

Bauwerks- modellbasierte **Ausschreibung**



Master-Thesis:

MSc FHNW in Virtual Design and Construction

Bauwerksmodellbasierte Ausschreibung im Hochbau mit Fokus auf die Devisierung einer Wand.

Livio Wyrsh

Thesis Begleiter:

Prof. Lukas Schildknecht, FHNW
lukas.schildknecht@fhnw.ch

Thesis Experte:

Jeremias Burch, Evolut Bau GmbH / Renggli AG
jeremias.burch@evolut.swiss

Partner*in:

Institut Digitales Bauen (IDIBAU), FHNW

13.01.2023



«THE BEST WAY TO PREDICT THE FUTURE IS TO CREATE IT.»

Abraham Lincoln

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und eigenständig sowie ohne unerlaubte fremde Hilfe und ausschliesslich unter Verwendung der aufgeführten Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Basel, 13. Januar 2023

Ort, Datum

Unterschrift Autor

Vorwort

Aus eigenen Erfahrungen habe ich in einem Architekturbüro erlebt, wie aufwändig und intensiv die Phase der Ausschreibung ist. Sehr viele Details werden entwickelt, obwohl man den ausführenden Unternehmer noch nicht kennt und bei der definitiven Vergabe des Unternehmers die Details neu gelöst werden müssen. Die Ausschreibung läuft oft über ein separates Büro und die Person, welche die Ausschreibung erstellt und die Person, welche die Plangrundlagen erarbeitet hat, sind nicht in derselben Firma und in der Nähe zueinander. Dadurch ist die «Übersetzung», welche die ausschreibende Person macht, zwischen Planunterlagen mit Beschrieben und einem Leistungsverzeichnis nach NPK, eine grosse Herausforderung. Dies resultiert oft in fehlerhaften Ausschreibungsunterlagen, weil die angedachten Überlegungen falsch interpretiert werden. Es entsteht ein Mehraufwand für alle Beteiligten.

Ich sehe ein grosses Potenzial die Informationen an einem zentralen Ort gespeichert zu halten und nicht für die Ausschreibung plötzlich andere Formen, welche nicht mit dem digitalen Bauwerksmodell zusammenhängen, zu verwenden. Dies folgt zu redundanten Informationen, die gleichzeitig und unabhängig an mehreren Orten gespeichert sind. Das möchte ich bei der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung mit den Prinzipien des VDC-Frameworks vermeiden. Zusätzlich sehe ich einen grossen Mehrwert für die Unternehmungen. Diese erhalten heute, um Ihre Angebote abzugeben, keine digitalen Bauwerksmodelle, sondern nur losgelöste, textliche Leistungsbeschriebe und 2D-Pläne. Vielfach würde ein DBM zusätzliche Informationen zum Kontext liefern, welche für den Unternehmer hilfreich sein könnten, um ein passendes Angebot zu offerieren.

An dieser Stelle bedanke ich mich bei all denjenigen, die mich bei der Erstellung dieser Master-Thesis unterstützt haben. An erster Stelle danke ich meinem Thesis Begleiter Prof. Lukas Schildknecht und meinem Thesis Experten Jeremias Burch. Mit fachlichem und methodischem Wissen standen sie mir von Anfang bis Schluss kompetent zur Seite. Ein besonderer Dank geht zudem an alle Interviewpartner und Gesprächspartner der vielen Fachgespräche, welche sich die Zeit genommen haben und diese Arbeit wesentlich vorwärtsgebracht haben. Zu guter Letzt danke ich meinem privaten Umfeld für die tatkräftige Unterstützung während der Master-Thesis und auch auf meinem gesamten Lebensweg – herzlichen Dank!

Abstract

Bei der Anwendung der BIM-Methode führt eine traditionelle, leistungsorientierte und textbasierte Ausschreibung zu einem Medien- und Konzeptbruch. Gerade die Phase der Ausschreibung spannt eine Verbindung zwischen Planung und Realisierung auf der Baustelle und gilt im aktuellen Bauprozess als grosse Herausforderung. Neue Unternehmen und Personen kommen dazu und setzen die getätigte Planung auf der Baustelle um. Dadurch werden die Vorteile der BIM-Methode, die auf einer konsequenten Nutzung und Wiederverwendung digitaler Daten basieren, nicht ausgeschöpft.

Die vorliegenden Master-Thesis fokussiert sich darauf, die bestehenden Ansätze der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung zu untersuchen und zu vergleichen. Des Weiteren wurde auf dieser Basis ein optimierter Lösungsansatz mit einem ersten Prototyp entwickelt. Dieser begrenzt sich auf einen spezifischen Anwendungsfall, die Devisierung einer Wand, mit Verwendung von offenen Standards und neuen Definitionen. Das Vorgehen erfolgte anhand der «Mixed-Methods» in zwei Phasen. Die erste quantitative Phase, in der bestehende Theorien und Pilotprojekte untersucht und analysiert wurden, und eine zweite qualitative Phase, basierend auf Experteninterviews, in der ein Lösungsansatz für eine optimierte bauwerksmodellbasierte Ausschreibung entwickelt wurde. Die Ergebnisse der ersten Phase bildeten die Grundlage für die zweite Phase.

Als Resultat aus der ersten Phase geht hervor, dass in den untersuchten Ansätzen drei Arten von konzeptuellen Unterschieden vorliegen. Der am häufigsten verwendete Ansatz besteht darin, standardisierte Leistungspositionen manuell für einzelne Bauteile hinzuzufügen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass eine rechtskonforme Ausschreibung gemäss bestehenden Standards ermöglicht wird. Ein Nachteil ist, dass er einen erhöhten Aufwand für die Unternehmen bedeutet, da jede Bauteilgruppe einzeln kalkuliert werden muss. Ein alternativer Ansatz besteht darin, ein DBM direkt in ein Leistungsverzeichnis mit standardisierten Leistungspositionen zu generieren. Dieser Ansatz erweist sich als aufwendig, da beispielsweise der Schweizer Standard (NPK) mehr als 1,3 Mio. Positionen umfasst. Die dritte Methode setzt auf individuelle Bauteil-Beschriebe, was nicht standardisiert ist und deswegen ebenfalls zu einem erhöhten Aufwand in der Kalkulation führt.

Die Ergebnisse der zweiten Phase zeigen den entwickelten Lösungsansatz zur optimierten bauwerksmodellbasierten Ausschreibung. Das Konzept sieht vor, jedes Teilelement (Wandelement hat z.B. die Teilelemente: Mauerwerk, Bewehrung, Anker und Anschlüsse) aus dem DBM anhand von den hinterlegten Eigenschaften auszulesen. Die Daten werden nach definierten Regeln sortiert und gruppiert. Dieses Vorgehen ermöglicht der Unternehmung einen spezifischen Einheitspreis für jeden Typ eines Teilelementes abzugeben. Die verschiedenen Typen und deren Einheitspreise werden auf die einzelnen Teilelemente aufgeschlüsselt. Der Preis eines Teilelement wird mit einem Formelsatz aus der Menge und dem Einheitspreis errechnet. Aus den summierten Preisen der Teilelemente ergibt sich der Bauteil-Preis. Mithilfe des vereinfachten konzeptuellen UML-Datenschema wird ein erster Ansatz visualisiert, wie die verschiedenen Typen gebildet werden und welche Informationen für eine bauwerksmodellbasierte Ausschreibung in der Kategorie Bauteilinformationen von Bedeutung sind.

Der entwickelte, optimierte Lösungsansatz zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung nach Eigenschaften stellt einen vereinfachten Prozess dar. Die Beteiligten haben alle Informationen jederzeit zur Verfügung und der vorgeschlagene Detaillierungsgrad ermöglicht vergleichbare, kostentransparente und aussagekräftige Offerten.

Abstract

When applying the BIM method, a traditional, performance-oriented and text-based tender leads to a media and concept break. It is precisely the tendering phase that creates a link between planning and realisation on the construction site and is considered a major challenge in the current construction process. New companies and people come in and implement the planning on the construction site. This means that the advantages of the BIM method, which are based on the consistent use and reuse of digital data, are not fully exploited.

This master's thesis focuses on investigating and comparing the existing approaches to building model-based tendering. Furthermore, an optimised solution approach with a first prototype was developed on this basis. This is limited to a specific use case, the tender of a wall, with the use of open standards and new definitions. The procedure was carried out in two phases using mixed methods. The first quantitative phase, in which existing theories and pilot projects were investigated and analysed, and a second qualitative phase, based on expert interviews, in which a solution approach for an optimised model-based tender was developed. The results of the first phase formed the basis for the second phase.

As a result of the first phase, it emerges that there are three types of conceptual differences in the approaches investigated. The most common approach is to add standardised service items manually for individual components. This approach has the advantage of enabling a legally compliant tender according to existing standards. A disadvantage is that it means an increased effort for the companies, as each group of components must be calculated individually. An alternative approach is to generate from a digital building model directly a list of quantities with standardised service items. This approach proves to be costly, as the Swiss standard (NPK), for example, comprises more than 1.3 million items. The third method relies on individual component descriptions, which is not standardised and therefore also leads to increased effort in the calculation.

The results of the second phase show the developed solution approach for optimised model-based tendering. The concept provides for each partial element (wall element has, for example, the partial elements: masonry, reinforcement, anchors and connections) from the digital building model on the basis of the stored properties. The data is sorted and grouped according to defined rules. This procedure enables the company to provide a specific unit price for each type of partial element. The different types and their unit prices are broken down to the individual sub-elements. The price of a sub-element is calculated from the quantity and the unit price using a set of formulas. The summed prices of the sub-elements result in the component price. With the help of the simplified conceptual UML data schema, a first approach is visualised as to how the different types are formed and which information is important for a model-based tendering.

The developed, optimised solution approach for the model-based tender according to properties represents a simplified process. The parties involved always have all the information at their disposal and the proposed level of detail enables comparable, cost-transparent and informative offers.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	i
Abstract (Deutsch/English)	ii
Inhaltsverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	vii
Glossar	viii
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Relevanz des Themas	2
1.3 Ziele der Arbeit	3
1.4 Fragestellung und Teilfragestellungen	3
1.5 Systemgrenze	4
2 Forschungsdesign	5
2.1 Methode und Vorgehen	5
2.1.1 Mixed-Methods mit Vertiefungsdesign	5
2.1.2 Erste Phase (quantitativen Forschung)	6
2.1.3 Zweite Phase (qualitative Forschung)	6
2.2 Experteninterviews	7
2.2.1 Interviewform	7
2.2.2 Ziel der Experteninterviews	7
2.2.3 Auswertung	7
2.2.4 Resultat	7
2.3 Typus	8
2.4 Aufbau der vorliegenden Master-Thesis	8
3 Grundlagen	9
3.1 Ausschreibung heute	9
3.1.1 Grundlage und Ablauf einer Ausschreibung	9
3.1.2 Ziele einer Ausschreibung	10
3.1.3 Art der Ausschreibungen	11
3.1.4 Bauteilorientierte (bauteilbasierte) Ausschreibung	12
3.2 CRB-Standards	13
3.2.1 Allgemeines	13
3.2.2 eBKP-H	14
3.2.3 eBKP-H Gate	15
3.2.4 NPK	16
3.3 IFC – Das standardisierte Datenformat	17
3.3.1 IFC Grundlagen	17
3.3.2 Vererbungshierarchie	17
4 Herausforderungen	18
4.1 Ausschreibungsprozess heute	18
4.2 Durchgängigkeit der Daten	19

4.3 Bauteilorientierte (bauteilbasierte) Ausschreibung.....	20
4.4 Verbindung eBKP-H und NPK.....	21
4.5 Preisdynamik.....	22
4.6 Detaillierungsgrad einer Ausschreibung	23
4.7 Rechtssicherheit.....	23
5 Aktueller Stand der Forschung	24
5.1 Struktur und Aufbau des Kapitels.....	24
5.2 Ansatz 1, Schweizer Standards in der Bau- und Immobilienwirtschaft (CRB)	25
5.2.1 CRB – Proof of Concept.....	27
5.2.2 Nächste Schritte und Stossrichtung CRB.....	28
5.2.3 Fazit aus Kapitel 5.2.....	28
5.3 Ansatz 2, Standards in Deutschland – AVA (GAEB).....	29
5.3.1 Computergestützte AVA	29
5.3.2 Verlinkung DBM und Leistungsverzeichnis.....	30
5.3.3 AVA-Software.....	31
5.3.4 Fazit aus Kapitel 5.3.....	32
5.4 Ansatz 3, Arbeit A – Vom eBKP-H zum NPK mit dem «eNPK»	33
5.4.1 Kurzübersicht.....	33
5.4.2 Konzept.....	33
5.4.3 Fazit Kapitel 5.4	34
5.5 Ansatz 4, Arbeit B – Bauteilorientierte Ausschreibung und Angebotskonfigurator	35
5.5.1 Kurzübersicht.....	35
5.5.2 Konzept 1.1 – Bauteilorientierte Ausschreibung	35
5.5.3 Konzept 1.2 – Modellbasierte Ausschreibung mit NPK-Positionen	36
5.5.4 Konzept 2 – Angebotskonfigurator	37
5.5.5 Fazit Kapitel 5.5.....	38
5.6 Ansatz 5, Praxis – Basler & Hofmann.....	39
5.6.1 Kurzübersicht.....	39
5.6.2 Konzept – Basler & Hofmann AG	39
5.6.3 Fazit Kapitel 5.6.....	40
5.7 Ansatz 6, Arbeitsgruppe – Prototyp Swissbau «DBM zum LV»	41
5.7.1 Kurzübersicht.....	41
5.7.2 Konzept.....	41
5.7.3 Fazit Kapitel 5.7.....	43
5.8 Weitere studentische Arbeiten in diesem Themenbereich	44
5.9 Auswertung und Vergleich der verschiedenen Ansätze	45
5.9.1 Vergleich der verschiedenen Ansätze.....	45
5.9.2 Auswertung der verschiedenen Ansätze	46
6 Basis für bauwerksmodellbasierte Ausschreibung	48
6.1 Beschrieb einer Wand im bestehenden NPK.....	48
6.1.1 NPK 314 Maurerarbeiten	49
6.1.2 Was mitgenommen wird von der NPK-Analyse zur DBM-basierten Ausschreibung:.....	51
6.2 Preisbildung und Kalkulation für Offerte.....	52
6.3 Mehrschichtige Bauteile.....	53

6.4	IFC.....	54
6.4.1	Die Wand im IFC-Datenmodell.....	54
6.4.2	Objektbeziehungen.....	55
6.4.3	Erweiterungsmechanismen.....	56
7	Bauwerksmodellbasierte Ausschreibung	58
7.1	Ziele der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung.....	58
7.2	Konzept bauwerksmodellbasierte Ausschreibung.....	58
7.3	Das Ausschreibungspaket.....	60
7.3.1	Zusammensetzung des Ausschreibungspaketes.....	60
7.3.2	Allgemeine Bedingungen.....	61
7.3.3	Gewerkspezifische Bedingungen.....	61
7.3.4	Bauteilinformationen.....	61
7.4	Informationsanforderungen.....	62
7.4.1	Zusammensetzungshierarchie.....	62
7.4.2	Vereinfacht konzeptuelles Datenschema.....	62
7.4.3	Verantwortlichkeiten.....	64
7.5	Datenmodell.....	65
7.6	Prozess bauwerksmodellbasierte Ausschreibung.....	67
7.7	Mehrwerte mit optimiertem Ansatz.....	68
8	Prototypische Umsetzung	69
8.1	Umfang der prototypischen Umsetzung.....	69
8.2	Vorgehen und Ablauf.....	69
8.2.1	Grundlagen des Prototyps.....	69
8.2.2	Ausschreibungsvorbereitung.....	70
8.2.3	Ausschreibungsnachbearbeitung.....	71
8.3	Erster Praxistest.....	73
8.4	Schwachstellen und weitere Entwicklungsschritte des Prototyps.....	73
9	Diskussion	74
9.1	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse.....	74
9.2	Limitationen und Begrenzungen der Untersuchungen.....	75
10	Fazit und Ausblick	76
10.1	Fazit.....	76
10.1.1	Fazit aus den Experteninterviews.....	77
10.1.2	Persönliche Erkenntnisse.....	77
10.2	Ausblick.....	78
10.2.1	Nächste Schritte.....	78
10.2.2	Weitere Gedanken.....	79
	Tabellenverzeichnis	80
	Abbildungsverzeichnis	81
	Literaturverzeichnis	84
	Anhang	87

Abkürzungsverzeichnis

AVA	Ausschreibung – Vergabe – Abrechnung (Deutschland)
BIM	Building Information Modelling
BKP	Baukostenplan
BSA	Bund Schweizer Architekten
CAD	Computer-Aided Design
CRB	Centre Suisse d'études pour la Rationalisation du Bâtiment Kompetenzzentrum für Standards in der Bau- und Immobilienwirtschaft
DBM	Digitales Bauwerksmodell
DIN	Deutsches Institut für Normung
eBKP	Elementbasierter Baukostenplan
eBKP-H	Elementbasierter Baukostenplan Hochbau
EH	Einheitspreis
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (Deutschland)
IFC	Industry Foundation Classes
LV	Leistungsverzeichnis
MB	Mauerwerk aus Backstein
MBD	Deklariertes Mauerwerk aus Backstein
MTH	Master-Thesis
NPK	Normpositionen-Katalog
StLB-Bau	Standardleistungsbuch-Bau (Deutschland)
UML	Unified Modeling Language
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (Deutschland)

Glossar

Attribut:

Attribute sind alphanumerische Eigenschaften eines Modellelementes, bestehend aus einem Namen und dazugehörigen Wert. (Borrmann et al., 2021)

Alphanumerische Informationen:

Alphanumerische Informationen/Eigenschaften sind nicht grafische Informationen, die mit einem Namen und dazugehörigem Wert ein Bauteil mit Buchstaben und Zahlen beschreiben.

Geometrische Informationen:

Mengenangaben wie Flächen, Volumen, Länge, Breite, Höhe usw. eines Modellelementes.

Bauteil:

Ein Bauteil ist z.B. eine Wand inklusive aller Schichten.

Bauteilbasiert:

Eine bauteilorientierte Ausschreibung geht von den einzelnen Bauteilen aus. Bei einer bauteilorientierten Ausschreibung werden die einzelnen Bauteile ausgeschrieben und vom Unternehmer bepreist. Mehr dazu im Kapitel 3.1.4.

Bauteilinformationen:

Bauteilinformationen sind geometrische und alphanumerische Informationen, die an einem Bauteil im DBM angefügt werden.

Bauteilorientiert:

Synonym zum Begriff «bauteilbasiert».

Bauteilschicht:

Eine Wand kann mehrere Schichten aufweisen. Jede einzelne Schicht ist eine Bauteilschicht. Die unterschiedlichen Schichten eines Bauteils werden in dieser Arbeit in drei Kategorien aufgeteilt; Kernkonstruktion, Bekleidung und Andere (Dämmung, Sperrschichten, Luftschicht).

Bauwerksmodellbasierte Ausschreibung:

Ausschreibung anhand des digitalen Bauwerksmodells.

DBM-basierte Ausschreibung:

Synonym zum Begriff «Bauwerksmodellbasierte Ausschreibung»

Devisierung:

Die Devisierung beschreibt das Ausschreiben von Bauleistungen. Die Devisierung dient als Grundlage für Preisangebote von Unternehmen. Das Ziel ist es, genaue Kostenvoranschläge von den Unternehmen zu erhalten. (Bauen und Wohnen in der Schweiz, 2019)

Kalkulation:

Die Ermittlung der Kosten für die ausgeschriebene Devisierung einer Bau-Leistung auf Seite der Unternehmer, um eine Offerte erstellen zu können.

Leistung:

Leistungen oder auch Bauleistungen genannt, sind alle Leistungen, die der Herstellung, Instandsetzung, Instandhaltung, Änderung oder Beseitigung von Bauwerken dienen. «Als Bauleistung wird im Vergabeverfahren jede Leistung bezeichnet, durch die eine bauliche Anlage (Bauwerk) erstellt oder geändert wird. Als Bauwerke gelten mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten errichtete stationäre Anlagen.» (ibau, n.d.)

Leistungsverzeichnis:

Ein detailliertes Leistungsverzeichnis, in dem die Bau-Leistungen beschrieben sind, bildet die Grundlage für eine verlässliche Preisbildung durch die Unternehmen. (Girmscheid, 2016a)

Offerte:

Eine Offerte ist ein Angebot für einen Vertrag, in dem ein Unternehmer erklärt, die Arbeit zu den dargelegten Bedingungen auszuführen. (Saldo, 2009)

Teilelement:

Ein Teilelement ist ein Bestandteil eines Bauteils oder einer Bauteilschicht. Eine Mauerwerkswand hat beispielsweise die Teilelemente: Mauerwerk, Bewehrung, Anker und Anschlüsse.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Eine traditionelle, leistungsorientierte und textbasierte Ausschreibung führt bei der Anwendung der BIM-Methode zu einem Medien- und Konzeptbruch. Gerade die Phase der Ausschreibung, welche eine Verbindung zwischen der Planung und der Realisierung auf der Baustelle herstellt, gilt im aktuellen Bauprozess als grosse Herausforderung. Dabei kommen neue beteiligte Unternehmen und Personen hinzu, die die getätigte Planung auf der Baustelle umsetzen.

Heute werden die einzelnen Tätigkeiten in der Phase der Ausschreibung in der SIA 112 geregelt. Dabei wird als Phasenabschluss der Ausschreibung erreicht, wenn der definitive Entscheid über die Realisierung, Genehmigung der Vergabeanträge und Vergaben und das Abschliessen der Werkverträge erfolgte. Der heutige Prozess ist gut dokumentiert, strukturiert und mit verschiedenen Standards von CRB auf das Schweizer Bauwesen standardisiert. Diese Dokumente und Standards haben sich in der Baubranche über die letzten 60 Jahren entwickelt und bieten den beteiligten Personen eine klare Struktur, eine einheitliche Sprache und Sicherheit für die Umsetzung von Bauprojekten.

Jedoch fordert der wachsende Kostendruck und die immer komplexer werdenden Bauvorhaben neue Methoden für eine prozesseffiziente Ausführung eines Bauprojekts mit hoher Qualität und Transparenz. Auch in der Baubranche sind die digitalen Möglichkeiten angekommen und in den letzten Jahren ist eine zunehmende Anwendung der modellbasierten Planung zu beobachten. Der technische Fortschritt ermöglicht neue Herangehensweisen, um eine Aufgabe zu erledigen. Oft ist aber zu beobachten, dass eine Digitalisierung von bereits bestehenden, analogen Prozessen gemacht wird und somit das Potenzial einer neu gedachten digitalen Transformation nicht ausgeschöpft wird, sondern im Gegenteil manchmal noch mehr Aufwand summiert.

Heute stehen leistungsfähige und ausgereifte Softwareprodukte zur Verfügung, die die technische Grundlage für die Realisierung von BIM-basierten Bauprojekten bilden. Die eigentliche Herausforderung besteht jedoch darin, die richtigen Modelle zu erstellen, die passenden Werkzeuge möglichst vorteilhaft einzusetzen, eine durchgehende Tool-Kette mit möglichst geringem Datenverlust zu etablieren sowie dazu passend effektive digitale Arbeitsabläufe und Prozesse zu entwickeln und in der Arbeitskultur zu verankern. (Borrmann et al., 2021)

Es wurde beobachtet, dass während der Phase der Ausschreibung ein Bruch im Konzept vorliegt, da das digitale Bauwerksmodell in der Phase der Ausschreibung nicht benötigt wird und losgelöste Ausschreibungstexte und Unterlagen erstellt werden. Daher ist es nicht möglich, die Vorteile der BIM-Methode, die auf einer konsequenten Nutzung und Wiederverwendung digitaler Daten basiert, vollständig auszuschöpfen.



Abbildung 1: Ausgangslage konsequente Nutzung und Wiederverwendung digitaler Daten, Quelle: Eigene Grafik.

1.2 Relevanz des Themas

Die Phase der Ausschreibung ist eine der wichtigsten Phasen im gesamten Bauprozess. Gerade wenn es darum geht, den bestmöglichen Unternehmer für eine Aufgabe zu finden, ist dies für die Qualität, den Preis und die Umsetzbarkeit eines Bauwerkes von zentraler Bedeutung. Die Vergabe eines Auftrages an den Unternehmer ist ein entscheidender Schritt, um den grösstmöglichen, langfristigen Nutzen zu erzielen.

Gemäss SIA 102, der Ordnung für Leistungen und Honorare der Architektinnen und Architekten, sind auf dem Gesamthonorar (für die Phasen 3,4 und 5) 18% für die Phase der Ausschreibung reserviert. Könnte dieser Anteil minimiert und auch für andere Gewerke/Planer optimiert werden, hat dies eine hohe Relevanz für die Planung der Baubranche. Zusätzlich ist das Verständnis für den Unternehmer höher und die Erstellung der Offerten wird erleichtert. Mit einer DBM-basierten Ausschreibung bleiben alle Informationen an einem Ort und es entsteht ein durchgängiger Datenfluss, was zu einer gesteigerten Prozesseffizienz und einer höheren Transparenz im gesamten Life Cycle eines Bauwerkes führt. Die Entscheidung welches Produkt, welche Unternehmung etc. ausgewählt wird, hat für die Realisierung aber auch für die Bewirtschaftung in den folgenden Jahren nach Vollendung des Bauprojekts einen erheblichen Einfluss.

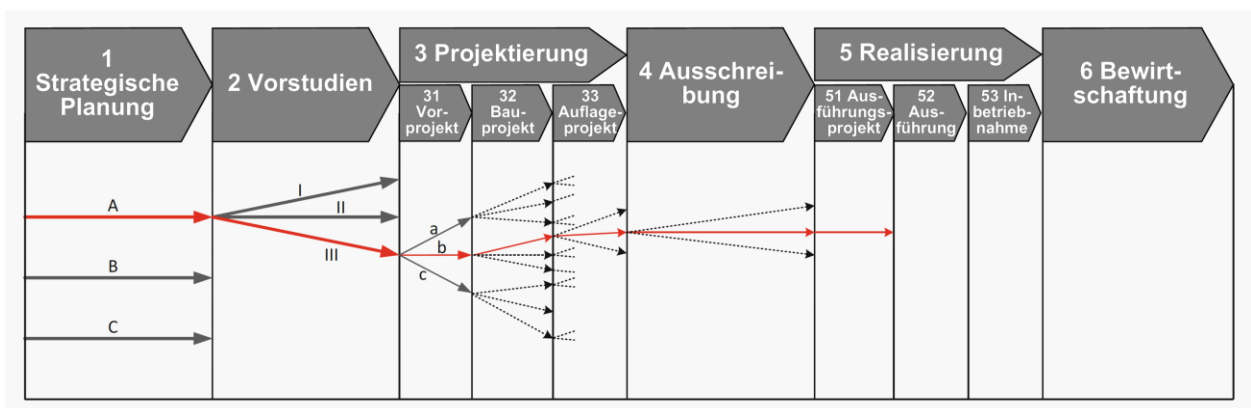


Abbildung 2: Entwicklungs- und Entscheidungsbaum, Quelle: (Girmscheid, 2016a)

Zudem wird, wie im Kapitel 1.1 aufgezeigt, eine Lösung gesucht, um die digitalen Daten konsequent zu Nutzen und die Wiederverwendung über den ganzen Lifecycle eines Gebäudes zu erhalten. Erst mit einem neuen Ansatz zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung ist es möglich den Konzeptbruch zu vermeiden und die bestehende Lücke im heutigen Schweizer Bauprozess zu schliessen.

1.3 Ziele der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit liegt das Ziel darin, eine umfassende Analyse des aktuellen Standes der Technik und der Forschung im Bereich der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung durchzuführen. Dazu werden die bestehenden Ansätze ausführlich untersucht und die konzeptionellen Unterschiede zwischen ihnen aufgezeigt. Des Weiteren werden die aktuellen Entwicklungen in diesem Bereich bewertet und miteinander verglichen, um eine Einschätzung der zukünftigen Tendenzen zu ermöglichen. In einem zweiten Schritt beabsichtigt diese Master-Thesis, auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus der Analyse des aktuellen Standes der Technik und der Forschung, einen Prototyp für eine optimierte bauwerksmodellbasierte Ausschreibung zu entwickeln. Als Anwendungsfall dient hierbei die spezifische Ausschreibung einer Wand. Ziel dieser Arbeit ist es, mithilfe von offenen Standards und neuen Definitionen auf Prozess- und Informationsebene eine mögliche Lösung für diesen spezifischen Anwendungsfall aufzuzeigen.

1.4 Fragestellung und Teilfragestellungen

Im Rahmen dieser Master-Thesis zum Thema bauwerksmodellbasierte Ausschreibung soll folgende Hauptfrage beantwortet werden:

- Wie kann eine optimierte DBM-basierte Ausschreibung anhand des spezifischen Bauteils einer Wand umgesetzt werden?

Daraus bildet sich der folgende wissenschaftliche Dreisatz ab:

«Ich untersuche mit dieser Master-Thesis, wie eine optimierte DBM-basierte Ausschreibung entwickelt werden kann, weil ich herausfinden möchte, wie man effizient mit einem durchgängigen Datenfluss und der Unterstützung von offenen Standards ausschreibt, um zu zeigen, wie die Erstellung einer Devisierung im Ausschreibungsprozess optimiert werden kann.»

Weiter sollen folgende Teilfragestellungen im Rahmen dieser Master-Thesis beantwortet werden:

- Wie ist der aktuelle Stand der Forschung/Technik bezüglich DBM-basierter Ausschreibung?
- Wie sind die aktuell laufenden Entwicklungen in der Schweiz einzuordnen, wo liegen die konzeptuellen Unterschiede?
- Wie können offene Standards (insbesondere IFC) dazu genutzt werden?
- Welche technischen und methodischen Entwicklungen müssen angestossen werden?
- Wie kann Leistung modelliert werden, wieviel Leistungsbeschreibung braucht es noch und welcher Detaillierungsgrad an Informationen ist notwendig?

1.5 Systemgrenze

In der vorliegenden Master-Thesis liegt der Fokus auf der Devisierung einer modellbasierten Ausschreibung im Hochbau. Es werden räumliche und zeitliche Systemgrenzen gesetzt. Die räumliche Systemgrenze wird dabei auf das Bauteil einer Wand definiert und die zeitliche auf die Phase der Ausschreibung im Teilbereich der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und wie diese einer Unternehmung zur Erstellung einer Offerte bereitgestellt werden können. Mit der Phase der Ausschreibung werden auch schnell neue Projektabwicklungsformen in Zusammenhang gebracht. Diese werden im Rahmen dieser Arbeit nicht vertieft untersucht und nur Ansätze aufgezeigt, wie dies auch mit anderen Projektabwicklungsmodellen funktionieren könnten. Um das Bauteil der Wand genau erfassen zu können, werden die gängigsten Wandtypen (Mauerwerks-, Beton-, Holzbau- und Leichtbauwand) untersucht und was es für eine Devisierung in der Phase Ausschreibung dieser vier Wandtypen alles benötigt.

Wichtig bei der vorliegenden Arbeit ist, dass softwareunabhängig und mit dem offenen IFC-Schema, mit dem Ansatz von «Open BIM», einen Lösungsweg aufgezeigt werden kann. Es werden vor allem die nationalen und grenznahen Baustandards thematisiert und Lösungsansätze aufgezeigt, die dem Schweizer Baustandard entsprechen.

Durch die klare Abgrenzung der Untersuchung wird es möglich, sich innerhalb des vorgesehenen Zeitrahmens, detaillierten Fragen zu widmen. Das resultierende Ergebnis ist ausschliesslich innerhalb des festgelegten Systems gültig, kann aber in einem weiteren Schritt auf andere Gewerke oder Bauteile übertragen werden, um als generisches Modell zu dienen, das auch ausserhalb des untersuchten Systems Anwendung finden könnte.

2 Forschungsdesign

2.1 Methode und Vorgehen

2.1.1 Mixed-Methods mit Vertiefungsdesign

Die Master-Thesis zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung umfasst mehrere Methoden und es wird die Mixed-Methods mit dem Vertiefungsdesign angewendet. Die Kombination und Integration von qualitativen und quantitativen Methoden im gleichen Forschungsprojekt nennt man Mixed-Methods. Es handelt sich um eine Forschung, in der die Forschenden im Rahmen von ein- oder mehrphasig angelegten Designs sowohl qualitative als auch quantitative Daten sammeln. (Kuckartz, 2014)

Das Vertiefungsdesign wird in der Terminologie von Creswell auch als «explanatory design» bezeichnet, dabei wird im ersten Schritt die qualitative Forschung ausgeführt und ausgewertet. An diese Resultate schliesst sich die quantitative Forschung an. (Kuckartz, 2014) In der Abbildung 3 wird der sequenzielle Ablauf des Vertiefungsdesigns aufgezeigt.

Die vorliegende Arbeit wird in zwei sequenzielle Phasen aufgeteilt und es wird nach dem genannten Vertiefungsdesign vorgegangen. In der ersten Phase geht es darum mit einer quantitativen Forschung und einem deduktiven Vorgehen die bestehenden Theorien und Pilotprojekte zu prüfen, zu analysieren und auszuwerten. Die Ergebnisse aus der quantitativen Forschung bilden dann die Grundlage für die zweite Phase der qualitativen Forschung. Mit der qualitativen Forschung wird ein eigener Lösungsansatz entworfen, der eine prototypische Umsetzung für eine optimierte DBM-basierte Ausschreibung aufzeigt. Diese Phase wird mit dem induktiven Vorgehen durchgeführt.

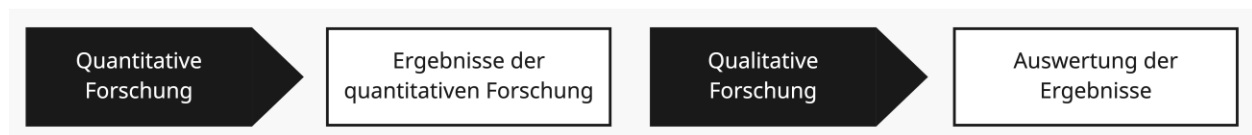


Abbildung 3: Vertiefungsdesign, eigene Darstellung in Anlehnung (Genau, 2020)

2.1.2 Erste Phase (quantitativen Forschung)

Wie im vorhergehenden Kapitel aufgezeigt ist diese Arbeit in zwei Phasen aufgeteilt. In der ersten Phase wurden folgenden Schritte ausgeführt:

- Grundlagen der Ausschreibung verstehen
 - Prozess, Beteiligte, Anforderungen etc.
 - Ausschreibungsphase nach SIA
 - NPK, eBKP-H und eBKP-H Gate
- Literaturrecherche zur konventionellen Ausschreibung
- Unterschied bauteilorientierte und leistungsorientierte Ausschreibung
- Vertiefte Literaturrecherche und Fachgespräche zum aktuellen Stand der Forschung/Technik bezüglich DBM-basierter Ausschreibung, gewisse Lösungen selbst testen und experimentieren
- Fachgespräche mit Experten
- Auswertung und Vergleich der diversen Ansätze zur modellbasierten Ausschreibung
 - Unterschiede ausarbeiten, Herangehensweisen untersuchen
 - Ansätze vergleichen, gegenüberstellen und auswerten
- Ergebnisse aus der ersten Phase zusammentragen
- Fazit der ersten Phase gilt als Grundlage für zweite Phase

2.1.3 Zweite Phase (qualitative Forschung)

Die Resultate und erarbeiteten Unterlagen aus der ersten Phase, der quantitativen Forschung, dienen in der zweiten Phase als Grundlage. In der zweiten Phase werden folgende Schritte ausgeführt:

- Interviewleitfaden erstellen auf Grundlage der Resultate aus der ersten Phase
- Experteninterviews führen
 - Was wird von Seite Unternehmer für eine Preisabgabe benötigt?
 - Bedürfnisse Unternehmer abholen
 - Was muss modelliert werden, was reicht als Informationseigenschaft?
- Experteninterviews transkribieren nach Dresing & Pehl, einfache Transkription
- Experteninterviews auswerten mit einer Auswertungstabelle
- Ausgangsalge für eine Ausschreibung erarbeiten
- Entwicklung eines eigenen Lösungsansatzes nach der Design Thinking Methode
 - Mit konkreten Daten aus den Experteninterviews wird der Ablauf einer bauwerksmodellbasierten Ausschreibung, wie eine prototypische Umsetzung funktioniert, aufgezeigt
 - Fachgespräche mit Experten
 - Den Lösungsansatz mit verschiedenen Unternehmen testen, anpassen und reflektieren
- Ergebnisse aus der zweiten Phase auswerten, Diskussion formulieren
- Fazit und Schlussfolgerung ziehen

2.2 Experteninterviews

2.2.1 Interviewform

In der zweiten Phase, der qualitativen Forschung wurde für das weitere Vorgehen die Interviewform eines semistrukturierten Interviews gewählt. Unter der Kategorie der semistrukturierten Interviews fällt das Experteninterview. Dabei geht es um eine Befragung eines Experten bzw. einer Expertin zum Thema der Kalkulation im jeweiligen Unternehmen. (Genau, 2021)

2.2.2 Ziel der Experteninterviews

Das Ziel dieser Interviews war es für die Master-Thesis der bauwerksmodellbasierte Ausschreibung Anhaltspunkte herauszufinden, was heute wirklich von der Seite Unternehmer gefordert wird, um ein Preisangebot (Offerte) für eine Devisierung zu machen. Die Planung ist oft weit entfernt von der Realität auf der Baustelle und des Unternehmers. Dadurch ist es wichtig abzuholen, was effektiv benötigt wird, um keine Leerläufe zu generieren und um die Innovationsfähigkeit der Unternehmer zu fördern. Die erhobenen Daten werden zur Argumentation für die zu entwickelnde prototypische Umsetzung der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung genutzt und dienen für die Grundlage wie ein Bauteil beschrieben werden muss, um einen Preis abgeben zu können.

Dazu wurden in den wichtigsten Gewerken, welche eine Wand auf der Baustelle erstellen, Personen gesucht, die in dem jeweiligen Gewerk in der Kalkulation arbeiten. Die Abteilung Kalkulation rechnet auf Seite der Unternehmung das Angebot und erstellt als Antwort auf die erhaltene Devisierung, die Offerte mit den Preisen der zu leistenden Bauaufgabe. Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei Experteninterviews aus folgenden Bereichen geführt:

- Baumeister (Mauerwerks- und Betonwand)
- Holzbau (Holzbauwände mit Fokus auf Element-Holzbau)
- Trockenbau (Leichtbauwände)

2.2.3 Auswertung

Für die Auswertung der Experteninterviews wurde in einem ersten Schritt eine einfache Transkription nach Dresing & Pehl erstellt. Als zweiter Schritt wurde eine Auswertungstabelle erstellt, in welcher die drei Interviews mit Stichworten zusammengefasst werden. Der Interview-Leitfaden, Transkription der Interviews und die Auswertungstabelle befinden sich im Anhang E dieser Arbeit.

2.2.4 Resultat

Als Resultat daraus entstand die Grundlage für das UML-Datenschema, welches auf konzeptioneller Entwurfsebene der Datenmodellierung eine strukturierte Beschreibung zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung liefert. Mehr dazu im Kapitel 7. (Das UML-Datenschema befindet sich im Anhang A dieser Arbeit)

2.3 Typus

Für diese Master-Thesis wurde der Typus B2 gewählt. Eine wissenschaftliche, theoretische Arbeit mit einem praktischen Anteil eines Projekts, welches die prototypische Umsetzung in Bezug auf die erarbeitete Theorie aufzeigt. Der theoretische Anteil umfasst eine Gewichtung von 50% der gesamten Arbeit. Das dazugehörige Projekt, die prototypische Umsetzung der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung, umfasst 25% und die Schlusspräsentation und die Diskussion im Kolloquium werden auch mit 25% gewichtet.

Typus \ Teile	Projekt / Entwurf (Praxisteil)	Theorie / Reflexion (Theorieteil)	Präsentation / Kolloquium (mündlicher Teil)	Total
B1 Wissenschaftliche, theoretische Arbeit (Forschungsfrage, schriftliche Umsetzung)	-	75%	25%	100%
B2 Falls aus dem Prozess heraus auf Abstützung der These ein Entwurf entsteht	25%	50%	25%	

Tabelle 1: Typus der Master-Thesis, Quelle: (Dainton & Huber, 2022)

2.4 Aufbau der vorliegenden Master-Thesis

Der inhaltliche Aufbau dieser Arbeit gliedert sich nach der Vorgehensweise der Erstellung dieser Arbeit. Im Kapitel 3 werden die Grundlagen zur Ausschreibung und bestehende Standards aus der Schweiz thematisiert und im Kapitel 4 werden die heutigen Herausforderungen der Ausschreibung formuliert. Dabei wird auf die bestehenden CRB-Standards eingegangen aber auch auf allgemeine Herausforderungen im Ausschreibungsprozess.

Im Kapitel 5 werden die Resultate aus der ersten Phase dokumentiert, verglichen und ausgewertet. Ab dem Kapitel 6 wird die, im Rahmen dieser Master-Thesis entwickelte, optimierte bauwerksmodellbasierte Ausschreibung erläutert. Zuerst im Kapitel 6 mit den Grundlagen und was heute bereits vorhanden ist und wie diese Punkte eingesetzt werden. Im Kapitel 7 geht es darum das Konzept und die Details zur optimierten Ausschreibung zu formulieren und im Kapitel 8 wird die prototypische Umsetzung dokumentiert. Der Prototyp baut auf den erarbeiteten Grundlagen aus den Kapitel 6 und 7 auf. Im Kapitel 9, der Diskussion werden die beiden Resultate zusammengefasst und interpretiert sowie die Limitationen der Master-Thesis aufgezeigt und im letzten, dem Kapitel 10 wird abschliessend ein Fazit gezogen und einen Ausblick gegeben, wie sich die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung in Zukunft entwickeln könnte.

3 Grundlagen

3.1 Ausschreibung heute

3.1.1 Grundlage und Ablauf einer Ausschreibung

Auf Grundlage der Projektierung werden für die Ausschreibungsphase Werk- und Detailpläne erstellt. Zusätzlich gibt es Übersichtspläne, wo die einzelnen Objekte im Gebäude verteilt sind und Beschriebe mit allgemeingültigen Anforderungen für das betreffende Gewerk. Für den technischen und architektonischen Ausbau müssen die Materialien und Dimensionen der gewählten Konstruktionen jeweils definiert sein. (Girmscheid, 2016b)

Aufgrund von diesen Informationen und Unterlagen wird eine Ausschreibung erstellt. Gemeinsam mit den Auftraggebenden werden die Zuschlagskriterien sowie deren Gewichtung festgelegt. Je nach Ausschreibungsverfahren (Kapitel 3.1.3) werden dann die Unterlagen auf der elektronischen Plattform Simap veröffentlicht oder den interessierten Unternehmer direkt zugestellt. Die Unternehmer bilden anhand ihrer internen Angebotskalkulation den Preis. Dieser angebotene Preis, jeder einzelnen Position, bildet dann zusammen die Offerte des Unternehmers ab. Alle Angebote, die zurückkommen werden auf ihre Vollständigkeit, inhaltlich und rechnerisch geprüft und miteinander nach den definierten Kriterien verglichen. In den darauffolgenden Vergabegesprächen können die Auftraggebenden einen Auftrag vergeben und daraus resultiert der Werkvertrag. (Menz, 2018) Der Werkvertrag definiert gemäss Art. 363 OR die Verpflichtung des Unternehmers zu Herstellung eines Werkes und der Besteller zur Leistung einer Vergütung.

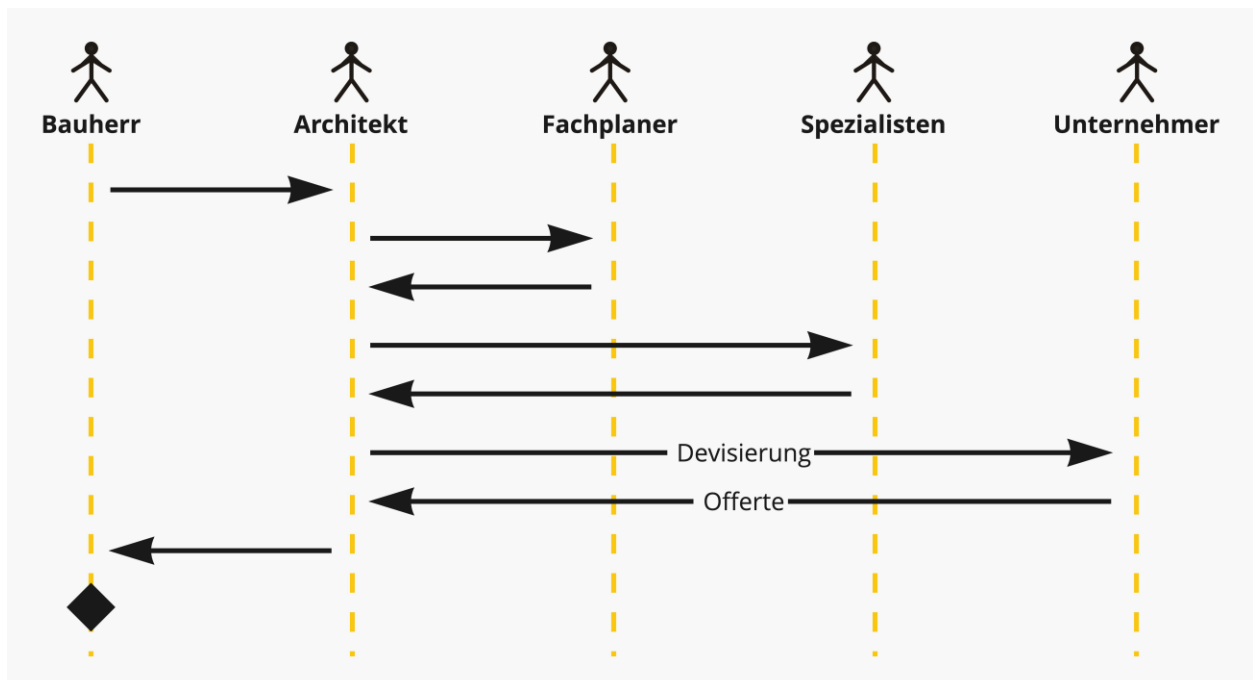


Abbildung 4: Ablauf einer Ausschreibung in Anlehnung an Grafik von Prof. Lukas Schildknecht

3.1.2 Ziele einer Ausschreibung

Das Ziel ist es einen Bauablauf ohne Bestelländerungen zu gewährleisten. Denn jede Änderung während des Bauablaufs verursacht mit einer Kettenreaktion diverse Herausforderungen und schlussendlich auch Verzögerungen auf alle nachfolgenden Gewerke.

Es ist von essenzieller Bedeutung, alle Ausschreibungsunterlagen vollständig und gründlich zu erfassen, einschliesslich aller Mengenangaben und Qualitätsbeschreibungen. Ein detailliertes Leistungsverzeichnis, in dem die Bau-Leistungen beschrieben sind, bildet die Grundlage für eine verlässliche Preisbildung durch die Unternehmen. Zudem müssen die Ausschreibungspläne ausreichend detailliert und mit den anderen beteiligten Gewerken abgestimmt sein. Das Ziel einer Ausschreibung ist es, mit diesen Grundlagen einen markt- und qualitätsorientierten Wettbewerb für Bauleistungen zu ermöglichen, um das bestmögliche Unternehmen in Bezug auf Qualität, Beteiligte, Preis und Termin zu finden. (Girmscheid, 2016b; Menz, 2018)



Abbildung 5: Beschaffungsgrundsätze einer Ausschreibung, Quelle: (Grieder, 2022)

3.1.3 Art der Ausschreibungen

Im heutigen Bauprozess gibt es im Regelfall zwei verschiedene Arten von Ausschreibungen, zum einen gibt es die funktionale Ausschreibung und die Ausschreibung mit einem detaillierten Leistungsverzeichnis.

Die funktionale Ausschreibung ist nach Arbeitsgattungen sortiert und mit technischen sowie gestalterischen Beschrieben bestückt, zusätzlich wird auch das Raumbuch und die Ausschreibungspläne mitgegeben. (Girmscheid, 2016b) Die geforderte Leistung wird bei einer funktionalen Ausschreibung somit mit den technischen, wirtschaftlichen, gestalterischen und funktionalen Anhaltspunkten umschrieben. (Baudirektion Kanton Zürich, 2020) Es wird das «Was» und nicht das «Wie» beschrieben. Damit haben die Unternehmer die Möglichkeit Ihre Lösungsansätze und Innovationen einzubringen. Den Unternehmer wird überlassen, wie die Ausführung im Detail gemacht wird und wie dies genau offeriert wird. Über eine sorgfältige Definition von Zuschlagskriterien, kann ein Vergleich zwischen mehreren Angeboten von verschiedenen Unternehmen stattfinden. Dies gilt aber als Herausforderung und oft sind diese Angebote nur schwer miteinander zu vergleichen. (Bolz & Mettler, 2019) Alle Unternehmer, die bei einer funktionalen Ausschreibung mitmachen, müssen jeweils ein eigenes detailliertes Leistungsverzeichnis erstellen, damit diese überhaupt einen Preisabgabe machen können. Zusätzlich gibt es einen grösseren Aufwand bei der Kontrolle und des Vergleichs der verschiedenen Angebote auf Vollständigkeit und qualitätsmässiger Vergleichbarkeit. Das ist für den Unternehmer, welcher das Angebot rechnet, sowie für den Ausschreibenden nicht ökonomisch. Heute wird diese Art von Ausschreibung oft bei General- und Totalunternehmerprojekten in der Phase Vorstudie/Vorprojekt gemacht. Somit ergibt sich, dass wenn ein Projekt einen gewissen Umfang erreicht und der Detaillierungsgrad zunimmt, es erschwert ist mit einer funktionalen Ausschreibung und der wirkliche Nutzen daraus minimal ist. (Girmscheid, 2016b)

Die leistungsorientierte Ausschreibung mit einem detaillierten Leistungsverzeichnis inklusive Einheitspositionen für jede Arbeitsgattung beschreibt die zweite Möglichkeit eine Ausschreibung abzuhalten. Die geforderte Bauleistung wird hier in Form eines Leistungsverzeichnisses aufgeschrieben. Das Leistungsverzeichnis ist in verschiedene Teilleistungen unterteilt und die jeweiligen Teilleistungen enthalten einzelne detaillierte Normenpositionen. Meistens wird in der Schweiz dazu der Normpositionen-Katalog (siehe Kapitel 3.2.4) von CRB verwendet. (Girmscheid & Motzko, 2013) Aus dem Leistungsverzeichnis gehen auch allgemeine Baubeschreibungen hervor. Zusätzlich sind auch Positionen vorgesehen für Musterstücke oder ähnliches, was nicht direkt mit dem Bauwerk eine Verbindung hat, trotzdem aber hilft die gewünschte Bauleistung klarer zu beschreiben. Bei der Ausschreibung nach einem Leistungsverzeichnis kommt der Ersteller, also der Ausschreibende in Verantwortung für die Mengenermittlung, die Vollständigkeit der Unteralgen und die Funktionsfähigkeit der beschriebenen Leistung. Die Änderungen auf Seite der Ausschreibenden kann nur so lange vollzogen werden bis zum Zeitpunkt der Ausschreibung. (Girmscheid, 2016b)

3.1.4 Bauteilorientierte (bauteilbasierte) Ausschreibung

Im Grundsatz geht eine bauteilorientierte Ausschreibung von den einzelnen Bauteilen aus. Im Gegensatz zur Ausschreibung mit detailliertem Leistungsverzeichnis, wie dies heute mit dem NPK gemacht wird, wird bei einer bauteilorientierten Ausschreibung nicht von tätigkeitsspezifischen Leistungen ausgegangen. Wie in der Abbildung 6 ersichtlich, wird in der linken Grafik dargestellt, dass einzelne Titel, je nach Festlegung des Planers, aus Bauteilgruppen und diese wiederum aus einzelnen Bauteilen bestehen. (Bargstädt & Blickling, 2003) Diese einzelne Bauteile werden dann ausgeschrieben und vom Unternehmer bepreist. Die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung unterscheidet sich von der bauteilorientierten Ausschreibung. Mehr zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung findet sich ab Kapitel 6.

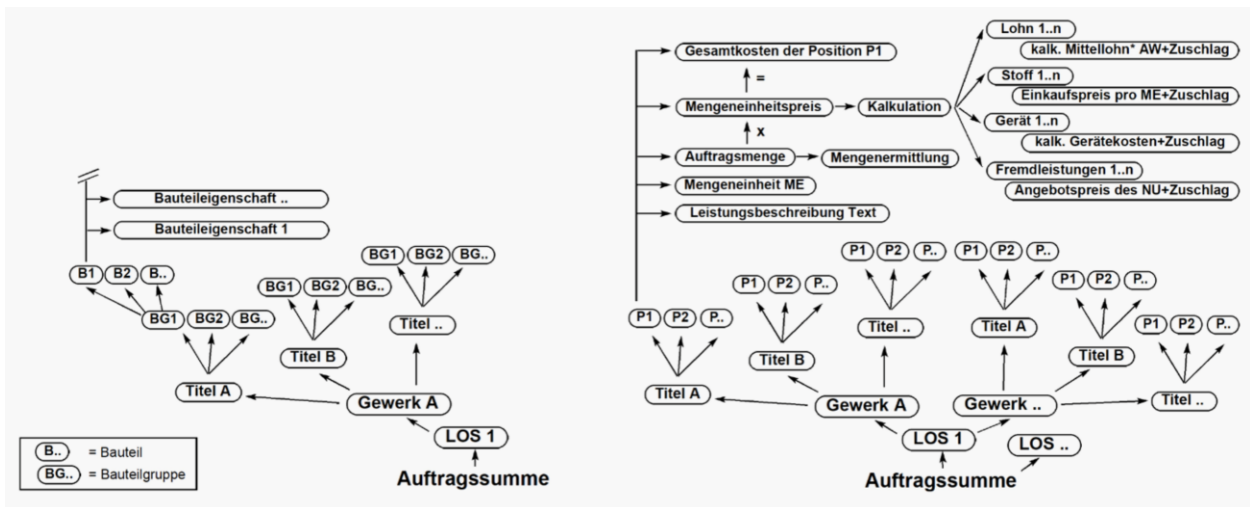


Abbildung 6: Ordnungssystem bauteilorientiertes LV (links) und klassisches LV (rechts), Quelle: (Bargstädt & Blickling, 2003)

3.2 CRB-Standards

3.2.1 Allgemeines

Der CRB wurde im Jahr 1959 vom BSA gegründet und hilft den Bauschaffenden dabei die Kosten einheitlich zu berechnen, Leistungen klar und verständlich zu beschreiben, zu kalkulieren und abzurechnen sowie Strukturen und Prozesse zu optimieren. Die von CRB entwickelten Normen und Standards definieren für die Schweiz die gemeinsame «Sprache» im Bauwesen. (CRB, 2022)

In der vorliegenden Master-Thesis werden die CRB-Arbeitsmittel in Bezug auf die Ausschreibung untersucht. Es werden die Kategorien Baukostenpläne mit dem aktuellen eBKP, den eBKP-Gate sowie die Kategorie Leistungsbeschreibung mit dem NPK detaillierter betrachtet.

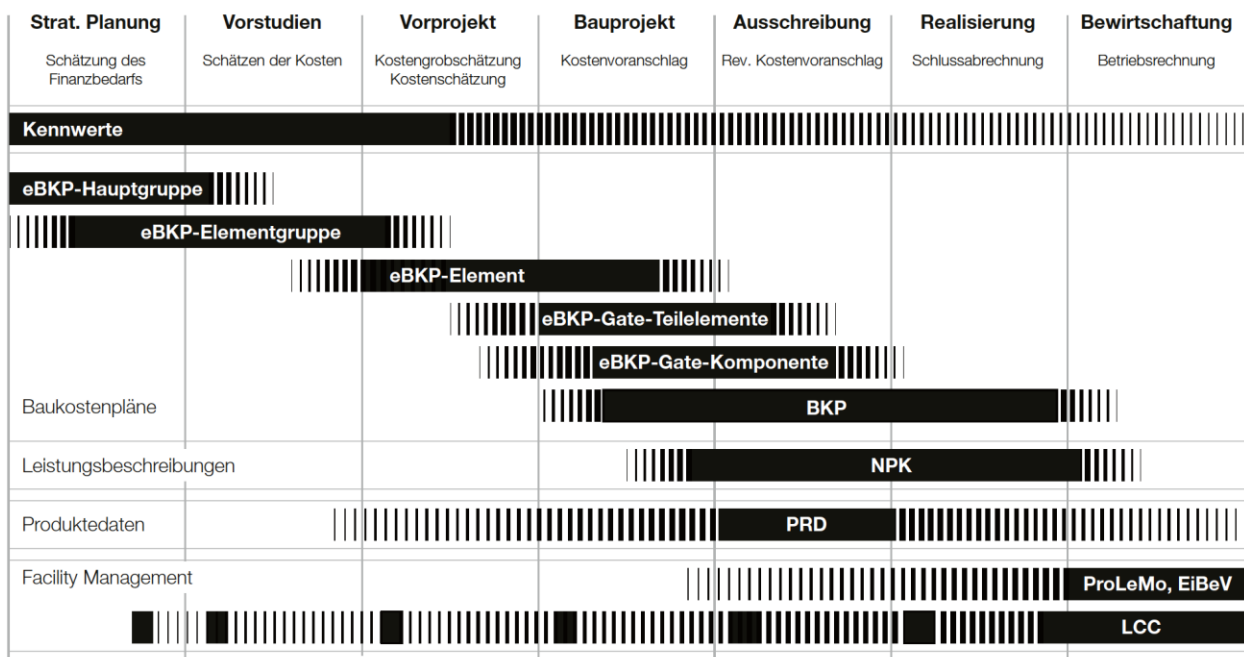


Abbildung 7: CRB Arbeitsmittel & Standards für eine Phasengerechte Anwendung: Quelle (eBKP-H, 2020)

3.2.2 eBKP-H

Der elementbasierte Baukostenplan Hochbau (eBKP-H) bietet eine Grundlage, um Kosten systematisch und präzise zu erfassen, zu bearbeiten, zu vergleichen und auszuwerten. (eBKP-H, 2020) Der eBKP-H gliedert die Kosten nach einzelnen Hauptgruppen, Elementgruppen und Elementen, diese drei Ebenen ermöglichen auch einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad in der Kostenberechnung. Mit der Definition der Hauptgruppe ist es möglich eine Schätzung des Finanzbedarfs abzugeben, mit der zusätzlichen Definition von der Elementgruppe eine Kostengrobschätzung und mit den Elementen bis zu einer Kostenschätzung, was gemäss SIA 102 einen Genauigkeitsgrad von $\pm 15\%$ beträgt. (Knuser et al., 2019) Die Systematik des eBKP-H ist hierarchisch aufgebaut. Die Hauptgruppe ist jeweils mit einem Buchstaben definiert. Als Beispiel für eine Innenwand wird die Hauptgruppe «C Konstruktion Gebäude» verwendet, die Elementgruppe «C02 Wandkonstruktion» und schlussendlich das Element «C02.02 Innenwandkonstruktion».

- C	Konstruktion Gebäude	Hauptgruppe
- C02	Wandkonstruktion	Elementgruppe
- C02.02	Innenwandkonstruktion	Element

«Die heutige Aufschlüsselung der Elemente [...] entspricht dabei bereits weitestgehend dem IFC-Datenschema sowie den zugehörigen IFC-Properties (Merkmale/Eigenschaften eines Elements), was essenziell für den offenen Datenaustausch im CAD-/BIM-Umfeld ist.» (Heubelin, 2019)

Der eBKP-H, welcher elementbasiert aufgebaut ist, kann nun automatisch mit den verschiedenen Bauteilen verknüpft werden und so kann eine Mengenermittlung nach eBKP-H auf Knopfdruck erfolgen. Dazu müssen gewisse Modellierungsrichtlinien in der Autorensoftware eingehalten werden. Damit nun eine Innenwand nach eBKP-H Code C02.02 ausgezogen werden kann, muss folgendes im DBM definiert sein: (IDC AG, 2020)

- IFC Typ: IfcWall, LoadBearing: TRUE, PredefinedType: SOLIDWALL, IsExternal: FALSE

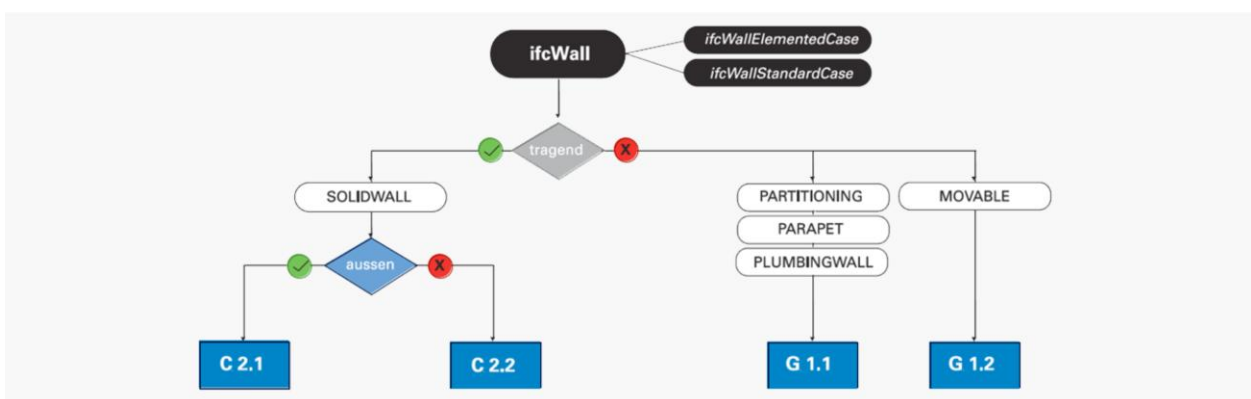


Abbildung 8: eBKP-H Elementzuweisung, Quelle: (SIA D 0271, 2018)

Die Detaillierung vom eBKP-H geht bis auf die Stufe Element, also wird bestimmt, dass eine Wand eine Innenwand ist. Die weitere Spezifizierung eines Bauteils in Bezug auf Material, Dicke und weiteren Eigenschaften wird mit dem eBKP-H Gate im Kapitel 3.2.3 angesprochen.

3.2.4 NPK

Der Normenpositionen-Katalog (NPK) bildet die Basis für eine in der Schweiz standardisierte und rechtsichere Leistungsbeschreibung. Dieser enthält über eine Million Leistungspositionen pro Sprache in Deutsch, Französisch und Italienisch und deckt alle Arbeitsgattungen ab. Das Fachwissen im NPK wurde mit hunderten von Fachexperten erarbeitet und in den einzelnen Kapiteln niedergeschrieben. Dieses Fachwissen mit den standardisierten Positionen ermöglichen heute eine Transparenz sowie Kosten- und Rechtssicherheit. (Petillo, 2018) Der Einsatz vom NPK startet in der Phase Ausschreibung. Im NPK wird die Leistungen und die Materialien nach Arbeitsgattungen beschrieben. (CRB, 2020) Der NPK ist gemäss Bauablauf in verschiedene Kapitel unterteilt, eines dieser Kapitel ist zum Beispiel 314 Maurerarbeiten. Am Beispiel einer Backsteinwand sieht die NPK-Positionszuteilung folgendermassen aus:

Kapitelgruppe:	300	Rohbauarbeiten
Kapiteluntergruppe:	310	Baumeister
Kapitel:	314	Maurerarbeiten
Abschnitt:	314.100	Mauerwerk aus künstlichen Steinen
Unterabschnitt:	314.110	Mauerwerk aus Backstein MB und MBD
Hauptposition:	314.111	Einsteinmauerwerk aus Backstein MB, gleichzeitig mit Rohbau
Hundertergruppe:	314.111.100	Vollfugig vermauern
Zehnergruppe:	314.111.130	d mm 140 bis 160
Unterposition:	314.111.132	h m 1.51 bis 3.00

Es ist nun möglich, den Quadratmeterpreis für die Position (314.111.132) anzufordern. Dies ist jedoch nicht der einzige Faktor, der bei der Berechnung des Preises für die Backsteinwand berücksichtigt werden muss. Weitere Arbeiten, die in Zusammenhang mit der Wand stehen, sind in den Abschnitten 000 Bedingungen und 200 bis 900 definiert. Unter den Mehrleistungen und Nebenarbeiten zu Mauerwerk (Abschnitt 200) werden beispielsweise Angaben darüber gemacht, ob und wie viele Leibungen, Mauerköpfe und Mauerwerkabschlüsse vorhanden sind. Anhand dieser Informationen kann der endgültige Preis für die Arbeiten berechnet werden.

Abschnitte Beispielhaft aus dem NPK-Kapitel 314, Maurerarbeiten:

Abschnitte:	000	Bedingungen
	100	Mauerwerk aus künstlichen Steinen
	200	Mehrleitungen und Nebenarbeiten zu Mauerwerk
	300	Sichtmauerwerk aus künstlichen Steinen
	400	Mehrleitungen und Nebenarbeiten zu Sichtmauerwerk
	500	Zusatzarbeiten zu Mauerwerk und Sichtmauerwerk
	600	Wärme- und Schalldämmschichten
	700	Zusatzarbeiten Rohbau
	800	Zusatzarbeiten Ausbau
	900	Provisorien

3.3 IFC – Das standardisierte Datenformat

3.3.1 IFC Grundlagen

Für eine Umsetzung von «Open BIM» ist das umfassende und standardisierte Datenschema IFC (Industry Foundation Classes) von zentraler Bedeutung. Das IFC-Datenmodell ermöglicht einen herstellerneutralen Austausch von digitalen Bauwerksmodellen unter allen Projektbeteiligten eines Bauprojektes. Das offene und neutrale Schema von IFC wird mittlerweile von nahezu allen CAD-Autorensoftware, sowie Programmen für statische oder physikalische Berechnungen, bis hin zu Software für das Facility Management unterstützt. (Borrmann et al., 2021)

Das IFC-Datenaustauschformat wird von der internationale Non-Profit-Organisation buildingSMART entwickelt und ist zur Zeit der führende Standard für den Austausch von digitalen Bauwerksmodellen. (Borrmann et al., 2021) Der aktuell geltende IFC-Standard ist in der Version 4.0.2.1 verfügbar und ist in der Norm SN EN ISO 16739-1:2018 dokumentiert.

3.3.2 Vererbungshierarchie

Die Schema-Architektur des IFC-Datenmodells ist sehr komplex und umfangreich. Für eine einfachere Handhabung wird das Datenmodell in vier Schichten (engl. Layers) aufgeteilt. Elemente der weiter oben liegenden Schichten dürfen auf die Elemente auf weiter unten liegenden Schichten verweisen, aber nicht umgekehrt. (buildingSMART, 2022a)

«Wie in jedem objektorientierten Datenmodell spielt auch in den IFC die Vererbungshierarchie eine äusserst wichtige Rolle. Sie legt Spezialisierungs- bzw. Generalisierungsbeziehungen fest und damit, welche Attribute von welchen Klassen an welche vererbt werden. [...] Die Vererbungshierarchie folgt der semantischen Sichtweise, d. h. die Bedeutung eines Objekts bildet die Grundlage für die Modellierung der Vererbungsbeziehungen.» (Borrmann et al., 2021)

Mehr dazu im Buch «Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis» von (Borrmann et al., 2021) oder in der öffentlich zugänglichen, webbasierten IFC-Dokumentation von (buildingSMART, 2022b). Fortsetzung zu IFC und was für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung weiter relevant ist, befindet sich im Kapitel 6.4.

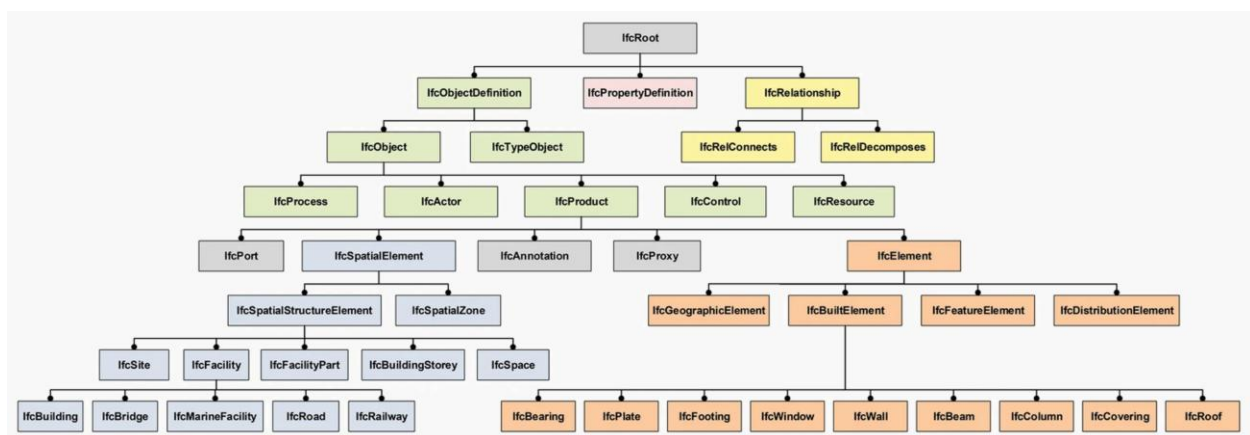


Abbildung 10: Ausschnitt aus dem IFC-Datenmodell mit den wichtigsten Entitäten der obersten Ebenen der Vererbungshierarchie, Quelle:(Borrmann et al., 2021)

4.2 Durchgängigkeit der Daten

Eine der grössten Herausforderungen im heutigen Bauprozess ist, dass die Durchgängigkeit der Daten in der Phase Ausschreibung unterbrochen wird. (Petillo, 2018) In der Abbildung 12 wird dies anhand eines Symbolbildes aufgezeigt. Durch das erwähnte «übersetzen» von den Ausschreibungsunterlagen in ein LV gehen Informationen und Verknüpfungen verloren. Ist die Ausschreibung gemacht, wird oft das BIM-Modell zur Planungshilfe wieder hinzugezogen, jedoch sind auch da die Informationen aus der Ausschreibung, aus dem LV nicht hinterlegt und müssen je nach dem noch ergänzt werden oder diese Informationen fehlen für die weiteren Planungsschritte.

Gerade in der Phase der Ausschreibung kommen für den Lebenszyklus eines Gebäudes wichtige Informationen zusammen und diese sind ausschlaggebend für die Phase des Betriebes eines Gebäudes. In Bezug auf die Lebenszykluskosten eines Bauwerks verursacht die Bautätigkeit ca. 17% der Gesamtkosten, 3% ergeben sich für die Planung und 80% für den Betrieb. Dies zeigt die hohe Relevanz der durchgängigen Daten und wie wichtig es ist, die richtigen Lösungen und Produkte auszuwählen in der Phase Ausschreibung. Diese haben einen grossen Einfluss im Betrieb. (Albrecht, 2014)

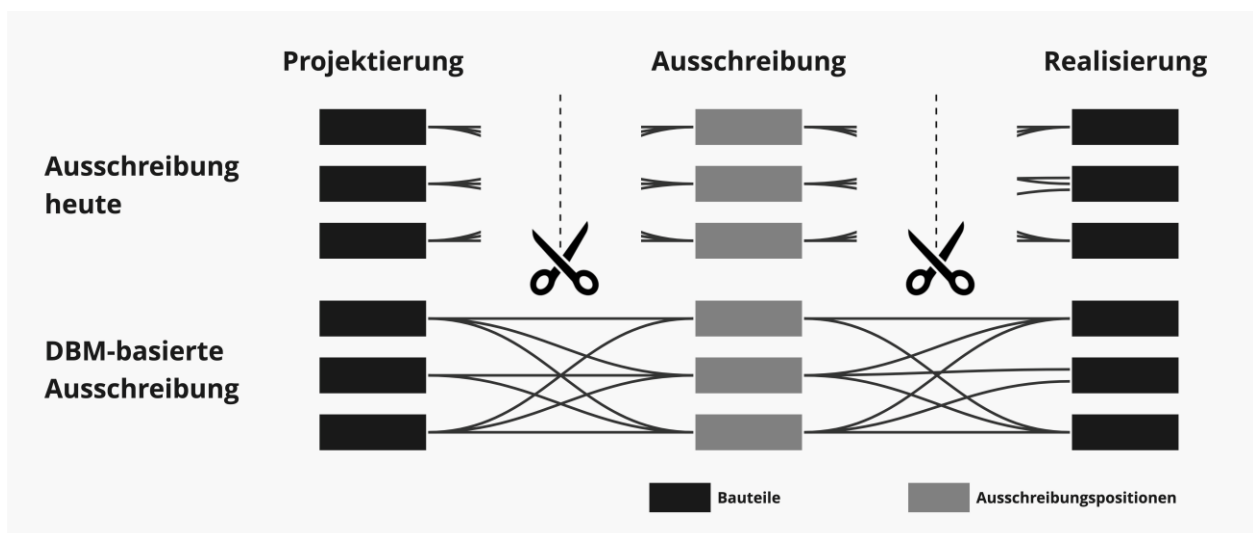


Abbildung 12: Durchgängigkeit der Daten, Quelle: Eigene Grafik.

4.3 Bauteilorientierte (bauteilbasierte) Ausschreibung

Bei einer bauteilorientierten Ausschreibung gemäss dem Beschrieb im Kapitel 3.1.4 wird für jedes Bauteil einzeln ein Angebot gemacht. Gerade im Hochbau, wo sehr viele Gewerke involviert sind und es sehr viele einzelne, ähnliche, aber trotzdem unterschiedliche Bauteile gibt, ist dies ein grosser Mehraufwand für die Kalkulation auf Seite des anbietenden Unternehmers. Dieser müsste dann pro Bauteil eine eigene Kalkulation erstellen. Jedes Element hat wieder andere Spezifikationen, z.B. eine andere Anzahl Fenster oder eine Tür. In Bezug auf eine Innenwand sind Öffnungen in einer Wand kostentreibende Faktoren, welche jedes Mal einzeln über das ganze Projekt berechnet werden müssten. (Interviewteilnehmer/-in 1, 2022) Diese Art von Ausschreibung, eine Art der Pauschalisierung ähnelt der Methode der funktionalen Ausschreibung welche im Kapitel 3.1.3 beschrieben wurde.

Dabei geht es auch darum, wie vergleichbar die verschiedenen Offerten sind, denn am Schluss möchte man gleiches mit gleichem vergleichen und so das beste Angebot auswählen zu können. Eine ungenau formulierte Ausschreibung kann dazu führen, dass die Unternehmen einen grösseren Interpretationsspielraum haben, was die Anforderungen betrifft. Dies kann dazu führen, dass die abgegebenen Angebote nicht immer direkt vergleichbar sind, da die Unternehmen unterschiedliche Vorstellungen von den Anforderungen haben können. Es ist daher von Bedeutung, dass eine Ausschreibung präzise und detailliert formuliert ist, um einen fairen Vergleich der Angebote zu ermöglichen. Falls diese ungenau formulierten Ausschreibungen doch verglichen werden sollten, ist es ein enormer Aufwand alle einzelnen Positionen der verschiedenen Offerten miteinander zu vergleichen.

Der Vorteil eines detaillierten Leistungsverzeichnisses ist, dass durch eine gewisse Unschärfe bei der Beschreibung viele Bauteile und gleiche Elemente und Arbeiten in einer Position zusammengefasst werden können, wobei man bei der klassischen Vorgehensweise einen Mehraufwand für die Mengenermittlung hat. (Bargstädt & Blickling, 2003) Bei einer bauteilorientierten Ausschreibung, kann heute die Mengenermittlung aus dem DBM gezogen werden, jedoch ist es schwerer die abhängigen Positionen automatisch zusammenzufassen.

4.4 Verbindung eBKP-H und NPK

«Im Vergleich zum Baukostenplan BKP bietet der Baukostenplan Hochbau eBKP-H den Vorteil, dass Kostenermittlungen nach eBKP-H über das «eBKP-Gate» schlüssig mit der Gliederung des Normpositionen-Katalogs NPK verknüpft werden können, was die Transparenz und Durchgängigkeit der Kostenplanung über den gesamten Planungs- und Bauprozess erhöht.» (Heublein, 2022)

Obwohl die Idee, eine enge Verbindung zwischen dem eBKP-H und dem NPK herzustellen, durchaus sinnvoll erscheint, ist die Umsetzung in der Praxis bisher noch nicht sehr detailliert vorhanden. Das CRB-Arbeitsmittel «Verbindung zum NPK» gibt einen Überblick darüber, wie weit die Verbindung zwischen den beiden Standards heute tatsächlich ist. In Abbildung 13 ist ein Beispiel für eine Innenwandkonstruktion mit dem eBKP-H Code C02.02 dargestellt. Gemäss dem Anwenderhandbuch werden anschliessend die passenden NPK-Positionen aufgeführt, die eine Grobstruktur und Grobverbindung der beiden Standards zeigen. Allerdings bleiben noch einige Unklarheiten bestehen und angesichts der oben zitierten Aussage könnte man den Eindruck gewinnen, dass der Fortschritt bereits weiter vorangeschritten ist.

C02.02	Innenwandkonstruktion	241	D/2019	Ortbetonbau
		314	D/2013	Maurerarbeiten
		315	D/2021	Vorgefertigte Elemente aus Beton und künstlichen Steinen
		331	D/2014	Zimmerarbeiten: Tragkonstruktion
		332	D/2008	Elementbau in Holz

Abbildung 13: Auszug aus «Verbindung zum NPK», zwischen eBKP-H und NPK, Quelle: (Verbindung zum NPK, 2021)

Die Zuordnung von eBKP-H Positionen oder eBKP-H Gate Positionen zum NPK stellt eine Herausforderung dar, da die Struktur im NPK in jedem Gewerk/Kapitel unterschiedlich aufgebaut ist und somit schwierig zu handhaben ist. Als Beispiel dafür werden in der Hundertergruppe, Zehnergruppe und Unterposition unterschiedliche Werte verwendet. Beim Backsteinmauerwerk wird zuerst nach der Dicke und dann nach der Höhe sortiert, beim Betonmauerwerk hingegen umgekehrt. Dies erschwert die Einheitlichkeit.

	Kapitel 314: Maurerarbeiten		Kapitel 241: Ortbetonbau	
Hundertergruppe:	314.111.100	Vollfugig vermauern	214.631.100	Betonsorte NPK A
Zehnergruppe:	314.111.130	d mm 140 bis 160	214.631.120	h m 1.51 bis 1.99
Unterposition:	314.111.132	h m 1.51 bis 3.00	214.631.122	d m 0.21 bis 0.25

4.5 Preisdynamik

Auch auf dem Markt der Baubranche für Baumaterialien und Arbeitsleistungen gilt das Gesetz von Angebot und Nachfrage. Die Unternehmungen sind da die direkte Verbindung zwischen Angebotspalette und Nachfrage des Marktes. (Girmscheid & Motzko, 2013)

Ist eine Marktlage gut, besteht ein Nachfrageüberhang und die übersteigende Nachfrage der Kunden können nicht mit den Angeboten Leistungen des Marktes gedeckt werden. Daraus resultiert, dass höhere Preise angeboten werden, grössere Gewinne erzielt werden können, Reserven und finanzielle Investitionen oder Abschreibungen getätigt werden können und die Erhöhung der Baukapazität. Bei einem Käufermarkt ist dies gerade das Gegenteil und die Preise fallen und die Unternehmungen versuchen Aufträge auszuführen, an denen Sie auch keine Gewinne machen können. (Girmscheid & Motzko, 2013)

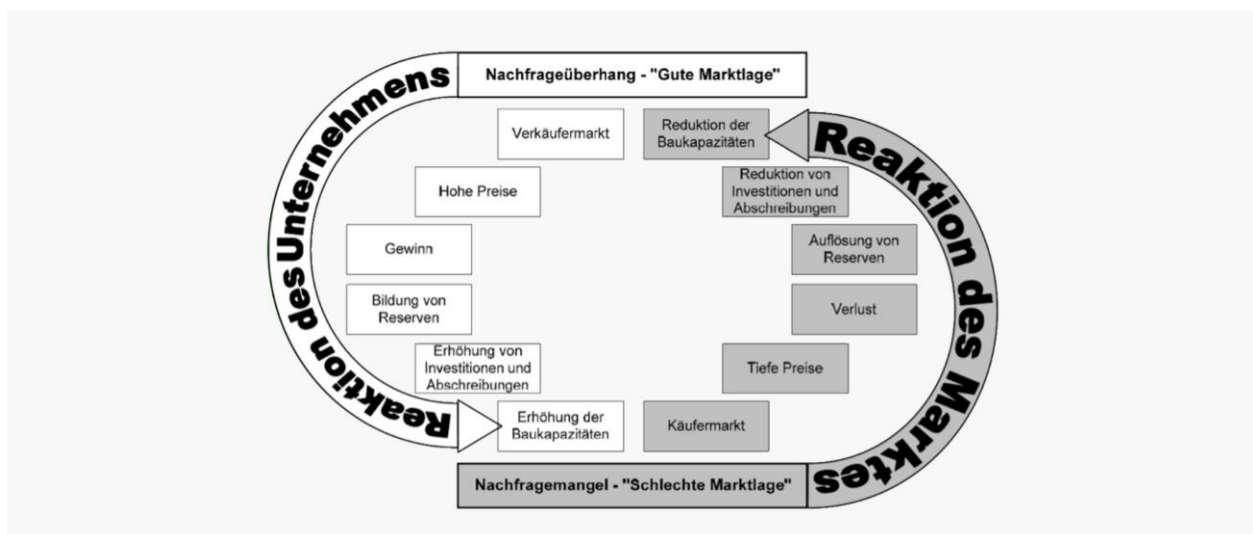


Abbildung 14: Auswirkungen von Angebot und Nachfrage, Quelle: (Girmscheid & Motzko, 2013)

Das bedeutet ein angebotener Preis einer Unternehmung kann morgen schon wieder anders sein. Die Preise sind variabel und ein Quadratmeter Backstein kostet nicht immer gleich viel. Dies ist vor allem auf der Seite Unternehmung zu beachten, aber auch auf der Seite Planung relevant, da die angebotenen Preise nicht auch für andere Projekte eins zu eins übernommen werden können.

4.6 Detaillierungsgrad einer Ausschreibung

Eine wichtige Frage bei der Erstellung von Ausschreibungen ist, wie detailliert die beschriebenen Leistungen sein müssen, um ein konkretes Angebot abgeben zu können. Im Falle von Ausschreibungen mit einem Leistungsverzeichnis nach NPK werden die erforderlichen Bauleistungen in der Regel sehr detailliert beschrieben. Dies bedeutet oft einen erheblichen Aufwand für die Planung, wobei sich die Frage stellt, ob dies heutzutage noch unbedingt erforderlich ist.

Die hohe Genauigkeit ermöglicht es, verschiedene Angebote miteinander zu vergleichen und reduziert den Aufwand für die Planung, da alle Unternehmer die gleichen Grundlagen erhalten. Zudem stellt sie sicher, dass Auftraggeber und Auftragnehmer auf der gleichen Ebene kommunizieren. (Girmscheid, 2016b)

Das DBM wird in der Ausschreibungsphase fast nicht genutzt und die Informationen, welche man aus einem DBM erhalten könnte, wird der Unternehmung heute noch oft vorenthalten.

Durch die Interviews mit verschiedenen Kalkulatoren/-innen von Unternehmungen aus der Baubranche, hat sich gezeigt, dass viele Faktoren den Preis bestimmen und wenn diese Faktoren nicht definiert wurden, werden sie auch nicht gerechnet. Daraus ergibt sich, was nicht beschrieben ist, wird auch nicht ausgeführt.

4.7 Rechtssicherheit

Die neuen Formen der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung setzen sich oft mit der Anforderung der Rechtssicherheit auseinander. Der heutige Standard aus dem NPK-Leistungsverzeichnis, mit vorgegebenen Textbausteinen und allgemein definierter Struktur ist standardisiert und etabliert in der Baubranche. Die standardisierten Textbausteine, welche die Bauleistung im NPK beschreibt, ist für die beteiligten Personen verständlich und mindert die Risiken für Widersprüche und Lücken im Leistungsverzeichnis. Diese Art von Ausschreibung wie sie heute funktioniert, verleiht eine Rechtssicherheit mit Klarheit, Beständigkeit und Vorhersehbarkeit bei der Aufgliederung der einzelnen Bauleistungen. (Peer, 2019)

Die neuen Ansätze der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung scheitern oft noch am Punkt der rechtssicheren Ausschreibung, da noch keine neuen Standards vorhanden sind und die bis jetzt erprobten Verfahren erst in Pilotprojekten getestet wurden.

5 Aktueller Stand der Forschung

5.1 Struktur und Aufbau des Kapitels

Im vorliegenden Kapitel dieser Master-Thesis geht es darum aufzuzeigen, welche Fortschritte und Ansätze in Bezug auf eine Ausschreibung, anhand von einem DBM vorhanden sind und wie diese sich konzeptionell unterscheiden. Wie ist der aktuelle Stand der Forschung/Technik bezüglich DBM-basierter Ausschreibung und wie sind die aktuell laufenden Entwicklungen in der Schweiz einzuordnen, wo liegen die konzeptuellen Unterschiede? Im Kapitel 5.2 und 5.3 geht es um die Standards und Entwicklungen der Schweiz und Deutschland, in den darauffolgenden Unterkapiteln geht es um Ansätze aus verschiedenen Bereichen aus der Schweizer Baubranche, sei es mit konzeptionellen Überlegungen aus studentischen Arbeiten oder aus Pilotprojekten aus der Praxis etc. (Die Reihenfolge der Unterkapitel ist zufällig, eine kurze Zusammenfassung und Einschätzung des Autors dieser Master-Thesis befindet sich jeweils am Schluss von jedem Unterkapitel, im Kapitel 5.9 werden anschliessend die verschiedenen Ansätze miteinander verglichen und ausgewertet.)

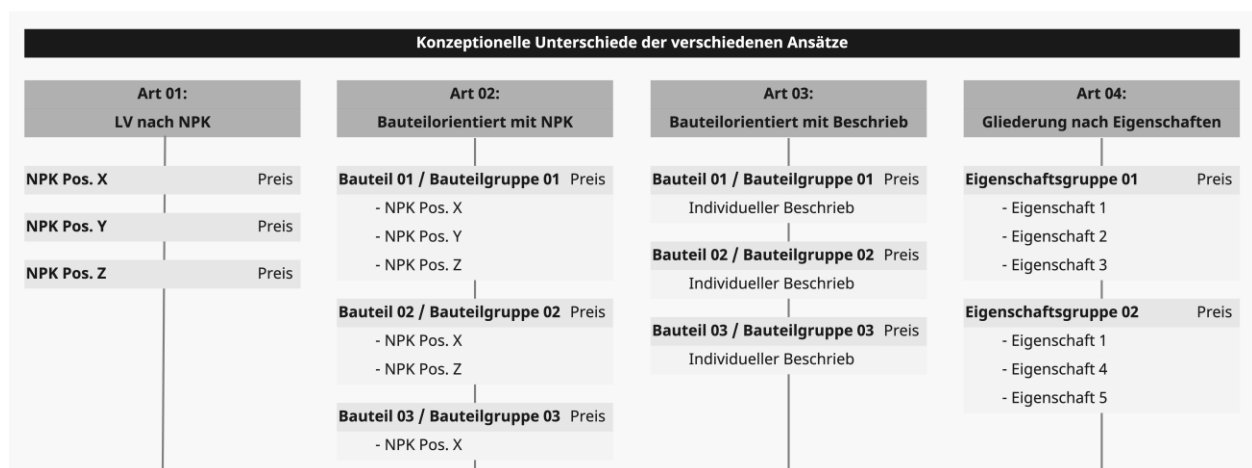


Abbildung 15: Vorschau der verschiedenen konzeptionellen Unterschiede, Quelle: Eigene Grafik.

5.2 Ansatz 1, Schweizer Standards in der Bau- und Immobilienwirtschaft (CRB)

Mit einem Forschungsprojekt an der ZHAW wurde eine Innovationsidee für eine datenbasierten Dienstleistung im Bereich des Ausschreibungswesens auf ihre Relevanz für die Endanwender überprüft und präzisiert. Als Auftraggeber, Projektpartner und Unterstützer war der CRB beteiligt und half die Perspektive der Planenden auf die Soll- und Ist-Situation einer Ausschreibung auf der Grundlage vom DBM zu erheben und auszuwerten. (Brucker-Kley et al., 2018)

Bei einer zukünftigen Ausschreibung müssen gemäss CRB die Beschreibungen von Bauleistungen automatisiert mit Informationen direkt aus dem DBM erfolgen. Deshalb wurde in einem ersten Schritt von CRB analysiert, welche vorkommenden Daten aus dem DBM mit der bestehenden Leistungspositionen aus dem NPK zu verbinden sind. Trotzdem sollte aber der NPK auch wie er heute genutzt wird benutzt werden können. Somit ist das Ziel von CRB eine Verbindung mit dem DBM zu erstellen und auch die heutige, manuelle Art der Ausschreibung mit demselben Produkt zu ermöglichen. Dazu werden nun laufend NPK-Kapitel analysiert und auf die DBM-basierte Ausschreibung überarbeitet. (Petillo, 2019) Zurzeit wird das Kapitel Holzbau überarbeitet. (Jefferies, 2022)

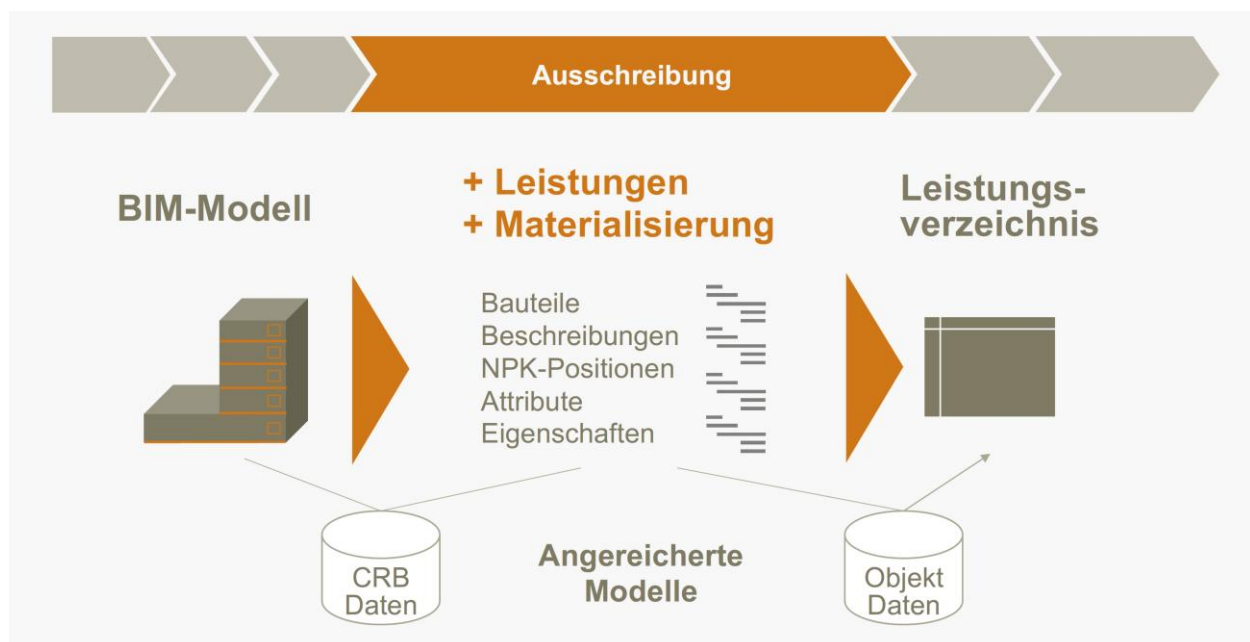


Abbildung 16: Prozess Ausschreibung mit «Übersetzung» von Planenden zu den Ausführenden, Quelle: (Petillo, 2019)

Das DBM, sprich die einzelnen Elemente, werden mit geometrischen und nicht-geometrischen Informationen angereichert. Dies bildet die Grundlage für die DBM-basierte Ausschreibung. Damit die relevanten Leistungen zugeordnet und strukturiert beschrieben werden können, müssen diese Daten mit einer digitalen Information, einem Set von Eigenschaften (property sets) von CRB ergänzt werden. Um diese Verknüpfungen und Abhängigkeiten einfacher darzustellen und um ein Feedback der zukünftigen Benutzer abholen zu können, wurde in Zusammenarbeit von CRB und ZHAW ein Prototyp entwickelt. Dieser Prototyp demonstriert welche Informationen im DBM mitgegeben und welche Leistungspositionen in einem zweiten Schritt den einzelnen Bauteilen hinzugefügt werden können. Dieser zweite Schritt greift auf einen transformierten, datenbankbasierten NPK zu. (Petillo, 2019)

Der Prototyp von CRB geht vom IFC-Standard aus und bezieht die Informationen aus 3 Registern. Das erste Register sind die von IFC bereits vorgesehenen Attribute und Eigenschaften (IcfPropertySet), das zweite Register die generierten geometrischen Informationen aus der-CAD Autorensoftware (BaseQuantities) und als drittes Register dann die von CRB definierten, zusätzlich notwendigen Eigenschaften (CrbPropertySet). Anhand all dieser hinterlegten Informationen können die zutreffenden Varianten von Leistungspositionen aus dem neuen NPK gefunden und ausgewählt werden. (Petillo, 2019)

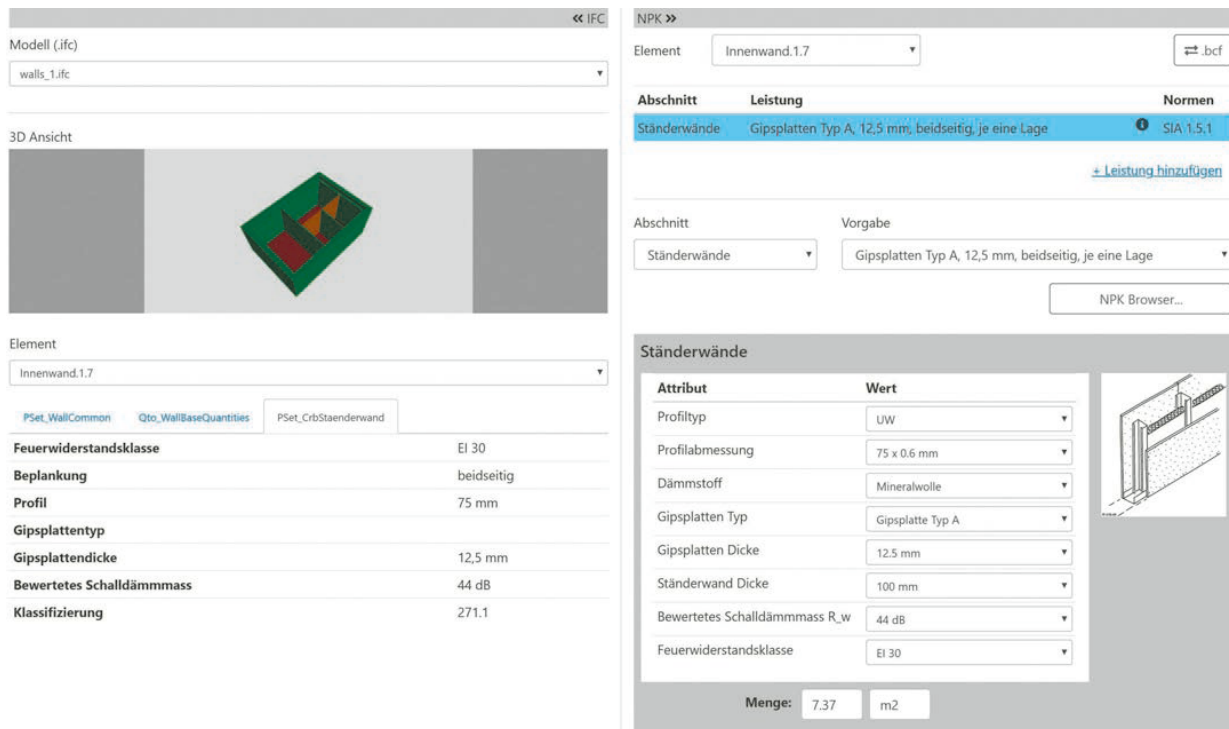


Abbildung 17: Der erste Prototyp von CRB für ein Anwender-Feedback, Quelle: (Brucker-Kley et al., 2018; Petillo, 2019)

Um eine Mauerwerkswand auszuschreiben und der passenden NPK-Position zuteilen zu können, werden demnach gemäss CRB folgende Informationen von einem Bauteil (Beispiel einer Mauerwerkswand) benötigt:

- Element: Mauerwerk
- Material: Backstein
- Machart: Einstein gemauert
- Machart: Gleichzeitig mit Rohbau erstellt
- Machart: Vollfugig vermauert
- Abmessungen: Dicke 135mm
- Abmessungen: Höhe 2.90m

5.2.1 CRB – Proof of Concept

Eine der grösseren Herausforderungen in diesem Prototyp und einer möglichen Umsetzung ist wie die einzelnen zutreffenden NPK-Positionen gefunden werden können. Diese ist eine komplexe Aufgabe. Denn es gibt über die ganzen Kapitel im NPK diverse Positionen, die in einem Fall zutreffen und in einem anderen Fall nicht zutreffen. Diese Abhängigkeiten sind heute nicht direkt ersichtlich und somit ist auch ein NPK nicht maschinenlesbar (in maschinenverständliche Form), da es für diese Art von Verbindung noch eine manuelle Zuteilung benötigt. (Petillo, 2021)

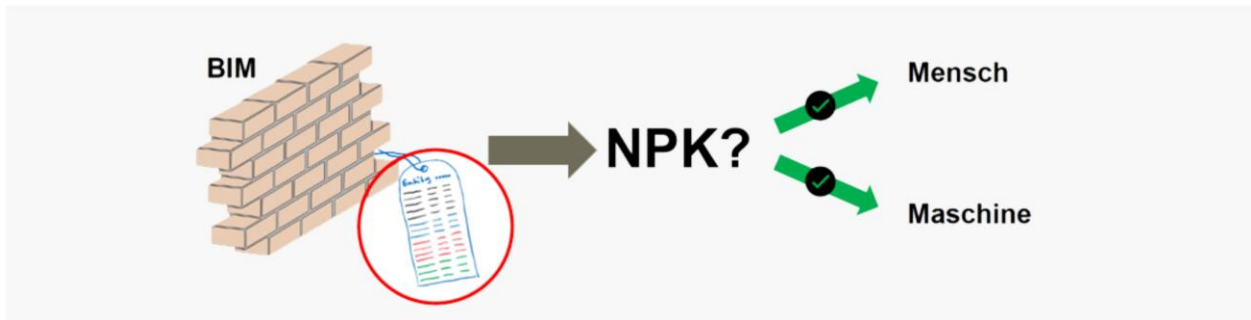


Abbildung 18: Ausgangslage BIM2NPK, für Mensch und Maschine verständlich, Quelle: (Petillo, 2021)

Zurzeit funktioniert die Suche in einem NPK-Kapitel hierarchisch und setzt daher gewisse Vorkenntnisse voraus, um die geeigneten Positionen ermitteln zu können. In Zukunft soll eine natürliche Suche mit einem Textfeld es ermöglichen den NPK einfacher zu nutzen. In der Abbildung 19 wird das Konzept zu einer natürlichen Sprachsuche im NPK aufgezeigt. (Petillo & Vorburger, 2021)

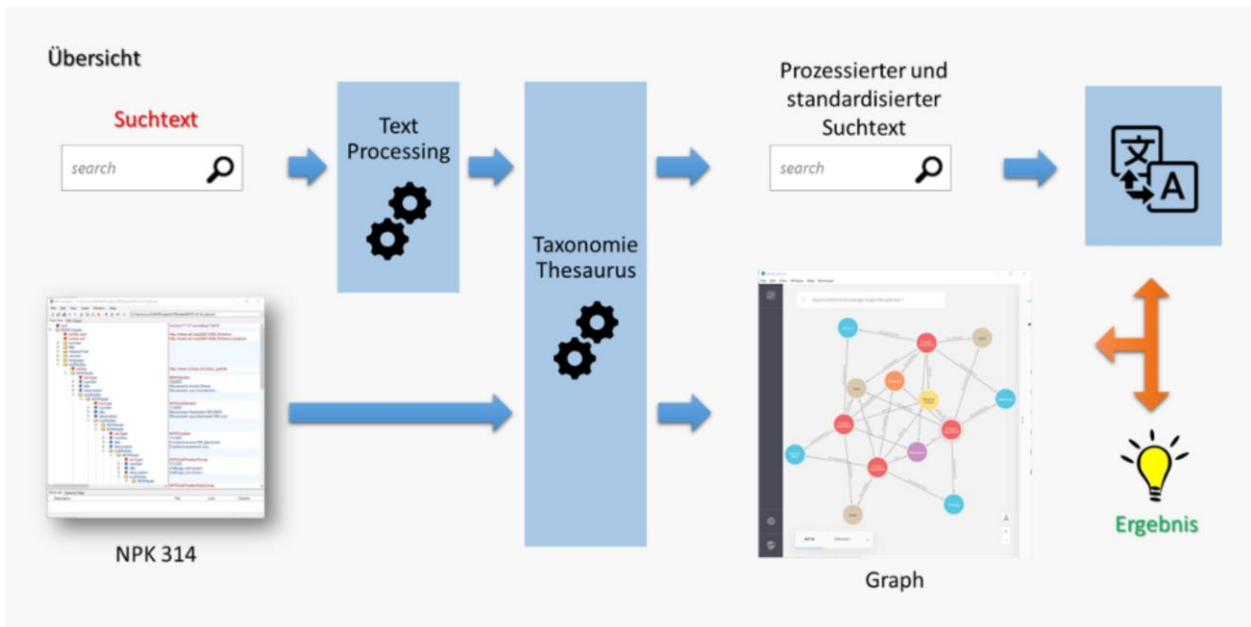


Abbildung 19: Schematischer Aufbau des zweiten Prototyps, Quelle: (Petillo & Vorburger, 2021)

Mit Linked Data Triples wird dabei einen Vorschlag erarbeitet, wie diese Verknüpfungen von den verschiedenen Positionen aus dem NPK hergestellt werden könnten. In Abbildung 20 wird anhand des Beispiels einer Mauerwerkswand aufgezeigt, wie dieser Ansatz funktionieren könnte. Wenn dies möglich ist und alle Positionen mit der Linked Data Triples Methode verknüpft sind, wäre der Ansatz vom DBM zum NPK geschafft. (Petillo, 2021)

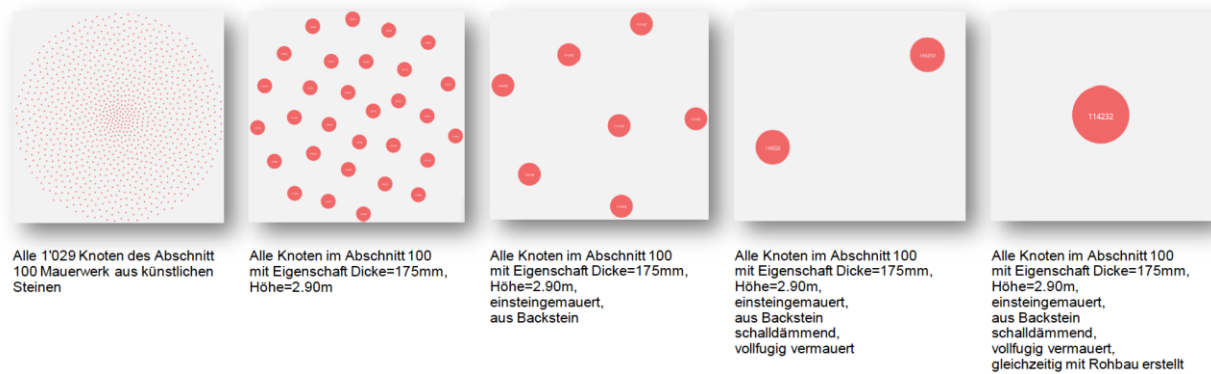


Abbildung 20: Proof of Concept, Linked Data Triples anhand des Beispiels NPK 314 Maurerarbeiten, Quelle: (Petillo, 2021)

5.2.2 Nächste Schritte und Stossrichtung CRB

Gemäss der Besprechung mit Pasquale Petillo (Leiter Produktion, CRB) am 21.12.2022 wurde angesprochen, wie sich der CRB in nächster Zeit ausrichten wird. Es wird versucht die Durchgängigkeit der Daten in allen Projektphase zu nutzen und in der Phase Ausschreibung, um die CAD-Autorensoftware zu entlasten, sollte ein DBM in eine Bauadministrations-Software (ITWO von RIB Group ist bereits von CRB zertifiziert und NOVA AVA ist im Moment an der Zertifizierung für CRB-Standards) geladen werden können, um dort von den Ausschreibenden Personen mit den passenden Leistungspositionen verknüpft werden können. Dies ist ein ähnlicher Ansatz wie im Kapitel 5.3 Ansatz 2, Standards in Deutschland – AVA aufgezeigt wird. Dabei sind die einzelnen z.B. Wände auszuwählen und mit den passenden NPK-Positionen zu versehen. Wenn dies in einem Projekt gemacht wurde, wären diese manuell gemachten Verknüpfungen als Vorlage in einem nachfolgenden Projekt wieder nutzbar. Eine Wand hat somit gewisse Eigenschaften, die in der jeweiligen CAD-Autorensoftware abgefüllt wurden und können nun in der Bauadministrations-Software nach Belieben ergänzt werden. Daraus kann ein Auszug generiert werden, welcher dann ein rechtsicheres, nach NPK strukturiertes Leistungsverzeichnis abbildet.

5.2.3 Fazit aus Kapitel 5.2

Die nächsten Schritte von CRB sind mit einem spannenden Ansatz verbunden und die Stossrichtung von CRB geht in eine ähnliche Richtung wie dies in Deutschland (Kapitel 5.3) auch schon umgesetzt wird. Der NPK wird kapitelweise überarbeitet, um eine bauteilorientierte Vorgehensweise zu unterstützen. Die Anforderung an den NPK, dass eine Ausschreibung nach heutiger Art und bauteilorientiert möglich sein muss, ist als sehr grosse Herausforderung zu betrachten. Dadurch zeigt sich eher eine Art Digitalisierung von bestehenden Prozessen als eine digitale Transformation. Die Untersuchungen des eBKP-H Gate und den weiteren Ansätzen von CRB zeigen auf, dass eine Verbindung des heutigen NPK mit einem DBM eine Herkulesaufgabe darstellt, die anscheinend nicht so einfach zu lösen ist. Der eBKP-H Gate oder früher der Elementarten-Katalog welche jeweils die Verbindung zum NPK herstellen sollten sind schon seit einigen Jahren in der Entwicklung und das Resultat daraus ist noch nicht zufriedenstellend.

5.3 Ansatz 2, Standards in Deutschland – AVA (GAEB)

Was der NPK und CRB in der Schweiz ist, ist in Deutschland der StLB-Bau und GAEB. Im StLB-Bau werden einzelne Leistungen beschrieben und es werden damit ungenaue, weitläufiger Texte vermieden. Besondere Beschreibungen, die im StLB-Bau nicht vorhanden sind, können frei formuliert werden und damit den StLB-Bau ergänzen. Die Einheitlichkeit ermöglicht auch hier eine gemeinsame Sprache zwischen den Baufachleuten. Der StLB-Bau wird vom Vertreter der öffentlichen und privaten Auftraggeber, dem GAEB herausgegeben. Die StLB-Bau Gliederung ist hierarchisch aufgebaut und die gegliederten Textbausteine können als Standardleistungsbeschreibung zusammengefügt werden, daraus entsteht dann das Leistungsverzeichnis. (Rösel et al., 2020)

5.3.1 Computergestützte AVA

Bei der digitalen Ausschreibung in Deutschland ist mit der computergestützten AVA die Basis gelegt für einen durchgängigen Prozess. Alle Phasen und Projektdaten sind in einer einheitlichen «Sprache» erfasst und werden pro Phase detaillierte angereicht. Die DBM-basierte Ausschreibung in Deutschland wird auch auf den offenen Standard IFC weitergeführt. Je nach Phase und gewünschter Detaillierungsgrad wird die Informationstiefe der 3D-Modelle definiert mit dem zu erreichenden Fertigstellungsgraden (LOD, level of definition), welcher sich aus dem geometrischen Detaillierungsgrad (level of detail) und dem alphanumerischen Informationsgehalt (level of information) zusammensetzt. Die LOD-Stufen sind gemäss der Norm DIN 276 in 5 Stufen (LOD 100 bis LOD 500) unterteilt. (Rösel et al., 2020)

Die Bauteile des DBM sind mit Attributen ausgestattet, die Mengenwerte und Einheiten enthalten, die von der AVA-Software gelesen werden können. Jedes Bauteil ist einem Bauteiltyp zugeordnet, so dass z.B. eine Wand durch ihre Fläche und Dicke beschrieben werden kann. Wurde einem Bauteil noch kein Typ zugeordnet, kann dies in einem zweiten Schritt manuell unter Angabe der Einheit und der zu verrechnenden Mengen erfolgen. Das DBM enthält auch Elemente, die sich auf andere Bauteile beziehen, wie z. B. Wandöffnungen, die immer zu einer Wand gehören, oder Anschlüsse, die mit einer Wand verbunden sind. Diese Elemente müssen ebenfalls in die Ausschreibung aufgenommen werden. Besonders wichtig ist es, festzustellen, ob Öffnungen Kosten verursachen und daher in der Leistungsbeschreibung berücksichtigt, werden müssen oder ob sie sich über die gesamte Wand erstrecken und damit zwei verschiedene Wandteile mit je einem Abschluss ergeben, so dass die Öffnung nicht direkt berücksichtigt werden muss. (Rösel et al., 2020)

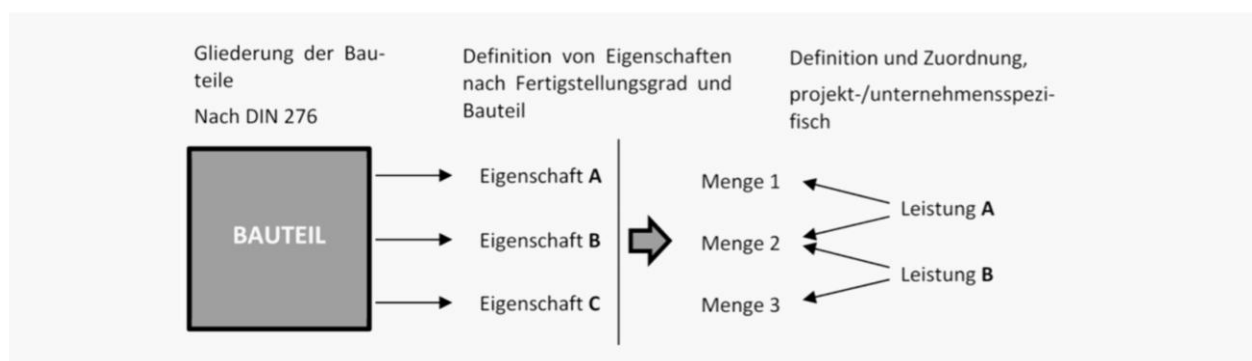


Abbildung 21: Zuordnung von Mengen und Leistungen zu Modellelementen, nach VDI 2552 Blatt 3, Quelle: (Rösel et al., 2020)

Alle Bauteile sind in einem hierarchischen Ordnungssystem erfasst. Alle Leistungen, welche notwendig sind, die Bauteile in einem Bauwerk zu erstellen, sind in Leistungsbereiche aufgeteilt. Ein Leistungsbeschreibung enthält qualitative und quantitative Angaben. Qualitative Angaben sind in alphanumerischer Form dem Bauteil mit Attributen und Eigenschaften angehängt und definieren die zu erbringende Gesamtleistung eines Bauteils. Diese Gesamtleistung ist dann unterteilt in verschiedene Teilleistungen z.B. bei einer Betonwand wäre jeweils eine Teilleistung die Schalung, das Betonieren und der Betonstahl. Die quantitativen Angaben umfassen die benötigten Mengen die, je nach Bauteiltyp und Teilleistung unterschiedlich aus dem Modell abgeleitet werden können. (Rösel et al., 2020)

Somit kann die Menge und die verschiedenen Teilleistungen aus dem digitalen Bauwerksmodell abgeleitet werden. In der Abbildung 22 wird aufgezeigt, wie die Teilleistungen von unterschiedlichen Eigenschaften eines Bauteils gebildet werden.

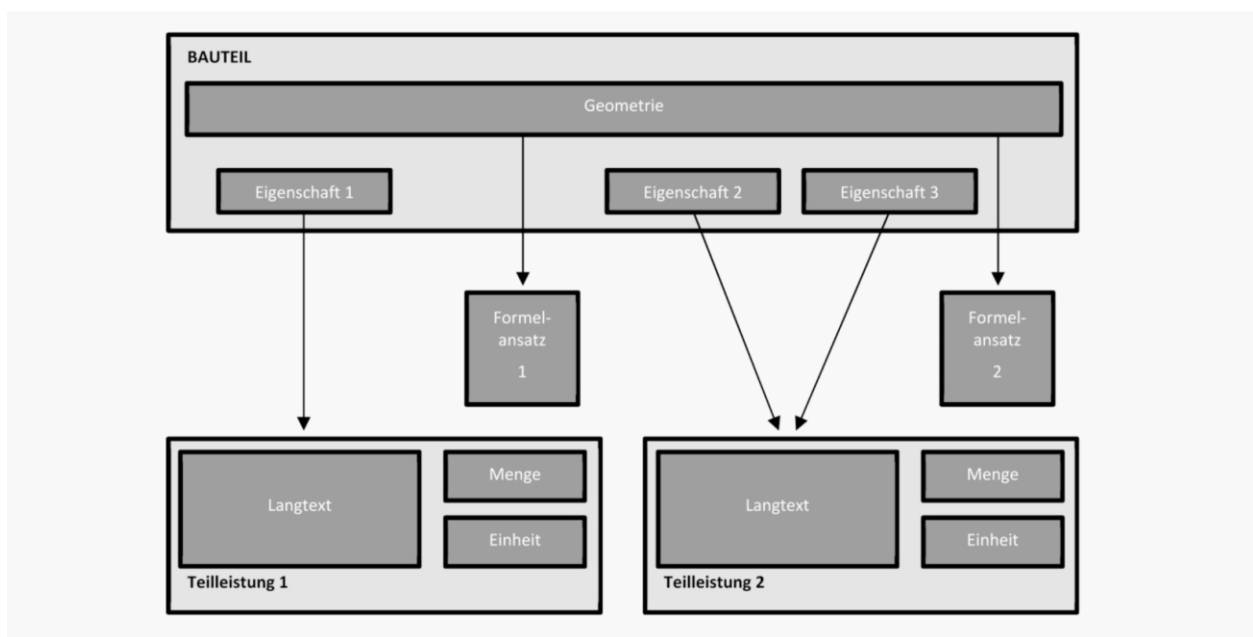


Abbildung 22: Mengen der Teilleistungen werden aus der Bauteilmenge ermittelt, nach VDI 2552 Blatt 3, Quelle: (Rösel et al., 2020)

5.3.2 Verlinkung DBM und Leistungsverzeichnis

«Die DIN SPEC 9130 definiert einen verlinkten BIM-Datenaustausch von standardisierten Bauwerksmodellen, z. B. nach ISO 16739 (IFC) und Kosten- und Leistungsverzeichnissen, z. B. nach PAS 1067 GAEB DA XML.» (DIN SPEC 91350, 2016) Die «GlobalID» aus dem IFC-Modell und den jeweiligen IFC-Elementen werden die verschiedenen Leistungspositionen hinzugefügt. Falls ein DBM nicht dem IFC-Standard entspricht, müssen die verlinkbaren Elemente projektspezifisch vereinbart werden. (DIN SPEC 91350, 2016)

5.3.3 AVA-Software

AVA-Software sind Software-Lösungen für das Baukostenmanagement, welche die Arbeit mit digitalen Bauwerksmodellen unterstützt und bei der Umsetzung von Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung von Bauvorhaben eingesetzt wird. Dabei können dem Modell Positionen aus dem STLB-Bau hinzugefügt werden und allenfalls auch eigene Texte mit spezifischen Beschreibungen ergänzt werden. Das daraus generierte Leistungsverzeichnis ist VOB- und DIN-konform und bildet somit in Deutschland eine rechtsichere Ausschreibung und ermöglicht eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Angeboten der Unternehmungen. (Schiller & Kloss, 2019)



Abbildung 23: Ablauf zur Erstellung LV in AVA-Software, Quelle: Eigene Grafik in Anlehnung an (Hacker & Sedlmair, 2018).

In der Abbildung 24 wird beispielhaft dargestellt, wie das DBM in der AVA-Software angezeigt wird und dass mit den angezeigten Informationen die jeweiligen Leistungen ausgewählt werden können. Wenn die Standard-Leistungspositionen ausgewählt werden, ist auch bereits ein Richtpreis (Kennwerte) hinterlegt, welcher dann automatisch dem Bauteil hinzugefügt wird und somit schon eine erste Kostenberechnung erstellt wird.

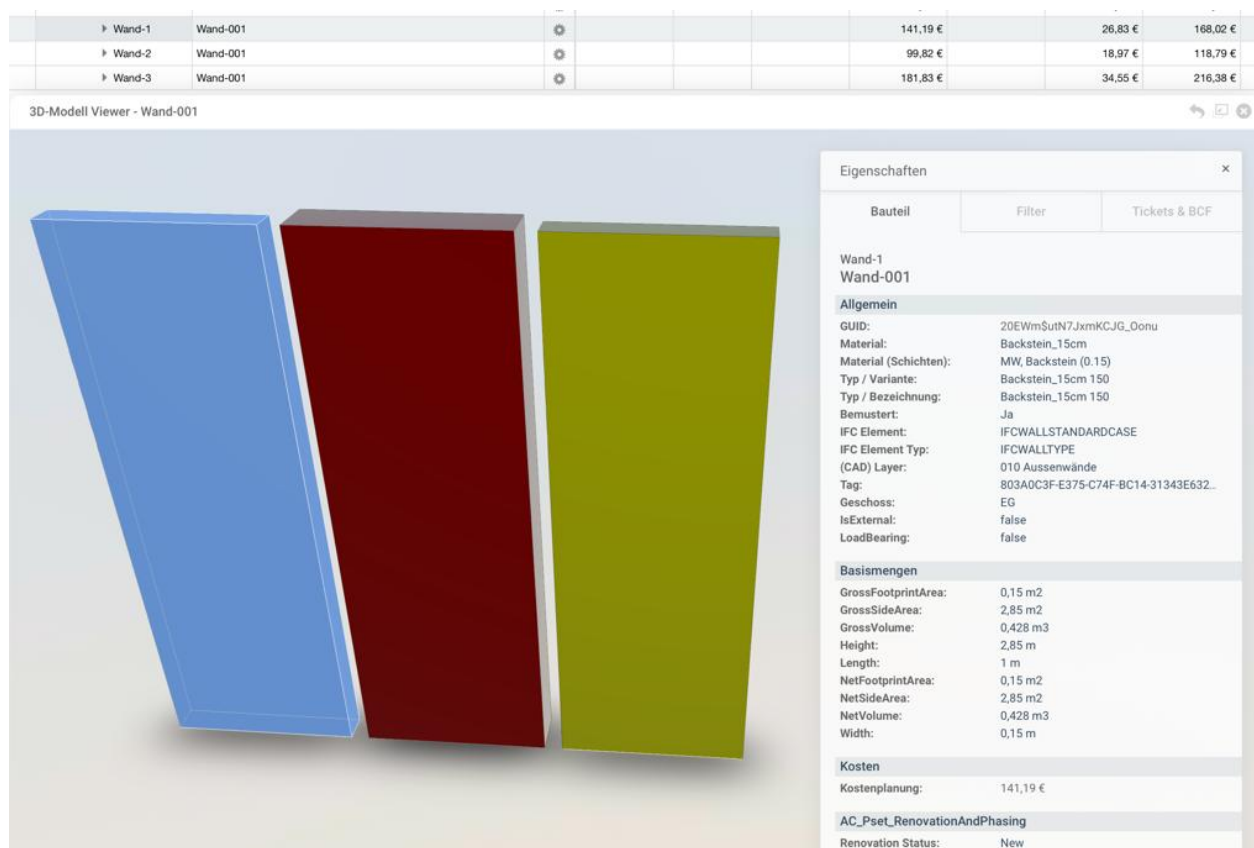


Abbildung 24: Eigener Testlauf in der AVA-Software NOVA AVA

5.3.4 Fazit aus Kapitel 5.3

Deutschland ist in diesem Bereich der Schweiz schon um einige Jahre voraus und mit den Standards von GAEB ist es deutschlandweit möglich das gesamte Bauprojekt durchgängig zu planen. Der Nachteil in diesem Ansatz, gemäss Untersuchungen dieser Master-Thesis, liegt darin, dass die Ausschreibung wieder von einer Person von der Planung zu den Ausführenden Unternehmer «übersetzt» werden muss und die Leistungspositionen in einer separaten Bauadmin-Software pro Bauteil/Bauteilgruppe hinzugefügt wird. Dafür erhält man aber ein gültiges, rechtsicheres Leistungsverzeichnis wie gewohnt. Spannend ist z.B. die Abbildung 22 wo aufzeigt, dass nicht das einzelne Bauteil mit Leistungspositionen verknüpft wird, sondern anhand von den Eigenschaften, welches das Bauteil beinhaltet, die Leistungspositionen zugeteilt werden und vom Bauteil die entsprechenden Mengen ausgezogen werden können.

5.4 Ansatz 3, Arbeit A – Vom eBKP-H zum NPK mit dem «eNPK»

Art: Zertifikatsarbeit, CAS Potenziale und Strategien, MAS FHNW Digitales Bauen
 Titel: Modellbasiertes Erstellen eines Baumeisterleistungsverzeichnisses mit Solibri
 Kategorie: Hochbau
 Autor: Thomas Stadelmann
 Datum: 23. November 2020

5.4.1 Kurzübersicht

Im Rahmen einer CAS-Zertifikatsarbeit an der FHNW hat Thomas Stadelmann einen möglichen Ansatz aufgezeigt, wie das Leistungsverzeichnis nach NPK automatisiert aus dem Digitalen Bauwerksmodell, im Gewerk des Baumeisters mit Fokus auf einer Betonwand erstellt werden könnte. Es wird dabei eine Methode entwickelt die NPK-Positionen mit den einzelnen Bauteilen aus dem DBM in Verbindung zu bringen. Es wird im Rahmen dieser Arbeit ein eigener Katalog entwickelt, welcher die Verbindung zwischen dem eBKP-H und dem NPK gewährleisten soll. Dieser neue, von ihm entwickelte Katalog wird in seiner Arbeit als eNPK (elementbasierten-Normenpositionen-Katalog) betitelt. (Stadelmann, 2020)

5.4.2 Konzept

Um eine komplette Zuweisung der einzelnen NPK-Positionen zu erhalten, müssen neben geometrischen Informationen (Neigung, Höhe, Dicke) auch Angaben zum Ort der Wand (Bauteil) und der Materialisierung (Betontyp) sowie der Ausführungsart (Abstellbasis, Häuptigkeit, Schalungstyp) gemacht werden. Diese zusätzlich zum eBKP-H zu definierenden Eigenschaften bilden den eNPK ab. Im Detail bedeutet dies, dass für jedes Bauteil diese neun Parameter zu definieren sind, um ein Betonwand aus dem DBM mit der jeweiligen NPK-Position zu verknüpfen: (Stadelmann, 2020)

- Stufe 1: LoadBearing oder auch bekannt als tragend / nicht tragend
- Stufe 2: Ifc Entity, in diesem Fall IfcWall
- Stufe 3: IsExternal oder auch bekannt als Innen / Aussen
- Stufe 4: Ist die Wand vertikal, geneigt, gehört sie zum Aufzugsschacht oder zum Treppenhaus
- Stufe 5: Ist die Wand einhäutig oder doppelhäutig
- Stufe 6: Schalungstyp der Wand
- Stufe 7: Material: Welcher Betontyp wird für die Wand verwendet
- Stufe 8: Dicke: Wie dick ist die Wand
- Stufe 9: Höhe: Wie hoch ist die Wand

A	C	D	E	H	I	O	AG	AJ	BI	
1	IFC Entität	Material	Dicke	Höhe	Pset_WallCommon.IsExternal	Pset_WallCommon.LoadBearing	Set.001_Veri	Set.042_Schalungsty	Set.052_Doppelhäu	Klassifikationsname
924	IfcWall	*NPK/CAN_C* 300 mm < X	3000 mm ≤ X ≤ 4000 mm	true	true	true				C.2.1.1.2.3.4.6
925	IfcWall	*NPK/CAN_C* 300 mm < X	4000 mm < X	true	true	true				C.2.1.1.2.3.4.7
926	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	0 mm < X ≤ 500 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.1
927	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	500 mm < X ≤ 1000 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.2
928	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	1000 mm < X ≤ 1500 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.3
929	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	1500 mm < X ≤ 2000 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.4
930	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	2000 mm ≤ X < 3000 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.5
931	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	3000 mm ≤ X ≤ 4000 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.6
932	IfcWall	*NPK/CAN_A* 150 mm ≤ X ≤ 200 mm	4000 mm < X	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.1.7
933	IfcWall	*NPK/CAN_A* 200 mm < X ≤ 250 mm	0 mm < X ≤ 500 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.2.1
934	IfcWall	*NPK/CAN_A* 200 mm < X ≤ 250 mm	500 mm < X ≤ 1000 mm	true	true	true	true	true		C.2.1.1.2.1.1.2.2

Abbildung 25: Klassifizierungsregeln für Mengenauszug aus dem DBM, Quelle: (Stadelmann, 2020)

Im DBM sind die genannten Eigenschaften abgefüllt und man kann nun mit Solibri, über eine eigenen Klassifizierungsregel automatisiert die verschiedenen Bauteile, gemäss den gesetzten Regeln, klassifizieren lassen. Damit wird z.B. der Klassifikationsname C.2.1.1.2.1.1.5 an einem Bauteil zugeordnet. (Stadelmann, 2020)

Anhand dieser Zuteilung wird in einem nächsten Schritt die jeweiligen NPK-Positionen zum Bauteiltyp hinzugefügt. Z.B.: *Aussenwandkonstruktion, Betonwand $d = m\ 0.20$; $Fe = kg/m^3\ 40$; Schalung $h = m\ 2.51 - 3.50$ Typ 2; Beton NPK A, hätte somit im eNPK die Position C.2.1.1.2.1.1.5. Um die Massen für die Ausschreibung zu generieren, kann man nun an zu dieser Position die einzelnen NPK-Positionen hinzufügen. Durch die feine Gliederung sind diese Positionen nun eindeutig bestimmbar. Für die Betonwand C.2.1.1.2.1.1.5 würde dies folgendermassen aussehen: (Stadelmann, 2020)*

C.2.1.1.2.1.2.1.5	Aussenwandkonstruktion, vertikal, doppelhäufig, Typ 2, Betontyp NPK B, Wanddicke m 0.15 bis 0.20, Wandhöhe m 2.00 bis 2.99		
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Schalung	400.78 m2	241.231.103
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Abschalung	17.9532 m2	241.237.111
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Stabbewehrung	3779.79 kg	241.511.100
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Bewehrungsanschluss	49.87 m	241.543.112
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Beton	35.998 m3	241.631.231
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Bindlöcher schliessen	572.5428571 Stk	X
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Betonnachbehandlungen, Polyethylenfolie inkl. Vorhalten	400.78 m2	241.821.113
C.2.1.1.2.1.2.1.5	Zuschläge	m2	X

Abbildung 26: eNPK, erweiterter eBKP-H mit allen NPK-Positionen, Quelle: (Stadelmann, 2020)

Daraus wird eine Liste generiert, wo alle Mengen zu den jeweiligen NPK-Positionen zusammengezogen werden und als Basis für das Ausfüllen des LV's dient. (Stadelmann, 2020)

5.4.3 Fazit Kapitel 5.4

Spannend bei dieser untersuchten Arbeit ist, dass die Mengenauszüge der Bauteile direkt und automatisch an eine oder mehrere NPK-Positionen zugeteilt werden. Dies zeigt der konzeptionelle Weg einer möglichen Verbindung vom NPK und dem DBM auf. Die Eigenschaften aus den verschiedenen Bauteilen bieten die Grundlage für die Mengenauszüge, und anhand dieser gesetzten, eigen definierten Eigenschaften ist es möglich die Bauteile im DBM nach Eigenschaften, wie diese auch im NPK strukturiert sind, zu sortieren und zusammenzufassen. Mit den Eigenschaften kann im DBM mittels Klassifikationsregeln einen Auszug erstellt werden, was in einem zweiten Schritt eine zusätzliche Excel-Tabelle benötigt, um die Teilleistungen der einzelnen Positionen zu berechnen.

Der Vorteil ist, dass eine Grundlage geschaffen wird für ein rechtsichereres Leistungsverzeichnis ab dem DBM. Durch das direkte Übernehmen und den starken Fokus auf den NPK wird bei dieser Arbeit der heutige NPK nicht weiter hinterfragt und daraus resultiert eine sehr lange und umfangreiche, fast nicht mehr bewältigbare Excel-Auswertungsliste (Liste beinhaltet mehr als 87'500 Zeilen) Die Liste umfasst nur das Gewerk Beton im Hochbau. Dies zeigt unter anderem auf, dass der NPK, wie er heute ist, nicht praktikabel ist für eine bauwerksmodellorientierte Ausschreibung. Die Strukturierung des Modells ist nach dem eBKP-H Code gemacht, jedoch wird auch dieser in der Klassifikation generiert und somit ist die detaillierte Klassifikation nicht abhängig von einem manuell gesetzten Code. Dies bringt den Vorteil, falls sich was ändert, ist automatisch sichergestellt, dass die Klassifikation nach den neuen Eigenschaften die passende Kategorie auswählt.

5.5 Ansatz 4, Arbeit B – Bauteilorientierte Ausschreibung und Angebotskonfigurator

Art: Master-Thesis, MAS FHNW Digitales Bauen
 Titel: Modellbasierte Ausschreibung – Angebotserstellung im Infrastrukturbau
 Kategorie: Infrastrukturbau
 Autor: Fabio Grieder
 Datum: 31. Oktober 2022

5.5.1 Kurzübersicht

In der Master-Thesis von Fabio Grieder im MAS FHNW Digitales Bauen werden drei Varianten vorgestellt für eine modellbasierte Ausschreibung im Infrastrukturbau. Die ersten beiden Konzepte sind unter dem Ansatz von «best practice» geführt und somit an die heutige Arbeitspraxis angebunden. Die dritte Variante baut auf den Erfahrungen von den ersten beiden Vorschlägen auf und stellt ein mögliches Konzept mit einem Angebotskonfigurator für die Zukunft vor. (Grieder, 2022)

5.5.2 Konzept 1.1 – Bauteilorientierte Ausschreibung

Im ersten Konzept wird für die bauteilorientierte Ausschreibung eine Angebotstabelle entwickelt. Diese Angebotstabelle basiert auf der Struktur des eBKP-T (Hauptgruppe, Elementgruppe und Element) und einer von F. Grieder entwickelten Struktur der Unterpositionen 1 und 2. (Grieder, 2022)

Hauptgruppe:	L	Vorbereitung Tiefbau
Elementgruppe:	L1	Untersuchung, Aufnahme, Messung
Element:	L1.4	Überwachung
Unterposition 1:	L1.4.101	Festbetonprüfungen Würfel
Unterposition 2:	L1.4.102	Festbetonprüfungen Bohrkerne

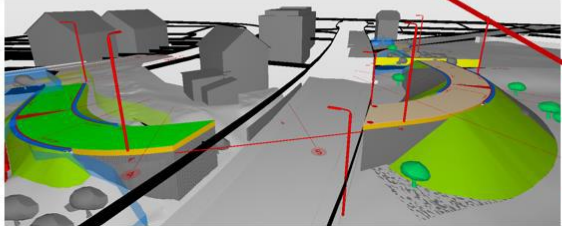
Mit der aufgezeigten Struktur ist es möglich jedem Modellelement eine klare Position zuzuweisen innerhalb der sich bereits etablierten eBKP-T Struktur. Für jede Unterposition wird ein eigener Bauteilbeschrieb erstellt, dieser Bauteilbeschrieb ist heute noch nicht standardisiert, weshalb es eine Herausforderung ist, jede Position verständlich zu formulieren und alle Leistungen, die erbracht werden müssen, miteinzurechnen. Ein Bauteilbeschrieb setzt sich aus fünf Punkten zusammen; Leistungen (liefern, einbauen, verdichten, etc.), Nebenarbeiten (Voranstrich, Schutz von Randabschlüssen, etc.), Maschinen und Geräte, Spezifische Zusätze (Thermomulde, etc.), Zusatzkosten für Eignungsnachweise und Verweise auf gültige Normenwerke, Bedingungen, Ausmass- und Vergütungsregeln. (Grieder, 2022)

Mit dem neuen Code L1.4.102 ist es nun möglich das jeweilige Bauteil aus dem DBM mit der Angebotstabelle zu verknüpfen. Diese Verknüpfung wird beispielhaft in der Abbildung 27 dargestellt. Das Beschaffungskonzept orientiert sich in diesem Vorschlag auf die einzelnen Bauteile und somit ist eine Zuweisung sehr einfach gemacht. Je detaillierter die Modelle sind, umso mehr Bauteile können mit der Angebotstabelle verknüpft werden. (Grieder, 2022)

Angebotstabelle:

eBKP-T	Bezeichnung	Beschreibung	Menge	Einheit
R 1.4.101	Bitumenhaltige Deckschicht einbauen, AC 8 H, 30 mm, B50/70	Deckschichten einbauen, maschinell oder von Hand. Leistungen: - Maschinen und Geräte. - Ausführung in Etappen und mehreren Einsätzen. - Trockenreinigung Unterlage. - Vorstreichen der Unterlagen zur Gewährleistung des Schichtverbunds mit lösungsmittelfreien Haftmitteln. Haftmittel dem Unternehmer freigestellt. - Schützen von Abschlüssen, Mauern, Zäunen und dgl. vor Verunreinigung. - Belagsbau nach Modell, alle Flächenformen, inkl. Verdichten. - Thermomüden. - Abschneiden von Deckschichträndern entlang von Abschlüssen wie Randsteinen, Wassersteinen oder Bundsteinen sowie erstellen der Belagsränder ohne Abschlüsse. - Erstellen und Wiederabbrechen von provisorischen Belagsrampen bei Belagsetappen. Neigung max. 1:5. - Abtransportieren von Material aus Reinigung und Abbruch Belagsrampen. - Kosten für Eignungsnachweise und Eigenkontrollen. - Mehraufwand infolge Behinderungen durch Einbauten wie Schachtabdeckungen, Strassenkappen und Strassenraumumgliederungen. - Es gelten die Ausführungsvorschriften gem. WAV 321. - Umrechnung in Tonnen: ca. 75 t	31.55	m3

DBM und PropertySet:



Material	Beziehungen	Klassifikation	Hyperlinks
Identifikation	Position		Menues
TBA_Allgemein	TBA_Fahrbahn		TBA_Offerte
Eigenschaft		Wert	
Code		R 1.4.101	
Einheitspreis (Platzhalter)			
Elementbetrag (Platzhalter)			
Menge		11.30	
Mengeinheit		m3	
eBKP-T Bezeichnung		Bitumenhaltige Deckschicht ein...	

Abbildung 27: Verknüpfung der Angebotstabelle mit dem DBM, Quelle: (Grieder, 2022)

5.5.3 Konzept 1.2 – Modellbasierte Ausschreibung mit NPK-Positionen

Die Grundanforderung in diesem Konzept ist es die Bauteile mit den dazugehörigen NPK-Positionen zu verbinden. Denn das LV soll nach den klassischen Leistungspositionen nach NPK aus dem Modell herausgezogen werden können. Im untersuchten Projekt von F. Grieder wurde bereits ein NPK-Leistungsverzeichnis erstellt und das DBM wurde genutzt, um das Vorausmass zu erstellen. Es wurden an allen Bauteilen die passenden NPK-Positionen manuell vom Bauleiter abgefüllt, um anhand der NPK-Positionen das Vorausmass aus dem DBM zu erstellen. Bei diesem Ansatz entstanden diverse Herausforderungen, wie z.B. das Zuweisen von NPK-Positionen an nicht modellierten Bauteilen oder Bauteile, wo aufgrund von örtlichen Begebenheiten unvorhergesehene Reserven eingerechnet werden sollten, dies jedoch im automatisch generierten Ausmass nicht möglich ist. (Grieder, 2022)

Leistungsverzeichnis

464	Deckschichten AC Typ H liefern, maschinell einbauen und verdichten.		
.100	AC 8 H.		
.121	d mm 30 Fahrbahn Ausmass: Masse Mischgut		
464.121	LE = t Bindemittel: PmB 45/80-80 (CH-E)	840	LE

DBM und PropertySet:

TBA_Ausschreibung	TBA_ZH	Eigenschaft	Wert
		Arbeitsvorgang	maschinell
		Bauphase	Bauphase 3
		Eigentümer	KantonZH
		Gewerk	Strasse
		Kostenträger	KantonZH
		LOAHorizontal	LOA40 (1 - 5mm)
		LOAVertikal	LOA40 (1 - 5mm)
		Laenge	0
		Material	AC 8 H, PmB 45/80-80 (CH-E)
		Modellelement	Deckschicht
		Schichtstaerke	0.03
		Volumen	346.739
		eBKP	R.1.4

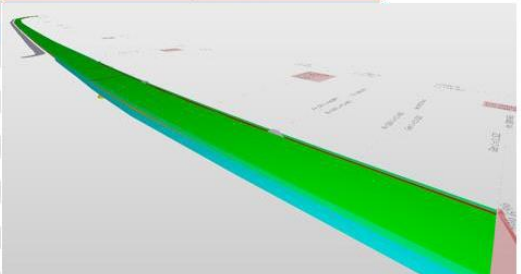


Abbildung 28: Verknüpfung LV mit DBM, Quelle: (Grieder, 2022)

5.5.4 Konzept 2 – Angebotskonfigurator

Im zweiten Konzept, der untersuchten Arbeit von F. Grieder, wird das DBM nach den aktuellen Standards von IFC aufgebaut. Ziel aus dem Modell sollte sein, dass Bauteile mit gleichen Instanz- oder Typenmerkmalen zusammengefasst werden können und mit einer funktionalen Struktur gegliedert werden. Somit könnte die zu implementierenden Informationen in benutzerspezifische Eigenschaftsätzen auf ein Minimum reduziert werden. (Grieder, 2022)

Im ersten Konzept (Kapitel 5.5.2) wurde die Variante zur bauteilorientierten Lösungsansatz aufgezeigt, dabei zeigte sich auch die Herausforderung die einzelnen Bauteile zu beschreiben. Grund dafür ist, dass der heutige NPK jede einzelne Leistung pro Bauteil ausweist und bepreist wird. Diese Art von Bepreisung unterstützt die Unternehmer zur Kalkulation von ihren Baukosten nach Kostenarten. Jedoch bietet dies ein grosses Fehlerrisiko bei der Zuweisung der einzelnen NPK-Positionen an den passenden Bauteilen. (Grieder, 2022)

Der Angebotskonfigurator basiert auf vier Arbeitsschritten. Als erstes erstellt der Projektadministrator ein neues Projekt, als zweites wird das IFC-Modell importiert und die einzelnen Bauteile der eBKP-H Struktur zugeteilt, ersichtlich links in Abbildung 29. Im dritten Schritt, ersichtlich rechts in Abbildung 29, können die einzelnen Bauteile mit selektionierten Positionen aus dem NPK bestückt werden. Der Bauteilkonfigurator baut auf derselben Systematik auf wie die NPK-Kapitel in den Abschnitten; Allgemeine Bestimmungen, Inventar, Leistungen und Material und Zusätze. Im vierten Arbeitsschritt wird die ausgefüllte Angebotstabelle ausgedruckt und man erhält eine Übersicht über alle Bauteile mit allen NPK-Leistungspositionen. (Grieder, 2022)

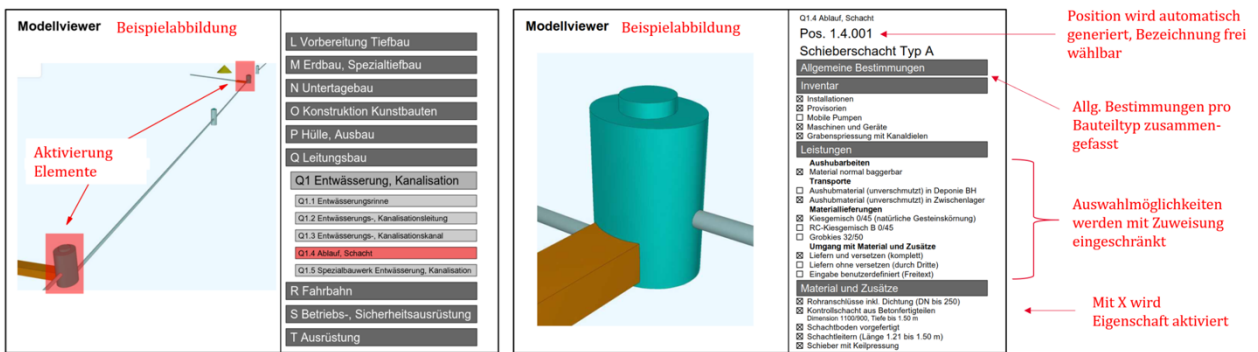


Abbildung 29: Links: Bauteilzuweisung, rechts: Bauteilkonfigurator, Quelle: (Grieder, 2022)

eBKP-T	Bezeichnung	Allgemeine Bestimmungen (nicht abschliessend)	Inventar	Leistungen	Material / Zusätze	Vorausmass			EHP [CHF]	Betrag
						Menge	Einheit	händisch / Modell		
Q1.4 Ablauf, Schacht										
Q1.4.001	Schieberschacht Typ A	- Vergütungsregelungen - Ausmassbestimmungen - Begriffe, Abkürzungen	- Installationen - Provisionen - Maschinen und Geräte - Grabenspreissung mit Kanaldielen	Aushubarbeiten - Material normal baggerbar Transporte - Aushubmaterial (unverschmutzt) in Zwischenlager Materiallieferungen - Kiesgemisch 0/45 (natürliche Gesteinskörnung)	- Rohranschlüsse inkl. Dichtung (DN bis 250) - Kontrollschacht aus Betonfertigteilen (Dimension 1100/900, Tiefe bis 1.50 m) - Schachtboden vorgefertigt - Schachtleitern (Länge 1.21 bis 1.50 m) - Schieber mit Keilpressung	2	Stk	Modell	2'500.00	5'000.00
Q1.4.002	Schieberschacht Typ B									

Zusammenfassung aller relevanten Pos. wie heute im NPK (Pfeil auf Spalte 1-2)

Informationen aus Konfigurator (Pfeil auf Spalten 3-6)

Vorausmass aus Modell oder händisch (Pfeil auf Spalte 8)

Durch UN einzutragen (Pfeil auf Spalte 10)

Abbildung 30: Output Angebotskonfigurator – Angebotstabelle, Quelle: (Grieder, 2022)

5.5.5 Fazit Kapitel 5.5

Fabio Grieder umfasst in seiner Master-Thesis drei verschiedene Ansätze. Im ersten Ansatz wird ein Code jedem Bauteil zugewiesen, dieser Code ist dann die Verknüpfung zu einem manuell erstellten Beschrieb. Dieser Beschrieb umfasst die Leistungen, welche dieses Bauteil erfüllen muss. Ersichtlich wird dabei der Unterschied zwischen Hochbau und Infrastrukturbau. Im Infrastrukturbau gibt es viele grosse Bauteile, die von einem einzelnen Unternehmer produziert oder geliefert werden. Im Hochbau besteht die Herausforderung darin, dass für ein Bauteil möglicherweise viele verschiedene Gewerke involviert sein können.

Im zweiten Ansatz werden die NPK-Positionen direkt im Modell den einzelnen Bauteil zugeteilt. Dies macht in erster Linie Sinn, jedoch wird dies sehr umfangreich und ab einem gewissen Punkt, gerade auch wenn Änderungen entstehen, summiert sich daraus ein nicht mehr zu bewältigender Aufwand.

Im dritten Ansatz wird konzeptionell mit dem Angebotskonfigurator ein ähnlicher Vorschlag gemacht wie die Ansätze von Deutschland mit einer AVA-Software. Die Bauteile/Bauteilgruppen werden in einer separaten Software mit den einzelnen Leistungspositionen manuell bestückt.

Revit ID	Bauteiltyp	Geschoss	Tragendes Material	Filter Tragend / Nichttragend	Schalungstyp	Feuerwiderstand	Breite	Länge	Nicht verk
352782	Kernwand	OG02	Beton, C30/37	Ja	2	R60	0.300 m	5.000 m	2.7
352784	Kernwand	OG02	Beton, C30/37	Ja	2	R60	0.300 m	5.000 m	2.7
352661	Kernwand	OG02	Beton, C30/37	Ja					
352665	Kernwand	OG02	Beton, C30/37	Ja					
353029	Kernwand	OG03	Beton, C30/37	Ja					
353033	Kernwand	OG03	Beton, C30/37	Ja					
353037	Kernwand	OG03	Beton, C30/37	Ja	2	R60	0.250 m	2.550 m	2.7
353154	Kernwand	OG03	Beton, C30/37	Ja	2	R60	0.300 m	5.000 m	2.7
353031	Kernwand	OG03	Beton, C30/37	Ja	4-14	R60	0.250 m	5.000 m	2.7
353035	Kernwand	OG03	Beton, C30/37	Ja	4-14	R60	0.250 m	5.000 m	2.7

Abbildung 32: Maskenansicht der webbasierten Plattform von Basler & Hofmann zur Kosteneingabe, Quelle: (Basler & Hofmann, 2022)

Bei der Erstellung des Steckbriefs gibt es zwei Kategorien von Informationen, zum einen Informationen, welche an einem Bauteil zugeteilt werden und Informationen, die nicht auf ein Bauteil zugeteilt werden können. Für die Informationen, welche an einem Bauteil zugeteilt werden, werden als komplettes Bauteil inklusiv aller zu leistenden Arbeiten in einer R-Position (nach NPK) erfasst. Darin sind z.B. bei einer Betonwand auch die Leistungen zur Schalung, Armierungsgehalt etc. beinhaltet. Somit ist es für Basler & Hofmann möglich eine bauteilorientierte Ausschreibung mit der bereits akzeptierten NPK-Ausschreibung zu verbinden und die Akzeptanz zu erhöhen. Die Informationen, welche nicht einem Bauteil zugeordnet werden können, werden wie bis anhin mit den NPK-Positionen beschrieben. (Rogenmoser, 2022)

5.6.3 Fazit Kapitel 5.6

Basler & Hofmann zeigt mit ihrem Pilotprojekt einen neuen Weg auf zur klassischen Ausschreibung. Mit der Entwicklung ihrer eigenen Plattform ist es ihnen möglich den Ansatz zur bauteilorientierten Ausschreibung zu verfolgen.

Die Ausschreibung mit allen benötigten NPK-Positionen ist gemäss Aussage von Basler & Hofmann nicht mehr aktuell und dieser versucht zu detailliert zu beschreiben, was gemacht werden muss. Ihr Ansatz geht in eine andere Richtung und versucht mit den Eigenschaften des Bauteils und einem eigenen Beschrieb pro Bauteil/Bauteilgruppe die Anforderungen an das fertige Bauteil zu beschreiben. Dies vereinfacht die Aufgabe auf Seite der Planer und stellt dafür einen Mehraufwand zur Folge bei den einzelnen Unternehmungen, die eine Offerte rechnen. Denn dabei muss der Unternehmer die einzelnen Leistungen für jedes Bauteil/Bauteilgruppe selbst ausziehen und rechnen. Die Detaillierung der Beschriebe muss trotzdem sehr genau sein, ansonsten sind die eingereichten Offerten nicht vergleichbar und jede Unternehmung hat etwas anderes gerechnet. Für diesen Aspekt sind bei Basler & Hofmann auch andere Anreize denkbar mit einem anderen Vergütungsmodell, wo z.B. der Unternehmer die volle Summe des Auftrags erst erhält, wenn auch nach mehreren Jahren die Qualität des Bauwerkes noch stimmt. Dieses Vorgehen erinnert an die funktionale Ausschreibung und deren Herausforderungen.

5.7 Ansatz 6, Arbeitsgruppe – Prototyp Swissbau «DBM zum LV»

Art: Arbeitsgruppe für Präsentation Swissbau 2018
 Titel: Systematik einer modellbasierten Mengenermittlung nach IFC-Schema
 Kategorie: Hochbau
 Autor: Marc Pancera in Zusammenarbeit mit Peter Scherer und Daniel Riondel
 Datum: 19. Januar 2018

5.7.1 Kurzübersicht

Für eine Präsentation der Swissbau 2018 hat Marc Pancera in Zusammenarbeit mit Peter Scherer und Daniel Riondel ein Konzept erarbeitet, wie sich der eBKP-H Gate verändern sollte, um praxistauglicher zu sein und die Verbindung zum NPK herzustellen ist. Ausgangslage bei diesem Vorschlag ist der bestehende eBKP-H und als Ausschreibungsmittel ein NPK-Leistungsverzeichnis. Der Vorschlag zeigt auf wie mit einem offenen IFC-Standard die einzelnen Bauteile unterteilt, beschrieben werden können. (Pancera et al., 2018)

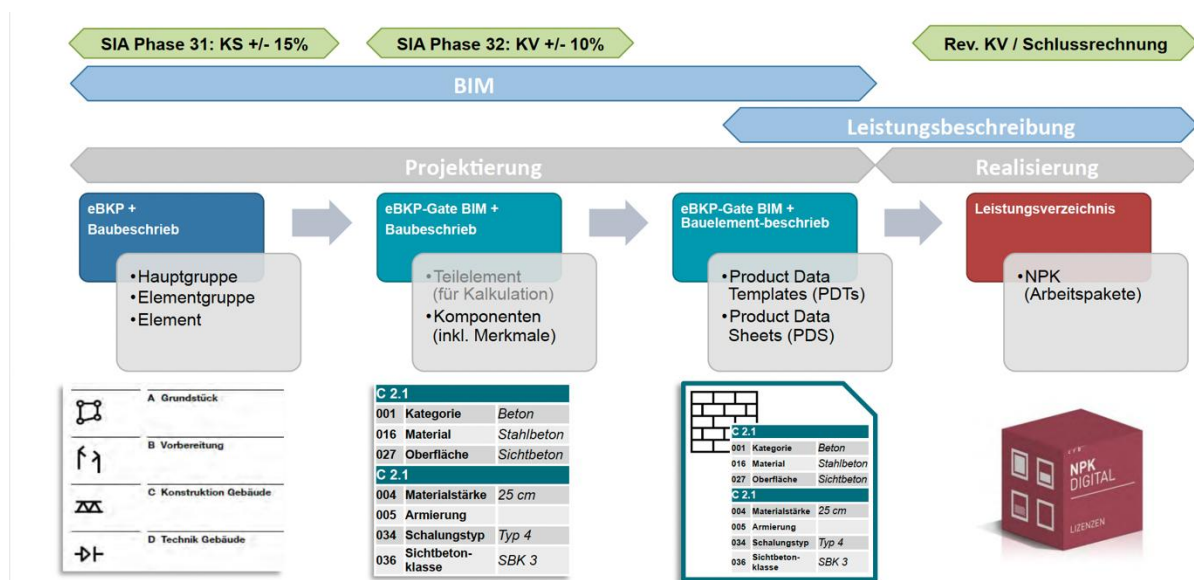


Abbildung 33: Folienauszug aus Präsentation, DBM zum LV, Quelle: (Pancera et al., 2018)

5.7.2 Konzept

Der bestehende eBKP-H Gate wird in diesem Vorschlag überarbeitet und als eBKP-H Gate BIM betitelt. In diesem Ansatz wird neu ein Bauteil in die verschiedenen Komponenten aufgeteilt und an den einzelnen Komponenten werden verschiedene Eigenschaften angehängt. Als Beispiel eines Lochfensters wären dies die Komponenten; Rahmen, Zarge, Füllung, Beschlag, Bank. Für jede Komponente z.B. dem Rahmen kann nun detailliert mit Eigenschaften (Material, Farbe, U-Wert etc.) beschrieben werden. Bei einer Betonwand würde dies folgendermassen aussehen; Jeweils eine Komponente ist die Materialschicht, Schalung/Bewehrung, Aussparung, Sturz und Fugen. Dabei wird z.B. bei der Materialschicht das Material, Materialstärke, Oberfläche, Fabrikationsart definiert. Mit diesem Ansatz gelingt es die einzelnen Bauteile detailliert zu Beschreiben mit allen Teilelementen (Komponenten) die ein Bauteil dann auch ausmachen. Zusätzlich zu diesen genau beschriebenen Bauteilen wird in einem nächsten Schritt nötige Leistungspositionen angefügt. Da die zusätzlichen

Leitungspositionen und der detaillierte Beschrieb aber immer eine Verbindung zum Bauteil erhalten bleibt ist es möglich den Bezug zum DBM und die Durchgängigkeit der Daten zu erhalten. (Pancera et al., 2018)

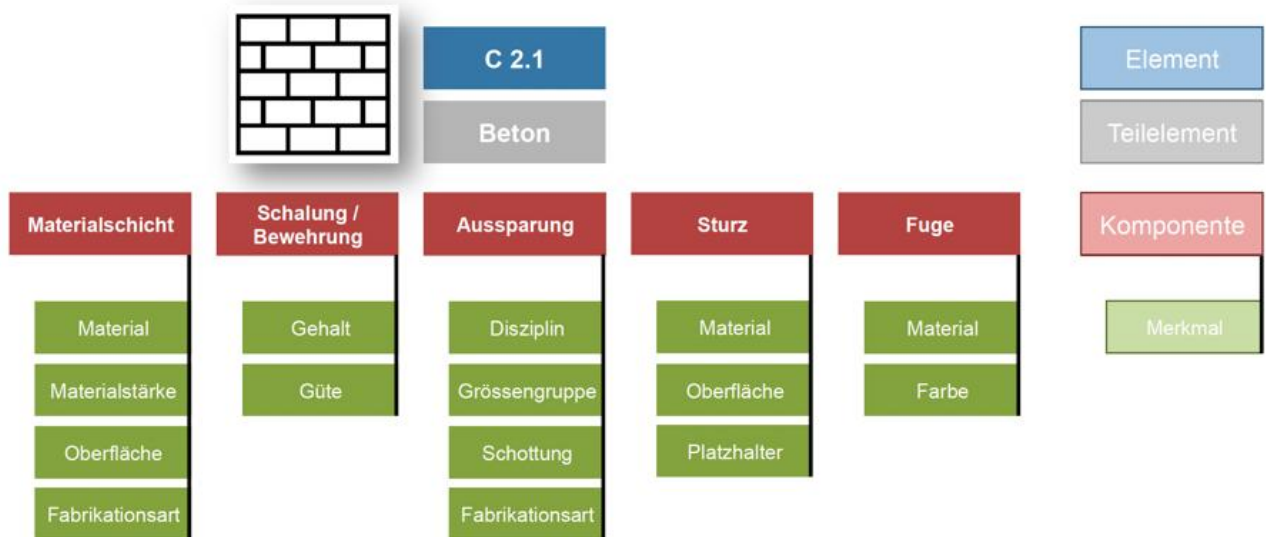


Abbildung 34: Strukturierte Beschreibung im DBM anhand einer Beton-Aussenwand, Quelle: (Pancera et al., 2018)

Elemente		C 2.1			
Teilelement		Typ	Brandwiderstandsklasse	Einbruchhemmung	U-Wert
		Beton, Mauerwerk, Holzelement, Blockbau, Stahlbau,...	REI 30; REI 60; ...	RC 1; RC 2; RC 3...	$U_w = 1.20$
Komponente	Materialschicht	Material	Oberfläche	Farbe	U-Wert
		Stahlbeton; Leichtbeton; ...	< 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; >	fertig; roh;	prefab; in-situ;
		MB; MK; MBD; MKD; ...	< 0.12; 0.125; 0.15; 0.175; 0.20; >	fertig; roh;	prefab; in-situ;
		Kiefer; Lärche; ...		fertig; roh;	prefab; in-situ;
		CNS; Stahl; ...			prefab; in-situ;
	Schalung / Bewehrung	Material	Güte	Schalungstyp	
		Stahl; Einlagegitter; ...			
	Aussparung	Disziplin	Aussparungstyp	Schottung	
		H, L, K, S, E, ...	WD, DD, BD, FD, WFR, DFR, FFR, WS, DS, BS, FS, VM, AS, ...	Hartschott, Weichschott, Fireshield, ...	
	Sturz	Material	Oberfläche	Fabrikationsart	
Stahlbeton		fertig; roh; ...	prefab; in-situ;		

Abbildung 35: Gesamtübersicht der Beschreibungsmöglichkeiten einer Beton-Aussenwand, Quelle: (Pancera et al., 2018)

5.7.3 Fazit Kapitel 5.7

Interessant an diesem Kapitel ist, dass in diesem Ansatz im Jahr 2018 aufgezeigt wurde, dass der eBKP-H Gate überarbeitet werden müsste, um die nötige Verbindung zwischen dem DBM und der Ausschreibung nach einem NPK-LV zu ermöglichen. Dabei zeigt sich, dass das Modell genauer strukturiert werden muss auf die einzelnen Komponenten und Merkmalen.

Erst mit einer Unterteilung auf die einzelnen Komponenten ist es möglich die Leistungspositionen aus dem NPK an die richtigen Bauteile anzuhängen. Dies bedeutet nicht, dass nun alle Komponenten einzeln modelliert werden müssen, viele davon können mit Eigenschaften beschrieben werden und die Mengen daraus nach einer Formel vom ursprünglichen Bauteil abgeleitet werden.

Dies zeigt auf, dass die Definition von bauteilorientiert unterschiedlich verstanden werden kann und es wichtig ist die Komponenten und Merkmale der Bauteile zu beschreiben und dass diese Informationen bereits im Modell hinterlegt sein müssen.

5.8 Weitere studentische Arbeiten in diesem Themenbereich

In den letzten Jahren sind einige Forschungsprojekte und studentische Arbeiten im Themenbereich der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung entstanden. Dies zeigt die Aktualität dieses Themas auf und macht ersichtlich, dass in diesem Bereich für die Baubranche noch Potenzial besteht. Hier sind die weiteren, bis anhin, gefunden studentischen Arbeiten aufgelistet: (Die Arbeiten wurden gemäss Kapitel 5.9 in die verschiedenen Arten eingeteilt.)

- Modellbasierte Ausschreibung mit VDC-Methode, (Art 01)
FHNW, CAS Methoden & Technologien im Digitalen Bauen, André Messerli, Urs Schär, 2017
- Anforderung an eine modellgestützte, durchgängige, bidirektionale und nachvollziehbare Ausschreibung, (Art 03)
FHNW, CAS Potenziale und Strategien im Digitalen Bauen, Dominic Wolleb, 2017
- Modellbasierte Mengenermittlung verschiedene Programme im Vergleich, (Art 00)
FHNW, CAS Methoden und Technologien im Digitalen Bauen, Yves Herrmann, 2018
- BIM-basierte Ausschreibung, (Art 00 / Art 02)
Technische Universität München, Bericht, David Hacker und Michael Sedlmair, 2018
- BIM im Untertagbau: Modellbasierte Ausschreibung, (Art 02)
ETH, Master-Thesis, Fabio Casanova, 2019
- Neue Prozesse für modellbasierte Mengenermittlung beim Bauingenieur, (Art 02)
FHNW, CAS Methoden & Technologien im Digitalen Bauen, Thomas Wirth, 2019
- Modellerstellung zur Mengenermittlung für GU- & TU-Offerten, (Art 00)
FHNW, CAS Methoden und Technologien im Digitalen Bauen, Roger Grob, 2019
- Der Vergleich von konventionellem und digitalem Planungsprozess, (Art 00 / Art 02)
Technische Universität Wien, Master-Thesis, Stefan Gassler, 2019
- Modellbasiertes Elektro NPK-Leistungsverzeichnis, (Art 02)
FHNW, MAS FHNW Digitales Bauen, Daniel Wollenmann, 2021
- Modellbasierte AVOR in der Praxis einer Bauunternehmung, (Art 00)
FHNW, CAS Methoden und Technologien im Digitalen Bauen, Pascal Reusser, 2021
- Modellbasierte Ausschreibung von Infrastruktur-Bauleistungen im öffentlichen Beschaffungswesen, (Art 00)
FHNW, Integrationsprojekt 3B, MSc FHNW VDC, Ivo Stalder, 2022
- Modellbasierte Ausschreibung im Rohbau, (Art 03)
FHNW, Wertschöpfung und Innovation im Digitalen Bauen, Patrick Meili, 2022

5.9 Auswertung und Vergleich der verschiedenen Ansätze

5.9.1 Vergleich der verschiedenen Ansätze

In der Auseinandersetzung mit den verschiedenen Arbeiten und Ansätzen fiel auf, dass konzeptionell immer wieder ähnliche Vorgehensweisen verwendet wurden. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Ansätze in Arten aufgeteilt und danach ausgewertet:

- **Art 00: Allgemein**
In diese Kategorie fallen die untersuchten Arbeiten, welche keinen direkten Vorschlag zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung machen, sondern mehr ein Thema in diesem Bereich dokumentieren und aufzeigen welche Möglichkeiten es dazu gibt.
- **Art 01: Leistungsverzeichnis nach NPK**
Klassische Ausschreibung mit einem Leistungsverzeichnis nach NPK strukturiert. Mengenermittlung mit Mengenauszügen aus dem Modell möglich.
- **Art 02: Bauteilorientiert mit NPK-Positionen**
In dieser Arten-Kategorie fallen die Ansätze, welche bauteilorientiert vorgehen und trotzdem noch die einzelnen NPK-Positionen verwenden, um die geforderte Leistung und Teilleistungen pro Bauteil/Bauteilgruppe zu beschreiben.
- **Art 03: Bauteilorientiert mit Beschrieb**
Neuer Ansatz, vorgehen ist bauteilorientiert aber die NPK-Positionen werden hinterfragt und es werden neu eigene Beschriebe verfasst, um ein Bauteil/Bauteilgruppe nach den Anforderungen zu Beschreiben.
- **Art 04: Gliederung nach Eigenschaften**
Eigener Ansatz der vorliegenden Master-Thesis, mehr dazu ab Kapitel 6.

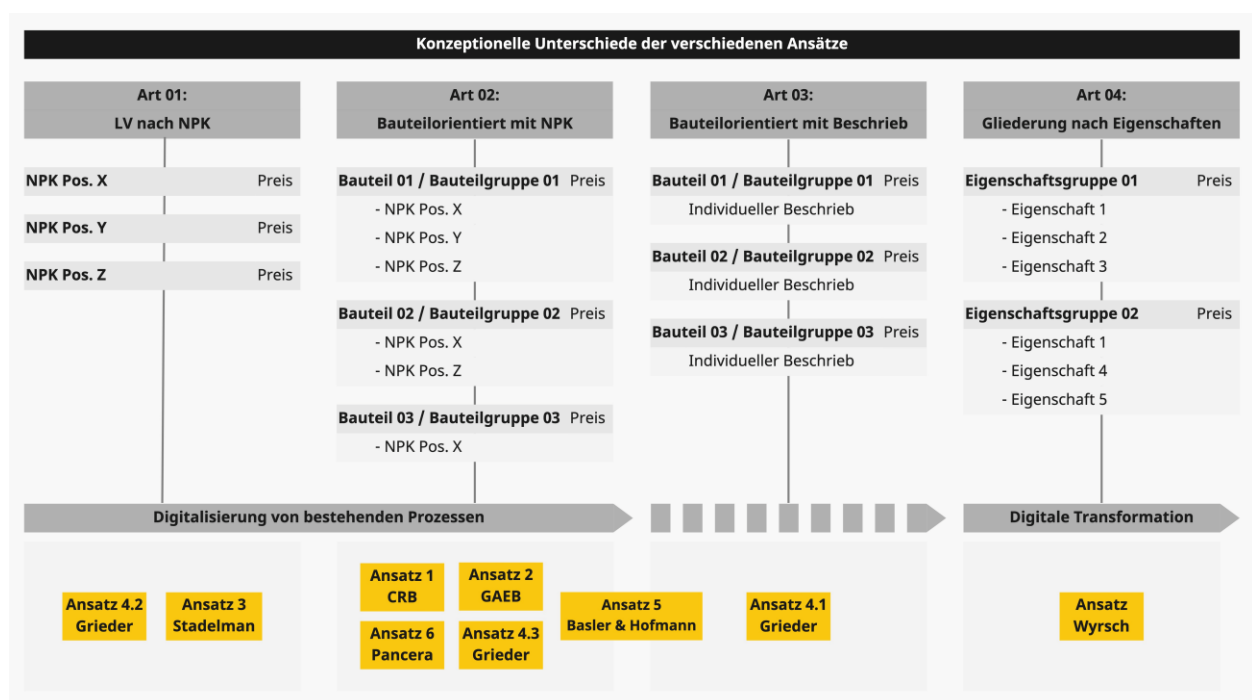


Abbildung 36: Übersicht der konzeptionellen Unterschiede der verschiedenen untersuchten Ansätze, Quelle: Eigene Grafik.

5.9.2 Auswertung der verschiedenen Ansätze

Die verschiedenen Arten von Möglichkeiten zur Strukturierung des Leistungsverzeichnis zeigen auf wie unterschiedlich die verschiedenen Ansätze sind. In der Abbildung 36 werden diese konzeptionellen Unterschiede der gefundenen Arten von Ausschreibungen aufgezeigt. Dabei sind die Arten der Reihenfolge geordnet, wo sie sich auf dem Weg von einer Digitalisierung von bestehenden Prozessen zu einer digitalen Transformation befinden. Dieser Punkt ist eine grosse Herausforderung, weil zum einen versucht wird die bestehenden Strukturen und die bereits bestehende Akzeptanz der Anwender und Anwenderinnen zu nutzen und darauf aufzubauen. Dies resultiert aber oft in einem alten Prozess, der digitalisiert wird und nicht anhand von den neuen Möglichkeiten neu gedacht wird. Zusätzlich wird in den vorgestellten Arbeiten vielfach davon ausgegangen, eine Ausschreibung ab DBM sollte auch bauteilorientiert sein. Diese Feststellung wird im Kapitel zum Ansatz dieser Master-Thesis noch genauer thematisiert.

Für die Auswertung werden folgend, die vier verschiedenen Ansätze auf ihre Vor- und Nachteile untersucht:

Art 01: Leistungsverzeichnis nach NPK

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Standard vorhanden - Gleiches Verständnis für alle - Hohe Akzeptanz in der Baubranche - Rechtsichere Ausschreibung 	<ul style="list-style-type: none"> - Zu detailliert und zu umfangreich (mehr als 1.3 Mio. NPK-Positionen) - Struktur zur Ausschreibung noch gleich wie vor 40 Jahren - Mengenauszug aus DBM für alle NPK-Positionen als unlösbare Aufgabe? - Digitalisierung von best. Prozessen

Tabelle 2: Vor-/Nachteile Art 01: Leistungsverzeichnis nach NPK, Quelle: Eigene Tabelle.

Art 02: Bauteilorientiert mit NPK-Positionen

Vorteile	Nachteile/Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> - Vorhandener Standard kann eingesetzt werden - Bezug zwischen DBM und NPK-Leistungspositionen - Gleiches Verständnis für alle - Hohe Akzeptanz in der Baubranche - Rechtsichere Ausschreibung - Mengenauszug grösstenteils aus DBM 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwand NPK-Positionen an jedes einzelne Bauteil/Bauteilgruppe hinzufügen - Herausforderung Erstellung der Bauteilgruppe (was ist gleich, was ist anders) - Unternehmungen mit Mehraufwand, separate Kalkulation pro Bauteil/Bauteilgruppe - Digitalisierung von best. Prozessen

Tabelle 3: Vor-/Nachteile Art 02: Bauteilorientiert mit NPK-Positionen, Quelle: Eigene Tabelle.

Art 03: Bauteilorientiert mit Beschrieb

Vorteile	Nachteile/Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> - Mengenauszug grösstenteils aus DBM - Bezug zwischen DBM und LV - Durchgängigkeit der Daten - Ansatz zur digitalen Transformation 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwand jede einzelne Bauteilgruppe zu beschreiben - Beschrieb Bauteile sehr genau, ansonsten kein Offertvergleich möglich - Herausforderung Erstellung der Bauteilgruppe (was ist gleich, was ist anders) - Unternehmungen mit Mehraufwand, separate Kalkulation pro Bauteil/Bauteilgruppe - Noch keine Standardisierung - Rechtsicherheit erschwert

Tabelle 4: Vor-/Nachteile Art 03: Bauteilorientiert mit Beschrieb, Quelle: Eigene Tabelle.

Art 04: Gliederung nach Eigenschaften

Vorteile	Nachteile/Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> - Keine «Übersetzung» notwendig, alle Informationen aus dem IFC-Gesamtdatenmodell - Abfüllen der Informationen durch zuständige Person - Weniger Aufwand für Planung und Unternehmungen - Mengenauszug aus DBM - Bezug zwischen DBM und LV - Vergleichbarkeit der Angebote - Durchgängigkeit der Daten - Digitale Transformation 	<ul style="list-style-type: none"> - Noch keine Standardisierung - Rechtsicherheit zurzeit erschwert

Tabelle 5: Vor-/Nachteile Art 04: Gliederung nach Eigenschaften, Quelle: Eigene Tabelle.

6 Basis für bauwerksmodellbasierte Ausschreibung

6.1 Beschrieb einer Wand im bestehenden NPK

Wie im Kapitel 4.6 bereits erläutert, ist der Detaillierungsgrad einer Ausschreibung entscheidend darüber, wie gut sich verschiedene Offerten im heutigen Prozess der Ausschreibung, vergleichen lassen können. Als Ausgangslage für die optimierte bauwerksmodellbasierte Ausschreibung dient zu den geführten Experteninterviews auch der heutige NPK, welcher sich in den letzten 50 Jahren in der Schweizer Baubranche, ohne DBM, bewährt hat.

Der heutige NPK wird als «leistungsorientiert» bezeichnet. Die Definition von «leistungsorientiert» geht nach den gesammelten Erfahrungen, während dieser Master-Thesis, auseinander. Mit dem Begriff «Leistung» wird oft ein Prozess oder Aktivitäten verbunden. Gemäss Gerhard Girmscheid wird folgende Definition zu einer Leistungsbeschreibung mit einem LV gemacht:

«Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis – Wie der Name schon sagt ist hier die Bauleistung durch ein Leistungsverzeichnis, das in Teilleistungen und üblicherweise in Form von einzelnen detaillierten Normenpositionen untergliedert ist, beschrieben. Dem Leistungsverzeichnis werden zudem eine allgemeine Beschreibung der Bauaufgabe (Baubeschreibung) und erforderlichenfalls auch zeichnerische Darstellungen oder Musterstücke zur Seite gestellt, um die gewünschte Bauleistung deutlich zu machen. [...] Bei solchen detaillierten Leistungsverzeichnissen ist der Ersteller dieser Unterlagen bzw. der Auftraggeber für die Vollständigkeit und Mengen verantwortlich sowie für die Funktionsfähigkeit der Leistung, denn nur er kann sie beeinflussen, steuern und kontrollieren bis zum Zeitpunkt der Ausschreibung.» (Girmscheid, 2016b)

Daraus zeigt sich die zu erbringende Bauleistung des Unternehmers wird bei einer klassischen Ausschreibung von der Seite Planung (Auftraggeber) definiert und diese ist für die Vollständigkeit der Unterlagen, die Mengen und die Funktionsfähigkeit der Leistung verantwortlich. Dabei wird nicht auf einen Prozess hingewiesen, wie eine Bauleistung zu bewältigen ist und welche Arbeitsaufgaben nacheinander erfolgen müssen. Wie die einzelne ausgeschriebene Bauleistung auf der Baustelle zu erstellen ist, ist die Unternehmung verantwortlich. Die übergeordnete zeitliche Regelung (Bau-Terminprogramm) einer Bauleistung, wann diese ausgeführt werden, wird von der Bauleitung (Planung) definiert. Dieses Terminprogramm ist aber heute nicht direkt mit dem NPK verbunden und aus den NPK-Positionen lassen sich keine Schlüsse ziehen auf das Terminprogramm.

Für das untersuchte Bauteil einer Wand wurden im NPK sechs Kapitel (241 Ortbetonbau, 314 Maurerarbeiten, 315 Vorgefertigte Elemente aus Beton oder künstlichen Steinen, 331 Zimmerarbeiten Tragkonstruktion, 332 Elementbau in Holz und 643 Trockenbauwände) genauer untersucht. Interessant zu erkennen ist, dass nicht nur, wie im Kapitel 4.4 erwähnt die einzelnen Positionen eine andere Reihenfolge haben, sondern auch die übergeordneten Kapitel andere Inhalte haben. Die unterschiedliche Struktur der verschiedenen NPK-Kapitel zeigt auf, dass der Standard über die letzten 50 Jahre gewachsen ist und immer punktuell verändert und aktualisiert wurde. Je nachdem wann die NPK-Position dazugekommen ist, hat diese eine andere Struktur. Daraus wird es nochmals erschwerter eine Verbindung zu schaffen zwischen dem heutigen NPK und dem DBM.

Abbildung 37: Analyse NPK mit den verschiedenen Kapiteln, Quelle: Eigene Grafik mit Grundlagen von npkviewer.crb.ch

6.1.1 NPK 314 Maurerarbeiten

Um die Detaillierung im NPK genauer darzustellen und aufzuzeigen, welche Informationen aus dem NPK auch direkt auf dem DBM abgeleitet werden können wird als Beispiel auf den NPK 314 Maurerarbeiten eingegangen. Dabei wird der NPK in die vier Kategorien eingeteilt.

- **Allgemeine Bedingungen (5%)**
In diese Kategorie fallen Bedingungen, die allgemeine Anforderungen des Bauwerks definieren und für alle Gewerke gelten.
- **Gewerkspezifische Bedingungen (5%)**
Gewerkspezifische Bedingungen definieren Vergütungsregelungen oder Ausmassbestimmungen die auf das spezifische Gewerk einen Bezug haben.
- **Bauteilinformationen (70%)**
Informationen und Mengen die aus dem DBM gezogen werden können.
- **Aktivitäten (2%)**
In dieser Kategorie werden Arbeiten nach Aufwand oder spezielle nachträgliche Zusatzarbeiten wie Schlitzten oder Bohrlöcher bohren etc. aufgeführt.
- **Kein Bezug zur Wand (18%)**
Die einzelnen Gewerke im NPK beinhalten meistens auch andere Bauteile als nur die Wand, bei den Maurerarbeiten wird dieser Anteil hier zusammengefasst.

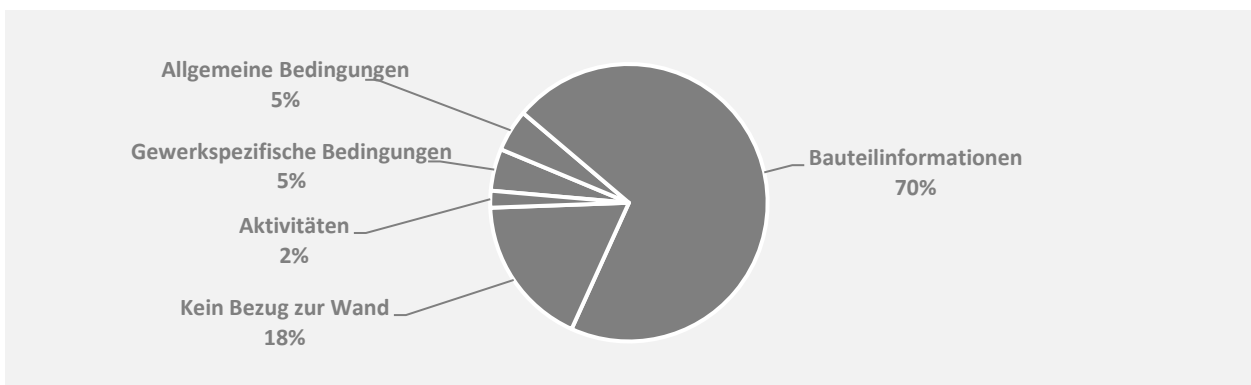


Abbildung 38: Aufteilung NPK in Kategorien, Quelle: Eigene Grafik.

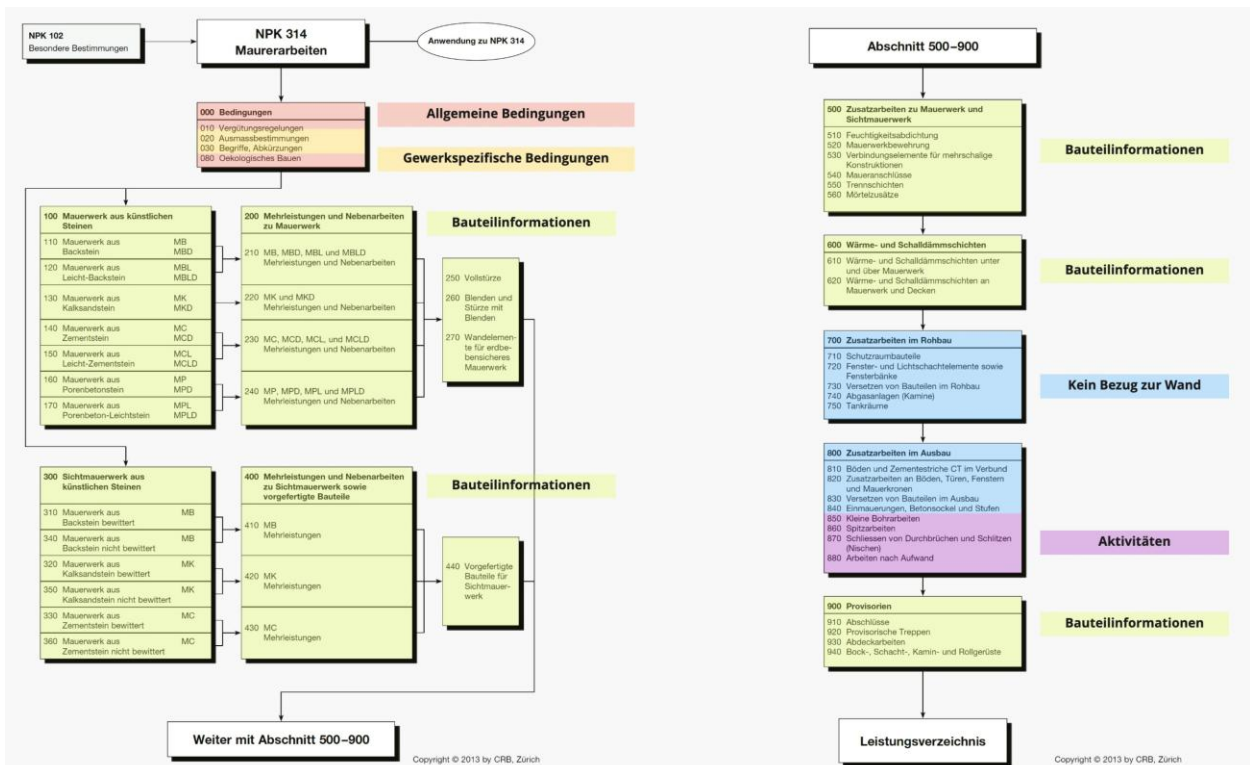


Abbildung 39: Übersicht Leistungsverzeichnis mit eigenen Kategorien, Quelle: Eigene Grafik auf Grundlagen von npkviewer.crb.ch

Der Prozentwert der Abbildung 38 und der Abbildung 40 bezieht sich auf die Anzahl Unterabschnitt-Positionen im NPK und hat keine Aussage auf die Kostenzusammenstellung. Dabei wird aufgezeigt wie viele Positionen aus dem NPK mit dem DBM zu verknüpfen wären und wie marginal die Positionen zu Aktivitäten ausfallen. Zu erwähnen ist zusätzlich, dass auch die Aktivitäten grundsätzlich an einem Bauteil zugeordnet werden könnten, jedoch hat dies zurzeit noch viele Abhängigkeiten und herausfordernde Verknüpfungen. Z.B. «Spitzarbeiten» aus der NPK-Unterabschnittposition 860. Spitzarbeiten treten in der Regel bei Mauerwerkswänden, bei denen eine Leitungsführung gemacht werden muss, auf. Diese Leitung, welche durch die Mauerwerkswand führt, wäre ein modelliertes Bauteil, welches man mit einer Abhängigkeit zur Mauerwerkswand herauslesen könnte und somit diese «Aktivität» nicht manuell ausgezogen werden müsste, sondern ab Modell auch für diese Position einen Laufmeter-Auszug generieren könnte.

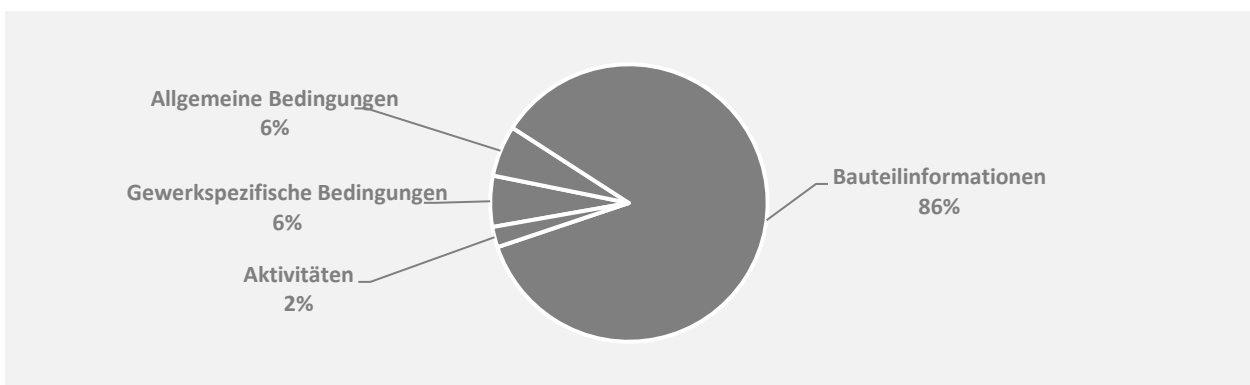


Abbildung 40: Aufteilung NPK in Kategorien in Bezug nur auf das Bauteil Wand und ohne andere Bauteile, Quelle: Eigene Grafik.

Wie bereits am Anfang dieses Unterkapitels behandelt, ist der Begriff «leistungsorientiert» verbunden mit verschiedenen Vorstellungen. Der heutige NPK in Bezug auf das Bauteil der Wand gliedert sich anhand von Eigenschaften und Materialität der verschiedenen Bauteile. Wichtig dabei ist, dass ein Bauteil aus mehreren Teilelementen zusammengesetzt wird. Eine Mauerwerkswand besteht nicht nur aus Backsteinen, sondern kann immer noch weitere Teilelemente wie z.B. Mörtel, Fugen, Bewehrung, Anker, Anschlüsse etc. beinhalten, welche zum Bauteil einer Wand dazugehören, jedoch als Teilelemente im heutigen NPK-LV bepreist werden.

6.1.2 Was mitgenommen wird von der NPK-Analyse zur DBM-basierten Ausschreibung:

Als Grundlage für die DBM-basierte Ausschreibung dieser Master-Thesis wird das Konzept der Aufteilung anhand von den Eigenschaften und Materialität übernommen. Es soll möglich sein anhand vom DBM die verschiedenen Teilelemente von einem Bauteil mit Eigenschaften herauslesen zu können. Die Teilelemente sollen wie im NPK zusammengefasst bepreist werden. Diese Art von Ausschreibung hat sich bewährt und schafft für den Auftraggeber und für den Auftragnehmer ein klares Bild was einzurechnen ist und was nicht. Zusätzlich muss der Unternehmer nicht jedes Bauteil einzeln anschauen und bepreisen, sondern es ist möglich gleiche Elemente, nach definierten Kriterien, zusammenzufassen und auf einmal zu Bepreisen.

Ein weiterer Punkt, was mitgenommen wird in die DBM-basierte Ausschreibung ist, dass die Beschreibung einer Wand auch «Allgemeine Bestimmungen» und «Gewerksspezifische Bestimmungen» enthalten muss, um die Anforderungen eines Bauwerks zu erfüllen.

6.2 Preisbildung und Kalkulation für Offerte

Im Bauwesen findet das Verfahren der Zuschlagskalkulation eine breite Anwendung. Die Unternehmung erhält die Devisierung mit allen nötigen Unterlagen und die Unternehmung rechnet den Preis für die Offerte. Die Offerte der jeweiligen Unternehmung bildet dann die Grundlage für die Auftragsvergabe und den daraus resultierenden Werkvertrag. Interessant dabei ist wie der Preis für die Offerte berechnet wird und wie sich dieser aus verschiedenen Gefässen zusammensetzt. Diese Art von Kalkulation wird bei der Produktion von Einzel- oder Serienanfertigung angewendet, in welcher mehrstufige Produktionsabläufe mit unterschiedlichen Kosten auftreten. Dies ist bei den heterogenen, unikatbezogenen Bauleistungserstellungsprozessen gegeben. (Girmscheid & Motzko, 2013)

In der Kalkulation gibt es vier verschiedene Kostenarten, um einen Preis zu kalkulieren. Die erste Kostenart ist der Lohn, dabei sind die Aufwandswerte der einzelnen Prozesse auf gemachten Nachkalkulationen generiert oder es stehen Standard-Analysen als Beispiele zur Verfügung. In der zweiten Kostenart ist das Material, der Preis für das Material entsteht durch die Erfahrungswerte des Unternehmens. Die dritte Kostenart Inventar, wie z.B. die Schalung zum Betonieren, ergeben sich aus den Kauf-, bzw. Mietpreisen. Die vierte Kostenart ist die Fremdleistung in welcher aufgrund Effizienzvorteilen oder Kapazitätsauslastung nicht alle Bauleistungen selbst erbracht werden können sondern Subunternehmer beauftragt werden. (Girmscheid & Motzko, 2013)

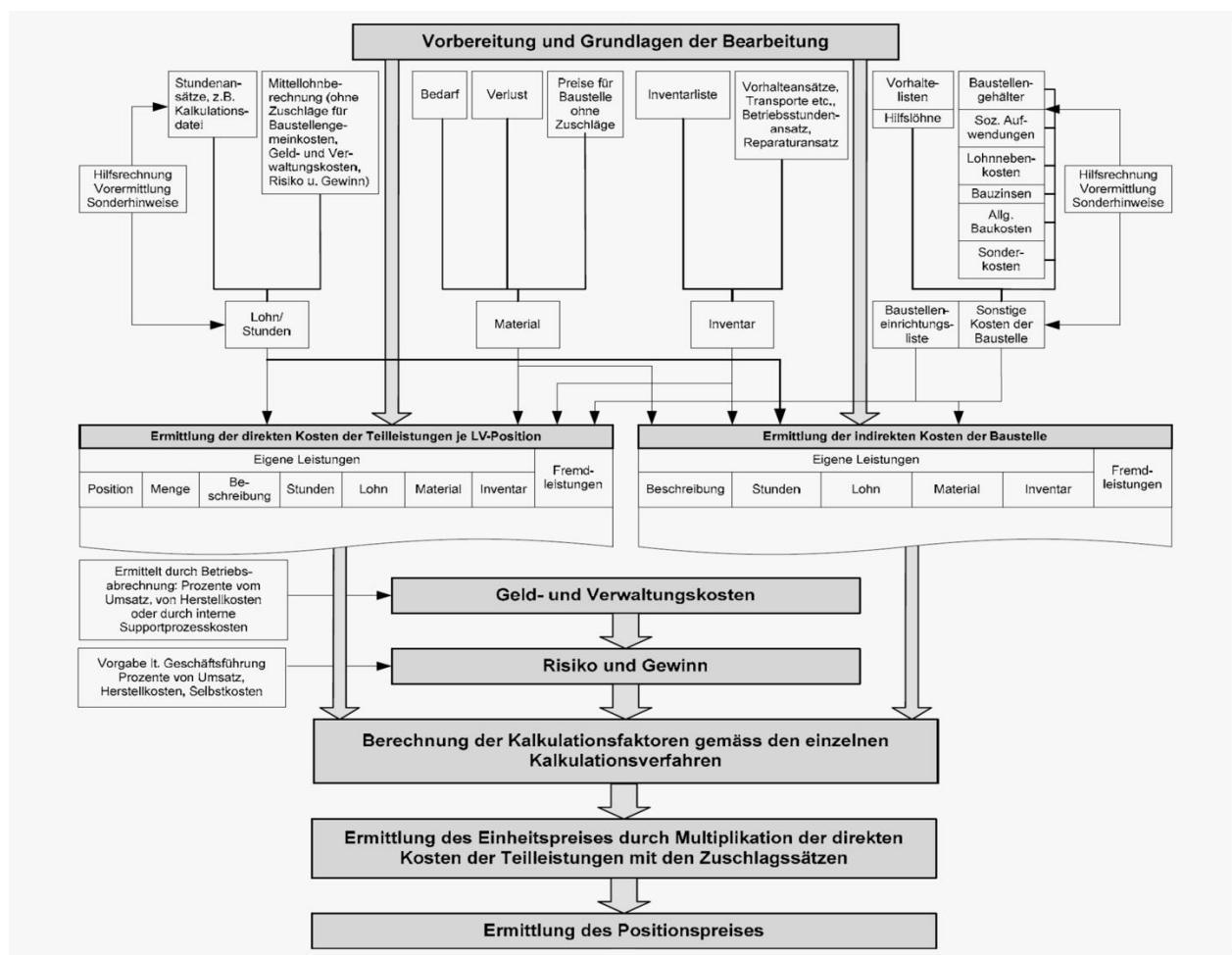


Abbildung 41: Grundprinzip der Angebotskalkulation (Zuschlagskalkulation), Quelle: (Girmscheid & Motzko, 2013)

6.3 Mehrschichtige Bauteile

Eine Wand besteht oft aus mehreren Schichten. In der vorliegenden Master-Thesis werden die unterschiedlichen Schichten in drei Kategorien (Bekleidung, Kernkonstruktion und Andere) eingeteilt. Diese Unterteilung baut auf dem Prinzip von Graphisoft, ArchiCAD auf. Dabei liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Schicht «Kernkonstruktion», was der zentrale Teil einer Wand ausmacht.

Jede Schicht hat andere Anforderungen und wird in den meisten Fällen auch von anderen Gewerken bearbeitet. Damit die Ausschreibung die passenden Informationen beinhaltet für die Unternehmungen, wird eine systematische Unterteilung der Wandschichten benötigt.

Kernkonstruktion:

Ist die Hauptkomponente der Wand, meistens in Form von Mauerwerk, Beton, Holzbau, Leichtbauwand. Die Holzbauwand und Leichtbauwand sind inkl. der Beplankung in dieser Kategorie, denn die Beplankung dient als Aussteifung und gehört demnach zur «Kernkonstruktion». Alles, was vom Kernmaterial abgetragen wird, also ein subtraktives Verfahren, wird in den Eigenschaften der «Kernkonstruktion» definiert (z.B. beim Beton mit Stocken, Polieren, Schleifen etc.). Sobald eine zusätzliche Schicht hinzugefügt wird, z.B. eine Lasur, Anstrich, Putz, Holzverkleidung etc. gehört diese nicht zur «Kernkonstruktion», sondern, je nach Lage, zur «Bekleidung» oder zur Kategorie «Andere».

Bekleidung:

Additive Bekleidung zur «Kernkonstruktion» oder zur Schicht «Andere» und ist immer die Äusserste Schicht der mehrschichtigen Wand, sofern es eine Bekleidung gibt. Es gibt dabei eine Bekleidung Innen und eine Bekleidung Aussen.

Andere:

In diese Kategorie fallen Sperrschichten, Luftschichten, Lattung oder zusätzliche Dämmschichten. Alle übrigen Schichten die nicht der Bekleidung und/oder der Kernkonstruktion angehören.

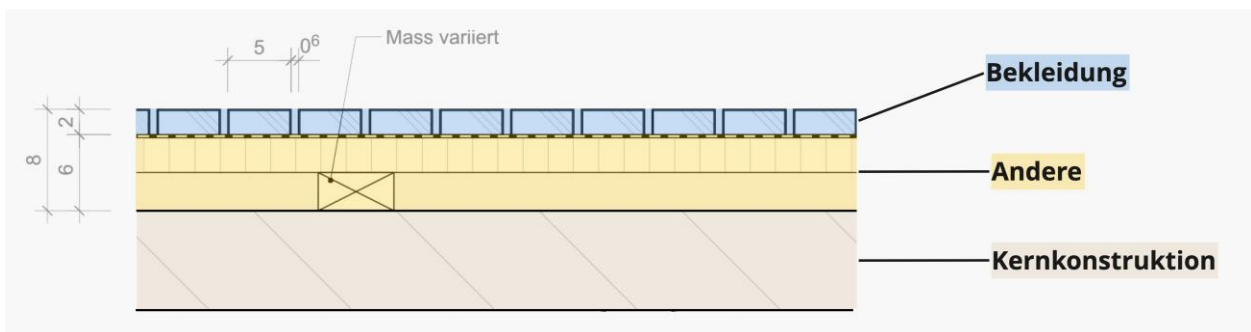


Abbildung 42: Unterteilung mehrschichtige Bauteile, Quelle: Eigene Grafik.

6.4 IFC

In diesem Unterkapitel geht es darum aufzuzeigen, welche spezifischen Eigenschaften der offene IFC-Standard bietet für die Grundlage zur Entwicklung der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung.

6.4.1 Die Wand im IFC-Datenmodell

Die Wand unterteilt oder begrenzt Räume und ist ein vertikales oder nahezu vertikales, flächiges Element, das oft dazu genutzt wird, um vertikale Lasten in einem Gebäude zu tragen. Eine Wand muss aber nicht nur eine tragende Funktion beinhalten, sondern kann auch als Abgrenzung oder Unterteilung eines Raumes dienen. (buildingSMART, 2022b)

Die Superklasse IfcObject repräsentiert ein individuelles Objekt als Teil eines digitalen Bauwerksmodells und bildet die abstrakte Superklasse für die sechs wichtigen Basisklassen; IfcProduct, IfcProcess, IfcControl, IfcResource, IfcActor und IfcGroup. Eine Wand, wie alle anderen konkreten Bauteile sowie Raum-Objekte werden im Datenmodell von IFC der Basisklasse IfcProduct zugeteilt. Aller IfcProduct-Objekten können eine Lage und eine geometrische Repräsentation zugeordnet werden. (Borrmann et al., 2021)

«Die IfcProduct-Subklasse IfcElement ist Superklasse einer ganzen Reihe von wichtigen Basisklassen, darunter IfcBuiltElement, welche die Superklasse für alle Bauteil-Klassen wie IfcWall, IfcColumn, IfcWindow usw. bildet.» (Borrmann et al., 2021)

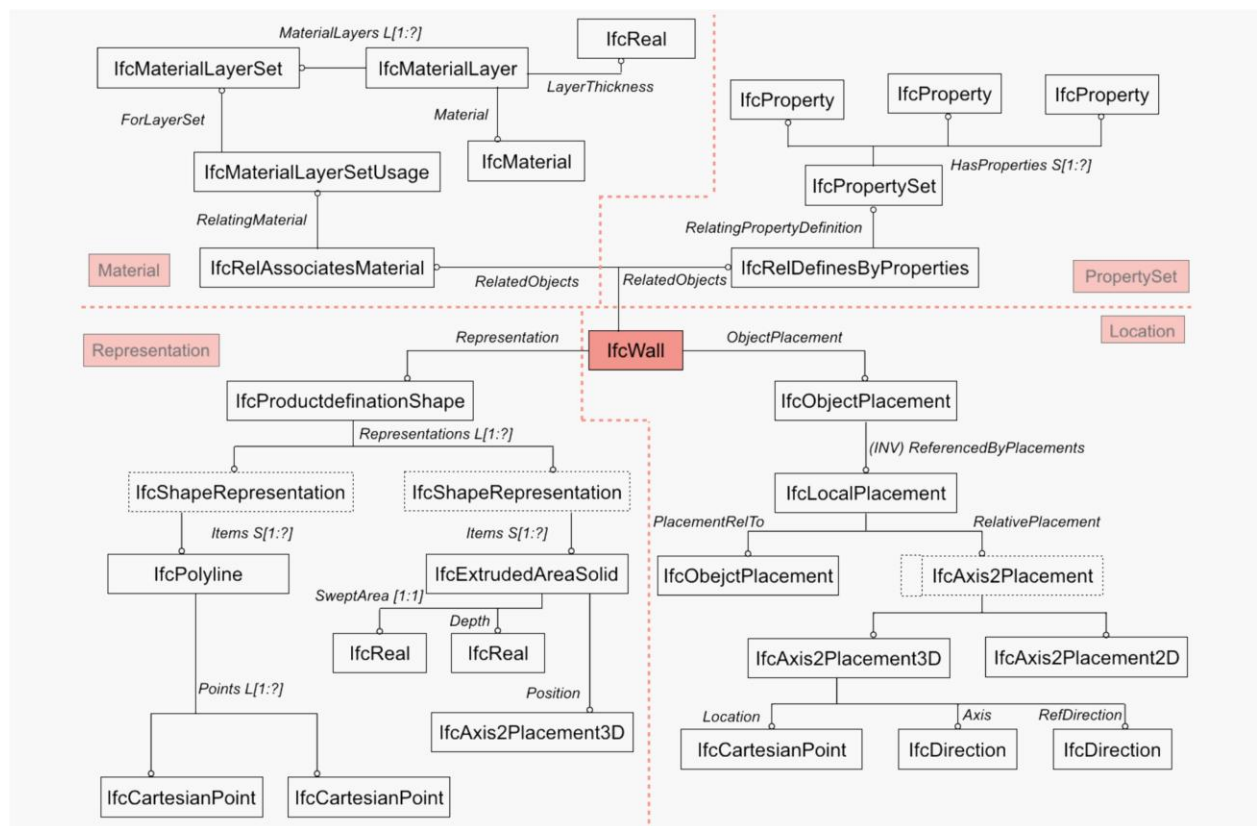


Abbildung 43: Allgemeine Analyse zu IfcWall, Quelle: (Lu, 2018)

IfcRoot stellt die grundlegenden Funktionalitäten zur eindeutigen Identifikation (unter anderem der GUID) zur Verfügung und wird durch die Vererbungshierarchie an die Klasse IfcWall vererbt.

Zusätzlich kommen verschiedene Attribute hinzu, um eine Wand genau zu beschreiben. Ein Objekt der Klasse `IfcProduct` wird hinsichtlich der Lage (mit `IfcObjectPlacement`), der Form (mit `IfcProductDefinitionShape`), des Materials (mit `IfcRelAssociatesMaterial`) und gemeinsam definierten Eigenschaften (mit `IfcRelDefinesByProperties`) zu den jeweiligen Entitäten verknüpft und beschrieben. (Lu, 2018)

6.4.2 Objektbeziehungen

Eine Wand kann Öffnungen enthalten für Fenster, Türen, Nischen oder technische Aussparungen. Die Öffnungen stehen in Beziehung mit der Wand und werden durch das `IfcOpeningElement` definiert. Durch diese Beziehung ist es möglich die verschiedenen Öffnungstypen mit der Wand zu verknüpfen. (buildingSMART, 2022b)

Diese Beziehungen im IFC-Datenmodell werden auch Objektbeziehungen genannt und stellen eine wichtige Grundlage und ein Alleinstellungsmerkmal für den IFC-Standard dar. Bauteile werden so nicht als Isolierte Elemente aufgefasst, sondern ihre Funktion und das Zusammenspiel untereinander rückt in den Vordergrund. Die Beschreibung von Beziehungen gehört somit zu den Kernbestandteilen eines intelligenten DBM. (Borrmann et al., 2021)

Die Beziehung zwischen zwei Objekten, z.B. der Wand und der einer Öffnung wird nicht direkt mit einer Assoziation abgebildet, sondern mithilfe einem dazwischengeschaltetem Beziehungsobjekt (`IfcVoidsElement`), welches die Beziehung der beiden Objekte repräsentiert. Alle Beziehungsobjekte sind Instanzen einer Subklasse von `IfcRelationship`. `IfcVoidsElement` ist die Instanz der Subklasse `IfcRelDecomposes` und `IfcFillsElement` ist die Instanz der Subklasse `IfcRelConnects`. Der Beziehungstyp `IfcRelDecomposes` beschreibt eine Beziehung der Teil-Ganzes-Hierarchie mit der Möglichkeit vom Ganzen zu seinen Teilen zu navigieren und andersherum. Der Beziehungstyp `IfcRelConnects` beschreibt die Verbindung zwischen zwei Objekten. (Borrmann et al., 2021)

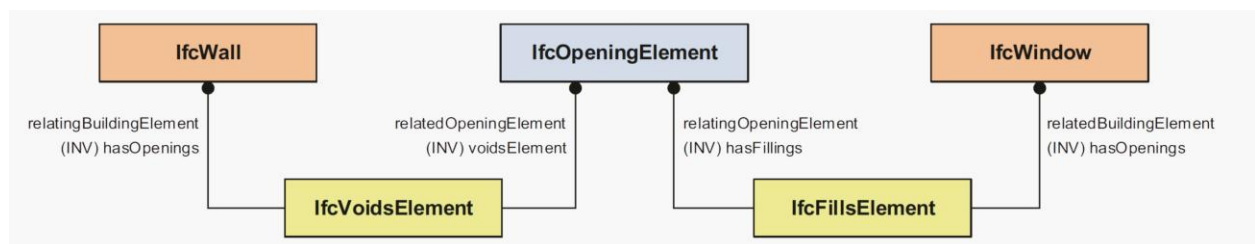


Abbildung 44: Prinzip der objektfizierten Beziehung am Beispiel der Wand-Öffnung-Fenster, Quelle: (Borrmann et al., 2021)

6.4.3 Erweiterungsmechanismen

Im IFC-Schema gibt es zwei Arten von Merkmalen, welche ein Objekt beschreibt. Zum einen sind Attribute, um ein Objekt zu beschreiben standardisiert vorgegeben und zum anderen besteht die Möglichkeit individuelle Eigenschaften dynamisch hinzuzufügen. Zum einen hat das der Vorteil mit dem Schema nicht alles abdecken zu müssen und somit die vielen Bedürfnisse von verschiedenen Branchen, Ländern etc. trotzdem abdecken zu können und zum anderen wird das bestehende Schema nicht unnötig aufgebläht, was eine jeweilige Implementierung erschweren würde. (Borrmann et al., 2021)

Für die Verbindung zwischen Objekt-Instanz (dem Bauteil Wand) und der Property Sets (Merkmale und Eigenschaften der Wand) wird der Beziehungstyp IfcRelDefinesByProperties verwendet.

FireRating	IfcPropertySingleValue	IfcLabel	Fire rating for this object. It is given according to the national fire safety classification.	
------------	------------------------	----------	--	--

Abbildung 45: Ausschnitt aus dem Pset_WallCommon, Quelle: (buildingSMART, 2022b)

Eine Herausforderung bei dynamischen Eigenschaften ist es, dass gleiches je nach Person unterschiedlich angeschrieben wird. Aus diesem Grund wird von der Organisation buildingSMART verschiedene Vorlagen zu Eigenschaften bereitgestellt. Z.B. gibt es von buildingSMART das Property Set Pset_WallCommon in welche die klassischen Attribute einheitlich definiert werden. Diese zusätzlichen «Standards» werden von buildingSMART auf ihrer Webseite mit einem xml-Format zur Verfügung gestellt. Als Beispiel dazu wird in der Abbildung 45 der Ausschnitt aus dem Pset_WallCommon zum Brandschutz aufgezeigt. (Borrmann et al., 2021)

Pset_ConcreteElementGeneral AssemblyPlace CastingMethod StructuralPlane	Bauteilinfos	Pset_Condition AssessmentDate AssessmentCondition AssessmentDescription	Installation	Pset_ConstructionAdministration ProcurementMethod SpecificationSectionNumber SubmittalIdentifier	Gewerkspez.
Pset_ConstructionOccurrence InstallationDate ModelNumber TypeNumber	Installation	Pset_ElementKinematics CyclicPath CyclicRange LinearPath	Bauteilinfos	Pset_EnvironmentalCondition ReferenceAirRelativeHumidity ReferenceEnvironmentTemperature MaximumAllowablePressure	Bauteilinfos
Pset_EnvironmentalImpactIndicators Reference FunctionalUnitReference IndicatorInfo	Unterhalt	Pset_EnvironmentalImpactValues TotalPrimaryEnergyConsumption WaterConsumption HazardousWaste	Herstellung	Pset_InstallationOccurrence InstallationDate AcceptanceDate PutIntoOperationDate	Installation
Pset_MaintenanceStrategy AssetCriticality AssetFrailty AssetPriority	Unterhalt	Pset_MaintenanceTriggerCondition ConditionTargetPerformance ConditionMaintenanceLevel ConditionBarIsAssessmentLevel	Unterhalt	Pset_MaintenanceTriggerDuration DurationTargetPerformance DurationMaintenanceLevel DurationBarIsAssessmentLevel	Unterhalt
Pset_MaintenanceTriggerPerformance TargetPerformance PerformanceMaintenanceLevel PerformanceLevel	Unterhalt	Pset_ManufacturerOccurrence AcquisitionDate BarCode SerialNumber	Herstellung	Pset_ManufacturerTypeInformation GlobalTradeItemNumber ArticleNumber ModelReference	Installation
Pset_PrecastConcreteElementFabrication TypeDesignation ProductionLotId SerialNumber	Herstellung	Pset_PrecastConcreteElementGeneral TypeDesignation CornerChamfer ManufacturingToleranceClass	Herstellung	Pset_ReinforcementBarPitchOfWall Description Reference BarLocationType	Bauteilinfos
Pset_RepairOccurrence RepairContent RepairDate MeanTimeToRepair	Unterhalt	Pset_Risk RiskName RiskType NatureOfRisk	Gewerkspez.	Pset_RoadGuardElement PARAPET IsMoveable IsTerminal IsTransition	
Pset_ServiceLife ServiceLifeDuration MeanTimeBetweenFailure	Unterhalt	Pset_Tolerance ToleranceDescription ToleranceBasis OverallTolerance	Gewerkspez.	Pset_Uncertainty UncertaintyBasis UncertaintyDescription ModelOverallUncertainty	Gewerkspez.
Pset_WallCommon Reference Status AccessIfcBasis	Bauteilinfos	Pset_Warranty WarrantyIdentifier WarrantyStartDate ExcludedWarranty	Unterhalt	Qto_BodyGeometryValidation GrossSurfaceArea NetSurfaceArea GrossVolume	
Qto_WallBaseQuantities Length Width Height	Bauteilinfos				

Abbildung 46: Analyse der bereits bestehenden Property Sets zu IfcWall, Quelle: Eigene Grafik, Property Sets von (buildingSMART, 2022b)

In Abbildung 46 wird ersichtlich welche Property Sets (gruppierte IfcPropertyts) von buildingSMART bereits zur Verfügung stehen. Dabei wurden die verschiedenen Psets genauer untersucht und in verschiedene Kategorien eingeteilt; Bauteilinformationen, Gewerkspezifische Bedingungen,

Herstellung, Unterhalt und Installation. Für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung in der Deviation sind vor allem die Informationen zu den Bauteilinformationen und die Gewerkspezifische Bedingungen relevant. Die weiteren Informationen zu Unterhalt, Installation und Herstellung erfolgen erst, sobald die ausführende Unternehmung auch dabei ist.

Gewerkspezifische Bedingungen:

- Pset_ConstructionAdministration
Definition wie die Ausschreibung der Objekte funktioniert.
- Pset_Risk
Allgemeine Informationen zu Risiken und Gefahren zu den jeweiligen Objekten. Potenzielle Gefahren können in diesem Gefäss notiert werden.
- Pset_Tolerance
Toleranzen auf Form oder in Bezug auf Positionierung der Objekte.
- Pset_Uncertainty
Geometrische Unsicherheiten und wie diese bewertet werden.

Bauteilinformationen:

- Pset_WallCommon
Gemeinsame, von buildingSMART definierte, Eigenschaften.
- Qto_WallBaseQuantities
Basisgrößen der Objekte wie Länge, Breite, Höhe, Netto-Fläche, Brutto-Volumen etc.
- Pset_ElementKinematics
Informationen über das kinetische Verhalten des Objekts, z.B. Beton-Deckendurchbiegung.
- Pset_EnvironmentalCondition
Umwelteinflüsse die für das Objekt relevant sind, wie Temperaturen, Wind oder Wassereinflüsse.
- Pset_ConcreteElementGeneral
Eigenschaften zu Element-Beton-Objekte.
- Pset_ReinforcementBarPitchOfWall
Informationen zur Bewehrung einer Wand.

7 Bauwerksmodellbasierte Ausschreibung

7.1 Ziele der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung

Aus den Schlussfolgerungen der vorhergehenden Kapitel wird in diesem Kapitel ein Vorschlag aufgezeigt für eine optimierte bauwerksmodellbasierte Ausschreibung in der Teilphase Devisierung. Es hat sich klar gezeigt, dass die Herausforderung einer Ausschreibung ab DBM sehr hoch sind und es verschiedene Ansätze für eine mögliche Umsetzung bereits gibt, jedoch sind diese bereits bestehenden Ansätze noch nicht zufriedenstellend. Wie im Kapitel 5.9 in der Abbildung 37, wo die verschiedenen Arten von Ansätzen konzeptionell aufgezeigt sind, wird nun auf die Art 04: Gliederung nach Eigenschaften detailliert eingegangen. Aus den Untersuchungen leiten sich fünf Ziele ab, welche mit der optimierten, bauwerksmodellbasierten Ausschreibung dieser Master-Thesis zu erreichen sind:

- Ein durchgängiges Datenmodell für alle Phasen des Lebenszyklus eines Projekts
- Prozessoptimierung während der Ausschreibungsphase
- Angepasste Devisierung für Unternehmen, die eine einfache Angebotserstellung mit dem durchgängigen Datenmodell ermöglicht
- Preisberechnung für einzelne Teilelemente und Eigenschaften (gemäss Kapitel 6.1.2)
- Relevante Informationen für genaue Preisberechnung und Vergleichbarkeit von Angeboten
- Vorschlag zur Standardisierung, um eine rechtskonforme Ausschreibung zu ermöglichen

7.2 Konzept bauwerksmodellbasierte Ausschreibung

Das Konzept für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung geht vom IFC-Standard aus. Die modellierten Bauteile verfügen über drei verschiedene Gefässe von Informationen, die für die Ausschreibung relevant sind. Im ersten Gefäss sind Informationen, die über die standardisierten Attribute und Eigenschaften von IFC eingetragen werden. Im zweiten Gefäss werden die zusätzlich nötigen Attribute und Eigenschaften, welche noch nicht im IFC-Standard enthalten und spezifisch für eine Ausschreibung in der Schweizer Baubranche von Bedeutung sind, ergänzt. Im dritten Gefäss enthalten, sind die geometrischen Informationen (BaseQuantities) aus dem DBM. Ein Bauteil besteht immer aus mehreren Teilelementen wie in Abbildung 47 konzeptionell dargestellt. Für die Bauwerksmodellbasierte Ausschreibung wird jedes Teilelement bepreist, um eine genaue und detaillierte Offerte zu erhalten. Die einzelnen Teilelemente bilden als Gesamtes das Bauteil.

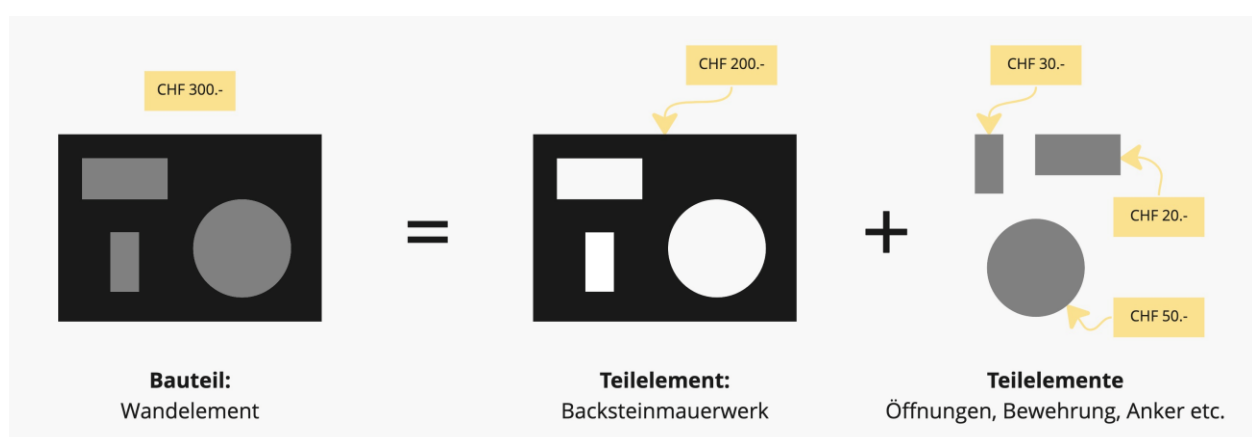


Abbildung 47: Konzept Teilelemente zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung, Quelle: Eigene Grafik.

Die verschiedenen Teilelemente eines Bauteils werden anhand von den alphanummerischen und geometrischen Informationen in einem ersten Schritt sortiert und in einem zweiten Schritt gruppiert zu Teilelement-Typen. Die Unternehmung kann anhand von den Typen und deren Eigenschaften einen Preis abgeben. Wie in Abbildung 48 dargestellt, wird der bepreiste Element-Typ wieder aufgeteilt in die gesamte Teilelement-Liste und da ein Teilelement immer eine Abhängigkeit hat zu einem Bauteil werden für jedes Bauteil die bepreisten Teilelemente zusammengesetzt, was in einem Bauteilpreis resultiert. Jeder Teilelement-Typ wird so nur einmal pro Ausschreibung bepreist.

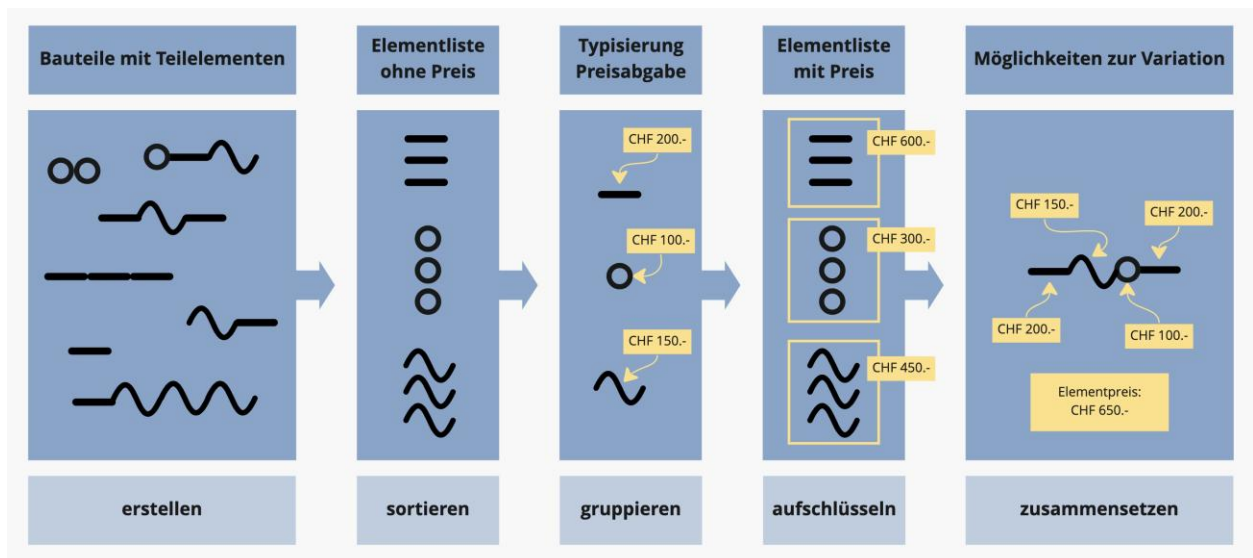


Abbildung 48: Konzept zum Ablauf der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung, Quelle: Eigene Grafik.

Der abzugebende Preis von Seite der ausführenden Unternehmungen ist jeweils ein Einheitspreis. Der Einheitspreis wird je nach Anforderung der Teilelemente als Laufmeter-, Kubikmeter- oder Quadratmeterpreis abgegeben.

Am Beispiel der Mauerwerkswand sieht dies folgendermassen aus:

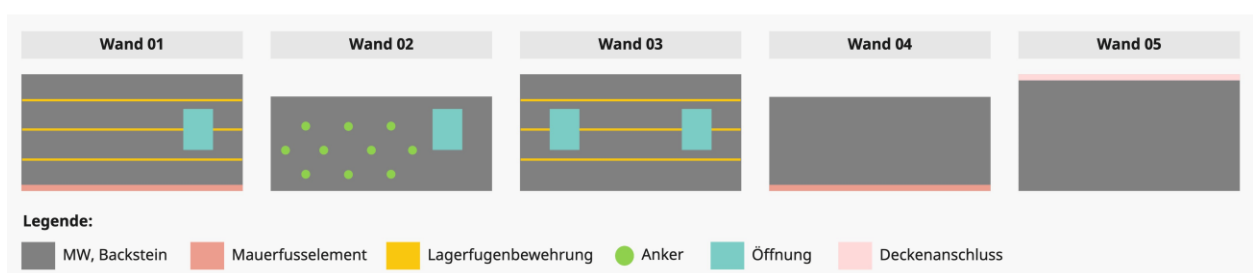


Abbildung 49: Bauteile mit einzelnen, unterschiedlichen Teilelementen, Quelle: Eigene Grafik.

Preis für MW, Backstein ergibt sich aus:

Einheitspreis pro m² multipliziert mit Summe der Netto-Wandfläche (Wand 01, 02, 03, 04 und 05)

Preis für Mauerfusselement ergibt sich aus:

Einheitspreis pro Laufmeter multipliziert mit Summe der Wandlänge (Wand 01 und 04)

Preis für Deckenanschluss ergibt sich aus:

Einheitspreis pro Laufmeter multipliziert mit Summe der Wandlänge (Wand 05)

Preis für Lagerfugenbewehrung ergibt sich aus:

Einheitspreis pro Laufmeter multipliziert mit Summe der Wandlänge (Wand 01 und 03)

Preis für Anker ergibt sich aus:

Einheitspreis pro m2 multipliziert mit Summe der Netto-Wandfläche (Wand 02)

Preis für Öffnungen ergibt sich aus:

Einheitspreis pro LM multipliziert mit Summe Sturzlänge (Öffnungen von Wand 01, 02 und 03)

Einheitspreis pro LM multipliziert mit Summe Leibungslänge (Öffnungen von Wand 01, 02 und 03)

7.3 Das Ausschreibungspaket

7.3.1 Zusammensetzung des Ausschreibungspaketes

Das Ausschreibungspaket der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung setzt sich aus drei verschiedenen Kategorien zusammen. Beim Ausschreibungspaket wird definiert, was die Unternehmung für Informationen bekommt und wie diese zusammengesetzt sind. Anhand diesem Ausschreibungspaket können auf der Seite Unternehmung die Preise für die Offerte abgefragt werden. Jede dieser Kategorien bildet im Ausschreibungspaket, welches an die Unternehmung zugestellt wird, ein oder mehrere Teilpakete. (Die Abbildung 50 befindet sich in voller Auflösung im Anhang C)

- Allgemeine Bedingungen
- Gewerkspezifische Bedingungen
- Bauteilinformationen (geometrische und alphanumerische Informationen)

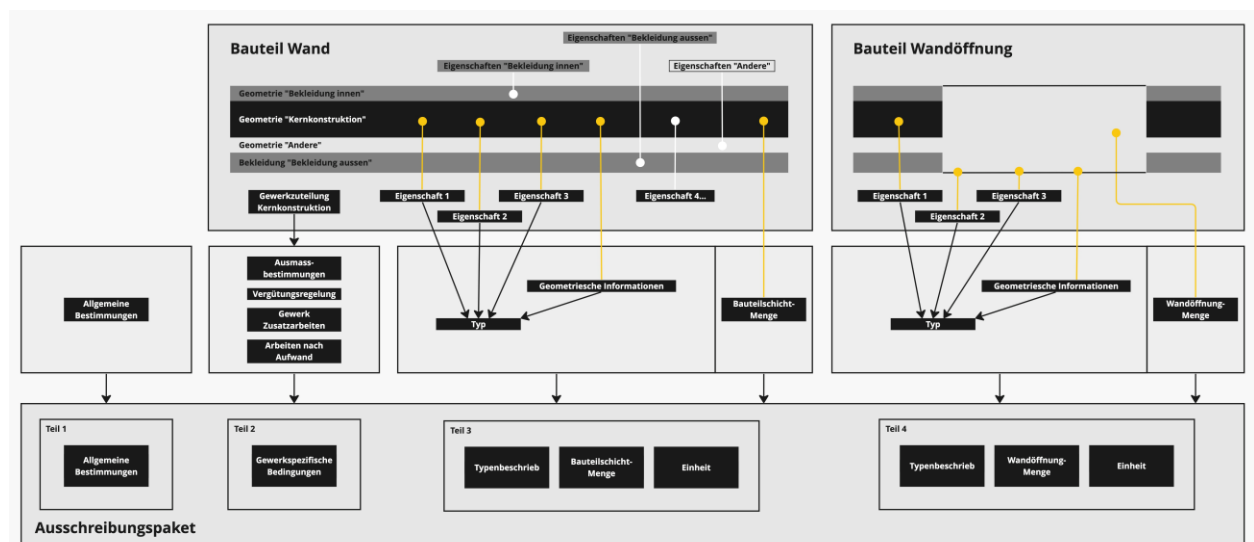


Abbildung 50: Zusammensetzung des Ausschreibungspaketes, Quelle: Eigene Grafik in Anlehnung an (Rösel et al., 2020).

7.3.2 Allgemeine Bedingungen

Teil 1 des Ausschreibungspaketes umfassen die allgemeinen Bedingungen, welche für die allgemeinen Anforderungen, die das Bauwerk definieren und für alle Gewerke gelten. Dies wird mit einem klassischen Dokument (z.B. in einer PDF-Datei) verfasst und ist automatisch bei jedem Ausschreibungspaket dabei.

7.3.3 Gewerkspezifische Bedingungen

Teil 2 sind die gewerkspezifischen Bedingungen, die auf das spezifische Gewerk einen Bezug haben. Dabei handelt es sich um Aufgaben die nicht nur an einem Bauteil zugeordnet werden, sondern auf alle Bauteile eines bestimmten Gewerks gelten. Dies können unter anderem Ausmassbestimmungen sein, wo geregelt wird wie die Berechnung der einzelnen Mengen zustande kommt, Vergütungsregelungen mit welchen zusätzlichen Aufgaben eingerechnet werden müssen oder die Abmachung darüber wie fortzufahren ist bei unvorhergesehenen Herausforderungen. Beim letzten Punkt der Arbeiten nach Aufwand kann ein Preis pro Arbeitsstunde definiert werden um auch spezielle, unvorhersehbare Fälle abzudecken. Dies ist aber nicht das Ziel, dass dort überhaupt Arbeitsstunden anfallen. Zusätzlich sind dort auch Positionen abgebildet, die vom Unternehmer bepreist werden können, zu Mehraufwände in Bezug z.B. auf Genauigkeit der auszuführenden Bauteile. Wie im Kapitel 6.4.3 bereits aufgezeigt können gewisse dieser gewerkspezifischen Informationen heute schon bereits im IFC-Modell in den vorbereiteten Property Sets abgefüllt werden. So können heute schon Toleranzen, Mehraufwände zu Genauigkeit oder zusätzliche Risiken benannt werden und so der jeweiligen Unternehmung für die Erstellung der Offerte zur Verfügung gestellt werden.

Die restlichen gewerkspezifischen Bedingungen sind entweder in einem klassischen Dokument (z.B. in einer PDF-Datei) und mit dem Beziehungstyp des IFC-Standards `IfcRelAssociates` mit einem Objekt oder seinen Eigenschaften verknüpft oder es werden zusätzliche dynamische Property Sets erstellt, welche diese Informationen beinhalten.

7.3.4 Bauteilinformationen

Ab Teil 3 sind die Informationen und Mengen direkt aus dem DBM gezogen. Dabei werden, wie in Abbildung 50 aufgezeigt, die Eigenschaften von der einzelnen Bauteilschicht gemäss Regeln und Definitionen zusammengezogen und bilden mit einzelnen geometrischen Werten einen Element-Typ ab. Jeder Element-Typ enthält die dafür wichtigen Attribute und Eigenschaften und bietet somit für den Unternehmer eine optimale Grundlage, um den Einheitspreis für den jeweiligen Element-Typ abzugeben. So können für alle Element-Typen, welche einen Bezug haben zum jeweiligen Bauteil ausgezogen und bepreist werden.

In der weiterfolgenden Arbeit wird vor allem auf die Kategorie der Bauteilinfos eingegangen, da dies zurzeit die grösste Herausforderung darstellt.

7.4 Informationsanforderungen

7.4.1 Zusammensetzungshierarchie

In einem ersten Schritt wird die Zusammensetzungshierarchie des IFC-Modells angeschaut. Für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung ist von zentraler Bedeutung, dass die einzelnen Systeme aufgeschlüsselt werden und die Teile des Systems einzeln betrachtet werden. Für das Beispiel der Mauerwerkswand sieht dies folgendermassen aus: Ein Wandsystem gehört zu einem Gebäude, ein Wandsystem besteht aus einer Wandkonstruktion und falls vorhanden auch aus Öffnungen mit Fenstern, Türen, Aussparungen etc., eine Wandkonstruktion besteht wiederum aus 3 Klassen (Kernkonstruktion, Bekleidung und Andere). Das Mauerwerk eines Wandsystems ist somit im Teil der Kernkonstruktion verortet. Das Schema zur Zusammensetzungshierarchie der Abbildung 51 stellt das Prinzip dar und ist nicht abschliessend.

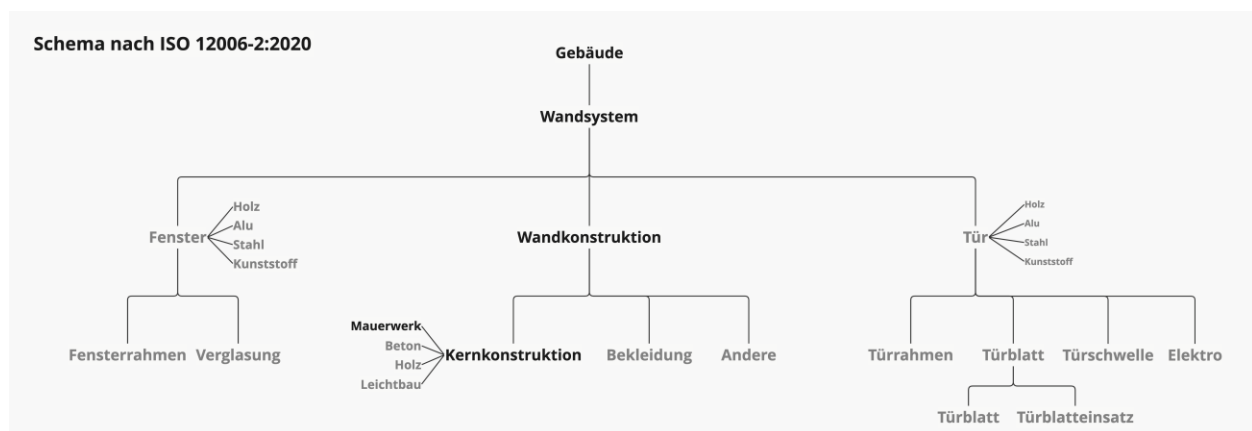


Abbildung 51: Zusammensetzungshierarchie nach ISO 12006-2:2020, Quelle: Eigene Grafik.

Auf dieser Grundlage ist es möglich die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung aufzubauen, denn nicht jede Schicht oder jeder Teil des Wandsystems hat zum einen den gleichen auszuführenden Unternehmer, sowie die gleichen Berechnungsmethoden, um die Mengenauszüge aus dem Modell zu erhalten. Erst mit einer solchen Detaillierung und Strukturierung ist es möglich gezielt die Offertpreise von dem passenden Unternehmer abzuholen. Als Beispiel dazu interessiert der Baumeister sich nicht für die Dämmung oder welche Art von Putz auf den Backstein kommt, dieser muss wissen, dass etwas darauf kommt und es keine Sichtfläche ist, der Rest dazu ist aber nicht relevant. Trotzdem wird aber durch die Objektbeziehung und Vererbungsbeziehung erlaubt in einem weiteren Schritt alle zusammenhängenden Teile wieder zum System zusammenzuführen und als Gesamtes zu betrachten. So wird auch ermöglicht, dass schlussendlich der Preis des Wandsystems abrufbar ist, summiert aus allen Teilelement-Preisen.

7.4.2 Vereinfacht konzeptuelles Datenschema

Im zweiten Schritt wird eine Übersicht erstellt, um einen detaillierten Überblick über alle möglichen Informationen zu erhalten, was eine Wand alles beinhalten muss. Dafür wurde ein vereinfachtes konzeptuelles Datenschema mit UML entwickelt, welches sich im Anhang A dieser Arbeit befindet. Dieses Datenschema bietet eine strukturierte, formale Beschreibung wie sich die einzelnen Element-Typen zusammenstellen und welche Informationen nötig sind um die bauwerksmodellbasierte

Ausschreibung des Bauteils der Wand in den Bereichen Mauerwerk, Beton, Holzbau und Trockenbau zu ermöglichen. Zusätzlich sind die verschiedenen Assoziationen und Vererbungen zwischen den einzelnen Klassen ersichtlich und zeigt auf wie diese zueinander stehen.

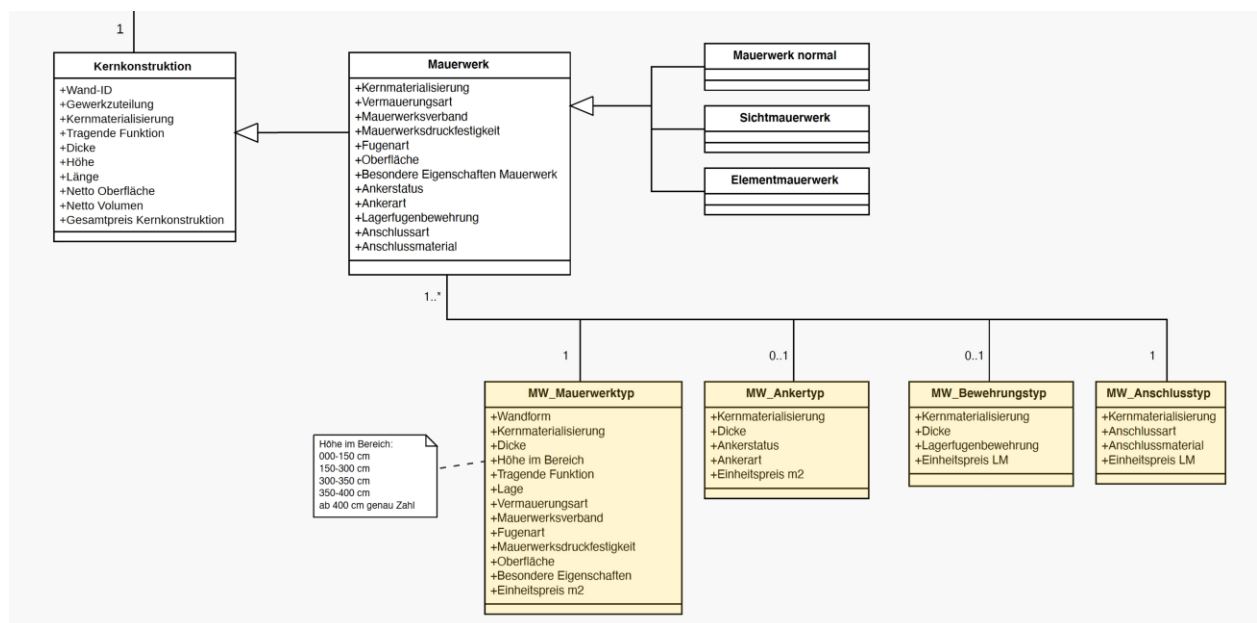


Abbildung 52: Ausschnitt aus vereinfachtem, konzeptuellem Datenschema, Quelle: Eigene Grafik.

Aus der Analyse aus den Experteninterviews hat sich gezeigt, dass all diese Attribute und Eigenschaften (in Anhang A abgebildet) an einer Wand (Kernkonstruktion) definiert sein müssen, um einen genauen, verlässlichen Preis abgeben zu können. Aus der Grundlage der Experteninterviews und der Studie aus dem bestehenden NPK haben sich für jede Kernkonstruktion verschiedene definierende Attribute ergeben. Die verschiedenen Informationen wurden gruppiert und zu einer Regel geformt, um eine Typisierung zu erstellen. Das bedeutet, alle Attribute eines Typs (jeweils gelb markiert in Abbildung 52) eines Bauteils müssen gleich sein. Falls ein Attribut abweicht, wird für dieses Teilelement automatisch ein neuer Typ erstellt.

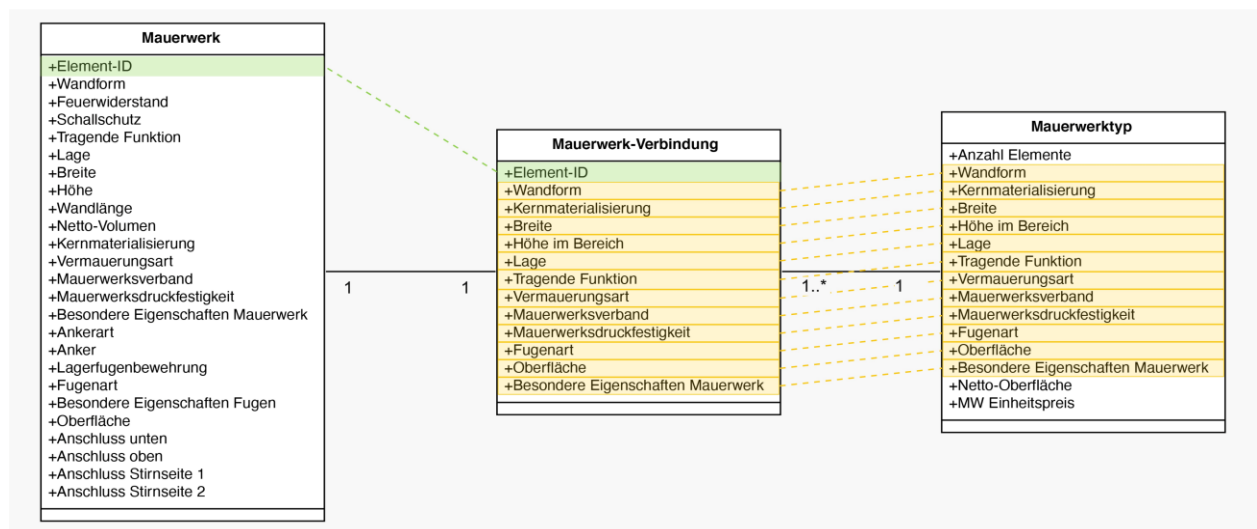


Abbildung 53: Verknüpfung zwischen Mauerwerk und Mauerwerkstyp, Quelle: Eigene Grafik.

Nicht alle Attribute und Eigenschaften müssen genau gleich sein, denn gemäss den Resultaten aus den Experteninterviews ist z.B. für eine Sichtbacksteinwand die 2.70m hoch ist und einer Sichtbacksteinwand welche 2.82 genau der gleiche Quadratmeterpreis. Somit können Wände, die in die gleiche Kategorie der Höhe fallen, zusammengefasst werden und müssen nicht als einzelner Typ (Gruppierung) separat gerechnet werden. Die Abstufung sieht folgendermassen aus: 0.00m bis 1.50m, 1.51m bis 3.00m, 3.01m bis 3.50m, 3.51m bis 4.00m und ab 4.01m wird jede Höhe separat ein Typ, da diese besonderen Herausforderungen beinhalten. Das Beispiel dazu und die weiteren Details werden im Kapitel 8 «Prototypische Umsetzung» genauer dargestellt.

7.4.3 Verantwortlichkeiten

Im dritten Schritt wurde definiert, wer für welche Informationen verantwortlich ist. Dabei wurde mit Hilfe des vereinfachten konzeptuellen Datenschemas mit Farben definiert, welche Fachrichtung für die jeweilige Information zuständig ist. Wenn mehrere Disziplinen involviert sind, wurde die Zeile der Informationen mit den beteiligten Disziplinen geteilt. In Abbildung 54 ist dies schematisch erkennbar, in voller Auflösung im Anhang B für das Beispiel der Mauerwerkswand verfügbar. Dabei sind die Informationen zur Kategorie «Bauteilinformationen» gemeint, welche immer direkt an einem Bauteil, einem Element angehängt sind. Die weiteren nötigen Informationen der Kategorie «Gewerkspezifische Informationen» und «Allgemeine Bedingungen» werden von der Bauleitung direkt im IFC-Datenmodell abgefüllt oder angehängt.

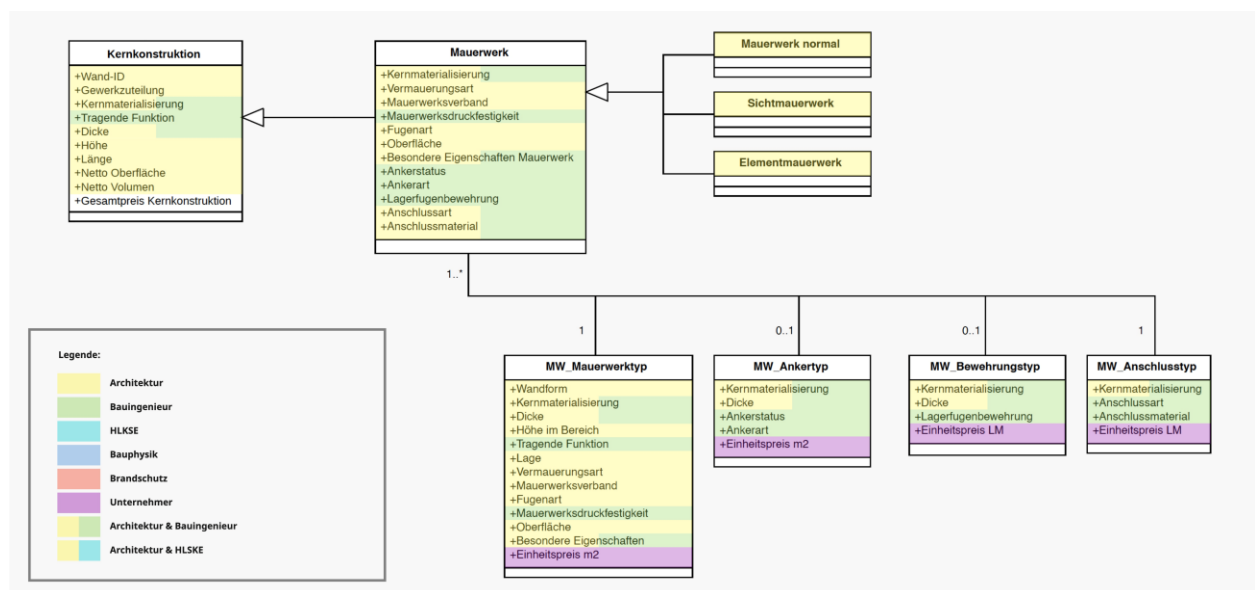


Abbildung 54: Ausschnitt Übersicht Verantwortung der Informationen im Datenmodell, Quelle: Eigene Grafik.

7.5 Datenmodell

Alle Informationen sollen im digitalen Bauwerksmodell, dem IFC-Gesamtkoordinationsmodell abgefüllt werden. Dies ist nicht nur ein Modell aus einer Disziplin, sondern gemäss dem «Open BIM» Ansatz gibt es mehrere Fachmodelle, die zusammen das IFC- Gesamtkoordinationsmodell abbilden. Je nachdem wer, welche Information abfüllt, sind die Informationen in den verschiedenen Teilmodellen hinterlegt und somit Bestandteil des Gesamtmodells.

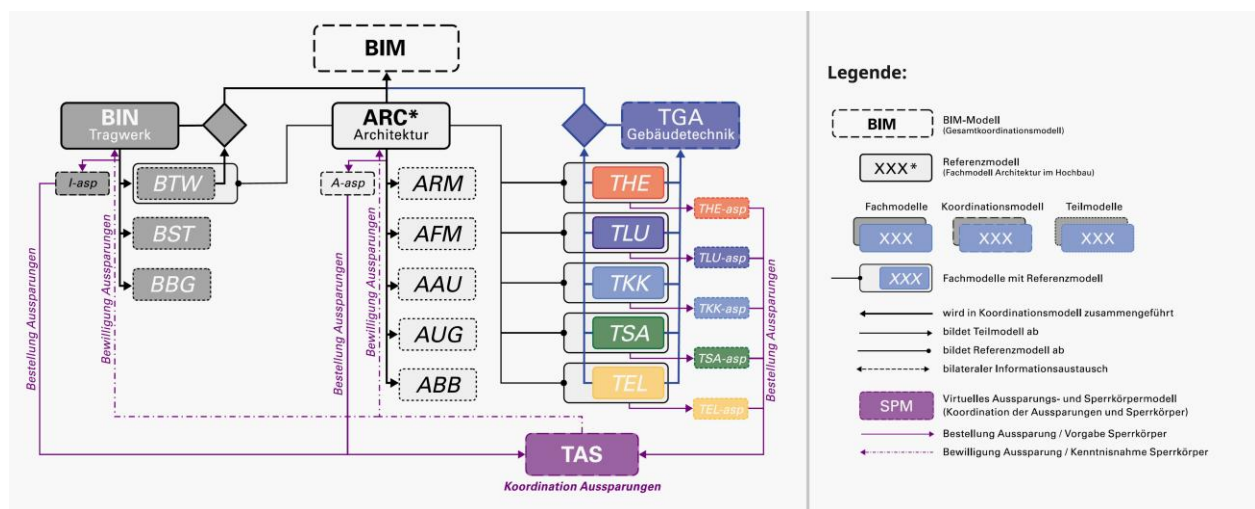


Abbildung 55: Modellorganigramm inkl. Aussparungsmodell, Quelle: (SIA D 0270, 2018)

Einige Informationen der Informationsanforderung aus dem Kapitel 7.4 können bereits den IFC standardisierten PropertySets verwendet werden. Für die restlichen gewerkspezifischen und Schweizer Baustandard spezifischen Informationen werden eigene dynamische Property Sets erstellt, da bis anhin sich noch kein Standard für diese Informationen etabliert hat. In den folgenden zwei Tabellen wird die Verortung im IFC-Modell aufgezeigt der benötigten Information für eine bauwerksmodellbasierte Ausschreibung einer Mauerwerkswand.

Gewerkspezifische Bedingungen

Information	Verortung im IFC-Datenmodell	IFC-Standard (Ja/Nein)
Ausschreibungsart	Pset_ConstructionAdministration	Ja
Toleranzen	Pset_Risk	Ja
Unsicherheiten	Pset_Uncertainty	Ja
Risiken	Pset_Risk	Ja
Weitere gewerkspezifische Bedingungen in einem PDF an den betreffenden Bauteilen angehängt	PDF mit IfcRelAssociates zu Bauteil verknüpft.	Nein

Tabelle 6: Verortung der gewerkspez. Bedingungen im IFC-Datenmodell, Quelle: Eigene Tabelle.

Bauteilinformationen

Information	Verortung im IFC-Datenmodell	IFC-Standard (Ja/Nein)
Wand-ID	GlobalId (GUID), IfcRoot	Ja
Gewerkzuteilung	Pset_DBM_Ausschreibung	Nein
Wandform	Pset_DBM_Ausschreibung	Nein
Kernmaterialisierung	Pset_DBM_Ausschreibung	Nein
Tragende Funktion	LoadBearing, Pset_WallCommon	Ja
Dicke	Width, Qto_WallBaseQuantities	Ja
Höhe	Height, Qto_WallBaseQuantities	Ja
Länge	Length, Qto_WallBaseQuantities	Ja
Netto-Oberfläche Seite 1	NetSideArea 1, Qto_WallBaseQuantities	Ja
Netto-Oberfläche Seite 2	NetSideArea 2, Qto_WallBaseQuantities	Ja
Netto-Volumen	NetVolume, Qto_WallBaseQuantities	Ja
Vermauerungsart	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Mauerwerksverband	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Fugenart	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Oberfläche Seite 1	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Oberfläche Seite 2	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Besondere Eigenschaften MW	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Ankerstatus	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Ankerart	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Lagerfugenbewehrung	HorizontalBarPitch, Pset_ReinforcementBarPitchOfWall	Ja
Anschlussart unten	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussart oben	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussart Stirnseite 1	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussart Stirnseite 2	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussmaterial unten	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussmaterial oben	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussmaterial Stirnseite 1	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein
Anschlussmaterial Stirnseite 2	Pset_DBM_Ausschreibung_MW	Nein

Tabelle 7: Verortung der Bauteilinformationen im IFC-Datenmodell, Quelle: Eigene Tabelle.

7.6 Prozess bauwerksmodellbasierte Ausschreibung

Der Ablauf einer Ausschreibung in Bauprojekten ist oft nicht so geradlinig wie dies in Abbildung 4 dargestellt wurde und gemäss Kapitel 4.1 wurde aufgezeigt, wie sich die Herausforderungen im heutigen Prozess der Ausschreibung bemerkbar machen. Die Person, welche die «Übersetzung» von den Planunterlagen zu den Ausschreibungstexten macht, ist nicht im selben Büro wie die Person, die die Planung gemacht hat. Aus den aufgezeigten Herausforderungen wird ein neuer Prozess vorgeschlagen. Dieser neue Prozess geht davon aus, dass alle Informationen zentral an einem Ort gespeichert sind und alle Informationen über das IFC-Format ausgetauscht werden. Sobald die benötigten, definierten Informationen abgefüllt sind, kann mithilfe einem Formelsatz die Teile der Ausschreibungspakete erstellt werden. Das IFC-Modell und die Ausschreibungspakete werden der Unternehmung zur Verfügung gestellt und anhand dieser Informationen können die Einheitspreise abgegeben werden. Die verschiedenen abgegebenen Einheitspreise können so am Modell angehängt werden und für einen Vergleich der Offerten genutzt werden.

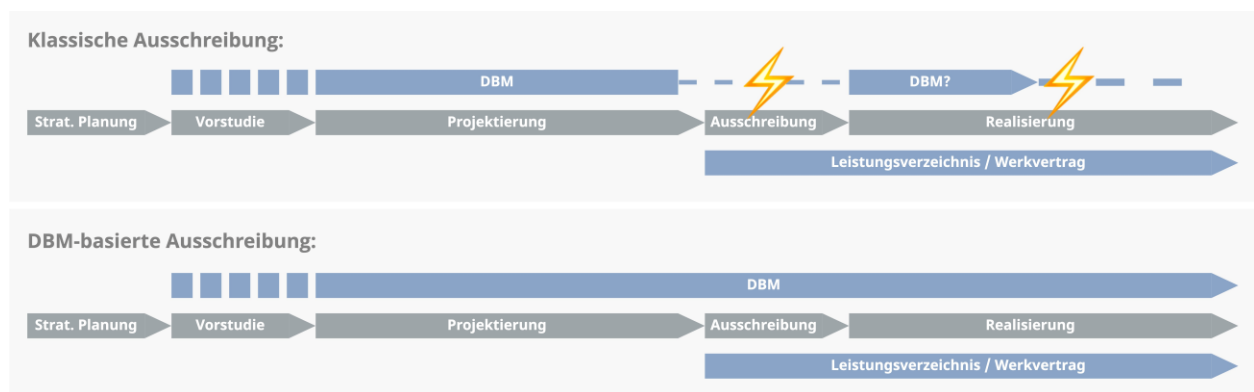


Abbildung 56: Vergleich des bestehenden und des neuen Prozesses, Quelle: Eigene Grafik.

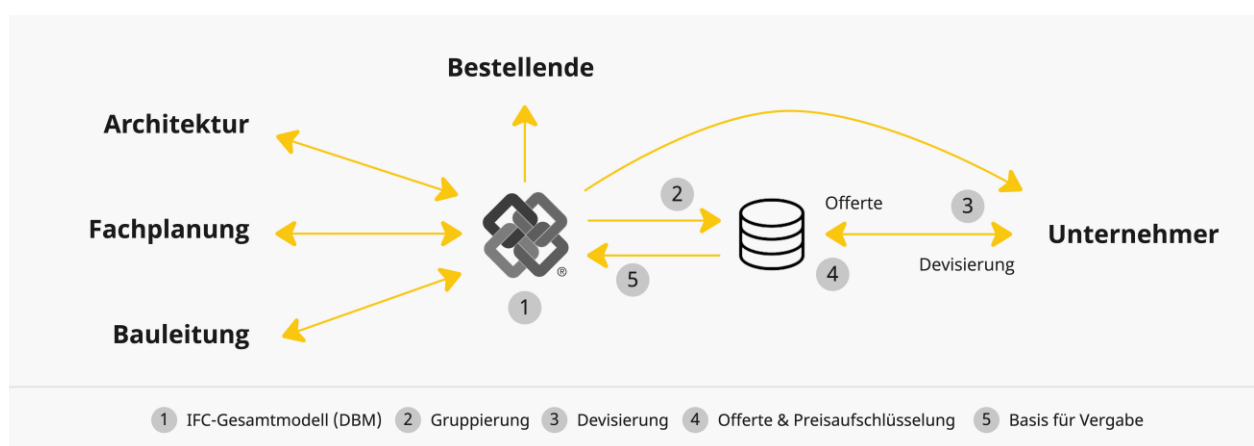


Abbildung 57: Schema Prozess Devisierung, Quelle: Eigene Grafik.

Schritt 1:

In einem ersten Schritt wird das DBM modelliert und mit Informationen gemäss den Anforderungen abgefüllt. Jeder Partei (Architektur, Fachplanung, Spezialisten, Bauleitung etc.) ist für ihren Bereich der Informationen im Modell verantwortlich. Dabei werden die verschiedenen IFC-Modelle zusammengefügt als IFC-Gesamtmodell, wie in Abbildung 55 aufgezeigt.

Schritt 2

Im zweiten Schritt folgt die Gruppierung der gleichen Teilelemente. Die Teilelemente der einzelnen Bauteile werden nach den definierten Eigenschaften automatisch zusammengefasst und es bilden sich daraus die Element-Typen.

Schritt 3

Im dritten Schritt wird die Devisierung dem Unternehmer zur Preisabgabe zugestellt. Dabei werden die gebildeten Element-Typen einzeln bepreist und diese Element-Typen sind mit dem DBM verknüpft, somit ist für den Unternehmer ersichtlich welcher Element-Typ, wo im Gebäude vorkommt und ob dort noch besondere Herausforderungen oder Vereinfachungen entstehen.

Schritt 4

Der Abgegebene Preis, die Offerte der Unternehmung wird nach dem definierten Formelsatz aufgeschlüsselt und auf die Teilelemente mit einer automatischen Berechnung verteilt und die Preise der Teilelemente werden zusammengezählt damit schlussendlich der Gesamtpreis für das Bauteil resultiert. Diese Preise können nun auf den verschiedenen Stufen mit den anderen Offerten verglichen werden. Zum einen können die Einheitspreise verglichen werden, die Gesamtsumme des Gewerks oder die verschiedenen Teilelemente selbst. Dies bietet die Grundlage für die Entscheidung welcher Unternehmer ausgewählt wird und den Auftrag erhält.

Schritt 5

Als fünfter und letzter Schritt werden die Preise der ausgewählten Unternehmung im IFC-Gesamtmodell eingetragen und sind nun für alle beteiligten ersichtlich und stehen für Auswertungen zur Verfügung. Dieses IFC-Datenmodell könnte dann auch als Basis für einen möglichen Werkvertrag dienen und für weitere mögliche Abrechnungen etc. zur Verfügung stehen. Dieser Vorgang kann automatisiert abgespielt werden, da alle berechneten Preise immer einen direkten Bezug zu einem Bauteil besitzen. Der berechnete Preis kann dann automatisiert in die vorgesehene Eigenschaft eingetragen werden.

7.7 Mehrwerte mit optimiertem Ansatz

Das IFC-Gesamtdatenmodell ermöglicht jederzeitigen Zugriff auf alle relevanten Informationen und der neue Ansatz zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung ersetzt den aufwendigen Übersetzungsprozess der klassischen, textbasierten Ausschreibung. Der Mengenauszug aus dem DBM hat einen Bezug zum LV und es erleichtert die Vergleichbarkeit von Angeboten.

- Alle Informationen jederzeit verfügbar im IFC-Gesamtdatenmodell
- Keine «Übersetzung» für die Ausschreibung notwendig
- Abfüllen der Informationen durch zuständige Person
- Weniger Aufwand für Planung und Unternehmungen
- Mengenauszug aus DBM
- Bezug zwischen DBM und LV
- Vergleichbarkeit der Angebote
- Detaillierungstiefe analog bestehender Ausschreibung
- Durchgängigkeit der Daten
- Digitale Transformation

8 Prototypische Umsetzung

8.1 Umfang der prototypischen Umsetzung

Die prototypische Umsetzung in diesem Kapitel dient dazu das Konzept und die Idee der entwickelten bauwerksmodellbasierten Ausschreibung innerhalb eines definierten Systems zu veranschaulichen und zu testen. Die prototypische Umsetzung ist nicht vollständig ausgereift und umfasst nur einen Teil der Funktionalität, die in der endgültigen Umsetzung vorgesehen ist. Sie dient jedoch dazu, das Konzept zu demonstrieren und zu evaluieren und mögliche Schwachstellen aufzudecken, die in weiteren Entwicklungsschritten behoben werden können.

Die prototypische Umsetzung konzentriert sich auf die Preiseabgabe für eine einschichtige Mauerwerkswand im Rohbau inklusive Wandöffnungen und Teilelementen. Der entwickelte Prototyp befindet sich mit allen dazu nötigen Dateien im Anhang D. In diesem Kapitel werden einzelne Ausschnitte aufgezeigt und dargestellt.

8.2 Vorgehen und Ablauf

8.2.1 Grundlagen des Prototyps

In einem ersten Schritt wurden die vier verschiedenen Wandarten (Mauerwerk, Beton, Holzbau und Trockenbau) in der CAD-Autorensoftware ArchiCAD in verschiedenen Variationen modelliert. Die Informationen aus dem Kapitel 7.4 und 7.5 für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung wurde gemäss der Tabelle 7 im DBM ergänzt. Anhand von diesen hinterlegten Informationen kann in einem weiteren Schritt eine Liste generiert werden mit allen Wandelementen des Gewerkes Mauerwerk.

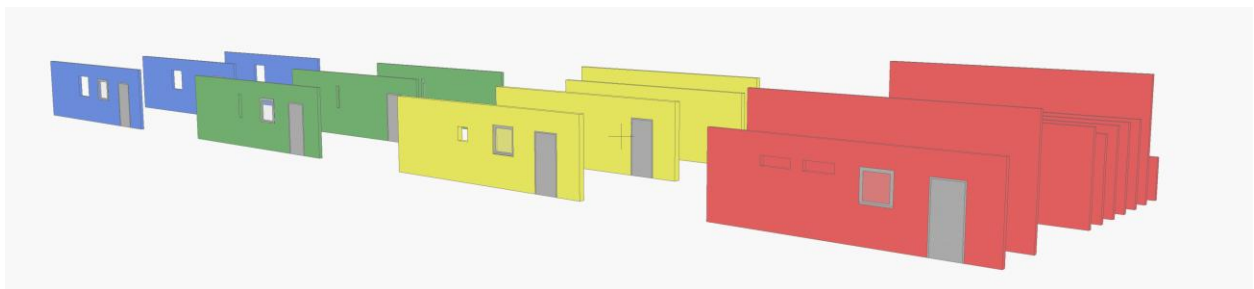


Abbildung 58: Ausschnitt aus ArchiCAD-Modell mit den vier verschiedenen Wandarten, Quelle: Eigene Grafik.

Element ID	Wandform	Gesamtelementpreis	Feuerverstand	Schallschutz	Tragende Funktion	Lage	Breite	Höhe	Wandlänge an der Innenseite	Netto-Oberfläche	Volumen (netto)
Wand-001.1	horizontal, gerade	0.00	EI 30	Keine Anforderung	Tragende Elemente	Innen	0.15	4.12	9.00	37.08	5.56
Wand-001.2	horizontal, gerade	0.00	Keine Anforderung	Keine Anforderung	Nicht tragende Elem...	Innen	0.12 ⁵	3.80	9.00	31.50	3.94
Wand-001.3	horizontal, gerade	0.00	Keine Anforderung	Keine Anforderung	Tragende Elemente	Innen	0.15	2.80	9.00	21.50	3.20 ⁵
Wand-001.4	horizontal, gerade	0.00	Keine Anforderung	Keine Anforderung	Tragende Elemente	Innen	0.15	2.80	9.00	24.90	3.73 ⁵

Abbildung 59: Ausschnitt der Liste aus dem ArchiCAD-Modell mit den Mauerwerks-Wandelementen, Quelle: Eigene Grafik.

Die in Abbildung 59 aufgezeigte Liste wird einfachheitshalber als Excel-Liste exportiert und dient als Grundlage für den nächsten Schritt in Microsoft Access. Für das Sortieren, Gruppieren und Aufschlüsseln der einzelnen Teilelemente wurde die Datenbankanwendung Microsoft Access eingesetzt. Die aus ArchiCAD exportierte Liste wurde mit der Access-Datenbank verknüpft und dient als

Datenquelle. Daraus können einzelne Abfragen zu den jeweiligen Teilelementen erstellt werden. Bei den einzelnen Abfragen werden nur die Attribute ausgewählt, welche für den jeweiligen Typ relevant sind. Die Mengen werden zur Information an den Unternehmer summiert, um aufzuzeigen wie viele Quadratmeter oder Laufmeter der einzelnen Typen im Projekt vorkommen. Dies dient in erster Linie für den Unternehmer aber nur als Referenz.

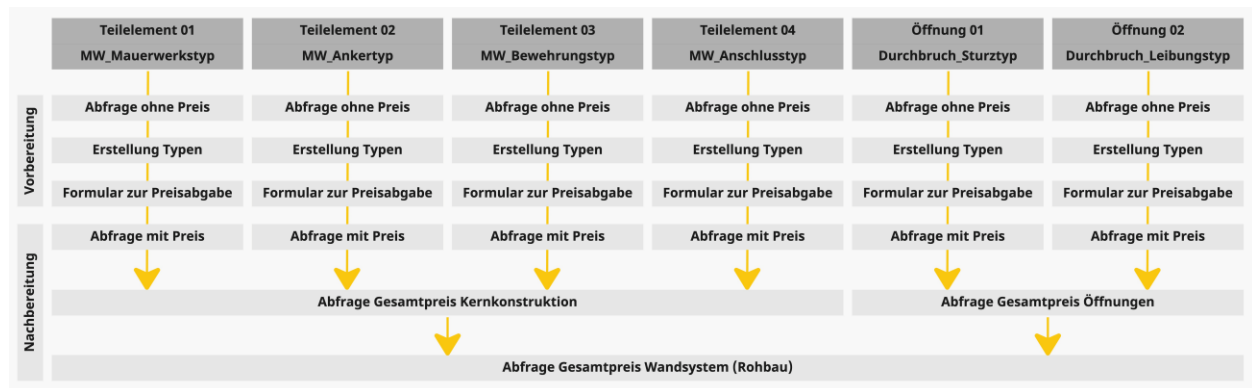


Abbildung 60: Reihenfolge der verschiedenen Schritte in Microsoft Access, Quelle: Eigene Grafik.

8.2.2 Ausschreibungsvorbereitung

Um die einzelnen Schritte genauer darzustellen, wird folgend auf das Beispiel des «MW_Mauerwerkstyps» eingegangen. Die Abbildung 60 zeigt die verschiedenen Abfragen und Tabellen auf die nötig sind für das Sortieren, Gruppieren und Aufschlüsseln. Bei der ersten Abfrage in Microsoft Access wird das Teilelement mit allen Attributen, welches zur Bildung des Typs benötigt wird, aufgelistet. Die einzelnen Bauteile werden mit einer Funktion in die passende Kategorie Höhe im Bereich (wie im Kapitel 7.4 erläutert) eingeteilt. Dafür wird für die Spalte «Höhe im Bereich» folgende Funktion angewendet:

Höhe im Bereich: Wenn([Höhe]<1.5;"0.00 bis 1.50m"; Wenn([Höhe] Zwischen 1.5 Und 3;"1.50 bis 3.00m"; Wenn([Höhe] Zwischen 3 Und 3.5;"3.00 bis 3.50m"; Wenn([Höhe] Zwischen 3.5 Und 4;"3.50 bis 4.00m"; [Höhe])))

Element ID	Wandform	Kernmaterialisierung	Breite	Höhe im Bereich	Tragende Funktion	Lage	Vermauerungsart	Mauerwerksverband	Mauerwerksdruckfestigkeit	Oberfläche	Besondere	Summewv	MW Einheitspreis
Wand-001	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	4.12	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Industriesicht	Keine	37.08	0
Wand-001.2	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Kalksandstein	0.125	3.50m bis 4.00m	Nicht tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Keine Anforderungen	<Nicht definiert>	Industriesicht	Keine	31.5	0
Wand-001.3	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Keine Anforderungen	≥ 7.00 N/mm2	Nichtsicht	Keine	21.5	0
Wand-001.4	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Wohnsicht	Keine	24.9	0
Wand-001.5	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	0.00m bis 1.50m	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Wohnsicht	Keine	12.6	0
Wand-001.6	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Wohnsicht	Keine	25.2	0
Wand-001.7	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Industriesicht	Keine	25.2	0
Wand-001.8	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Industriesicht	Keine	23.85	0
Wand-001.9	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	Industriesicht	Keine	26.55	0

Abbildung 61: Abfrage ohne Preis am Bsp. MW_Mauerwerkstyp, Quelle: Eigene Grafik.

Die zweite Abfrage dient dazu eine Tabelle zu erstellen mit den verschiedenen Typen. Dabei werden die gleichen Elemente aus der ersten Abfrage zusammengefasst und es entsteht die Tabelle, welche als Grundlage für die Preisabgabe dient. Dabei zeigt sich in Abbildung 62, dass die Bauteile zusammengefasst wurden und jetzt für jeden Typ ein Preis abgefragt werden kann.

Anzahl	Wandform	Kernmaterialisierung	Breite	Höhe im Bereich	Tragende Funktion	Lage	Vermauerungsart	Mauerwerksverband	Mauerwerksdruckfestigkeit	Fugenart	Oberfläche	Besondere	Summewv	MW Einheitspreis
1	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Keine Anforderungen	≥ 7.00 N/mm2	<Nicht definiert>	Nichtsicht	Keine	21.5	0
3	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	<Nicht definiert>	Industriesicht	Keine	75.6	0
1	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Kalksandstein	0.125	3.50m bis 4.00m	Nicht tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Keine Anforderungen	<Nicht definiert>	<Nicht definiert>	Industriesicht	Keine	31.5	0
1	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	0.00m bis 1.50m	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	<Nicht definiert>	Wohnsicht	Keine	12.6	0
2	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	1.50m bis 3.00m	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	<Nicht definiert>	Wohnsicht	Keine	50.1	0
1	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	4.12	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm2	<Nicht definiert>	Industriesicht	Keine	37.08	0

Abbildung 62: Tabelle aus Abfrageentwurf mit Typen, Quelle: Eigene Grafik.

Zunächst wird ein Formular erstellt, das eine Verbindung zu der Tabelle mit den Typen aufweist. Dieses Formular bietet dem Unternehmer eine Übersicht aller relevanten Informationen und ermöglicht es Ihnen, einen Einheitspreis pro Quadratmeter für die betreffende Mauerwerkswand anzugeben. Es dient somit als Preisabgabe-Instrument.

MW_Mauerwerktypen

Anzahl Elemente: 3

Wandform: horizontal, gerade

Kernmaterialisierung: MW, Mauerwerk normal, Backstein

Breite (m): 0.15

Höhe im Bereich (m): 1.50m bis 3.00m

Tragende Funktion: Tragende Elemente

Lage: Innen

Vermauerungsart: Einsteinmauerwerk

Mauerwerksverband: Läuferverband

Mauerwerksdruckfestigkeit: ≥ 7.00 N/mm²

Fugenart: <Nicht definiert>

Oberfläche: Industriesicht

Besondere Eigenschaften MW: Keine

Netto-Oberfläche in m²: 75.6

Preis pro m²: CHF 325.00

Abbildung 63: Übersicht der Eigenschaften zur Preisabgabe für den Unternehmer, Quelle: Eigene Grafik.

8.2.3 Ausschreibungsnachbearbeitung

Sobald der Preis für alle Typen abgegeben ist, folgt die nächste Abfrage mit der Aufschlüsselung der einzelnen Wandelemente zu den passenden Preisen. Die Herausforderung liegt darin, dass in der Tabelle mit der Typisierung kein Sekundärschlüssel vorhanden ist und die Verbindung zum Primärschlüssel (Element-ID oder GUID) nicht hergestellt werden kann. Um dies trotzdem zu ermöglichen wird die Verbindung zwischen den zwei Tabellen mit der Übereinstimmung verschiedener Attribute gelöst.

Element ID	Wandform	Kernmaterialisierung	Breite	Höhe	Tragende Funktion	Lage	Vermauerungsart	Mauerwerksverband	Mauerwerksdruckfestigkeit	Oberfläche	Besondere	Netto-Oberfläche	MW Einheitspreis	MW Mauerwerk Preis
Wand-001.1	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	4.12	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Industriesicht	Keine	37.08	60	2224.8
Wand-001.2	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Kalksandstein	0.125	3.8	Nicht tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Keine Anforderungen	<Nicht definiert>	Industriesicht	Keine	31.5	85	2677.5
Wand-001.3	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	2.8	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Keine Anforderungen	≥ 7.00 N/mm ²	Nichtsicht	Keine	21.5	75	1612.5
Wand-001.4	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	2.8	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Wohnsicht	Keine	24.9	105	2614.5
Wand-001.5	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	1.4	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Wohnsicht	Keine	12.6	92	1159.2
Wand-001.6	horizontal, gerade	MW, Sichtmauerwerk, Backstein	0.15	2.8	Tragende Elemente	Innen	Verbandmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Wohnsicht	Keine	25.2	105	2646
Wand-001.7	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	2.8	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Industriesicht	Keine	25.2	325	8190
Wand-001.8	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	2.65	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Industriesicht	Keine	23.85	325	7751.25
Wand-001.9	horizontal, gerade	MW, Mauerwerk normal, Backstein	0.15	2.95	Tragende Elemente	Innen	Einsteinmauerwerk	Läuferverband	≥ 7.00 N/mm ²	Industriesicht	Keine	26.55	325	8628.75

Abbildung 64: Abfrage mit Preis am Bsp. MW_Mauerwerkstyp, Quelle: Eigene Grafik.



Abbildung 65: Entwurfsansicht der Tabelle aus Abbildung 64 mit Verbindung gleicher Attribute, Quelle: Eigene Grafik.

Die verschiedenen Abfragen mit Preis aus der Abbildung 60 werden im nächsten Schritt zusammengezogen, um den Gesamtpreis der Kernkonstruktion zu erhalten. Dabei wird pro Wandelement die Summe der verschiedenen Teilelemente zusammengerechnet. Dabei müssen auch die Felder mit leeren Inhalten berücksichtigt werden, ansonsten werden nicht alle Wandelemente dargestellt. Für dies wurde jeweils die Funktion «Nz» eingesetzt, falls kein Wert vorhanden ist, wird automatisch eine «0» eingefügt:

```
Nz([1002_Anker_Typ]![MW Einheitspreis Ankertyp];0)
```

Element ID	MW Mauerwerk Preis	Preis Anker pro Wand	Preis Bewehrung pro Wand	Preis Anschlüsse	Gesamtpreis Kernkonstruktion
Wand-001.1	2224.8	37.08	135	4	2400.88
Wand-001.2	2677.5	0	180	4	2861.5
Wand-001.3	1612.5	0	315	4	1931.5
Wand-001.4	2614.5	0	135	4	2753.5
Wand-001.5	1159.2	0	90	4	1253.2
Wand-001.6	2646	0	135	4	2785
Wand-001.7	8190	0	423	4	8617
Wand-001.8	7751.25	0	423	4	8178.25
Wand-001.9	8628.75	0	423	4	9055.75

Abbildung 66: Abfrage zur Preisberechnung der Kernkonstruktion mit allen Teilelementen, Quelle: Eigene Grafik.

Im fortlaufenden Schritt wird nun die Verbindung zwischen Wandöffnung und Wand genutzt, um den Preis für das Wandsystem zu berechnen. In der Abbildung 67 wird dargestellt wie viel das Wandelement mit allen verschiedenen Teilelementen schlussendlich kostet. In der prototypischen Umsetzung dieser Master-Thesis ist nur ein Teilbereich des Wandsystems untersucht worden.

Element ID	Gesamtpreis Kernkonstruktion	Gesamtpreis Durchbrüche	Gesamtkosten Wandsystem
Wand-001.1	2400.88		2400.88
Wand-001.2	2861.5	14.4	2875.9
Wand-001.3	1931.5	23.4	1954.9
Wand-001.4	2753.5	1.6	2755.1
Wand-001.5	1253.2		1253.2
Wand-001.6	2785		2785
Wand-001.7	8617		8617
Wand-001.8	8178.25		8178.25
Wand-001.9	9055.75		9055.75

Abbildung 67: Abfrage zur Preisberechnung des Wandsystems, Quelle: Eigene Grafik.

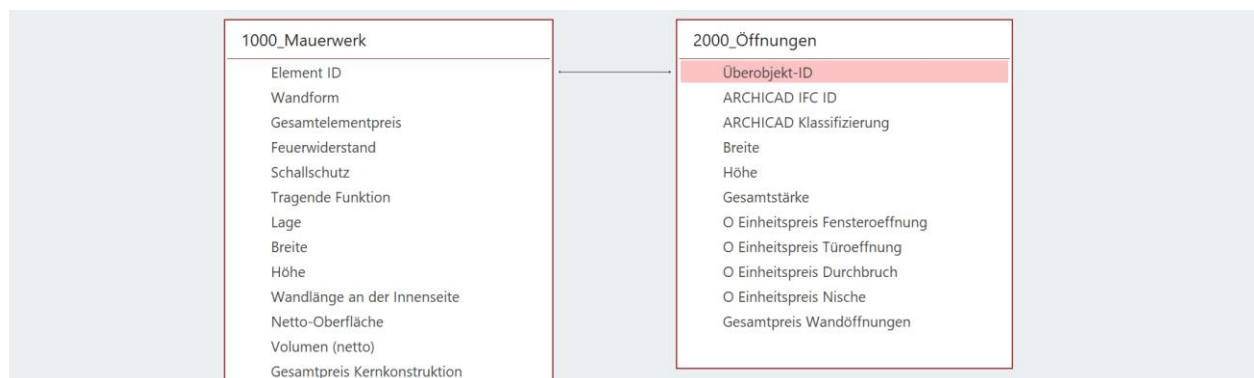


Abbildung 68: Primär und Sekundärschlüssel der Verbindung zwischen dem Mauerwerk und den Öffnungen, Quelle: Eigene Grafik.

8.3 Erster Praxistest

Am 15. Dezember 2022 wurde der Prototyp erfolgreich in einem Praxistest mit einer Person (zuständig für die Kalkulation beim Baumeister) getestet. Das Konzept wurde gut aufgenommen und es konnte gezeigt werden, welche Attribute für den Baumeister wirklich wichtig und relevant sind. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde das Angebot an Attributen pro Typ überarbeitet und es wurde festgelegt, mit welchen Mengenangaben gerechnet wird. Zusätzlich konnte der Prozess vereinfacht werden, indem z.B. die Preisberechnung der Oberfläche eines Mauerwerks nicht mehr separat erfolgt, sondern zusammen mit dem Mauerwerkstyp. Die Oberfläche eines Mauerwerks ist immer gleich für beide Seiten, sodass es keine Unterschiede in der Sichtqualität geben kann. In der Ausführung würde einfach auf der einen Seite die «sichtbare» Seite verputzt werden.

Während des Tests wurde festgestellt, dass die visuelle Verknüpfung zum DBM nicht direkt fehlte, da ja auch im klassischen NPK-Leistungsverzeichnis keine weiteren Informationen vorhanden sind und die zur Verfügung gestellten Informationen gereicht haben um einen detaillierten, verlässlichen Preis abzugeben. Das erzielte Ergebnis, welches im Kapitel 8 aufgezeigt wurde, berücksichtigt bereits die Inputs des Praxistests.

8.4 Schwachstellen und weitere Entwicklungsschritte des Prototyps

Die Excel-Exporte aus ArchiCAD werden momentan als Workaround genutzt, obwohl auch eine direkte Abfrage aus einem IFC-Gesamtdatenmodell möglich wäre. Anfänglich ist es einfacher die benötigten Informationen in der korrekten Struktur auslesen zu können und die Zugänglichkeit für das Verständnis wird erhöht. Bei einer nächsten Entwicklungsstufe des Prototyps wäre dies sicher anhand des IFC-Gesamtdatenmodells direkt umzusetzen, wie in Abbildung 57 dargestellt. Zusätzlich als weiteren Entwicklungsschritt wäre die direkte Verbindung jederzeit zum DBM. Es wird angedacht, wenn ein Typ zur Preisabgabe ausgewählt ist, dass diese Bauteile im DBM ersichtlich sind und in einem weiteren Schritt jedes einzelne Bauteil noch mit einem Zuschlag oder Rabatt bestückt werden kann, wenn sich Synergien oder spezielle Herausforderungen für einzelne Bauteile ergeben.

Eine weitere Herausforderung liegt auch in der Handhabung von mehrschichtigen Bauteilen, in der CAD-Autorensoftware ist es zurzeit erschwert einzelne Eigenschaften für einzelne Schichten zu definieren. Gerade bei mehrschichtigen Bauteilen sind die Anforderungen an die zu definierenden Eigenschaften unterschiedlich.

Die Objektbeziehung zwischen Wandöffnung und Wand, was für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung zentral ist, ist anhand dem Excel-Export aus ArchiCAD nur mit einem Umweg möglich. Denn die Wandöffnung kann nur das Attribut «Element-ID» der dazugehörenden Wand abrufen, nicht aber dessen GUID. Mit der Informationsgewinnung direkt aus dem IFC-Datenmodell wäre diese Verbindung mit der Objektbeziehung direkt ersichtlich.

Das verwendete Tool Access ist im ersten Prototyp eingesetzt als Desktopdatenbank, in einem weiteren Schritt wäre es möglich die Datenbank mit SharePoint zu verbinden und dort die weiteren Möglichkeiten von Microsoft Power Apps etc. zu nutzen.

9 Diskussion

9.1 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

In der ersten Phase, der quantitativen Forschung, wurde eine breite Recherche getätigt und die verschiedenen Ansätze, welche in der Schweiz und im grenznahen Gebiet angewendet werden, untersucht. Dabei wurde ersichtlich, dass es in den untersuchten Ansätzen 3 verschiedene Kategorie-Arten gibt und dass die aufgezeigten Ansätze in einem genaueren Blick nicht so grosse konzeptionelle Differenzen haben, wie zuerst angedacht. Die verschiedenen Arten sind nach ihrem Fortschritt in Richtung einer digitalen Transformation geordnet. Es zeigt sich dabei die Herausforderung, neue Strukturen und Prozess aufzubauen, da die bestehende Ausschreibung nach NPK fest in der heutigen Baubranche verankert ist. Der am meisten gesehene Ansatz geht von einer bauteilorientierten Ausschreibung aus und fügt den einzelnen Bauteilen die nötigen NPK-Positionen zu. Dies hat zum einen den Vorteil, dass es eine rechtsichere Ausschreibung nach bestehendem Standard ergibt, jedoch ist der Aufwand für die Unternehmung viel grösser, da jedes einzelne Bauteil oder jede einzelne Bauteilgruppe gerechnet werden muss mit den verschiedenen NPK-Positionen. Dies resultiert in einem höheren Aufwand in der Kalkulation, sprich mehr «unbezahlter» Aufwand auf Seite Unternehmung. Gerade bei der Erstellung einer Offerte sollte der Aufwand so gering wie möglich sein, denn diese Arbeitsstunden werden wieder auf andere Bereiche abgewickelt.

Zu erwähnen ist noch, dass der Begriff Leistung oft falsch interpretiert wird. Es wird davon ausgegangen, dass Leistung mit einer Aktivität und einem geplanten Prozess gleichzusetzen ist. In Bezug auf die Ausschreibungen im Bauwesen, bei der es darum geht, den geeignetsten Unternehmer für eine Bauaufgabe zu finden, sind jedoch keine direkten Aktivitäten ausgeschrieben, sondern «Bau-Leistungen», die zu erbringen sind und einen materiellen Hintergrund aufweisen. Es ist daher wichtig, den Begriff der Leistung im richtigen Kontext zu verstehen und zu interpretieren.

In der zweiten Phase der qualitativen Forschung wurde ein optimierter Lösungsansatz zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung vorgestellt, welcher mit der prototypischen Umsetzung bereits einen ersten Praxistest erlangte. Das Konzept besteht darin, die einzelnen Teilelemente eines Bauteils zu bepreisen, anstatt das gesamte Bauteil als Ganzes. Auf diese Weise können die individuellen Preise der Teilelemente verwendet werden, um den Gesamtpreis des Bauteils anhand der Menge zu berechnen. Alle Informationen werden im digitalen Bauwerksmodell hinterlegt und es gibt drei verschiedene Kategorien im Ausschreibungspaket. Die Ergebnisse der ersten Phase haben gezeigt, dass nicht alle erforderlichen Informationen zur Preisberechnung an jedem Bauteil einzeln angehängt werden müssen. Stattdessen hat sich gezeigt, dass bestimmte Aufgaben oder Zusatzarbeiten nicht unmittelbar an einem Bauteil verortet werden können und daher weitere Gefässe zur Erfassung dieser Informationen erforderlich sind. Diese umfassen allgemeine Bedingungen, die für das gesamte Projekt gelten, gewerkspezifische Bedingungen, die z.B. nur den Baumeister im Gewerk Mauerwerk betreffen, und Bauteilspezifische Informationen, die das jeweilige Bauteil mit den geometrischen und alphanumerischen Informationen beschreiben. Jedes Teilelement enthält einen oder mehrere Typen, und wenn die definierten Eigenschaften eines Teilelements gleich sind, wird automatisch ein Typ abgebildet. Dieser Typ kann in der Kalkulation mit dem Einheitspreis bepreist werden und zusammen mit der Menge des Teilelements ergibt sich der Preis für das jeweilige Teilelement. Dadurch wird die Flexibilität und Agilität des digitalen Bauwerksmodells bewahrt und der abgegebene Preis der

Unternehmer ist detailliert genug, um andere Offerten zu Vergleichen und zu wissen wie viel die Umsetzung wirklich kosten wird.

Mit dem Ergebnis aus der zweiten Phase wurde herausgefunden, dass es einen optimierten Ansatz für die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung gibt. Dieser neue Ansatz hinterfragt die bestehende NPK-Struktur und zeigt auf wie ein neuer Standard sich entwickeln kann. Die Möglichkeit einzelne Teilelemente zu bepreisen ist ansatzweise im heutigen NPK schon vorhanden, jedoch ist es mit den bestehenden sehr umfangreichen und verschachtelten NPK-Positionen nicht möglich diese Informationen gezielt aus dem DBM zu ziehen, dadurch wird mit dem vereinfachten konzeptuellen Datenschema ein neuer Vorschlag aufgezeigt wie die Informationen standardisiert und doch flexibel genug für alle Anforderungen der Baubranche, definiert werden können.

9.2 Limitationen und Begrenzungen der Untersuchungen

Für die vorliegende Master-Thesis wurden drei Experteninterviews durchgeführt. Die Experteninterviews wurden mit je einer Person aus den Bereichen Baumeister, Holzbau und Trockenbau abgedeckt. Es wurde eine einfache Transkription nach Dresing & Pehl und danach eine Auswertungstabelle erstellt, in welcher die drei Interviews mit Stichworten zusammengefasst werden.

Es gibt zwei Arten von Limitationen, die bei der Durchführung dieser Master-Thesis berücksichtigt werden mussten. Erstens besteht eine Limitation in Bezug auf die begrenzte Anzahl der befragten Experten pro Gewerk. Zweitens besteht eine Limitation in Bezug auf die Auswahl der befragten Unternehmen. Da jedes Unternehmen die Kalkulation von Offerten unterschiedlich angeht und die genaue Berechnung der einzelnen Positionen oft ein gut behütetes Firmengeheimnis ist, kann dies die Ergebnisse beeinflussen. Ferner wurde pro Gewerk lediglich eine Person befragt, was zwar den Umfang der Experteninterviews begrenzte, aber auch die Möglichkeit bot, nicht nur für ein Gewerk einen Lösungsansatz zu entwickeln, sondern zu überprüfen, ob dieser Ansatz auch für die anderen Gewerke anwendbar ist.

Weitere Limitationen sind in Hinblick auf die betrachtende Phase der Ausschreibung zu legen, andere Projektabwicklungsmodelle umfassen neue Ansätze der Ausschreibung, wobei der ausführende Unternehmer schon früh anhand von anderen Kriterien ins Projekt geholt wird und somit eine Ausschreibung, wie sie in dieser Master-Thesis aufgezeigt wurde, entfallen könnte.

10 Fazit und Ausblick

10.1 Fazit

In der vorliegenden Master-Thesis wurde eine Analyse durchgeführt, um den aktuellen Stand der Forschung und Technik in Bezug auf die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung zu ermitteln. Zudem wurde eine Lösungsmethode vorgestellt, die zeigt, wie die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung mit heutigen technischen Mitteln eine digitale Transformation darstellen kann, ohne lediglich eine weitere Digitalisierung bestehender Prozesse darzustellen.

In der Baubranche ist die Zusammenarbeit von elementarer Bedeutung, um Projekte erfolgreich umzusetzen. Ein wesentlicher Faktor hierbei ist die Verwendung einer gemeinsamen Sprache, die von allen Beteiligten verstanden wird und die Durchgängigkeit der Daten. Dies ermöglicht es, Missverständnisse zu vermeiden und die Zusammenarbeit zu vereinfachen, was letztendlich zu einer Steigerung der Produktivität führen kann.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, dass die meisten Ansätze ähnliche Herausforderungen aufweisen und, wenn man sie auf das Wesentliche reduziert, ähnliche Vorgehensmethoden verwenden. Die bauwerksmodellbasierte Ausschreibung wird oft mit der bauteilorientierten Ausschreibung in Verbindung gebracht, was jedoch, wie im eigenen Lösungsansatz dargestellt, nicht zwingend der Fall sein muss. Die geforderte Detaillierung und Transparenz erfordern eine klare Strukturierung und Benennung der Einzelteile, die in der Meinung des Autors nicht auf Bauteile zusammengefasst werden sollten. Eine zu frühe Zusammenfassung und Gruppierung von Elementen oder auch Informationen ermöglicht keine Flexibilität und der Aufwand, jedes einzelne Bauteil detailliert zu betrachten und zu kalkulieren, summiert sich in Arbeitsstunden, die in anderen Bereichen besser aufgehoben wären. Die breit verbreitete Meinung über die Typenbildung im DBM sollte, aus Sicht des Autors, hinterfragt werden. Wenn Typen bereits im Modell hinterlegt sind und sich etwas an einer Wand ändert, stellt sich immer die Frage, ab wann ein neuer Typ erstellt werden muss. Dies führt oft zu sehr vielen Ausnahmen und/oder zu unendlich vielen verschiedenen Typen, bei denen fast jedes Bauteil ein eigener Typ darstellt. Es sollte immer darauf geachtet werden, Flexibilität und Agilität in einem Projekt zu bewahren, und der entwickelte Lösungsansatz erfüllt genau diese Funktion.

Der optimierte Ansatz für bauwerksmodellbasierte Ausschreibungen nach Eigenschaften ermöglicht einen vereinfachten Prozess. Alle Beteiligten haben jederzeit Zugang zu verständlichen Informationen, und die Anforderungen an die Detaillierung sind erfüllt, um vergleichbare, kostentransparente und aussagekräftige Angebote zu erhalten.

10.1.1 Fazit aus den Experteninterviews

Das Ziel der Experteninterviews war es, ein tieferes Verständnis dafür zu erlangen, was benötigt wird, um einen Preis für ein Bauteil abzugeben. Durch die Interviews konnten Einblicke in die Kalkulation, in den untersuchten Gewerken, gewonnen werden und Erfahrungen gesammelt werden, auf was die ausführenden Unternehmer achten und wo sie die Gewichtung setzen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Experteninterviews allein nicht ausreichend waren, um die Basis für eine bauwerksmodellbasierte Ausschreibung zu schaffen. In einem solchen kurzen Gespräch gehen gewisse Abhängigkeiten verloren oder es ist in der kurzen Zeit nicht möglich, vollständig auf Detailfragen des Themas einzugehen. Dennoch haben die Interviews auch dazu beigetragen, das Verständnis des bestehenden Normenpositionen-Katalogs zu vertiefen. Was für eine zusätzliche, vertiefte Analyse sehr hilfreich war.

Es war erstaunlich zu sehen, was im ersten Praxistest der prototypischen Umsetzung bereits funktioniert hat und wie einfach es war, anhand der zur Verfügung gestellten Informationen aus dem DBM einen Preis abzugeben. Die Ergebnisse des Praxistests konnten direkt in die entwickelte Arbeit einfließen, was eine optimierte, praxistaugliche Anwendung ermöglichte. Allerdings ist dies noch nicht abschliessend, da für die Weiterentwicklung des Prototyps und generell in der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung die Beteiligung aller Stakeholder notwendig ist. Die Phase der Ausschreibung ist sehr umfangreich und benötigt die verschiedenen Perspektiven zur Weiterentwicklung.

10.1.2 Persönliche Erkenntnisse

In der Erarbeitung der vorliegenden Master-Thesis wurde festgestellt, dass es wichtig ist, proaktiv zu arbeiten und sich auf ein bestimmtes Thema oder Bauteil zu konzentrieren, um effektiv vorwärtszukommen. Das Durchführen von Interviews und die Durchführung von Recherchen haben dazu beigetragen, das Verständnis für das Thema zu vertiefen und eine solide Grundlage für die weitere Entwicklung zu schaffen. In diesem Zusammenhang wurde auch die Beobachtung der verschiedenen Gewerke als hilfreich erachtet, da dies gezeigt hat, dass das betrachtete Bauteil zwar ähnlich ist, die Art und Weise, wie es kalkuliert wird, jedoch stark variiert. Die Beobachtung der verschiedenen Gewerke hat zudem dazu beigetragen, dass das Bauteil «Wand» in seiner ganzen Vielfalt betrachtet werden konnte.

Oft werden bestimmte Schlagworte und Lösungen vermarktet als würden diese schon seit längerem funktionieren. In der Realität und auch im Verlauf dieser Master-Thesis wurde oft darüber gestolpert und wenn mit einem zweiten Blick etwas genauer dahin geschaut wird, funktioniert die besagte Lösung noch nicht wirklich und benötigt noch einige Schritte bis zur tatsächlichen Umsetzung.

10.2 Ausblick

10.2.1 Nächste Schritte

Mit der vorliegenden Master-Thesis wurde ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und Technik sowie ein Vorschlag mit einem optimierten Ansatz zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung aufgezeigt. Das Thema der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung ist damit aber noch nicht fertiggestellt, sondern es werden weitere Schritte der Entwicklungsstufen nötig sein.

Im Kapitel 8.4 wurden bereits einige Entwicklungsschritte genannt, die in Abhängigkeit zum Prototyp stehen. Weiter würde es gehen mit dem Untersuchen weiterer Bauteile und dem Weiterführen des konzeptuellen Datenschemas. Denn darauf wird erst ersichtlich, wie alle Abhängigkeiten zueinander stehen und wo welche Informationen relevant sind. Dazu müssten mit mehreren Unternehmen und ausführenden Personen das Gespräch gesucht werden, um für alle Bauteilarten eine optimale Lösung vorschlagen zu können.

Zusätzlich können in einem weiteren Schritt die ersten Gewerke anhand von einem Pilotprojekt in der Realität getestet werden, somit könnte mit einem Unternehmer den Ablauf durchgespielt werden und daraus werden sich wieder neue Möglichkeiten abbilden zur Verbesserung. Für eine breitere Zugänglichkeit könnte die Preisabgabe auch über eine Web-Plattform erfolgen, wo das IFC-Gesamtdatenmodell gerade ersichtlich ist und die Preise zu den einzelnen Typen direkt im Browser abgegeben werden können.

Nach Abschluss der ersten funktionierenden Pilotprojekte sollte eine breitangelegte Standardisierung vorgenommen werden. Als Basis wie im Verlauf dieser Arbeit erwähnt könnte die Struktur eines konzeptuellen Datenschemas dienen oder sogar in einem weiteren Schritt eine Webbasierte nachschlageplattform mit allen möglichen Typen und den passenden Eigenschaften dazu die standardisiert mit einer Nummer oder einem Code abrufbar sind.

10.2.2 Weitere Gedanken

Die Baubranche befindet sich im Wandel. Die Einführung von neuen Projektentwicklungsmodellen, wie dem Integrated Project Delivery (IPD), verändern die bestehenden Prozesse und Standardisierungen. Auch bei neuen Projektentwicklungsmodellen könnte das Konzept der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung zur Anwendung kommen. Es wird angedacht, dass alle Unternehmer ihre Preise anhand standardisierter Positionen auf ihrer eigenen Website veröffentlichen. Eine Unterstützung dieses Konzepts könnte durch die Erarbeitung einer Datenbank von allen Baumeistern und allen Einheitspreisen durch den Baumeisterverband erreicht werden. Dies ermöglicht es jedem Unternehmer, anhand seiner Stärken bei unterschiedlichen Positionen passende Preise anzubieten. Auf diese Weise könnte der geeignetste Unternehmer für ein mögliches Projekt bereits vor Anfrage identifiziert werden.

Um die Vergleichbarkeit von Angeboten sicherzustellen, sollten Modellierungsrichtlinien und Standardisierung als Grundlage dienen. Eine gemeinsame Sprache und klare Verständlichkeit darüber, wer, was, wie, wann und wo abfüllen muss, sind hierbei von entscheidender Bedeutung. Mit diesem Ansatz könnten Angebote auf Knopfdruck verglichen werden, denn die einzelnen Datensätze könnten einfach hinzugeladen werden und mit den Formelsätzen aus den Mengen berechnet werden.

Auch im Verlaufe eines bestehenden Projekts kann es von Vorteil sein, Angebote von anderen Unternehmen zu erfragen. Mit den standardisierten Positionen könnte dies einfach und schnell durchgeführt werden, um das bestmögliche Angebot zu erhalten. Insgesamt bietet die Anwendung des Konzepts der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung die Möglichkeit, die Vergleichbarkeit von Angeboten in der Baubranche zu verbessern und somit die Projektentwicklung zu optimieren.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Typus der Master-Thesis, Quelle: (Dainton & Huber, 2022)	8
Tabelle 2: Vor-/Nachteile Art 01: Leistungsverzeichnis nach NPK, Quelle: Eigene Tabelle.	46
Tabelle 3: Vor-/Nachteile Art 02: Bauteilorientiert mit NPK-Positionen, Quelle: Eigene Tabelle.	46
Tabelle 4: Vor-/Nachteile Art 03: Bauteilorientiert mit Beschrieb, Quelle: Eigene Tabelle.	47
Tabelle 5: Vor-/Nachteile Art 04: Gliederung nach Eigenschaften, Quelle: Eigene Tabelle.	47
Tabelle 6: Verortung der gewerkspez. Bedingungen im IFC-Datenmodell, Quelle: Eigene Tabelle.	65
Tabelle 7: Verortung der Bauteilinformationen im IFC-Datenmodell, Quelle: Eigene Tabelle.	66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausgangslage konsequente Nutzung und Wiederverwendung digitaler Daten, Quelle: Eigene Grafik.....	1
Abbildung 2: Entwicklungs- und Entscheidungsbaum, Quelle: (Girmscheid, 2016a)	2
Abbildung 3: Vertiefungsdesign, eigene Darstellung in Anlehnung (Genau, 2020).....	5
Abbildung 4: Ablauf einer Ausschreibung in Anlehnung an Grafik von Prof. Lukas Schildknecht	9
Abbildung 5: Beschaffungsgrundsätze einer Ausschreibung, Quelle: (Grieder, 2022).....	10
Abbildung 6: Ordnungssystem bauteilorientiertes LV (links) und klassisches LV (rechts), Quelle: (Bargstädt & Blickling, 2003)	12
Abbildung 7: CRB Arbeitsmittel & Standards für eine Phasengerechte Anwendung: Quelle (eBKP-H, 2020)	13
Abbildung 8: eBKP-H Elementzuweisung, Quelle: (SIA D 0271, 2018)	14
Abbildung 9: Erweiterung der Norm mit Standards, Quelle: (eBKP-H, 2020).....	15
Abbildung 10: Ausschnitt aus dem IFC-Datenmodell mit den wichtigsten Entitäten der obersten Ebenen der Vererbungshierarchie, Quelle:(Borrmann et al., 2021)	17
Abbildung 11: Symbolbild zu Korrekturen in Devi, Quelle: anonymisiert	18
Abbildung 12: Durchgängigkeit der Daten, Quelle: Eigene Grafik	19
Abbildung 13: Auszug aus «Verbindung zum NPK», zwischen eBKP-H und NPK, Quelle: (Verbindung zum NPK, 2021).....	21
Abbildung 14: Auswirkungen von Angebot und Nachfrage, Quelle: (Girmscheid & Motzko, 2013)	22
Abbildung 15: Vorschau der verschiedenen konzeptionellen Unterschiede, Quelle: Eigene Grafik.....	24
Abbildung 16: Prozess Ausschreibung mit «Übersetzung» von Planenden zu den Ausführenden, Quelle: (Petillo, 2019) ..	25
Abbildung 17: Der erste Prototyp von CRB für ein Anwender-Feedback, Quelle: (Brucker-Kley et al., 2018; Petillo, 2019) ..	26
Abbildung 18: Ausgangslage BIM2NPK, für Mensch und Maschine verständlich, Quelle: (Petillo, 2021)	27
Abbildung 19: Schematischer Aufbau des zweiten Prototyps, Quelle: (Petillo & Vorburger, 2021).....	27
Abbildung 20: Proof of Concept, Linked Data Triples anhand des Beispiels NPK 314 Maurerarbeiten, Quelle: (Petillo, 2021)	28
Abbildung 21: Zuordnung von Mengen und Leistungen zu Modellelementen, nach VDI 2552 Blatt 3, Quelle: (Rösel et al., 2020)	29
Abbildung 22: Mengen der Teilleistungen werden aus der Bauteilmenge ermittelt, nach VDI 2552 Blatt 3, Quelle: (Rösel et al., 2020).....	30
Abbildung 23: Ablauf zur Erstellung LV in AVA-Software, Quelle: Eigene Grafik in Anlehnung an (Hacker & Sedlmair, 2018).....	31
Abbildung 24: Eigener Testlauf in der AVA-Software NOVA AVA	31
Abbildung 25: Klassifizierungsregeln für Mengenauszug aus dem DBM, Quelle: (Stadelmann, 2020).....	33
Abbildung 26: eNPK, erweiterter eBKP-H mit allen NPK-Positionen, Quelle: (Stadelmann, 2020).....	34
Abbildung 27: Verknüpfung der Angebotstabelle mit dem DBM, Quelle: (Grieder, 2022)	36
Abbildung 28: Verknüpfung LV mit DBM, Quelle: (Grieder, 2022)	36
Abbildung 29: Links: Bauteilzuweisung, rechts: Bauteilkonfigurator, Quelle: (Grieder, 2022)	37
Abbildung 30: Output Angebotskonfigurator – Angebotstabelle, Quelle: (Grieder, 2022).....	37

Abbildung 31: Verknüpfung zwischen Bauteilliste, Modell und Steckbrief, Quelle: (Rogenmoser, 2022).....	39
Abbildung 32: Maskenansicht der webbasierten Plattform von Basler & Hofmann zur Kosteneingabe, Quelle: (Basler & Hofmann, 2022)	40
Abbildung 33: Folienauszug aus Präsentation, DBM zum LV, Quelle: (Pancera et al., 2018)	41
Abbildung 34: Strukturierte Beschreibung im DBM anhand einer Beton-Aussenwand, Quelle: (Pancera et al., 2018)	42
Abbildung 35: Gesamtübersicht der Beschreibungsmöglichkeiten einer Beton-Aussenwand, Quelle: (Pancera et al., 2018)	42
Abbildung 36: Übersicht der konzeptionellen Unterschiede der verschiedenen untersuchten Ansätze, Quelle: Eigene Grafik.....	45
Abbildung 37: Analyse NPK mit den verschiedenen Kapiteln, Quelle: Eigene Grafik mit Grundlagen von npkviewer.crb.ch	49
Abbildung 38: Aufteilung NPK in Kategorien, Quelle: Eigene Grafik.....	49
Abbildung 39: Übersicht Leistungsverzeichnis mit eigenen Kategorien, Quelle: Eigene Grafik auf Grundlagen von npkviewer.crb.ch	50
Abbildung 40: Aufteilung NPK in Kategorien in Bezug nur auf das Bauteil Wand und ohne andere Bauteile, Quelle: Eigene Grafik.....	50
Abbildung 41: Grundprinzip der Angebotskalkulation (Zuschlagskalkulation), Quelle: (Girmscheid & Motzko, 2013)	52
Abbildung 42: Unterteilung mehrschichtige Bauteile, Quelle: Eigene Grafik.....	53
Abbildung 43: Allgemeine Analyse zu IfcWall, Quelle: (Lu, 2018)	54
Abbildung 44: Prinzip der objektifizierten Beziehung am Beispiel der Wand-Öffnung-Fenster, Quelle: (Borrmann et al., 2021)	55
Abbildung 45: Ausschnitt aus dem Pset_WallCommon, Quelle: (buildingSMART, 2022b)	56
Abbildung 46: Analyse der bereits bestehenden Property Sets zu IfcWall, Quelle: Eigene Grafik, Property Sets von (buildingSMART, 2022b).....	56
Abbildung 47: Konzept Teilelemente zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung, Quelle: Eigene Grafik	58
Abbildung 48: Konzept zum Ablauf der bauwerksmodellbasierten Ausschreibung, Quelle: Eigene Grafik	59
Abbildung 49: Bauteile mit einzelnen, unterschiedlichen Teilelementen, Quelle: Eigene Grafik.....	59
Abbildung 50: Zusammensetzung des Ausschreibungspaketes, Quelle: Eigene Grafik in Anlehnung an (Rösel et al., 2020).	60
Abbildung 51: Zusammensetzungshierarchie nach ISO 12006-2:2020, Quelle: Eigene Grafik	62
Abbildung 52: Ausschnitt aus vereinfachtem, konzeptuellem Datenschema, Quelle: Eigene Grafik.....	63
Abbildung 53: Verknüpfung zwischen Mauerwerk und Mauerwerktyp, Quelle: Eigene Grafik	63
Abbildung 54: Ausschnitt Übersicht Verantwortung der Informationen im Datenmodell, Quelle: Eigene Grafik	64
Abbildung 55: Modellorganigramm inkl. Aussparungsmodell, Quelle: (SIA D 0270, 2018).....	65
Abbildung 56: Vergleich des bestehenden und des neuen Prozesses, Quelle: Eigene Grafik	67
Abbildung 57: Schema Prozess Devisierung, Quelle: Eigene Grafik.....	67
Abbildung 58: Ausschnitt aus ArchiCAD-Modell mit den vier verschiedenen Wandarten, Quelle: Eigene Grafik	69
Abbildung 59: Ausschnitt der Liste aus dem ArchiCAD-Modell mit den Mauerwerks-Wandelementen, Quelle: Eigene Grafik.....	69

Abbildung 60: Reihenfolge der verschiedenen Schritte in Microsoft Access, Quelle: Eigene Grafik.	70
Abbildung 61: Abfrage ohne Preis am Bsp. MW_Mauerwerkstyp, Quelle: Eigene Grafik.....	70
Abbildung 62: Tabelle aus Abfrageentwurf mit Typen, Quelle: Eigene Grafik.	70
Abbildung 63: Übersicht der Eigenschaften zur Preisabgabe für den Unternehmer, Quelle: Eigene Grafik.	71
Abbildung 64: Abfrage mit Preis am Bsp. MW_Mauerwerkstyp, Quelle: Eigene Grafik.....	71
Abbildung 65: Entwurfsansicht der Tabelle aus Abbildung 64 mit Verbindung gleicher Attributen, Quelle: Eigene Grafik..	71
Abbildung 66: Abfrage zur Preisberechnung der Kernkonstruktion mit allen Teilelementen, Quelle: Eigene Grafik.....	72
Abbildung 67: Abfrage zur Preisberechnung des Wandsystems, Quelle: Eigene Grafik.....	72
Abbildung 68: Primär und Sekundärschlüssel der Verbindung zwischen dem Mauerwerk und den Öffnungen, Quelle: Eigene Grafik.....	72

Literaturverzeichnis

- Albrecht, M., 2014. *Building Information Modeling (BIM) in der Planung von Bauleistungen*. Disserta-Verl./Diplomica-Verl, Hamburg.
- Bargstädt, H.-J., Blickling, A., 2003. *Neue Methoden für die bauteilorientierte Ausschreibung und Kalkulation unter Beachtung des Integrated Product Lifecycle Management von Bauwerken*.
- Basler & Hofmann, 2022. QV8 Submissionsplattform [WWW Document]. URL <http://www.qv8.ch/#> (accessed 12.24.22).
- Baudirektion Kanton Zürich, 2020. *Handbuch für Vergabestellen*. KöB - Kommission für das öffentliche Beschaffungswesen des Kantons Zürich c/o Baudirektion Kanton Zürich, Zürich.
- Bauen und Wohnen in der Schweiz, 2019. *Devisierung einfach erklärt | Bauen und Wohnen in der Schweiz*. URL <https://bawos.ch/devisierung-einfach-erklart/> (accessed 1.12.23).
- Bircher, B., 2021. Schweizer Premiere: Öffentliche Beschaffung ab BIM-Modell mit Basler & Hofmann [WWW Document]. URL <https://www.baslerhofmann.ch/aktuelles/details/schweizer-premiere-oeffentliche-beschaffung-ab-bim-modell.html> (accessed 12.24.22).
- Bolz, U., Mettler, M., 2019. Beschaffung von Innovationen – innovative Beschaffung (No. 1.0). bolz+partner, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU).
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J. (Eds.), 2021. *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, 2.*, aktualisierte Auflage. ed, VDI-Buch. Springer Vieweg, Wiesbaden [Heidelberg].
- Brucker-Kley, E., Petillo, P., Reiser, S., 2018. Forschungsprojekt Bauteilebasierte Ausschreibung – Prototyping und Transformation NPK [WWW Document]. ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. URL <https://www.zhaw.ch/de/forschung/forschungsdatenbank/projektdetail/projektid/3369/> (accessed 12.20.22).
- buildingSMART, 2022a. Introduction - IFC4.3.1.0 Documentation [WWW Document]. URL <http://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/content/introduction.htm> (accessed 1.11.23).
- buildingSMART, 2022b. 6.1.3.41 IfcWall - IFC4.3.1.0 Documentation [WWW Document]. URL <http://ifc43-docs.standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4x3/HTML/lexical/IfcWall.htm> (accessed 1.4.23).
- CRB, 2022. Standards für die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken [WWW Document]. URL <https://www.crb.ch/Normen-Standards.html> (accessed 12.13.22).
- Verbindung zum NPK, 2021. *1026 D/2021 – Verbindung zum NPK*.
- eBKP-H, 2020. *eBKP-H SN 506 511 Elementbasierter Baukostenplan Hochbau*.
- CRB, 2020. *NPK, Wegleitung für Anwender*, https://www.crb.ch/dam/jcr:a38d9dcb-7fae-48c0-aac8-8a74f9901de2/Wegleitung-NPK_D20_1-1-2020.pdf.
- Dainton, N., Huber, M., 2022. *Wegleitung Bewertung Master-Thesis, MSc FHNW VDC ab Herbstsemester 2022*.
- DIN SPEC 91350, 2016. *DIN SPEC 91350*.
- Genau, L., 2021. Ganz einfach die richtige Interviewform finden [WWW Document]. Scribbr. URL <https://www.scribbr.de/methodik/interviewformen/> (accessed 12.27.22).
- Girmscheid, G., 2016a. *Projektabwicklung in der Bauwirtschaft - prozessorientiert: Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer*, 5. Auflage. ed, VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg.

- Girmscheid, G., 2016b. *Projektabwicklung in der Bauwirtschaft - prozessorientiert: Wege zur Win-Win-Situation für Auftraggeber und Auftragnehmer*, 5. Auflage. ed, VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg.
- Girmscheid, G., Motzko, C., 2013. *Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft: produktionsprozessorientierte Kostenberechnung und Kostensteuerung*, 2. Aufl. ed, Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft. Springer Vieweg, Berlin.
- Grieder, F., 2022. *Modellbasierte Ausschreibung – Angebotserstellung im Infrastrukturbau*, MAS FHNW Digitales Bauen.
- Hacker, D., Sedlmair, M., 2018. *BIM-basierte Ausschreibung*.
- Heubelin, T., 2019. Mit dem eBKP-Gate zu genaueren Kostenermittlungen [WWW Document]. URL <https://www.crb.ch/Stories/eBKP-Gate.html> (accessed 12.14.22).
- Heublein, T., 2022. Die beiden Baukostenpläne BKP und eBKP-H im Vergleich [WWW Document]. URL <https://www.crb.ch/Support/BKP-eBKP-H-Vergleich.html> (accessed 12.14.22).
- ibau, n.d. Bauleistung [WWW Document]. URL <https://www.ibau.de/akademie/glossar/bauleistung/> (accessed 1.13.23).
- IDC AG, 2020. *eBKP-H Modellierungsrichtlinien für ArchiCAD 24*.
- Interviewteilnehmer/-in 1, 2022. *Interview Baumeister zur bauwerksmodellbasierten Ausschreibung*.
- Jefferies, G., 2022. NPK 335 [WWW Document]. URL http://localhost:8080/magnolia/Stories/NPK-335_Holzbau.html (accessed 1.12.23).
- Knuser, T., Chour, M., Kühn, R., 2019. Modellbasierte Kostenermittlung nach eBKP [WWW Document]. URL <https://www.crb.ch/Stories/Modellbasierte-Kostenermittlung.html> (accessed 12.14.22).
- Kuckartz, U., 2014. *Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*, Lehrbuch. Springer VS, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93267-5>
- Lu, Y., 2018. *Eine Methodik zum verteilten Informationsmanagement für Energiesimulation in Gebäuden unter Nutzung von openBIM*, Technische Universität Dresden, Fakultät Bauingenieurwesen Institut für Bauinformatik.
- Menz, S., 2018. Planungs- und Bauprozess, Ausschreibung [WWW Document]. URL <https://map.arch.ethz.ch/artikel/7/ausschreibung> (accessed 12.13.22).
- Pancera, M., Scherer, P., Riondel, D., 2018. *Systematik einer modellbasierten Mengenermittlung nach IFC-Schema*.
- Peer, C., 2019. NPK: Grundlage für rechtssichere Ausschreibungen [WWW Document]. Baublatt. URL <https://www.baublatt.ch/baubranche/npk-grundlage-fuer-rechtssichere-ausschreibungen> (accessed 1.5.23).
- Petillo, P., 2021. *BIM – Vom 3D Projekt zur Offerte: Der NPK und Building Information Modelling*.
- Petillo, P., 2019. *Bauteilbasiertes Ausschreiben*. Special, Sonderausgabe CRB-Bulletin, 16.
- Petillo, P., 2018. *Bauteilbasiertes Ausschreiben* (No. 4, 18), crb bulletin.
- Petillo, P., Vorburger, R., 2021. *Forschungsprojekt: Umsetzung des Normpositionen-Katalogs NPK als Knowledge Graph*, Innosuisse.
- Rogenmoser, V., 2022. *Bauteilbasierte Submission / Digitale Ausschreibung bei Basler & Hofmann*.
- Rösel, W., Busch, A., Rode, B., 2020. *AVA-Handbuch: Ausschreibung – Vergabe – Abrechnung*, 10. überarbeitete und aktualisierte Auflage. ed, Lehrbuch. Springer Vieweg, Wiesbaden [Heidelberg].
- Saldo, 2009. 10 Fragen zur Handwerkerofferte [WWW Document]. URL <https://www.saldo.ch/artikel/artikeldetail/10-fragen-zur-handwerkerofferte/> (accessed 1.12.23).

- Schiller, K., Kloss, S., 2019. DBD - Dynamische BauDaten, AVA-Software [WWW Document]. Bauprofessor.de. URL <https://www.bauprofessor.de> (accessed 12.22.22).
- SIA D 0271, 2018. *Dokumentation SIA D 0271, Anwendung der BIM Methode – Modellbasierte Mengenermittlung.*
- SIA D 0270, 2018. *Dokumentation SIA D 0270, Anwendung der BIM Methode – Leitfaden zur Verbesserung der Zusammenarbeit.*
- Stadelmann, T., 2020. *Modellbasiertes Erstellen eines Baumeisterleistungsverzeichnisses mit Solibri, MAS FHNW Digitales Bauen, CAS Potenziale und Strategien.*

Anhang

Anhang A	UML-Datenschema – Beschrieb eines Bauteils
Anhang B	UML-Datenschema – Verantwortlichkeiten
Anhang C	Das Ausschreibungspaket
Anhang D	Prototypische Umsetzung (Access-File und Excel-Listen)
Anhang E	Interview-Leitfaden
Anhang F	Auswertungstabelle Experteninterviews
Anhang G	Transkription der Experteninterviews
Anhang H	NPK-Übersicht
Anhang I	Meilensteine und Terminprogramm Master-Thesis