtsfläche	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Schalung D/Kragpl.Untersicht b.3,2m	070301S
	Schalung D/Kragpl.Untersicht ü.3,2m:	070302S
	Schalung Plattenbalkendecke b.3,2m	070316S
	Schalung Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317S
	Schalung Kassettendecke b.3,2m	070318S
	Schalung Kassettendecke ü.3,2m:	070319S
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM14	Querschnittsfläche	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Rand-Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m	070301T
	Rand-Schalung D/Kragpl.Roste ü.3,2m:	070302T
	Rand-Schalung Plattenbalkendecke/Roste b.3,2m	070316T
	Rand-Schalung Plattenbalkendecke/Roste ü.3,2m:	070317T
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM15	Brutto-/ Nettovolumen	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301D
	Bewehrung Stabst.D/Kragpl.b.3,2m	070301V
	Bewehrung Matten D/Kragpl.b.3,2m	070301W
	Az D/Kragpl.b.3,2m f.Beton	070301X
	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302D
	Bewehrung Stabst.D/Kragpl.ü.3,2m:	070302V

Bewehrung Matten D/Kragpl.ü.3,2m:	070302W	
Az D/Kragpl.ü.3,2m f.Beton	070302X	
Bewehrung f.Elementdecke b.3,2m	070309Y	
Bewehrung f.Elementdecke ü.3,2m	070311Y	
Beton Plattenbalkendecke C20/25 b.3,2m	070316A	
Beton Plattenbalkendecke C25/30 b.3,2m	070316B	
Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke b.3,2m	070316V	
Bewehrung Matten Plattenbalkendecke b.3,2m	070316W	
Az Plattenbalkendecke b.3,2m f.Beton	070316X	
Beton Plattenbalkendecke C20/25 ü.3,2m:	070317A	
Beton Plattenbalkendecke C25/30 ü.3,2m:	070317B	
Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317V	
Bewehrung Matten Plattenbalkendecke ü.3,2m:	070317W	
Az Plattenbalkendecke ü.3,2m f.Beton	070317X	
Beton Kassettendecke C20/25 b.3,2m	070318A	
Beton Kassettendecke C25/30 b.3,2m	070318B	
Bewehrung Stabst.Kassettenecke b.3,2m	070318V	
Bewehrung Matten Kassettendecke b.3,2m	070318W	
Az Kassettendecke b.3,2m f.Beton	070318X	
Beton Kassettendecke C20/25 ü.3,2m:	070319A	
Beton Kassettendecke C25/30 ü.3,2m:	070319B	
Bewehrung Stabst.Kassettendecke ü.3,2m:	070319V	
Bewehrung Matten Kassettendecke ü.3,2m:	070319W	
Az Kassettendecke ü.3,2m f.Beton	070319X	
Beton Platte ü.Aufzugsschacht C20/25 b.25cm	070320A	
Beton Platte ü.Aufzugsschacht C25/30 b.25cm	070320C	
Bewehrung Stabst.Platte ü.Aufzugsschacht	070320V	
Bewehrung Matten Platte ü.Aufzugsschacht	070320W	
Az Platte ü.Aufzugsschacht f.Beton	070320X	
Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.XC2	070340A	
Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B3	070340E	
Az Beton C25/30 Treppen/Decken f.B7	070340F	
Az Beton Treppen/Decken f.besondere Eigenschaften	070340X	
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM16	Unterstellungshöhe	Float
	Hinweis: Verbesserungspotenzial zum neuen ASI-Merkmalserver	
	Positionstexte	Position-Nr.
	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm b.3,2m	070301D
	Schalung D/Kragpl.Untersicht b.3,2m	070301S
	Rand-Schalung D/Kragpl.Roste b.3,2m	070301T
	Bewehrung Stabst.D/Kragpl.b.3,2m	070301V
	Bewehrung Matten D/Kragpl.b.3,2m	070301W
	Az D/Kragpl.b.3,2m f.Beton	070301X
	Beton C20/25 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302A
	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302C
	Beton C30/37 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	070302D
	Schalung D/Kragpl.Untersicht ü.3,2m:	070302S
	Rand-Schalung D/Kragpl.Roste ü.3,2m:	070302T
	Bewehrung Stabst.D/Kragpl.ü.3,2m:	070302V
	Bewehrung Matten D/Kragpl.ü.3,2m:	070302W
	Az D/Kragpl.ü.3,2m f.Beton	070302X

<i>Ft.D.e.U.b.4m 5kN Beton b.3,2m</i>	070307A	
<i>Ft.D.e.U.b.4-5m 5kN/m2 Beton b.3,2m</i>	070307B	
<i>Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Beton b.3,2m</i>	070307C	
<i>Ft.D.e.U.b.4m 5kN/m2 Ziegel b.3,2m</i>	070307I	
<i>Ft.D.e.U.b.4-5m 5kN/m2 Ziegel b.3,2m</i>	070307J	
<i>Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Ziegel b.3,2m</i>	070307K	
<i>Ft.D.e.U.b.4m 5kN/m2 Beton ü.3,2m:</i>	070308A	
<i>Ft.D.e.U.4-5m 5kN/m2 Beton ü.3,2m:</i>	070308B	
<i>Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Beton ü.3,2m:</i>	070308C	
<i>Ft.D.e.U.b.4m 5kN/m2 Ziegel ü.3,2m:</i>	070308I	
<i>Ft.D.e.U.b.4-5m 5kN/m2 Ziegel ü.3,2m:</i>	070308J	
<i>Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Ziegel ü.3,2m:</i>	070308K	
<i>Elementdecke b.3,2m 20cm</i>	070309A	
<i>Elementdecke b.3,2m</i>	070309X	
<i>Bewehrung f.Elementdecke b.3,2m</i>	070309Y	
<i>Elementdecke ü.3,2m 20cm</i>	070311A	
<i>Elementdecke ü.3,2m</i>	070311X	
<i>Bewehrung f.Elementdecke ü.3,2m</i>	070311Y	
<i>Az Elementdecke f.Betongüte</i>	070314A	
<i>Beton Plattenbalkendecke C20/25 b.3,2m</i>	070316A	
<i>Beton Plattenbalkendecke C25/30 b.3,2m</i>	070316B	
<i>Schalung Plattenbalkendecke b.3,2m</i>	070316S	
<i>Rand-Schalung Plattenbalkendecke/Roste b.3,2m</i>	070316T	
<i>Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke b.3,2m</i>	070316V	
<i>Bewehrung Matten Plattenbalkendecke b.3,2m</i>	070316W	
<i>Az Plattenbalkendecke b.3,2m f.Beton</i>	070316X	
<i>Beton Plattenbalkendecke C20/25 ü.3,2m:</i>	070317A	
<i>Beton Plattenbalkendecke C25/30 ü.3,2m:</i>	070317B	
<i>Schalung Plattenbalkendecke ü.3,2m:</i>	070317S	
<i>Rand-Schalung Plattenbalkendecke/Roste ü.3,2m:</i>	070317T	
<i>Bewehrung Stabst.Plattenbalkendecke ü.3,2m:</i>	070317V	
<i>Bewehrung Matten Plattenbalkendecke ü.3,2m:</i>	070317W	
<i>Az Plattenbalkendecke ü.3,2m f.Beton</i>	070317X	
<i>Beton Kassettendecke C20/25 b.3,2m</i>	070318A	
<i>Beton Kassettendecke C25/30 b.3,2m</i>	070318B	
<i>Schalung Kassettendecke b.3,2m</i>	070318S	
<i>Bewehrung Stabst.Kassettenecke b.3,2m</i>	070318V	
<i>Bewehrung Matten Kassettendecke b.3,2m</i>	070318W	
<i>Az Kassettendecke b.3,2m f.Beton</i>	070318X	
<i>Beton Kassettendecke C20/25 ü.3,2m:</i>	070319A	
<i>Beton Kassettendecke C25/30 ü.3,2m:</i>	070319B	
<i>Schalung Kassettendecke ü.3,2m:</i>	070319S	
<i>Bewehrung Stabst.Kassettendecke ü.3,2m:</i>	070319V	
<i>Bewehrung Matten Kassettendecke ü.3,2m:</i>	070319W	
<i>Az Kassettendecke ü.3,2m f.Beton</i>	070319X	
	Eigenschaftsname	Werttyp
DM17	Brutto-/ Nettoflächen	Float
	Hinweis: Ist dem ASI-Merkmalserver enthalten	
	Positionstexte	Position-Nr.
	<i>Ft.D.e.U.b.4m 5kN Beton b.3,2m</i>	070307A
	<i>Ft.D.e.U.b.4-5m 5kN/m2 Beton b.3,2m</i>	070307B
	<i>Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Beton b.3,2m</i>	070307C
	<i>Ft.D.e.U.b.4m 5kN/m2 Ziegel b.3,2m</i>	070307I

Ft.D.e.U.b.4-5m 5kN/m2 Ziegel b.3,2m	070307J
Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Ziegel b.3,2m	070307K
Ft.D.e.U.b.4m 5kN/m2 Beton ü.3,2m:	070308A
Ft.D.e.U.4-5m 5kN/m2 Beton ü.3,2m:	070308B
Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Beton ü.3,2m:	070308C
Ft.D.e.U.b.4m 5kN/m2 Ziegel ü.3,2m:	070308I
Ft.D.e.U.b.4-5m 5kN/m2 Ziegel ü.3,2m:	070308J
Ft.D.e.U.b.5-6m 5kN/m2 Ziegel ü.3,2m:	070308K
Elementdecke b.3,2m 20cm	070309A
Elementdecke b.3,2m	070309X
Elementdecke ü.3,2m 20cm	070311A
Elementdecke ü.3,2m	070311X
Az Elementdecke f.Betongüte	070314A
Az Elementdecke f.Expositionsklasse	070314B
Schalung Platte ü.Aufzugsschacht	070320S

Anhang C: Verbesserungspotenziale

Verbesserungspotenziale zum ASI-Merkmalserver in Bezug auf den abgeleiteten Merkmalen aus der LB-HB Analyse			
	Nr. nach Anhang B	Eigenschaftsname	Werttyp
Baustoff/Gewerk	ÜM01	Baustoff/Gewerk	String
	> Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (wäre sinnvoll/anzudenken) Diese Eigenschaft ist für die Zuordnung in die Leistungsgruppe 07 ausschlaggebend und daher für alle dazugehörigen Bauteile erforderlich. Sie kann beispielsweise durch das native IfcMaterial oder einen eigenen String-Typparameter im BIM-Modell abgebildet werden. Wobei es empfohlen wird, IfcMaterial zu verwenden, da es schon im nativen IFC bereits vorhanden ist.		
Stabstahlbewehrung Mattenbewehrung	WM04	Stabstahlbewehrung	Float
	SM04		
	DM04		
	WM05	Mattenbewehrung	Float
	DM05		
> Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (ist bereits vorhanden) Statt zwei separater Eigenschaften für Stabstahlbewehrung und Mattenbewehrung sollten sie alle gemeinsam durch eine im ASI-Merkmalserver bereits vorhandene Eigenschaft "Verhältnis Baustahlmatte/Gesamtbewehrung" (in IFC4: "MeshToTotalRatio") ersetzt werden.			

Schalung 1-seitig/2-seitig	WM07	Schalung 2-seitig	Boolean
	WM06	Schalung 1-seitig	
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (wäre sinnvoll/anzudenken)</u> Spreizschalungen bzw. einseitige Schalungen stellen einen besonderen Fall von Wandschalungen dar, die im Gegensatz zur regulären zweiseitigen Schalung gesondert abgerechnet werden müssen. Daher sollte für zweiseitige geschaltete Wände ein Boolean-Exemplar Parameter im BIM-Modell vermerkt werden. Wie man diese im Modell geometrisch voneinander differenzieren kann, bleibt aber noch offen. Daher besteht hier ein geometrisches Problem, wie die Schalungsflächen genau ermittelt werden sollen. Eine Visuelle Prüfung wird hier benötigt, um diese nachvollziehen zu können.</p>		
Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig/2-reihig	WM08	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig	Integer
	DM07	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 1-reihig	
	WM09	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 2-reihig	
	DM08	Rückbiegeanschluss-Bewehrung 2-reihig	
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (schwer nachvollziehbar und Aufwand ist sehr hoch)</u> Ein Parameter für Rückbiegeanschlüsse zu definieren, wird als nicht aussagekräftig genug erachtet. Eine Möglichkeit bestünde darin, einen Parameter mit einem Integer-Wert zu definieren, der die Anzahl der Rückbiegeanschlüsse bei einem Element angibt. Doch bleibt die Frage offen, auf welcher Seite des Bauteils die Anschlüsse angebracht werden sollen. Zudem sind die eingegebenen Werte nur schwer auf ihre Richtigkeit zu überprüfen und erfordern eine manuelle bzw. visuelle Prüfung. Daher bilden Rückbiegeanschlüsse ein weiteres Geometrieproblem, das schwer alphanumerisch zu lösen ist.</p>		
Flächenbehandlung	WM10	Flächenbehandlung	Boolean
	SM05		
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (wäre sinnvoll/anzudenken)</u> im derzeitigen Datenmodell sind Arbeiten an Bauteilen noch nicht vollständig angedacht. Es wäre sinnvoll, einen Parameter für Flächenbehandlung mit einem definierten Optionen-Set einzuführen. Derzeit ist nur eine Option für "Sichtbeton" im ASI-Merkmalserver (in IFC4 "FairFaced") verfügbar. Es sollte ein weiterer Parameter für alle Beton-Bauteile mit zusätzlichen Optionen wie Kratzen, Stocken, Spitzen, Scharrieren und Polieren in Betracht gezogen werden. Ein solcher Parameter müsste nach Erledigung wieder gelöscht werden und sollte nicht ins as-built Modell wandern. Außerdem ist eine genaue Flächenbestimmung erforderlich z.B. die Gesamtfläche einer Wand ist nicht unbedingt zu kratzende Fläche.</p>		
Öffnung	WM11	Öffnung	Boolean
	DM09		

	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (schwer nachvollziehbar und Aufwand ist sehr hoch)</u> Die Berücksichtigung eines spezifischen Parameters für Öffnungen ist äußerst kritisch, da dieser für fast jedes Element gepflegt werden muss. Die Berücksichtigung aller Öffnungen gemäß den LB-HB-Vorgaben und den Abrechnungsregeln der Werksvertragsnormen im BIM-Modell stellt, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, eine weitere Schwierigkeit dar, da die Modell-Methode die Netto-Methode ist. Die Abbildung von Nachdurchbrüchen im BIM-Modell stellt ein weiteres Hindernis dar. Die sicherste Methode zur Abbildung von Öffnungen ist die Schlitz- und Durchbruchsplanung. Daher sollten Öffnungen bzw. Durchbrüche modelliert werden (ProvisionForVoids), ein alphanumerischer Parameter scheint hier nicht sinnvoll zu sein.</p>		
Nische	WM12	Nische	Boolean
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (schwer nachvollziehbar)</u> Nischen sollten modelliert werden, ein alphanumerischer Parameter scheint hier nicht sinnvoll, weil unklar ist wo die Nischen sich befinden und welche Größe sie haben. Es ist jedoch wichtig, eine klare geometrische Identifizierung der Nischen im Modell zu gewährleisten. Eine automatische Prüfung, ob alle Nischen entsprechend modelliert wurde ist jedoch herausfordernd.</p>		
Querschnittsform	SM06	Querschnittsform	String
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (wäre sinnvoll/anzudenken)</u> Für die Berechnung der benötigten Schalung ist es notwendig, die Querschnittsform der Stützen anzugeben. Eine Möglichkeit wäre die Einführung eines String-Typparameters mit einem Optionen-Set der verfügbaren Querschnittsformen für Stützen. Es wäre jedoch interessant, elementübergreifend eine Option für allgemeine Querschnittsflächen zu haben, ähnlich wie bei den Trägerprofilen. Jedenfalls braucht es dann auch alle notwendigen geometrischen Informationen (Rechteck: Länge/breite, Kreis: Radius, Ellipse: a/b, usw.)</p>		
Bewehrung f. Elementdecke	DM06	Bewehrung f. Elementdecke	Float
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (ist bereits vorhanden)</u> Die Bewehrung für Halbfertigteile (z.B Elementdecken) und vor Ort ausgeführte Bauteile kann durch den Parameter "Bewehrungsgrad Volumen" (in IFC4 "ReinforcementVolumeRatio") definiert werden, der bereits im ASI-Merkmalserver enthalten ist.</p>		
Einbauten und Leerverrohrungen	DM10	Einbauten	Boolean
	DM11	Leerverrohrungen-Druchmesser und Länge	Float
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (schwer nachvollziehbar und Aufwand ist sehr hoch)</u> Einbauten und Leerverrohrungen sind als Durchbrüche bzw. Öffnungen zu identifizieren. Die sicherste Methode für die Abbildung der Öffnung ist die Schlitz- und Durchbruchsplanung. Daher sollten als Öffnungen bzw. Durchbrüche modelliert werden (ProvisionForVoids). Ein alphanumerischer Parameter scheint hier nicht sinnvoll zu sein.</p>		
Untersichtsfläche Querschnittsfläche	DM13	Untersichtsfläche	Float
	DM14	Querschnittsfläche	Float

	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (wäre sinnvoll/anzudenken)</u> Untersichtshöhen und Querschnittsflächen sind wesentlich für die Berechnung der Schalung. Durch die Verwendung von Basisgrößen könnten diese direkt in die AVA-Software integriert und bei Bedarf daraus abgerechnet werden. Es wäre möglicherweise sinnvoll, in der BIM-Autorensoftware einen spezifischen Parameter dafür zu definieren, um die Handhabung zu erleichtern. Das bildet aber ebenfalls ein geometrisches Problem, wie die Schalungsflächen genau ermittelt werden sollen. Ein möglicher Workflow wäre, ein Spezialprogramm für Schalungsberechnungen mit dem Modell aufzurufen und die Ergebnisse zurück ins IFC-Modell schreibt.</p>		
Unterstellungshöhe	DM16	Unterstellungshöhe	Float
	<p>> <u>Kommentare basierend auf Interviews mit AIT: (wäre sinnvoll/anzudenken)</u> Unterstellungshöhen oder Schalhöhen für Decken und Unterzüge sind maßgebend für die Abrechnung der Schalung sowie für die Bestimmung von nachfolgenden Installationen und deshalb sind sie durch einen Float-Parameter im BIM-Modell zu erfassen. Dies stellt aber auch ein geometrisches Problem dar, wie die Schalungshöhen genau zu bestimmen sind. Ein möglicher Workflow wäre, ein spezielles Schalungsberechnungsprogramm mit dem Modell aufzurufen und die Ergebnisse in das IFC-Modell zurückzuschreiben.</p>		