

Diploma Thesis

# Case study of a BIM workflow for a construction company during the bidding phase

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of  
Diplom-Ingenieur  
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

---

DIPLOMARBEIT

## Fallstudie der BIM-Arbeitsweise in der Angebotsphase eines ausführenden Unternehmens

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieurs  
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Borna Molnar-Erhatic**

Matr.Nr.: 1429770

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Melanie Piskernik**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement  
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik  
Technische Universität Wien,  
Karlsplatz 13/234-1, A-1040 Wien

Wien, im März 2019

---

---

# Kurzfassung

## Schlagwörter:

Building Information Modelling;

Angebotsphase;

Mengenermittlung;

Leistungsverzeichnis;

Revit;

iTWO;

Einer der Wegbereiter der Digitalisierungstrends in der Bauindustrie ist die Building Information Modelling (BIM) Technologie. Diese Technologie hat das Potenzial, die Effizienz und Produktivität in allen Phasen eines Bauprojekts zu steigern und die Kosten zu senken.

Mittels BIM-Technologie kann die Erstellung eines Angebots wesentlich erleichtert werden, besonders bei Ausschreibungen, bei denen kein Leistungsverzeichnis (LV) vorhanden ist. Die veralteten und zeitaufwändigen Aufgaben der Mengenermittlung und Erstellung des Leistungsverzeichnisses werden dadurch überflüssig. Ein genaues BIM-Modell enthält alle erforderlichen geometrischen und nicht-geometrischen Informationen (Material, Konstruktionsmethode) für eine automatische Leistungserfassung. Die vorliegende Diplomarbeit ist eine Fallstudie wie dies in einer ausführenden Firma mit den BIM-Autorenwerkzeug Revit 2017 und der AVVA-Software iTWO 2017 erreicht werden kann. Die Firma übernimmt in diesem Prozess die Aufgabe der Modellerstellung.

Während die neuen Technologien Vorteile bringen, ändern sie auch die Arbeitsumgebung. Einige Rollen werden obsolet, während neue entstehen. Diese Veränderungen kreieren sowohl neue Möglichkeiten als auch neue Fehlerquellen. Ohne Anpassung des Arbeitsprozesses werden nicht alle Vorteile einer neuen Technologie erzielt.

Der Hauptfokus dieser Diplomarbeit ist, einen optimalen Prozess für Leistungserfassung mittels der BIM-Technologie zu definieren. Durch die Analyse der Engstellen und Bedingungen des Prozesses wird eine zielführende BIM-Modell-Detailtiefe und die optimale Reihenfolge der Modellierung definiert. Der definierte Prozess wird anhand eines Fallbeispiels erprobt.

---

# Abstract

## Key words:

Building Information Modelling;

Tender Phase;

Quantity Take Off (QTO);

Bill of Quantity (BOQ);

Revit;

iTWO;

One of the forerunners of digitization trend in the construction industry is the BIM technology. This technology promises to increase efficiency and productivity and lower costs in all phases of a construction project.

BIM-Technology makes it easier to create a tender, especially for tenders where there is no bill of quantities available. The tedious and time-consuming tasks of quantity take off and the creation of a bill of quantity becomes obsolete. An accurate BIM model contains all the necessary geometric and non-geometric information (material, construction method) for automatic creation of a bill of quantity. This diploma thesis is a case study of how this can be achieved in a construction company with the BIM authoring tool Revit 2017 and the iTWO 2017 software. In this case study the construction company takes upon itself the task of creating a BIM model.

While the new Technologies bring benefits, they also change the work environment. Some roles become obsolete as new ones emerge. These changes create new opportunities, as well as new sources of error. Without adapting the work process, not all the benefits of a new technology are achieved.

The focus of this thesis is to define an optimal process for creating a tender using BIM technology. By analyzing the obstacles and conditions of the process, a targeted BIM model depth of detail and the optimal order of modeling will be defined. The defined process will be tested on a case example and the results will be analyzed.

---

1	Einleitung.....	1
1.1	Motivation.....	2
1.2	Forschungsmethodik.....	2
1.3	Forschungsabgrenzung.....	2
1.4	Forschungsfragen.....	2
1.5	Abkürzungsverzeichnis.....	4
2	Building Information Modeling.....	5
2.1	Parameter, Attribute und Gliederungs-Informationen.....	6
2.2	BIM-Anwendung.....	10
3	Angebotsphase.....	13
3.1	Definition.....	13
3.2	Leistungsbeschreibung.....	13
3.2.1	Unechte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung.....	15
3.2.2	Echte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung.....	15
3.2.3	Echte funktionale Totalunternehmer-Ausschreibung.....	16
3.3	Vertragsmodelle.....	16
3.3.1	Einheitspreisvertrag.....	16
3.3.2	Pauschalpreisvertrag.....	16
3.4	Werkvertragsnormen.....	17
4	Leistungserfassung während der Angebotsphase.....	20
4.1	Herausforderungen.....	21
4.2	Erstellung des Leistungsverzeichnisses.....	22
4.3	Mengenermittlung.....	24
4.3.1	Manuelle Methode.....	24
4.3.2	EDV unterstützte Methode.....	25
4.3.3	BIM-Methode (bauteilorientiert).....	27
4.3.4	BIM-Methode mit AVVA-Software (leistungsorientiert).....	31
5	Prozess Grundlagen.....	33
5.1	Überblick der Methode.....	33

---

5.2	Revit.....	34
5.2.1	Standardisierte Dateneingabe .....	38
5.2.2	Room Assistent .....	42
5.2.3	Vorlagedatei .....	44
5.3	iTWO.....	45
5.3.1	Teilleistungskatalog.....	46
5.3.2	BIM Qualifier.....	46
5.3.3	Ausstattung .....	47
5.3.4	Leistungsverzeichnis .....	49
6	Definition des Prozesses für BIM-Leistungserfassung.....	53
6.1	Rahmenbedingungen der Leistungserfassung.....	53
6.2	54	
6.3	BIM-Modell-Detailtiefe .....	54
6.4	Modellierungsreihenfolge.....	57
6.5	Informationsverwaltung .....	59
6.6	Genauigkeit .....	60
6.7	Standardisierte Prozess.....	62
7	Fallbeispiel Hochbauprojekt.....	67
7.1	Projektbeschreibung.....	67
7.2	Vorgehensweise .....	68
7.3	Auswertung .....	75
8	Forschungsergebnis .....	80
8.1	Zusammenfassung.....	80
8.2	Beantwortung der Forschungsfrage.....	81
8.2.1	Forschungsfrage 1.....	81
8.2.2	Forschungsfrage 2.....	81
8.2.3	Forschungsfrage 3.....	82
8.3	Ausblick.....	84
9	Verzeichnisse .....	85

---

9.1	Literaturverzeichnis .....	85
9.2	Abbildungsverzeichnis.....	88
9.3	Tabellenverzeichnis.....	89
10	Anhang A.....	90

*Der Herausgeber legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.*

# 1 Einleitung

In der Baubranche verstärkt sich in den letzten Jahren der Trend zur Digitalisierung. Große Bedeutsamkeit für die Digitalisierung der Bauindustrie hat hierbei das Building Information Modeling (BIM). Der Begriff beschreibt den Vorgang zur Erstellung, Änderung und Verwaltung von digitalen Bauwerksmodellen (BIM-Modelle). Großes Potential bietet sich durch die Anwendung von dieser Technologie durch alle Phasen des Bauprojektes. Viele Aufgaben können vereinfacht und automatisiert werden.

Das Vorhandensein einer neuen Technologie entspricht jedoch nicht gleichzeitig einer erfolgreichen Anwendung. Neue Technologien verändern die Arbeitsprozesse. Eine Reihe von neuen Rollen und Aufgaben und dementsprechend neue Herausforderungen und Fehlerquellen entstehen. Nur mit definierten Vorgaben und einer standardisierten Vorgehensweise wird ein reibungsloser Prozess gewährleistet. Ohne diese Vorgaben entstehen BIM-Modelle, die nicht ausreichend genaue Ergebnisse liefern können. Dies senkt das Vertrauen bei den Projektbeteiligten in die bis dato noch nicht völlig etablierte Technologie.

In der vorliegenden Diplomarbeit wird untersucht wie kann die BIM-Technologie in die Angebotsphase einer Baufirma eingesetzt werden. Besonders bei den Aufgaben der Mengenermittlung und Leistungserfassung.

Um das Verständnis für die Thematik zu schärfen, beginnt die Diplomarbeit mit den theoretischen Grundlagen des Building Information Modelings. Anschließend wird untersucht welche Faktoren die Rahmenbedingungen der Angebotsphase eines Bauprojektes beeinflussen und welche einzelnen Arbeitsschritte dabei zu berücksichtigen sind. Weiters werden alle derzeit gängigen Methoden der Leistungserfassung und ihre Vor- und Nachteile beschrieben. Das erste Ziel dieser Diplomarbeit ist, die Voraussetzungen einer automatischen BIM-Leistungserfassung zu definieren. Das zweite Ziel ist ein optimaler Prozess für BIM-Leistungserfassung während der Angebotsphase zu festlegen. Für diesen Prozess wird definiert, welche BIM-Modell-Detailtiefe während der Angebotsphase sinnvoll anzustreben ist und was die optimale Reihenfolge der Modellierung ist. Im Anschluss wird der Prozess anhand eines Fallbeispiels angewendet und die Ergebnisse ausgewertet.

### 1.1 Motivation

Durch ständige Arbeit mit der BIM-Technologie im Berufsalltag wurde die Bedeutsamkeit dieser Technologie erkannt. Außer Effizienzsteigerungen hat der Autor auch die Steigerungen des Interesses und Enthusiasmus der Mitarbeiter durch Anwendung von BIM beobachtet. Es ist wichtig sowohl die Vorteile als auch die Voraussetzungen dieses Verfahrens genau zu erläutern, um eine flächendeckende Anwendung voranzutreiben.

### 1.2 Forschungsmethodik

Die theoretischen Kapitel sind auf eine umfangreiche Literaturrecherche gestützt. Der entwickelte Prozess basiert auf Fachliteratur und eigener Erfahrung des Autors. Anschließend wurde der entwickelte Prozess an einem Fallbeispiels erprobt.

### 1.3 Forschungsabgrenzung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Thema, wie die BIM-Technologie die Aufgaben der Mengenermittlung und Leistungsverzeichniserstellung bei einer unechten funktionalen Generalunternehmer-Ausschreibung mit Pauschalvertrag erleichtern kann. Die Erstellung des BIM-Modells erfolgte in diesem Falle durch die Baufirma anhand der Ausschreibungspläne. Im Zuge der Erstellung dieser Arbeit wurde das BIM-Autorenwerkzeug von Autodesk, Revit 2017 und der Ausschreibung, Vergabe, Vertrag und Abrechnung (AVVA) Tool von RIB, iTWO 2017 verwendet. Auf dem Markt existieren neben den erwähnten Software-Lösungen auch Alternativen, die diese Arbeitsweise unterstützen. Der definierte Prozess ist anhand der Rahmenbedingungen in der Angebotsmanagementabteilung der Firma PORR festgelegt.

### 1.4 Forschungsfragen

Die in der Einleitung definierten Zielen werden durch Beantwortung folgender Forschungsfragen erreicht:

1. Forschungsfrage

*Welche Voreinstellungen sind für eine automatische BIM-Leistungserfassung notwendig?*

2. Forschungsfrage

*Welche Gebäudeelemente können in einem üblichen Angebotszeitraum von zwei bis drei Wochen modelliert werden?*

3. Forschungsfrage

## 1. Einleitung

---

*Gibt es eine optimale Reihenfolge der Modellierungsschritte in der Angebotsphase? Wie sieht dieser Workflow aus und warum?*

## 1.5 Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
5D	fünfdimensional
AGK	allgemeine Geschäftskosten
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
AVVA	Ausschreibung, Vergabe, Vertrag und Abrechnung
BGK	Baustellengemeinkosten
BGF	Bruttogeschossfläche
BIM	Building Information Modeling
BRI	Bruttorauminhalt
CAD	Computer-aided Design
EHP	Einheitspreis
EKT	Einzelkosten der Teilleistungen
EPS	Expandiertes Polystyrol
LG	Leistungsgruppen
LV	Leistungsverzeichnis
OZ	Ordnungszahl
PP	Positionspreis
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
WDVS	Wärmedämm-Verbundsystem
WuG	Wagnis und Gewinn

## 2 Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) ist im Bauwesen kein neuer Begriff. Im Jahr 1992 wurde er erstmalig verwendet und schon seit einigen Jahren ist er einer der Industrie-Megatrends.<sup>1</sup> In der gesamten Baubranche hat sich BIM bis dato noch nicht durchgesetzt. In einer 2017 durchgeführten Online Umfrage zum Normungsbedarf von BIM in Deutschland stellte sich heraus, dass 46,64 % der Befragten über keine praktische BIM-Erfahrung verfügen. Ein Anteil von 13,52 % der Befragten gab an, bisher überhaupt keinen Berührungspunkten mit BIM gehabt zu haben.<sup>2</sup> Weiters gibt es bislang in der Literatur keine eindeutige Definition.<sup>3</sup> Einen Teil des Problems stellt das Faktum dar, dass sich die Einsatzmöglichkeiten, welche mit BIM assoziiert werden, ständig erweitern. Durch fortlaufende wissenschaftliche Forschung und die Weiterentwicklung von Technologie erscheinen ständig neue Möglichkeiten und Anwendungsbereiche.<sup>4</sup> Durch die große Anzahl an Stakeholdern und Projektbeteiligten und die Vielfalt an Rollen und Aufgaben in Bauprojekten, ergeben sich naturgemäß verschiedene Interpretationen und Blickwinkel auf BIM (vgl. Abbildung 2.1).

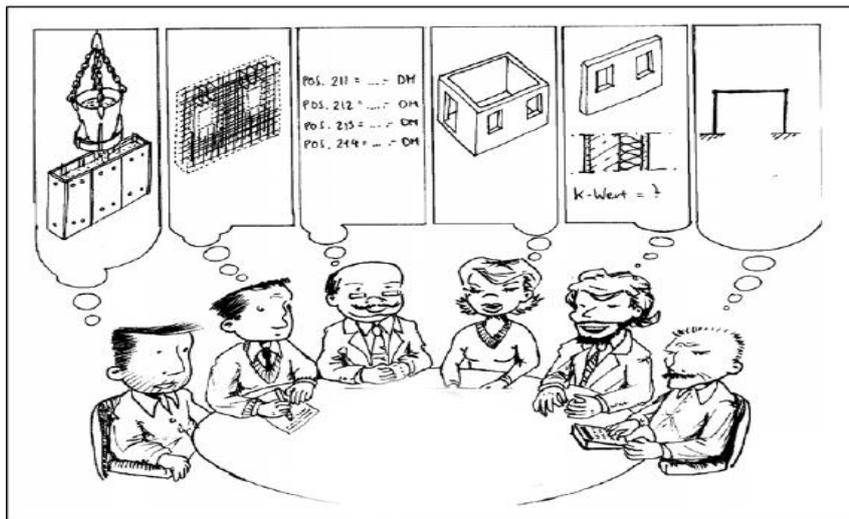


Abbildung 2.1: Unterschiedliche Sprache und Denkweisen der Disziplinen<sup>5</sup>

Eine für den Autor treffende Definition von BIM ist nachstehend wiedergegeben:

<sup>1</sup> Vgl. Gerald Goger, Melanie Piskernik, Harald Urban: Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und Wirtschaftskammer Österreich Geschäftsstelle Bau, 2018).

<sup>2</sup> Vgl. Planen-bauen 4.0 – Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betriebens mbH: <http://planen-bauen40.de/wp-content/uploads/2017/11/Kurzbericht-der-Online-Umfrage-zum-BIM-Normungsbedarf.pdf>, abgerufen am 20.01.2019.

<sup>3</sup> Vgl. Gerald Goger, Melanie Piskernik, Harald Urban: Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen.

<sup>4</sup> Vgl. Anil Sawhney: International BIM Implementation Guide (Royal Institution of Chartered Surveyors, 2014).

<sup>5</sup> Vgl. Iva Kovacic: Planungsprozesse mit BIM Vortragsfolie: BIM supported Integrated Design (TU Wien, SS2018).

*„Unter einem Building Information Model (BIM) versteht man ein umfassendes digitales Abbild eines Bauwerks mit großer Informationstiefe. Dazu gehören neben der dreidimensionalen Geometrie der Bauteile vor allem auch nicht-geometrische Zusatzinformationen wie Typinformationen, technische Eigenschaften oder Kosten. Der Begriff Building Information Modeling beschreibt den Vorgang zur Erschaffung, Änderung und Verwaltung eines solchen digitalen Bauwerkmodells mithilfe entsprechender Softwarewerkzeuge.“<sup>6</sup>*

Grundsätzlich bringt BIM einen Paradigmenwechsel in die Welt des CAD-Gebäudedesigns (Computer-aided Design) und die Informationsverwaltung der Baubranche. Den ursprünglichen zweidimensionalen CAD-Softwares ist es gelungen, die Arbeitsweise des manuellen Zeichnens digital abzubilden. Das hat viele Vorteile mit sich gebracht und den Planungsprozess deutlich vereinfacht und beschleunigt, aber der Grundgedanke der zweidimensionalen Planung und Darstellung ist unverändert geblieben. Eine Wand wurde beispielsweise immer noch mit vier Linien und einer Schraffur dargestellt. Obwohl eine fachkundige Person versteht, wie 2D-Pläne aufgebaut sind und daraus Informationen ableiten kann, stellen Linien für die Software rein geometrische Informationen dar. Bei der 2D-Arbeitsweise zeigt sich nachteilig, dass obwohl Bauteilgeometrien präzise beschrieben werden, weitere bauteilspezifische Informationen nicht erfasst werden können. An diesem Punkt setzt BIM und die zugehörige Software an.

In diesem Kapitel sind nur die BIM Themenbereiche, die für Ablauf diese Diplomarbeit wichtig sind, berücksichtigt.

### **2.1 Parameter, Attribute und Gliederungs-Informationen**

Ein virtuelles Gebäudemodell wird – wie ein echtes Gebäude – aus mehreren verschiedenen 3D-Elementen (wie beispielsweise Geschossdecken, Wände, Fenstern, Türen) zusammengestellt. Diese Elemente werden BIM-Objekte genannt.<sup>7</sup> Jedes BIM-Objekt enthält eine Reihe von Informationen, die es qualitativ und quantitativ beschreiben (siehe Abbildung 2.2). Diese Informationen sind in drei Hauptgruppen gegliedert: Parameter, Attribute und Gliederungs-Information. Parameter steuern die Geometrie eines Elementes, Attribute enthalten geometrieunabhängige Eigenschaften und Gliederungs-Informationen ordnen das BIM-Objekt ins Gesamtmodell ein.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> André Borrmann, et al.: Building Information Modeling: Technische Grundlagen und industrielle Praxis (Springer Fachmedien Wiesbaden 2015), S. 4.

<sup>7</sup> Vgl. André Borrmann, et al.: Building Information Modelling: Technische Grundlagen und industrielle Praxis.

<sup>8</sup> Vgl. Lars Oberwinter: Planungsprozesse mit BIM Vortragsfolie: How to BIM (TU Wien, SS2018).

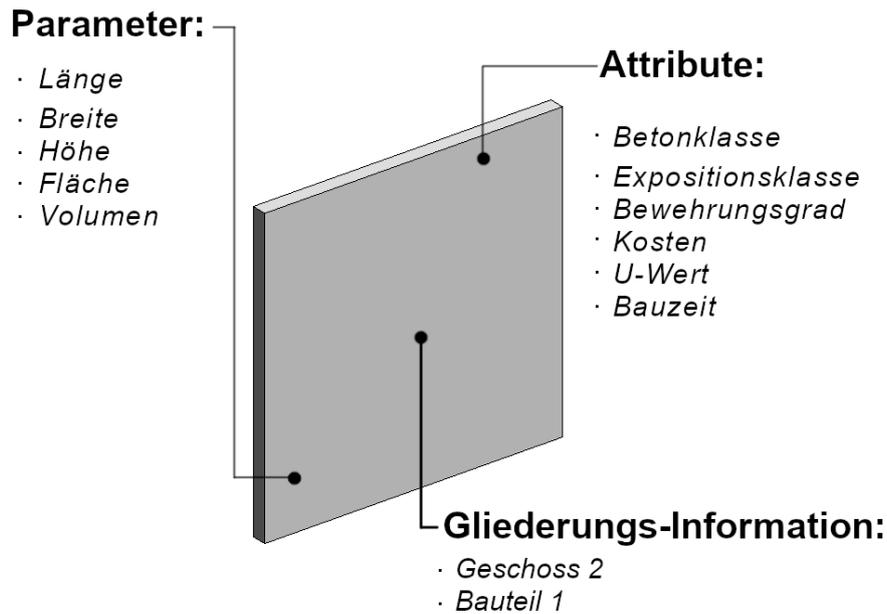


Abbildung 2.2: Informationstypen eines BIM-Objekts

Diese Terminologie ist nicht universal akzeptiert. Trotz der zuvor herausgearbeiteten Unterschiede zwischen diesen Begriffen werden diese von einige Software-Hersteller und Autoren nicht unterschieden.

Während die Parameter, welche die Geometrie eines Elementes beschrieben, begrenzt ist, ist die Anzahl der Attribute unbegrenzt. Jedem Objekt können beliebige Attribute zugewiesen und deren Namen und Werte frei definiert werden. Die Gesamtheit von Elementen mit Parametern, Attributen und Gliederungs-Informationen ergibt ein digitales Abbild des echten Gebäudes.

Gliederungs-Informationen werden automatisch von BIM-Autorenwerkzeug<sup>9</sup> bei der Modellierung erzeugt. Die Gliederungs-Informationen setzen verschiedene Bauteile untereinander in Bezug. Beispielsweise enthält die Gliederungs-Information eines Fensters die Beschreibung, in welcher Wand es platziert ist.

Die Parameterwerte werden durch geometrische Modellierung erzeugen oder manuell eingetragen. Beispielsweise kann die Wandlänge durch das Ziehen von Linien, oder die numerische Eingabe definiert werden. Die Attribute können auf drei verschiedene Arten definiert werden:

- **Manuell:**

Das BIM-Objekt wird manuell mit den notwendigen bzw. gewünschten Attributen befüllt. Diese Methode ist fehleranfällig, da die Benutzereingaben nicht vordefiniert sind. Ein Benutzer kann ein Attribut mit „U-Wert“ bezeichnen, ein anderer kann das gleiche

---

<sup>9</sup> BIM-Software zur Erstellung des Gebäudemodells (z. B. Revit, Allplan).

## 2. Building Information Modeling

Attribut als „Wärmedurchgangswiderstand“ und wiederum ein anderer mit „Uw“ definieren. Obwohl alle drei Benutzer den selben physikalischen Kennwert beschreiben, ist das für die Software nicht erkennbar.

- Bibliothek:

Aus einer Bibliothek (siehe Abbildung 2.2) wird ein vordefiniertes BIM-Objekt (mit einer Reihe von vorgegebenen Attributen) ausgewählt und in ein BIM-Modell eingefügt. Bibliotheken können generische BIM-Objekte (z. B. Trockenbauwand) sowie herstellerspezifische BIM-Objekte (z. B. Trockenbauwand der Firma Knauf) beinhalten.

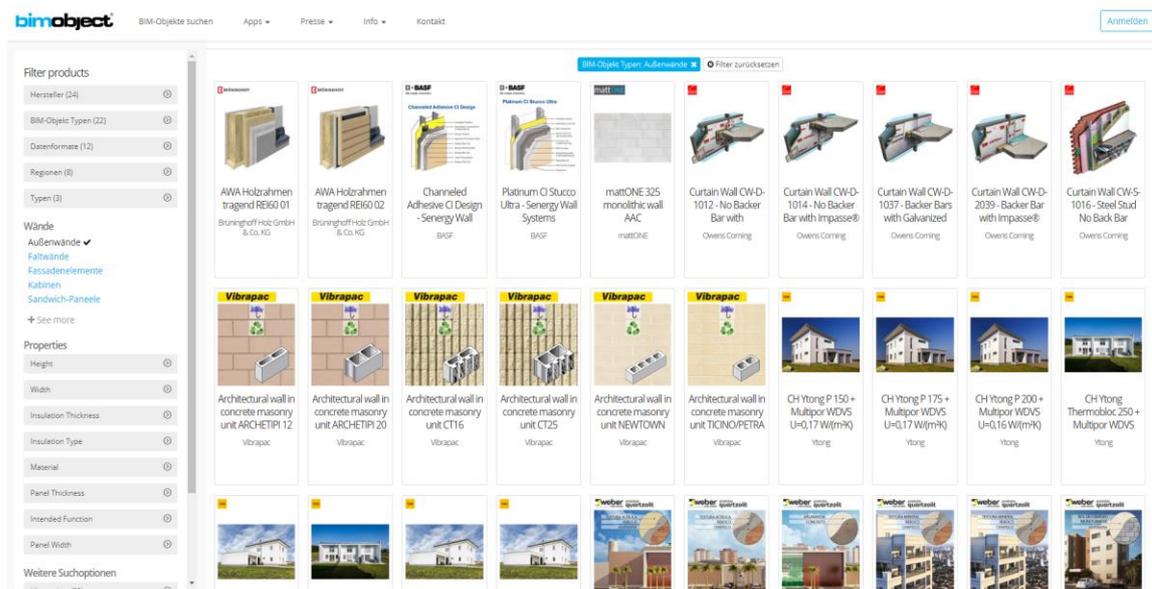


Abbildung 2.3: BIM-Objekt-Bibliothek<sup>10</sup>

Eine bestimmte Wand, z. B. ein Produkt der Firma Knauf, wird aus der Bibliothek ausgewählt und in ein BIM-Modell integriert. Das BIM-Objekt beinhaltet dabei bereits Materialwerte und Kenndaten (z. B. Brandschutz, Schallschutz, U-Wert), sowie alle herstellerbezogenen Informationen, die in der Bibliothek vordefiniert sind.

- Bauteilgenerator:

Ein Bauteilgenerator ist ein vorprogrammiertes Plug-In für ein BIM-Autorenwerkzeug, das BIM-Objekte erstellt. Beispiele hierfür sind der BIM Booster der Firma Mensch und Maschine, NEVARIS BIM der Firma Nevaris oder der Bauteilgenerator der Firma PORR. Die Erstellung von BIM-Objekten bzw. das Versehen mit Attributen erfolgt hier in einer standardisierten und benutzerfreundlichen Art und Weise. Die Benutzeroberfläche eines Bauteilgenerators kann so aufgebaut werden, dass ein Benutzer die Eigenschaften der Objekte durch vordefinierte Auswahlmöglichkeiten definiert.

<sup>10</sup> Vgl. BIMObject®: <https://bimobject.com/en>, abgerufen am 20.01.2019.

## 2. Building Information Modeling

Abbildung 2.4 zeigt den Bauteilgenerator, welcher in der Firma PORR entwickelt worden ist. Für die einfache Nutzung ist der Bauteilgenerator in Kategorien wie Rohbau, Gebäudehülle, Innenausbau, Dach, Baustelleneinrichtung usw. gegliedert. Die Kategorien verfeinern sich mit jeder Ebene und auf der untersten Ebene der Gliederung sind einzelne Elemente zu finden. Im oberen linken Teil (1) der Abbildung 2.4 befindet sich die Gliederung nach Elementen. Wenn das Element Ortbetonwand ausgewählt wird, ergibt sich die Liste von Eigenschaften (Teil (2) der Abbildung 2.4), die definiert werden können. Die Eigenschaften unter „Basic“ müssen definiert sein, um ein Element zu erstellen. Bei der Ortbetonwand ist beispielsweise nur die Wanddicke frei wählbar, alle anderen Eigenschaften werden durch vorher festgelegte Auswahlmöglichkeiten bzw. Dropdown-Liste definiert.

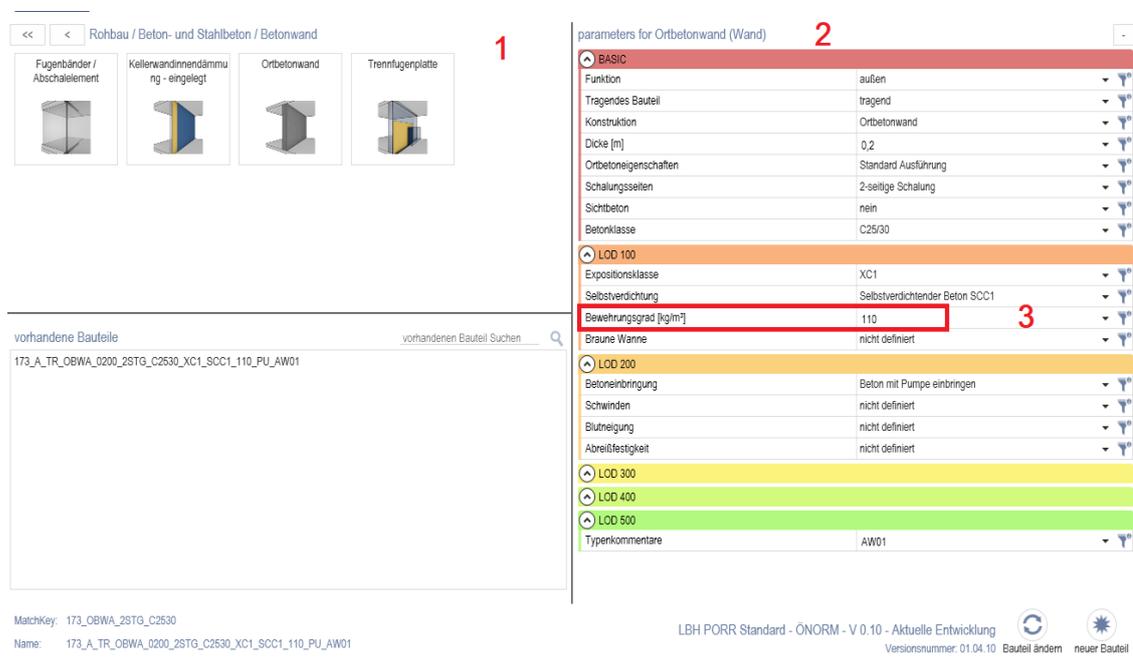


Abbildung 2.4: Bauteilgenerator der Firma PORR; Erstellung einer Ortbetonwand<sup>11</sup>

Die in Abbildung 2.4 definierten Eigenschaften werden in vordefinierte Attribute eingetragen. Beispielsweise wird der Bewehrungsgrad (in Abbildung 2.4 unter (3) ersichtlich) immer dem Parameter `porr_Massendichte_T01` (siehe Abbildung 2.5) zugeordnet. So können weitere Software zur Simulationen und Auswertungen des BIM-Modelles eingesetzt werden, welche den Bewehrungsgrad von Wänden unter `porr_Massendichte_T01` abfragen.

<sup>11</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

Parameter	Wert
<b>Konstruktion</b>	
Konstruktion	Bearbeiten...
Abschluss an Öffnungen	Keine
Abschluss an Wänden	Keine
Breite	0,2000 m
Funktion	Außen
porr_Text_T02	2-seitig
porr_Text_T03	C25/30
porr_Text_T04	XC1
porr_Massendichte_T01	110,000000 kg/m <sup>3</sup>
porr_Massendichte_T02	0,000000 kg/m <sup>3</sup>
porr_Ganzzahl_T01	0
porr_Ganzzahl_T02	0
porr_Länge_T10	0,0000 m
porr_Länge_T11	0,0000 m
porr_Länge_T12	0,0000 m
porr_Länge_T13	0,0000 m
porr_Länge_T14	0,0000 m
porr_Länge_T17	0,0000 m
porr_Länge_T18	0,0000 m
porr_Material_T01	<Nach Kategorie>
porr_Boole_T01	<input type="checkbox"/>
porr_Boole_T03	<input type="checkbox"/>

Abbildung 2.5: Attribute und Werte eines Wandelements, erstellt mittels PORR Bauteilgenerator<sup>12</sup>

## 2.2 BIM-Anwendung

Die Möglichkeit, ein Modell mit Informationen zu versehen, ist der größte Vorteil der BIM-Arbeitsweise. Das Modell ist eine Datenbank, die alle wichtigen Informationen enthält und das Kernstück eines Projektes bildet. Alle Projektbeteiligten können in dieser Datenbank über den gesamten Lebenszyklus die für sie notwendigen Informationen wiederfinden und/oder ergänzen.<sup>13</sup>

Aber welche Parameter und Attribute ein Modell in welcher Projektphase haben soll und noch wichtiger, wer für das Einpflegen der Informationen in das Modell verantwortlich ist, ist bis dato noch nicht genau standardisiert oder gesetzlich geregelt.<sup>14</sup>

In der ÖNORM A 6241-2 ist grob definiert, dass im Lebenszyklus eines BIM basierten Projektes, das erste Modell in der Vorentwurfsphase erstellt wird. In weiteren Planungsphasen wird das Modell weiterentwickelt und mit Informationen versehen. Im Modell wird immer der Letztstand der Planung dargestellt.<sup>15</sup> In der Ausschreibungsphase der BIM basierten Projekte sollten dann Modelle alle notwendigen Informationen für eine vollständige Ausschreibung enthalten. Bei einer unechten funktionalen Ausschreibung (siehe Kapitel 3.2.1) würde dann für der Bieter die Aufgabe der Leistungserfassung nur eine Frage der Darstellung und Bearbeitung der im Modell beinhalteten Informationen sein.

<sup>12</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

<sup>13</sup> Vgl. ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM, (Ausgabe: 2015-07-01).

<sup>14</sup> Vgl. Lars Oberwinter: BIM in der integralen Planung – Praxisbericht ATP Architekten Ingenieure [https://www.bimpedia.eu/static/nodes/1023/Beitrag\\_ATP\\_FINAL.pdf](https://www.bimpedia.eu/static/nodes/1023/Beitrag_ATP_FINAL.pdf) (BIMPedia, 2016).

<sup>15</sup> Vgl. ÖNORM 6241-2.

Aber derzeit in der Praxis kommen die BIM basierten Projekte selten vor. In einer BIM-Umfrage in österreichischen Bauunternehmen haben nur 28 % Befragte gesagt, dass sie derzeit BIM benutzen. Die Experten schätzen den Anteil der BIM-Anwender eher zwischen 10 und 15 %.<sup>16</sup> Selbst, wenn BIM-Methodik angewendet wird, ist die Frage in welchem Sinne und ob das für andere Projektbeteiligten einen Mehrwert bringt. Die „BIM-Anwendung“ ist eine unklare Pauschalaussage, denn bei der Umsetzung von BIM gibt es unterschiedliche technologische Stufen:<sup>17</sup>

- Little/Big BIM

Little BIM bezeichnet die Nutzung von einer spezifischen BIM-Software in Rahmen einer Fachdisziplin (z. B. Architektur, Statik, Gebäudephysik). Obwohl solche Umsetzung potenzielle Effizienzsteigerung in Einsatzbereich bringt, entstehen dadurch keine Vorteile für andere Projektbeteiligte. Im Gegensatz handelt es sich bei Big BIM von einer konsequenten modellbasierten Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten über alle Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes.

- Closed/Open BIM

Bei Closed BIM handelt es sich um Vorgehensweise, bei der alle Projektbeteiligte mit der Software eines Herstellers (z. B. Autodesk) in einem zentralen Modell, gleichzeitig arbeiten. Während bei Open BIM Software unterschiedlichen Herstellern verwendet werden. Diese wird durch Nutzung von herstellerunabhängigen Modelldateiformaten wie z. B. Industry Foundation Standards (IFC)<sup>18</sup> ermöglicht werden.

Selbst wenn diese Technologie im Sinne eines offenen Ansatzes angewendet wird, hat jeder Fachbereich andere Anforderungen an Model und möglicherweise andere Modellierstandards. Der Tragwerksplaner benötigt beispielsweise ein Modell, das nur tragende Bauteile und ihre Kennwerte enthält. Wohingegen der Bauzeitplaner ein Modell benutzt, in dem die Geschossdecken in Betonierabschnitte geteilt sind. Für eine bauphysikalische Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens sind nur die Gebäudeaußenhülle und ihre Kennwerte notwendig. Obwohl die ÖNORM 6241-2 einige Modellierungsvorgaben definiert, werden die nicht immer eingehalten. Folgend wird ein Beispiel erläutert, in dem ein Architekturmodell, das Teil der Ausschreibungsunterlagen war, genutzt werden sollte. Wegen eines unpassenden Modellierstandards ist dieses Modell für die Leistungserfassung nicht benutzbar. Die

---

<sup>16</sup> Arnold Tautsching, Georg Fröch, Wernder Gächter: Österreichischer BIM-Bericht 2017 (Universität Innsbruck, 2017).

<sup>17</sup> Vgl. André Borrmann, et al.: Building Information Modelling: Technische Grundlagen und industrielle Praxis.

<sup>18</sup> Industry Foundation Class (IFC) ist ein offener Standard im Bauwesen zur digitalen Beschreibung von BIM-Modellen.

Abbildung 2.6 zeigt einen Teil eines Schnittes des BIM-Modelles. An den Anschlüssen von tragenden Wänden und Geschossdecken ist erkennbar, dass die Anordnung der BIM-Objekte in Modell der realen Anordnung der Gebäudeelemente in einem Bauwerk nicht entspricht. So lagern z. B. die Geschossdecken nicht auf den Wänden auf. Solche Modelle können für Renderings und Präsentationen benutzt werden, aber nicht für eine exakte Mengenermittlung.



Abbildung 2.6: Architekturmodell<sup>19</sup>

Mit dem Stand der Erstellung der vorliegenden Diplomarbeit kann eine österreichische Baufirma ihre Angebotsmanagementprozesse nicht auf externen BIM-Modellen stützen. Wenn die Firma alle Vorteile der BIM-Leistungserfassungsmethodik (siehe Kapitel 4.3.4) nutzen will, muss sie die Aufgabe der Erstellung des Modells selbst übernehmen. Alternativ kann die Baufirma mit Planern arbeiten, die sich an die notwendige Modellvorgaben halten. Nur so kann die notwendige Genauigkeit der Leistungserfassung erreicht werden.

---

<sup>19</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

## 3 Angebotsphase

### 3.1 Definition

Für eine ausführende Baufirma ist die Angebotsphase von entscheidender finanzieller Bedeutung. In dieser Phase wird definiert, ob das Unternehmen den Auftrag erhält und ob dieser den angestrebten Erlös bringt.<sup>20</sup> Die einzelnen Schritte während der Angebotsphase sind:<sup>21</sup>

- Akquisition: aktive Marktbearbeitung oder Angebotsanfragen
- Entscheidung über Angebotsbearbeitung nach Vorprüfung
- Vertragsprüfung und technische Prüfung
- Massenermittlung
- Angebotskalkulation und Preisbildung
- Angebotsausarbeitung und Einreichung des Angebots
- Vergabeverhandlungen
- Auftragserteilung

Abhängig von Projektgröße und -typ, stehen dem ausführenden Unternehmen ein halber Monat bis drei Monate zur Angebotsbearbeitung zur Verfügung.<sup>22</sup> Wesentlichen Einfluss auf die Rahmenbedingungen der Angebotsbearbeitung haben die Art der Leistungsbeschreibung, das Vertragsmodell und die Werkvertragsnormen. Diese werden in folgenden Kapiteln erläutert.

### 3.2 Leistungsbeschreibung

Die Ausschreibung stellt die Grundlage für ein Angebot dar. Mit einer Ausschreibung äußert sich ein Auftraggeber an eine bestimmte oder unbestimmte Zahl an Unternehmen, welche Leistungen er unter welchen Bedingungen erhalten möchte.<sup>23</sup> Die ÖNORM A 2050 „Vergabe von Aufträgen über Leistungen“ kennt folgende Möglichkeiten die gewünschte Leistung in der Ausschreibung zu definieren:

- **Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis  
(konstruktive Leistungsbeschreibung)**

*„Beschreibung der zu erbringenden Leistung durch allgemeine Darstellung der Aufgabe und ein in Einzelleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis, erforderlichenfalls ergänzt durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Proben, Muster, statische Berechnungen*

---

<sup>20</sup> Vgl. Gerhard Girmscheid: Angebots- und Ausführungsmanagement – prozessorientiert (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005).

<sup>21</sup> Vgl. Gerhard Girmscheid: Angebots- und Ausführungsmanagement – Leitfaden für Bauunternehmen.

<sup>22</sup> Vgl. Herman Bauer: Baubetrieb (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994).

<sup>23</sup> Vgl. ÖNORM A 2050: Vergabe von Aufträgen über Leistungen (Ausgabe: 2006-11-01).

*und Hinweise auf ähnliche Leistungen. Die Darstellung der Aufgabe kann bei Bauleistungen durch die Baubeschreibung erfolgen.*<sup>24</sup>

Das wesentliche Merkmal der konstruktiven Leistungsbeschreibung ist, dass ein Leistungsverzeichnis in den Ausschreibungsunterlagen vorhanden ist.<sup>25</sup> Das Leistungsverzeichnis wird aufgrund der Planung (meistens Einreichplanung) aufgebaut. Die Planung wird entweder vom Auftraggeber selbst, oder durch einen von ihm beauftragten Planer erstellt. Solche Ausschreibungen sind für den Auftragnehmer leichter zu bearbeiten und bringen geringere Risiken als die funktionalen Ausschreibungen, weil die zu erbringenden Leistungen detailliert beschrieben sind.

Die konstruktive Leistungsbeschreibung ist die meist benutzte Form der Ausschreibung in Österreich.<sup>26</sup>

- **Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm  
(funktionale Leistungsbeschreibung)**

*„Beschreibung der zu erbringenden Leistung als Aufgabenstellung mit Leistungs- oder Funktionsanforderungen durch Angabe sowohl des Zwecks der fertigen Leistung als auch der an die Leistung gestellten Anforderungen in technischer, wirtschaftlicher, gestalterischer, funktionaler und sonstiger Hinsicht.“*<sup>27</sup>

Abhängig von dem Umfang der Planungsleistungen, die durch den Auftragnehmer durchgeführt werden sollen, ergeben sich bei funktionalen Ausschreibungen drei unterschiedliche Varianten:

- Unechte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung (gesamte Planung durch Auftraggeber)
- Echte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung (Entwurf durch Auftraggeber, Einreich- und Ausführungsplanung durch Auftragnehmer)
- Echte funktionale Totalunternehmer-Ausschreibung (gesamte Planung durch Auftragnehmer)<sup>28</sup>

---

<sup>24</sup> ÖNORM A 2050, S. 4.

<sup>25</sup> Vgl. Mathias Jordan: Vergleich der Allgemeinen Vertragsbedingungen großer öffentlicher Auftraggeber mit der ÖNORM B 2110 und deren Berücksichtigung in der Kalkulation (TU Wien, 2017).

<sup>26</sup> Vgl. Dusko Erak: Der Einfluss von Angebotskosten auf den Wettbewerb sowie der Kalkulationsaufwand bei funktionalen Ausschreibungen (TU Wien, 2011).

<sup>27</sup> ÖNORM A 2050, S. 4.

<sup>28</sup> Vgl. Dusko Erak: Der Einfluss von Angebotskosten auf den Wettbewerb sowie der Kalkulationsaufwand bei funktionalen Ausschreibungen.

Die Art der Ausschreibung ist von großer Bedeutung für den Auftragnehmer. Konstruktive Ausschreibungen bedeuten weniger Aufwand bei Angebotsbearbeitung, weil die Leistung präziser beschrieben ist und ein Leistungsverzeichnis vorhanden ist. Bei funktionalen Ausschreibungen muss der Auftragnehmer den Umfang der zu erbringenden Leistungen selbst ermitteln. Bei einigen Arten der funktionalen Ausschreibung muss er teilweise oder komplett die Planungsleistungen übernehmen. Die Merkmale unterschiedlicher funktionaler Ausschreibungen werden in folgenden Kapiteln untersucht.

#### **3.2.1 Unechte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung**

Bei dieser Art der Ausschreibung steht dem Bieter kein Leistungsverzeichnis als Grundlage für die Bildung eines Angebotspreises zur Verfügung. Die funktionale Leistungsbeschreibung enthält Bau- und Ausstattungsbeschreibungen, Farb- und Materialkonzepte etc. Falls die Einreichplanung bereits abgeschlossen ist, kann der Bieter weitere notwendige Informationen für Angebotsbildung in Plänen, Detailplänen, Bodengutachten oder statischen und bauphysikalischen Berechnungen finden. Der Bieter erstellt anhand aller Unterlagen firmenintern eine Mengenermittlung und generiert ein Leistungsverzeichnis, welches für die Angebotskalkulation notwendig ist (siehe Kapitel 4). Bei Pauschalpreisverträgen (siehe Kapitel 3.3.2) ist dieser verzichtbar. Der Auftragnehmer hat keine vertragliche Verantwortung dem Auftraggeber ein Leistungsverzeichnis zu erstellen. Trotzdem wird ein Leistungsverzeichnis erstellt, um den Pauschalpreis möglichst genau abzubilden. Weiters sind die Mengen für weitere Prozesse, wie z.B. die Arbeitsvorbereitung ausschlaggebend.

Bei solchen Ausschreibungen vergibt der Auftraggeber alle Gewerke an einen Generalunternehmer, der im Regelfall den Rohbau selbst ausführt und den Ausbau sowie die technische Gebäudeausrüstung (TGA) an weitere Subunternehmer vergibt.<sup>29</sup> Dieser Ausschreibungstyp ist in der Praxis die meist genutzte funktionale Ausschreibungsart.<sup>30</sup>

#### **3.2.2 Echte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung**

In diesem Fall übernimmt der Auftragnehmer den wesentlichen Teil der Planungsleistungen. Die Entwurfspläne und das Leistungsprogramm dienen als die Angebotsgrundlage. Der wesentliche Unterschied im Vergleich zu einer unechten funktionalen Ausschreibung ist, dass der Auftragnehmer die Einreich- und Ausführungsplanung selbst zu erstellen hat. Für die Bearbeitung eines solchen Angebotes muss der Bieter auch wesentliche Planungsressourcen und Planungserfahrung vorweisen.

---

<sup>29</sup> Vgl. Dusko Erak: Der Einfluss von Angebotskosten auf den Wettbewerb sowie der Kalkulationsaufwand bei funktionalen Ausschreibungen.

<sup>30</sup> Vgl. ebenda.

#### **3.2.3 Echte funktionale Totalunternehmer-Ausschreibung**

Hierbei wird noch mehr Verantwortung an den Auftragnehmer übertragen, im Vergleich zu den anderen bereit erwähnten funktionalen Ausschreibungen. Der Totalunternehmer erarbeitet mit seinem Planungsteam, in Abstimmung mit dem Auftraggeber, das Bauprojekt. Weiters ist der Totalunternehmer verantwortlich für die Ausführungsplanung und die Ausführung des Bauprojektes.

### **3.3 Vertragsmodelle**

Nicht nur die Art der Ausschreibung, sondern auch das gewählte Vertragsmodell hat einen wesentlichen Einfluss auf den Aufwand bei der Angebotsbearbeitung. Die zwei wichtigsten Vertragsmodelle im Bauwesen sind der Einheitspreisvertrag und der Pauschalpreisvertrag. Im Regelfall kommt der Pauschalpreisvertrag bei den funktionalen Ausschreibungen und der Einheitspreisvertrag bei konstruktiven Ausschreibungen zur Anwendung.<sup>31</sup>

#### **3.3.1 Einheitspreisvertrag**

*„Zu Einheitspreisen ist grundsätzlich dann auszuschreiben, anzubieten und zuzuschlagen, wenn sich eine Leistung nach Art und Güte genau, nach Umfang zumindest annähernd, bestimmen lässt.“<sup>32</sup>*

Bei einem Einheitspreisvertrag wird das Leistungsverzeichnis, mit allen Positionen und ihren dazugehörigen Mengen (zumindest annähernd) von Auftraggeberseite erstellt. Mit dem Auftragnehmer werden im Anschluss Einheitspreise für die einzelnen Positionen vereinbart. Durch Multiplikation des Einheitspreises mit der Positionsmenge ergibt sich der Positionspreis. Die Summe aller Positionspreise ergibt den Gesamtpreis. Dieses Vertragsmodell ist aus der Sicht der Angebotsbearbeitung für den Bieter einfach, weil die gesamte Leistungserfassung entfällt. Der Bieter muss seine Angebotskalkulation abbilden und eventuell die Mengen auf Plausibilität prüfen. Durch die Darstellung der Preise in einem Leistungsverzeichnis ist es für den Auftraggeber leichter die einzelnen Bieter und deren Einheitspreise anhand eines Preisspiegels zu vergleichen.<sup>33</sup>

#### **3.3.2 Pauschalpreisvertrag**

*„Zu Pauschalpreisen sollte nur dann ausgeschrieben, angeboten und zugeschlagen werden, wenn Art, Güte und Umfang einer Leistung sowie die Umstände, unter denen sie zu erbringen*

---

<sup>31</sup> Vgl. Dusko Erak: Der Einfluss von Angebotskosten auf den Wettbewerb sowie der Kalkulationsaufwand bei funktionalen Ausschreibungen.

<sup>32</sup> ÖNORM A 2050, S. 13.

<sup>33</sup> Vgl. Emanuel Berger: Widersprüche in Bau-Werkverträgen (TU Wien, 2016).

*ist, zum Zeitpunkt der Ausschreibung hinreichend genau bekannt sind und mit einer Änderung während der Ausführung nicht zu rechnen ist.*<sup>34</sup>

Bei diesem Vertragsmodell wird die Erbringung der Leistung zu einem Pauschalpreis vereinbart. In diesem Fall entfällt die Abrechnung der einzelnen Teilleistungen, ihrer Mengen und Einheitspreise. Je nachdem, in welcher Detailtiefe und in welcher Art die Leistungen beschrieben sind, wird beim Pauschalvertrag zwischen Detail-Pauschalvertrag und Global-Pauschalvertrag unterschieden:<sup>35</sup>

- Beim Detail-Pauschalvertrag gibt es eine detaillierte Leistungsbeschreibung in Form eines Leistungsverzeichnisses. Der Vertrag ist grundsätzlich so aufgebaut wie ein Einheitspreisvertrag, aber wird auf der Vergütungsseite mit einer Pauschalvereinbarung versehen.
- Beim Global-Pauschalvertrag ist die Leistung nur funktional beschrieben.<sup>36</sup> Obwohl die Erbringung der gesamten Leistung zu einem Pauschalpreis vereinbart wird, kann der Auftraggeber eine Aufteilung des gesamten Preises an Leistungsgruppen (LG) verlangen. Der Auftragnehmer erstellt das Leistungsverzeichnis firmenintern, um eine möglichst genaue Kalkulation sicherzustellen.

Mischformen zwischen den zuvor erläuterten Vertragstypen sind in der Praxis bei Bauverträgen häufig angewendet.<sup>37</sup> Bei einem Pauschalpreisvertrag erspart sich der Arbeitnehmer am Ende die Abrechnung der Leistungen und somit die Kosten.<sup>38</sup> Dafür muss er besondere Aufmerksamkeit an die Mengenermittlung widmen, um eine genaue Angebotssumme abzubilden.

#### **3.4 Werkvertragsnormen**

ÖNORMEN sind nationale Normen technischen und/oder rechtlichen Inhalts, die vom Austrian Standards Institute (ASI) veröffentlicht werden.<sup>39</sup> Die verbindliche Geltung von einigen ÖNORMEN ist durch Gesetze und Verordnungen gewährleistet. Für ein bestimmtes Projekt kann die Geltung anderer ÖNORMEN vertraglich vereinbart sein.

---

<sup>34</sup> ÖNORM A 2050, S. 13.

<sup>35</sup> Vgl. Ulrich Elwert, Alexander Flassak: Nachtragsmanagement in der Baupraxis (Springer Fachmedien Wiesbaden, 2010).

<sup>36</sup> Vgl. Christian Zaner: „VOB/B nach Ansprüchen; Entscheidungshilfen für Auftraggeber, Planer und Bauunternehmen“ (Springer Fachmedien Wiesbaden, 2001).

<sup>37</sup> Ulrich Elwert, Alexander Flassak: Nachtragsmanagement in der Baupraxis.

<sup>38</sup> Vgl. Emanuel Berger: Widersprüche in Bau-Werkverträgen.

<sup>39</sup> Vgl. Austrian Standards 2018 (<https://www.austrian-standards.at/%C3%BCber-uns/>), abgerufen am 20.01.2019.

Zur Abwicklung komplexer Bauvorhaben steht die ÖNORM B 2110 „Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen“ zur Verfügung. Weiters sind für jede Leistungsgruppe einzelne Normen in den Serien ÖNORM B 22xx und H 22xx zu finden. In diesen Werkvertragsnormen sind außer Material-, Technologie- und Verfahrensdefinitionen auch Vorgaben für Mengenermittlung, Aufmaß und Abrechnung zu finden.

Die Werkvertragsnormen legen fest, welche Leistungen in welcher Mengeneinheit zu erfassen sind und in welcher Art und Weise die Mengen zu erfassen sind. Der Ursprung dieser Regeln liegt darin, die manuelle Abrechnung entsprechend zu vereinfachen. Zum Beispiel, bei der Herstellung von Außenwand-Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) sollen die Wände nach Flächenmaß abgerechnet werden, für die Fläche ist die Abwicklung der fertigen Oberfläche (Ansichtsfläche) maßgebend. Dieser Ansatz beschleunigt die Mengenermittlung einerseits, jedoch bedeutet das in der Realität andererseits, dass die Materialmenge bei Eckausbildungen an Außenecken doppelt vergütet wird.

Um die Mengenermittlung weiter zu vereinfachen, definieren die Normen, was zur Gänze abgerechnet werden darf („hohl für voll“). Für die Außenwände-Wärmedämm-Verbundsysteme ist in ÖNORM B 2259 beispielsweise folgendes festgelegt:

*„Durchzumessen sind:*

- 1) Kontaktflächen von Gliederungselementen;*
- 2) Anschlussflächen von Balkonen und Terrassenplatten sowie auskragenden Vordächern, soweit die Unterbrechung der Fassade eine Höhe von 20 cm nicht übersteigt;*
- 3) unbehandelte, zusammenhängende Flächen bis 0,5 m<sup>2</sup> Einzelausmaß.*

*Sind für Leibungen des WDVS keine eigenen Positionen vorgesehen, werden Öffnungen über 0,5 m<sup>2</sup> bis 4,0 m<sup>2</sup> durchgemessen, sofern zumindest eine Leibungsfläche des WDVS mit der Deckschicht versehen ist.“<sup>40</sup>*

Bei der Mengenermittlung nach ÖNORM handelt es sich um ein annäherndes Mengenermittlungsverfahren.<sup>41</sup> In weiterer Folge werden die Mengen, bei denen die Abrechnungsregeln berücksichtigt werden, als Bruttomengen bezeichnet. Als Nettomengen werden jene bezeichnet, welche den tatsächlich eingebauten Mengen entsprechen.

Die Abrechnungsregeln sind seit langem ein Industriestandard und sind überall verankert. Sie sind die Grundlage für Verhandlungen mit Subunternehmer. Die bilden die Basis für Preislisten

---

<sup>40</sup> ÖNORM B 2259: Herstellung von Außenwand-Wärmedämm-Verbundsystemen (Ausgabe: 2012-07-01), S. 8.

<sup>41</sup> Vgl. ÖNORM A 6241-2.

und Verbrauchswerte der Baustoffindustrie. Akkordlöhne<sup>42</sup> in Kollektivverträgen werden auf Grundlage der Abrechnungsregeln berechnet.<sup>43</sup> Wegen die flächendeckende Anwendung von Bruttomengen in die Baubranche werden diese als unverzichtbar in dieser Diplomarbeit betrachtet.

---

<sup>42</sup> Akkordlohn ist ein leistungsbezogenes Arbeitsentgelt, bei dem, unabhängig von der tatsächlich aufgewandten Arbeitszeit, die Vergütung nach Maßgabe der pro Periode erbrachten Leistungseinheiten erfolgt.

<sup>43</sup> Vgl. Tom Cervinka: Werkvertragsnormen-Viel Lärm um neue Abrechnungsregeln (Österreichische Bauzeitung Nummer: 28/2), S. 8-11.

## 4 Leistungserfassung während der Angebotsphase

Bei unechten funktionalen Generalunternehmer-Ausschreibungen mit Pauschalpreisvertrag ist die Leistungserfassung in der Angebotsphase nicht zwingend erforderlich. Bei vielen Firmen ist es wegen Ressourcenknappheit die Praxis, dass die Angebotssumme aufgrund Gebäudegrößen wie z. B. Bruttogeschossfläche (BGF) geschätzt wird. Solche Kalkulationen sind zwar schnell durchgeführt, aber dafür nicht sehr genau. Es besteht die Möglichkeit, dass wichtige Kostenfaktoren übersehen werden und dass die Angebotssumme ungenau ist. Diese kann zu Problemen in der Ausführungsphase führen und es besteht die Gefahr, dass kein Gewinn erzielt werden kann. Um eine möglichst genaue Angebotskalkulation abzubilden ist eine Leistungserfassung notwendig. Diese Leistungserfassung ist eine fundamentale Aufgabe in der Angebotsphase, da das Leistungsverzeichnis die Grundlage für die Angebotskalkulation bildet, Für jede Teilleistung werden die erfassenden Mengen mit den entsprechenden Einheitspreisen multipliziert, um die Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) zu berechnen. Die Summe aller Einzelkosten der Teilleistungen und die Baustellengemeinkosten (BGK) ergeben die Herstellkosten. Dazu werden die allgemeinen Geschäftskosten (AGK) sowie Wagnis und Gewinn (WuG) berechnet, um die Angebotssumme zu ermitteln (siehe Abbildung 4.1).

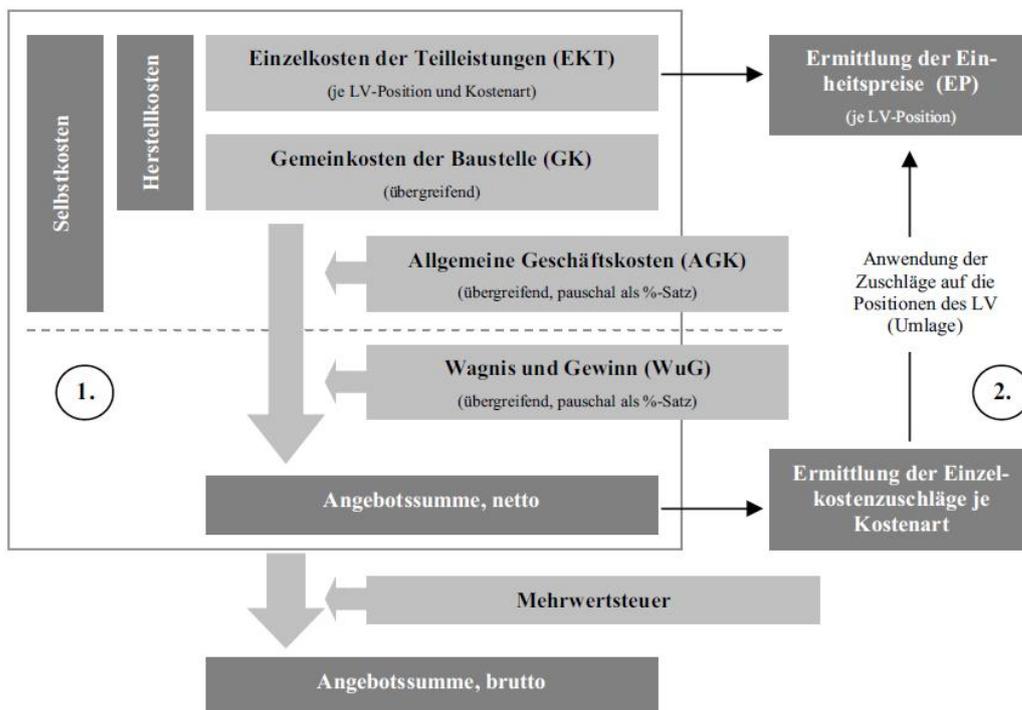


Abbildung 4.1: Prozess der Erstellung der Angebotssumme<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Vgl. Peter Fischer, Michael Maronde, Jan A. Schwieters: Das Auftragsrisiko im Griff (Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, 2007).

Die Genauigkeit und Vollständigkeit der Leistungserfassung ist von großer Bedeutung, da nur so eine aussagekräftige Angebotssumme ermittelt werde. Die erfassten Leistungen und ihre Mengen werden während der Angebotsphase für die Erstellung eines Terminplanes herangezogen, der als Grundlage für weitere Überlegungen hinsichtlich Personalstärke, Maschineneinsatz und Arbeitszeiten dient.<sup>45</sup>

Erhält der Bieter den Auftrag, werden die in der Angebotsphase ermittelten Mengen und das Leistungsverzeichnis in der Ausführungsphase weiterverwendet. Sie bilden die Basis für Subunternehmerausschreibungen und -verhandlungen, den Einkauf, das Controlling etc.

### 4.1 Herausforderungen

Baufirmen nehmen an vielen Angebotsprozessen teil, die wegen großer Konkurrenz nicht gewonnen werden. Sogar bei einigen wirtschaftlich erfolgreichen Baufirmen liegt der Anteil der gewonnenen Aufträge unter 30 %. Aber in dem Fall, dass der Bieter den Auftrag nicht erhält, werden seine zur Angebotserstellung eingesetzten Ressourcen nicht vergütet. Daher ist es nicht immer möglich, die optimale Anzahl von Mitarbeitern in der Angebotsabwicklung einzusetzen.

Die Leistungserfassung basiert auf den Ausschreibungsunterlagen und ist daher von deren Qualität abhängig. Der Umfang der Unterlagen und die Detailtiefe der Leistungsbeschreibung kann sich von Projekt zu Projekt deutlich unterscheiden. Wenn Leistungen nicht genau definiert sind, muss der Planer extra kontaktiert werden, oder es müssen Annahmen getroffen werden. Wenn beispielsweise keine Tür- und/oder Fensterliste in den Ausschreibungsunterlagen inkludiert ist, muss diese vom Bieter selbst erstellt werden. Unvollständige bzw. nicht detaillierte Leistungsbeschreibungen verlängern den Prozess der Leistungserfassung.

Um eine Kalkulation zu erstellen, muss der Bieter für die Leistungen, die er nicht selbst ausführt, Preisanfragen bei potenziellen Subunternehmern einholen. Der Subunternehmer braucht eine gewisse Zeit, um die Anfrage zu bearbeiten und sein Angebot an den Generalunternehmer abzugeben. Um die Informationen über die Preise innerhalb des Angebotszeitraums zu bekommen, muss der Bieter die Preisanfragen so früh wie möglich machen. Dementsprechend haben die Leistungen, für welche Preisanfragen gemacht werden müssen, Priorität in der Leistungserfassungsreihenfolge. Wenn keine Angebote vorhanden sind, müssen Annahmen getroffen werden, welche die Genauigkeit des Angebotes negativ beeinflussen.

Eine weitere Herausforderung sind die kurzen Angebotszeiträume, die in der Praxis bei unechten funktionalen Generalunternehmer-Ausschreibung zwischen drei und vier Wochen dauern.

---

<sup>45</sup> Vgl. Peter Fischer, Michael Maronde, Jan A. Schwierts: Das Auftragsrisiko im Griff.

Die genannten Herausforderungen lassen darauf schließen, dass der Bieter dem Prozess der Leistungserfassung und dessen Automatisierung große Bedeutung beimisst.

### 4.2 Erstellung des Leistungsverzeichnisses

Ein Leistungsverzeichnis ist tabellarisch aufgebaut und besteht aus folgenden Elementen:<sup>46</sup>

- Positions-Nummer
- Positionstext, der meistens aus einem Langtext und einem Kurztext besteht
- Mengenangabe
- Mengeneinheit
- Text, der meistens aus einem Langtext und einem Kurztext besteht
- Einheitspreis (EHP)
- Positionspreis (PP), ergibt sich aus der Mengenangabe multipliziert mit dem EHP

Ein Kurztext ist ein Positionsstichwort und dient zur vereinfachten textlichen Darstellung, während der Langtext die Leistung genauer in Form eines Fließtextes beschreibt. Abbildung 4.2 zeigt ein Beispiel eines Leistungsverzeichnisses, in der alle erwähnten Elemente dargestellt sind. In der ersten Spalte unter Ordnungszahl (OZ) befindet sich der Positions-Nummer. In der nächsten Spalte ist der Positionstext ersichtlich. Der Kurztext ist fett gedruckt. Der Langtext ist unter dem jeweiligen Kurztext ohne Hervorhebung dargestellt. In der dritten Spalte befinden sich die Mengenangabe und die Mengeneinheit. Die vorletzte Spalte entspricht dem Einheitspreis und die letzte dem Positionspreis bzw. dem Gesamtbetrag. Für die Position 01.03.0001. Baugelände abräumen sind alle erwähnten Elemente definiert, außer dem Einheits- und Positionspreis.

---

<sup>46</sup> Andreas Kropik, Ursula Gallistel: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1, Skriptum zur Vorlesung (TU Wien, 2018).

#### 4. Leistungserfassung während der Angebotsphase

OZ	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
01.03.	<b>Abbrucharbeiten</b>			
01.03.0001.	<b>Baugelände abräumen</b> Baugelände abräumen. Busch-, Hecken und Baumbestand sowie sonstiger Aufwuchs bis zu 0,1 m Durchmesser, 1 m über dem Erdboden gemessen, einschließlich Wurzelwerk. Astwerk gefällter Bäume, Holzreste. Steine, Betonreste, Mauerreste und abgängige Zäune. Wurzelstöcke der Verwertung nach Wahl des AN zuführen. Schlagabraum der Verwertung nach Wahl des AN zuführen. Gesamtes Räumgut der Verwertung nach Wahl des AN zuführen.	120,000 m <sup>2</sup>	.....	.....

Abbildung 4.2: Beispiel Leistungsverzeichnis<sup>47</sup>

Die normative Grundlage für die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses im Hochbau ist die standardisierte Leistungsbeschreibung, derzeit Version 21 (LB-HB-021).<sup>48</sup>

Das Leistungsverzeichnis, welches für die Angebotsbildung bei einer funktionalen Ausschreibung erstellt wird, ist oft rudimentär und beinhaltet nur die für die Abbildung einer Kalkulation wichtigen Informationen. Wegen kurzer Angebotszeiträume können nicht alle Details betrachtet werden. Die Leistungsverzeichnisse enthalten dann nur Kurztexte.

Ein Bauprojekt in Positionen zu zergliedern verlangt gewisse Erfahrung. Alle Ausschreibungsunterlagen müssen im Detail studiert werden, da kostenrelevante Faktoren oft indirekt enthalten sind.<sup>49</sup> Der Prozess erfolgt systematisch: zuerst werden Leistungsgruppen einzeln erfasst. Dann wird die Vollständigkeit mittels Checklisten und/oder durch Vergleich mit bereits ausgeführten Projekten geprüft. Jedoch garantiert diese Methode keine hundertprozentige Vollständigkeit, Leistungen können auch fälschlicherweise ausgelassen werden.

Ist die standardisierte Leistungsbeschreibung (LB-HB-021) nicht die Grundlage des Leistungsverzeichnisses, führt die beliebige Art und Weise der Leistungsbeschreibung zu schwer nachvollziehbaren LVs.

Heutzutage wird für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses meistens AVVA-Software benutzt, die den Prozess wesentlich erleichtert. Es ist nicht notwendig für jedes Projekt die

<sup>47</sup> Vgl. Stadtverwaltung Bruchsal: <https://www.bruchsal.de/site/Bruchsal-Internet/get/documents/bruchsal-internet/PB5Documents/pdf/LV%20Felixstrae.pdf>, abgerufen am 11.03.2019.

<sup>48</sup> Vgl. Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort <https://www.bmdw.gv.at/KulturellesErbe/Bauservice/Seiten/Hochbau.aspx>, abgerufen am 11.03.2019.

<sup>49</sup> Gerald Goger: Bauprozessplanung; Studienblätter zur Vorlesung (TU Wien 2018).

Positionen neu zu definieren, da eine softwareintegrierte Positionsdatenbank (z. B. standardisierte Leistungsbeschreibung) vorliegt oder von einem anderen Projekt Positionen übernommen werden können.

### 4.3 Mengenermittlung

Die Mengenermittlung ist die anspruchsvollste und zeitaufwendigste Aufgabe während der Angebotsphase.<sup>50</sup> Sie stellt die quantitative Erfassung von Leistungen dar, die zur Erstellung der Gebäudeelemente notwendig sind. Die ermittelten Mengen werden anschließend den entsprechenden Teilleistungen in einem Leistungsverzeichnis zugeordnet.

Der derzeitige Stand der Technik kennt verschiedene Methoden der Mengenermittlung. Nachfolgend werden alle derzeit gängigen Methoden beschrieben und ihre Vor- und Nachteile diskutiert. In der Praxis wird häufig eine Kombination von mehreren Methoden zur Mengenerfassung angewandt.

#### 4.3.1 Manuelle Methode

Die für die Mengenermittlung notwendigen Abmessungen werden aus Grundrissen, Schnitten, Ansichten und Detailplänen ausgelesen und/oder gemessen. Die Mengen werden mit Hilfe frei formulierter Rechenoperationen oder mit Hilfe eines Formelkataloges in Aufmaßblättern berechnet.

Diese Methode verlässt sich vollständig auf menschliche Interpretation und ist fehleranfällig.<sup>51</sup> Da Bauprojekte oft komplex sind, können selbst Überprüfungen nicht garantieren, dass die Mengenermittlung vollständig und korrekt ist. Da jedes Gebäudeelement separat betrachtet wird, ist diese Methode aufwändig und zeitintensiv. Wenn in Plänen zu viele Informationen dargestellt sind, können diese unlesbar werden (vergleiche dazu Abbildung 4.3). Es kann aber auch vorkommen, dass nicht alle notwendigen Elemente in den Plänen erfasst sind.

---

<sup>50</sup> Len Holm, John Schaufelberger, Dennis Griffin, et al.: Construction Cost Estimating Process and Practices (Pearson Prentice Hall, 2005).

<sup>51</sup> André Monteiro, João Poças Martins: A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design (Automation in Construction 35, 2013).

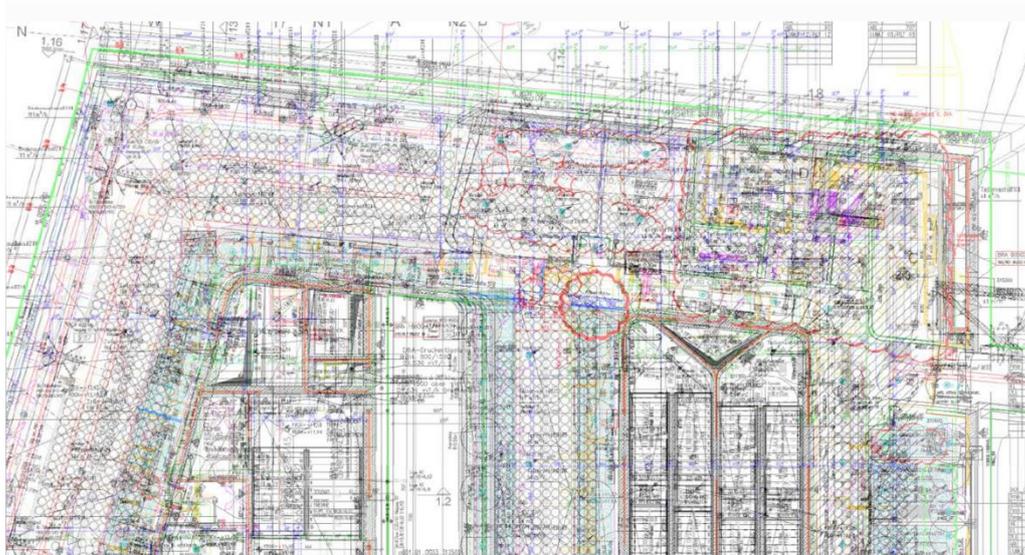


Abbildung 4.3: Grundriss des WU Campus<sup>52</sup>

Um die Mengenermittlung nachvollziehbar zu machen, muss für jede Zeile des Aufmaßblattes angegeben werden, auf welches Element sie sich bezieht. Das erfolgt durch Elementnummerierung auf den 2D-Plänen, durch Ortbeschreibung (zum Beispiel „Südfassade, 3.OG“) oder ähnliche Kommentare im Aufmaßblatt. Ein Aufmaßblatt ohne Pläne inklusive nummerierter Elemente ist nicht nachvollziehbar. Da es keine standardisierte Methode zur Erstellung eines Aufmaßblattes gibt, wird die Verbindung zwischen Aufmaßzeile und dem entsprechenden Element frei definiert, was die Nachvollziehbarkeit erschwert. Durch die in den Werkvertragsnormen (siehe Kapitel 3.4) vorgeschriebenen Abrechnungsregeln wird die manuelle Mengenermittlung deutlich vereinfacht.

Der größte Vorteil dieser Methode ist, dass die Reihenfolge der Mengenermittlung - im Gegenteil zur BIM-Methode (siehe Kapitel 4.3.3.) - frei definierbar ist. Dementsprechend können jene Mengen, die für Subunternehmer-Preisfragen notwendig sind, zuerst ermittelt werden.

### 4.3.2 EDV unterstützte Methode

Die Vorgangsweise ähnelt jener der manuellen Methode, die Arbeitsweise wird allerdings durch Software unterstützt. Das Ermitteln von Abmessungen und das Umgehen mit verschiedenen Maßstäben ist mit Hilfe von Software leichter handhabbar als manuell, was eine effiziente Massenermittlung ermöglicht. Eine gewisse Nachvollziehbarkeit ist gegeben, da die PDF-Betrachter-Software wie z. B. PDF-XChange Viewer die Möglichkeit bietet, die gemessenen Werte darzustellen und diese als Kommentar zu speichern. In Abbildung 4.4 wird beispielsweise

---

<sup>52</sup> Lars Oberwinter: Planungsprozesse mit BIM Vortragsfolie: How to BIM.

## 4. Leistungserfassung während der Angebotsphase

die Länge des mit einem roten Rechteck markierten Raumumfanges auf der linken Seite als Kommentar dargestellt.

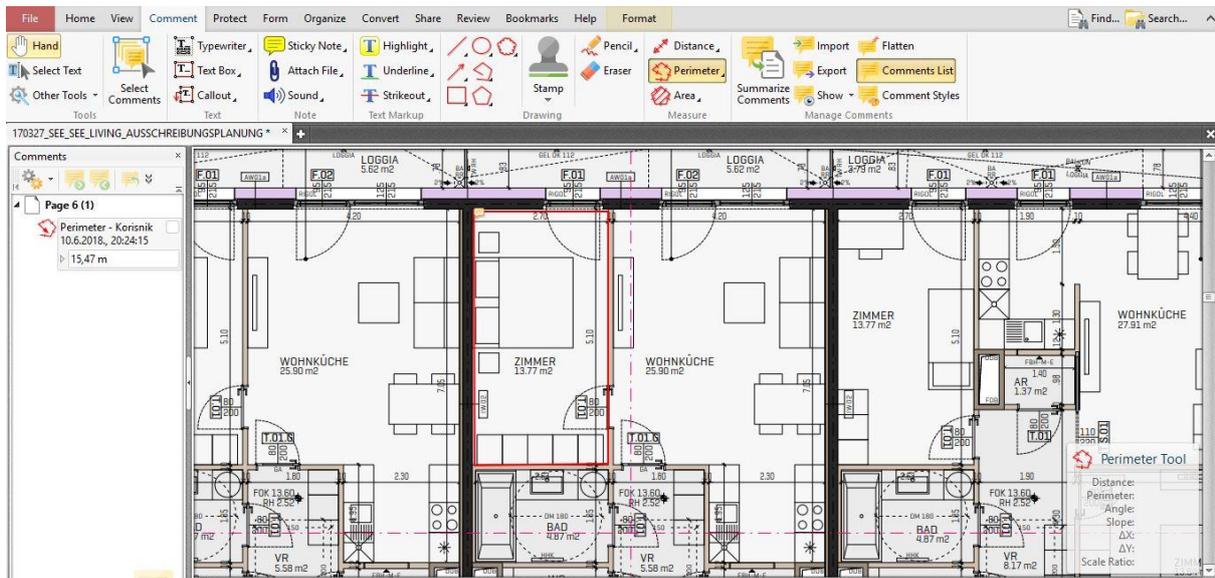


Abbildung 4.4: Beispiel Raumumfang dargestellt im PDF-XChange Viewer<sup>53</sup>

Die Mengenermittlung kann mittels programmierter Excel-Tabellen für unterschiedliche Teilleistungen erleichtert werden. Abbildung 4.5 zeigt zum Beispiel eine Tabelle, die zur Erstellung des Raumbuches programmiert ist. Durch das Raumbuch erfolgt die Mengenermittlung der Materialien für Boden, Wand und Decke. Für jeden Raum wird der Name, Ort (Top und Geschoss), geometrische Daten (Fläche, Umfang, Höhe) und die von Bauherrn definierten Materialien (Fußbodenbelag, Fußbodenaufbau, Wände, Decken) händisch eingetragen.

Blattinhalt: Raumbuch		Wandbeläge										Deckenbeläge	
Bauteil	Geschoss	Bezeichnung	Fläche [m²]	Bodenbelag	Raum-Umfang	FB - Aufbau	Lichte Raumhöhe	Malerei		Wandfliesen		Deckenbeläge Malerei & Trockenbau	
								Bezeichnung Wandbelag	Fläche [m²]	Produkt	Höhe [m]	Bezeichnung Deckenbelag	
1.UG	Top 0.01	VR	4,89	Parkett	6,91	FB01	2,52	Innendispersion 1	17,41				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Wohnraum	21,14	Parkett	17,63	FB01	2,52	Innendispersion 1	44,43				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Küche	6,41	Parkett	8,45	FB01	2,52	Innendispersion 1	21,29				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	WC	1,64	Fliesen	5,79	FB02	2,52	Innendispersion 1	8,60	Wandfliesen WC Wohnungen	1,20	5,99	Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Gang	6,73	Parkett	11,37	FB01	2,52	Innendispersion 1	28,65				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Flur	1,42	Parkett	3,93	FB01	2,52	Innendispersion 1	9,90				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Bad	5,09	Fliesen	10,16	FB02	2,52	Innendispersion 1	5,91	Wandfliesen Bad Wohnungen	2,10	19,70	Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Zimmer	12,48	Parkett	14,83	FB01	2,52	Innendispersion 1	37,37				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Zimmer	11,44	Parkett	14,29	FB01	2,52	Innendispersion 1	36,01				Innendispersion 1
1.UG	Top 0.01	Terrasse	44,13	Betonplatten		Terrasse							Terrasse

Abbildung 4.5: Programmierter Excel Tabelle zur Erstellung des Raumbuches<sup>54</sup>

Die Excell-Tabelle summiert automatisch die Gesamtwerte pro Material. Die Abbildung zeigt zum Beispiel die Summen der Bodenbelagsflächen.

<sup>53</sup> Bildschirmfoto aus PDF-XChange Viewer.

<sup>54</sup> Bildschirmfoto aus Excel.

<b>SUMMEN BODENBELÄGE:</b>			
<i><b>Raumanzahl</b></i>	<i><b>Fläche</b></i>	<i><b>Belag</b></i>	<i><b>Umfang</b></i>
209	718,09	Fliesen	1538,71
0	598,39	= abzgl. Badewannen	
642	6.362,01	Parkett	7.121,02
66	1.177,58	Feinsteinzeug	1.511,59
28	1.575,01	Estrich versiegelt	999,55
1	89,33	Gussasphalt	47,25
126	1.529,78	Betonplatten	0,00
0	0,00		0,00
1.072	11.451,80 OK		11.218,12

Abbildung 4.6: Gesamtmengen des Fußbodenbelags<sup>55</sup>

Die eingetragenen Daten werden leicht überprüft, weil die Excel-Tabelle Filterung nach jeder definierte Raumeigenschaft ermöglicht.

### 4.3.3 BIM-Methode (bauteilorientiert)

Grundsätzlich enthält ein 3D-Gebäudemodell alle notwendigen geometrischen Informationen für die Mengenermittlung. Die Erstellung des Aufmaßblattes ist nur eine Frage der Darstellung der im Modell enthaltenen Informationen.

Das 3D-Modell muss ein genaues digitales Abbild des echten Gebäudes sein, um eine exakte Mengenermittlung zu ermöglichen. Die Vollständigkeit der BIM-Mengenermittlung hängt von der Detailtiefe des Modells ab. Nicht alle Gebäudeelemente müssen zwangsläufig im Modell mittels BIM-Objekten repräsentiert sein, um ihre Mengen aus dem Modell zu ermitteln. Zum Beispiel können bereits von einem rudimentär dargestellten Fensterobjekt die Abmessungen der Fensterbänke und Sonnenschutzelemente hergeleitet werden.

In der BIM-Software werden die Modellmengen in sogenannten Bauteillisten dargestellt. Das Format der Bauteillisten ist einfach zu ändern, sodass der Benutzer die Darstellung je nach Bedarf anpassen kann. Die Anpassung und Filterung der erforderlichen Daten erfolgt aufgrund der vorhandenen Parameter und Attribute. Die Abbildung 4.7 zeigt die Bauteilliste von Wänden eines Projekts.

<sup>55</sup> Bildschirmfoto aus Excel.

#### 4. Leistungserfassung während der Angebotsphase

<Quantität LG07 Wände>				
A	B	C	D	E
Geschoß	Typ	Fläche	Volumen	Anzahl der Elementen
DD	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_100_Aufzug	10,99 m²	1,98 m³	4
DD: 4		10,99 m²	1,98 m³	4
DG	173_A_NT_OBBR_0150_2STG_C2530_XC1_100_Balkon	1,44 m²	0,22 m³	1
DG	173_A_TR_OBWA_0200_2STG_C2530_XC1_150_AW01-02	172,80 m²	34,56 m³	8
DG	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_100_Aufzug	20,54 m²	3,70 m³	4
DG	173_I_TR_OBWA_0180_2STG_C2530_XC1_100_IW01	124,59 m²	22,43 m³	10
DG: 23		319,38 m²	60,90 m³	23
EG00	173_A_NT_OBBR_0150_2STG_C2530_XC1_100_Balkon	9,58 m²	1,44 m³	3
EG00	173_A_TR_OBWA_0200_2STG_C2530_XC1_150_AW01-02	207,81 m²	41,53 m³	10
EG00	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_100_Aufzug	20,54 m²	3,70 m³	4
EG00	173_I_TR_OBWA_0180_2STG_C2530_XC1_100_IW01	283,31 m²	50,97 m³	15
EG00	173_I_TR_OBWA_0200_2STG_C3037_B2_95_IW06 20cm UG	68,58 m²	13,72 m³	5
EG00: 37		589,81 m²	111,35 m³	37
KG	173_A_TR_OBWA_0200_2STG_C2530_XC1_150_AW01-02	92,04 m²	18,41 m³	3
KG	173_A_TR_OBWA_0300_2STG_C3037_B2_95_AW04	146,28 m²	43,88 m³	6
KG	173_I_NT_OBKO_0150_2STG_C2530_Schacht	18,78 m²	2,82 m³	4
KG	173_I_NT_OBKO_0200_2STG_C2530_Schacht	2,69 m²	0,54 m³	1
KG	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_95_Aufzug KG	19,14 m²	3,45 m³	4
KG	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_100_Aufzug	4,55 m²	0,80 m³	1
KG	173_I_TR_OBWA_0180_2STG_C2530_XC1_100_IW01	296,22 m²	53,28 m³	21
KG	173_I_TR_OBWA_0200_2STG_C3037_B2_95_IW06 20cm UG	132,92 m²	26,52 m³	9
KG: 49		712,63 m²	149,69 m³	49
OG01	173_A_NT_OBBR_0150_2STG_C2530_XC1_100_Balkon	22,37 m²	3,35 m³	7
OG01	173_A_TR_OBWA_0200_2STG_C2530_XC1_150_AW01-02	209,17 m²	41,80 m³	10
OG01	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_100_Aufzug	20,54 m²	3,70 m³	4
OG01	173_I_TR_OBWA_0180_2STG_C2530_XC1_100_IW01	283,33 m²	50,97 m³	15
OG01: 36		535,40 m²	99,83 m³	36
OG02	173_A_NT_FRWA_TYP01_LG07_0500_Perlit_M2	8,80 m²	4,40 m³	1
OG02	173_A_NT_OBBR_0150_2STG_C2530_XC1_100_Balkon	16,16 m²	2,42 m³	5
OG02	173_A_TR_OBWA_0200_2STG_C2530_XC1_150_AW01-02	211,76 m²	42,32 m³	10
OG02	173_I_TR_OBSW_0180_2STG_C2530_XC1_100_Aufzug	20,54 m²	3,70 m³	4
OG02	173_I_TR_OBWA_0180_2STG_C2530_XC1_100_IW01	272,39 m²	49,01 m³	16
OG02: 36		529,66 m²	101,85 m³	36

Abbildung 4.7: Beispiel einer Bauteilliste für LG07 „Wände“<sup>56</sup>

Der Filter (siehe Abbildung 4.8) ist im vorliegenden Beispiel so definiert, dass nur die Wände, die unter dem Attribut „Bauteilkennzeichen“ den Wert „07“ aufweisen, aufgelistet werden. Es werden demnach nur jene Wände angezeigt, die der Leistungsgruppe 07 (Beton- und Stahlbetonarbeiten) angehören.

<sup>56</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

## 4. Leistungserfassung während der Angebotsphase

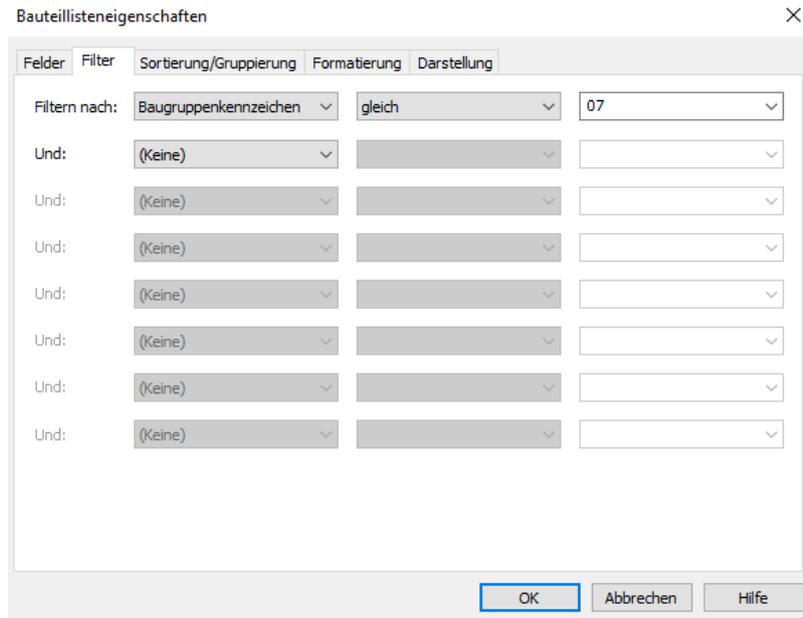


Abbildung 4.8: Filtereinstellungen Bauteilliste<sup>57</sup>

Weiters kann – wie in Abbildung 4.9 ersichtlich – definiert werden, dass die Attribute „Geschoß, Typ, Anzahl“ sowie die Parameter „Fläche und Volumen“ dargestellt werden sollen. Aus diesen Größen bzw. Parametern kann die Schalungs- (Fläche) und Betonmengen (Volumen) abgeleitet werden.

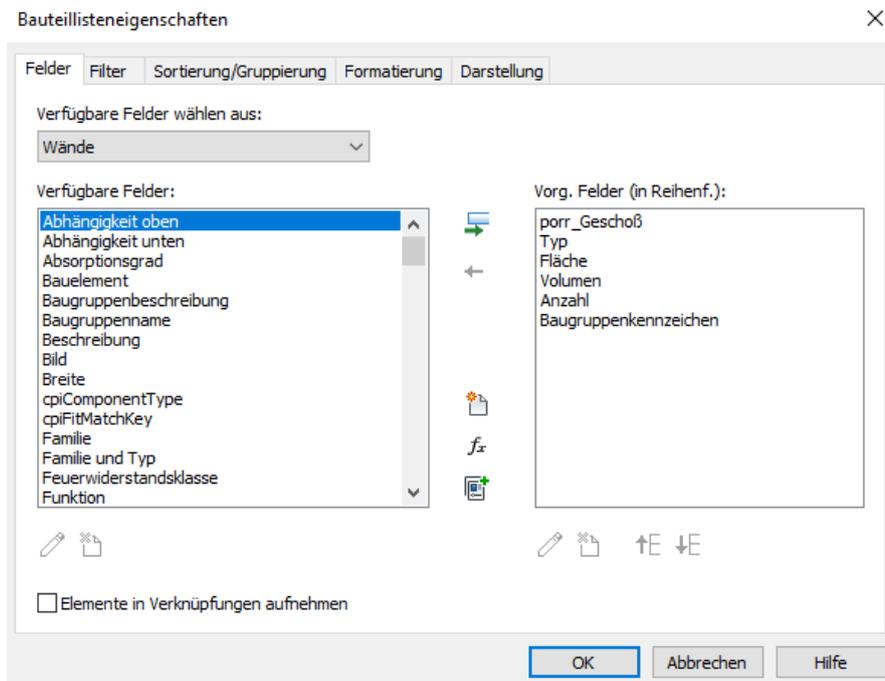


Abbildung 4.9: Feldereinstellungen Bauteilliste<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

<sup>58</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

#### 4. Leistungserfassung während der Angebotsphase

Die Sortierung erfolgt hier in erster Stufe nach Geschoß und dann nach Typ (siehe Abbildung 4.10). Pro Geschoß werden die kumulierten Werte automatisch berechnet.

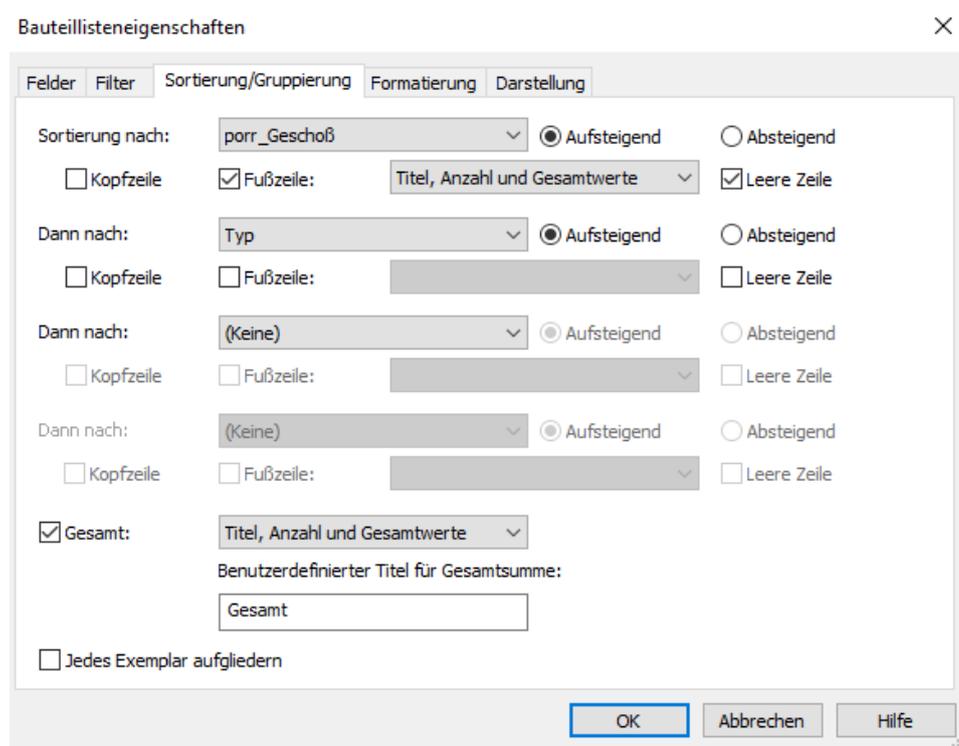


Abbildung 4.10: Sortierung Einstellungen<sup>59</sup>

Alle Werte in den Bauteillisten sind grafisch nachvollziehbar und können jederzeit im Modell hervorgehoben werden.

Wichtig ist zu bemerken, dass es sich um eine bauteilorientierte (anhand von BIM-Objekten) Mengenermittlung handelt und nicht um eine leistungsorientierte. Weitere Schritte sind notwendig, um die auf diese Weise gewonnenen Mengen in leistungsorientierte Werte umzulegen.

Bei den Mengen in den Bauteillisten handelt es sich um Nettomengen. Die Berücksichtigung der Abrechnungsregeln verlangt weitere manuelle Aufwände und ist nicht immer möglich. Der Grundgedanke hinter den Abrechnungsregeln ist, die manuelle Mengenermittlung zu vereinfachen. Bei der BIM-Arbeitsweise haben die Abrechnungsregeln den gegenteiligen Effekt. Um die Abrechnungsregel für WDVS – die beispielsweise festlegt, dass Anschlussflächen von Balkonen durchzumessen sind (siehe Kapitel 3.4) – einzuhalten, müssen BIM-Objekte (Fassade und Balkonplatte) überlappend modelliert werden. Solche Überlappungen werden in der BIM-Software als Kollisionen identifiziert und das Modell wird von der Software als fehlerhaft

<sup>59</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

ausgewertet. Bei der Auswertung von Modellen in anderer Software können solche Überlappungen Störungen und Fehler verursachen.

Wenn genau modelliert, liefert das BIM-Modell reine und richtige Nettomengen und macht die Abrechnungsregeln obsolet. Diese Problematik wird in verschiedenen Richtlinien und Normen bereits erkannt.<sup>60</sup> In der Österreichischen ÖNORM 6241-2 wird dazu folgendes festgehalten:

*„Aufgrund der andauernden Übereinstimmung des Projektmodells mit dem tatsächlich ausgeführten Bauwerk (das As-built-Modell), der Durchgängigkeit und Transparenz der Prozesse sowie der Auswertungsmöglichkeiten, darf auf annähernde Mengenermittlungsverfahren, wie in den Werkvertragsnormen der einzelnen Gewerke beschrieben, verzichtet und die ermittelten Mengen nach tatsächlichen Größen abgerechnet werden. Dies ist jedenfalls gesondert zu vereinbaren.“<sup>61</sup>*

Bei solchen Vorgaben handelt es sich um Neuerungen, die aufgrund der derzeit niedrigen Durchdringung des Marktes mit der BIM-Arbeitsweise (siehe Kapitel 2) noch eingeschränkt Anwendung finden. Bruttomengen sind überwiegend der Industriestandard.

Ein weiterer Nachteil der BIM-Methode ist, dass einige Voraussetzungen für die Reihenfolge der Modellierung bzw. Mengenermittlung bestehen. Die Tür- oder Fenster-BIM-Objekte können nur in Wand-BIM-Objekten platziert werden. Weiters ist die Mengenermittlung der Innenwand oder Fassadenelementen nur dann vollständig, wenn alle Öffnungen (Fenster und Türen) modelliert wurden. Einige Erfordernisse der Angebotsphase können über die manuelle Methode besser und schneller abgedeckt werden.

#### **4.3.4 BIM-Methode mit AVVA-Software (leistungsorientiert)**

Diese Methode ist eine Erweiterung der BIM-Methode, bei der die BIM-Objekte mit entsprechenden Teilleistungen verknüpft werden. Bei dieser Methode wird das Modell in einem BIM-Autorenwerkzeug erstellt, exportiert und in eine AVVA-Software importiert. Dort werden die BIM-Objekte mit entsprechenden Teilleistungen verknüpft und ein Leistungsverzeichnis erstellt. Bei einigen AVVA-Softwares erfolgt diese Verknüpfung manuell oder halb automatisch. Jedes BIM-Objekt wird mit einer entsprechenden Teilleistung, die entweder selbst definiert oder aus einer Teilleistungsbibliothek herangezogen wird, verknüpft. Für jede Teilleistung wird definiert, welche Parameter (Länge, Fläche, Volumen) des BIM-Objekts für die Mengenermittlung diese Teilleistung maßgebend ist. Aus einem BIM-Objekt können mehrere Teilleistungen hergeleitet werden. Beispielsweise ergeben sich aus einer Ortbetonwand die Mengen für die Bewehrungs-

---

<sup>60</sup> Vgl. VDI 2522 Blatt 3: Building Information Modeling: Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung, (Verein Deutscher Ingenieure, 2018).

<sup>61</sup> ÖNORM A 6241-2., S. 8.

, Schalungs- und Betonarbeiten und darüber hinaus auch für die Spachtel- und Anstricharbeiten. Wenn die Teilleistungen für ein BIM-Objekt definiert sind, können alle ähnlichen BIM-Objekte bzw. jene mit denselben Attributen, mit denselben Teilleistungen automatisch verknüpft werden. Bei komplexeren BIM-Projekten, die mehrere hunderte unterschiedliche BIM-Objekttypen enthalten, wird das sehr zeitintensiv. Weiters sind die ermittelte Mengen Nettomengen, die nicht bei jedem Projekt verwendet werden können.

Einige AVVA-Softwareprogramme (wie iTWO der Firma RIB) enthalten integrierte Lösungen für die automatische und detaillierte Mengenermittlung (mit welcher Abrechnungsregeln eingehalten werden können) und die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses. Voraussetzungen für diese Automatisierung sind eine standardisierte Arbeitsweise und gewisse Vorprogrammierung (siehe Kapitel 5). In der AVVA-Software müssen prinzipiell für jeden BIM-Objekttyp zugehörige LV-Positionen und entsprechende Mengenabfragen firmenintern definiert werden. Dadurch handelt es sich hier um eine Closed BIM-Lösung. Wenn eine standardisierte Arbeitsweise eingehalten wird, können diese Einstellungen bei jedem Projekt verwendet werden. Für alle in einem BIM-Modell abgebildete Leistungen, kann das Leistungsverzeichnis mit entsprechenden Bruttomengen automatisch erstellt werden. Die Aufgabe der Leistungserfassung ist abgeschlossen, wenn das BIM-Modell in dem AVVA-Softwareprogramm ausgewertet ist. Ein Großteil der Unsicherheiten über die Vollständigkeit und Genauigkeit des LVs, welche bei der Anwendung anderer Methoden vorhanden ist, entfällt. Bei dieser Methode befinden sich alle für Erstellung des Angebotes relevanten Informationen in dem BIM-Modell. Da das Leistungsverzeichnis und das Modell verknüpft sind, kann visuell dargestellt werden, wo welche Leistungen im Modell vorhanden sind. Solche Visualisierungen können wichtige Erkenntnisse für die Arbeitsvorbereitung bringen, was die Angebotserstellung weiters erleichtert. Diese Methode ermöglicht eine hohe Flexibilität bei der Angebotserstellung. Über das BIM-Modell können unterschiedliche Ausführungsvarianten untersucht werden. Mit wenigen Klicks kann zum Beispiel die südliche Fassade eines Gebäudes, von WDVS auf hinterlüftete Konstruktion im BIM-Modell geändert werden. Nach erneuter Gesamtberechnung in iTWO werden die entsprechenden Positionen im LV auf die hinterlüfteten Fassade aktualisiert. Größte Nachteile dieser Methode sind die hohen Investitionskosten, die durch Ankauf der Software (Hardware bei Bedarf) entstehen und die notwendige Mitarbeiterschulung. Weiters müssen die Software für diese Methode einigermaßen angepasst werden. Nachteilig zeigt sich die geringe Anwendung der BIM-Arbeitsweise, wodurch der Bieter das BIM-Modell in Regelfall selbst erstellen muss (siehe Kapitel 2.2.).

Obwohl diese Arbeitsweise gewisse Voraussetzungen verlangt, ist sie allen anderen beschriebenen überlegen. Auf die BIM- und AVVA-Software-Methode, bei welchen die LV automatisch erstellt wird, basiert in Folgend entwickelte Prozess.

## 5 Prozess Grundlagen

Die BIM-Methode mit AVVA-Software wird in dieser Diplomarbeit anhand des BIM-Autorenwerkzeug Revit und der AVVA-Software iTWO beschrieben.

Anstatt Revit können andere BIM-Autorenwerkzeuge wie z. B. ArchiCAD oder Allplan verwendet werden. Neben iTWO kann unter anderem auch NEVARIS BIM detaillierte Mengenermittlungen durchführen und Leistungsverzeichnisse automatisch erstellen.

### 5.1 Überblick der Methode

Die automatische leistungsorientierte Revit + iTWO Arbeitsweise enthält mehrere Arbeitsschritte (siehe Abbildung 5.1). Im Revit wird das BIM-Modelle erstellt. Die Grundlage für das Modellieren sind die Ausschreibungspläne, die ins Revit importiert werden. Das Modell wird mittels BIM-Objekte zusammengestellt, die mit entsprechenden Informationen aus den bauphysikalischen und statischen Unterlagen, sowie der Leistungsbeschreibung versehen werden. Das Modell wird anschließend exportiert. Da die iTWO Software Revit-Dateien nicht direkt einlesen kann, müssen diese zuvor in das Construction-Process-Integration Format<sup>62</sup> (CPI) exportiert werden. Alternativ kann auch eine IFC-Datei ins iTWO importiert werden. Das CPI-Format ist das native Dateiformat der Firma RIB. Der Export erfolgt mittels CPI-Plug-In. Der Fokus der Datenausgabe liegt auf dem 3D-Modell, der Struktur des Gebäudes und den Attributen und Parametern der BIM-Objekte.<sup>63</sup> In iTWO wird die CPI-Datei in das BIM Qualifier Modul importiert, geprüft und an das Ausstattungsmodul übergeben. Dort erfolgt die automatische Mengenermittlung mit frei definierten Mengenabfragen. Als letztes werden die ermittelten Mengen zu den entsprechenden Positionen des Teilleistungskataloges automatisch zugeordnet und ein Leistungsverzeichnis wird erstellt.



Abbildung 5.1: Vorgehensweise

Um diesen Prozess zu ermöglichen muss eine Systematik (siehe Abbildung 5.2) eingehalten werden. Das Rückgrat des Systems ist die Überlegung, aus welchen BIM-Objekten welche Leistungen erfasst werden. Die Verbindung zwischen den Teilleistungspositionen und den BIM-Objekten sind die Mengenabfragen des Ausstattungsmoduls. Im Ausstattungsmodul muss für jedes BIM-Objekt definiert werden, welche Parameter und Attribute welchen Teilleistungen

<sup>62</sup> Vgl. RIB Software: Autodesk Revit - CPI-Export Handbuchergänzung

<sup>63</sup> Vgl. ebenda.

entsprechen und welche Parameter für die Mengenermittlung dieser Teilleistungen maßgebend sind.

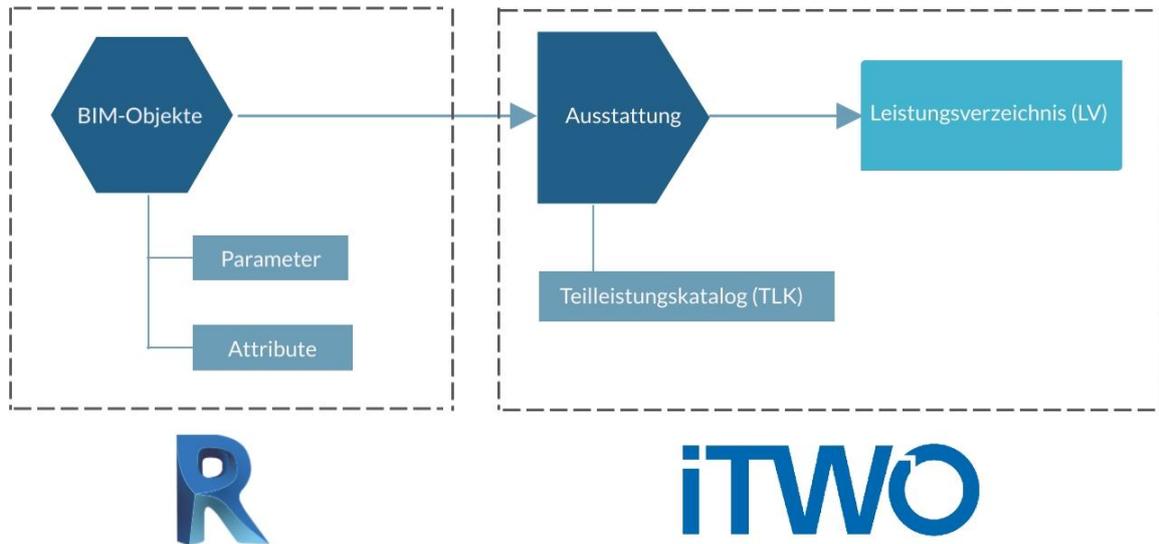


Abbildung 5.2: Softwaresystematik der Leistungserfassung

Jeder Teil dieser Systematik (BIM-Objekte, Ausstattung, Teilleistungskatalog) muss vorprogrammiert oder angelegt sein, um für den Prozess zu funktionieren. In den folgenden Kapiteln werden die zwei Softwares und ihre Merkmale vorgestellt. Weiterhin wird definiert, welche Voreinstellungen und Plug-Ins die Grundlagen für die entwickelte Prozess bilden.

### 5.2 Revit

Revit ist ein BIM-Autorenwerkzeug der Firma Autodesk, das Funktionen für die architektonische Planung, Konstruktion, Gebäudetechnik, der konstruktiven Ingenieurbau und die Bauausführung umfasst.<sup>64</sup> Hier ist wichtig zu erwähnen, dass die Revit Software keine terminologische Unterscheidung der zuvor definierten Begrifflichkeiten wie Attribute, Parameter oder Gliederungs-Informationen unternimmt. Alle diese Begriffe werden im Revit als Parameter bezeichnet. Im Weiteren wird für eine gute Vergleichbarkeit von Bild und Text die Revit-Terminologie verwendet.

Im Revit sind BIM-Objekte in sogenannten Familien organisiert. Eine Familie ist eine Gruppe von BIM-Objekten mit einer Reihe von gemeinsamen Parametern und entsprechender graphischer Darstellung. Geschossdecken, Wände, Fenster, Türe, Dächer, Stützen sind Beispiele für solche Familien. Einzelne BIM-Objekte einer Familie können unterschiedliche

<sup>64</sup> Vgl. Autodesk GmbH: <https://www.autodesk.de/products/revit/overview>, abgerufen am 20.01.2019.

Werte für einige oder alle Parameter aufweisen, aber die Parametergruppe bleibt gleich.<sup>65</sup> Die Varianten innerhalb der Familien werden Familientypen oder nur Typen genannt. Zum Beispiel, bei der Familie *Wände* werden Wände aus unterschiedlichen Materialien und Breiten modelliert. Solche Parameter werden im Revit Typenparameter genannt. Eine 20 cm breite Stahlbetonwand ist ein spezieller Wandtyp und einer 25 cm breiter Stahlbetonwand, wird ist weiterer Wandtyp. Jede Variation eines Typparameters ergibt einen neuen Typ. Die Typenparameter können beliebig angelegt werden.

Wenn im Modell ein BIM-Objekt mit einer bestimmten Familie und einem bestimmten Typ erstellt wird, ist das ein Exemplar des Typen. Jedes Exemplar beinhaltet eine Gruppe von Parametern, die Exemplarparameter. Diese sind unabhängig von der Typparametern und können sich für jedes Exemplar unterscheiden.<sup>66</sup> Mit dem vorherig erwähnten Wandtyp (Stahlbetonwand 20 cm breit) können mehrere Exemplare die unterschiedlichen Längen aufweisen modelliert werden. Die Wandlänge ist ein Exemplarparameter. Typparameter und Exemplarparameter können beliebig definiert und den Familien zugewiesen werden. Jedes BIM-Objekt, das in einem Modell platziert wird, bekommt eine einzigartige Nummer, die Revit ID.

Die graphische Darstellung der BIM-Objekte in Grundrissen, Schnitten oder 3D-Ansichten kann anhand der Typ- und Exemplarparameter gefiltert werden. Die Sichtbarkeit und die Farbe der BIM-Objekte kann mit Filtern gesteuert werden, was eine visuelle Darstellung der enthaltenen Daten ermöglicht. Abbildung 5.3 zeigt eine 3D-Ansicht eines BIM-Modells.

---

<sup>65</sup> Vgl. Autodesk GmbH: <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>, abgerufen am 20.01.2019.

<sup>66</sup> Vgl. Autodesk GmbH: <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>, abgerufen am 20.01.2019.

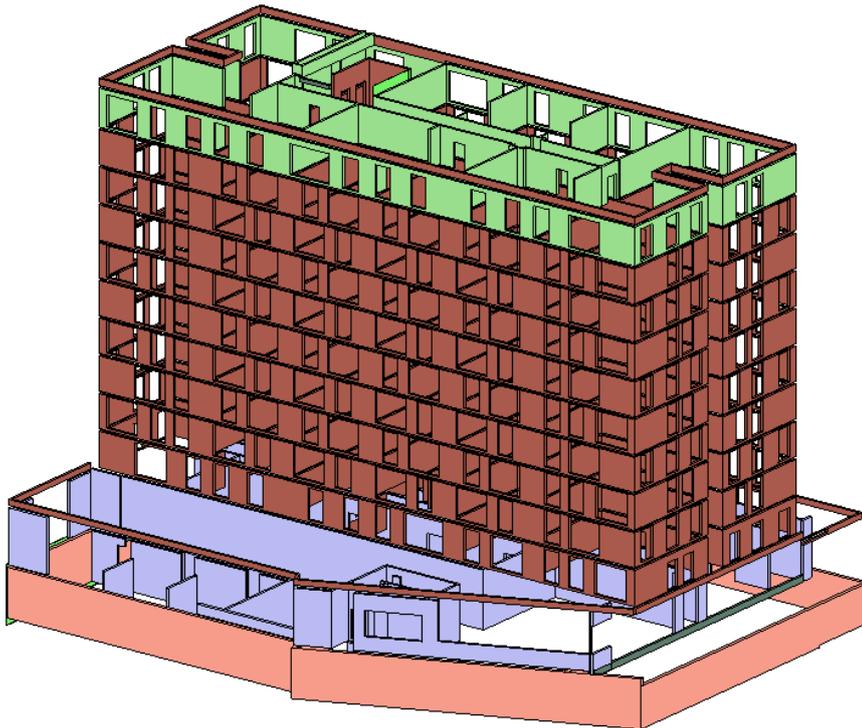


Abbildung 5.3: 3D-Ansicht<sup>67</sup>

In den Sichtbarkeitseinstellungen dieser 3D-Ansicht ist definiert, dass nur BIM-Objekte, die mit einer Wandfamilie erstellt wurden, sichtbar sind (siehe Abbildung 5.4).

Sichtbarkeit	Projektion/Oberfläche			Schnitt		Halbton	Detaillier...
	Linien	Muster	Transparenz	Linien	Muster		
<input type="checkbox"/> Steifen						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Straßen						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Stützen						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Teile						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Telefongeräte						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Topographie						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Tragwerksstützen						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Tragwerksverbindun						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Treppen						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Trägersysteme						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Türen						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Umgebung						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input type="checkbox"/> Verbindungsmittel						<input type="checkbox"/>	Nach An...
<input checked="" type="checkbox"/> Wände						<input type="checkbox"/>	Nach An...

Abbildung 5.4: Sichtbarkeitseinstellungen<sup>68</sup>

<sup>67</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

<sup>68</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

## 5. Prozess Grundlagen

In den Filtereinstellungen sind die Wände farblich unterschiedlich anhand des Bewehrungsgrades, der in einem Typparameter definiert ist, dargestellt (siehe Abbildung 5.5).

Name	Sichtbarkeit	Projektion/Oberfläche			Schnitt		Halbton
		Linien	Muster	Transparenz	Linien	Muster	
Nur Leistungsbereich Beton- und Stahlbeton...	<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
Bewehrungsgrad_120,00 KG/M <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
Bewehrungsgrad_250,00 KG/M <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
Bewehrungsgrad_200,00 KG/M <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
Bewehrungsgrad_110,00 KG/M <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
Bewehrungsgrad_100,00 KG/M <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>
Bewehrungsgrad_90,00 KG/M <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>

69

Abbildung 5.5: Filtereinstellungen

Eine weitere wichtige Funktion im Revit ist die Erstellung von Räumen. Ein Raum ist eine Unterteilung des Rauminhalts innerhalb eines Modells, anhand von raumbegrenzenden BIM-Objekten wie Wänden und Geschossdecken. Anhand der Raumbegrenzungen ermittelt Revit den Umfang, die Fläche, die Höhe und das Volumen eines Raums.<sup>70</sup> Die Erstellung von Räumen erfolgt durch Klicken auf einen Bereich, der von raumbegrenzenden BIM-Objekten umgeben ist. Für jeden Raum können Parameter wie Name, Fußboden, Deckenoberfläche, Wandoberfläche usw. textlich definiert werden. Diese Funktion wird für die Erstellung des Raumbuchs benutzt.

Um die BIM-Modelle möglichst genau abzubilden, müssen die Ausschreibungspläne in Revit importiert werden. Revit unterstützt keinen PDF-Import, sondern nur unterschiedliche Bild-Formate (z. B. JPEG, GIF, PNG). Da üblicherweise Ausschreibungspläne im PDF-Format elektronisch versendet werden, können diese nicht direkt im Revit zur Modellierung genutzt werden. Um diese Unterlagen trotzdem nutzen zu können, müssen diese in ein Bild-Format konvertiert und anschließend importiert werden. Bei der Konvertierung muss beachtet werden, dass der Maßstab der Pläne eingehalten wird.

Im Revit können mehrere Projektbeteiligte gleichzeitig an demselben Modell arbeiten. Das wird durch ein Zentralmodell ermöglicht, welches auf einem Server gespeichert wird. Jeder Projektbeteiligte erstellt eine lokale Version des Zentralmodells, bearbeitet diese und synchronisiert die Änderungen mit dem Modell am Server. Durch die Erstellung eines BIM-Objektes durch einen Benutzer erlangt dieser die Bearbeitungsrechte daran. Ein weiterer Benutzer kann dieses Objekt erst nach Freigabe des Bearbeitungsrechtes manipulieren. Dies ist mitunter hinderlich für einen flüssigen Modellierungsprozess. Um dieses Problem zu umgehen, kann die Zusammenarbeit durch mehrere verknüpften Modelle erfolgen. Die Benutzer teilen sich das Projekt in mehrere Abschnitte. Jeder Benutzer bearbeitet dann sein

<sup>69</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

<sup>70</sup> Vgl. Autodesk GmbH: <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/Revit-Model/files/GUID-DD74A51D-A0B0-4461-A4BA-0F9CCC191CDB-htm.html>, abgerufen am 20.01.2019.

Teilmodell und über Verknüpfung werden die anderen Teile eingeblendet, können aber nicht bearbeitet werden.

Revit bietet über eine API<sup>71</sup> die Möglichkeit mittels selbstprogrammierter Plug-Ins (z. B. Bauteilgenerator) auf bestimmte Funktionen zuzugreifen. Somit können Standardfunktionen um eine individuelle Nutzung erweitert werden. Diese Plug-Ins können in den Programmiersprachen C++, C# oder VisualBasic geschrieben werden.

### 5.2.1 Standardisierte Dateneingabe

Die Voraussetzung einer exakten Mengenermittlung ist, dass die BIM-Objekte geometrisch richtig modelliert sind und entsprechende Parameter enthalten sind (wie in Abbildung 5.2 darstellt). Diesen Parametern definieren die leistungsbezogenen Eigenschaften eines BIM-Objekts. Da von einem BIM-Objekt mehrere Teilleistungen abgeleitet werden können (siehe Kapitel 4.3.4), sind entsprechend viele Informationen in den Parametern notwendig. In den Mengenberechnungsansätzen des Ausstattungsmoduls wird genau definiert, welche Parameternamen und welche Parameterwerte abgefragt werden. Es ist daher für den Gesamtprozess ausschlaggebend, dass diese im Revit richtig definiert sind.

In Ursprungszustand enthält Revit eine beschränkte Anzahl an generischen BIM-Objekten, deren Informationsgehalt niedrig ist. Um Benutzern weiter zu helfen, stellt Autodesk länderspezifische Bibliotheken mit BIM-Objekten zur Verfügung. Diese bieten zwar eine höhere Detailtiefe, sind für eine vollständige Leistungserfassung aber immer noch nicht ausreichend. Tabelle 5.1 zeigt den unterschiedlichen Informationsgehalt der Stahlbetonwand aus der DACH-Bibliothek<sup>72</sup> und einer Stahlbetonwand erstellt mittels PORR Bauteilgenerator.

---

<sup>71</sup> Application-Programming-Interface. Die API ist eine Schnittstelle, die ein Softwaresystem bereitstellt, um dieses in andere Programme einzubinden.

<sup>72</sup> BIM-Objekt-Bibliothek geeignet für Deutschland, Österreich und Schweiz (DACH).

Tabelle 5.1: Vergleich des Informationsgehalts

	<b>DACH Content</b>	<b>Porr Bauteilgenerator</b>
<b>Parameter</b>	<i>Länge</i>	<i>Länge</i>
	<i>Breite</i>	<i>Breite</i>
	<i>Höhe</i>	<i>Höhe</i>
	<i>Volumen</i>	<i>Volumen</i>
	<i>Fläche</i>	<i>Fläche</i>
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient</i>	<i>Konstruktionstyp (Wand, Brüstung...)</i>
	<i>Thermischer Widerstand</i>	<i>Standard oder Weiße Wände</i>
	<i>Absorptionsgrad</i>	<i>1 oder 2 Schalungsseiten</i>
	<i>Rauigkeit</i>	<i>Sichtbeton ja/nein</i>
		<i>Expositionsklasse</i>
		<i>Selbstverdichtung ja/nein</i>
		<i>Bewehrungsgrad</i>

Die Parameterinformationen der Wand aus der DACH-Bibliothek enthalten bauphysikalische Eigenschaften, die für die Leistungserfassung und Kalkulation eines Projekts nicht notwendig sind, während die Parameterinformationen des PORR Bauteilgenerators zu den gewünschten Teilleistungen führen.

Der Wand aus der DACH-Bibliothek könnte manuell mit den leistungsbezogenen Parametern befüllt werden, allerdings wäre das nicht praktikabel. Es wäre aufwändig, für jeden Wandtyp eine solche Anzahl an Parametern zu definieren. Weiters könnte es leicht passieren, dass einige Parameter, die wichtig für die Leistungserfassung sind, übersehen werden. Da die Parametereingabe manuell erfolgt, können Eingabefehler oder andere Mängel entstehen (siehe Kapitel 2.1).

Theoretisch kann eine vordefinierte Bibliothek zur Auswahl der BIM-Objekte herangezogen werden. Das stellt sich in der Praxis als wenig praktikabel dar, da durch die möglichen Variationen der Bauteilinformationen eine große Anzahl unterschiedlicher Typen entsteht. Durch verschiedene Kombination der Parameter können für die vorher erwähnte Stahlbetonwand hunderte unterschiedliche Typen entstehen. Die passende Wand in einer Bibliothek auszusuchen wäre unübersichtlich.

Um die leistungsbezogenen Informationen der BIM-Objekte genau zu definieren, ist der Bauteilgenerator die optimale Lösung. Mit dem Bauteilgenerator werden die Parameterwerte immer in einer standardisierten Weise unter den richtigen Parameternamen eingetragen. Der Benutzer muss keine Kenntnisse der Parameternamen und -werte haben, da die Erstellung von

BIM-Objekten durch Dropdown-Listen erfolgt. Weiters können mittels Bauteilgenerator einige Sicherheitsmechanismen definiert werden. Erstens kann programmiert werden, dass die BIM-Objekte ohne den für die Leistungserfassung notwendigen Informationsgehalt nicht erstellt werden können (siehe Kapitel 2.1). So wird die Vollständigkeit der Information sichergestellt. Zweitens wird der Bauteilgenerator so programmiert, dass keine technisch untauglichen Kombinationen von Parametern eingegeben werden können. Zum Beispiel kann im Bauteilgenerator keine Trockenbau Schachtwand erstellt werden, deren Beplankung, die Brandschutzanforderungen nicht erfüllt.

Der Bauteilgenerator wird aufgrund der in Abbildung 5.2 dargestellten Systematik programmiert. Für jedes BIM-Objekt wird definiert, welche Revit-Familie benutzt wird und unter welchem Parameter die standardisierten Eigenschaften eingegeben werden. Die Mengenabfragen im Ausstattungsmodul werden anhand dieser Einstellungen definiert.

Mit dem Bauteilgenerator werden auch zwei, für die Auswertung in iTWO wichtige Parameter automatisch definiert, *cpiFitMatchkey* und *cpiComponentType*. Der Bauteilgenerator erstellt Typen und jeder Typ bekommt einen einzigartigen *Matchkey*. Dieser dient der Zuordnung der generierten BIM-Objekte zu den vordefinierten Mengenberechnungsansätzen im Ausstattungsmodul (siehe Kapitel 5.4.3) in iTWO.

Mit dem *cpiComponentType* Parameter wird definiert, als welcher Objekttyp das BIM-Objekt in iTWO ausgewertet wird. Die Component-Type Systematik der iTWO Software ist im Grunde ähnlich der Familien-Systematik im Revit. Der Component-Type legt den zu verwendenden Ansatz der Mengenberechnung fest. Zum Beispiel funktioniert die Mantelflächenberechnung im Ausstattungsmodul für ein Komponententypen Wall (Wand) anders, als jene beim Komponententypen Beam (Träger) (vergleiche dazu Abbildung 5.6).

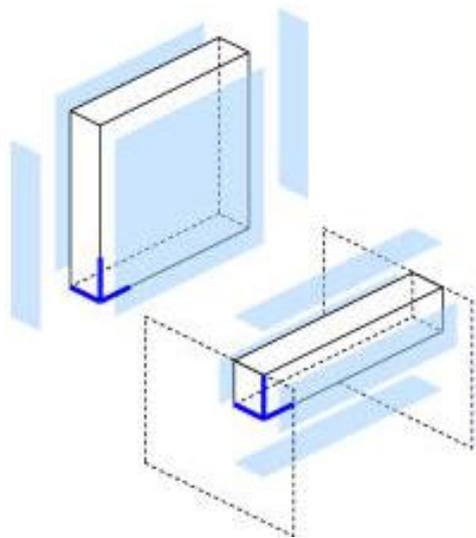


Abbildung 5.6: Mantelfläche einer Wand und eines Trägers<sup>73</sup>

Eine standardisierte Dateneingabe für die Exemplarparameter ist ausschlaggebend. Das kann durch ein vorprogrammiertes Plug-In erfolgen. In der Firma PORR erfolgt die Eingabe der Exemplarparameter mittels eines zusätzlichen Fensters, das in die Benutzeroberfläche eingeblendet wird. Wenn ein BIM-Objekt ausgewählt wird, werden seine spezifische Exemplarparameter-Eigenschaften in dem Fenster dargestellt. Abbildung 5.7 zeigt das Exemplarparameter-Fenster für ein ausgewähltes Ortbetongeschosdecke BIM-Objekt.

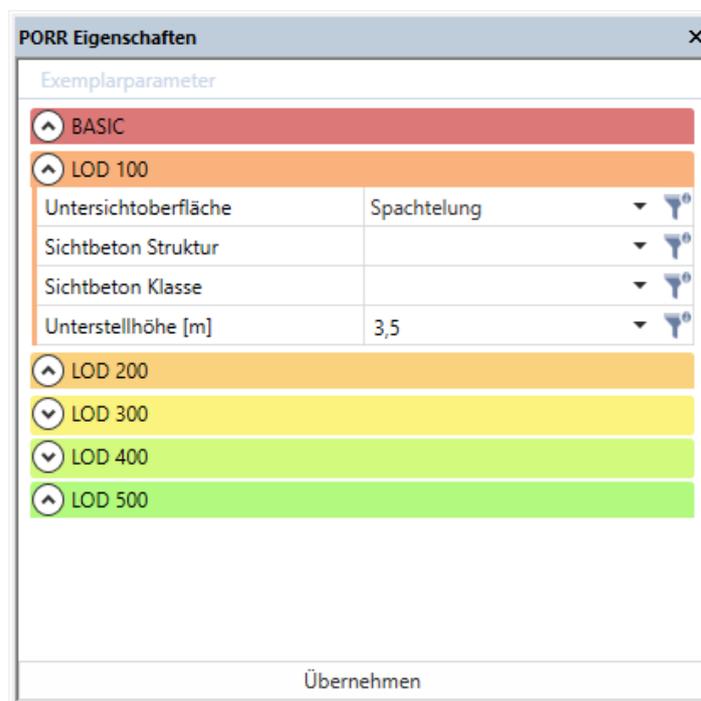


Abbildung 5.7: Fenster für standardisierte Eingabe der Exemplarparameter<sup>74</sup>

<sup>73</sup> Bildschirmfoto aus iTWO.

<sup>74</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

In dem Exemplarparameter-Fenster sind die Untersichtoberfläche (Spachtelung) und Unterstellhöhe (3,5 m) der Geschossdecke definiert. Diese Werte werden in dem Exemplarparameter der ausgewählten Ortbetongeschossdecke gespeichert.

### 5.2.2 Room Assistent

Die Raumflächen sind maßgebend für die Mengenermittlung von Ausbauleistungen, wie beispielsweise Bodenbelagsarbeiten, Malerarbeiten, Trockenbauarbeiten. Standardmäßig bietet Revit mit der Raum-Funktion die Möglichkeit einer groben Mengenermittlung, die aber für eine detaillierte Leistungserfassung nicht ausreicht. Bei einem Revit-Raum werden zum Beispiel die Fußbodenschwellen im Türbereich nicht beachtet. Beim Revit-Raum werden Fenster und Türen bei der Ermittlung von Wandflächen übermessen, was zu ungenauen Mengen z. B. bei Malerarbeiten führt.

Um solche Einschränkungen der Revit Raum-Funktion zu beseitigen und eine den Anforderungen einer Baufirma entsprechende Leistungserfassung zu ermöglichen, müssen weitere Softwares oder Plug-Ins verwendet werden. Beispiele hierfür sind der Room Assistent der Firma PORR, RoomProgramme der Firma b.i.m.m. oder das Room Tool der Firma Nevaris. Diese Tools ermöglichen, auf unterschiedliche Arte, detaillierte Mengenermittlungen anhand der Revit Raum-Funktion zu generieren.

Im Room Assistent Plug-In der Firma PORR werden für Räume alle Oberflächeneigenschaften definiert. Anhand dieser Eingaben erstellt das Plug-In an den Begrenzungen der Revit-Räume Flächen mit entsprechenden Parametern. Zum Beispiel können Teile der generierten Flächen mit der Information „Innendispersion“ versehen werden. Türen und Fenster in diesem Raum erzeugen wiederum automatisch eigene Abzugsflächen, die bei der Berechnung der Innendispersion abgezogen werden und so im Ausstattungsmodul von iTWO richtige Mengen ergeben. In Abbildung 5.8 ist das Beispiel der Innendispersion grafisch dargestellt. Der linke Teil der Abbildung zeigt einen dreidimensionalen Raum. Der rechte Teil zeigt die mit dem Room Assistent erstellten Flächen. Die Innendispersionsflächen sind blau dargestellt, während die Tür- und Fenster-Abzugsflächen rot dargestellt sind.

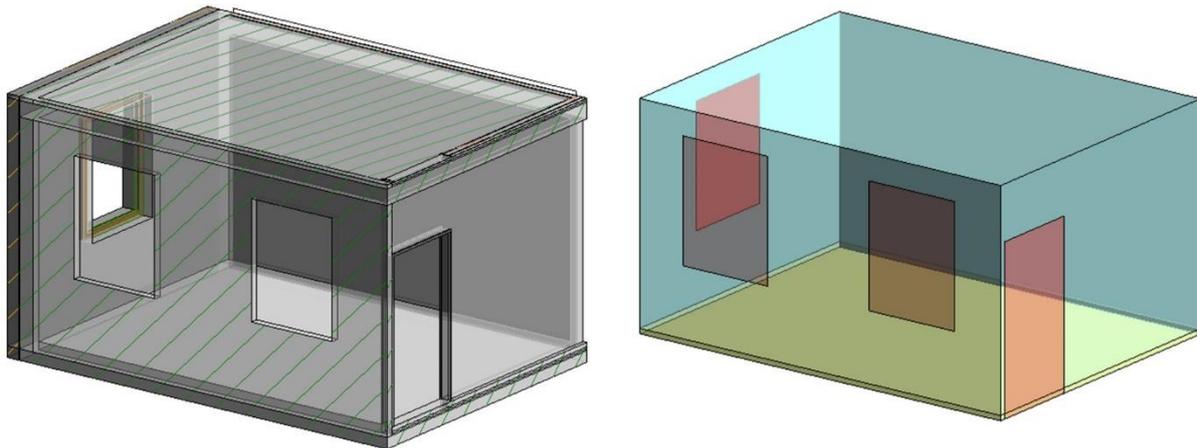


Abbildung 5.8: Raumboerflächen<sup>75</sup>

Mit dem Room Assistent können die Oberflächeneigenschaften (Boden, Wand, Decke) von einzelnen Räumen oder von Raumgruppen, die gleiche Oberflächeneigenschaften haben, definiert werden. Die Räume müssen dafür im Vorhinein nach Ihrer Belegung (z. B. Nassraum, Wohnzimmer, siehe Tabelle 5.2) typisiert werden. Dazu sind die unterschiedlichen Belegungstypen zu identifizieren und definieren.

Tabelle 5.2: Raumbellegungstypen

	<b>Decke</b>	<b>Wand</b>	<b>Boden</b>
<b>Zimmer</b>	Innendispersion	Innendispersion	Klebparkett
<b>Gang</b>	Innendispersion	Innendispersion	Terrazzo
<b>Bad/WC</b>	Latexdispersion	Wandfliesen	Bodenfliesen

Der Room Assistent kann anhand von Räumen, BIM-Objekte der Geschossdecken-Familie im Modell platzieren. So können die Fußbodenaufbauten, Flachdachkonstruktionen oder Abhangdecken schneller als mit einer manuellen Modellierweise erstellt werden.

Der Room Assistent ist eine BIM-Lösung für die Erstellung des Raumbuches. Da die geometrischen Daten (Fläche, Umfang, Höhe, Volumen) der Räume in Revit automatisch ermittelt werden, ist diese Arbeitsweise schneller und einfacher als jene mit programmierten Excel-Tabellen

Mit dem Room Assistent können Informationen über Teilleistungen der folgenden Leistungsgruppen definiert werden:

- LG11 Estricharbeiten
- LG19 Baureinigung
- LG21 Dachabdichtungsarbeiten

<sup>75</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

- LG24 Fliesen- und Plattenlegerarbeiten
- LG27 Terrazzoarbeiten
- LG38 Holzfußboden
- LG39 Trockenbau (Deckenbekleidungen)
- LG46 Beschichtungen auf Mauerwerk, Putz und Beton
- LG49 Beschichtungen von Betonböden
- LG50 Kleberarbeiten für Boden- und Wandbelege

### 5.2.3 Vorlagedatei

Die für die beschriebene Arbeitsweise notwendigen Revit-Einstellungen werden in einer Vorlagedatei definiert. Diese dient als Basis für die Erstellung jedes neuen Projektes. In der Vorlagedatei erfolgt die notwendige Parameterverwaltung. Hier werden die Parameternamen und Parametertypen definiert. Weiters wird definiert, welche Parameter zu welchen Familien (Wand, Geschossdecke, Stütze, etc.) zugewiesen werden. Um eine optimale Arbeitsweise zu ermöglichen, müssen hier alle Einstellungen mit jenen des Bauteilgenerators korrespondieren. Die Abbildung 5.9 zeigt ein Beispiel der Parameterverwaltung im Revit. Wenn im Bauteilgenerator definiert ist, dass bei einer Stahlbetonwand die Expositionsklasse unter den Parameternamen „Expositionsklasse“ gespeichert wird, muss der Parameter mit diesem Namen (1), der Parametertyp (2), die Parameterart (4) und die Zuordnung zur richtigen Familien (3) im Projekt vorhanden sein. Ohne diese Einstellung kann das BIM-Objekt im Bauteilgenerator nicht angelegt werden.

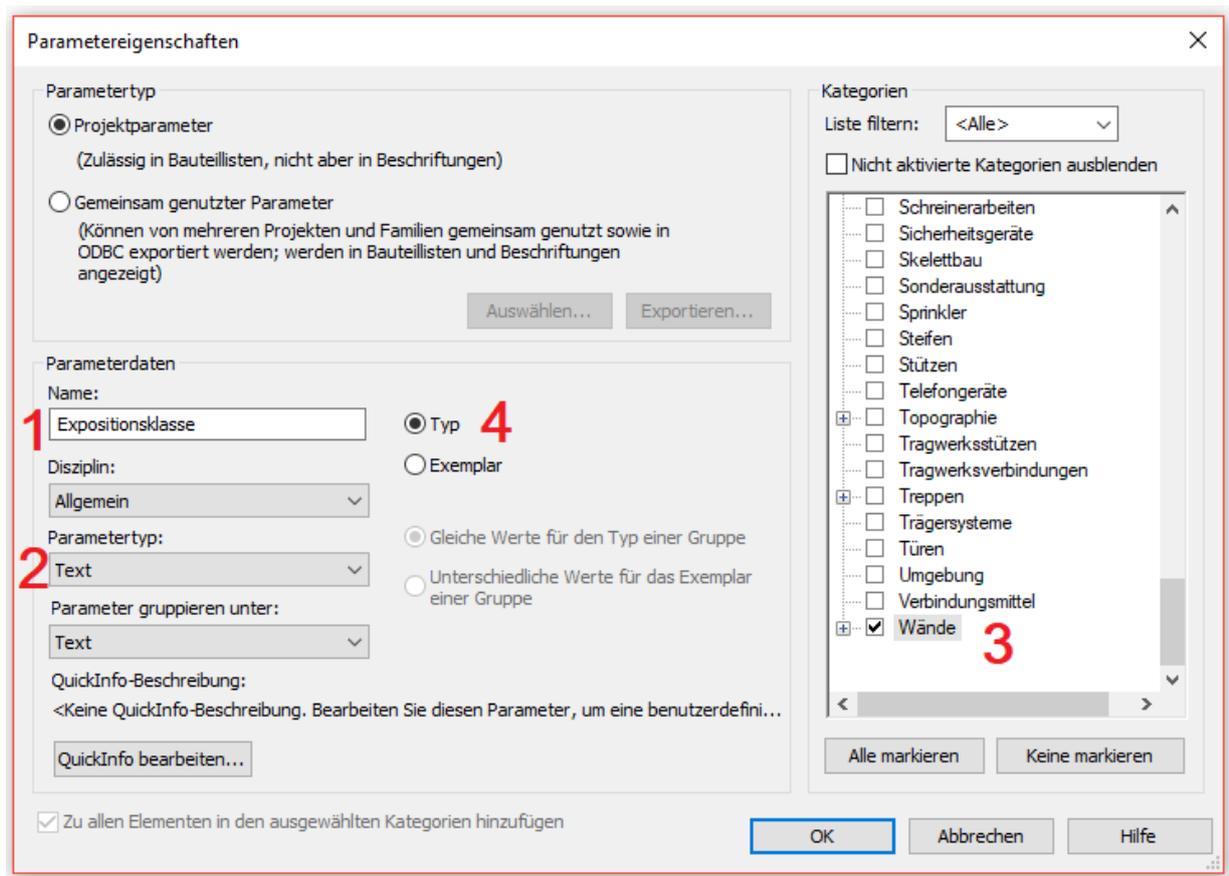


Abbildung 5.9: Parameterverwaltung im Revit<sup>76</sup>

In der Vorlagedatei können weitere Einstellungen definiert werden, welche die Projektbearbeitung erleichtern und beschleunigen. Es können zum Beispiel standardisierte Bauteillisten oder 3D-Ansichten mit unterschiedlichen Filtern angelegt werden (vergleiche Abbildung 5.3), die zu qualitativen oder quantitativen Kontrollen dienen.

### 5.3 iTWO

iTWO 5D ist eine 5D-Softwarelösung<sup>77</sup> für integrales Planen und Bauen, die eine Visualisierung, Auswertung und Simulationen von BIM-Modellen ermöglicht. Die im Modell enthaltenen Informationen können dort gepflegt und weiterverarbeitet werden. Die Software bietet eine durchgängige Projektbearbeitung, beginnend beim Entwurf und der Planung, Mengenermittlung und Kostenschätzung, Ausschreibung und Vergabe über die Angebots- und Auftragsbearbeitung bis hin zur Schlussrechnung und Bewirtschaftung. Trotz des ganzheitlichen Ansatzes bietet die modulare Struktur jederzeit die Möglichkeit, nur einzelne Module zu benutzen und individuelle Lösungen für alle Bereiche der Bauwirtschaft zu

<sup>76</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

<sup>77</sup> 3D Gebäudemodelle, die Informationen über Zeitplanung (4D) und Kosten (5D) enthalten.

organisieren.<sup>78</sup> In diesem Programm können unterschiedliche Datenbanken (z. B. Materialpreise, Teilleistungskatalog) erstellt und gepflegt werden. Der Teilleistungskatalog und die für eine optimale Arbeitsweise in der Angebotsbearbeitung wichtigen Module (BIM Qualifier, Ausstattung und Leistungsverzeichnis), werden folgend beschrieben.

### 5.3.1 Teilleistungskatalog

Ein Teilleistungskatalog ist eine Datenbank, die Positionen enthält. Wenn eine Position im Teilleistungskatalog angelegt wird, kann diese jederzeit in ein Leistungsverzeichnis übernommen werden. Der Teilleistungskatalog bietet dem Benutzer die Option, durch die Benutzung von vordefinierten Positionen, eine standardisierte Arbeitsweise umzusetzen. Der Teilleistungskatalog kann auf Basis der standardisierten Leistungsbeschreibung aufgebaut sein oder aufgrund anderer Anforderungen wie z. B. Bauherrenwünsche. Das Programm bietet die Möglichkeit mehrere Teilleistungskataloge anzulegen. Die Struktur und die beinhalteten Informationsstufen des Teilleistungskatalogs sind frei definierbar.

Im Teilleistungskatalog können die Positionsnummer, Leistungsgruppe, Unterleistungsgruppe, Mengeneinheit, Einheitspreis, Kurztext sowie der Grundtext und Langtext definiert werden. Weiters können diese vordefinierten Positionen mit einer Kalkulation oder Aufwandswerten verknüpft werden.

Alle Teilleistungen, die von BIM-Modellen erfasst werden sollen, müssen in diesem Katalog definiert sein. Im Ausstattungsmodul werden die Positionen mittels der Positionsnummer mit der entsprechenden Mengenabfrage verknüpft.

### 5.3.2 BIM Qualifier

Mit dem BIM Qualifier Modul werden die CPI- oder IFC-Dateien in iTWO importiert. Nach dem Import wird die Qualität der CPI Datei geprüft.<sup>79</sup> Hier werden eventuelle Fehler, wie Geometriefehler<sup>80</sup> oder doppelte Attribute<sup>81</sup> hervorgehoben, da diese eine genaue Mengenermittlung beeinträchtigen können. Während einige Fehler im BIM Qualifier behoben werden können, müssen andere (z. B. Geometriefehler) im Revit behoben werden.

---

<sup>78</sup> Vgl. RIB Software: iTWO 2017 Benutzerhandbuch

<sup>79</sup> Vgl. RIB Software: BIM Qualifier Benutzerhandbuch

<sup>80</sup> Geometriefehler entstehen, wenn die Geometrie eines BIM-Objektes nicht geschlossen ist. Kann durch komplexe Modelle mit überlappenden BIM-Objekten entstehen.

<sup>81</sup> Doppelte Attribute entstehen, wenn ein BIM-Objekt zwei Attribute mit dem gleichen Namen aber unterschiedlichen Werten beinhaltet.

Hier können auch zwei Modellzustände visuell verglichen werden. Bei dem Vergleich wird zwischen neuen, gelöschten und geänderten BIM-Objekten farblich unterschieden.

Während der Modellbearbeitung im Revit kann es passieren, dass einige Attributwerte, die wichtig für die Leistungserfassung sind, nicht eingetragen wurden. Über die Attributregel-Funktion des BIM Qualifier können solche Werte eingetragen werden. Mit dieser Funktion wird sichergestellt, dass jedes BIM-Objekt einen ComponentType Wert bekommt, sodass er in die Ausstattung erkannt wird.

Wenn eine CPI-Datei bearbeitet und geprüft ist, wird sie in das Ausstattungsmodul übergeben.

### 5.3.3 Ausstattung

Im Ausstattungsmodul passiert eine auf den BIM-Objekten basierte Mengenermittlung. Die Ausstattung verknüpft BIM-Objekte mit der entsprechenden Position des Teilleistungskataloges mittels Mengenabfragen. Die Mengenabfragen werden in diesem Modul definiert und sind das Kernstück des Programmes.<sup>82</sup> Mittels einer komplexen Syntax ist es möglich BIM-Objekte mit passenden Attributen zu filtern und an diesen die gewünschten Mengenberechnungen durchzuführen. Die Ausstattung ist grundsätzlich eine Bibliothek von Mengenabfragen mit frei definierbarer Struktur. Jede Mengenabfrage ist mit der entsprechenden Position durch die Positionsnummer gekoppelt. Die Verbindung des BIM-Objekts mit den entsprechenden Mengenabfragen kann auf drei unterschiedlichen Arten erfolgen:

- **Manuelle Zuordnung**  
Beliebige BIM-Objekte werden mit definierten Mengenabfragen manuell verknüpft
- **Auswahlgruppen**  
Auswahlgruppen werden entweder manuell oder aufgrund von vordefinierten Regeln festgelegt. BIM-Objekte, deren Attribute diesen Regeln entsprechen, gelangen in eine solche Auswahlgruppe und werden mit der zugewiesenen Mengenabfrage verbunden. Beispiel: Alle BIM-Objekte die unter dem Attribut „cpiComponentType“, der Wert „Wall“ haben.
- **Matchkey**  
Es handelt sich um einen frei definierbaren Schlüssel, der aus beliebigen alphanumerischen Zeichen zusammengesetzt werden kann. Der Matchkey kann bei den BIM-Objekten bereits bei der Erstellung im Bauteilgenerator als ein Attribut definiert.

---

<sup>82</sup> Vgl. RIB Software: Ausstattung Benutzerhandbuch

## 5. Prozess Grundlagen

Die manuelle Verbindung wird bei Projekten mit mehreren hundert BIM-Objekten fehleranfällig und zeitintensiv. Solche Vorgehensweise wird für eine optimale Prozess nicht tauglich sein. Die Anzahl der BIM-Objekte, für die die Mengenabfrage durchgeführt wird, ist bei Matchkey viel kleiner als bei Auswahlgruppen. Dementsprechend wird die Mengenermittlung kürzer dauern. Abhängig von dem Umfang kann eine Ausstattung mehrere Tausende Mengenabfragen beinhalten. Deswegen ist die Dauer der einzelnen Mengenabfragen ein wichtiger Faktor. Obwohl die Verbindung der Mengenabfragen durch Matchkey voraussetzt dass diese in BIM-Autorenwerkzeug definiert sind, ist solche Verbindung effizienter.

Eine wichtige Funktion dieses Moduls ist der Variablenassistent. Im Variablenassistenten können verschiedene Variablen mit entsprechenden Werten vordefiniert werden, die anschließend von den Mengenabfragen abgerufen werden. Damit können die Abrechnungsregeln berücksichtigt werden. Die Variablen werden in einer Vorlage definiert, können in jedem Projekt jedoch leicht angepasst werden.

Der ganze Prozess wird nachfolgend anhand der Aufzählungsposition für gepumpten Beton erklärt (siehe Abbildung 5.10):

Struktur	Schlüssel	Matchkey	OZ	Bezeichnung	Mengenabfrage	ME	Menge
				Ausstattung			
	03			Rohbau			
	03.07			Beton- und Stahlbetonarbeiten			
	03.07.173			Wände			
	03.07.173.10			Ortbetonwände			
	03.07.173.10.10			Ortbetonwände 1STG			
	03.07.173.10.20			Ortbetonwände 2STG			
	03.07.173.10.20.10			Ortbetonwände 2STG Standard			
	03.07.173.10.20.10.40	173_OBWA_2STG_C2530		Ortbetonwände 2STG Standard			
	03.07.173.10.20.10.40.40			Sonstige Leistungen			
	03.07.173.10.20.10.40.40.10			Aufzählungen Beton			
	03.07.173.10.20.10.40.40.10.30			Aufzählungen Beton - besondere			
	03.07.173.10.20.10.40.40.10.30.140		07.08.35G	Az. gepumpter Beton	QTO(Typ:="Volumen";Norm:="Brutto";Bauteil:=" Bauteiltyp =='Wall' und \$MaterialName =='*' und \$porr_Text_T07 == 'Beton mit Pumpe einbringen' ;") - QTO(Typ:="Volumen";Norm:="Brutto";Bauteil:=" Bauteiltyp =='Wall' und \$MaterialName =='*' und \$porr_Text_T07 == 'Beton mit Pumpe einbringen' ; Bauteiltyp =='Opening' und FlächeMax >=@AbzGr_qm ")	m <sup>2</sup>	0,000

Abbildung 5.10: Ausstattungsposition für Aufzählung für gepumpten Beton<sup>83</sup>

Abbildung 5.10 zeigt die Struktur im Ausstattungsmodul. Es ist ersichtlich, dass die Position unter Schlüssel **03.07.173.10.20.10.40.40.10.30.140** (1) der Ausstattungs-Gliederung mit dem Matchkey **173\_OBWA\_2STG\_C2530** (2) verknüpft ist. Diese Position ist der Teilleistungskatalog Position **07.08.35G Az. gepumpter Beton** (3) zugeordnet und wird in die Mengeneinheit (ME) Quadratmeter (4) dargestellt. Die Syntax der Mengenabfrage (5) die dieser Position zugeordnet ist, ist folgende:

```
QTO(Typ:="Volumen";Norm:="Brutto";Bauteil:=" Bauteiltyp =='Wall' und $MaterialName =='*' und $porr_Text_T07 == 'Beton mit Pumpe einbringen' ;") - QTO(Typ:="Volumen";Norm:="Brutto";Bauteil:=" Bauteiltyp =='Wall' und $MaterialName =='*' und $porr_Text_T07 == 'Beton mit Pumpe einbringen' ; Bauteiltyp =='Opening' und FlächeMax >=@AbzGr_qm ")
```

<sup>83</sup> Bildschirmfoto aus iTWO.

Hier ist zu erkennen, dass die Mengenermittlung aus zwei QTO (Quantity Take-off) Abfragen – der blauen und der roten – zusammengesetzt ist. Die blaue bezieht sich auf die Wand (Wall) und die zweite auf die Bauteilöffnung (Opening). Die Typ-Funktion (Typ:="Volumen") berechnet das Volumen des aktuellen Bauteils. Im Folgenden wird definiert, dass die Volumenberechnung mittels Bruttomaß erfolgen soll. Unter der Bauteil-Funktion (Bauteil:="...") wird weiter eingeschränkt, wann die QTO-Abfrage überhaupt aktiv wird. In diesem Fall erfolgt eine Mengenermittlung nur, wenn in porr\_Text\_T07 der Wert „Beton mit Pumpe einbringen“ enthalten ist.

Der zweite Teil der QTO-Abfrage greift auf Bauteilöffnungen zu und subtrahiert Öffnungen, um die entsprechende Abzugsregeln erfüllen (FlächeMax >= @AbzGr\_qm). @AbzGr\_qm stellt hierbei eine projektspezifische Variable dar, mit der die Abzugsregeln an die geltenden Normen angepasst werden können.

Die Dauer der Mengenermittlung ist abhängig von der Projektgröße bzw. der Anzahl der BIM-Objekte in einem Projekt, sowie der Anzahl der Positionen in der Ausstattung. Bei großen Projekten kann die Dauer der Mengenermittlung bis zu 45 Minuten betragen.

Nachdem die Mengenermittlung durchgeführt worden ist, kann das Leistungsverzeichnis erstellt werden.

### 5.3.4 Leistungsverzeichnis

Im Leistungsverzeichnismodul werden die Leistungsverzeichnisse mit allen üblichen Informationen (siehe Kapitel 4) und das verknüpfte Modell dargestellt.<sup>84</sup> Durch Auswählen einer Position oder Leistungsgruppe des Leistungsverzeichnisses werden nur die entsprechenden BIM-Objekte im Visualisierungsfenster dargestellt. Abbildung 5.11 zeigt die Oberfläche des Leistungsverzeichnismoduls. Die Leistungsgruppe 07 Beton- und Stahlbetonarbeiten ist ausgewählt (links) und dementsprechend sind im Visualisierungsfenster (rechts) nur jene BIM-Objekte dargestellt, die dieser Leistungsgruppe angehören. Die Öffnungen sind in rot dargestellt.

---

<sup>84</sup> RIB Software: Leistungsverzeichnis (Ausschreibung) Benutzerhandbuch.

## 5. Prozess Grundlagen

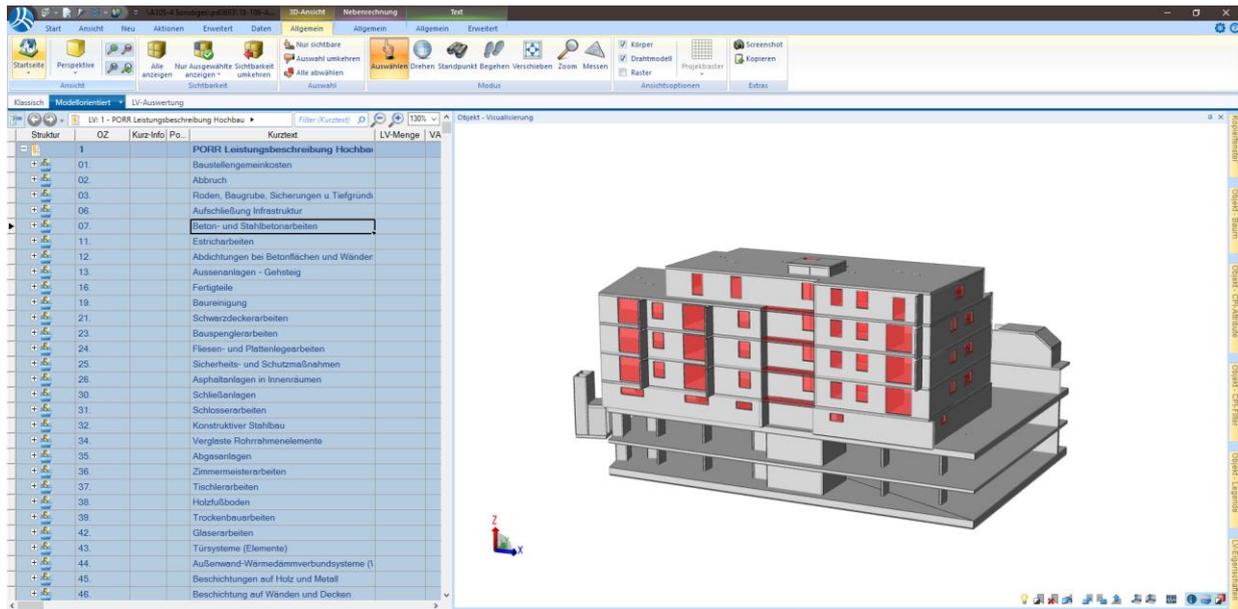


Abbildung 5.11: Leistungsverzeichnismodul im iTWO<sup>85</sup>

Das Leistungsverzeichnismodul hat eine große Auswahl an Fenstern und Funktionen, welche die Bearbeitung eines Projektes erleichtern. Im CPI-Filterfenster befindet sich eine Liste mit allen im Projekt enthaltenen Attributen. Die BIM-Objekte können hier anhand jedes vorhandenen Attributs gefiltert werden. Im rechten Teil (1) der Abbildung 5.12. ist im CPI-Filterfenster Leistung das Attribut „porr\_Geschoß“ ausgewählt. Mit diesem wird im Projekt die Geschoßstruktur beschrieben. In der Dropdown-Liste sehen wir jeden Attributwert, der im Projekt enthalten ist. Durch Auswahl des Attributwerts OG02 werden in dem Visualisierungsfenster nur BIM-Objekte dargestellt, die diesen Attributwert enthalten (Teil 2 der Abbildung 5.12). Wenn ein BIM-Objekt angeklickt wird, wird es gelb dargestellt (Teil 2 der Abbildung 5.12) und in dem CPI-Attributfenster (Teil 3 der Abbildung 5.12) werden alle seine Attribute aufgelistet. Hier kann der Benutzer sehen, mit welchen Ausstattungspositionen das BIM-Objekt verknüpft ist. Wenn hier festgestellt wird, dass ein BIM-Objekt fehlerhaft ist, entweder geometrisch oder mit falschen Attributen versehen, kann die RevitID (siehe Kapitel 5.2) ausgelesen werden. Mittels die RevitID kann das BIM-Objekt in Revit sofort gefunden werden. Im Mengensplit-Fenster (Teil 4 der Abbildung 5.12) ist die ermittelte Nettomenge ersichtlich. Im Nebenrechnungs-Fenster (Teil 5 der Abbildung 5.12) ist der Berechnungsansatz der Nettomenge dargestellt. Weitere Fenster enthalten Informationen über Grundtext oder Langtext.

<sup>85</sup> Bildschirmfoto aus iTWO.

## 5. Prozess Grundlagen

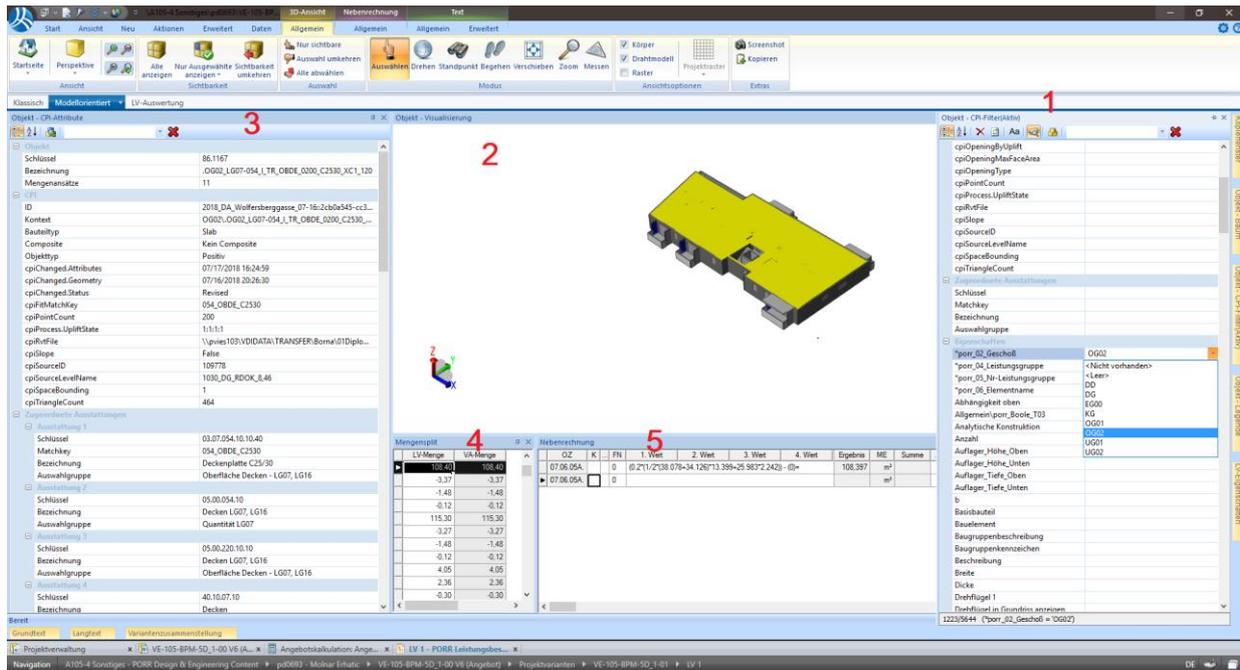


Abbildung 5.12: Fenstern und Funktionen des Leistungsverzeichnismoduls<sup>86</sup>

Erweiterte und spezialisierte Filterregeln können mit der Multimodellvisualisierungsfunktion definiert werden. Mit dieser Funktion kann die Darstellung des Modells, auf ähnliche Weise wie die 3D-Ansichten im Revit (siehe Kapitel 5.3), gefiltert werden. Dadurch, dass die BIM-Objekte im iTWO mit entsprechenden Positionen, Mengen, Einheitspreisen usw. verknüpft sind, können hier detailliertere Visualisierungen als im Revit dargestellt werden. Abbildung 5.13 zeigt für die Leistungsgruppe 44 definierte Multimodellvisualisierungsregeln. Alle BIM-Objekte, die zu dieser Leistungsgruppe gehören, werden farblich dargestellt. An der rechten Seite ist eine Legende sichtbar. Diese zeigt, welche BIM-Objekte welchen Positionen entsprechen und wie viele BIM-Objekte in dem Modell vorhanden sind.

<sup>86</sup> Bildschirmfoto aus iTWO.

## 5. Prozess Grundlagen



Abbildung 5.13: Multimodellvisualisierungsregeln für LG 44<sup>87</sup>

Mit Hilfe dieser Regeln und der Multimodellvisualisierung erfolgt die Kontrolle, ob alle notwendigen Leistungen im Leistungsverzeichnis erfasst wurden.

<sup>87</sup> Bildschirmfoto aus iTWO.

## 6 Definition des Prozesses für BIM-Leistungserfassung

In diesem Kapitel wird untersucht, wie die beschriebene Methodik der Leistungserfassung möglichst effizient eingesetzt werden kann. Die folgenden Überlegungen basieren auf dem Leistungserfassungsprozess eines Hochbauprojektes während der Angebotsphase. Es wird eine unechte funktionale Generalunternehmer-Ausschreibung mit Pauschalvertrag vorausgesetzt.

### 6.1 Rahmenbedingungen der Leistungserfassung

Ein durchschnittliches Projekt hat einen Angebotszeitraum von drei bis vier Wochen. An der Angebotserstellung sind üblicherweise zwei Techniker und ein Kalkulant beteiligt. Für die Kalkulation der TGA-Kosten ist eine weitere Fachperson zuständig. Die Techniker sind verantwortlich für die Mengenermittlung. Generell handelt es sich bei Technikern eher um Branchen-Einsteiger, die firmenintern für die BIM-Arbeitsweise geschult werden. Der Kalkulant ist verantwortlich für Erstellung eines Angebotes. Er entscheidet welche Teilleistungen in einem Leistungsverzeichnis inkludiert werden müssen. Die Kalkulanten haben beträchtliche technische Vorerfahrung, aber wenig bis keine Erfahrung mit der BIM-Technologie.

Die Mengenermittlung erfolgt teilweise mittels der Revit + iTWO-Methodik und teilweise mittels der EDV unterstützten manuellen Methode. In Regelfall erstellt ein Techniker das Modell, während der andere die manuelle Mengenermittlung mittels vorprogrammierten Excel-Tabellen macht. Obwohl der Großteil der Leistungen mittels Revit + iTWO-Methodik erfasst werden kann, werden nicht alle BIM-Objekte benutzt. Derzeit gibt es keine genaue Vorgabe, was in einem Modell abgebildet sein muss. Der Detaillierungsgrad der Modelle unterscheidet sich somit von Projekt zu Projekt wesentlich. Weiters gibt es keine standardisierte Modellierungsreihenfolge, was zu qualitativen und quantitativen Ungenauigkeiten führen kann. Da die Anwendung der BIM-Technologie noch in der Anfangsphase ist, verursacht jeder Fehler oder Mangel am Modell einen hohen Vertrauensverlust in die Vorteile dieser Innovation. In weiterer Folge dieser Diplomarbeit wird ein standardisierter Prozess definiert.

Eine große Priorität während der Leistungserfassung sind die Preisanfragen für Leistungen, die an Subunternehmer vergeben werden. Diese sind in der Angebotsphase so früh wie möglich zu erstellen. Wesentlich ist, dass nicht für alle Subunternehmer-Leistungen Preisanfragen zu erstellen sind. Für Leistungen, die immer an denselben Subunternehmer vergeben werden, sind die Preise größtenteils bekannt. Für Leistungen, die einen geringen Anteil an den Gesamtkosten des Gebäudes haben (z. B. Spengler), können die Preisanfragen ebenfalls entfallen. Die Kosten dieser Leistungen können pauschal mit Erfahrungswerten bzw. einem Prozentanteil an der Gesamtsumme geschätzt werden. Besonders wichtig sind demgegenüber Preisanfragen, die

einem großen Anteil des Gesamtbetrags entsprechen. Beispiele hierfür sind Innenwände, Fassade, Fenster und Türen. Die Erstellung der Preisanfragen für Fenster, Türen und Innenausbau-Leistungen, die mit dem Room-Assistent abgedeckt werden, werden in dieser Diplomarbeit als unverzichtbar betrachtet.

Um einen optimalen Prozess zu definieren, müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Detailtiefe des BIM-Modells ist in der Angebotsphase sinnvoll anzustreben?
- Was ist die optimale Reihenfolge der Modellierung?
- Welche Rollen und Aufgaben beinhaltet der Angebotserstellungsprozess?
- Wie wird die Genauigkeit der Modellierung gewährleistet?

Da die Modellierung nur ein Teil der Aufgaben in der Angebotsphase ist, muss diese anhand der Bedürfnisse des ganzen Angebotserstellungsprozesses angepasst und optimiert werden. Deswegen sind eine optimale Reihenfolge von Modellierung, möglichst reibungsloser Ablauf und die Genauigkeit der Modellierung ausschlaggebend. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Angebotserstellung und hohe Leistung ist eine gute Teamarbeit und klare Aufteilung der Rollen, Aufgaben und Verantwortungen. In folgenden Kapiteln werden diese Fragen beantwortet und am Ende wird der ganze Prozess schrittweise erklärt.

## 6.2

### 6.3 BIM-Modell-Detailtiefe

Grundsätzlich ist es möglich, ein genaues digitales Abbild von einem Bauwerk mittels BIM zu erstellen und eine vollständige Mengenermittlung zu gewährleisten. Revit stellt eine Vielfalt von BIM-Objektfamilien zur Verfügung, die eine Abbildung von elementaren bis zu sehr detaillierten Gebäudeelementen ermöglichen.

Es ist beispielsweise möglich, eine Pfosten-Riegel-Fassade bis ins Detail zu modellieren. Es stehen BIM-Objekte zur Verfügung, die Pflanzentröge, Waschbecken usw. repräsentieren. Mittels der Familienkreator-Funktion können weitere benutzerdefinierte BIM-Objektfamilien erstellt werden.

Solche Detailtiefe ist zeitintensiv und/oder verlangt viele Modellierer und ist für die Angebotsphase daher nicht tauglich. Für die Überlegung, welche Detailtiefe in der Angebotsphase sinnvoll anzustreben ist, sind folgende Kriterien ausschlaggebend:

- Effektivität:  
Die kostenintensivsten Gebäudeelemente in dem Modell abzubilden.
- Schnelligkeit:

So schnell, bzw. so einfach wie möglich zu modellieren, da nur ein begrenzter Zeitraum zur Verfügung steht.

Um diese Kriterien zu erfüllen, ist es sinnvoll das Pareto-Prinzip<sup>88</sup> (siehe Abbildung 6.1) näherungsweise anzuwenden und mit geringerem Aufwand die Gebäudeelemente, die dem Großteil der Kosten entsprechen, in dem Modell abzubilden.

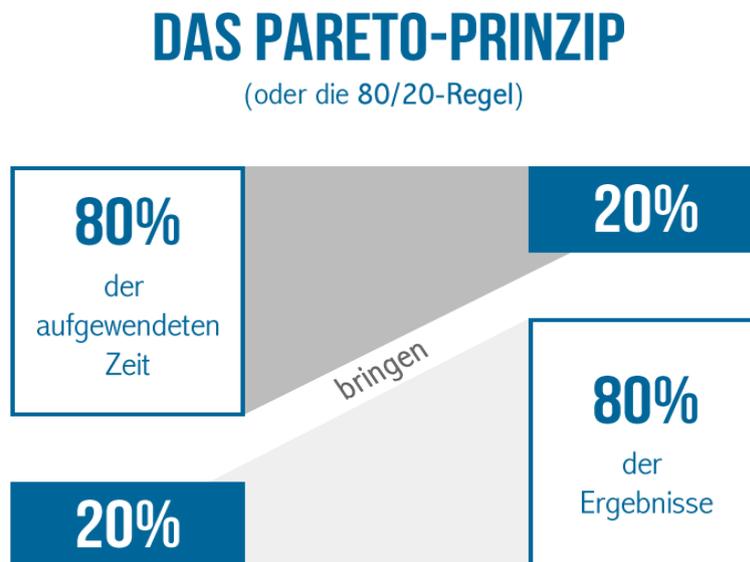


Abbildung 6.1: Pareto-Prinzip<sup>89</sup>

Laut BKI Baukosten 2018 Neubau; Teil 1 Statistische Kennwerte für Gebäude<sup>90</sup> ergeben die Gebäudeelemente, die unter die Kostengruppen 330 Außenwände, 340 Innenwände, 350 Decken und 360 Dächer des DIN 276-1<sup>91</sup> Kostengliederung bei einem Mehrfamilienhaus 82,1 % der Baukonstruktionskosten (siehe Abbildung 6.2). Gebäudeelemente dieser Kostengruppen müssen in Modell repräsentiert werden.

---

<sup>88</sup> Das Pareto-Prinzip besagt, dass 80 % der Ergebnisse mit 20 % des Gesamtaufwandes erreicht werden. Die verbleibenden 20 % der Ergebnisse erfordern mit 80 % des Gesamtaufwandes die quantitativ meiste Arbeit.

<sup>89</sup> Vgl. FlowFinder: <https://www.flowfinder.de/pareto-prinzip>, abgerufen am 11.03.2019.

<sup>90</sup> Wolfdietrich Kalusche, Sebastian Herke: BKI Baukosten 2018 Neubau; Teil 1 Statistische Kennwerte für Gebäude (BKI Baukosteninformationszentrum, Stuttgart 2018).

<sup>91</sup> Vgl. DIN 276-1: Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau (Ausgabe 2008-12).

## 6. Definition des Prozesses für BIM-Leistungserfassung

KG	Kostengruppen der 2. Ebene	Einheit	▷	€/Einheit	◁	▷	% an 300	◁
310	Baugrube	m <sup>3</sup> BGI	22	39	62	2,8	4,4	6,6
320	Gründung	m <sup>2</sup> GRF	152	243	365	4,6	8,3	11,7
330	Außenwände	m <sup>2</sup> AWF	305	355	419	24,9	29,1	35,0
340	Innenwände	m <sup>2</sup> IWF	134	162	221	15,2	17,3	20,1
350	Decken	m <sup>2</sup> DEF	228	279	349	20,2	24,7	29,3
360	Dächer	m <sup>2</sup> DAF	233	301	372	9,0	11,0	12,8
370	Baukonstruktive Einbauten	m <sup>2</sup> BGF	2	11	33	0,1	0,7	2,7
390	Sonstige Baukonstruktionen	m <sup>2</sup> BGF	21	36	58	2,5	4,6	6,9
<b>300</b>	<b>Bauwerk Baukonstruktionen</b>	<b>m<sup>2</sup> BGF</b>					<b>100,0</b>	

Abbildung 6.2: Aufteilung der Baukonstruktionskosten nach DIN 276-1 Kostengruppen<sup>92</sup>

Die Schnelligkeit und Einfachheit der Modellierung wird durch Benutzung von ausschließlich elementaren BIM-Objektfamilien und Revit-Funktionen gewährleistet. Elementare BIM-Objektfamilien sind Wände, Stützen, Unterzuge, Geschossdecken, Fenster und Türen. Nur diese Gebäudeelemente werden modelliert. Wegen einfacher Nutzung und hoher Effektivität wird die Raum-Funktion bzw. der Room Assistent Plug-in einer der wesentlichsten Werkzeuge der Modellierung in einem optimalen Prozess. Der Vorteil von diesen BIM-Objekten und Funktionen ist, dass diese einfach zu modellieren und dadurch auch von unerfahrenen Modellierern leicht angewandt werden können.

Der Anteil der Baukonstruktionskosten der mittels dieser BIM-Objekte mit 20 % des Gesamtaufwands in einem BIM-Modell abgebildet werden können, ist kleiner als 82,1 %. Das gründet sich erstens darauf, dass viele Elemente der erwähnten Kostengruppen wie z. B. Treppen mit den elementaren BIM-Objektfamilien und Revit-Funktionen in Modell nicht abgebildet werden können. Und zweitens werden nur Hauptleistungen aus diesen BIM-Objekten ermittelt. Hauptleistungen sind jene, für welche die entsprechenden Mengen direkt aus den Parametern eines BIM-Objekts abgeleitet werden können. Diese ergeben dem Großteil der Kosten, die ein BIM-Objekt entspricht. Die Ermittlung von weiteren Positionen verlangt zusätzlichen Aufwand bzw. Dateneingabe.

Anhand einer Trockenbauwand wird der erwähnte zusätzliche Aufwand näher erläutert. Im Bauteilgenerator werden für eine Trockenbauwand das Profil, die Beplankung und die Art der Beplankung definiert. Wenn der Wandtyp modelliert bzw. in Modell platziert wird, werden gleichzeitig seine Parameter wie Länge, Höhe, Fläche usw. definiert. Im Ausstattungsmodule wird auf diese Parameter zugegriffen, in Übereinstimmung mit den Abrechnungsregeln werden eventuelle Öffnungen abgezogen und die Fläche für die Hauptposition (siehe Abbildung 6.3 für Beispiel) wird berechnet.

<sup>92</sup> Wolfdietrich Kalusche, Sebastian Herke: BKI Baukosten 2018 Neubau; Teil 1 Statistische Kennwerte für Gebäude (BKI Baukosteninformationszentrum, Stuttgart 2018).

<b>392102F</b>	<b>ESTW CW100/125mm 43dB 2GKPI.b.3,2m</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
392103	Einfachständerwände (ESTW), beidseitig doppelt beplankt mit 12,5 mm Gipskartonplatten (4GKPI.). Bauteilhöhe von Null bis 3,2 m	

Abbildung 6.3: Hauptposition eines Trockenbauwand<sup>93</sup>

Wand kann die Grundlage weitere detailliertere Teilleistungen sein, zum Beispiel kann sie als Unterkonstruktion für Sanitäreinrichtungen dienen oder mittels Blechstreifen verstärkt werden. Solche Informationen müssen zusätzlich in den Exemplarparametern einer Trockenbauwand definiert werden. Für die Teilleistungen, die in Stück ermittelt werden (z. B. Unterkonstruktion für Sanitäreinrichtung) muss die richtige Anzahl in den Exemplarparametern definiert werden. Bei solchen Teilleistungen hat die BIM-Technologie keinen wesentlichen Vorteil im Vergleich zur manuellen Mengenermittlung, weil die Menge direkt definiert sein muss und solche Informationen in der Angebotsphase nur im Sonderfall in Modell definiert werden.

Um die erwähnten Kriterien zu erfüllen werden folgende Gruppen der BIM-Objekte als die notwendige BIM-Modell-Detailtiefe definiert:

- Rohbau
- Trennwände
- Fenster
- Türen
- Fassade
- Innenausbau-Leistungen, die mit Room Assistent abgedeckt sind (siehe Kapitel 5.2.2)

Der Anteil der Baukonstruktionskosten, die trotz der erwähnten Einschränkungen mit dieser Detailtiefe in einem BIM-Modell abgebildet werden können, wird in dem Fallbeispiel (siehe Kapitel 7.3) untersucht.

Im Anhang A befindet sich eine Liste der Hochbau Gewerke, deren Elemente mit dieser Detailtiefe abgedeckt werden können.

### 6.4 Modellierungsreihenfolge

Die Subunternehmer-Leistungen, für welche die Preisanfragen notwendig sind, diktieren die Reihenfolge der Mengenermittlung. Diese haben Priorität und sollten so früh wie möglich ermittelt werden, weil die Subunternehmer eine gewisse Zeit brauchen, um die Preisangebote

---

<sup>93</sup> Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort  
<https://www.bmdw.gv.at/KulturellesErbe/Bauservice/Documents/Hochbau/LB-HB021-LG39.pdf>,  
abgerufen am 11.03.2019.

zu erstellen. Diese Vorgabe steht im Konflikt mit der definierten BIM-Modell-Detailtiefe. Einige Gruppen der definierten Gebäudeelemente haben Voraussetzungen für das Modellieren oder die exakte Mengenermittlung. Abbildung 6.4 zeigt das Schema der Voraussetzungen. Beispielsweise müssen Fenster oder Tür immer in einer Wand platziert werden. Diese können nicht selbständig in einem Modell sein. Weiters, um die Innenausbau-Leistungen, die mit dem Room Assistent Plug-in abgedeckt sind, exakt zu ermitteln, müssen alle raumbegrenzenden BIM-Objekte (Wände, Geschossdecken, Fenster und Türen) modelliert sein.

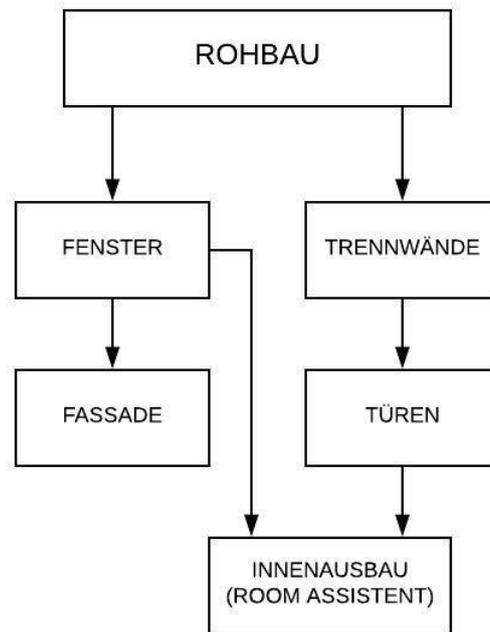


Abbildung 6.4: Schema der Modellierungsvoraussetzungen

Weil die notwendigen Preisfragen (siehe Kapitel 6.1) erst später im Leistungserfassungsprozess erstellt werden können, entsteht die Unsicherheit, dass die Preisangebote nicht zeitgerecht verfügbar sind. Deswegen werden derzeit diese Elemente oft manuell bzw. mittels Excel-Tabellen vor oder parallel zur Modellierung der Rohbau-, Innenwand- und Fassadenelemente erfasst.

Eine solche Vorgehensweise führt zur Überlappung der manuellen mit der modellbasierten Mengenermittlung. Da die Öffnungen bzw. Fenster und Türen die Voraussetzung für die korrekte Mengenermittlung der Rohbau-, Innenwand- und Fassadenelemente sind, müssen ihre Abmessungen im Modell abgebildet werden. Die manuelle Mengenermittlung dieser Elemente ergibt in diesem Fall ein doppeltes Aufwandsniveau. Weiterhin, wenn Rohbau, Fassade, Trennwände, Fenster und Türen schon in Modell erstellt sind, müssen für die Erfassung der Innenausbau-Leistungen nur Räume erstellt und ihre Eigenschaften definiert werden. Das ist wesentlich zeiteffizienter als ein Raumbuch abzubilden (siehe Kapitel 5.2.2). Weiters ist für die Preisfrage

für z. B. Fußbodenaufbau-Elemente die exakte Menge nicht notwendig. Eine Schätzung der Menge anhand der Anzahl der Wohneinheiten kann gemacht werden. Nach der Erstellung der Räume und Eingabe in Room Assistent kann die richtige Menge in das Kalkulation-LV mit den angebotenen Einheitspreisen eingepflegt werden.

Die definierte BIM-Modell-Detailtiefe muss durch gleichzeitiges Arbeiten an dem Modell und der Verteilung der Modellierungsaufgaben erreicht werden. So können BIM-Modelle effizienter und schneller aufgebaut und die notwendigen Preisanfragen zeitgerecht erstellt werden.

Die Modellierungsreihenfolge wird in vier Arbeitspakete (siehe Tabelle 6.1) geteilt. Arbeitspakete enthalten Aufgaben, die zwischen zwei Technikern geteilt werden. Jedes Arbeitspaket muss abgeschlossen werden, bevor mit dem nächsten begonnen wird. Dadurch wird sichergestellt, dass jeder Techniker andere Elemente bearbeitet, so wird die Problematik von überschneidenden Bearbeitungsbereichen (vergleiche Kap. 5.2) umgangen.

Tabelle 6.1: Modellierungsreihenfolge

	1	2	3	4
Techniker 1	Rohbau	Trennwände	Türe	Innenausbau-Leistungen (Room Assistent)
Techniker 2		Fenster	Fassade	

### 6.5 Informationsverwaltung

Der Modellierprozess besteht prinzipiell aus zwei Aufgaben: die Definition der Eigenschaften (im Bauteilgenerator und Exemplarparameterfenster) von BIM-Objekten und die geometrische Modellierung. Die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Modellierung ist abhängig von der Komplexität der Gebäudegeometrie, den Modellierfähigkeiten des Technikers sowie seinen technischen Kenntnissen. Die Techniker haben weniger Erfahrung und benötigen oftmals Unterstützung vom Kalkulanten. Für die Erstellung der BIM-Objekte ist es wichtig, dass die entsprechenden Informationen zeitgerecht verfügbar sind. Das wird nicht möglich sein, wenn die Ausschreibungsunterlagen nicht alle notwendige Informationen für die Erstellung der BIM-Objekte enthalten. Das kann durch einen niedrigen Detaillierungsgrad der funktionalen Ausschreibungen entstehen. Zum Beispiel werden darin für die Kalkulation wichtige, Bewehrungsgehälter nicht definiert. Der Techniker muss den Kalkulanten – der für das Angebot verantwortlich ist – hinzuziehen. Der Kalkulant wird die notwendigen Informationen vom Bauherrn einholen oder selbst Annahmen treffen. Wenn solche Probleme auftreten, verursachen sie Störungen im Modellierungsprozess.

Um einen reibungslosen Modellierungsprozess zu gewährleisten, muss der Kalkulant sicherstellen, dass der Techniker die notwendigen Informationen zeitgerecht zur Verfügung hat. Er ist für die Informationsverwaltung verantwortlich.

Für ein optimales Prozess wird der Kalkulant im Voraus die Ausschreibungsunterlagen studieren, problematische Stellen erkennen und Lösungen definieren. Diese werden in Besprechungen erläutert, welche vor Beginn der Bearbeitung eines Arbeitspaketes stattfinden.

### **6.6 Genauigkeit**

Während der Modellierung können sowohl geometrische Fehler als auch Fehler in der Dateneingabe passieren. Um diese zu vermeiden und die Genauigkeit der Modellierung zu gewährleisten, wird eine zweistufige Modellkontrolle durchgeführt. Eine im Revit und eine im iTWO. Für die Kontrolle im Revit ist der Techniker zuständig. Die Kontrolle erfolgt mittels vordefinierten 3D-Ansichten und Bauteillisten, die sich im Revit-Vorlageprojekt befinden. Für jede Leistungsgruppe wird eine eigene Gruppe von 3D-Ansichten und Bauteillisten erstellt, deren Filtereinstellungen aufgrund der für diese Leistungsgruppe eingegebenen Attribute vordefiniert sind. Nach dem Import in iTWO wird das Modell vom Kalkulanten im Leistungsverzeichnismodul mittels Multimodellvisualisierungsregeln überprüft. Dort ist sichtbar, ob alle notwendigen Teilleistungen in Modell enthalten sind.

In diesen Kontrollen sind geometrische Ungenauigkeiten leicht erkennbar. Beispielsweise, wenn Wände mit falscher Höhe modelliert sind (siehe Abbildung 6.5)

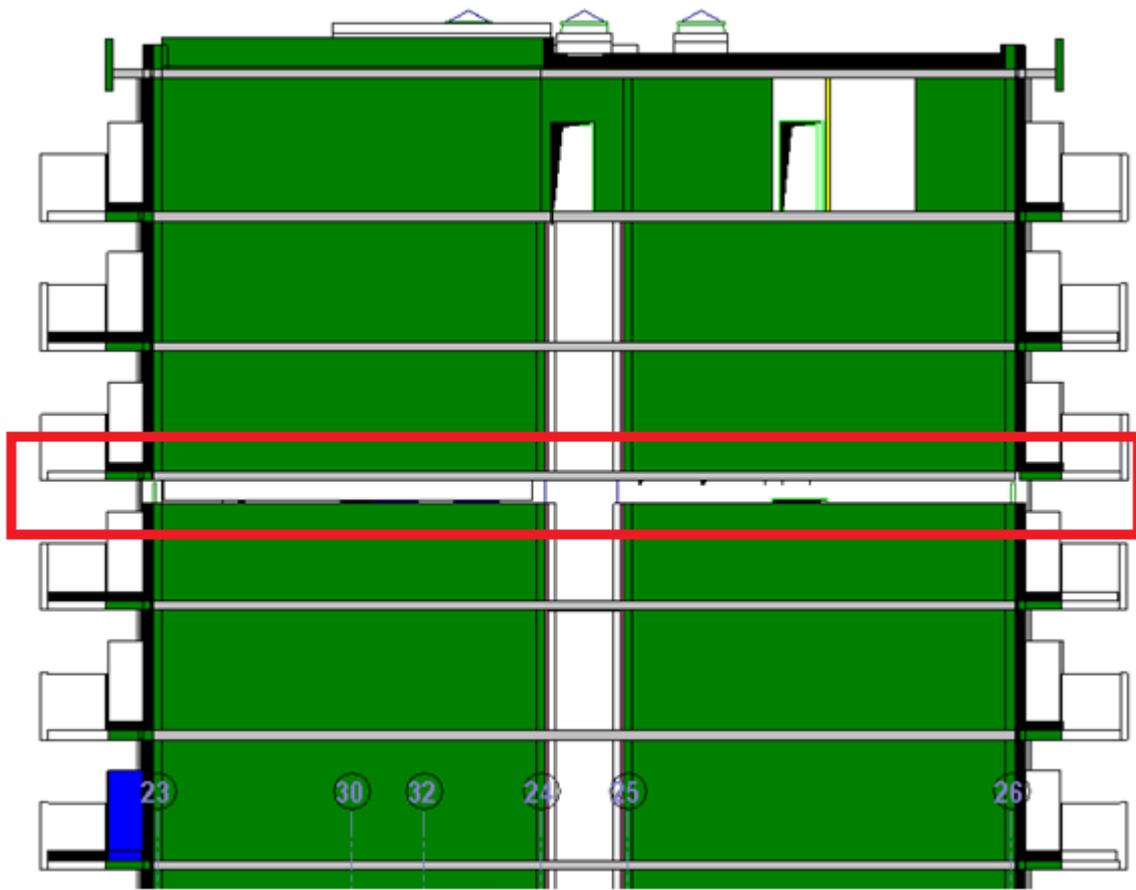


Abbildung 6.5: Geometrische Ungenauigkeiten im Modell

Die Ansichten im Revit und iTWO ermöglichen Visualisierung der eingegebenen Daten. Dadurch können die im Modell enthaltenen Informationen auf schnelle und einfache Weise überprüft werden. Zum Beispiel zeigt die Abbildung 6.6 eine 3D-Ansicht im Revit, die zur Überprüfung der eingegebenen Unterstellhöhen der Ortbetongeschossdecken dient. Um eine rasche Überprüfung zu ermöglichen, sind in die Sichtbarkeitseinstellungen dieser 3D-Ansicht alle BIM-Objekte außer der Ortbetongeschossdecken ausgeblendet. Die BIM-Objekte, für die keine Unterstellhöhe definiert ist, sind in rot dargestellt.

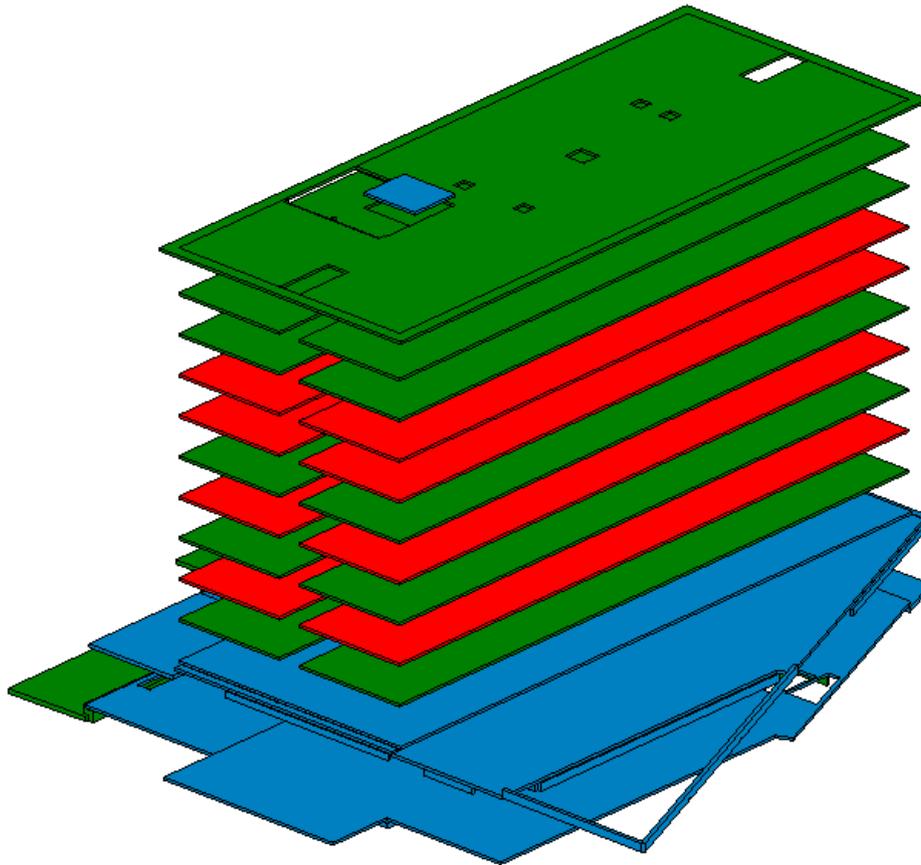


Abbildung 6.6: 3D-Ansicht zur Überprüfung der definierten Unterstellhöhen

### 6.7 Standardisierte Prozess

Die Techniker sind für die Erstellung der BIM-Objekte mittels Bauteilgenerator und ihre korrekte Platzierung im BIM-Modell zuständig. Jeder Techniker ist zuständig für seine Aufgaben innerhalb eines Arbeitspakets. Alle Aufgaben innerhalb eines Arbeitspakets müssen abgeschlossen werden, bevor mit dem nächsten begonnen wird. Die Techniker müssen sich gegenseitig unterstützen, wenn einer seine Aufgaben vor dem anderen abschließt. Wenn ein Arbeitspaket fertig ist, überprüfen die Techniker ihre Eingaben, exportieren das Projekt und unternehmen alle notwendigen Schritte für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses im iTWO (siehe Abbildung 5.1). Wenn alle Modellierungsaufgaben abgeschlossen sind, erfolgt die restliche manuelle Mengenermittlung.

Der Kalkulant ist der Leiter des Angebotserstellungsprozesses. Das Leistungsverzeichnis dient zur Abbildung der Angebotskalkulation, daher definiert der Kalkulant, welche Teilleistungen im Leistungsverzeichnis enthalten sein müssen. Mittels Checklisten überprüft er, ob die Ausschreibungsunterlagen alle notwendigen Informationen für die Abbildung der vorher definierten BIM-Modell-Detailtiefe enthalten. Er sorgt dafür, dass diese Informationen

## 6. Definition des Prozesses für BIM-Leistungserfassung

zeitgerecht verfügbar sind. Weiters definiert er, welche Mengen manuell ermittelt werden müssen und identifiziert eventuelle problematische Stellen oder Besonderheiten im Projekt. Solche Informationen übermitteln den Technikern in den Besprechungen, die vor Anfang jedes Arbeitspaktes stattfinden (siehe Tabelle 6.2). Wenn das Modell in iTWO importiert wird, überprüft er die Eingaben und meldet eventuelle Fehler an die zuständigen Techniker. Der Kalkulant ist für die Preisanfragen und Kommunikation mit den Subunternehmern zuständig.

Die manuelle Mengenermittlung wird, abhängig von dem Umfang der Leistung, zwischen allen Projektbeteiligten aufgeteilt.

Anhand dieser Überlegungen ist der optimale Prozess (siehe Tabelle 6.2) abgebildet. In Folgenden wird der Prozess schrittweise erläutert.

Tabelle 6.2: Prozessablauf

	0	1	2	3	4	5
Techniker 1	Zentral Modell und Ebene Erstellen	Rohbau	Trennwände	Türe	Room Assistant	Manuelle Mengenermittlung
Techniker 2	iTWO Projekt Erstellen Pläne Importieren		Fenster	Fassade		Zusätzliche Modellierung
Kalkulant	Information Verwaltung	Manuelle Mengenermittlung Kalkulation	Manuelle Mengenermittlung	Preis Anfragen Kalkulation	Preis Anfragen Kalkulation	Preis Anfragen Kalkulation
	Startgespräch	Besprechung	Kontrolle	Besprechung	Kontrolle	Besprechung
			Besprechung	Kontrolle	Besprechung	Kontrolle
				Besprechung	Kontrolle	Besprechung
					Besprechung	Kontrolle

Wenn die Geschäftsführung die Entscheidung über die Angebotsbearbeitung getroffen hat, findet ein Startgespräch statt. Bei dieser Besprechung sind der Gruppenleiter, der Kalkulant, sowie die Techniker anwesend. In diesem Gespräch wird das Projekt analysiert und mögliche Herausforderungen und Besonderheiten identifiziert. Anhand dieser Überlegungen wird entschieden, ob die definierte BIM-Modell-Detailtiefe und die Modellierungsreihenfolge für das Projekt geeignet sind. Projekte mit mehreren Bauteilen können eine andere Reihenfolge oder zusätzliche Techniker verlangen. Bei kleineren Projekten können weitere Leistungsgruppen modelliert werden. In diesem Gespräch wird festgelegt, welcher Techniker für welche Leistungsgruppen verantwortlich ist und mit welcher Methode die Leistungserfassung erfolgt. Diese wird in ein standardisiertes Dokument eingetragen (siehe Abbildung 6.7: Projektdokumentation). Im Zuge des Projektes wird in dieses Dokument eingetragen, wann welche Leistungsgruppe erfasst wurde und wann die Kontrolle in iTWO abgeschlossen war.

## 6. Definition des Prozesses für BIM-Leistungserfassung

*Projektname*							
Projektname:		Datum:					
Projektnummer:							
MA: 1		MA: 2			MA: 3		
Leistungsgruppe		MA-Excell	MA - Revit	Datum	MA - iTWO	Datum	Anmerkungen
00	BGF						
01	Baustellengemeinkosten						
02	Abbruch						
03	Roden, Baugrube, Sicherungen und Tiefgründungen						
06	Aufschließung, Infrastruktur						
07	Beton- und Stahlbetonarbeiten						
08	Mauerarbeiten						
09	Versetzarbeiten						
10	Putz						
11	Estricharbeiten						
12	Abdichtungen bei Betonflächen und Wänden						
13	Außenanlagen						
15	Schlitz-, Durchbrüche, Sägen und Bohren						
16	Fertigteile						
18	Winterbauarbeiten						
19	Baureinigung						
21	Dachabdichtungsarbeiten						
22	Dachdeckerarbeiten						
23	Bauspenglerarbeiten						
24	Fliesen- und Plattenlegearbeiten						
25	Sicherheits- und Schutzmaßnahmen						
27	Terrazzoarbeiten						
28	Natursteinarbeiten						
29	Kunststeinarbeiten						
31	Metallbauarbeiten						
34	Verglaste Rohrahmenelemente						

Abbildung 6.7: Projektdokumentation

Zusätzlich wird ein grober Zeitplan der Angebotsbearbeitung erstellt. Nach dem Gespräch beginnt die Angebotsbearbeitung.

Das nullte Arbeitspaket (siehe Tabelle 6.2) entspricht den Vorbereitungen für die Modellierung. Erstens wird im Revit anhand der Vorlagedatei ein Zentralmodell erstellt. Gleichzeitig wird ein Projekt in iTWO angelegt. Weiters importieren die Techniker die Ausschreibungspläne ins Revit und definieren die Ebenen des BIM-Modelles (Rohdeckenoberkante und Rohdeckenunterkante von jedem Geschoss) und Rasterlinien. Inzwischen studiert der Kalkulant die Ausschreibungsunterlagen und bereitet die für die Modellierung des Rohbaus notwendigen Informationen vor. Hier müssen die Betonklassen, Expositionsklassen, Bewehrungsgehälter usw. definiert werden. Weiters müssen besondere Rohbauelemente wie z. B. Sichtbetonelemente erkannt werden. Zusätzlich werden die Rohbauelemente definiert, die manuell erfasst werden müssen, wie z. B. Isokörbe oder Querkraftdorne. Wenn alles vorbereitet ist, werden in einem Gespräch vom Kalkulanten die für die Modellierung der Rohbauelemente notwendigen Informationen erläutert und die Modellierung des ersten Arbeitspakets beginnt.

Das erste Arbeitspaket umfasst die Rohbauelemente. Diese sind die Basis für alle anderen Gebäudeelemente. Rohbauelemente werden abhängig von der Gebäudegeometrie zwischen zwei Technikern geteilt. Eine Aufteilung kann auf Unter- und Obergeschosse erfolgen, weil diese geometrisch oft unterschiedlich sind. Obwohl die Obergeschosse normalerweise mehr Elemente bzw. mehr Geschosse beinhalten, sind diese oft Regelgeschosse. Durch Kopieren des Regelgeschosses und Einfügen der Bauteile auf den darüberliegenden Ebenen wird der

Modellieraufwand gering gehalten. Untergeschosse sind oft aufwändiger zum Modellieren. Obwohl kleiner, entsprechen die komplizierterer Geometrie, wie z. B. Tiefgaragen.

Für das nächste Arbeitspaket muss der Kalkulant überprüfen, ob eine Fensterliste in den Ausschreibungsunterlagen vorhanden ist. Weiters werden Informationen über Fenstertypen, Sonnenschutz, Fensterbänke usw. definiert. Für Innenwände muss überprüft werden, ob in den bauphysikalischen Unterlagen für jeden Wandtyp die Aufbauten definiert sind. Besonderheiten müssen identifiziert werden. Dadurch, dass die Überprüfung der Ausschreibungsunterlagen weniger lange dauert als die Modellierung der einzelnen Arbeitspakete, kann der Kalkulant bereits mit der manuellen Mengenermittlung beginnen.

Das zweite Arbeitspaket umfasst die Innenwände und Fenster. Fenster sind einfach zu modellieren, aber haben einen hohen Informationsgehalt und verlangen daher mehr Aufwand beim Definieren von Eigenschaften. Innenwände entsprechend oft dem Großteil der im BIM-Modell enthaltenen BIM-Objekte. Daher kann durch kopieren eines Regelgeschosses in die anderen entsprechenden Etagen eine große Einsparung beim Arbeitsaufwand erreicht werden. Der Kalkulant bereitet die Informationen von Fassaden und Türen auf. Für Fassaden müssen die unterschiedlichen Fassaden und Fassadensockel-Typen identifiziert werden. Weiters muss überprüft werden, ob alle Aufbauten genau definiert sind. Für WDVS-Fassaden mit schwerentflammenden Baustoffen, wie z. B. expandierten Polystyrol (EPS) müssen die Brandschutzmaßnahmen (z. B. Brandschutzriegel) definiert werden. Für Türen gehört überprüft, ob eine Türliste vorhanden ist. Die unterschiedlichen Türtypen müssen identifiziert werden, sodass die in Modell richtig definiert sein können.

Die Fassadenelemente werden anhand der Rohbauelemente modelliert. Dabei müssen die Abrechnungsregeln (siehe Kapitel 4.3.3) beachtet werden. Die Modellierung der Türen erfolgt ähnlich jener der Fenster. Während das dritte Arbeitspaket modelliert wird, kann der Kalkulant schon die Preisanfragen für die Fenster erstellen und an potenzielle Subunternehmer verschicken. Weiters muss er die Informationen für das vierte Arbeitspaket vorbereiten. Hier soll überprüft werden, ob Aufbauten für alle Fußböden definiert sind und welche Produkte für die Fußboden- und Wandbeläge vorgesehen sind. Weiters sollten unterschiedliche Raumbelagungstypen (siehe Kapitel 5.2.2) identifiziert werden. Die Aufbauten der Schwarzdeckerarbeiten und die abgehängten Decken sollen überprüft werden.

Das vierte Arbeitspaket umfasst drei Aufgaben. Erstens müssen die Fußbodenaufbau, Schwarzdecker und Abhangdecken BIM-Objekte in dem Bauteilgenerator erstellt werden. Zweitens müssen die Räume mit entsprechenden Informationen definiert werden. Letztens erfolgt die Zuweisung der BIM-Objekte und Räume mittels Room-Assistent. Diese Aufgaben werden unter den Technikern geteilt.

## 6. Definition des Prozesses für BIM-Leistungserfassung

---

Im fünften Schritt erfolgt die manuelle Mengenermittlung oder eventuelle Modellierung der zusätzlichen Gewerken und damit wird der Leistungserfassungsprozess abgeschlossen.

## 7 Fallbeispiel Hochbauprojekt

Im Juli 2018 wurde der definierte Prozess in der BIM Excellence Abteilung der Firma PORR anhand eines Pilotprojekts getestet. Um den Angebotsbearbeitungsprozess der Angebotsmanagementabteilung zu simulieren, waren zwei Personen als Techniker und eine als Kalkulant an dem Prozess beteiligt. Alle drei Personen hatten schon wesentliche Erfahrung mit der Revit + iTWO-Methodik für die Leistungserfassung. Das Pilotprojekt wurde ausgewählt, weil es gleichzeitig in der Angebotsmanagement-Abteilung mit der üblichen, konventionellen Arbeitsweise bearbeitet wurde. In folgenden Kapiteln wird das Projekt, die Vorgehensweise der Bearbeitung und die gewonnenen Erkenntnisse erläutert.

### 7.1 Projektbeschreibung

Im 14. Wiener Gemeindebezirk soll ein Wohnhaus mit 23 Wohneinheiten sowie eine zweigeschossige Tiefgarage errichtet werden. Die Abbildung 7.1 zeigt eine Visualisierung des zukünftigen Bauwerks.



Abbildung 7.1: Projektvisualisierung

Das Gebäude weist neben dem Erdgeschoß noch zwei Obergeschoße und ein Terrassengeschoß – also vier oberirdische Geschoße – auf, sowie neben dem Keller noch zwei Garagen-Untergeschoße. Die 23 Wohneinheiten werden ab dem EG angeordnet. Im Keller sind Gemeinschaftsräume, Fahrrad- und Kinderwagenabstellräume, ein Müllraum, die Haustechnik sowie die nötigen Einlagerungsräume untergebracht. Alle Geschoße werden durch ein

Stiegenhaus mit einem Personenaufzug erschlossen. Die beiden Garagengeschoße weisen ein zusätzliches Fluchtstiegenhaus auf, welches direkt ins Freie führt. Die Garagen werden mit insgesamt 56 PKW-Stellplätzen errichtet. Die geplanten Wohnungen sind primär ost- bzw. westorientiert, lediglich eine Wohnung im Terrassengeschoß ist vorrangig nach Süden gerichtet. Allen Wohnungen im Erdgeschoß sind Eigengärten mit Terrassen, in den oberen Geschoßen Balkone, Loggien bzw. Dachterrassen zugeordnet.

Diese Wohnanlage entspricht eine BGF Fläche von 5.185 m<sup>2</sup>, davon 2.792 m<sup>2</sup> Untergeschosse und 2.393 m<sup>2</sup> Obergeschosse.

Der Angebotszeitraum war mit drei Wochen festgelegt.

### 7.2 Vorgehensweise

In einen Startgespräch wurde festgestellt, dass dieses Projekt für den definierten Prozess tauglich ist. Da das Projekt geometrisch einfach ist, wurde das Potenzial zur Vertiefung der BIM-Modell-Detailtiefe sofort erkannt. Während des Gesprächs wurden die Ausschreibungsunterlagen analysiert. Wesentliche Unterschiede zwischen den Einreich- und Polierplänen waren ersichtlich. Die letzteren wurden als gültig festgelegt. Das Erdgeschoss und das erste Obergeschoss wurden als Regelgeschosse identifiziert. Weiters war es wichtig, die Materialien und Bauverfahren der Hauptgebäudeelemente zu identifizieren. Folgendes wurde festgestellt:

- Baugrubensicherung: Spundwände
- Rohbau: Ortbeton
- Fassade: WDVS EPS
- Trennwände: Trockenbau
- Fertigteile: Attika, Balkonplatten

Die Leitungserfassungsaufgaben wurden aufgeteilt und ein grober Zeitplan erstellt. Die Leistungserfassung für die externen Preisanfragen sollte innerhalb einer Woche abgeschlossen sein und die gesamte Leistungserfassung in maximal zwei Wochen.

Im nullten Arbeitspaket war einer der Techniker für die Erstellung des Projekts im iTWO und das Importieren von Plänen ins Revit zuständig, während der andere für die Erstellung des Zentralmodells und für die Definition der Modellebenen zuständig war. Die Definition der Modellebene war aufgrund der Komplexität der Tiefgarage aufwändiger als geplant. Die Tiefgarage hat mehrere Rampen unterschiedlicher Neigung, für welche einzelne Ebenen definiert werden mussten. In der Zwischenzeit hat der Kalkulant die Ausschreibungsunterlagen studiert. Dabei wurde erkannt, dass nicht genug Informationen vorhanden sind für eine

Leistungserfassung und Kalkulation der Rohbauelemente. Bezüglich Gebäudestatik waren nur Vorbemessungen der baubehördlichen Einreichplanung beigelegt. In diesen Unterlagen war nur die Betonfestigkeitsklasse von einigen tragenden Elementen definiert. Der Kalkulant hat dann die Betonfestigkeitsklassen, Expositionsklassen und Bewehrungsgehälter aller in den Plänen erkannten Rohbauelemente selbst definiert. In der Besprechung vor Beginn des ersten Arbeitspakets wurden all diese Probleme durchbesprochen. Um Fehler zu vermeiden, wurden während der Besprechung die Rohbau BIM-Objekte zusammen mit dem Kalkulant erstellt.

Die Obergeschosse waren weniger aufwändig zu modellieren, da es hier um zwei Regelgeschosse handelte. Durch die ähnliche Geometrie konnten einige Wände, statt modelliert kopiert werden. In diesem Schritt wurden auch die Fertigteil-Attikas und Spundwände modelliert. Die Tiefgarage war wegen der unterschiedlichen Neigungen der Rampen kompliziert zu modellieren. Der Techniker, der für die Obergeschosse zuständig war, war früher fertig und hat die Modellierung der Untergeschosse unterstützt. In Revit-Kontrollen wurde festgestellt, dass durch Kopieren von Geschossen einige Wandhöhen nicht richtig definiert waren. Zudem zeigt sich das einigen Wänden der falsche Wandtyp zugeordnet war. Diese Fehler wurden behoben und das Modell exportiert und ins iTWO-Projekt importiert. Nach Durchführung der Mengenermittlung konnte das Leistungsverzeichnis erstellt werden. Die Abbildung 7.2 zeigt den Stand des Gebäudemodells nach dem ersten Arbeitspaket.

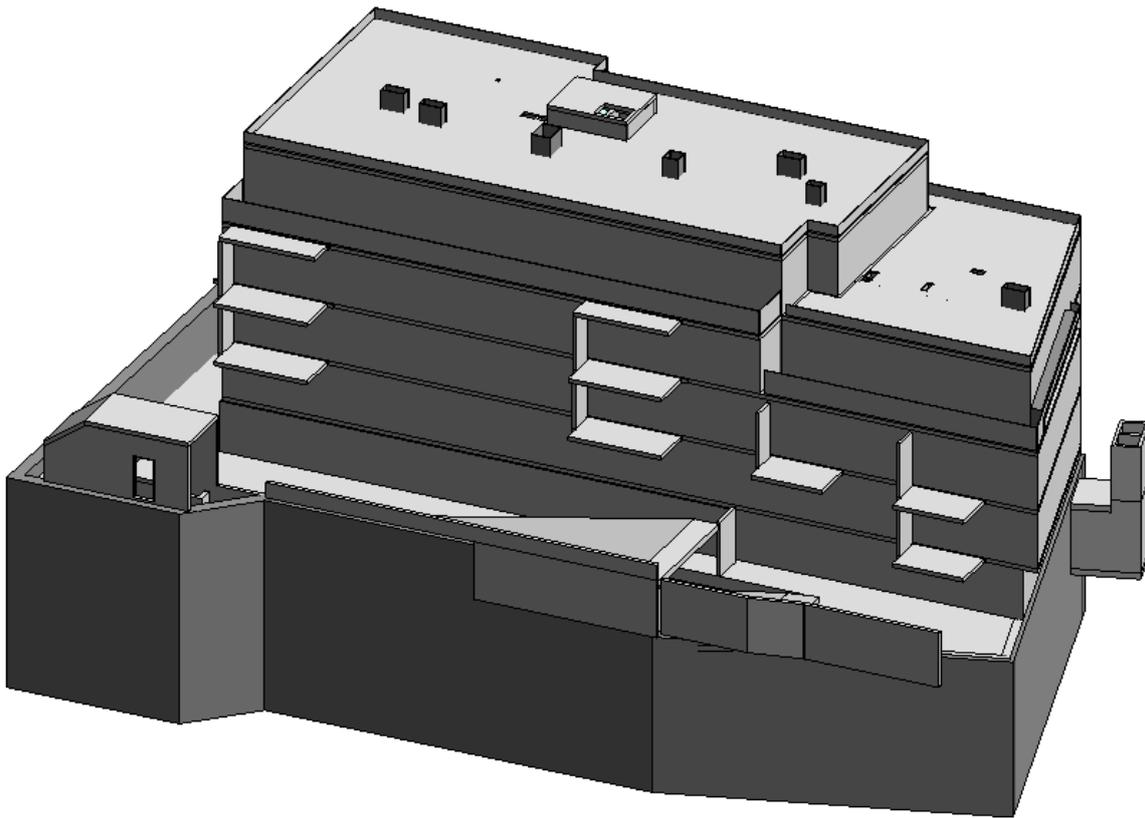


Abbildung 7.2: Gebäudemodell nach dem ersten Arbeitspaket<sup>94</sup>

Während der Vorbereitung der Daten für die Modellierung des zweiten Arbeitspakets hat der Kalkulant festgestellt, dass die Aufbauten aller Gebäudeelemente nur in den Einreichplänen aufgelistet sind. In Gespräch mit dem Bauherrn wurde festgelegt, dass diese gültig sind. In den Polierplänen waren einige Innenwände mit Kennzeichen markiert, die in der Aufbautenliste der Einreichpläne nicht vorhanden waren. Für diese hat der Kalkulant die Aufbauten selbst definiert. Eine Fensterliste und alle für die Modellierung der Fenster wichtigen Informationen waren in den Ausschreibungsunterlagen vorhanden. Der Kalkulant hat während der Modellierung des ersten Arbeitspakets einige Leistungen manuell ermittelt. Diese wurden in der zweiten Besprechung erläutert und das Modell im iTWO gemeinsam visuell übergeprüft.

In dem zweiten Arbeitspaket waren Innenwände und Fenstern modelliert. Die Innenwände in den Wohnungen sind in mehreren Geschossen ähnlich angeordnet. Um den Modellierungsaufwand zu vermindern, war es wichtig, die Innenwände an einem Geschoss richtig zu modellieren und dann weiter zu kopieren. Als ein Geschoss erstellt war, wurde die Zuordnung der Wandtypen, die Geometrie und die Exemplarparametereingaben der erstellten

---

<sup>94</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

Wänden kontrolliert und anschließend in die anderen Geschosse kopiert. Die Anordnung der Fenster und Fenstertüren war auch in mehreren Geschossen gleich. Mittels der Fensterliste waren die Eingaben einfach zu kontrollieren. Die Abbildung 7.3 zeigt den Stand des Gebäudemodells nach dem zweiten Arbeitspaket.



Abbildung 7.3: Gebäudemodell nach dem zweiten Arbeitspaket<sup>95</sup>

Die Abbildung 7.4 zeigt einen Gebäudeschnitt wo die modellierten Trennwände (grün dargestellt) deutlicher sichtbar sind.

---

<sup>95</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

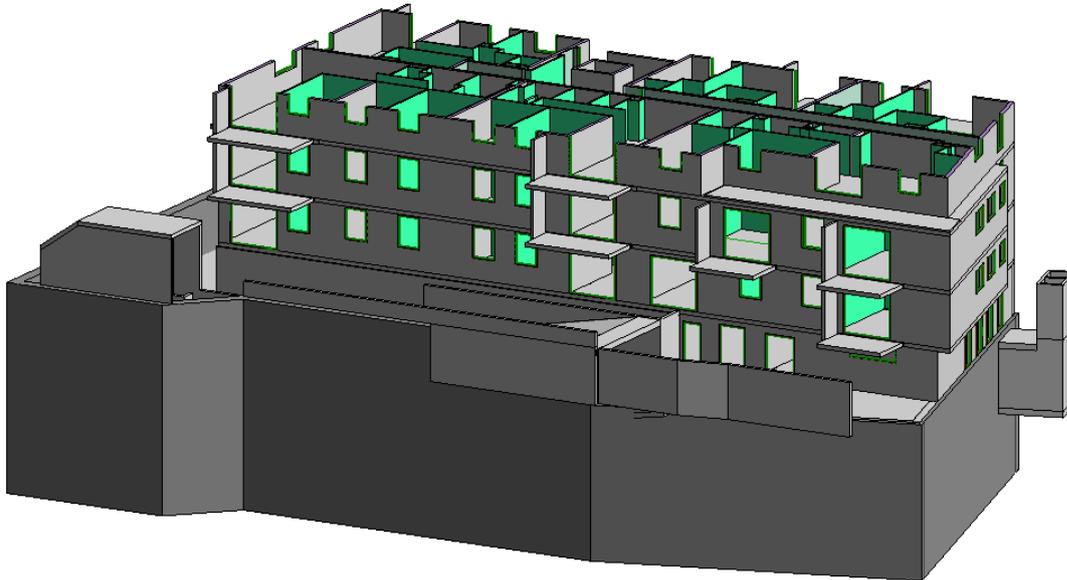


Abbildung 7.4: Gebäudemodell nach dem zweiten Arbeitspaket<sup>96</sup>

Alle für die Modellierung des dritten Arbeitspakets notwendigen Informationen waren in den Ausschreibungsunterlagen enthalten. Dementsprechend hat der Kalkulant die Zeit genutzt, um die manuelle Mengenermittlung weiter voranzutreiben. In der dritten Besprechung wurde definiert, wo Fassadensockel modelliert werden sollen und welche konstruktiven Brandschutzmaßnahmen bei der EPS-Fassade Anwendung finden. In der Besprechung wurde festgelegt, dass die Perimeterdämmung zusammen mit der Fassade modelliert wird. Anhand der Türliste wurden die unterschiedlichen Türtypen identifiziert und ihre Anordnung im Modell erläutert.

In dem dritten Arbeitspaket wurden die Fassade und die Türen modelliert. Dadurch, dass das Gebäude keine kompakte Geometrie aufweist, war die Modellierung der Fassade einfach. Die Modellierung der Türen hat mehr Zeit in Anspruch genommen, da viele unterschiedliche Türtypen im Projekt vorhanden waren. Es wurde beschlossen, dass der zweite Techniker nicht die Modellierung der Türen unterstützen, sondern mit dem Kalkulant für das nächste Arbeitspaket unterschiedliche Belegungstypen der Räume definieren sollte. In den oberen Geschossen wurden insgesamt drei Belegungstypen identifiziert. Die Wohnräume, die Nassräume und das Stiegenhaus. In den unteren Geschossen wurden keine Belegungstypen identifiziert, weil jeder Raum unterschiedliche Oberflächeneigenschaften hat. Während der

---

<sup>96</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

iTWO-Kontrolle hat der Kalkulant festgestellt, dass die Imprägnierung der Trockenbauwände in den Nassräumen der Wohnungen nicht nach ÖNORM B 3415<sup>97</sup> im Modell definiert war. Anstatt aller Platten war jeweils nur eine Gipskartonplatte in den Nassräumen als imprägniert definiert. Dieser Fehler wurde an den für die Innenwände zuständigen Techniker gemeldet. Der Techniker hat den Fehler im Revit behoben und nach dem Modellexport wurde der richtige Stand auch im iTWO aktualisiert. Die Abbildung 7.5 zeigt den Stand des Gebäudemodells nach dem dritten Arbeitspaket. Die Fassadenelemente sind blau dargestellt.

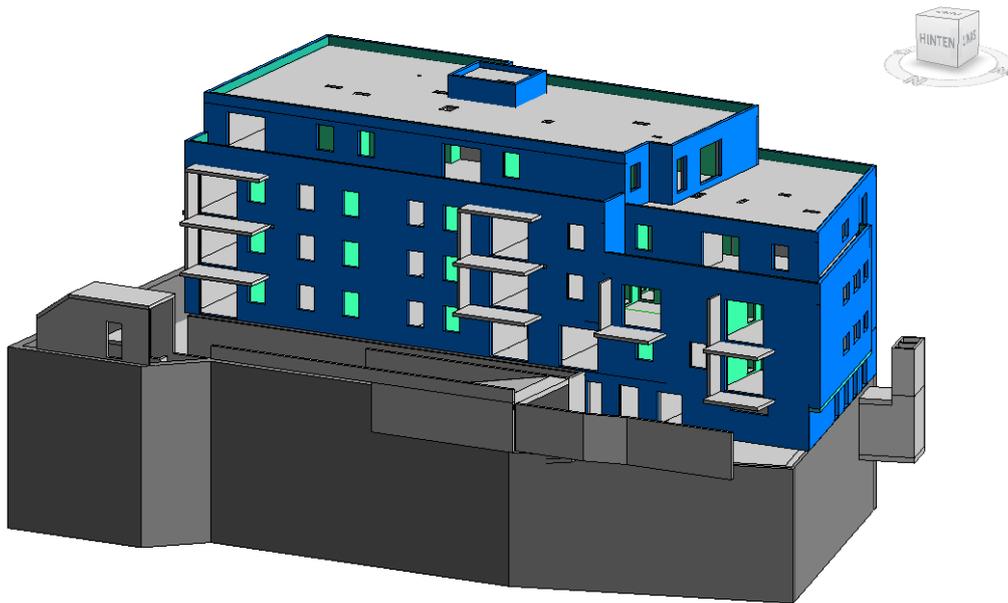


Abbildung 7.5: Gebäudemodell nach dem dritten Arbeitspaket<sup>98</sup>

Die Abbildung 7.6 zeigt einen Gebäudeschnitt, in dem die Innenwände und die Türöffnungen sichtbar sind.

---

<sup>97</sup> Vgl. ÖNORM B 3415: Gipsplatten und Gipsplattensysteme — Regeln für die Planung und Verarbeitung, (Ausgabe: 2015-06-01).

<sup>98</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

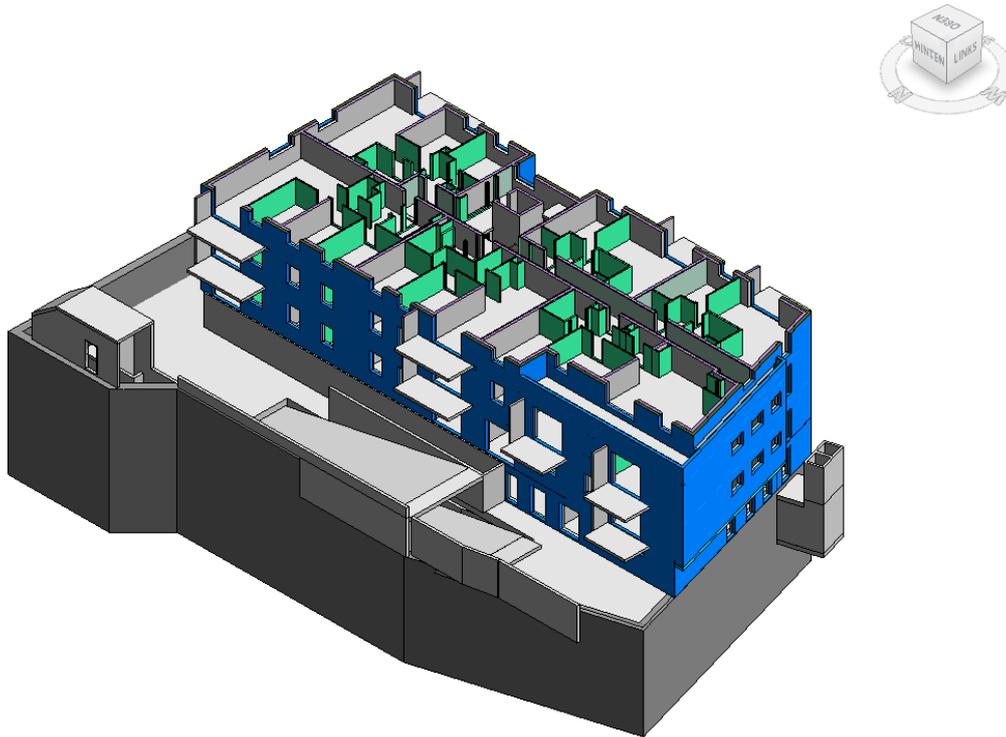


Abbildung 7.6: Gebäudeschnitt durch das Dachgeschoss<sup>99</sup>

In dem vierten Gespräch wurden die Room-Assistent Aufgaben erläutert. In dieser Besprechung wurde festgestellt, dass für die richtige Platzierung der Räume noch einige raumbegrenzende BIM-Objekte modelliert werden müssen. Zum Beispiel die Glaswände und die Geländer der Balkone. Die Raum-Funktion im Revit wird auch im Bereich der Balkone für die Platzierung der Fußbodenaufbauten benutzt.

Weiters wurde überlegt, welche weiteren Teilleistungen einfach in das Modell eingepflegt werden können. Es wurde beschlossen, dass die Aushubmenge modelliert wird. Diese kann mittels eines Volumenkörpers einfach im Modell abgebildet werden. Die restlichen Leistungen, die noch manuell ermittelt werden mussten, waren aufgelistet und zwischen den Projektbeteiligten aufgeteilt.

In dem vierten Arbeitspaket hat einer von den Technikern die vorher erwähnten Balkonelemente modelliert und die jeweiligen Fußbodenaufbauten, Schwarzdeckerarbeiten und Abhängedecken mit dem Bauteilgenerator erstellt. Danach hat der die Aushubmenge modelliert und mit der manuellen Mengenermittlung angefangen. Der andere hat die Räume platziert und die Zuweisung mittels des Room-Assistent durchgeführt.

Die Abbildung 7.7 zeigt den Endstand des Gebäudemodells.

---

<sup>99</sup> Bildschirmfoto aus Revit.



Abbildung 7.7: Gebäudemodell Endstand<sup>100</sup>

### 7.3 Auswertung

Die angestrebte BIM-Modell-Detailtiefe konnte erfolgreich erreicht und etwas verfeinert werden. Die Aushubmenge, Spundwände und Balkongeländer wurden zusätzlich modelliert. Die Modellierung von weiteren Leistungsgruppen wie z. B. der Außenlagen wurde auch überlegt. Dadurch, dass sie schon manuell vom Kalkulanten ermittelt wurden, wurde aber davon Abstand genommen.

Das Kalkulations-LV, das in diesem Prozess (BIM und manuell) erstellt wurde, enthält insgesamt 716 Positionen. In diesem Leistungsverzeichnis sind die Gebäudetechnik und die Baustellengemeinkosten nicht inkludiert. Der Anteil der Positionen, die direkt aus dem Modell automatisch ermittelt wurden liegt bei 47 % (siehe Abbildung 7.8). Diese Positionen stammen aus den Leistungsgruppen, die unter der BIM-Modell-Detailtiefe definiert waren (siehe Anhang A).

---

<sup>100</sup> Bildschirmfoto aus Revit.

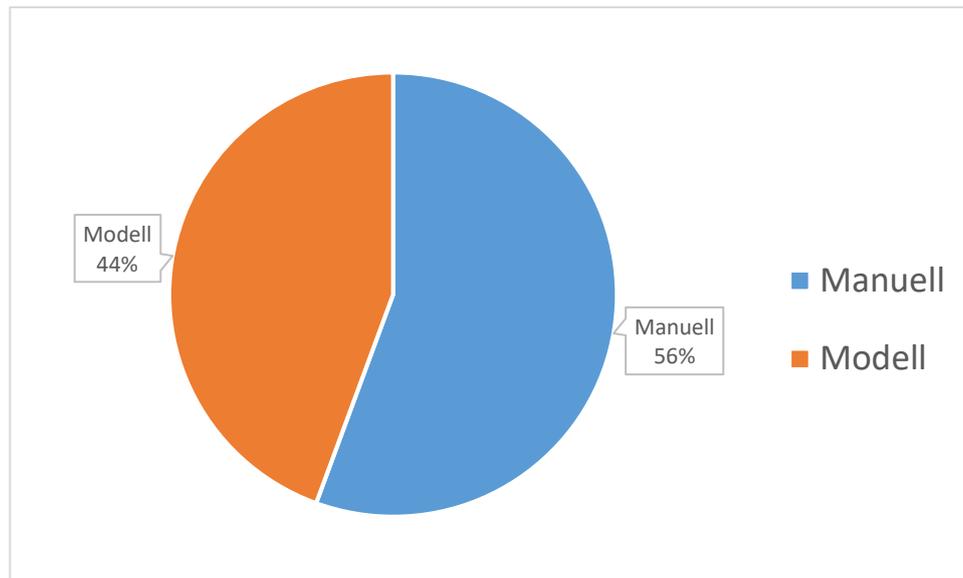


Abbildung 7.8: Quelle der ermittelten Positionen

Positionen aus folgenden Leistungsgruppen wurde vollständig manuell ermittelt:

- LG02 Abbruch
- LG06 Aufschließung, Infrastruktur
- LG13 Außenanlagen
- LG23 Bauspenglerarbeiten
- LG30 Schließanlagen
- LG31 Schlosserarbeiten
- LG58 Gartengestaltung und Landschaftsbau

Abbruchleistungen sind nicht tauglich für Ermittlung durch ein BIM-Modell, da ihre Positionen (z. B. Carpot umbauen) oft ohne Mengeneingaben, pauschal kalkuliert werden. Leistungsgruppen wie Bauspengler oder Aufschließung, Infrastruktur können im Modell nur mittels spezifischer BIM-Objekt-Familien abgebildet werden. Diese im Modell korrekt zu platzieren, ist zeitaufwendig und verlangt gewisse Erfahrung. Deswegen ist es sinnvoller, diese Positionen mit der üblichen manuellen Methode zu ermitteln.

Für einige Leistungsgruppen, wie z. B. LG 43 Türsysteme (Elemente), waren die Hauptpositionen (unterschiedliche Türtypen) automatisch aus dem Modell ermittelt und weitere Detailpositionen (z. B. Türpuffer, Zuluftgitter) waren manuell erstellt.

Die aus dem Modell ermittelten Positionen machen einen Anteil von 65 % der Baukonstruktionskosten aus (siehe Abbildung 7.9).

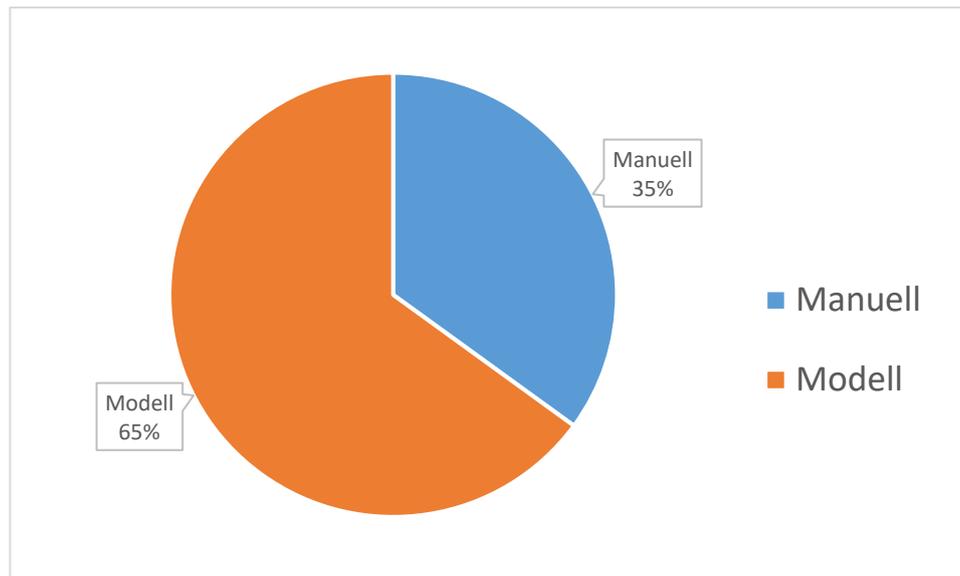


Abbildung 7.9: Kosten Aufteilung anhand der Quelle der ermittelten Positionen

Die kostenintensivsten Gebäudeelemente waren erfolgreich in dem Modell abgebildet. Die LG07 Beton- und Stahlbetonarbeiten, die vollständig aus dem Modell ermittelt wurde, hat mit 29,59 % den größten Anteil an den Baukonstruktionskosten (siehe Abbildung 7.10). Der zweitgrößte Anteil ergibt sich durch die LG03 Roden, Baugrube, Sicherungen u.Tiefgründungen, deren Hauptleistung - die Spundwände – auch modelliert waren. Weitere kostenintensive LG, wie z. B. LG 21 Schwarzdeckerarbeiten oder LG 39 Trockenbau wurden auch zum Großteil aus dem Modell ermittelt.

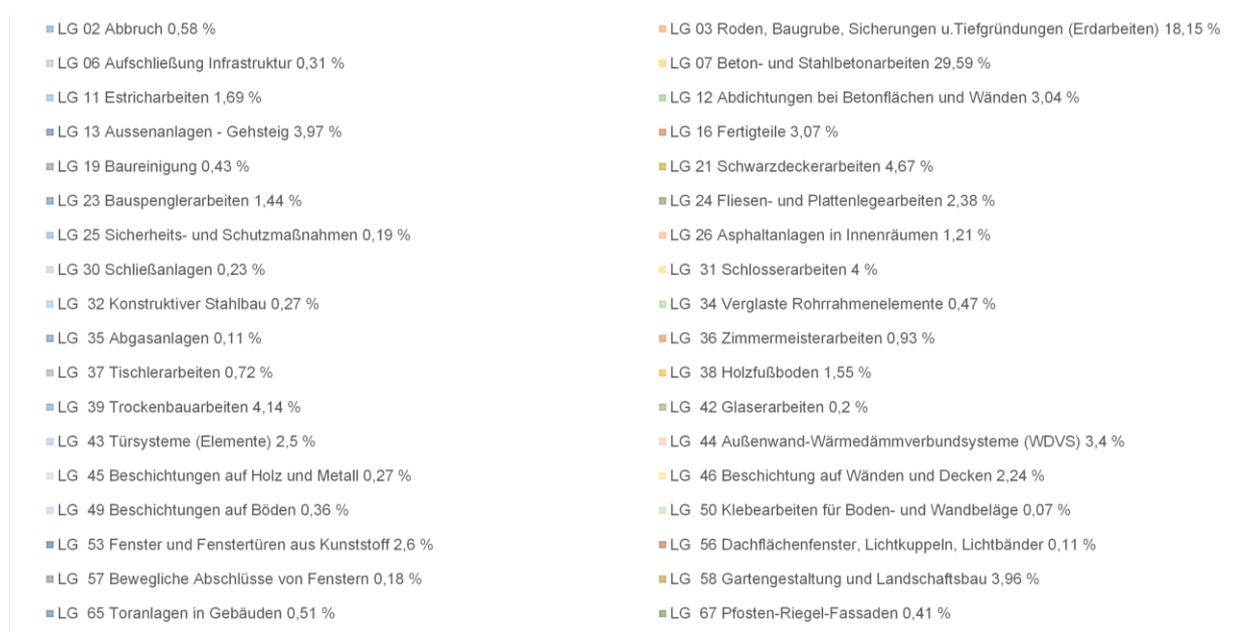


Abbildung 7.10: Aufteilung der Gesamtkosten nach Leistungsgruppen

## 7. Fallbeispiel Hochbauprojekt

Das Team hat die Zusammenarbeit und die klare Aufteilung von Aufgaben als eines der wichtigsten Elemente dieses Prozesses erkannt. Durch die Aufgabenteilung unter den Technikern sind weniger Probleme mit den Bearbeitungsrechten innerhalb des Modells entstanden. Die zeitgerechte Verfügbarkeit, über die für die Erstellung der BIM-Objekte notwendigen Informationen hat, die Modellierungsaufgaben wesentlich vereinfacht. Weiters wurden in den Besprechungen viele Probleme im Voraus erkannt und behoben. Die Techniker haben mit dem Kalkulant gemeinsam viele Unsicherheiten aufgeklärt. So konnten sie schnell und einwandfrei ihre Modellieraufgaben abschließen. Aufgrund dessen war die gesamte Leistungserfassung des Projekts innerhalb von vier Tagen abgeschlossen. Diese war wesentlich schneller als erwartet. Alle Preisfragen wurden innerhalb dieser vier Tage an die Subunternehmer versandt. Dadurch bleibt dem Subunternehmer genügend Zeit, um die Preisfragen zu bearbeiten und ein Angebot zu erstellen. Das Balkendiagramm in Abbildung 7.11 zeigt den genauen Ablauf des Prozesses.

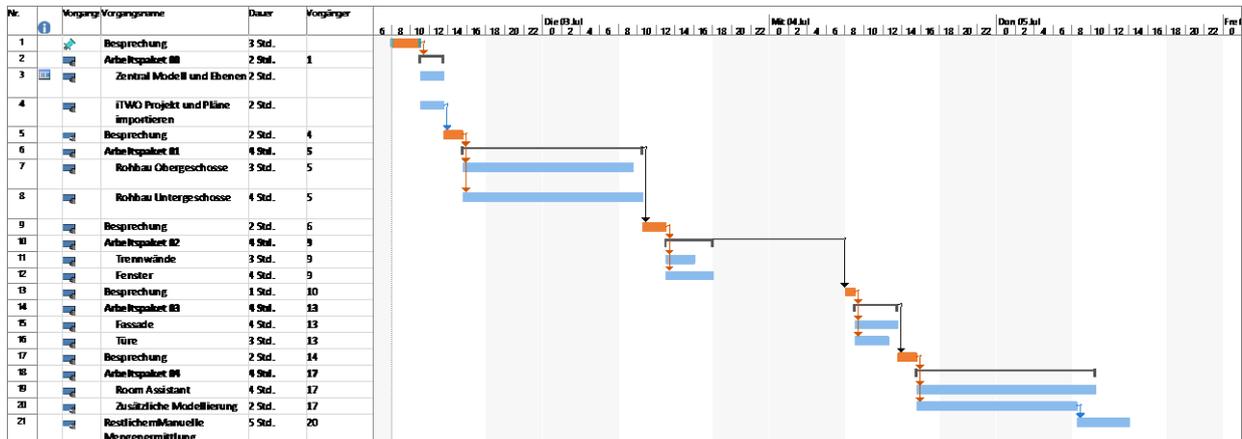


Abbildung 7.11: Ablauf der Leistungserfassung

Durch das zweistufige Kontrollsystem wurden geometrische Ungenauigkeiten und qualitative Fehler erkannt und rasch behoben. Die Techniker haben durch Revit-Kontrollen viele Fehler selbst erkannt und behoben. Eine Art von erkannten Fehlern waren die geometrischen Fehler, wie die falsch eingegebenen Wandhöhen, die zu Mengenungenauigkeiten führen. Die zweite Art waren die Fehler, die sich auf die falsche Dateneingabe beziehen, wie z. B. die falsche Typzuweisung der Wände. Solche Fehler führen zur Ermittlung von falschen (z. B. billigeren) Leistungen, was einen negativen Einfluss auf die Qualität der Kalkulation haben kann. Einige Fehler wurden erst in der tieferen iTWO-Kontrolle sichtbar. Ein Beispiel dafür ist die Imprägnierung der Trockenbauwände. Hier ist erkennbar, dass eine zweite systematische Kontrolle, die von einer erfahrenen Fachperson mit tiefen technischen Kenntnissen durchgeführt wird, unverzichtbar ist. Da diese Kontrollen systematisiert (beziehen sich auf spezifische Leistungsgruppen) und mit vorgefertigten 3D-Ansichten unterstützt sind, nehmen sie wenig Zeit

## 7. Fallbeispiel Hochbauprojekt

---

in Anspruch (durchschnittlich zehn Minuten pro Kontrolle) und machen die Leistungserfassung genauer.

## 8 Forschungsergebnis

### 8.1 Zusammenfassung

Die beschriebene leistungsorientierte BIM-Methode ermöglicht eine standardisierte und nachvollziehbare Arbeitsweise. Der Großteil der Unsicherheiten über die Vollständigkeit und Genauigkeit der Leistungserfassung, der bei anderen Methoden vorhanden ist, entfällt. Mit dieser Methode wird ein Leistungsverzeichnis automatisch mit Berücksichtigung der werkvertraglichen Abrechnungsregeln anhand eines BIM-Modells erstellt. Durch die Verknüpfung des Leistungsverzeichnisses und des Modells, kann visuell dargestellt werden, wo welche Leistungen im Modell vorhanden sind. Nachteilig zeigt sich bei dieser Methode das derzeit müssen die Baufirmen die Aufgabe der Erstellung des BIM-Modells selbst übernehmen. Diese Methode würde wesentlich effizienter sein, wenn durch eine flachdeckende Anwendung der BIM-Technologie in der Bauindustrie, BIM-Modelle ein Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen wären.

In der vorliegenden Diplomarbeit waren der BIM-Autorenwerkzeug Revit und AVVA-Software iTWO angewendet, obwohl andere Software solche Arbeitsweise unterstützen.

Um diese Arbeitsweise zu ermöglichen sind bestimmte Voreinstellungen in der Software erforderlich. Obwohl jeder Benutzer (bzw. jedes Unternehmen) diese selbst definieren muss, kann er insofern ein System erschaffen, das an seine Bedürfnisse angepasst ist.

Um alle Vorteile dieser Methode auszunutzen, ist eine systematisierte Vorgehensweise erforderlich. Aufgrund der Rahmenbedingungen der Angebotsphase (z. B. die Angebotszeitraum) wurde ein optimaler Prozess definiert. Für den Prozess war eine BIM-Modell-Detailtiefe definiert, die sollte sorgen, dass der Großteil der Baukonstruktionskosten eines Gebäudes in dem BIM-Modell abgebildet wird. Für jeden Projektbeteiligten (Kalkulant und zwei Techniker) ist der Aufgabenbereich definiert, sodass jedes Missverständnis vermieden wird. Weiters wird in der Prozessdokumentation notiert, welche Person für welche Leistung zuständig ist. Dementsprechend können weitere Projektbeteiligten eventuelle Unklarheiten oder Fehlern im Modell mit der zuständigen Person direkt kommunizieren. Die definierte Modellierungsreihenfolge gewährleistet, dass die BIM-Modelle schnell und effektiv erstellt werden, und dass die Preisanfragen für die Subunternehmer zeitgerecht erstellt werden. In dem Prozess ist ein zwei stufiges Kontrollsystem eingebaut, das für die Genauigkeit der Modelle sorgt.

In dem letzten Kapitel der vorliegenden Diplomarbeit war den definierten Prozess anhand eines Fallbeispiels ausgetestet. Innerhalb von vier Tagen war die gesamte Leistungserfassung abgeschlossen. In dem Modell war 65 % der Baukonstruktionskosten abgebildet.

### 8.2 Beantwortung der Forschungsfrage

#### 8.2.1 Forschungsfrage 1

*Welche Voreinstellungen sind für eine automatische Leistungserfassung notwendig?*

Über die Revit und iTWO Softwares muss eine Systematik abgebildet werden. Das Rückgrat des Systems ist die Überlegung, aus welchen BIM-Objekten welche Leistungen erfasst werden. Die Verbindung zwischen den Teilleistungspositionen und den BIM-Objekten sind die Mengenabfragen des Ausstattungsmoduls in iTWO. Jede Mengenabfrage ist mit der entsprechenden Position durch die Positionsnummer gekoppelt. Die Verbindung des BIM-Objekts mit entsprechenden Mengenabfragen kann entweder anhand von MatchKeys oder anhand von Auswahlgruppen definiert werden. In der Mengenabfrage wird definiert, welche Parameter und Attribute welchen Teilleistungen entsprechen und welche Parameter für die Mengenermittlung dieser Teilleistungen maßgebend sind. Die Teilleistungen und Mengenabfragen müssen in iTWO im Voraus angelegt werden. Weiters ist es wichtig, dass die Attribute und Parameter der BIM-Objekte im Revit richtig definiert sind, sonst kann die Mengenermittlung nicht erfolgen.

Details dazu sind in Kapitel 5. zu finden.

#### 8.2.2 Forschungsfrage 2

*Welche Gebäudeelemente können in einem üblichen Angebotszeitraum von zwei bis drei Wochen modelliert werden?*

Die Zeit- und Personalressourcen, welche für die Angebotserstellung verfügbar sind, erlauben nicht die Abbildung eines detaillierten BIM-Modells. Dementsprechend ist es sinnvoll, das Pareto-Prinzip anzuwenden und näherungsweise 80 % des Gebäudes mit 20 % des Gesamtaufwands abzubilden. Der geringere Aufwand kann durch Benutzung von elementaren BIM-Objekten und Revit-Funktionen umgesetzt werden. Es werden nur jene Gebäudeelemente, die einen wesentlichen Anteil an den Baukonstruktionskosten haben, modelliert. Die Gebäudeelemente der Kostengruppen 330 Außenwände, 340 Innenwände, 350 Decken und 360 Dächer der 2. Ebene des DIN 276-1 Kostengliederung werden in dem BIM-Modell abgebildet, weil diese laut BKI bei einem Mehrfamilienhaus 82,1 % der Baukonstruktionskosten ergeben.

Um die erwähnten Kriterien zu erfüllen, werden folgende Gruppen der BIM-Objekte als die notwendige BIM-Modell-Detailtiefe definiert:

- Rohbau
- Trennwände
- Fenster
- Türen
- Fassade
- Innenausbau-Leistungen, die mit Room Assistent abgedeckt sind (siehe Kapitel 5.2.2)

Durch einige Begrenzungen der Arbeitsweise wird der Anteil der Baukonstruktionskosten, die mit dieser Detailtiefe in einem BIM-Modell abgebildet sein können, wenige als 82,1 % sein.

Im Anhang A befindet sich eine Liste der Hochbaugewerke, deren Elemente mit dieser Detailtiefe abgedeckt werden können.

### 8.2.3 Forschungsfrage 3

*Gibt es eine optimale Reihenfolge der Modellierungsschritte in der Angebotsphase? Wie sieht dieser Workflow aus und warum?*

Die Ermittlung der für die Preisanfragen notwendigen Subunternehmer-Leistungen hat Priorität in der Mengenermittlung. Das ist notwendig, um die Preisangebote rechtzeitig innerhalb des Angebotszeitraums zu bekommen.

Einige Gruppen der Gebäudeelemente, die als notwendige BIM-Modell-Detailtiefe definiert werden, haben Voraussetzungen für Modellieren oder exakte Mengenermittlung und können erst später in dem Modellierungsprozess ermittelt werden.

Um die definierte BIM-Modell-Detailtiefe zu erreichen und die Preisanfragen zeitgerecht zu erstellen, muss das BIM-Modell effizient und schnell aufgebaut werden. Dies wird durch gleichzeitiges Arbeiten an einem Modell und Verteilung der Modellierungsaufgaben an zwei Bautechniker erreicht.

Die Modellierungsreihenfolge wird in vier Arbeitspakete (siehe Tabelle 6.1) geteilt. Jedes Arbeitspaket enthält zwei getrennte Aufgaben, die von den zwei an der Modellierung beteiligten Bautechnikern abgearbeitet werden.

Weiters wird ein reibungsloser Ablauf der Modellierung durch die klare Verteilung der Rollen, Aufgaben und der Einbindung eines Kalkulanten in den Modellierungsprozess gewährleistet.



### 8.3 Ausblick

Aus Sicht des Autors wird die Anwendung der BIM-Technologie in der Baubranche zunehmen. Bald wird BIM-Technologie diese Technologie im Sinne eines offenen Ansatzes (Open BIM) angewendet und BIM-Modelle werden ein üblicher Teil der Ausschreibungsunterlagen sein. Solche standardisierte Architekturmodelle werden für die beschriebene Methodik mittels Parameterübersetzungstabellen<sup>101</sup> angepasst. Dadurch werden viele Aufgaben, die in dieser Diplomarbeit beschrieben sind, entfallen und die Angebotserstellung wird wesentlich einfacher. Eine weitere ÖNORM zur Abrechnung von BIM-Modellen ist gerade in der Konzeptphase.

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde erläutert, wie die BIM-Technologie die Aufgabe der Leistungserfassung erleichtern kann, doch diese Technologie bietet viele weitere Anwendungsbereiche.

Zum Beispiel können Positionen des Teilleistungskatalogs mit Kalkulationsansätzen (Eigenleistung / Material / Lohn) verknüpft werden. Basierend auf dem BIM-Modell erfolgt sodann die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses mit teilweise vorkalkuliertem Gesamtbetrag.<sup>102</sup> Die Preise können an die Projektbedürfnisse angepasst werden.

Durch Verknüpfen der Aufwandswerte mit den Teilleistungen lassen sich im BIM-Modell alle fünf Dimensionen darstellen, welche wesentliche Effizienzsteigerungen für die Ausführungsphase bieten. So wird es möglich, Kosten- und Zeitsimulationen durchzuführen. Somit wird das BIM-Modell zum zentralen Controlling-Werkzeug anhand dessen ein Soll-Ist-Vergleich ausgeführt werden kann.<sup>103</sup> Durch ein BIM-Modell können problematische Ausführungspunkte einfacher erkannt und behoben werden.<sup>104</sup> Aufgrund der eingepflegten Modellinformationen wird die Leistungsmeldung und die Abrechnung nur eine Frage der Auswertung.<sup>105</sup> Auch die Koordination der Subunternehmer kann sich effektiver gestalten, indem z. B. Mängel im Modell verortet und kategorisiert werden.<sup>106</sup>

---

<sup>101</sup> Vorgefertigte Tabelle die Parameter und Attribute mit unterschiedlicher Syntax aber gleicher Semantik verknüpft

<sup>102</sup> Vgl. RIB Software: Angebotskalkulation Benutzerhandbuch.

<sup>103</sup> Vgl. André Borrmann, Werner Lang, Frank Petzold: Digitales Planen und Bauen Schwerpunkt BIM (Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft, Januar 2018)

<sup>104</sup> Vgl. ebenda.

<sup>105</sup> Vgl. André Borrmann, et al.: Building Information Modelling: Technische Grundlagen und industrielle Praxis.

<sup>106</sup> Vgl. Gerald Goger, Melanie Piskernik, Harald Urban: Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen.

## 9 Verzeichnisse

### 9.1 Literaturverzeichnis

- [1] Austrian Standards 2018 (<https://www.austrian-standards.at/%C3%BCber-uns/>), abgerufen am 20.01.2019.
- [2] Autodesk GmbH: <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>, abgerufen am 20.01.2019.
- [3] Autodesk GmbH: <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/Revit-Model/files/GUID-DD74A51D-A0B0-4461-A4BA-0F9CCC191CDB-htm.html>, abgerufen am 20.01.2019.
- [4] BAUER, Herman: Baubetrieb (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1994).
- [5] BERGER, Emanuel: Widersprüche in Bau-Werkverträgen (TU Wien, 2016).
- [6] Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort <https://www.bmdw.gv.at/KulturellesErbe/Bauservice/Seiten/Hochbau.aspx>, abgerufen am 11.03.2019
- [7] BORRMANN, André, et al.: Building Information Modeling: Technische Grundlagen und industrielle Praxis (Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015)
- [8] CERVINKA; Tom: Werkvertragsnormen-Viel Lärm um neue Abrechnungsregeln (Österreichische Bauzeitung Nummer: 28/2)
- [9] DIN 276-1: Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau (Ausgabe 2008-12).
- [10] ELWERT, Ulrich; FLASSAK, Alexander: Nachtragsmanagement in der Baupraxis (Springer Fachmedien Wiesbaden, 2010)
- [11] ERAK, Dusko: Der Einfluss von Angebotskosten auf den Wettbewerb sowie der Kalkulationsaufwand bei funktionalen Ausschreibungen (TU Wien, 2011).
- [12] FISCHER, Peter; MARONDE, Michael; SCHWIERS, Jan A.: Das Auftragsrisiko im Griff (Friedr.Vieweg & Sohn Verlag, 2007).
- [13] FlowFinder: <https://www.flowfinder.de/pareto-prinzip>, abgerufen am 11.03.2019
- [14] GIRMSCHEID, Gerhard: Angebots- und Ausführungsmanagement – prozessorientiert (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005).
- [15] GIRMSCHEID, Gerhard: Angebots- und Ausführungsmanagement – Leitfaden für Bauunternehmen (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005).
- [16] GOGER, Gerald: Bauprozessplanung; Studienblätter zur Vorlesung (TU Wien 2018).
- [17] GOGER, Gerald; PISKERNIK; Melanie; URBAN, Harald: Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und Wirtschaftskammer Österreich Geschäftsstelle Bau, 2018).

- [18] HOLM, Len; et al.: Construction Cost Estimating Process and Practices (Pearson Prentice Hall, 2005).
- [19] JORDAN, Mathias: Vergleich der Allgemeinen Vertragsbedingungen großer öffentlicher Auftraggeber mit der ÖNORM B 2110 und deren Berücksichtigung in der Kalkulation (TU Wien, 2017).
- [20] KALUSCHE, Wolfdietrich; HERKE, Sebastian: BKI Baukosten 2018 Neubau; Teil 1 Statistische Kennwerte für Gebäude (BKI Baukosteninformationszentrum, Stuttgart 2018).
- [21] KOVACIC, Iva: Planungsprozesse mit BIM Vortragsfolie: BIM supported Integrated Design (TU Wien SS2018).
- [22] KROPIK, Andreas; GALLISTEL, Ursula: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1, Skriptum zur Vorlesung (TU Wien, 2018).
- [23] MONTEIRO, André; POÇAS MARTINS, João: A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design (Automation in Construction 35, 2013).
- [24] OBERWINTER, Lars: BIM in der integralen Planung – Praxisbericht ATP Architekten Ingenieure [https://www.bimpedia.eu/static/nodes/1023/Beitrag\\_ATP\\_FINAL.pdf](https://www.bimpedia.eu/static/nodes/1023/Beitrag_ATP_FINAL.pdf) (2016 BIMpedia).
- [25] OBERWINTER, Lars: Planungsprozesse mit BIM Vortragsfolie: How to BIM (TU Wien SS2018)
- [26] ÖNORM A 6241-2: Digitale Bauwerksdokumentation Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM, (Ausgabe: 2015-07-01).
- [27] ÖNORM A 2050: Vergabe von Aufträgen über Leistungen (Ausgabe: 2006-11-01).
- [28] ÖNORM B 2259: Herstellung von Außenwand-Wärmedämm-Verbundsystemen (Ausgabe: 2012-07-01)
- [29] ÖNORM B 3415: Gipsplatten und Gipsplattensysteme — Regeln für die Planung und Verarbeitung, (Ausgabe: 2015-06-01)
- [30] Planen-bauen 4.0 – Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens mbH: <http://planen-bauen40.de/wp-content/uploads/2017/11/Kurzbericht-der-Online-Umfrage-zum-BIM-Normungsbedarf.pdf>, abgerufen am 20.01.2019.
- [31] RIB Software: Ausstattung Benutzerhandbuch
- [32] RIB Software: Autodesk Revit - CPI-Export Handbuchergänzung
- [33] RIB Software: BIM Qualifier Benutzerhandbuch
- [34] RIB Software: iTWO 2017 Benutzerhandbuch
- [35] RIB Software: Leistungsverzeichnis (Ausschreibung) Benutzerhandbuch
- [36] SAWHNEY, Anil: International BIM Implementation Guide (Royal Institution of Chartered Surveyors 2014).
- [37] Screenshot Excell

- [38] Screenshot iTWO
- [39] Screenshot PDF-XChange Viewer
- [40] Screenshot Revit
- [41] Stadtverwaltung Bruchsal: <https://www.bruchsal.de/site/Bruchsal-Internet/get/documents/bruchsal-internet/PB5Documents/pdf/LV%20Felixstrae.pdf>, abgerufen am 11.03.2019.
- [42] TAUTSCHNING, Arnold; FRÖCH, Georg; GÄCHTER, Wernder: Österreichischer BIM-Bericht 2017 (Universität Innsbruck, 2017)
- [43] VDI 2522 Blatt 3: Building Information Modeling: Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung, (Verein Deutscher Ingenieure, 2018).
- [44] ZANER, Christian: „VOB/B nach Ansprüchen; Entscheidungshilfen für Auftraggeber, Planer und Bauunternehmen“ (Springer Fachmedien Wiesbaden, 2001).

## 9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Unterschiedliche Sprache und Denkweisen der Disziplinen .....	5
Abbildung 2.2: Informationstypen eines BIM-Objekts.....	7
Abbildung 2.3: BIM-Objekt-Bibliothek .....	8
Abbildung 2.4: Bauteilgenerator der Firma PORR; Erstellung einer Ortbetonwand.....	9
Abbildung 2.5: Attribute und Werte eines Wandelements, erstellt mittels PORR Bauteilgenerator .....	10
Abbildung 2.6: Architekturmodell .....	12
Abbildung 4.1: Prozess der Erstellung der Angebotssumme.....	20
Abbildung 4.2: Beispiel Leistungsverzeichnis .....	23
Abbildung 4.3: Grundriss des WU Campus.....	25
Abbildung 4.4: Beispiel Raumumfang dargestellt im PDF-XChange Viewer .....	26
Abbildung 4.5: Programmierte Excel Tabelle zur Erstellung des Raumbuches .....	26
Abbildung 4.6: Gesamtmengen des Fußbodenbelags .....	27
Abbildung 4.7: Beispiel einer Bauteilliste für LG07 „Wände“ .....	28
Abbildung 4.8: Filtereinstellungen Bauteilliste.....	29
Abbildung 4.9: Feldereinstellungen Bauteilliste.....	29
Abbildung 4.10: Sortierung Einstellungen .....	30
Abbildung 5.1: Vorgehensweise .....	33
Abbildung 5.2: Softwaresystematik der Leistungserfassung .....	34
Abbildung 5.3: 3D-Ansicht .....	36
Abbildung 5.4: Sichtbarkeitseinstellungen.....	36
Abbildung 5.5: Filtereinstellungen.....	37
Abbildung 5.6: Mantelfläche einer Wand und eines Trägers .....	41
Abbildung 5.7: Fenster für standardisierte Eingabe der Exemplarparameter .....	41
Abbildung 5.8: Raumbooberflächen.....	43
Abbildung 5.9: Parameterverwaltung im Revit .....	45
Abbildung 5.10: Ausstattungsposition für Aufzählung für gepumpten Beton .....	48
Abbildung 5.11: Leistungsverzeichnismodul im iTWO.....	50
Abbildung 5.12: Fenstern und Funktionen des Leistungsverzeichnismoduls.....	51
Abbildung 5.13: Multimodellvisualisierungsregeln für LG 44 .....	52
Abbildung 6.1: Pareto-Prinzip .....	55
Abbildung 6.2: Aufteilung der Baukonstruktionskosten nach DIN 276-1 Kostengruppen.....	56
Abbildung 6.3: Hauptposition eines Trockenbauwand.....	57
Abbildung 6.4: Schema der Modellierungsvoraussetzungen.....	58
Abbildung 6.5: Geometrische Ungenauigkeiten im Modell .....	61

Abbildung 6.6: 3D-Ansicht zur Überprüfung der definierten Unterstellhöhen.....	62
Abbildung 6.7: Projektdokumentation .....	64
Abbildung 7.1: Projektvisualisierung .....	67
Abbildung 7.2: Gebäudemodell nach dem ersten Arbeitspaket.....	70
Abbildung 7.3: Gebäudemodell nach dem zweiten Arbeitspaket.....	71
Abbildung 7.4: Gebäudemodell nach dem zweiten Arbeitspaket.....	72
Abbildung 7.5: Gebäudemodell nach dem dritten Arbeitspaket.....	73
Abbildung 7.6: Gebäudeschnitt durch das Dachgeschoss .....	74
Abbildung 7.7: Gebäudemodell Endstand.....	75
Abbildung 7.8: Quelle der ermittelten Positionen .....	76
Abbildung 7.9: Kosten Aufteilung anhand der Quelle der ermittelten Positionen .....	77
Abbildung 7.10: Aufteilung der Gesamtkosten nach Leistungsgruppen .....	77
Abbildung 7.11: Ablauf der Leistungserfassung .....	78

### 9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1: Vergleich des Informationsgehalts.....	39
Tabelle 5.2: Raumbellegungstypen .....	43
Tabelle 6.1: Modellierungsreihenfolge .....	59
Tabelle 6.2: Prozessablauf .....	63

## 10 Anhang A

In Klammer wird abhängig von den Leistungsgruppen der LB-HB-021 dargestellt, mit welchen BIM-Objektfamilien die einzelnen Leistungen modelliert werden.

- LG07 Beton- und Stahlbetonarbeiten (Wand, Geschossdecke, Stütze, Balken)
- LG08 Mauerarbeiten (Wand)
- LG09 Versetzarbeiten (Wand mittels Parametereingabe)
- LG11 Estricharbeiten (Geschossdecke)
- LG12 Abdichtungen bei Betonflächen und Wänden (Wand, Geschossdecke)
- LG15 Schlitzte, Durchbrüche, Sägen u. Bohren (Geschossdecke)
- LG16 Fertigteile (Wand, Geschossdecke)
- LG19 Baureinigung (Room Assistent)
- LG21 Schwarzdeckerarbeiten (Geschossdecke)
- LG24 Fliesen- und Plattenlegearbeiten (Room Assistent)
- LG26 Asphaltanlagen in Innenräumen (Room Assistent)
- LG31 Schlosserarbeiten (Wand)
- LG34 Verglaste Rohrahmenelemente (Wand)
- LG38 Holzfußboden (Room Assistent)
- LG39 Trockenbauarbeiten (Wand, Geschossdecke)
- LG42 Glaserarbeiten (Wand)
- LG43 Türsysteme (Türe)
- LG44 Außen Wand-Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) (Wand, Geschossdecke)
- LG45 Beschichtungen auf Holz und Metall (Tür)
- LG46 Beschichtung auf Wänden und Decken (Wände, Geschossdecken, Room Assistent)
- LG49 Beschichtungen auf Böden (Room Assistent)
- LG50 Klebearbeiten für Boden- und Wandbeläge (Room Assistent)
- LG 51-54 Fenster und Fenstertüren (Fenster)
- LG57 Bewegliche Abschlüsse von Fenstern (Fenster Parameter)
- LG 68 Vorgehängte hinterlüftete Fassaden (Wand)