



Technische Universität München

Ingenieurfaculty Bau Geo Umwelt

Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

## Implementierung der BIM-Methode aus Sicht des Projektmanagements

Autor: Abrar Ahmad

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Bachelorthesis im Studiengang Bauingenieurwesen

1. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. André Borrmann
2. Betreuer: Dominic Singer M.Sc.
3. Betreuerin: Brigitte Zank B.Eng.

Ausgegeben am: 22.10.2015

Eingereicht am: 29.03.2016

## Vorwort

Die vorliegende Abschlussarbeit ist am Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation an der Technischen Universität München in Kooperation mit der Firma Baustein GmbH entstanden.

Allen Mitarbeitern der Baustein GmbH möchte ich für die sehr freundliche und angenehme Arbeitsatmosphäre danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt dabei Brigitte Zank B.Eng.. Ihre Fachkenntnisse zur Parametrik in Revit waren sehr hilfreich für die Bearbeitung des Gebäudedatenmodells. Ein weiterer besonderer Dank gilt auch Stefan Gödeke Dipl.-Wirtsch.-Ing. und Geschäftsführer von Baustein GmbH. Durch Gespräche mit Brigitte Zank und Stefan Gödeke entstanden die Ansätze für diese Arbeit.

Abschließend bedanke ich mich bei Dominic Singer M.Sc., Brigitte Zank B.Eng. und Mohammad Mosawar Ahmad für das Korrekturlesen der Arbeit.

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>7</b>
<b>1 Einführung und Motivation.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Einführung .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Ziel der Arbeit .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Aufbau der Arbeit .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Grundlagen des Projektmanagements .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Aufgaben des Projektmanagements .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Kostenplanung .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 DIN 276 – Kosten im Bauwesen – Teil 1 Hochbau .....	14
2.2.2 Kostenvergleichswerte .....	15
2.2.3 DIN 277 – Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau.....	17
<b>2.3 Zusammenfassung.....</b>	<b>19</b>
<b>3 BIM .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 BIM im Planungsprozess .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Mengenermittlung nach der BIM-Methode .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 5D Planung – Kostenermittlung .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Komponenten der BIM-Einführung .....</b>	<b>23</b>
<b>3.5 Der BIM-Manager .....</b>	<b>24</b>
<b>3.6 Zusammenfassung.....</b>	<b>24</b>
<b>4 Autodesk Revit 2016.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Grundlagen.....</b>	<b>26</b>
Projekt .....	26
Projektbrowser .....	26
Ebene.....	27
Element .....	27
Verschiedene Arten von Elementen.....	27
Verschiedene Arten von Familien.....	28
Familieneditor .....	28
Elementeigenschaften .....	28
Abhängigkeiten.....	28
Parameter .....	29
Räume, Raumlisten und Raumbeschriftungen .....	29
Teilelemente.....	29
Baugruppen .....	30

Bauteillisten .....	30
Material-Browser.....	30
<b>4.2 Modellierung von mobilen Schulraumeinheiten .....</b>	<b>30</b>
4.2.1 Raster und Ebenen.....	31
4.2.2 Rohbau.....	32
4.2.3 Ausbau .....	38
4.2.4 Verschiedene Ausbauvarianten.....	40
Ausbau über mehrschichtige Elemente .....	40
Ausbau ohne mehrschichtige Elemente .....	41
4.2.5 Raumstempel.....	43
<b>4.3 Einarbeitung der Normen DIN 276 und DIN 277 .....</b>	<b>45</b>
4.3.1 DIN 277 .....	45
4.3.2 DIN 276 .....	49
<b>4.4 cpiFitMatchKey.....</b>	<b>51</b>
<b>4.5 Zusammenfassung.....</b>	<b>53</b>
<b>5 RIB iTWO 2015.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1 Datenexport zu iTWO .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2 Grundlagen.....</b>	<b>55</b>
Projekt .....	55
Projektvariante .....	55
Multifunktionsleiste .....	56
Fenster CPI-Filter .....	56
5.1.1 BIM Qualifier.....	57
CAD-Daten importieren .....	57
Qualitätsprüfung.....	57
Widget Datenauswertung.....	57
Widget Daten .....	58
5.1.2 Ausstattung.....	58
Modell Check .....	59
Ausstattung.....	59
Zuordnung.....	61
Mengen .....	61
LV-Zuordnung.....	62
5.1.3 Teilleistungskatalog .....	62
5.1.4 LV .....	62
5.1.5 Verschiedene Möglichkeiten der modellbasierten Mengenermittlung .....	63

<b>5.2 Weiterverarbeitung mobiler Schulraumeinheiten in iTWO.....</b>	<b>63</b>
5.2.1 Neues Projekt anlegen.....	63
5.2.2 Modellüberprüfung und Import über BIM Qualifier.....	64
5.2.3 Weiterverarbeitung des Modells im Modul Ausstattung .....	66
5.2.4 Erstellen eines Teilleistungskatalogs .....	70
5.2.5 Erstellen eines LVs .....	70
<b>5.3 Zusammenfassung .....</b>	<b>72</b>
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1 Zusammenfassung .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2 Fazit.....</b>	<b>73</b>
<b>6.3 Ausblick.....</b>	<b>74</b>
<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>76</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>78</b>
<b>Erklärung.....</b>	<b>79</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BIM	Building Information Modeling
IFC	Industry Foundation Classes
CPI	Construction Process Integration
XML	Extensible Markup Language
CAD	Computer Aided Design
DIN	Deutsches Institut für Normung
BKI	Baukosteninformationszentrum
BGF	Brutto-Grundfläche
KGF	Konstruktions-Grundfläche
NGF	Netto-Grundfläche
NF	Nutzfläche
TF	Technische Funktionsfläche
VF	Verkehrsfläche
BRI	Brutto-Rauminhalt
NRI	Netto-Rauminhalt
KRI	Konstruktions-Rauminhalt
BEP	BIM Execution Plan
LV	Leistungsverzeichnis
TL	Teilleistung
QTO	Quantity Takeoff
TLK	Teilleistungskatalog
EP	Einheitspreis

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Ziele des Projektmanagements (Ohlhausen. Grundlagen des Projektmanagements. Projektarbeit WS 2011. Universität Stuttgart).....	12
Abbildung 2: Beeinflussbarkeit der Kosten über die Projektlaufzeit (openPM. Seminararbeit zu Projektplanung: Kosten und Ressourcen) .....	13
Abbildung 3: Exemplarischer Einheitspreis und seine Zusammensetzung für Bauleistungen nach Baupreislexikon .....	17
Abbildung 4: Grundflächen nach DIN 277 (Wikipedia.DIN 277).....	18
Abbildung 5: Lebenszyklus von BIM(Borrmann, Building Information Modeling, 2015, Seite 4) .....	20
Abbildung 6: BIM und Planungsaufwand (Borrmann, Building Information Modeling, 2015, Seite 6) .....	21
Abbildung 7: Schnittansicht Schulpavillion Agilolfingerplatz .....	31
Abbildung 8: Ansicht Raster im Grundriss „EG“ .....	31
Abbildung 9: Ebenen im Modell unter Ansicht „Nord“ .....	32
Abbildung 10: Grundriss Erdgeschoss .....	33
Abbildung 11: Grundriss Erdgeschoss 3D-Ansicht.....	34
Abbildung 12: Grundriss Obergeschoss .....	35
Abbildung 13: Fenster Typeneigenschaften für den Typ Flachdach_Bitumen.....	36
Abbildung 14: Fenster Baugruppe bearbeiten und Material-Browser für Typ Flachdach_Bitumen.....	36
Abbildung 15: Geländer mit optischen Fehler in der obersten Stufe (gerendertes Bild).....	37
Abbildung 16: Geländer ohne optischen Fehler (gerendertes Bild).....	38
Abbildung 17: Schnittansicht eines Zimmers und Dach mit Bodenbelag, Deckenbekleidung und Innenwandbekleidung eines Zimmers und Dachbekleidung.....	40
Abbildung 18: Baugruppe erstellen mit mehreren Elementen .....	41
Abbildung 19: Teileliste .....	42
Abbildung 20: Gerenderte 3D-Ansicht Gesamtmodell.....	43
Abbildung 21: Gerenderte 3D-Ansicht Gesamtmodell.....	43
Abbildung 22: Familieneditor für die Raumbeschriftungsfamilie .....	44

Abbildung 23: Fenster „Beschriftung bearbeiten“ .....	44
Abbildung 24: Grundrissausschnitt mit Raumstempel.....	45
Abbildung 25: DIN 277 als gemeinsam genutzter Parameter erstellen .....	46
Abbildung 26: Fenster „Parametereigenschaften“ beim Einfügen des Parameters in der Raumliste.....	47
Abbildung 27: Fenster „Bauteillisteneigenschaften“ zur Sortierung der Liste nach Flaechenart .....	47
Abbildung 28: Raumliste .....	48
Abbildung 29: Fenster zur Erstellung neuer Bauteillisten .....	49
Abbildung 30: CPI-Export über iTWO Plugin .....	54
Abbildung 31: Multifunktionsleiste .....	56
Abbildung 32: Fenster CPI-Filter.....	56
Abbildung 33: Prozessschritte im BIM Qualifier.....	57
Abbildung 34: Widget Datenauswertung .....	58
Abbildung 35: Widget Daten .....	58
Abbildung 36: Prozessleiste im Modul Ausstattung.....	59
Abbildung 37: Hauptfenster Objekt-Visualisierung.....	59
Abbildung 38: Prozess Zuordnung.....	61
Abbildung 39: Hauptfenster Mengenansatz .....	62
Abbildung 40: Projektfenster .....	64
Abbildung 41: Datenauswertung über Qualitätsprüfung.....	65
Abbildung 42: Prozess Übersicht im Modul BIM Qualifier .....	65
Abbildung 43: CPI-Filtrierung der Modellobjekte im Prozess Modell Check.....	66
Abbildung 44: Angelegte Ausstattungstabelle .....	67
Abbildung 45: Ausstattungstabelle mit Teilleistungen.....	67
Abbildung 46: Filtrierung nach Matchkey ohne Widerspruch zu cpiFitMatchKey .....	68
Abbildung 47: Filtrierung nach Matchkey mit Widerspruch zu cpiFitMatchKey .....	69
Abbildung 48: Prozessphase Mengen .....	69
Abbildung 49: Preisdatenbank des Teilleistungskatalogs .....	70
Abbildung 50: Modul LV in der modellorientierten Ansicht .....	71
Abbildung 51: Modellbasierte Aufspaltung der Kosten .....	71
Abbildung 52: Liste zu Kosten aller Objekte im Modell.....	72

Tabelle 1: Kostengliederung nach DIN 276-1 1. Gliederungsebene .....	15
Tabelle 2: Exemplarische Kostengliederung nach DIN 276 der Kostengruppe 331.....	15
Tabelle 3: Exemplarische Kostenkennwerte nach Kostengruppe der 1. Ebene im BKI .....	16
Tabelle 4: Gliederung der Netto-Grundfläche nach Nutzungsgruppen (DIN 277-2:2005-02). 18	
Tabelle 5: Tabelle mit Familie, Typ und Kostengruppe der verwendeten Typen im Modell... 50	
Tabelle 6: Tabelle mit Familie, Typ und cpiFitMatchKey der verwendeten Typen im Modell 51	
Tabelle 7: Bedeutung einzelner Einträge in der Ausstattungstabelle (iTWO Handbuch. Ausstattung, Seite 25-27) .....	60

# 1 Einführung und Motivation

## 1.1 Einführung

BIM steht für „Building Information Modeling“ und beschreibt eine Idee, bei der zunächst mithilfe eines Gebäudedatenmodells digital ein Bauvorhaben geplant wird. Weltweit ist seit einigen Jahren ein großes Interesse für die BIM-Methode in der Bauindustrie zu sehen. In einigen Ländern hat der erfolgreiche Einsatz der BIM-Methode in vielen Projekten dazu geführt, dass auch auf staatlicher Seite nun versucht wird, neue Standards für die Bauindustrie einzuführen, die die BIM-Methode zu einem festen Bestandteil des Planungsprozesses werden lassen. In Europa nehmen die skandinavischen Länder eine Vorreiterrolle in der Implementierung der BIM-Methode ein. In Finnland ist seit 2007 BIM ein fester Bestandteil in öffentlichen Projekten. Auch in Norwegen wurde seit 2010 beschlossen, die BIM-Methode in Bauprojekten verbindlich zu machen. Dieser Trend zur BIM-Methode ist in vielen weiteren Ländern ähnlich zu sehen. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

Auch in Deutschland wird versucht allmählich auf diesen „BIM-Zug“ umzusteigen. So hat sich das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur vorgenommen, in Form eines Stufenplans bis 2020 die BIM-Methode in erster Linie im Infrastrukturbau einzuführen. Der Stufenplan fußt auf die wissenschaftliche Auswertung von vier Pilotprojekten, die zurzeit mithilfe der BIM-Methode geplant werden. Der Stufenplan sieht vor bis 2017 Standardisierungsmaßnahmen und Leitfäden anhand dieser Pilotprojekte zu erarbeiten. In der zweiten Stufe von 2017 bis 2020 kommen weitere Infrastrukturprojekte hinzu, um noch zusätzliche Erfahrungswerte über alle Projektphasen sammeln zu können, damit in der dritten Stufe ab 2020 BIM in den Projekten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur regelmäßig ausgeführt werden kann.

Die Einführung der BIM-Methode führt auch zu einem Wandel der traditionellen Planungskonzepte, weshalb letztendlich die verschiedenen Projektbeteiligten in einem Bauvorhaben sich mit dieser Methode auseinandersetzen müssen, damit dieser Wandel zur BIM-Methode ermöglicht wird.

## 1.2 Ziel der Arbeit

In dieser Thesis wird die BIM-Methode aus Sicht des Projektmanagements vorgestellt. Das Projektmanagement umfasst verschiedene Aufgabenbereiche. In der vorliegenden Arbeit wird in erster Linie der Kostenplanungsaspekt des Projektmanagements im Hochbau anhand der BIM-Methode an einem Gebäudedatenmodell diskutiert. Es wird zunächst ein Gebäudedatenmodell eines Projekts der Landeshauptstadt München erstellt, in dem Teile der Normen DIN 276 und DIN 277 für den Hochbau in das Gebäudedatenmodell eingearbeitet werden. Anschließend wird der Übergang vom Modellieren zur Kostenermittlung nach der BIM-Methode analysiert. Es wird mit zwei unterschiedlichen Programmen gearbeitet, die auch in dieser Arbeit jeweils vorgestellt werden. Ein wichtiger Aspekt, dessen Ansatz sich dabei herauskristallisieren soll, ist die Rolle von neuen Berufsbildern nach der BIM-Methode und ihre Notwendigkeit und wie sich dadurch das klassische Projektmanagement von Bauprojekten ändern wird.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in 6 Kapitel aufgeteilt. Nach einer Einführung werden im Kapitel 2 Grundlagen des Projektmanagements in Hinblick auf die verschiedenen Aufgaben des Projektmanagers angesprochen. Nach dem Ausführen des traditionellen Kostenplanungsaspekts im Hochbau wird im Kapitel 3 die BIM-Methode erläutert. Auch hier wird vor allem der Aspekt der Kostenermittlung hervorgehoben, wobei aber auch die Einführung der BIM-Methode in einem Unternehmen und neue Berufsbilder, die sich dabei bilden, vorgestellt werden.

Anschließend folgt der praktische Teil der Arbeit. Im Kapitel 4 werden Grundlagen des Programms Autodesk Revit 2016 angesprochen und ein Gebäudedatenmodell erstellt. Im nächsten Kapitel wird das Programm RIB iTWO 2016 vorgestellt und der Datenexport von Revit zu iTWO erläutert. Danach wird noch in diesem Kapitel eine modellorientierte Kostenermittlung im Sinne der BIM-Methode vorgenommen. Zum Schluss wird im letzten Kapitel nach einer Zusammenfassung ein Ausblick der BIM-Methode aus Sicht des Projektmanagements aufgezeigt.

## 2 Grundlagen des Projektmanagements

In der DIN 69901 wird Projektmanagement wie folgt definiert:

*„Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisationen, -techniken und -mitteln für die Abwicklung eines Projektes.“* Somit umfasst das Projektmanagement alle organisatorischen Verfahren und Techniken, die zur erfolgreichen Abwicklung eines Projektes führen.

### 2.1 Aufgaben des Projektmanagements



Abbildung 1: Ziele des Projektmanagements (Ohlhausen. Grundlagen des Projektmanagements. Projektarbeit WS 2011. Universität Stuttgart)

Das Projektmanagement strebt viele Ziele an, einige davon sind in der Abbildung 1 genannt. Die Aufgaben des Projektmanagers speziell für den Hochbau bestehen vor allem darin, eine Termin-, Kosten- und Qualitätsüberwachung durchzuführen und somit direkte Aufgaben des Bauherrn zu übernehmen. (Sommer, Projektmanagement im Hochbau, 2009)

In dieser Thesis wird vorwiegend der Aspekt der Kostenplanung im Bereich des Projektmanagements für den Hochbau ausgeführt.

### 2.2 Kostenplanung

Der Projektmanager informiert den Bauherrn über die Kosten in einem Bauvorhaben entsprechend des Projektfortschritts. Hierbei ist festzuhalten, dass die Ansprüche an das Kostenmanagement mit der Komplexität des Bauvorhabens erheblich ansteigen, wobei aber

auch gleichzeitig die Erwartungen des Bauherrn an die Kostenüberwachung zunehmen. Um den Erfolg eines Bauprojektes zu garantieren, ist eine effektive und normgerechte Kostenermittlung über alle Projektphasen ausschlaggebend. Wie eingangs erwähnt ist ein Ziel dieser Arbeit anhand eines Gebäudedatenmodells im Sinne der BIM-Methode eine Kostenermittlung durchzuführen. Um die Vorteile dieser Form der Kostenermittlung zu verstehen, ist es zunächst wichtig die Situation der Kostenplanung im klassischen Projektmanagement zu kennen. Ein bedeutender Faktor der genauen Kostenermittlung in den frühen Planungsphasen, ist die Möglichkeit der einfacheren Kostensteuerung, die sich über die Projektlaufzeit ändert.

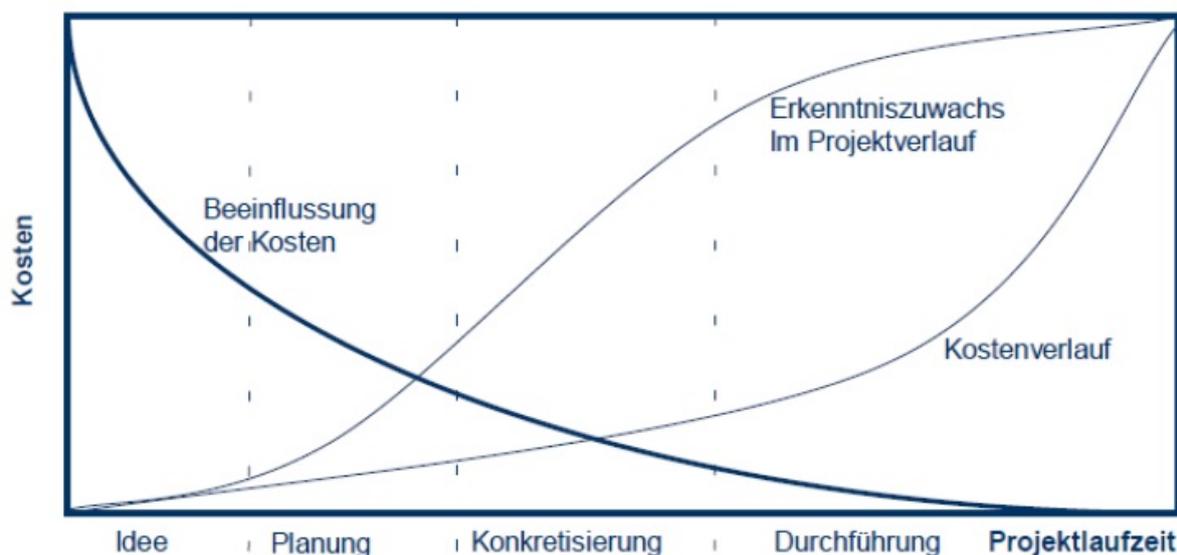


Abbildung 2: Beeinflussbarkeit der Kosten über die Projektlaufzeit (openPM. Seminararbeit zu Projektplanung: Kosten und Ressourcen)

Anhand der Grafik wird deutlich, dass in den frühen Planungsphasen die Beeinflussbarkeit der Kosten am höchsten ist und mit dem Voranschreiten des Projekts signifikant abnimmt. Darüber hinaus wächst mit dem Voranschreiten des Projektes die Erkenntnis zu den tatsächlichen Kosten des Bauvorhabens. Dies führt dazu, dass durch eine genaue und zutreffende Kostenermittlung in den frühen Planungsphasen, gegen Kostensprünge in späteren Phasen des Projektes, die nicht mehr so einfach steuerbar sind, vorgebeugt werden kann. Die Normen, anhand derer eine Kostenermittlung in Deutschland für den Hochbau vorwiegend durchgeführt werden, sind die DIN 276 Teil 1 und die DIN 277. Im Folgenden werden diese beiden Normen vorgestellt.

### 2.2.1 DIN 276 – Kosten im Bauwesen – Teil 1 Hochbau

Es wird die DIN 276 Teil 1 der Fassung vom Dezember 2008 vorgestellt. Die Norm DIN 276-1 definiert Begriffe für die Kostenplanung im Bauwesen für den Hochbau. So ist hier festgelegt, dass unter Kostenplanung die Gesamtheit aller Maßnahmen der Kostenermittlung, der Kostenkontrolle und der Kostensteuerung verstanden wird. Ziel der Kostenplanung ist, über alle Phasen des Projektes die Kosten des Bauvorhabens zu planen und so das Bauvorhaben wirtschaftlich und kostensicher zu realisieren. Die Kostenermittlung ist definiert als die Vorausberechnung der entstehenden Kosten bzw. die Feststellung der tatsächlich entstandenen Kosten. Es wird entsprechend des Planungsfortschritts zwischen 5 Stufen der Kostenermittlung unterschieden. Die erste Stufe bildet dabei der Kostenrahmen. Dieser dient als eine Grundlage für die Entscheidung über die Bedarfsplanung. Die nächste Stufe ist die Kostenschätzung, die als eine Grundlage für die Entscheidung über die Vorplanung dient. Hier müssen die Gesamtkosten nach Kostengruppen mindestens bis zur 1. Ebene der Kostengliederung ermittelt werden. Eine Kostengruppe ist definiert als eine Zusammenfassung einzelner, nach den Kriterien der Planung oder des Projektablaufs zusammengehörender Kosten. Als 3. Stufe ist die Kostenberechnung festgelegt, welche die Kosten auf der Grundlage der Entwurfsplanung angibt. Die Gesamtkosten müssen dabei nach den Kostengruppen bis zur 2. Ebene der Kostengliederung ermittelt werden. Als nächste Stufe ist der Kostenanschlag vorgesehen. Dieser dient als Grundlage für die Entscheidung über die Ausführungsplanung. Hier werden die Gesamtkosten nach Kostengruppen mindestens bis zur 3. Ebene der Kostengliederung ermittelt und nach den vorgesehenen Vergabeeinheiten geordnet. Als letzte Stufe ist die Kostenfeststellung definiert. In der Kostenfeststellung werden die endgültigen Kosten ermittelt.

Jede Stufe bis zur Kostenfeststellung gibt Schätzungen der Kosten des Bauprojekts wieder, die sich der Kostenfeststellung annähern sollen. Je genauer und detaillierter in der ersten Planungsphase der Kostenermittlung gearbeitet wird, desto geringer sind die Abweichungen des zu Beginn festgestellten Kostenrahmens zur Kostenfeststellung. Unter eine Kostengliederung versteht man in der DIN 276-1 eine Ordnungsstruktur, in der die Gesamtkosten eines Bauprojekts in Kostengruppen unterteilt werden. In der DIN 276-1 werden bis zu einer 3. Gliederungsebene die Kosten ermittelt. Die 1. Gliederungsebene unterteilt sich in sieben Kostengruppen:

Tabelle 1: Kostengliederung nach DIN 276-1 1. Gliederungsebene

	Kostengruppen
100	Grundstück
200	Herrichten und Erschließen
300	Bauwerk – Baukonstruktion
400	Bauwerk – Technische Anlagen
500	Außenanlagen
600	Ausstattung und Kunstwerke
700	Baunebenkosten

Diese werden in der ausführungsorientierten Gliederung der Kosten in eine 2. und 3. Ebene in der Kostengliederung ausgeführt. Die einzelnen Kostengruppen der 3. Gliederungsebene sind in der DIN 276 in Tabellen aufgelistet. Exemplarisch wird hier die Gliederungsstruktur der Kostengruppe 331 erläutert (Tabelle 2). Diese Kostengruppe wird zur Kostengruppe 300 „Bauwerk – Baukonstruktion“ in der 1. Gliederungsebene zugeordnet. Sie wurde in die 2. Ebene in die Kostengruppe 330 „Außenwände“ weiter aufgeschlüsselt. Als 3. und letzte Ebene stellt sie die Kostengruppe der „tragenden Außenwände“ dar. Somit ist die Kostengruppe 331 für die tragenden Außenwände festgelegt. Nach diesem Schema sind auch die restlichen Kostengruppen in der DIN 276 aufgelistet.

Tabelle 2: Exemplarische Kostengliederung nach DIN 276 der Kostengruppe 331

Kostengruppe der ...			
1. Ebene	2. Ebene	3. Ebene	Kosten zu ...
300			Bauwerk -Baukonstruktion
	330		Außenwände
		331	Tragende Außenwände

### 2.2.2 Kostenvergleichswerte

Für die Kostenplanung wird in der Regel mit Kostenvergleichswerten gearbeitet, durch die die Kosten eines Bauvorhabens prognostiziert werden können. Diese Kostenwerte stellen Kosten von bereits abgeschlossenen Bauwerken dar und sind in Datenbanken abgelegt. Diese werden durch Erfahrungen verschiedener Planer ergänzt, wodurch eine große Fülle an Vergleichswerten für eine Kostenprognose eines Bauvorhabens in jenen Datenbanken

vorhanden sind. Im Folgenden werden zwei Kostendatenbanken beschrieben.

#### Das Baukosteninformationszentrum (BKI)

Das BKI wurde 1996 von den Architektenkammern aller Bundesländer gegründet. Ziel dabei war es, Daten und Methoden zur Verfügung zu stellen, die eine zielorientierte und genaue Kostenprognose ermöglichen. Das BKI orientiert sich dabei vorwiegend an der DIN 276, sodass mithilfe der Kostenkennwerte des BKIs eine Kostenermittlung nach den verschiedenen Kostenstufen möglich ist.

Tabelle 3: Exemplarische Kostenkennwerte nach Kostengruppe der 1. Ebene im BKI

KG	Kostengruppen der 1. Ebene	Einheit	▷	€/Einheit	◁	▷	% an 300+400	◁
100	Grundstück	m <sup>2</sup> FBG						
200	Herrichten und Erschließen	m <sup>2</sup> FBG	2	8	28	0,2	1,1	3,4
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	m <sup>2</sup> BGF	915	1.077	1.292	69,8	75,8	80,9
400	Bauwerk - Technische Anlagen	m <sup>2</sup> BGF	246	349	477	19,1	24,2	30,2
	Bauwerk (300+400)	m <sup>2</sup> BGF	1.196	1.426	1.713		100,0	
500	Außenanlagen	m <sup>2</sup> AUF	28	103	416	2,0	4,7	8,6
600	Ausstattung und Kunstwerke	m <sup>2</sup> BGF	9	32	151	0,5	2,2	7,9
700	Baunebenkosten	m <sup>2</sup> BGF	-	-	-	-	-	-

In der Tabelle 3 werden exemplarisch die Kostenkennwerte nach den Kostengruppen der 1. Ebene, wie sie im BKI nach der DIN 276 aufgelistet sind, gezeigt. Dabei wird deutlich, dass im BKI immer ein Kostenbereich zu den einzelnen Kostengruppen angegeben wird und man den Randbedingungen des eigenen Projektes entsprechend die Kostenkennwerte wählen muss. Die Kosten und Kostenkennwerte sind auf den Bundesdurchschnitt umgerechnet und enthalten die Mehrwertsteuer. Die Bezugseinheiten zu den Kostenkennwerten sind dabei die Mengeneinheiten aus der DIN 277 (Kapitel 2.2.3). Nach den Kostenkennwerten aus dem BKI wird auch ersichtlich, dass im Durchschnitt der höchste Anteil an den Gesamtkosten die Kostengruppen 300 und 400 ausmachen. Kostenkennwerte werden vornehmlich für die Kostenermittlung eines Kostenrahmens verwendet.

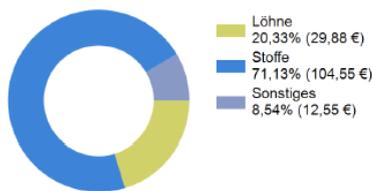
#### Das Baupreislexikon

Eine weitere Kostendatenbank, die vor allem bei Ausschreibungen verwendet wird, bildet das Baupreislexikon. Im Baupreislexikon sind die Kosten in Form von Bauleistungen angegeben. Dabei erfolgt die Auflistung der Preise nach dem Standardleistungsbuch anhand der verschiedenen Gewerke im Bauwesen. Die Preise der Leistungen, die man aus diesem Kostenkatalog bekommt, bilden Einheitspreise, die sich, wie Abbildung 5 zeigt, aus verschiedenen Kosten zusammensetzen. Einheitspreise setzen sich aus Einzelkosten der

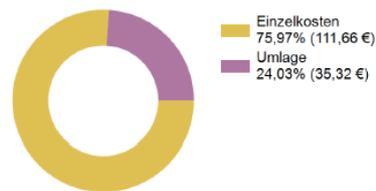
Teilleistungen und Kosten aus der Umlage zusammen und beinhalten somit Kosten aus Löhne, Stoffe und Sonstiges. In Deutschland wird vorwiegend mit Einheitspreisen bei der Kostenermittlung gerechnet. Es wird im Baupreislexikon auch gleich die zugehörige Kostengruppe nach DIN 276 mit den ermittelten Kosten angegeben (Abb. 5).

Einzelkosten für 1,000 h	Kosten	Umlage	Preisanteil
Löhne	19,29 €	10,59 €	29,88 €
Stoffe	80,42 €	24,13 €	104,55 €
Sonstiges	11,95 €	0,60 €	12,55 €
<b>Summe netto (ohne USt.)</b>	<b>111,66 €</b>	<b>35,32 €</b>	<b>146,98 €</b>

Preisanteile nach Kostenart



Preisanteile nach Einzelkosten/Umlage



Zeitansatz:	Stunden	Minuten
Wert	0,592 h	35,520 min

Kostengruppen nach DIN 276

DIN 276 (1981)	<b>3110</b>	Gründung
DIN 276 (1993)	<b>322</b>	Flachgründungen
DIN 276 (2006)	<b>322</b>	Flachgründungen
DIN 276 (2008)	<b>322</b>	Flachgründungen

Abbildung 3: Exemplarischer Einheitspreis und seine Zusammensetzung für Bauleistungen nach Baupreislexikon

### 2.2.3 DIN 277 – Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau

Es wird die DIN 277 der Fassung vom Februar 2005 vorgestellt. Die DIN 277 wird zur Ermittlung von Grundflächen und Rauminhalten von Bauwerken im Hochbau verwendet. Die so ermittelten Werte sind wichtige Kenngrößen zur Kostenermittlung nach der DIN 276. Die DIN 277 wird in 3 Teile aufgeteilt. Teil 1 der Norm definiert einige Begriffe zu Grundflächen und Rauminhalten im Hochbau und beschreibt ihre Ermittlungsgrundlagen. Man unterscheidet zwischen Brutto-, Netto- und Konstruktions-Grundflächen (Abb. 6). Die Brutto-Grundfläche (BGF) ist als die Summe aus Netto-Grundfläche und Konstruktions-Grundfläche definiert. Die Konstruktions-Grundfläche (KGF) beschreibt die Summe der Grundflächen der aufgehenden Bauteile aller Grundrissebenen eines Bauwerks, z.B. von Wänden, Stützen und Pfeilern. Die Netto-Grundfläche (NGF) wird in Nutzfläche (NF), Technische Funktionsfläche (TF) und Verkehrsfläche (VF) aufgeteilt. Wie diese Flächen genau definiert sind, wird im Teil 2 der DIN 277, in den dort aufgelisteten Tabellen festgelegt.

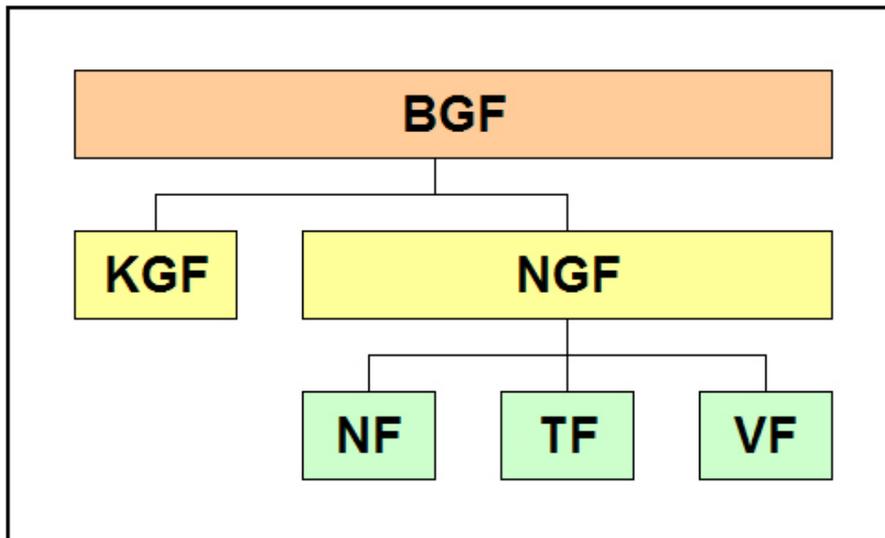


Abbildung 4: Grundflächen nach DIN 277 (Wikipedia.DIN 277)

Im Teil 1 der Norm werden auch die Rauminhalte eines Bauwerks im Hochbau definiert. So unterscheidet man zwischen Brutto-, Netto- und Konstruktions-Rauminhalt. Der Brutto-Rauminhalt (BRI) beschreibt die Summe der Rauminhalte des Bauwerks über die Brutto-Grundflächen und bildet die Summe aus Netto-Rauminhalt (NRI) und Konstruktions-Rauminhalt (KRI). Als Netto-Rauminhalt ist die Summe aller Rauminhalte, deren Grundfläche zur Netto-Grundfläche gehören, festgelegt. Der Konstruktions-Rauminhalt umfasst die Summe der Rauminhalte jener Bauteile, die die Netto-Rauminhalte umschließen.

Teil 2 der DIN 277 beschäftigt sich mit der Gliederung der Netto-Grundfläche. Dabei werden in Tabellen die einzelnen Netto-Grundflächen Nutzfläche, Technische Funktionsfläche und Verkehrsfläche Nutzungsgruppen zugeordnet. Als Nutzungsgruppe ist die Zusammenfassung einzelner Grundflächen und Räume mit gleichartigen Nutzungen definiert.

Tabelle 4: Gliederung der Netto-Grundfläche nach Nutzungsgruppen (DIN 277-2:2005-02)

Nr.	Netto-Grundflächen	Nutzungsgruppe
1	Nutzfläche (NF)	Wohnen und Aufenthalt
2	NF	Büroarbeit
3	NF	Produktion, Hand- und Maschinenarbeit, Experimente
4	NF	Lagern, Verteilen und Verkaufen
5	NF	Bildung, Unterricht und Kultur
6	NF	Heilen und Pflegen
7	NF	Sonstige Nutzflächen

8	Technische Funktionsfläche (TF)	Technische Anlagen
9	Verkehrsfläche (VF)	Verkehrerschließung und -sicherung

Im Teil 3 der Norm werden die Mengen und Bezugseinheiten der Grundflächen und Rauminhalte der Bauwerke im Hochbau festgelegt.

Hierbei sind in Tabellen die Mengen und Bezugseinheiten entsprechend der Kostengruppen der DIN 276 aufgelistet und die Mengenermittlung beschrieben. Somit ist dieser Teil der Norm essentiell für die Mengen- und Kostenermittlung nach der DIN 276.

### 2.3 Zusammenfassung

Die Aufgaben eines Projektmanagers sind sehr vielschichtig. Ein wesentlicher Aspekt stellt die Kostenplanung im Projektmanagement dar. Hierbei übernimmt der Projektmanager die Kostenüberwachung in einem Bauvorhaben für den Bauherrn. Die verschiedenen Stufen der Kostenermittlung nach der DIN 276-1 sind bis zur Kostenfeststellung Kostenprognosen des Bauprojekts, die sich mit zunehmender Stufe der Kostenfeststellung annähern. Dabei ist festzuhalten, dass der Kostensteuerungsprozess in einem Projekt mit zunehmenden Projektfortschritt schwieriger wird. Folglich ist es wichtig, um die Kostenplanung zu optimieren, dass die Planung eines Bauprojekts einen höheren Detaillierungsgrad in den frühen Planungsphasen aufweisen sollte, damit die Kosten einfacher und effektiver gesteuert werden können. Außerdem ermöglicht eine detaillierte Planung zu Beginn auch eine zutreffendere Kostenschätzung, welche wiederum in der Ausschreibung vorteilhaft ist.

### 3 BIM

BIM bedeutet Building Information Modeling (Gebäudedatenmodellierung) und beschreibt eine Methode, durch die Bauprojekte mithilfe von 3D-Modellen und den darin enthaltenen Informationen geplant, ausgeführt und betrieben werden können. Dabei umfasst die BIM-Methode den gesamten Lebenszyklus eines Projektes (Abb. 7), sodass ein einheitliches Modell von dem Entwurf über die Planung und Ausführung erstellt wird und dieses Modell dann auch während der Bewirtschaftung des Gebäudes und sogar im Umbau wiederverwendet werden kann. Folglich versucht man in der BIM-Methode so detailliert wie möglich zunächst digital zu planen und zu bauen. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

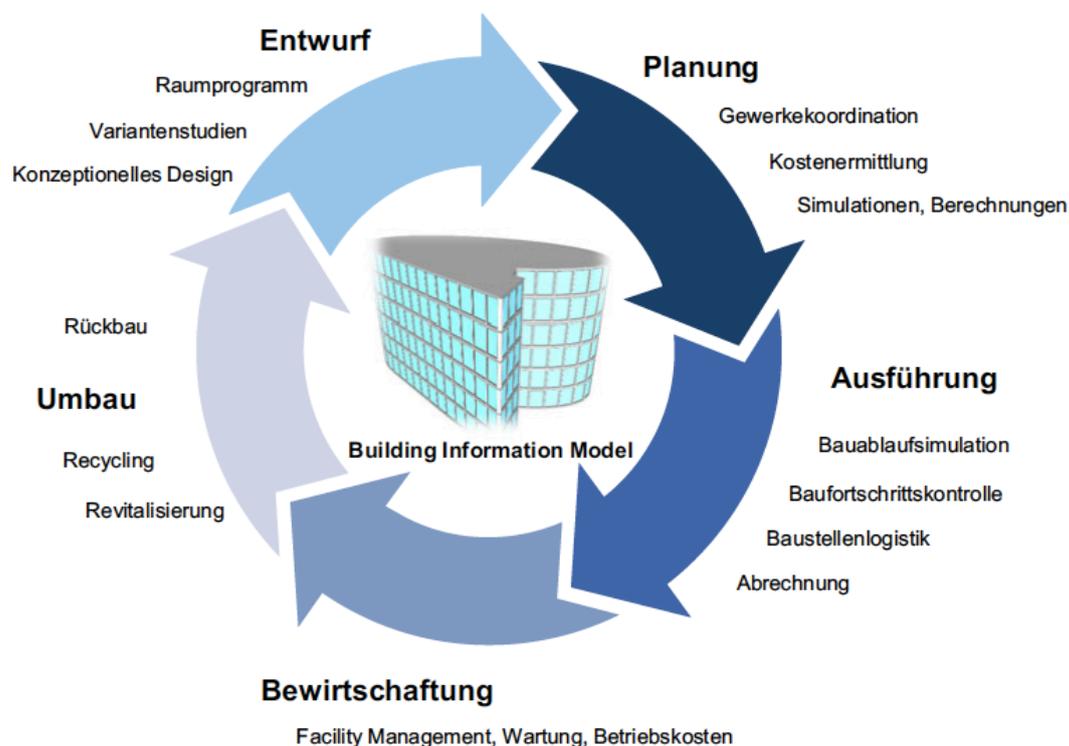


Abbildung 5: Lebenszyklus von BIM (Borrmann, Building Information Modeling, 2015, Seite 4)

#### 3.1 BIM im Planungsprozess

Im traditionellen Planungsprozess liegt der eigentliche Arbeitsaufwand in den späten Planungsphasen, in denen Änderungen immer etwas schwieriger und mit vielen Kosten verbunden sind. Durch die BIM-Methode entsteht eine Verlagerung des Planungsaufwandes in die frühen Phasen, sodass wesentliche Änderungen frühzeitig gemacht werden können und somit der Planungsprozess optimiert wird, indem genaue und aussagekräftige Simulationen und Berechnungen schon in den frühen Planungsphasen gemacht werden.

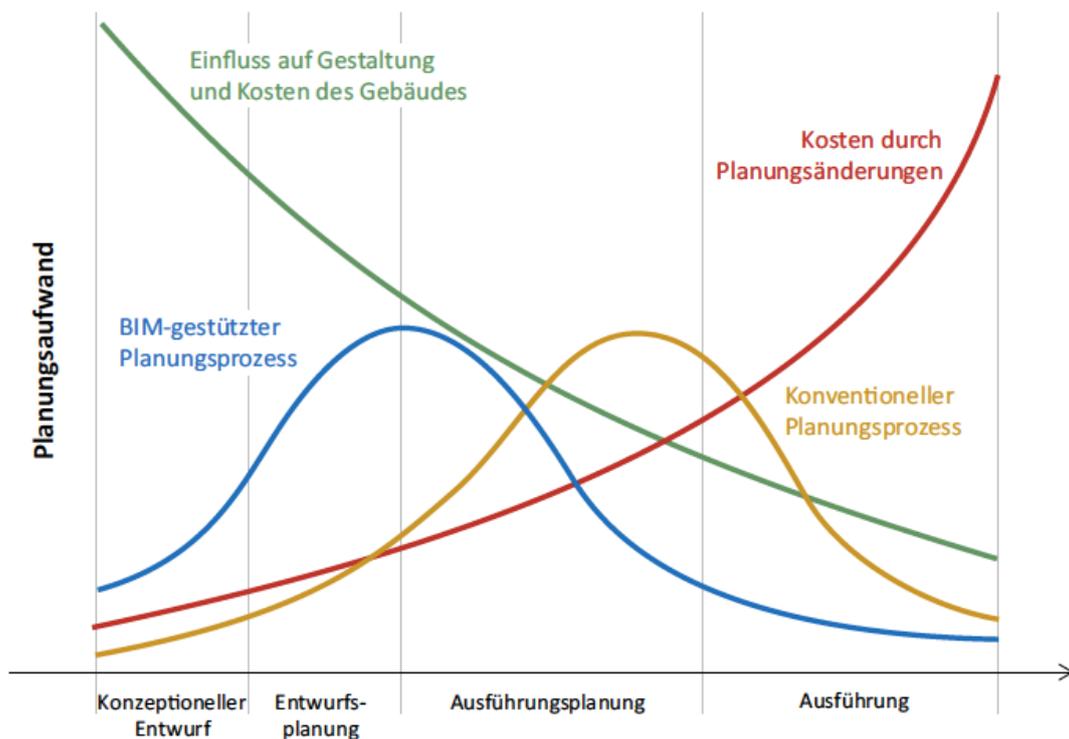


Abbildung 6: BIM und Planungsaufwand (Borrmann, Building Information Modeling, 2015, Seite 6)

Zudem werden im Planungsprozess eines Bauvorhabens alle technischen Zeichnungen in der BIM-Methode aus einem Modell abgeleitet, weshalb diese in der Regel widerspruchsfrei sind. Ein weiterer Vorteil bei dieser Form der Planung liegt darin, Informationsverlusten vorzubeugen, da alle Projektbeteiligten an einem Modell arbeiten. Die Teilmodelle der verschiedenen Fachplaner können auf Konflikte geprüft werden. Durch den hohen und detaillierten Informationsgrad den das Modell aufweist, können gesetzliche Vorschriften einfacher und genauer geprüft werden. Mithilfe einer sehr präzisen Mengenermittlung ist auch eine zuverlässige Kostenschätzung möglich, womit das Erstellen des Leistungsverzeichnisses für die Ausschreibung beschleunigt wird. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

### 3.2 Mengenermittlung nach der BIM-Methode

Die modellorientierte Mengenermittlung nach der BIM-Methode ist stark abhängig vom Grad der Modellierungstiefe des geometrischen Modells. Ein wesentlicher Grundbaustein bildet hierbei die Eigenschaft des Modells Informationen in Bezug auf Flächen, Volumina und Mengen der modellierten Elemente auszugeben. Dabei gibt es verschiedene Ansätze eine

Mengenermittlung vorzunehmen. Man kann Mengen über Kennwerte ermitteln. Hierbei wird ein grobes 3D Modell erstellt, das in erster Linie in Abschnitte, Räume und Zonen aufgeteilt wird. Über Kenngrößen für die einzelnen Raumtypen werden dann Mengen und Kosten abgeschätzt.

Eine weitere Möglichkeit der Mengenermittlung ist mit einer aufwendigeren Modellierung verbunden. Dabei wird jedes Objekt im Modell einzeln modelliert. So wird in dieser Modellierungsvariante jede Schicht vom z.B. Fußbodenaufbau einzeln modelliert. Ein Vorteil in dieser Modellierungsstrategie besteht in der genaueren Visualisierung der einzelnen Elemente im Modell und der differenzierteren und genaueren Mengenermittlung. Nachteilig ist jedoch der deutlich höhere Modellierungsaufwand.

Des Weiteren ist festzuhalten, dass bei der modellbasierten Mengenermittlung nicht unbedingt alle Leistungen im Modell abgebildet werden müssen. Denn bei manchen Leistungen wäre der Modellierungsaufwand zu hoch im Vergleich zu seinem Nutzen. Solche Leistungen können zum Beispiel das Herrichten der Baustelle, wie der Bodenaushub, sein. Diese Leistungen werden später dann im Leistungsverzeichnis durch zusätzliche Einträge ergänzt. Ein großer Nachteil ist hierbei, dass jene Leistungen nicht im Modell sichtbar sind und somit auch die Überprüfung etwas erschwert wird. Mithilfe der ermittelten Mengen werden in der Regel die Kosten des Bauvorhabens geschätzt und berechnet. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

### 3.3 5D Planung – Kostenermittlung

In einem Projekt, das nach der BIM-Methode geplant und ausgeführt wird, muss in der Ausschreibung festgelegt werden, wie die Nutzung von BIM im jeweiligen Projekt vorgesehen ist. Dabei muss in der Ausschreibung so detailliert wie möglich angegeben werden, welche Verantwortlichkeiten den einzelnen Projektbeteiligten zukommt, welche Software verwendet wird, wie der Datenaustausch ablaufen wird und zu welchen Zeiten, welche Übergaben stattfinden. Auf der Seite der Auftragnehmer wird dann entsprechend ein „BIM Execution Plan“ (zu Deutsch: BIM-Ausführungsplan) erstellt. BEP beschreibt wie die einzelnen Fachplaner die Rahmenbedingungen der Ausschreibung konkret umsetzen wollen. Auch im Sinne der 5D Planung nach der BIM-Methode ist ein BEP notwendig.

Unter 5D Planung ist die Verknüpfung des 3D-Modells mit den Baukosten zu verstehen. Ziel dabei ist es im 3D Modell an den Elementen des Modells Attribute zu hinterlegen, mithilfe

jener eine Kostenplanung möglich ist. Da in einem Projekt eine Arbeitsteilung vorliegt und das Erstellen von dem 3D Modell und die Kostenplanung von verschiedenen Fachplanern vorgenommen wird, ist es notwendig in einem BEP festzulegen, wie beide Disziplinen die Verarbeitung des Modells vornehmen wollen. Zum Beispiel ist eine genaue und aussagekräftige Kostenermittlung mit dem Grad der Modellierung verbunden. Aber auch die modellbasierte Kostenermittlung kann auf verschiedene Wege erfolgen. In der vorliegenden Arbeit wurde dies mithilfe des Programms iTWO vom Softwarehersteller RIB an einem Bauprojekt der Landeshauptstadt München vorgenommen. Darüber hinaus wurden Im Kapitel 4 verschiedene Modellierungsvarianten und im Kapitel 5 auch verschiedene Möglichkeiten der Kosten- und Mengenermittlung vorgestellt. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

### 3.4 Komponenten der BIM-Einführung

Eine Einführung der BIM-Methode in einem Unternehmen führt dazu, dass auch in Hinblick auf das Personal einige Umstrukturierungen stattfinden müssen. So muss das Personal gezielt mit der BIM-Methode vertraut gemacht werden und neue Berufsbilder zum Beispiel des eines BIM-Managers eingeführt werden, der alle BIM Komponenten zusammenführt und steuert. Neben dem Personal werden auch besondere Anforderungen an Technologien gestellt, die für die Anwendung der BIM-Methode essentiell sind. Auch besondere Standards und Richtlinien müssen definiert werden, damit eine durchgängige und einheitliche Nutzung der BIM-Methode garantiert ist. Als weitere Komponente sind die Prozesse wie Mengenermittlung oder Kostenkalkulation in einem Unternehmen an der BIM-Methode abzustimmen. Damit all diese Komponenten erfolgreich in einem Unternehmen im Sinne der BIM-Methode angepasst werden, bedarf es eines BIM-Managers, der die nötigen Fachkenntnisse besitzt und den Umstellungsvorgang steuert. Auch die BIM-Nutzung in einem Projekt setzt voraus, dass allen Projektbeteiligten die Vorteile der BIM-Methode verständlich sind und ihnen bewusst ist, dass die Informationen aus den einzelnen Fachdisziplinen in einen gemeinsamen und ineinandergreifenden Datenbestand gesammelt werden. Somit ist es auch im Falle der BIM-Nutzung in einem Projekt ähnlich wie in der BIM-Einführung in einem Unternehmen die Aufgabe des BIM-Managers die Komponenten Menschen, Prozesse, Richtlinien und Technologien in einem Projekt zu berücksichtigen und entsprechend die Anforderungen des

Projektes an die BIM-Nutzung zu orientieren. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

### 3.5 Der BIM-Manager

Für die Einführung der BIM-Methode ist die Rolle eines BIM-Managers sehr entscheidend. Dabei ist es wichtig, die Position und die Aufgaben eines BIM-Managers in einem Projekt zu definieren. In einem Projekt, das nach der BIM-Methode geplant wird, ist es notwendig auch weitere neue Berufsbilder zu definieren. So unterscheidet man zwischen BIM-Koordinatoren und einem BIM-Manager in einem Bauprojekt. Die Aufgabe der BIM-Koordinatoren besteht darin, die Bereitstellung und die Einhaltung von Standards und Richtlinien der Fachmodelle zu gewährleisten, wohingegen die Aufgabe eines BIM-Managers ist, die verschiedenen Teilmodelle der Fachplaner zusammenzuführen und eine Kollisionsprüfung durchzuführen. Somit ist der BIM-Manager für die Qualitätssicherung des Gesamtprojekts verantwortlich und ist oft mit strategischen Aufgaben anvertraut. Dies ist notwendig, da durch einen BIM-Manager bei der Nutzung der BIM-Technologien in den einzelnen Fachdisziplinen die Gefahr von Datenbrüchen vorgebeugt werden kann und der Informationsfluss so effizient und fehlerfrei wie möglich zwischen den einzelnen Projektbeteiligten ermöglicht wird. (Borrmann, Building Information Modeling, 2015)

### 3.6 Zusammenfassung

Die BIM-Methode versucht unter anderem durch eine Verlagerung des Planungsaufwandes in den frühen Phasen der Planung, das Fehlerpotenzial in den späteren Planungsphasen zu minimieren. Dabei wird anhand von einheitlichen Modellen geplant, die dann auch in der Ausführung und Bewirtschaftung des Gebäudes im Sinne der Nachhaltigkeit wiederverwendet werden können. In Hinblick auf die Kostenplanung eines Bauvorhabens eröffnet die BIM-Methode neue Ansätze. So ist es möglich, mit einem Gebäudedatenmodell eine modellorientierte Mengenermittlung durchzuführen und damit genauere Mengenangaben zu erhalten, mithilfe derer die Kostenermittlung in den frühen Planungsphasen aussagekräftiger wird und eine gezieltere Kostensteuerung ermöglicht wird. Um aber die BIM-Methode in einem Projekt einführen zu können, bedarf es von Umschulungen bzw. Anpassungen von Personal, Prozessen, Richtlinien und Technologien in einem Bauprojekt an die BIM-Methode. Damit dieser Umstieg und der kontinuierliche und zielorientierte Einsatz der BIM-Methode

gewährleistet werden kann, müssen neue Berufsbilder definiert werden. Ein wichtiger neuer Projektbeteiligter in einem Bauvorhaben ist hierbei der BIM-Manager, der vorwiegend den strategischen Ansatz der BIM-Methode für das jeweilige Projekt festlegt, koordiniert und überwacht.

## 4 Autodesk Revit 2016

Ein 3D Gebäudedatenmodell wurde mithilfe von Revit 2016 erstellt. Revit ist ein Programm des Softwareherstellers Autodesk, welches seit 2004 auf dem deutschen Markt erhältlich ist. Im Vergleich zu dem Programm AutoCad von Autodesk unterstützt Revit die BIM-Methode. Das heißt, dass die in Revit verwendeten Objekte zur Erstellung des 3D-Modells nicht nur optische, sondern auch physikalische Eigenschaften der realen Materialien aufweisen. Sodass das in Revit erstellte Gebäudedatenmodell in anderen Programmen für weitere Simulationen im Sinne der BIM-Methode verwendet werden kann.

### 4.1 Grundlagen

Im Folgenden werden grundlegende Begriffe des Programms Revit erläutert.

#### Projekt

Alle Informationen des Gebäudedatenmodells werden in einer Projektdatei gespeichert. Es werden in einem Projekt neben den geometrischen Daten, wie die im Modell verwendeten Objekte, auch nicht-geometrische Informationen verwaltet. Hierzu zählen Projektansichten, Entwurfszeichnungen, Material- und Bauteillisten. All diese Informationen sind wesentliche Bestandteile des Modellentwurfs. Folglich stellt ein Projekt in Revit eine Datenbank für das Gebäudedatenmodell dar.

#### Projektbrowser

Der Projektbrowser ist ein Fenster in Revit, in dem alle Ansichten, Bauteillisten, Pläne, Gruppen und andere Bestandteile des Projekts in einer Hierarchie angezeigt werden. Es wird im Projektbrowser in der Anordnungsstruktur an oberster Stelle die Disziplin angezeigt. Disziplinen sind zum Beispiel „Ansichten“ oder „Bauteillisten/Mengen“. Diese werden in Phasen unterteilt. Phasen der Disziplin „Ansichten“ sind unter anderem „Grundrisse“ und „3D-Ansichten“. Die unterste Ebene in dieser Anordnungsstruktur bildet der „Ansichtstyp“. Die Phase „Grundrisse“ kann als „Ansichtstyp“ „EG“ oder „OG“ haben, je nach dem welche Grundrisse man anlegen möchte. Die Anzahl und Benennung von Ansichtstypen können verändert werden. Folglich können beliebig viele Ansichtstypen in Phasen erstellt werden.

## Ebene

Eine Ebene beschreibt eine endliche horizontale Fläche. Sie dienen als Referenz für Elemente wie Dächer und Geschossdecken. Ebenen werden für Geschosse erstellt und legen die Höhe eines Stockwerks fest. Ebenen können beim Erstellen auch als Grundrisse festgelegt werden. Jene Ebenen sind dann im Projektbrowser unter „Ansichten“ als Grundrisse aufrufbar.

## Element

Alle Objekte in Revit werden als Elemente bezeichnet. Elemente werden hierarchisch in 4 Stufen eingeteilt. Die oberste Unterteilungsstufe bildet die „Kategorie“. Eine Kategorie ist zum Beispiel „Wand“. Kategorien legen das Verhalten und die Identität von Elementen fest. Sie beinhalten wiederum „Familien“. Beispiele von Familien aus der Kategorie „Wand“ sind „Basiswand“ und „Fassade“. Elemente in einer Kategorie, die ein ähnliches Verhaltensmuster und Verwendungsweisen aufweisen, stellen eine Familie dar. Eine Familie beinhaltet verschiedene Typen. Typen einer Familie besitzen alle Parameter jener Familie, wobei aber ihre Belegung unterschiedlich sein kann. So sind „GK 12.5“ und „STB 25.0“ Typen aus der Familie „Basiswand“, wobei „GK 12.5“ die Bezeichnung in diesem Beispiel für eine Gipskartonwand der Dicke 12,5 cm ist und „STB 25.0“ eine Stahlbetonwand der Dicke 25 cm darstellt. Die unterste Stufe der Einteilung von Elementen bilden „Exemplare“. Exemplare weisen sehr individuelle Eigenschaften auf. Ein einzelnes im Gebäudedatenmodell erstelltes Element wird als ein Exemplar bezeichnet. Folglich weist der Typ „STB 25.0“ mehrere Exemplare auf, die sich im 3D-Modell durch einige Eigenschaften, wie ihre Position im Modell voneinander unterscheiden.

## Verschiedene Arten von Elementen

Man unterscheidet zwischen drei Arten von Elementen in Revit. Modellelemente sind Elemente, die die 3D-Darstellung des Gebäudes aufzeigen. Diese sind zum Beispiel Wände, Dächer und Rampen. Bezugselemente dienen dazu Zusammenhänge des Modells zu verdeutlichen. Hierzu gehören zum Beispiel das Raster und Ebenen. Ansichtsspezifische Elemente dienen zur Beschreibung des Modells und sind nur in einigen Ansichten sichtbar. Hierzu zählen zum Beispiel Beschriftungen.

## Verschiedene Arten von Familien

Man unterscheidet zwischen drei Familienarten in Revit: Systemfamilien, ladbare Familien und Projektfamilien. Als Systemfamilien werden grundlegende Elemente wie Wände, Dächer, Decken, Ebenen und Raster bezeichnet. Sie sind im System vordefiniert und fest verankert, sodass sie nicht aus dem System komplett gelöscht werden können. Man kann zwar einzelne Typen löschen aber nicht die komplette Familie. Unter ladbare Familien werden Elemente wie Fenster, Türen und Möbel, die sehr flexibel sind, bezeichnet. Diese Familien werden in externen sogenannten „.rfa-Dateien“ erstellt und in das Projekt geladen. Projektfamilien sind besondere Elemente, die sehr projektspezifisch sind und nicht in andere Projekte übertragen werden. Folglich können sie nicht als eine „.rfa-Datei“ exportiert oder importiert werden.

## Familieneditor

Über den Familieneditor werden Familien in Revit bearbeitet oder es werden neue Familien erstellt. Der Familieneditor ist dabei als ein grafischer Bearbeitungsmodus definiert. Es werden über den Familieneditor ladbare Familien und Projektfamilien erstellt bzw. geändert. Da der Familieneditor Teil des Revit-Programmumfangs ist, werden die erstellten Familien direkt ins Programm geladen.

## Elementeigenschaften

Die Eigenschaften, die ein Element besitzt, werden unterteilt in Typen- und Exempleigenschaften. Wird der Wert einer Typeneigenschaft geändert, so ist die Änderung in allen aktuellen und künftigen Exemplaren dieses Familientyps zu sehen. Typeneigenschaften sind zum Beispiel die Maße einer Tür oder eines Fensters. Exempleigenschaften sind zum Beispiel die Position des Fensters. Diese Eigenschaften haben bei einer Änderung nur Auswirkung auf das jeweilige Exemplar.

## Abhängigkeiten

Abhängigkeiten in Revit geben an, wie Elemente einander referenzieren. Man unterscheidet zwischen drei Formen der Abhängigkeiten. Ausdrückliche Abhängigkeiten (z.B. über das Schließen von Schlössern, die beim Erstellen von Elementen erscheinen) ermöglichen, dass die voneinander abhängig gemachten Beziehungen bei einer Änderung der Position erhalten bleiben. Wenn Konflikte beim Ändern entstehen (wie z.B. das Schneiden verschiedener

Elemente), dann erscheint eine Fehlermeldung, dass die Abhängigkeiten aufgelöst werden müssen, damit die Änderung gemacht werden kann. Mit weniger ausdrücklichen Abhängigkeiten (z. B. wenn beim Erstellen von Elementen die Schlösser nicht geschlossen werden, aber trotzdem eine Verbindung vorliegt) werden jene Abhängigkeiten bezeichnet, die zwar erhalten bleiben, jedoch beim Auftreten von Konflikten ohne eine Fehlermeldung entfernt werden. Eine weitere Form der Abhängigkeit bilden implizierte Abhängigkeiten (z. B. über eine Ecke verbundene Wände). Diese verhalten sich wie ausdrückliche Abhängigkeiten.

### Parameter

Die Eigenschaften eines Elements sind in Revit in Parametern hinterlegt. Letztendlich sind alle Informationen eines Elements in Parametern definiert und abrufbar. Man unterscheidet zwischen „Projektparametern“ und „gemeinsam genutzten Parametern“. Ein Projektparameter gilt nur innerhalb eines Projekts, wohingegen ein gemeinsam genutzter Parameter auch projektübergreifend verwendet werden kann. Bei gemeinsam genutzten Parametern werden die Parameterdefinitionen in einer unabhängigen Text-Datei(.txt) gespeichert.

### Räume, Raumlisten und Raumbeschriftungen

In Revit werden Räume über raumbegrenzende Elemente, wie z.B. Wände, Raumtrennungslinien oder Ebenen eingegrenzt. Die Raumbeschriftung kann dabei automatisch beim Erstellen der Räume erfolgen oder im Nachhinein ergänzt und angepasst werden. Da Raumlisten und Raumbeschriftungen miteinander verknüpft sind, werden Änderungen in den Feldern der Raumliste auch in der Raumbeschriftung automatisch aktualisiert. Dies gilt auch im umgekehrten Fall. Raumbeschriftungen gehören zu den Elementen der Beschriftungsfamilien, die die Eigenschaften des Raums anzeigen.

### Teilelemente

Teilelemente ermöglichen es, bestimmte mehrschichtige Elemente in einzelne Teile zu unterteilen. Diese Teile können dann unabhängig und einzeln beschriftet und in Bauteillisten angezeigt werden. Es können auch einige Parameter wie die Größe der Teile geändert werden, ohne dass es Auswirkungen auf das ursprüngliche mehrschichtige Element hat.

## Baugruppen

Es können mehrere Elemente zu sogenannten Baugruppen zusammengefasst werden. Diese können dann auch gesondert in Bauteillisten aufgezeigt werden. Die erstellten Baugruppen können als Exemplare im Modell platziert werden. Baugruppen werden als Typen angezeigt. Sie können als solche auch unabhängig bearbeitet und beschriftet werden.

## Bauteillisten

Bauteillisten stellen eine besondere Ansicht des Modells in Revit dar. In diesen Listen können die im Projekt verwendeten Bauteile und ihre Parameter aufgelistet werden. Dadurch kann eine modellbasierte Mengenermittlung abgelesen werden und das Modell anhand der Parameter analysiert werden. Folglich werden in Bauteillisten tabellarisch die Informationen, der im Modell verwendeten Elemente, dargestellt. Sobald Änderungen an den Elementen im Projekt vorgenommen werden, werden diese Listen automatisch aktualisiert. Die Bauteillisten können auch in ein anderes Softwareprogramm wie z.B. Excel exportiert werden.

## Material-Browser

Im Material-Browser sind alle Materialien (z.B. Holz, Beton) für die Elemente hinterlegt. Über den Material-Browser können die im Browser hinterlegten Materialien den Elementen zugewiesen werden oder auch neue Materialien erstellt werden. Ein Material weist sowohl optische (z.B. Oberflächenstruktur) als auch physikalische Eigenschaften (z.B. thermische Leitfähigkeit) auf, sodass das modellierte Material so genau wie möglich dem realen Material entspricht.

## 4.2 Modellierung von mobilen Schulraumeinheiten

In einem Stadtratsbeschluss vom 20.11.2014 hat die Landeshauptstadt München das „Aktionsprogramm Schul- und Kita-Bau 2020“ ins Leben gerufen. Ziel dabei ist bis 2030 45 neue Schulen zu bauen. An Schulen, wo der Bedarf nach neuen Räumlichkeiten sehr hoch ist, werden zunächst Schulpavillionanlagen gebaut. Diese mobilen Schulraumeinheiten zeichnen sich dadurch aus, dass sie in relativ kurzer Zeit fertiggestellt werden können, wodurch der vorherrschende hohe Schulraumbedarf zunächst abgedeckt werden kann. Eine dieser mobilen Schulraumeinheiten wird auch für die Grundschule am Agilolfingerplatz 1 gebaut. Die Raumeinheit umfasst 4 Klassenzimmer, 2 Übungsklassenzimmer, eine Mensa mit Küche und

einige weitere Büro- und Lagerräume. Im Folgenden wird beschrieben, wie diese mobile Schulraumeinheit in Revit 2016 als ein Gebäudedatenmodell erstellt wurde.

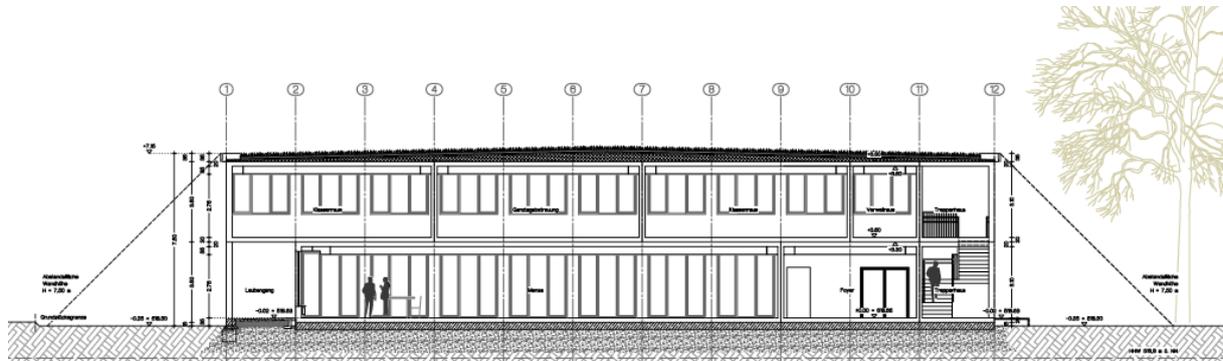


Abbildung 7: Schnittansicht Schulpavillon Agilolfingerplatz

#### 4.2.1 Raster und Ebenen

Um das Gebäude zu modellieren wurden entsprechend den Architekturplänen Bezugselemente erstellt. Hierzu wurde zunächst ein Raster in der Ansicht „Grundrisse“ angelegt. Das Raster umfasst 12 Achsen in Längsrichtung und 6 Achsen in Querrichtung (Abb. 12).

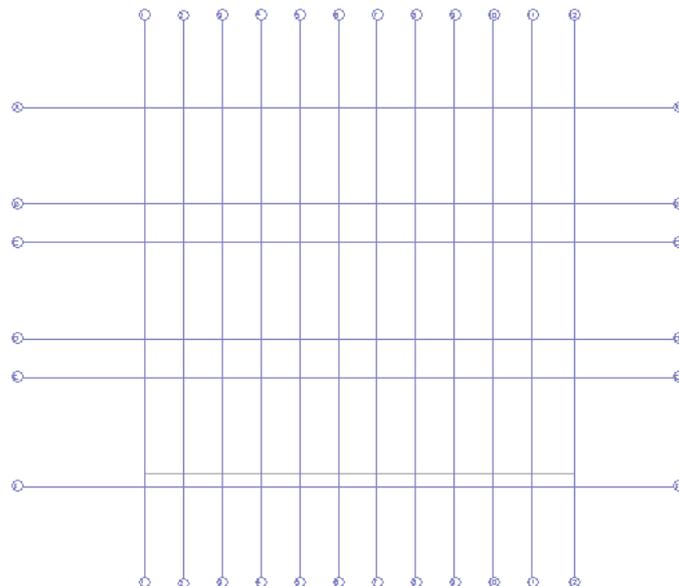


Abbildung 8: Ansicht Raster im Grundriss „EG“

Anschließend wurden als weitere Bezugselemente 6 Ebenen unter „Ansichten - Nord“ erstellt (Abb. 13). Die Anzahl und Position der Ebenen hat sich dabei nach den Räumen im Modell

orientiert, da beim späteren Erstellen des Raumstempels als Begrenzungen des Raumes in der Höhe die Ebenen vorgesehen sind. Die Erstellung der Bezugselemente ist essentiell für das weitere Modellieren des Modells, da die Modellelemente in Abhängigkeit zu den Bezugselementen erstellt werden und sich an diesen ausrichten.

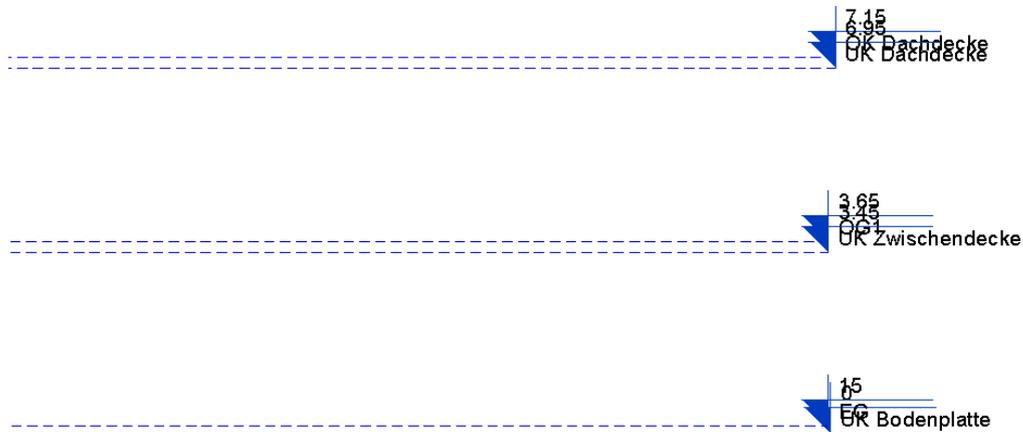


Abbildung 9: Ebenen im Modell unter Ansicht „Nord“

#### 4.2.2 Rohbau

Nach dem Anlegen der Bezugselemente wurde mit Modellelementen gearbeitet, um den Rohbau des Gebäudes zu erzeugen. Da das Gebäude aus zwei Geschossen besteht, wurde zunächst das Erdgeschoss modelliert und anschließend das komplette Geschoss kopiert und an die Position des 1. Obergeschosses ausgerichtet. Anschließend wurden einige geometrische Änderungen entsprechend den Architekturplänen vorgenommen, um das kopierte Erdgeschoss ins 1. Obergeschoss zu überführen.

##### Erdgeschoss modellieren

Das Gebäude steht auf einer 15 cm dicken Stahlbeton-Bodenplatte. Diese wurde im Modell in der Multifunktionsleiste unter der Registerkarte „Ingenieurbau“ in der Gruppe „Fundament“ über den Befehl „Platte“ („Ingenieurbau|Fundament|Platte“) als die Systemfamilie Bodenplatte des Typs 15.0 Stahlbeton erstellt.

Anschließend wurden die Wände modelliert. Das Gebäude besteht aus tragenden und nichttragenden Wänden. Als tragende Wände sind 25 cm dicke Stahlbeton Wände und als nichttragende Wände sind 12,5 cm dicke Gipskarton Wände vorgesehen. In Revit wurden diese Elemente in der Multifunktionsleiste unter „Architektur|Erstellen|Wand“ über die

hinterlegten Systemfamilien Basiswand des Typs „Stahlbeton 25.0“ und Basiswand des Typs „Gipskarton 12.5“ modelliert.

Das Gebäude steht neben den Wänden auch auf Stützen, die aus Stahlbeton mit einer Breite und Tiefe von 25 cm bestehen. Die Stützen wurden unter „Architektur|Erstellen|Stütze“ über die Systemfamilie „STB Stütze – rechteckig des Typs STB 25 x 25“ erstellt. Abgeschlossen wurde das Erdgeschoss mit einer 20 cm dicken Stahlbeton Decke, welche unter „Architektur|Erstellen|Geschossdecke“ über die Systemfamilie Geschossdecke des Typs „Decke\_STB\_20“ erstellt wurde.

Die Fenster und Türen wurden ebenfalls unter „Architektur|Erstellen“ angefertigt. Dabei wurden die Systemfamilien „Drehflügel 1-flg – Variabel“, „Drehflügel 2-flg – Variabel“ und „Fenster 1-flg – Variabel“ verwendet. Die Türen und Fenster wurden entsprechend den Architekturplänen positioniert.

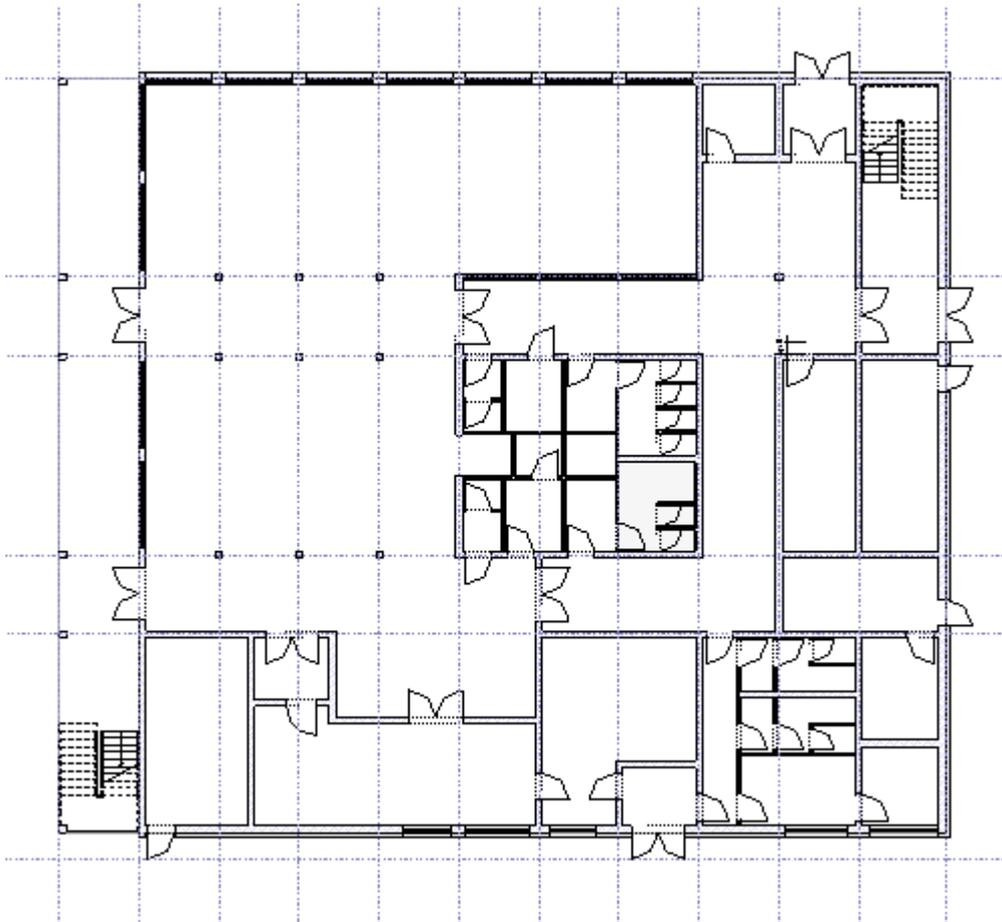


Abbildung 10: Grundriss Erdgeschoss



Abbildung 11: Grundriss Erdgeschoss 3D-Ansicht

### Obergeschoss

Das komplette Erdgeschoss bis auf die Bodenplatte wurde ausgewählt und in der Multifunktionsleiste unter „Ändern|Zwischenablage|In Zwischenablage kopieren“ kopiert. Anschließend über „Ändern|Zwischenablage|In Zwischenablage einfügen|An derselben Stelle ausgerichtet“ um die Höhe des Erdgeschosses versetzt eingefügt. Es wurde danach, das so erstellte Obergeschoss, an das Obergeschoss in den Architektenplänen angepasst, indem die Modellelemente verändert und ergänzt wurden. Hierzu wurden vorwiegend die Wände, Türen und Fenster angepasst und Stützen entfernt.

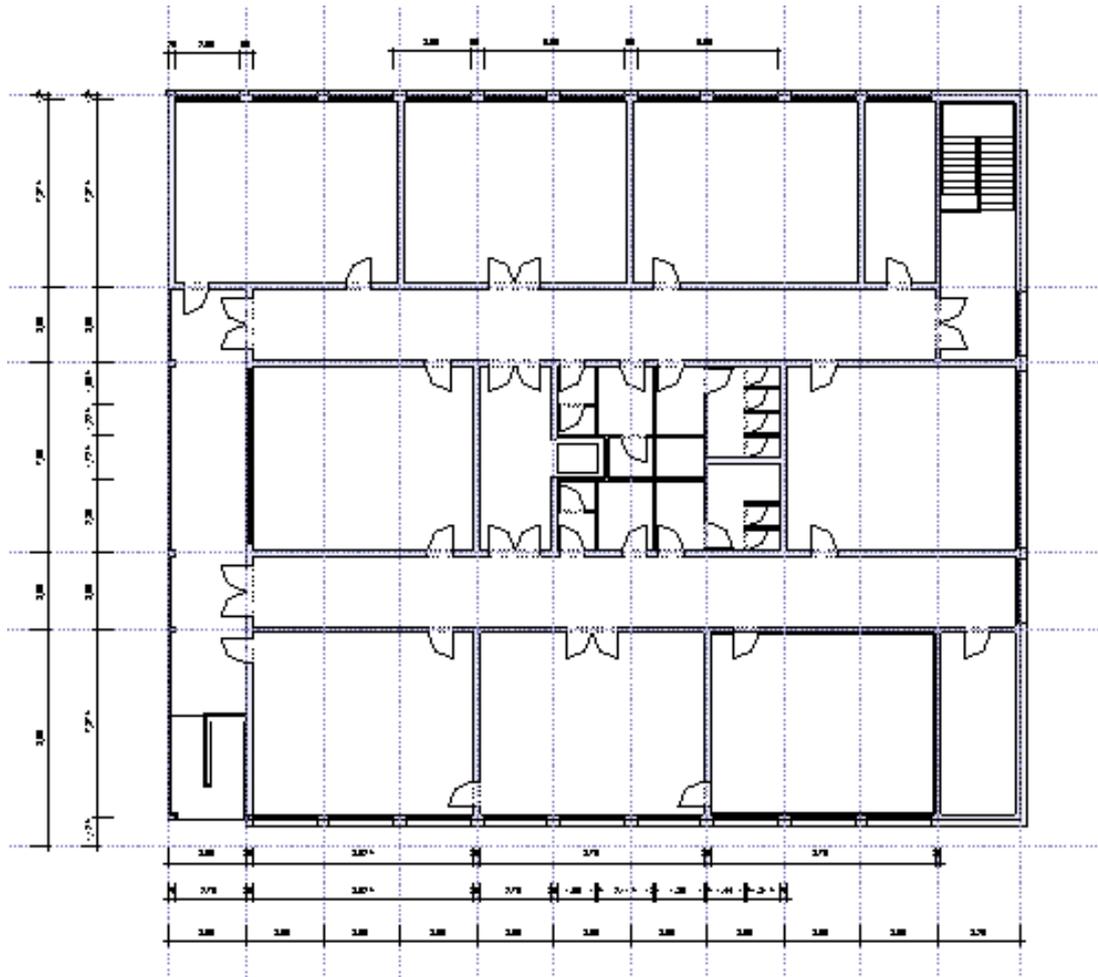


Abbildung 12: Grundriss Obergeschoss

## Dach

Als Dach wurde ein Bitumenflachdach erstellt. Dabei wurde unter „Architektur|Erstellen|Dach|Dach über Grundfläche“ über die Systemfamilie Basisdach ein Dach erstellt und ein neuer Typ angelegt. Hierbei wurde nach dem Ausrichten des erstellten Basisdachs an der Decke des Obergeschosses in der Eigenschaftenpalette für das Basisdach unter Typ bearbeiten das Typeneigenschaften Fenster geöffnet. Hier wurde der Typ dupliziert und der so erstellte Typ umbenannt zu „Flachdach\_Bitumen“ (Abb. 17). Anschließend wurde unter „Konstruktion – Bearbeiten“ das Material des Daches zu Bitumen im Material-Browser geändert (Abb. 18). Auch die Neigung des Daches wurde in der Eigenschaftenpalette zu 1.00° festgelegt.

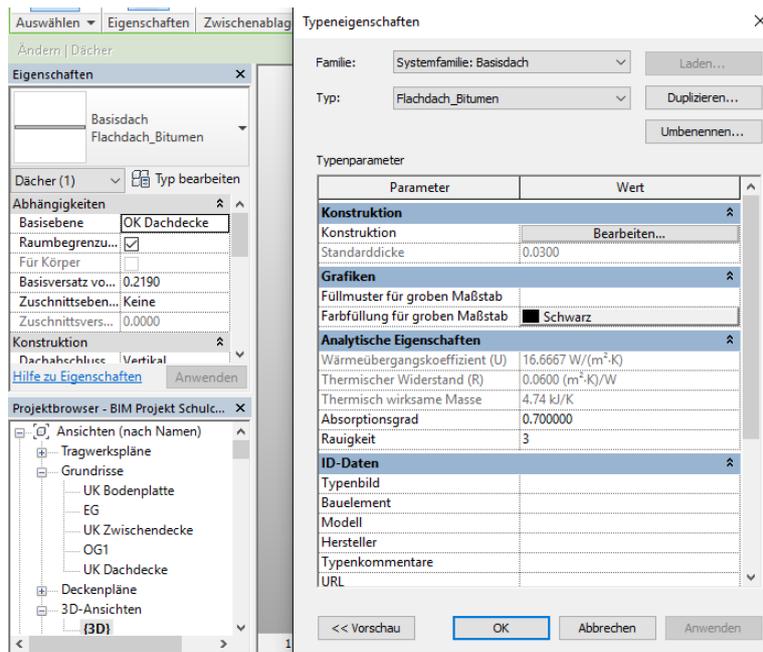


Abbildung 13: Fenster Typeneigenschaften für den Typ Flachdach\_Bitumen

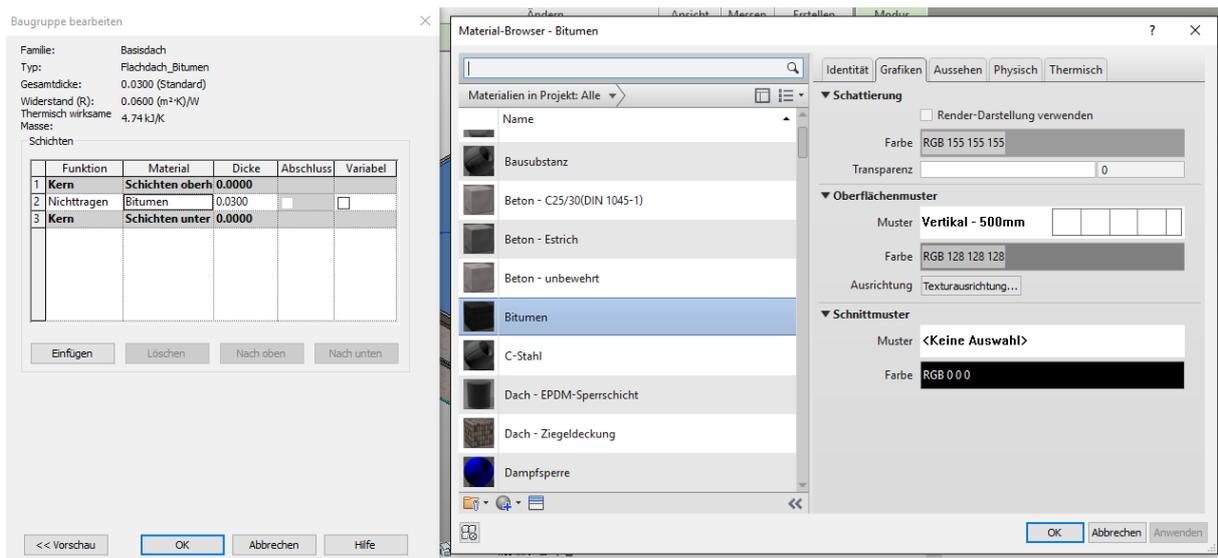


Abbildung 14: Fenster Baugruppe bearbeiten und Material-Browser für Typ Flachdach\_Bitumen

## Treppen und Geländer

2 Treppenhäuser wurden entsprechend den Plänen erstellt. Es wurden Stahlbetontreppen aus Natursteinstufen modelliert. Unter „Architektur|Erschließung|Treppe|Treppe nach Skizze“ wurden die Treppen mit Podest, die vom Erdgeschoss ins Obergeschoss führen, modelliert. Dabei wurde die Breite der Treppe zu 1,40 m mit einer Anzahl von 20 Stufen bestimmt. Die tatsächliche Stufenhöhe beträgt 17,5 cm und die Stufenbreite ist 28,5 cm.

Ein Geländer an den Treppen wurde erstellt. Unter „Architektur|Erschließung|Geländer|Auf Basisteil platzieren“ wurde über die Systemfamilie Geländer der Typ „Decke\_Geländer\_Stahl\_Vertikal“ zum Erstellen der Geländer verwendet. Über diese Methode des Erstellens des Geländers muss im Nachhinein eine manuelle Änderung vorgenommen werden, da das Geländer an der obersten Stufe in seiner Höhe etwas versetzt angeordnet wird (Abb. 19). Diese Darstellung wird automatisch beim Erstellen des Geländers über Auf Basisteil platzieren vom Programm vorgenommen. Über das Auswählen des Geländers wird unter „Ändern|Treppen“ im Modus der Befehl Skizze bearbeiten gewählt und der Geländerabschnitt an der obersten Treppenstufe zurückgesetzt. Nun wird unter „Architektur|Erschließung|Geländer|Pfad skizzieren“ wieder über die Systemfamilie Geländer der Typ „Decke\_Geländer\_Stahl\_Vertikal“ für die oberste Treppenstufe separat modelliert und so der optische Fehler ausgebessert (Abb. 20).



Abbildung 15: Geländer mit optischen Fehler in der obersten Stufe (gerendertes Bild)



Abbildung 16: Geländer ohne optischen Fehler (gerendertes Bild)

#### 4.2.3 Ausbau

Um den Ausbau zu modellieren wurden vorwiegend die Systemfamilien, die im Rohbau verwendet wurden, wieder aufgegriffen und über Typ bearbeiten im Typeneigenschaften Fenster dieser Familien ein neuer Typ erstellt. Für diesen neuen Typen wurde im Material-Browser ein neues Material erstellt, oder wenn das Material schon im Browser vorhanden war, das jeweilige Material für den neuen Typ der Systemfamilie ausgewählt.

##### Außenwandbekleidung

An die Stahlbetonaußenwand wurde eine 20 cm dicke Wärmedämmung angebracht. An diese Dämmung wurde eine 1 cm dicke Putzschicht modelliert. Diese beiden Schichten wurden über die Systemfamilie Basiswand erstellt, indem ein neuer Typ für die Wärmedämmung mit dem Namen „Aussenwandbekleidung\_Aussen Dämmung“ und für die Putzschicht ein Typ mit den Namen „Aussenwandbekleidung\_Aussen Putz“ modelliert wurde. Die verwendete Wärmedämmung ist im Materialbrowser schon vorhanden. Putz wurde als ein neues Material zunächst im Materialbrowser erstellt und anschließend an die Außenwand angebracht.

##### Innenwandbekleidung

An die Stahlbetoninnenwand wurde eine 1 cm dicke Putzschicht angebracht. Auch hier wurde wieder über die Systemfamilie Basiswand ein neuer Typ mit der Bezeichnung „Innenwandbekleidung“ erzeugt.

## Bodenbelag

Der Bodenbelag im Erdgeschoss in den Sanitärräumen besteht aus drei Schichten. Auf der Bodenplatte ist eine 4 cm dicke Trittschalldämmung vorzufinden. Auf dieser Schicht ist eine 9 cm dicke Estrichschicht und darauf wiederum ist eine 1 cm dicke Fliesenschicht angebracht. In allen anderen Räumen ist anstatt einer 1 cm dicken Fliesenschicht ein 1 cm dicker Linoleumbelag modelliert. Analog ist der Aufbau des Bodens im Obergeschoss.

Die einzelnen Schichten wurden über die Systemfamilie Geschosdecke erzeugt, indem wie zuvor beschrieben über „Typ bearbeiten“ ein neuer Typ jeweils erstellt wurde. Die Bezeichnungen der einzelnen Typen sind in der Tabelle 4 aufgelistet. Auch hier waren die Materialien Estrich, Fliesen und Linoleum im Materialbrowser vorhanden, lediglich die Trittschalldämmung wurde als ein neues Material erstellt.

## Deckenbekleidung

Als Deckenbekleidung unter der Stahlbetondecke wurde eine abgehängte Decke modelliert, die aus einem 5 cm dicken Deckenraster besteht, auf dem eine 2 cm dicke Gipskartonschicht aufgebracht ist. Modelliert wurden diese über die Systemfamilie Deckensystem, wobei auch hier die beiden Schichten als einzelne Typen definiert wurden und über den Materialbrowser das jeweilige Material den Typen zugeordnet wurde.

## Dachbekleidung

Die Dachbekleidung unter dem Bitumendach besteht aus 4 Schichten. Auf eine 1 mm dicken Voranstrichschicht ist eine 3 mm dicke Dampfsperre angebracht. Anschließend wurde darauf eine 20 cm dicke Wärmedämmung erstellt, auf der wiederum eine 1,5 cm dicke EPDM-Folie modelliert ist. Die Schichten wurden über die Systemfamilie Basisdach erzeugt. Die Methode ist analog zu den anderen Ausbauschichten. Auch hier wurden die Materialien Voranstrich, Dampfsperre und EPDM-Folie als neue Materialien im Materialbrowser erstellt.

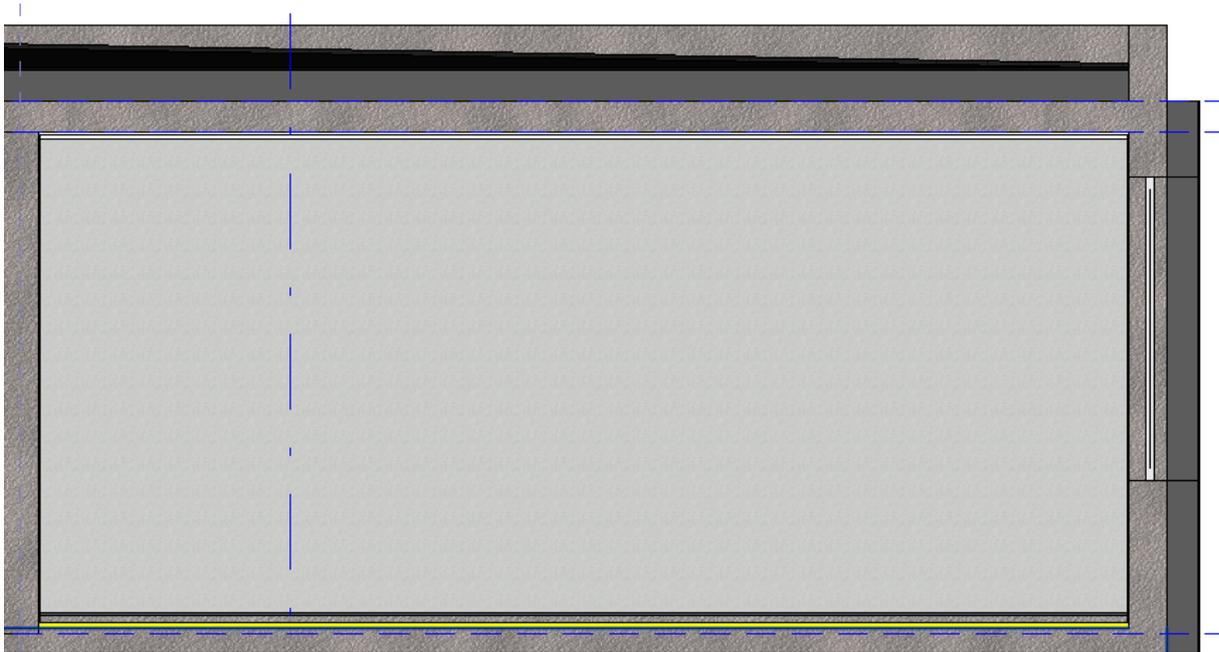


Abbildung 17: Schnittansicht eines Zimmers und Dach mit Bodenbelag, Deckenbekleidung und Innenwandbekleidung eines Zimmers und Dachbekleidung

#### 4.2.4 Verschiedene Ausbauvarianten

Der Ausbau des Gebäudes wurde in drei verschiedenen Varianten zur Auswertung in iTWO modelliert, um feststellen zu können, welche Ausbauvariante in welcher Hinsicht zur Weiterverarbeitung in iTWO geeignet ist. Zum Modellieren des Ausbaus wurden folgende unterschiedliche Modellierungsvarianten ausprobiert:

##### Ausbau über mehrschichtige Elemente

Eine Möglichkeit ist es, den Ausbau über mehrschichtige Elemente, die als eine Baugruppe modelliert werden, zu erzeugen. Dabei wurde darauf geachtet, dass Elemente im Modell, die der gleichen Kostengruppe der DIN 276 angehören und in Revit über gleiche Systemfamilien modelliert werden können, als mehrschichtige Elemente erstellt werden. So wurde der Bodenbelag über die Systemfamilie „Geschossdecke“ erstellt, indem über „Typ bearbeiten“ ein neuer Typ mit der Bezeichnung „Bodenbelag“ erstellt wurde und in diesem über „Konstruktion bearbeiten“ der Aufbau des Bodenbelags als eine Baugruppe aus drei Schichten, die aus den unterschiedlichen Materialien bestehen, erstellt wurde. Nach der gleichen Methode wurde auch die Deckenbekleidung, Dachbekleidung und Außenwandbekleidung modelliert (Abb. 22).

Die Ausbaumodellierungsvariante aus mehrschichtigen Elementen führt auch zu dem Auflösen von ausdrücklich gesetzten Abhängigkeiten, falls diese beim Modellieren des Rohbaus zwischen den Elementen gesetzt wurden. Folglich müssen jene Abhängigkeiten im Nachhinein nochmal einzeln gesetzt werden. Das Schloss, was dabei geschlossen werden muss, kann wieder aufgerufen werden, indem man über den Befehl „Ausrichten“ unter der Registerkarte „Ändern“ das ausgewählte Element an das Element ausrichtet, zwischen dem die ausdrückliche Abhängigkeit erzeugt werden soll. Nach dieser Methode können ausdrückliche Abhängigkeiten jederzeit zwischen Elementen erzeugt werden.

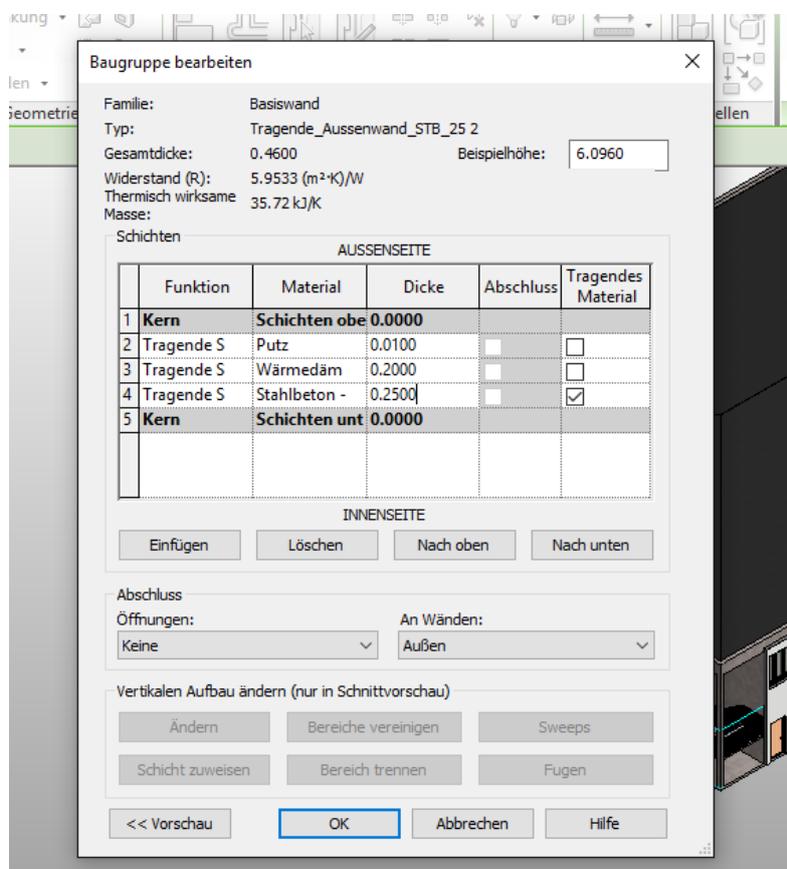


Abbildung 18: Baugruppe erstellen mit mehreren Elementen

### Ausbau ohne mehrschichtige Elemente

Eine weitere Möglichkeit bestand darin, die Elemente des Ausbaus in Teilelemente zu zerlegen oder konsequent jedes Element des Ausbaus einzeln zu modellieren.

## Teilelemente

In der Multifunktionsleiste unter „Ändern|Erstellen|Teilelemente erstellen“ wurden alle mehrschichtigen Elemente ausgewählt und in einzelne Elemente aufgeteilt. Bei dieser Trennungsmethode wird die Originalfamilie aus mehrschichtigen Elementen beibehalten und lediglich das Exemplar in einzelne Teile unterteilt. Diese können in der Bauteilliste einzeln als „Teile“ aufgelistet werden.

Bei der Trennung der mehrschichtigen Elemente über Teilelemente, sind zwar in Revit die einzelnen getrennten Teile im Modell veränderbar und in Bauteillisten einzeln aufrufbar (Abb. 23), jedoch bleiben die Originaltypen der mehrschichtigen Elemente im Modell erhalten. Dabei werden Werte für Parameter, die in den Bauteillisten für die Originaltypen angelegt wurden auch für die einzelnen Teile in den Bauteillisten für die Teile übernommen. Da das Ändern der Parameterwerte für die einzelnen Teile und die weitere Analyse des Verhaltens von den Teilen etwas aufwendiger wurde, wurde auch diese Ausbaumodellierungsvariante nicht weiter in Betracht gezogen.

<Teilleiste> =

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Anzahl	Originalfamilie	Originaltyp	Originalkategorie	Material	Dicke	Fläche	Volumen	Kostengruppe
1	Geschossdecke	FB 10.0 - Fliesen 15 x 15_Bodenbelag	Geschossdecken	Beton - Estrich	0.050	9.34 m²	0.47 m³	325
1	Geschossdecke	FB 10.0 - Fliesen 15 x 15_Bodenbelag	Geschossdecken	Decke - Fliesen 15 x 15	0.010	9.34 m²	0.09 m³	325
1	Geschossdecke	FB 10.0 - Fliesen 15 x 15_Bodenbelag	Geschossdecken	Wärmedämmung - hart	0.040	9.34 m²	0.37 m³	325
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen	Wände	Putz	0.010	120.93 m²	1.21 m³	335
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen	Wände	Putz	0.010	168.78 m²	1.69 m³	335
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen	Wände	Putz	0.010	138.99 m²	1.39 m³	335
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen	Wände	Wärmedämmung - weich	0.200	119.53 m²	23.91 m³	335
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen	Wände	Wärmedämmung - weich	0.200	168.64 m²	33.73 m³	335
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen	Wände	Wärmedämmung - weich	0.200	137.59 m²	27.52 m³	335
1	Basiswand	Innenwandbekleidung	Wände	Putz	0.010	25.24 m²	0.25 m³	345
1	Basiswand	Aussenwandbekleidung_Innen	Wände	Putz	0.010	12.48 m²	0.12 m³	345
1	Basiswand	Innenwandbekleidung	Wände	Putz	0.010	4.78 m²	0.05 m³	345
1	Geschossdecke	Linoleum_Bodenbelag	Geschossdecken	Beton - Estrich	0.050	62.34 m²	3.12 m³	352
1	Geschossdecke	Linoleum_Bodenbelag	Geschossdecken	Linoleum	0.010	405.67 m²	4.06 m³	352
1	Geschossdecke	Linoleum_Bodenbelag	Geschossdecken	Trittschalldämmung	0.040	62.34 m²	2.49 m³	352
1	Deckensystem	Abgehängte Decke 5.0cm - 1.00 x 1.00m	Decken	Decke - Deckenraster	0.030	62.34 m²	1.87 m³	353
1	Deckensystem	Abgehängte Decke 5.0cm - 1.00 x 1.00m	Decken	Decke - Deckenraster	0.030	9.26 m²	0.28 m³	353
1	Deckensystem	Abgehängte Decke 5.0cm - 1.00 x 1.00m	Decken	Decke - Gipskarton	0.020	62.34 m²	1.25 m³	353
1	Deckensystem	Abgehängte Decke 5.0cm - 1.00 x 1.00m	Decken	Decke - Gipskarton	0.020	9.26 m²	0.19 m³	353
1	Basisdach	Flachdachbekleidung	Dächer	Dach - EPDM-Sperrschicht	0.015	917.00 m²	13.76 m³	364
1	Basisdach	Flachdachbekleidung	Dächer	Dampfsperre	0.005	917.00 m²	2.75 m³	364
1	Basisdach	Flachdachbekleidung	Dächer	Voranstrich	0.000	917.00 m²	0.92 m³	364
1	Basisdach	Flachdachbekleidung	Dächer	Wärmedämmung - weich	0.200	917.00 m²	183.40 m³	364
Gesamt: 23								

Abbildung 19: Teilleiste

## Einschichtige Elemente

Als weitere Ausbaumodellierungsvariante wurde jedes Element einzeln modelliert. Das heißt, dass keine mehrschichtigen Elemente in dieser Modellvariante erstellt werden. So wurde jede Schicht des Ausbaus als eigener Typ festgelegt und entsprechend über Systemfamilien und den Befehl „Typ Bearbeiten“ im Fenster „Typeneigenschaften“ der Systemfamilie erzeugt.

Zur Weiterverarbeitung in iTWO wurde der Ausbau über einschichtig modellierte Elemente gewählt. Denn diese Form des Ausbaus ermöglicht für die modellbasierte Mengenermittlung in iTWO die Mengen der einzelnen Elemente des Modells einfacher und genauer abrufen zu lassen, was wiederum zu einer genaueren Kostenermittlung führt. Näheres dazu wird im Kapitel iTWO ausgeführt.

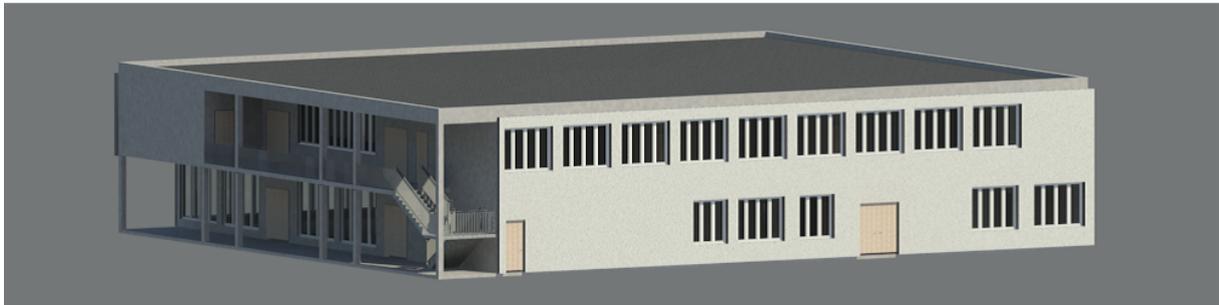


Abbildung 20: Gerenderte 3D-Ansicht Gesamtmodell

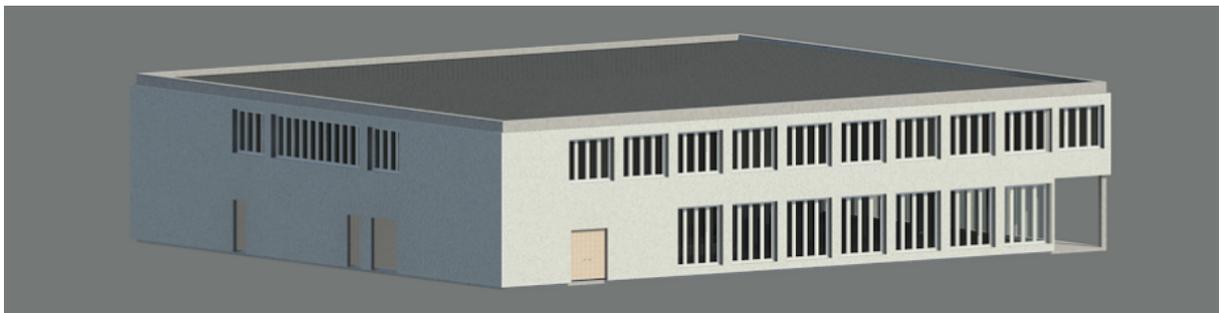


Abbildung 21: Gerenderte 3D-Ansicht Gesamtmodell

#### 4.2.5 Raumstempel

Ein Raumstempel wurde für alle Räume des Gebäudes erstellt. Dabei ist darauf zu achten, dass alle Modellelemente wie Wände, Decken und Stützen als raumbegrenzende Elemente festgelegt sind. Dies passiert über die Eigenschaftenpalette der einzelnen Elemente. Es wird über „Architektur|Raum & Fläche|Raum“ in der Multifunktionsleiste ein Raumstempel in den Grundrissen des Erd- und Obergeschosses erstellt. Für den Laubengang mussten auch Raumtrennungslinien erstellt werden. Diese wurden über „Architektur|Raum & Fläche|Raumtrennungslinie“ angelegt, um überall dort wo keine Wände als raumbegrenzende Elemente vorhanden sind, Begrenzungen für den Raumstempel zu erzeugen. Beim erstellen des Raumstempels wird automatisch über „Bei Platzierung beschriften“ auch der Raum beschriftet. Dabei werden verschiedene Raumbeschriftungsfamilien angeboten um den Raum zu beschriften. Da aber in der Raumbeschriftung auch die Flächenart nach der DIN 277 angegeben werden soll, wurde eine

neue Raumbeschriftungsfamilie erstellt. Hierzu wurde die im Raumstempel erstellte Raumbeschriftung ausgewählt und in der Multifunktionsleiste über „Modus|Familie bearbeiten“ der Familieneditor geöffnet (Abb. 26). Nun wurden über „Beschriftung|Beschriftung bearbeiten“ die Parameter und ihre Darstellung festgelegt, die in der Beschriftungsfamilie angezeigt werden sollen (Abb. 27). In der so neu angelegten Beschriftungsfamilie werden die Parameter Name, Fläche, Umfang und Flächenart dargestellt. Nun wird die erstellte ladbare Familie über den Familieneditor in das Projekt geladen und als neue Beschriftungsfamilie abgespeichert.

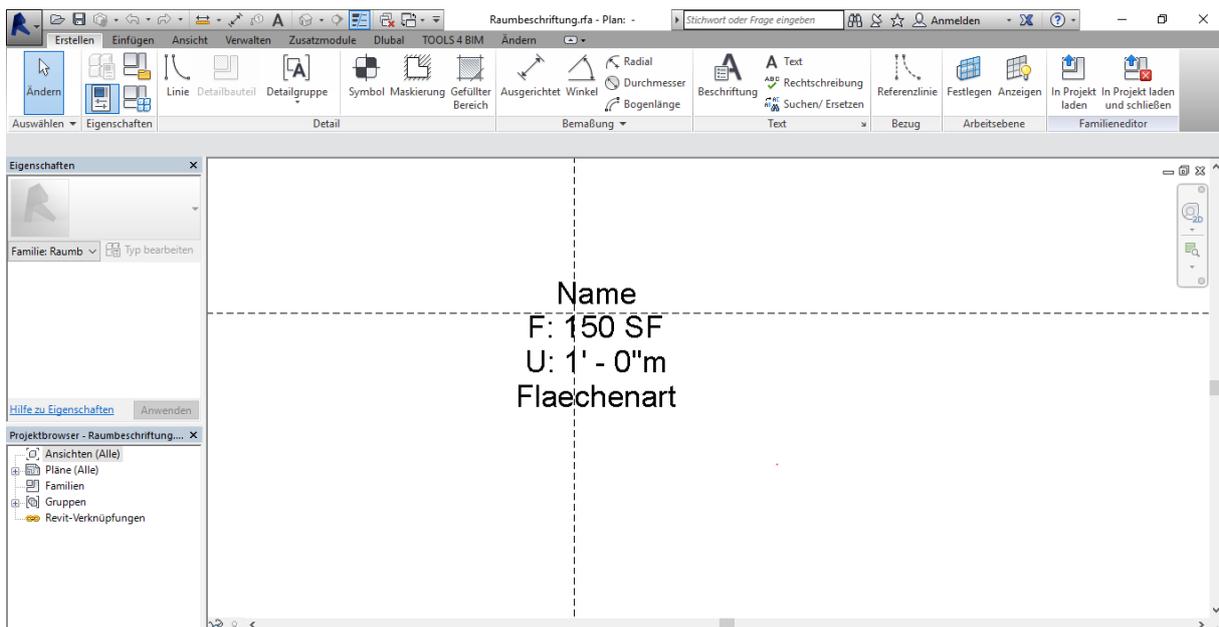


Abbildung 22: Familieneditor für die Raumbeschriftungsfamilie

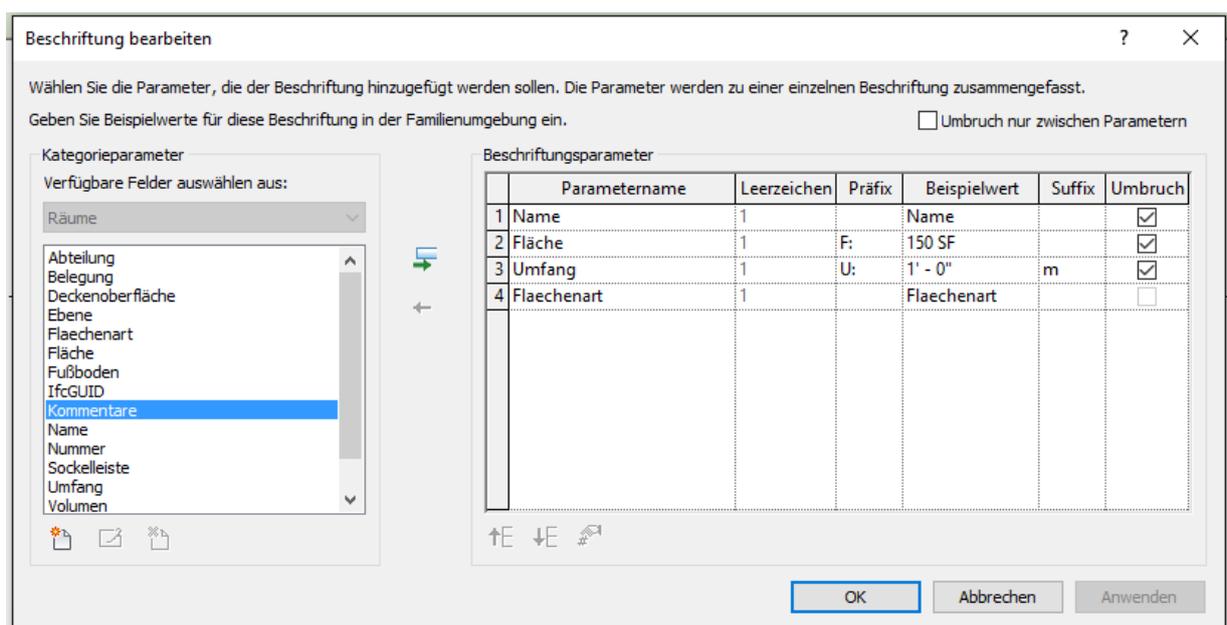


Abbildung 23: Fenster „Beschriftung bearbeiten“

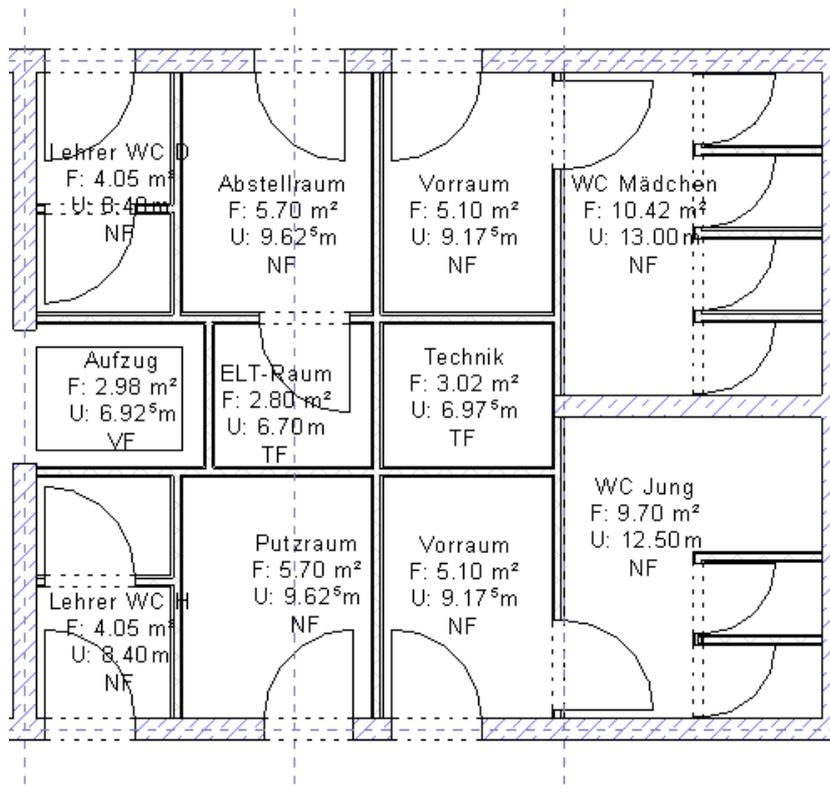


Abbildung 24: Grundrissausschnitt mit Raumstempel

### 4.3 Einarbeitung der Normen DIN 276 und DIN 277

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Inhalte der Normen DIN 276 und DIN 277 in das Modell implementiert werden.

#### 4.3.1 DIN 277

Es wurden im Modell Teile der DIN 277 hinterlegt. Hierbei wurde zunächst ein „gemeinsam genutzter Parameter“ erstellt, indem in der Multifunktionsleiste unter „Verwalten|Einstellungen|Gemeinsam genutzte Parameter“ die vorhandenen gemeinsam genutzten Parameter im Projekt aufgerufen werden. Anschließend wird in dem geöffneten Fenster eine neue Gruppe mit dem Namen „DIN 277“ erstellt. In dieser Gruppe wird ein neuer Parameter mit der Bezeichnung „Flaechenart“ erzeugt. Nun ist die DIN 277 als gemeinsam genutzter Parameter im Projekt hinterlegt (Abb. 29). Um den Parameter mit Werten zu füllen, wird eine Raumliste erstellt. Dabei wird im Projektbrowser unter „Bauteillisten/Mengen“ eine neue Bauteilliste für Räume erstellt. Die anzuzeigenden Parameter werden beim Erstellen der Liste gleich festgelegt. Es werden die Parameter „Flaechenart“, „Nr.“, „Name“, „Lichte Höhe“, „Fläche“, „Umfang“ und „Ebene“ ausgegeben. Der Parameter „Flaechenart“ muss hierbei

noch mit Werten in der Raumliste belegt werden. Beim Einfügen des Parameters wurde der Parameter als Exemplar und als ein Parameter, der mit Text gefüllt wird, definiert (Abb. 30). Anschließend wurde jeder Raum entsprechend der DIN 277 im Parameter „Flaechenart“ als eine Nutzfläche (eingegabener Wert in der Liste: „NF“), Technische Fläche (eingegabener Wert in der Liste: „TF“) und Verkehrsfläche (eingegabener Wert in der Liste: „VF“) definiert. Nun ist diese Belegung des Parameters „Flaechenart“ auch im Raumstempel in den Grundrissen wiedergegeben. In der Eigenschaftenpalette der Raumliste wurde unter „Sonstige|Sortierung/Gruppierung|Bearbeiten“ noch die Sortierung der Raumliste festgelegt (Abb. 31). Dabei wurde nach dem Parameter „Flaechenart“ aufsteigend sortiert und in der Fußzeile „Titel, Anzahl und Gesamtwerte“ ausgegeben, wobei jedes Exemplar bzw. jeder Raum einzeln aufgelistet wird. (Abb. 32)

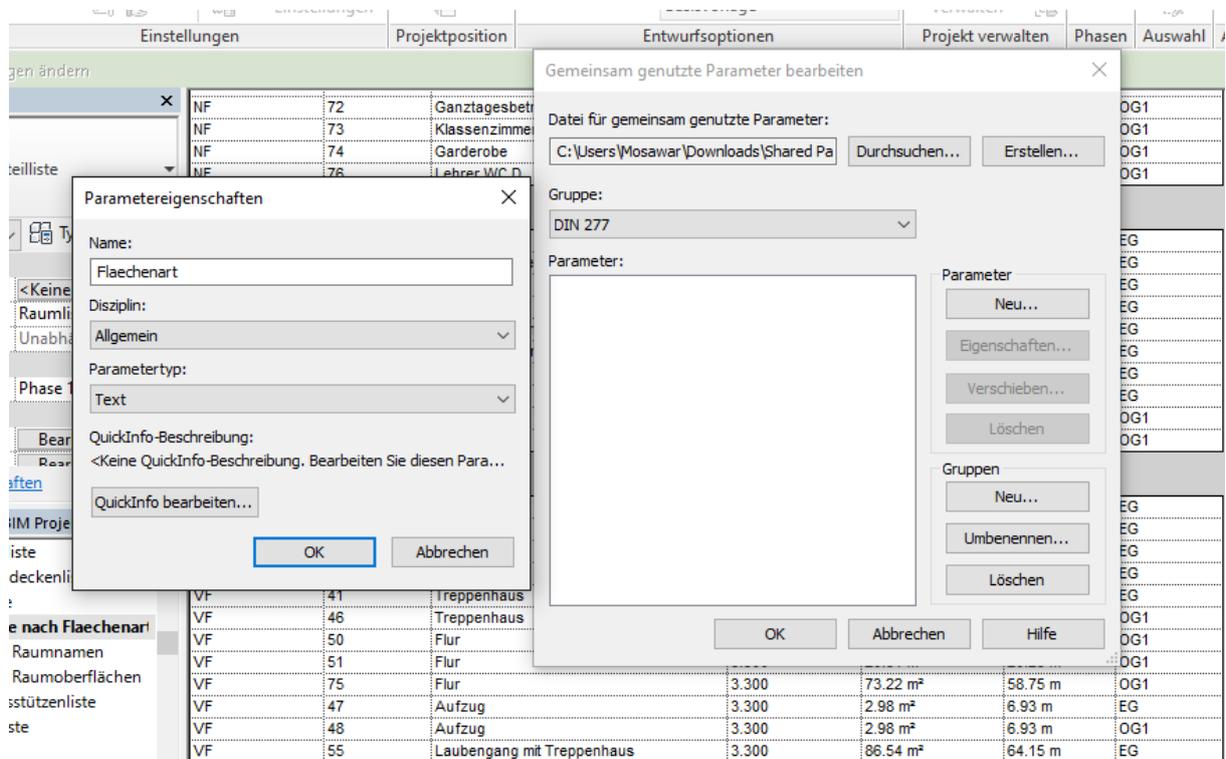


Abbildung 25: DIN 277 als gemeinsam genutzter Parameter erstellen

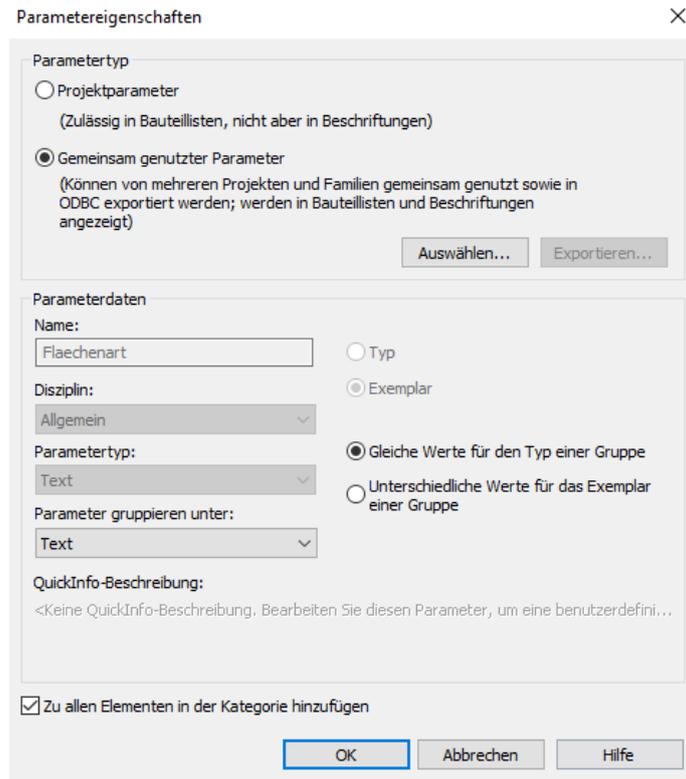


Abbildung 26: Fenster „Parametereigenschaften“ beim Einfügen des Parameters in der Raumliste

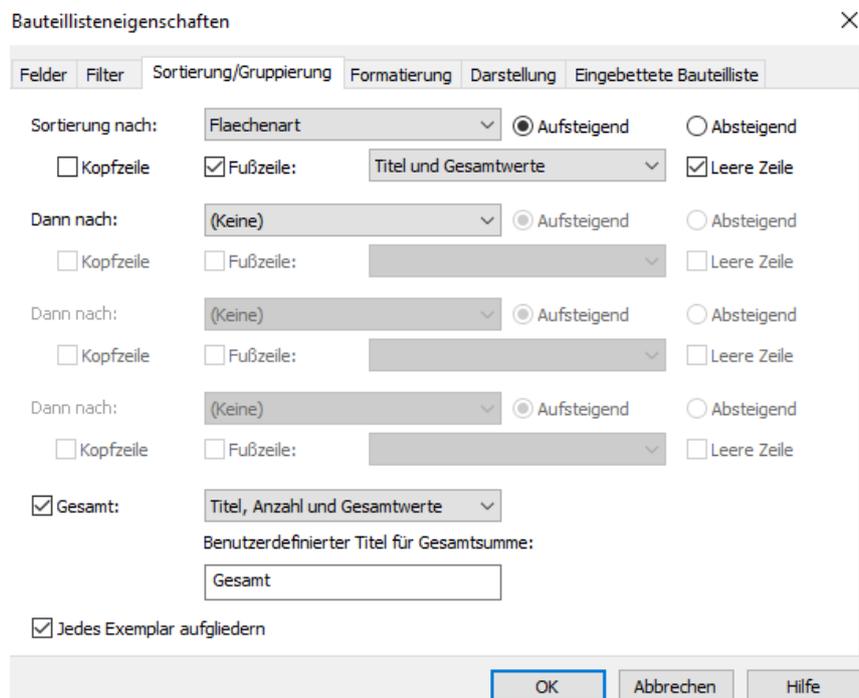


Abbildung 27: Fenster „Bauteillisteneigenschaften“ zur Sortierung der Liste nach Flaechenart

**<Raumliste nach Flaechenart>**

A	B	C	D	E	F	G
Flaechenart	Nr.	Name	Lichte Höhe	Fläche	Umfang	Ebene
NF	1	Büro	3.300	8.63 m²	11.75 m	EG
NF	3	Sozialraum	3.300	11.40 m²	13.90 m	EG
NF	4	Umkleide H	3.300	8.82 m²	12.70 m	EG
NF	7	Umkleide D	3.300	8.82 m²	12.70 m	EG
NF	12	Lager	3.300	33.62 m²	25.75 m	EG
NF	13	Küche	3.300	42.70 m²	30.15 m	EG
NF	14	Vorraum Küche	3.300	6.58 m²	10.30 m	EG
NF	16	Mensa	3.300	335.95 m²	95.25 m	EG
NF	21	Putzraum	3.300	5.70 m²	9.63 m	EG
NF	22	Lehrer WC H	3.300	4.05 m²	8.40 m	EG
NF	24	Vorraum	3.300	5.10 m²	9.18 m	EG
NF	25	WC Jung	3.300	9.70 m²	12.50 m	EG
NF	28	WC Mädchen	3.300	10.42 m²	13.00 m	EG
NF	33	Behinderten Toilette	3.300	5.70 m²	9.63 m	EG
NF	36	Vorraum	3.300	5.10 m²	9.18 m	EG
NF	37	Lehrer WC D	3.300	4.05 m²	8.40 m	EG
NF	42	Klassenzimmer	3.300	60.71 m²	31.29 m	OG1
NF	43	Ganztagesbetreuung	3.300	62.34 m²	31.75 m	OG1
NF	44	Klassenzimmer	3.300	62.34 m²	31.75 m	OG1
NF	45	Verweilraum	3.300	19.59 m²	19.75 m	OG1
NF	49	U-Klasse	3.300	62.53 m²	31.75 m	OG1
NF	52	Abstellraum	3.300	5.70 m²	9.63 m	OG1
NF	53	Lehrer WC H	3.300	4.05 m²	8.40 m	OG1
NF	58	Putzraum	3.300	5.70 m²	9.63 m	OG1
NF	59	Vorraum	3.300	5.10 m²	9.18 m	OG1
NF	61	Vorraum	3.300	5.10 m²	9.18 m	OG1
NF	62	WC Mädchen	3.300	10.42 m²	13.00 m	OG1
NF	63	WC Jung	3.300	9.70 m²	12.50 m	OG1
				<b>1094.64 m²</b>		
NF	72	Ganztagesbetreuung	3.300	62.34 m²	31.75 m	OG1
NF	73	Klassenzimmer	3.300	62.34 m²	31.75 m	OG1
NF	74	Garderobe	3.300	20.48 m²	20.00 m	OG1
NF	76	Lehrer WC D	3.300	4.05 m²	8.40 m	OG1
				<b>114.19 m²</b>		
TF	2	Lan-Raum	3.300	11.14 m²	13.50 m	EG
TF	15	Lüftung Küche	3.300	27.25 m²	21.90 m	EG
TF	18	NSHV	3.300	16.16 m²	17.25 m	EG
TF	19	HAR Gas	3.300	19.94 m²	20.00 m	EG
TF	20	HAR Fernwärme	3.300	20.84 m²	20.25 m	EG
TF	34	Maschinenraum	3.300	2.80 m²	6.70 m	EG
TF	35	Technik	3.300	3.02 m²	6.98 m	EG
TF	39	BMA + BMZ	3.300	7.22 m²	10.75 m	EG
TF	57	ELT-Raum	3.300	2.80 m²	6.70 m	OG1
TF	60	Technik	3.300	3.02 m²	6.98 m	OG1
				<b>524.99 m²</b>		
VF	10	Flur	3.300	9.44 m²	16.90 m	EG
VF	11	Schleuse	3.300	6.05 m²	9.90 m	EG
VF	17	Flur	3.300	111.75 m²	77.00 m	EG
VF	40	Windfang	3.300	7.22 m²	10.75 m	EG
VF	41	Treppenhaus	3.300	29.11 m²	26.00 m	EG
VF	46	Treppenhaus	3.300	29.11 m²	26.00 m	OG1
VF	50	Flur	3.300	81.81 m²	65.00 m	OG1
VF	51	Flur	3.300	20.31 m²	20.25 m	OG1
VF	75	Flur	3.300	73.22 m²	58.75 m	OG1
VF	47	Aufzug	3.300	2.98 m²	6.93 m	EG
VF	48	Aufzug	3.300	2.98 m²	6.93 m	OG1
VF	55	Laubengang mit Treppenhaus	3.300	86.54 m²	64.15 m	EG
VF	56	Laubengang mit Treppenhaus	3.300	64.46 m²	49.13 m	OG1
				<b>1733.82 m²</b>		
Gesamt: 57						

Abbildung 28: Raumliste

#### 4.3.2 DIN 276

Es wurde die DIN 276 im Modell eingearbeitet. Dabei wurde analog zur DIN 277 ein gemeinsam genutzter Parameter angelegt. Die Bezeichnung der neu erstellten Gruppe wurde mit „DIN 276“ festgelegt und der neu angelegte gemeinsam genutzte Parameter wurde als „Kostengruppe“ benannt. Des Weiteren wurde dieser neu angelegte Parameter als ein Typ, der mit Zahlen belegt wird, festgelegt. Der Unterschied eines Parameters, der als Typ festgelegt wird, im Vergleich zu einem als Exemplar definierten Parameter besteht darin, dass wenn einem Exemplar im Modell ein Wert im Parameter hinterlegt wird, automatisch allen Typen dieses Exemplars auch dieser Wert zugeordnet wird, wohingegen in einem als Exemplar festgelegten Parameter für jedes Exemplar im Modell der Wert einzeln belegt werden muss bzw. der eingesetzte Wert nur für dieses Exemplar gilt. Anschließend wurden folgende Bauteillisten erstellt. Dach-, Decken-, Fenster-, Fundament-, Geländer-, Geschossdecken-, Tragwerksstützen, Treppen-, Tür- und Wandliste in denen unter anderem der Parameter Kostengruppe aufgerufen worden ist.

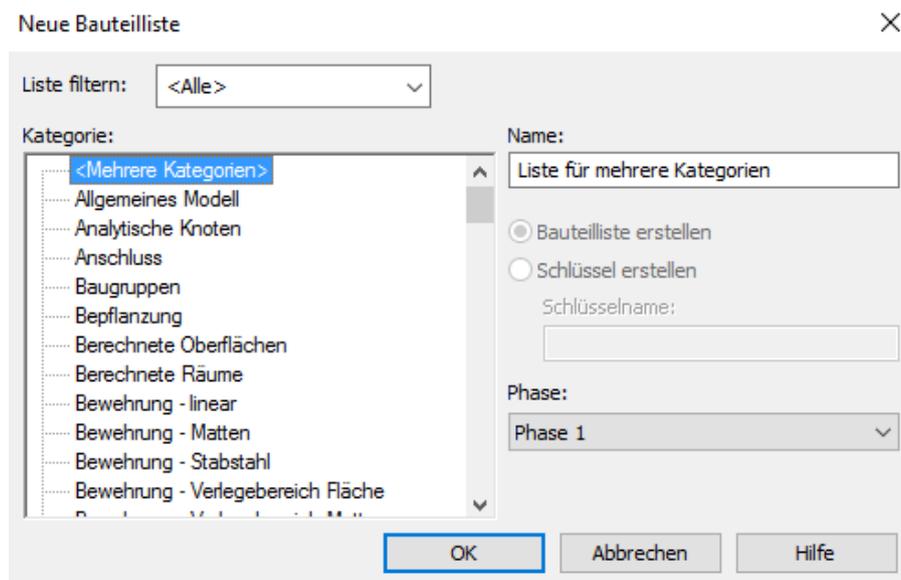


Abbildung 29: Fenster zur Erstellung neuer Bauteillisten

Damit eine Zuordnung des Parameters Kostengruppe entsprechend der DIN 276 möglich ist, muss noch etwas am Modell angepasst werden. Es müssen Typen entsprechend der DIN 276 erstellt werden. Dies passiert, indem Elemente bzw. Typen im Modell in der 3D-Ansicht ausgewählt werden und entsprechend der DIN 276 und den darin enthaltenen Kostengruppen umbenannt werden. Dies passiert über die Methode den Typen im Fenster „Typeigenschaften“ zuerst zu duplizieren und dann umzubenennen. Die neuen so erstellen Typen sind auch in den Bauteillisten wiederzufinden. Nach dieser Vorarbeit werden alle Typen

in den Bauteillisten im Parameter „Kostengruppe“ mit den Werten der Kostengruppe aus der DIN 276 belegt. In der Folgenden Tabelle sind die Typen mit ihrer Kostengruppe aufgelistet:

Tabelle 5: Tabelle mit Familie, Typ und Kostengruppe der verwendeten Typen im Modell

Familie	Typ	Kostengruppe
Bodenplatte	15.0 Stahlbeton	322
Basisdach	Dach_EPDM	364
Basisdach	Dampfsperre	364
Basisdach	Flachdach_Bitumen	361
Basisdach	Voranstrich	364
Basisdach	Wärmedämmung	364
Deckensystem	Abgehängte Decke_Gipskarton	353
Deckensystem	Abgehängte Decke_Deckenraster 5cm – 1 x 1m	353
Fenster 1 – flg - Variabel	Aussen_Fenster 1 – flg - Variabel	334
Fenster 1 – flg - Variabel	Innen_Fenster 1 – flg - Variabel	344
Bodenplatte	15.0 Stahlbeton	322
Geländer	Aussenwand_Gelaender_Stahl_Vertikal	339
Geländer	Decke_Gelaender_Stahl_Vertikal	359
Geschossdecke	Decke_STB_20	351
Geschossdecke	Estrich	325
Geschossdecke	Estrich_Geschossdecke	352
Geschossdecke	Fliesen 15 x 15	325
Geschossdecke	Linoleum_Boden	352
Geschossdecke	Trittschalldämmung	325
Geschossdecke	Trittschalldämmung_Geschossdecke	352
STB Stütze - rechteckig	STB 25 x 25 aussen	333
STB Stütze - rechteckig	STB 25 x 25 innen	343
Treppe	Massiv - Natursteinstufen	351
Drehflügel 1 – flg - Variabel	Aussen_Drehflügel 1 – flg - Variabel	334
Drehflügel 2 – flg - Variabel	Aussen_Drehflügel 2 – flg - Variabel	334
Drehflügel 1 – flg - Variabel	Innen_Drehflügel 1 – flg - Variabel	344
Drehflügel 2 – flg - Variabel	Innen_Drehflügel 2 – flg - Variabel	344
Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen Dämmung	335
Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen Putz	335

Basiswand	Aussenwandbekleidung_Innen	336
Basiswand	Innenwandbekleidung	345
Basiswand	Nichtragende_Innenwand_GK_12.5	342
Basiswand	Tragende_Aussenwand_STB_25	331
Basiswand	Tragende_Innenwand_STB_25	341

Beim Benennen der unterschiedlichen Typen ist darauf zu achten, dass nach dem Aufrufen der Bauteillisten anhand der neu definierten Bezeichnung der Typen eine differenzierte Zuordnung der Kostengruppen vorgenommen werden kann. Deshalb ist es sehr wichtig, bei dieser Arbeit die einzelnen Kostengruppen nach der DIN 276 zu kennen.

#### 4.4 cpiFitMatchKey

Ein weiterer gemeinsam genutzter Parameter mit der Bezeichnung „cpiFitMatchKey“ wurde erstellt. Dieser Parameter wurde mit den gleichen Werten wie der Parameter Kostengruppe belegt. Da aber zur Weiterverarbeitung in iTWO jeder Typ im Modell einen unterschiedlichen Wert für den Parameter „cpiFitMatchKey“ haben muss, wurde zu der 3. Gliederungsebene der DIN 276 eine 4. Gliederungsebene hinzugefügt. Die so definierte Belegung des Parameters ist in Tabelle 5 aufgeführt. „cpiFitMatchKey“ ist eine iTWO spezifische Bezeichnung, weshalb auch beim Erstellen des Parameters auf die Schreibweise in Hinblick auf die Groß- und Kleinschreibung geachtet werden muss. Mithilfe dieses Parameters wurde eine Bemusterung und eine Mengenabfrage in iTWO unternommen. Genaueres dazu wird im Kapitel iTWO geschildert.

Tabelle 6: Tabelle mit Familie, Typ und cpiFitMatchKey der verwendeten Typen im Modell

Familie	Typ	cpiFitMatchkey
Bodenplatte	15.0 Stahlbeton	322
Basisdach	Dach_EPDM	364.1
Basisdach	Dampfsperre	364.3
Basisdach	Flachdach_Bitumen	361
Basisdach	Voranstrich	364.4
Basisdach	Wärmedämmung	364.2
Deckensystem	Abgehängte Decke_Gipskarton	353.1
Deckensystem	Abgehängte Decke_Deckenraster 5cm – 1 x 1m	353.2

Fenster 1 – flg - Variabel	Aussen_Fenster 1 – flg - Variabel	334.3
Fenster 1 – flg - Variabel	Innen_Fenster 1 – flg - Variabel	344.3
Bodenplatte	15.0 Stahlbeton	322
Geländer	Aussenwand_Gelaender_Stahl_Vertikal	339
Geländer	Decke_Gelaender_Stahl_Vertikal	359
Geschossdecke	Decke_STB_20	351.1
Geschossdecke	Estrich	325.2
Geschossdecke	Estrich_Geschossdecke	352.2
Geschossdecke	Fliesen 15 x 15	325.1
Geschossdecke	Linoleum_Boden	352.1
Geschossdecke	Trittschalldämmung	325.3
Geschossdecke	Trittschalldämmung_Geschossdecke	352.3
STB Stütze - rechteckig	STB 25 x 25 aussen	333
STB Stütze - rechteckig	STB 25 x 25 innen	343
Treppe	Massiv - Natursteinstufen	351.2
Drehflügel 1 – flg - Variabel	Aussen_Drehflügel 1 – flg - Variabel	334.1
Drehflügel 2 – flg - Variabel	Aussen_Drehflügel 2 – flg - Variabel	334.2
Drehflügel 1 – flg - Variabel	Innen_Drehflügel 1 – flg - Variabel	344.1
Drehflügel 2 – flg - Variabel	Innen_Drehflügel 2 – flg - Variabel	344.2
Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen Dämmung	335.1
Basiswand	Aussenwandbekleidung_Aussen Putz	335.2
Basiswand	Aussenwandbekleidung_Innen	336
Basiswand	Innenwandbekleidung	345
Basiswand	Nichtragende_Innenwand_GK_12.5	342
Basiswand	Tragende_Aussenwand_STB_25	331
Basiswand	Tragende_Innenwand_STB_25	341

## 4.5 Zusammenfassung

Es wurden verschiedene Möglichkeiten ausprobiert, den Ausbau eines Schulgebäudes mithilfe des Programms Revit zu modellieren. Hierbei wurde nicht der komplette Ausbau des Gebäudes erstellt, sondern exemplarisch der Ausbau einzelner Räume auf verschiedene Wege erzeugt. Es wurde zwischen einem Ausbau von mehrschichtigen und einschichtigen Elementen unterschieden. Es ist notwendig schon zu Beginn des Modellierens in der Rohbauphase festzulegen, wie man den Ausbau gestalten möchte. Denn die Ausbauvariante ist entscheidend für den Modellierungsaufwand für den Modellierer. Der Ausbau über einschichtige Elemente gestaltet sich dabei viel zeitaufwendiger als über mehrschichtige Elemente. Jedoch ermöglicht der Ausbau über einschichtige Elemente eine differenziertere Behandlung des Modells. So kann in den Bauteillisten jedes Element der einzelnen Schichten einzeln ausgegeben werden und auch die einzelnen Parameter der Elemente dargestellt und selbst erstellte Parameter den einzelnen Elementen der Schichten zugewiesen werden. Es wurden auch die Normen DIN 276 und DIN 277 als gemeinsam genutzte Parameter in das Modell eingearbeitet. Es wird beim Einarbeiten von Inhalten der DIN 276 deutlich, dass vorwiegend die Elemente der Kostengruppe 300 bis in die 3. Gliederungsebene modelliert wurden. Interessant ist dabei, dass beim Modellieren über einschichtige Elemente, eine weitere Gliederungsebene der DIN 276 erzeugt werden kann. Somit können bei einer modellbasierten Ermittlung der Mengen für die Kostengruppen nach der DIN 276 eine 4. Gliederungsebene festgelegt werden, wodurch eine detailliertere Abfrage der Mengen ermöglicht wird. Dies wurde über das Erstellen eines weiteren Parameters mit der Bezeichnung „cpiFitMatchKey“ ins Modell eingearbeitet. Dadurch wurde eine Vorarbeit für die modellbasierte Mengenermittlung im Programm iTWO vorgenommen.

## 5 RIB iTWO 2015

iTWO ist ein vom Softwarehersteller RIB entwickeltes Programm, das das klassische Baumanagement mit dem 4D und 5D Planungskonzept nach der BIM-Methode vereint.

### 5.1 Datenexport zu iTWO

Der Datenexport des Modells von Revit zu iTWO erfolgte über ein Plugin von RIB für Revit 2016. Es wurde über dieses Plugin das Modell in Revit in eine „cpixml-Datei“ exportiert, die dann in iTWO geöffnet werden kann. „cpixml“ ist das von iTWO unterstützte Datenformat. Nach dem Installieren des Plugins, kann unter der Registerkarte „Zusatzmodule“ in der Multifunktionsleiste das RIB iTWO Plugin aufgerufen werden. Das Plugin enthält verschiedene Funktionen zur Durchführung und Vorbereitung des Datenexports. Im Folgenden werden diese Befehle vorgestellt. Der Befehl „CPI-Ausgabe für RIB iTWO 2015“ startet die CPI-Datenübergabe und den somit verbundenen Export des Modells in Revit in eine „cpixml-Datei“.

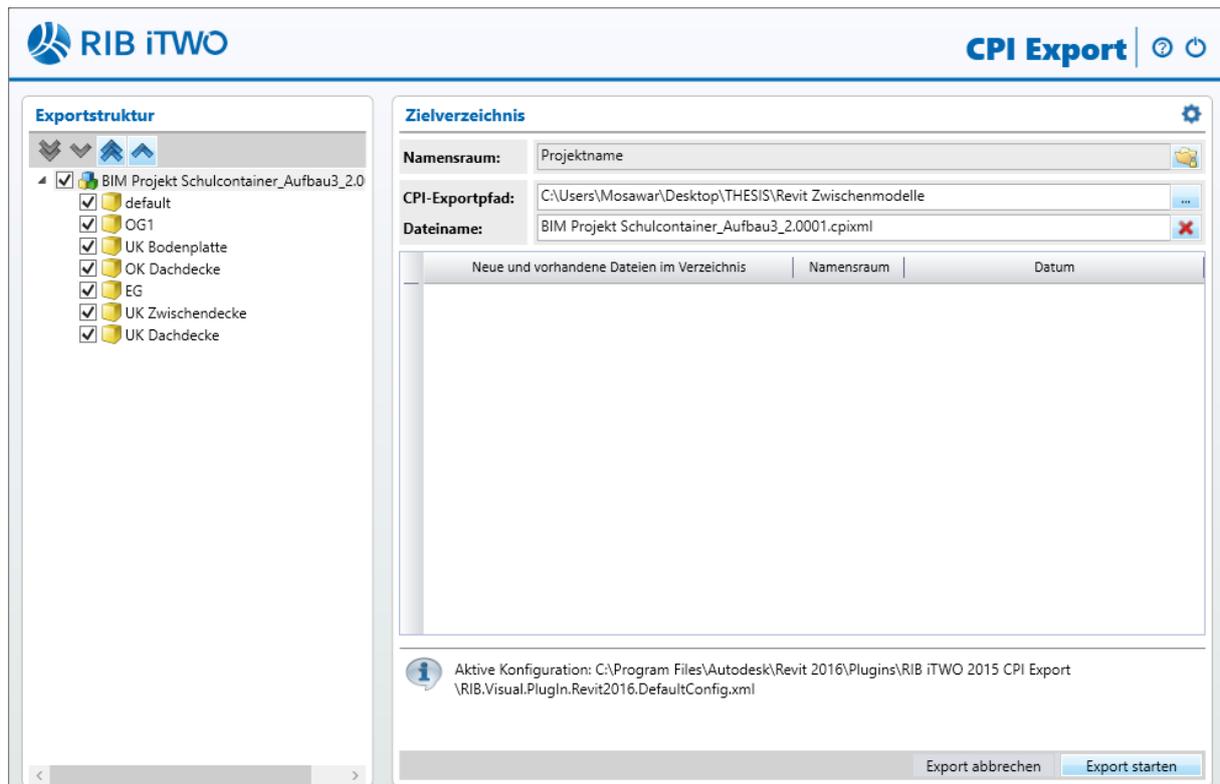


Abbildung 30: CPI-Export über iTWO Plugin

Über den Befehl „Raumgeometrieprüfung“ können Schnitte von raumbegrenzenden Elementen mit Räumen geprüft und ermittelt werden. Der Befehl „Schnittprüfung“ hilft, um Überschneidungen der Elemente im Modell zu ermitteln. Überschneidungen von Elementen führen bei der Mengenermittlung zu ungenauen Ergebnissen. Über „Prüfung auf doppelte Attribute“ wird das Modell auf doppelte Attribute untersucht. Unter doppelte Attribute versteht man in Revit gleichnamige Parameter mit unterschiedlichen Werten. Doppelte Attribute werden im „cpixml“ Datenformat nicht unterstützt, da die Zuweisung der Werte eines doppelten Attributes an einem Objekt beim Datenexport in iTWO zufällig ablaufen würde, was zu falschen Ausgaben führt.

## 5.2 Grundlagen

Im Folgenden werden einige Grundlagen aus den Handbüchern zu iTWO 2015 von RIB ausgeführt.

### Projekt

Es wird zwischen Vorlage- und Stammprojekt in iTWO unterschieden. Vorlageprojekte sind Projekte, deren Inhalte beim Neuanlegen wieder genutzt werden können. In Stammprojekten werden wiederkehrende Daten hinterlegt, auf die nach dem Erstellen eines Projektes zugegriffen werden kann, ohne diese neu zu erzeugen. Vorteilhaft ist dies bei Katalogen, die mit Werten gefüllt werden, auf die man immer wieder zurückgreifen muss. Diese müssen in Stammprojekten nur einmal erzeugt werden und sind dann wieder abrufbar. Folglich wird in der Regel mit Vorlageprojekten gearbeitet, wobei Inhalte von Stammprojekten in den Vorlageprojekten abgerufen werden können. Die erstellten Projekte werden als Datenbankdateien in einem Verzeichnis „\RIB\iTWO\2015\Basic\Databases\Projekte“ angelegt. Beim Erstellen eines neuen Projektes muss für das Projekt ein Schlüssel und eine Bezeichnung festgelegt werden. Diese können frei vom Nutzer definiert werden.

### Projektvariante

Beim Erstellen von Projekten kann gleich festgelegt, ob Projektvarianten angelegt werden sollen. Eine Projektvariante beschreibt eine technische Variante oder verschiedene Zustände des Projektes. Dabei kann ein Projekt beliebig viele Projektvarianten enthalten, die gleichzeitig bearbeitet werden können. Alle Projektvarianten greifen auf die gleichen Kataloge zu. Das

Anlegen von verschiedenen Projektvarianten ist sinnvoll, wenn man die verschiedenen Stufen der Kostenermittlung nach der DIN 276 in einem Projekt erstellen möchte.

### Multifunktionsleiste

Die Multifunktionsleiste besteht aus mehreren Gruppen z.B. „Allgemein“, die wiederum Funktionen enthalten. Die Gruppe „Allgemein“ enthält Funktionen wie „Projektkataloge“.



Abbildung 31: Multifunktionsleiste

### Fenster CPI-Filter

Mit dem CPI-Filter können einzelne Objekte mit ihren Eigenschaften angezeigt werden. Dies wird gemacht, um die Anzahl der Objekte in der Objekt-Visualisierung zu reduzieren, damit die Auswahl und Überprüfung der Objekte erleichtert wird. Der Filter besteht aus zwei Spalten. In der ersten Spalte werden Daten der Objekte dargestellt und die zweite Spalte beinhaltet Auswahllisten, die die Filterkriterien der Eigenschaften darstellen. Dieses Fenster wird im Modul Ausstattung oft benutzt um die CAD-Daten zu selektieren und zu überprüfen. Im Modul BIM Qualifier wird für diese Überprüfung ein Objektfilter verwendet, der wie der CPI-Filter aufgebaut ist und ähnlich angewendet wird.

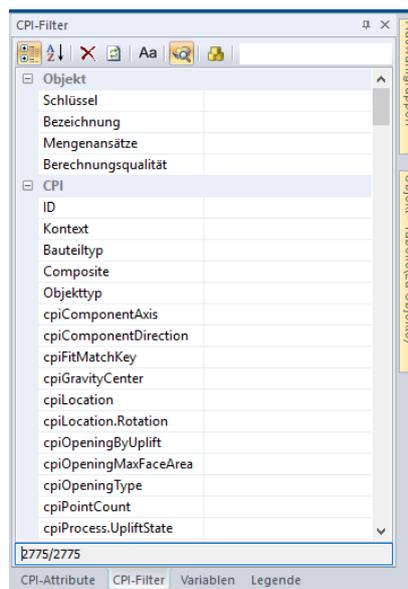


Abbildung 32: Fenster CPI-Filter

### 5.1.1 BIM Qualifier

Mithilfe des BIM Qualifiers wird die cpixml-Datei des CAD-Systems, in dem alle Modelldaten des Bauwerks mit den jeweiligen Informationen enthalten sind, importiert. Das Modul BIM Qualifier enthält Funktionen, um die Daten des Modells zu prüfen und zu korrigieren.

Im BIM Qualifier werden Einträge wie „cpiWarning“ in der cpixml-Datei, fehlende oder falsch zugewiesene Bauteiltypen und Überschneidungen von Bauteilen überprüft. Nach dem Prüfen ermöglicht der BIM Qualifier auch die Ausbesserung von fehlenden oder falsch zugewiesenen Bauteiltypen, das Löschen von ungewollten bzw. nicht zu berücksichtigenden Öffnungen und das Ersetzen von irrelevanten Objekten für den 5D-Prozess durch Symbole. Für die Überprüfung und Ausbesserung der CAD-Daten werden verschiedene Prozessschritte durchlaufen (Abb. 37). In der vorliegenden Arbeit wurde lediglich im Prozess „Übersicht“ das geometrische Modell auf die übertragenen Objekte und Attribute geprüft, weshalb die anderen Schritte nicht näher erläutert werden.



Abbildung 33: Prozessschritte im BIM Qualifier

#### CAD-Daten importieren

Es können die Datenformate „cpixml“ und „ifc“ importiert werden. Über Connector können auch andere Datenformate in das Format „cpixml“ konvertiert werden, wofür aber die vorherige Registrierung des Connectors notwendig ist.

#### Qualitätsprüfung

Der zweite Arbeitsschritt nach dem Importieren der CAD-Daten besteht darin, die Daten auf Fehler zu prüfen und die Daten zur weiteren Bearbeitung in die iTWO Datenbank zu laden. Bei Änderungen der cpixml-Daten ist es wichtig darauf zu achten, die CPI-Daten neu ins System zu laden. Es werden die geänderten Daten nur dann in der iTWO Datenbank aktualisiert, wenn diese ins System neu geladen werden.

#### Widget Datenauswertung

Im Widget Datenauswertung wird das Ergebnis der Qualitätsprüfung angezeigt. Hierbei wird die Auswertung in drei Bereiche eingeteilt. Als „Datenqualität“ wird die Qualität der Daten in Hinblick auf die Geometrie angezeigt. Dabei wird vor allem gewertet, in wieweit die

Geometrie des Modells fehlerhaft bzw. beschädigt ist. Unter „Leistung“ wird der negative Einfluss der Objekte im Modell auf die Leistung des Programms beurteilt. Hierzu gehört vor allem der Einfluss von komplexen Objekten auf die Berechnungszeit. Zusätzliche Informationen über die Datenqualität werden unter „Information“ angezeigt. Anmerkungen, die hierunter fallen, sollten nochmal überprüft werden.

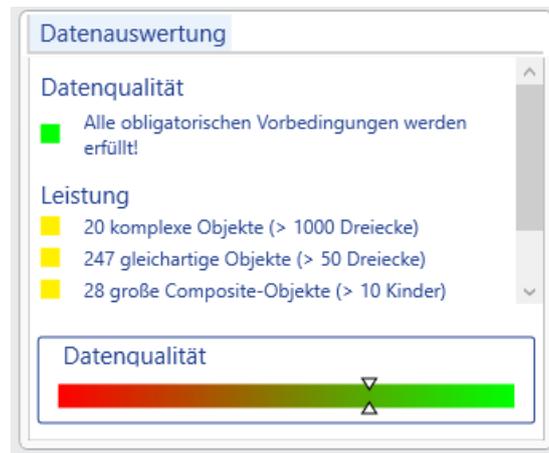


Abbildung 34: Widget Datenauswertung

## Widget Daten

Im Widget Daten werden alle Daten des Projektes angezeigt. Hier wird zwischen drei Ordnern unterschieden. Im Ordner „Tab Importieren“ werden alle Daten aufgelistet, die über den Befehl „Start/Hinzufügen/...“ in den BIM Qualifier geladen worden sind. Hier werden auch die zu importierenden Daten über „Start/Freigabe/Qualitätsprüfung“ geprüft. Unter „Tab Bearbeiten“ werden die Daten über die Funktion „Start/Freigabe/CPI-Datenübergabe“ in den Projektordner geladen werden. Nach der Qualitätsprüfung sind die Daten unter dem „Tab Qualifiziert“ aufgelistet.



Abbildung 35: Widget Daten

### 5.1.2 Ausstattung

Im Modul „Ausstattung“ wird eine modellbasierte Mengenermittlung vorgenommen. Prinzipiell werden gezielt Daten aus dem 3D-Modell entnommen. Es werden bestimmte Mengenabfragen und Teilleistungen dabei in einem Ausstattungsdokument definiert. Je

Projektvariante kann genau ein Ausstattungsdokument angelegt werden. Bei diesem Vorgang durchläuft man im Modul verschiedene Prozessphasen. Die einzelnen Prozessphasen sind in der Prozessleiste dargestellt.

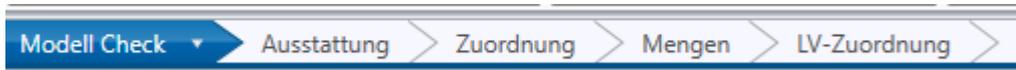


Abbildung 36: Prozessleiste im Modul Ausstattung

In den einzelnen Prozessen können verschiedene Fenster zur Beschreibung des Modells und seiner Ausstattung ein- und ausgeblendet werden. Lediglich das Hauptfenster eines jeden Prozesses kann dabei nicht ausgeblendet werden.

### Modell Check

In der Prozessphase Modell Check wird eine Prüfung der Daten aus dem 3D-Modell unternommen. Das Hauptfenster hier ist die Ansicht des geometrischen Modells im Fenster Objekt-Visualisierung.

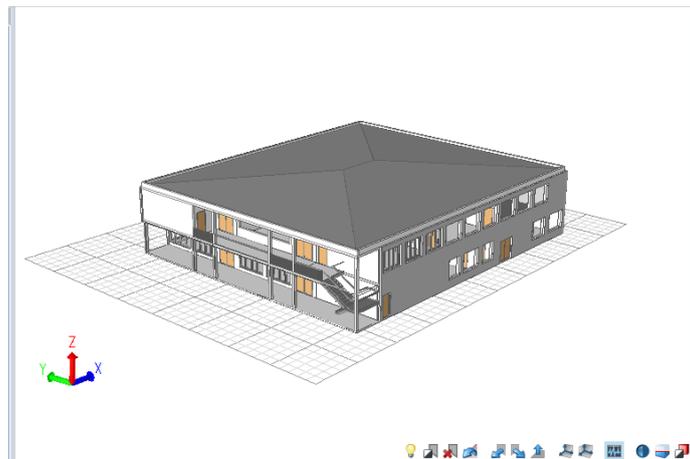


Abbildung 37: Hauptfenster Objekt-Visualisierung

### Ausstattung

In der Phase Ausstattung werden Teilleistungen im Ausstattungsdokument angelegt und die Mengenabfrage für diese Teilleistungen festgelegt. Die Ausstattungstabelle ist das Hauptfenster in diesem Prozess. Alle Arbeiten in der Prozessphase „Ausstattung“ werden in der Ausstattungstabelle festgelegt. Hier werden Ausstattungselemente nach einer Hierarchie, die man selbst zuvor bestimmt hat, angelegt. In der Spalte „Struktur“ wird die Dokumentenstruktur dargestellt. Unter „Schlüssel“ wird der Schlüssel des

Ausstattungs-elementes angelegt, welcher zwar automatisch vergeben wird aber auch geändert werden kann. Die Spalte „Matchkey“ dient zur Bemusterung. Hier wird eine Zuordnung von freien CAD-Attributen unternommen zur automatischen Verknüpfung der Teilleistungen aus der Ausstattungstabelle und den Objekten aus dem 3D-Modell. Die Eingabe des Textes erfolgt manuell. Unter „Auswahlgruppe“ kann eine Zuordnung zu einer Objekt-Auswahlgruppe erfolgen. In der Spalte „Bezeichnung“ wird ein Kurztext eingegeben, der ins Leistungsverzeichnis (LV) übernommen wird. In der folgenden Tabelle ist die Bedeutung weiterer Einträge erläutert:

Tabelle 7: Bedeutung einzelner Einträge in der Ausstattungstabelle (iTWO Handbuch. Ausstattung, Seite 25-27)

<i>Spaltenbezeichnung</i>	<i>Bedeutung</i>
Struktur	Darstellung der Dokumentenstruktur
Schlüssel	Schlüssel des Ausstattungselementes
Matchkey	Bemusterung
Auswahlgruppe	Zuordnung zu einer Objekt-Auswahlgruppe
Aktivierungsbedingungen	Teilleistung ist nur aktiv, wenn die Aktivierungsbedingung erfüllt ist; nur dann geht die Teilleistung in die Mengenermittlung ein
Aktiv	Kennzeichen für die Mengenermittlung; wenn aktiv, geht die TL in die Mengenermittlung ein; ansonsten nicht.  Ist automatisch aktiv, wenn keine Aktivierungsbedingung vorhanden ist, ist eine Aktivierungsbedingung vorhanden und diese ist wahr, wird das Kennzeichen gesetzt.
Bezeichnung	Wird als Kurztext ins LV übernommen
Menge	Ergebnis der Mengenermittlung
ME	Mengeneinheit und wird in das LV übernommen
Mengenermittlung	Anzeige und Definition der Mengenermittlung für Teilleistungen
Kommentar	Freie Texteingabe; wird nicht in das LV übernommen

OZ	Ordnungszahl des LV-Elementes. LV-Elemente werden automatisch angelegt, sobald eine Teilleistung erstellt wurde
----	---

In der Mengenabfrage wurden über die QTO-Mengenabfrage (QTO, engl.: Quantity Takeoff, dt.: Aufmaß) Mengen ermittelt. Hierbei werden die passenden Mengen für die jeweilige Teilleistung aus dem 3D-Modell gefiltert. Die QTO-Mengenabfrage funktioniert wie ein Filter und entnimmt aus den CAD-Daten gezielt jene Mengen, die zu der jeweiligen Teilleistung gehören. Eine QTO-Formel kann exemplarisch wie folgt aufgebaut sein: QTO(Typ:="Volumen"). „QTO“ stellt dabei die Funktion dar, „Typ“ wird als Parameterschlüssel bezeichnet und „Volumen“ ist der Parameter, der ausgegeben wird.

## Zuordnung

Unter Zuordnung werden die Teilleistungen mit den Objekten im 3D-Modell verknüpft. Auch hier bildet das Fenster Objekt-Visualisierung, wie im Prozess Modell Check, das Hauptfenster.

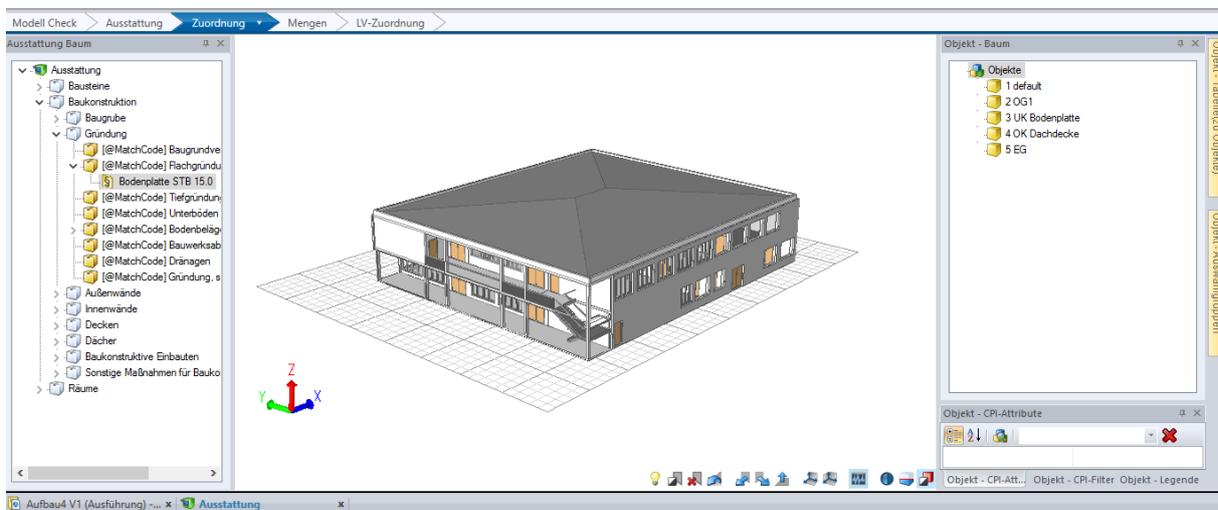


Abbildung 38: Prozess Zuordnung

## Mengen

In der Phase Mengen werden Mengenansätze definiert und die Mengenberechnung wird gestartet. Das Hauptfenster in diesem Prozess ist das Fenster Mengenansätze. In diesem Fenster werden die aufgelösten Mengen aus dem Modell entsprechend der QTO-Mengenabfrage in einer Tabelle dargestellt. Jede Zeile in dieser Tabelle wird Instanz genannt. Jedes Element aus dem CAD-Modell wird in einer separaten Instanz aufgelistet. Neben dem

Hauptfenster können, wie auch in jedem anderen Prozess, weitere Fenster in den Prozessen über den Befehl „Ansicht/Bildschirmkonfiguration/Andockfenster/xxx“ geöffnet werden. So kann auch das Teilfenster Objekt-Visualisierung hinzugefügt werden. In diesem Fenster werden jene Objekte dargestellt, die in der Ausstattungstabelle ausgewählt wurden. Die Instanzen, die im Fenster Mengenansätze ausgewählt wurden, werden in dem Objekt-Visualisierungsfenster farbig hervorgehoben.

Modell Check > Ausstattung > Zuordnung > Mengen > LV-Zuordnung												
	Mengenansatz	Länge	Breite	Höhe	Fläche	Stück	Wert	ME	Objekt	Instanzherkunft	Erzeugte Position	Attribut 1
▶	0.5*28.5*0.25						3.563	m <sup>3</sup>	4.3 Tragende_Aussenwand_ST	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: 14010b9c-3ebe-4e34-87a-6824d2b399a7-00082f
▶	0.5*33*0.25						4.125	m <sup>3</sup>	4.4 Tragende_Aussenwand_ST	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: 14010b9c-3ebe-4e34-87a-6824d2b399a7-00082f
▶	(3.2*28*0.25)+(2*6.875*0.25)+2*(2*2.5*0.25)						1.679	m <sup>3</sup>	2.2 Tragende_Aussenwand_ST	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: 40de1fa1-069b-479a-102-73c23dddbcea-00080f
▶	(3.2*28*0.25)+(2*6.875*0.25)+2*(2*2.5*0.25)						16.953	m <sup>3</sup>	2.260 Tragende_Aussenwand_S	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: 4a3a082c-39f1-4215-a1ea-ede84d5010bf-000883
▶	(3.33*30*0.25)+(2*2.625*0.25)+2*(2*4*0.25)+(2.36*2.01*0.25)+2*(2*1.8*0.25)+(2.36*1*0.25)						17.687	m <sup>3</sup>	5.62 Tragende_Aussenwand_S	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: 8b07d628-057f-4157-95c0-72e8c326d796-000861
▶	0.5*28.25*0.25						3.531	m <sup>3</sup>	4.6 Tragende_Aussenwand_ST	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: a8d0d497-2fc-4bb3-ae5f-7bc2240816ca-00085f
▶	0.5*32.75*0.25						4.094	m <sup>3</sup>	4.5 Tragende_Aussenwand_ST	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: a8d0d497-2fc-4bb3-ae5f-7bc2240816ca-00085f
▶	(3.33*28.5*0.25)+(2.36*2.01*0.25)+2*(2.36*1*0.25)						21.360	m <sup>3</sup>	5.90 Tragende_Aussenwand_S	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: d86c2864-4d39-42dd-a41b-f87943e09a1-0005d8
▶	(3.27*20.875*0.25)+(2*6.875*0.25)+2*(2.33*2.01*0.25)+(2.33*1*0.25)						10.704	m <sup>3</sup>	2.38 Tragende_Aussenwand_S	3D-Mengen	PV: 2015-12-21 LV: 1 - 1 50	Projektname: d91730e3-2c1b-4279-8a0a-3272e505255d-0007c

Abbildung 39: Hauptfenster Mengenansatz

## LV-Zuordnung

Unter LV-Zuordnung werden die Teilleistungen mit dem Leistungsverzeichnis verknüpft und man erhält eine modellbasierte Kostenermittlung in einem LV.

### 5.1.3 Teilleistungskatalog

Im Teilleistungskatalog sind LV-Elemente enthalten. Es werden Teilleistungen entweder von einem Textlieferanten wie sirAdos im Stammprojekt erstellt und gepflegt oder man erstellt manuell eigene Teilleistungen mit den jeweiligen Einheitspreisen und speichert diese in dem Teilleistungskatalog ab. Das Anlegen der Einheitspreise im Teilleistungskatalog erfolgt in einer Preisdatenbank. Für ein Projekt wird in der Regel eine Preisdatenbank für alle Teilleistungskataloge erstellt.

### 5.1.4 LV

In iTWO können verschiedene Arten von Leistungsverzeichnissen, sogenannten LVs, erstellt werden. Man unterscheidet zwischen LVs aus Sicht des Auftraggebers und Auftragnehmers. Das LV aus Sicht des Auftraggebers wird in einer Vergabeeinheit angelegt, wohingegen das LV aus Sicht des Auftragnehmers in einer Projektvariante angelegt wird. Man unterscheidet auch zwischen verschiedenen Typen eines LVs in iTWO. In der vorliegenden Arbeit wird nur auf einen Typen eingegangen. Es wurde ein LV über einem Teilleistungskatalog erstellt. Dieses Teilleistungskatalog-LV (TLK-LV) wurde automatisch in der Projektvariante als LV über das Modul Ausstattung angelegt.

### 5.1.5 Verschiedene Möglichkeiten der modellbasierten Mengenermittlung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten in iTWO eine modellbasierte Mengenabfrage zu machen. Man kann zum Beispiel über Objekt-Auswahlgruppen die einzelnen Mengen aus dem Modell abfragen. Bei dieser Form der Mengenabfrage wird vorwiegend im Prozess Ausstattung in der Ausstattungstabelle über die Spalte Auswahlgruppen eine Abfrage getätigt. Eine weitere Möglichkeit besteht im Prozess Zuordnung über eine manuelle Zuordnung der einzelnen Objekte des Modells zu den Teilleistungen aus der Ausstattungstabelle. Dies passiert über drag and drop der Objekte im Modell auf die Teilleistungen im Ausstattungsbaum. In der vorliegenden Arbeit wurde jedoch mit der Matchkey-Methode eine Mengenabfrage durchgeführt. Hierbei muss ein Matchkey im CAD-Programm und bei den Teilleistungen in iTWO definiert werden. Der Wert des Matchkeys muss bei beiden Programmen identisch sein. iTWO stellt beim Einlesen der CAD-Daten eine automatische Verbindung zwischen den Objekten aus dem CAD Programm und den Teilleistungen her, denen der gleiche Matchkey zugewiesen worden ist. In dieser Arbeit wurde im Kapitel Revit, dieser Matchkey als Parameter mit der Bezeichnung `cpifitMatchKey` angelegt. In iTWO wurde dieser Matchkey in der Ausstattungstabelle im Modul Ausstattung wieder aufgerufen.

## 5.2 Weiterverarbeitung mobiler Schulraumeinheiten in iTWO

In diesem Kapitel wird eine modellbasierte Kostenermittlung, der in Revit erstellten Schulraumeinheit, vorgenommen.

### 5.2.1 Neues Projekt anlegen

Nach dem Öffnen des RIB iTWO Desktops, wird unter dem Widget „Assistenten“ ein neues Projekt erstellt. Dabei wurde als Schlüssel des Projekts „Aufbau4“ und als Bezeichnung „BIM Schulcontainer“ festgelegt. Es wurde auch angegeben, dass eine Projektvariante angelegt werden soll. Beim Erstellen eines neuen Projektes muss auch gleich angegeben werden, welche Daten aus der Datenbank von iTWO übernommen werden sollen. Daten wurden in diesem Fall selektiv aus dem Stammprojekt in iTWO übernommen. Aus dem Katalog des Stammprojekts wurden die Gliederung nach der DIN 276, die Mengeneinheiten und Währungen übernommen. Nach dem Erstellen des Projekts, öffnet sich automatisch das

Eigenschaften-Fenster des Projekts, indem die zuvor festgelegten Grunddaten aufgezeigt werden (Abb. 44).

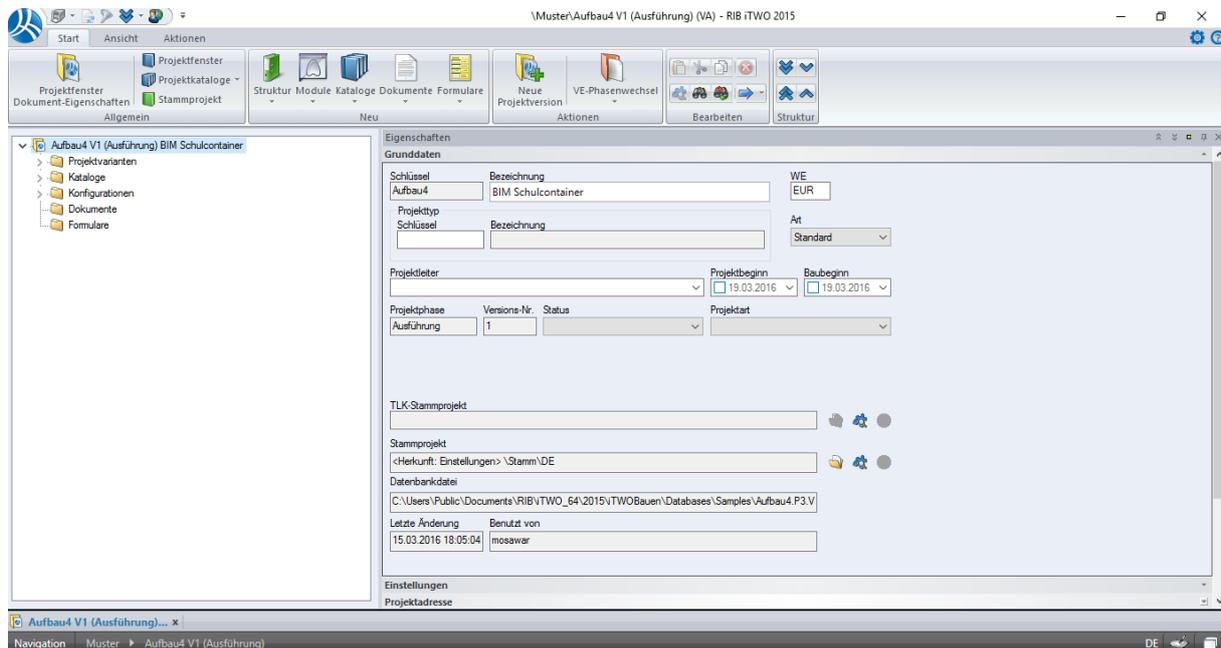


Abbildung 40: Projektfenster

Als nächstes wird der Ordner Projektvarianten geöffnet, indem zunächst die Grunddaten Schlüssel zu „2015-12-21“, Bezeichnung zu „Kostenberechnung“, Währung in Euro und der Mehrwertsteuersatz zu 19% festgelegt werden. In diesem Ordner können Module aufgerufen werden, mithilfe derer das Gebäudedatenmodell aus Revit weiterverarbeitet wird. Es wurden die Module BIM Qualifier und Ausstattung hinzugefügt.

### 5.2.2 Modellüberprüfung und Import über BIM Qualifier

Zunächst wird das Modul BIM Qualifier geöffnet. Über den Befehl „CPI-Daten auswählen“ unter der Gruppe „Hinzufügen“ in der Multifunktionsleiste wird die cpxml-Datei, des in Revit erstellten Gebäudes, in den BIM Qualifier geladen. Anschließend wird über den Befehl „Qualitätsprüfung“ unter der Gruppe „Freigabe“ das importierte Gebäudedatenmodell geprüft. Das Ergebnis der Qualitätsprüfung wird im Widget Datenauswertung angezeigt. Die Auswertung ergibt, dass alle obligatorischen Vorbedingungen für die Weiterverarbeitung in iTWO erfüllt sind und das Modell eine gute Qualität aufweist (Abb. 45).

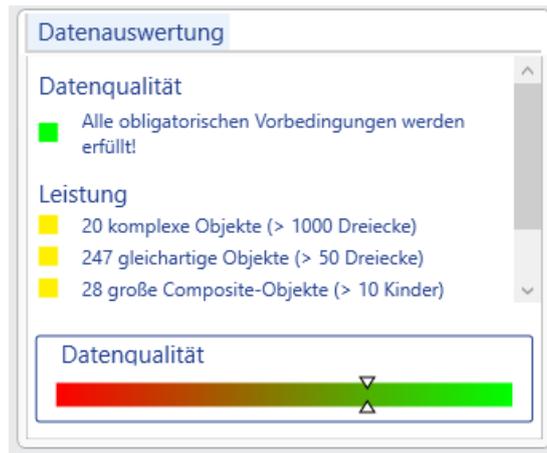


Abbildung 41: Datenauswertung über Qualitätsprüfung

Im BIM-Qualifier wird eine Prozessleiste angezeigt, in der verschiedene genauere Überprüfungen des Modells vorgenommen werden können (Abb. 46). Es wurde im Prozess „Übersicht“ das 3D-Modell über den Objektfilter überprüft. Hier wurde in erster Linie nur grob geprüft, ob auch alle Elemente mit ihren jeweiligen Parametern, die in Revit modelliert wurden, auch in iTWO übertragen worden sind. Wie eingangs erwähnt, werden in iTWO Elemente und Parameter in Vergleich zu Revit anders genannt. In iTWO werden Elemente als Objekte und Parameter als Attribute bezeichnet. Diese Umbenennung wird in diesem Kapitel eingehalten.

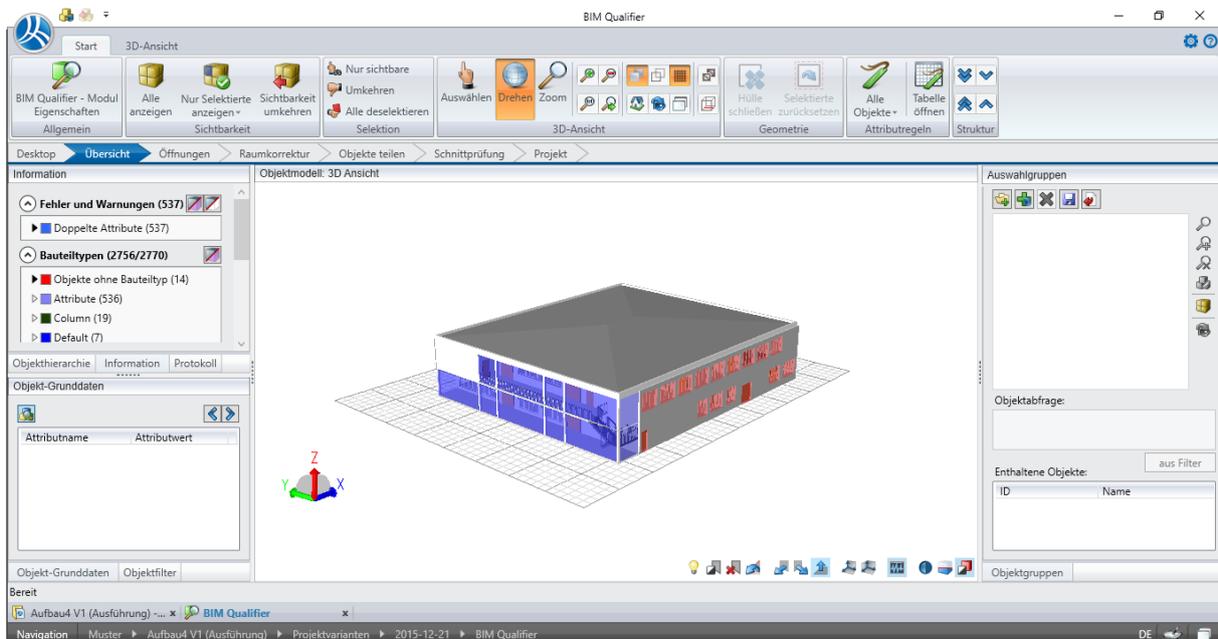


Abbildung 42: Prozess Übersicht im Modul BIM Qualifier

Im Prozess Desktop wird über den Befehl „CPI-Datenübergabe“ unter „Freigabe“ das Gebäudedatenmodell in die iTWO-Datenbank ins angelegte Projekt geladen. Anschließend wird der BIM Qualifier geschlossen und man arbeitet nun vorwiegend im Modul Ausstattung.

### 5.2.3 Weiterverarbeitung des Modells im Modul Ausstattung

Auch in dem Modul Ausstattung findet man eine Prozessleiste mit einzelnen Prozessphasen, die man durchläuft. In der Prozessphase „Modell Check“ werden die einzelnen Objekte des Modells geprüft. Dies läuft ähnlich wie im BIM Qualifier ab, aber gezielter, um eine Mengenabfrage aller Objekte im Modell in den weiteren Prozessen durchführen zu können. Hier können im Fenster CPI-Filter über verschiedene Möglichkeiten einzelne Objekte aufgerufen und dargestellt werden. In dieser Arbeit wurde eine solche Prüfung über das Attribut „cpiFitMatchKey“ gemacht. In Revit wurde dieses Attribut als ein gemeinsam genutzter Parameter erstellt und mit Werten gefüllt. Anhand der Eingabe jener Werte im CPI-Filter können alle Objekte gefiltert werden, die diesen Wert in Revit (siehe Kapitel Revit) zugewiesen bekommen haben (Abb. 47).

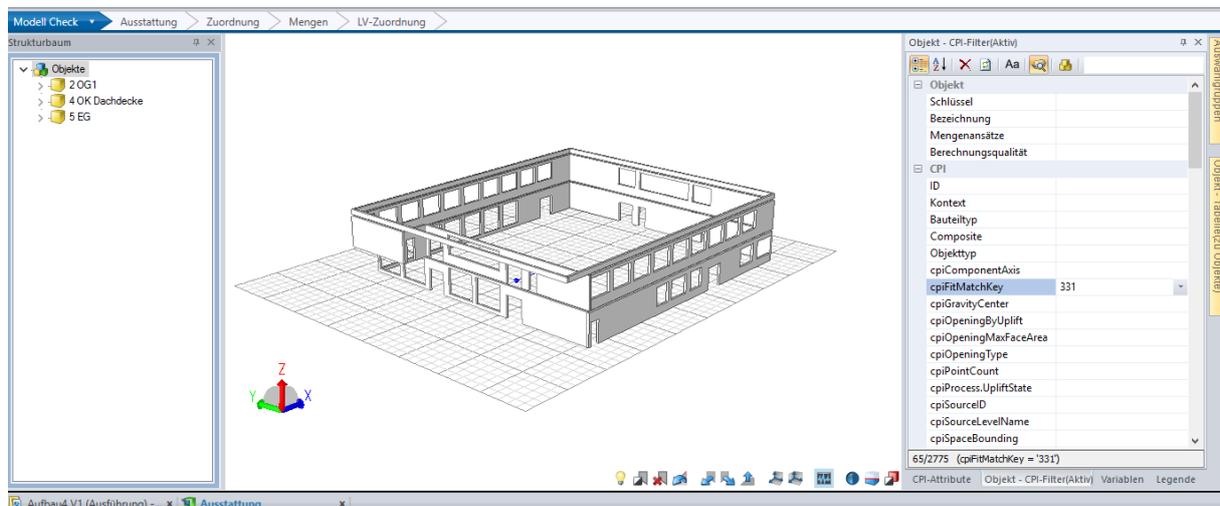


Abbildung 43: CPI-Filtrierung der Modellobjekte im Prozess Modell Check

Diese Überprüfung wird auch vorgenommen, da eine Mengenermittlung über die Werte, die im „cpiFitMatchKey“ hinterlegt sind, in der Prozessphase Ausstattung durchgeführt wird. Nach der Überprüfung des Modells wird in der Prozessphase Ausstattung gearbeitet. Hier wurde die Struktur der Mengenabfrage und Kostenermittlung nach der DIN 276 festgelegt. Es wurden hierfür Elemente und Unterelemente in der Ausstattungstabelle angelegt. Die Nummerierung in der Spalte Schlüssel orientiert sich dabei an den Werten der Kostengruppen

nach der DIN 276 (Abb. 48). Auch in der Spalte Bezeichnung wurden die Benennungen der Kostengruppen nach der DIN 276 angelegt.

Struktur	Schlüssel	Matchkey	Auswahlgruppe	Aktivierung...	Aktiv	Bezeichnung	Menge	ME
-	-				✓	Ausstattung		
+ 0	0				✓	Bausteine		
+ 300	300				✓	Baukonstruktion		
+ 300.10	300.10				✓	Baugrube		
+ 300.20	300.20				✓	Gründung		
+ 300.30	300.30				✓	Außenwände		
+ 300.30.10	300.30.10	331			✓	Tragende Außenwände		
+ 300.30.20	300.30.20	332			✓	Nichttragende Außenwände		
+ 300.30.30	300.30.30	333			✓	Außenstützen		
+ 300.30.40	300.30.40	334			✓	Außentüren und -fenster		
+ 300.30.50	300.30.50	335			✓	Außenwandbekleidungen außen		
+ 300.30.60	300.30.60	336			✓	Außenwandbekleidungen innen		
+ 300.30.70	300.30.70	337			✓	Elementierte Außenwände		
+ 300.30.80	300.30.80	338			✓	Sonnenschutz		
+ 300.30.90	300.30.90	339			✓	Außenwände, sonstiges		
+ 300.40	300.40				✓	Innenwände		
+ 300.50	300.50				✓	Decken		
+ 300.60	300.60				✓	Dächer		
+ 300.70	300.70				✓	Baukonstruktive Einbauten		
+ 300.90	300.90				✓	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen, sonstiges		

Abbildung 44: Angelegte Ausstattungstabelle

Als nächstes werden in den Unterelementen Teilleistungen erstellt. In den Teilleistungen werden die Mengen aus dem Modell abgefragt. Diese Teilleistungen werden nach den Objekten im Modell benannt. Anschließend erfolgt die Mengenabfrage. Hierbei wird zunächst in der Spalte „ME“ die Mengeneinheit angegeben, die zur Mengenabfrage benötigt wird. Danach wird in der Spalte Mengenabfrage mithilfe der QTO-Formel, die jeweiligen Mengen ermittelt (Abb. 49). Bei der Mengenabfrage orientiert man sich dabei an die DIN 277.

Struktur	Schlüssel	Matchkey	Auswahlgruppe	Aktivierung...	Aktiv	Bezeichnung	Menge	ME	Mengenabfrage
300	300				✓	Baukonstruktion			
+ 300.10	300.10				✓	Baugrube			
+ 300.20	300.20				✓	Gründung			
+ 300.30	300.30				✓	Außenwände			
+ 300.30.10	300.30.10				✓	Tragende Außenwände			
+ 300.30.10.10	300.30.10.10	331			✓	STB 25.0	141,543	m <sup>2</sup>	QTO(Typ="Volumen")
+ 300.30.20	300.30.20	332			✓	Nichttragende Außenwände			
+ 300.30.30	300.30.30				✓	Außenstützen			
+ 300.30.30.10	300.30.30.10	333			✓	STB 25 x 25	2,073	m <sup>2</sup>	QTO(Typ="Volumen")
+ 300.30.40	300.30.40	334			✓	Außentüren und -fenster			
+ 300.30.40.10	300.30.40.10	334.1			✓	Drehflügel 1-flg - Variabel	5,000	St	QTO(Typ="Stückzahl")
+ 300.30.40.20	300.30.40.20	334.2			✓	Drehflügel 2-flg - Variabel	7,000	St	QTO(Typ="Stückzahl")
+ 300.30.40.30	300.30.40.30	334.3			✓	Fenster 1-flg - Variabel	168,000	St	QTO(Typ="Stückzahl")
+ 300.30.50	300.30.50	335			✓	Außenwandbekleidungen außen			
+ 300.30.50.10	300.30.50.10	335.1			✓	Wärmedämmung	426,071	m <sup>2</sup>	QTO(Typ="FlächeMax")
+ 300.30.50.20	300.30.50.20	335.2			✓	Putz	428,666	m <sup>2</sup>	QTO(Typ="FlächeMax")
+ 300.30.60	300.30.60	336			✓	Außenwandbekleidungen innen			
+ 300.30.70	300.30.70	337			✓	Elementierte Außenwände			
+ 300.30.80	300.30.80	338			✓	Sonnenschutz			
+ 300.30.90	300.30.90	339			✓	Außenwände, sonstiges			

Abbildung 45: Ausstattungstabelle mit Teilleistungen

Zuletzt wird noch in der Spalte „Matchkey“ der Wert des Attributes „cpiFitMatchKey“ zu den Teilleistungen hinzugefügt. Dies ist ein essentieller Schritt für die Mengenabfrage nach der

„cpiFitMatchKey-Methode“. Es wird auch gleich in dieser Prozessphase über den Befehl „Gesamtberechnung“ unter „Mengen“ in der Multifunktionsleiste die Mengenberechnung vorgenommen. Es werden nun die berechneten Mengen in der Prozessphase Ausstattung in den Teilleistungen angezeigt. Da hier eine Mengenermittlung über das Attribut cpiFitMatchKey erfolgte, muss keine Zuordnung der Objekte zu den Teilleistungen in der Ausstattungstabelle in der Prozessphase Zuordnung erfolgen.

In dieser Prozessphase wurde dennoch überprüft, ob einer Teilleistung nicht fälschlicherweise ein falsches Objekt zugeordnet wurde. Hierfür wird im Objekt – CPI-Filter gearbeitet. In diesem Fenster wird im Attribut „cpiFitMatchKey“ zum Beispiel der Wert 331 eingegeben (Abb. 50). Nun werden im Modell alle Objekte angezeigt, denen dieser Wert zugewiesen worden ist. Im Objekt – CPI-Filter wird dann unter zugeordnete Ausstattungen im Feld Matchkey auch der Wert 331 eingegeben. Es werden nun immer noch die Objekte in der Visualisierung angezeigt, denen der Matchkey 331 zugeordnet ist. Falls dies nicht der Falle wäre, würde kein Objekt mehr angezeigt werden, da die Filtrierung nach cpiFitMatchKey und Matchkey sich widersprechen würde (Abb. 51). Dies ist lediglich einer von vielen Möglichkeiten die Zuordnungen der Objekte zu den Teilleistungen der Ausstattungstabelle im Prozess Zuordnung zu überprüfen.

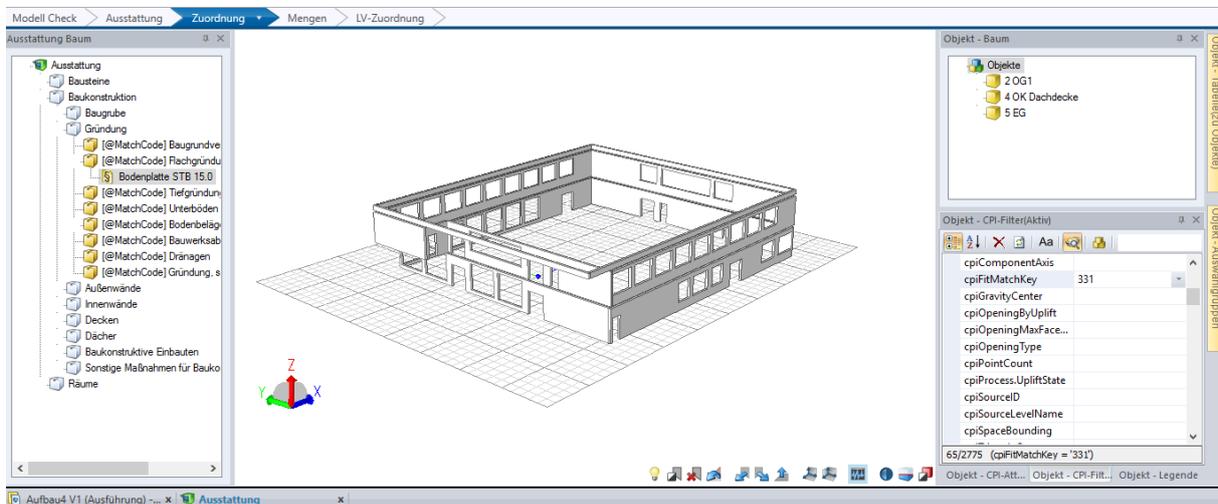


Abbildung 46: Filtrierung nach Matchkey ohne Widerspruch zu cpiFitMatchKey

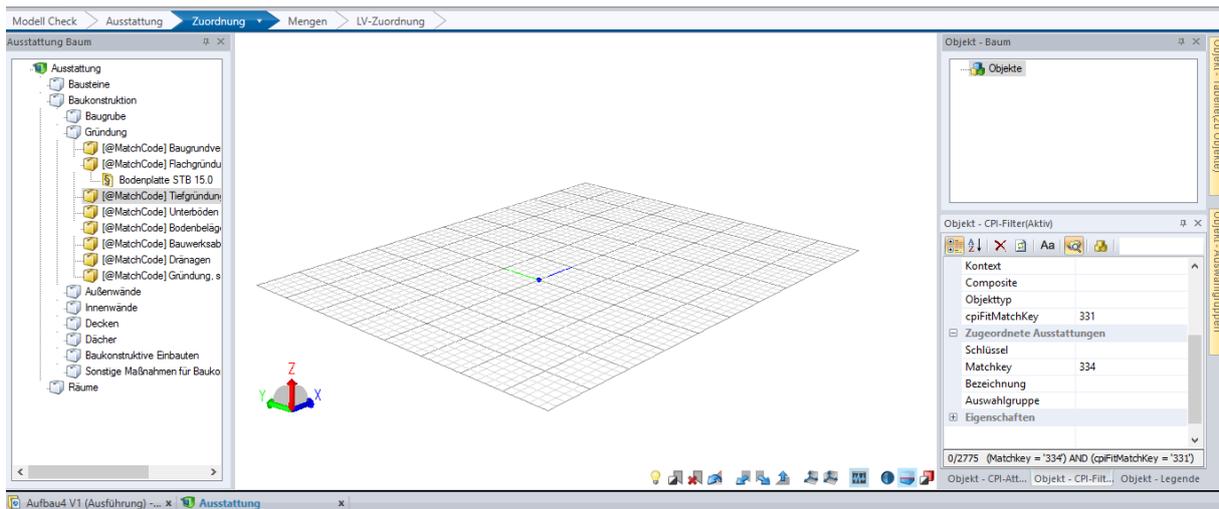


Abbildung 47: Filtrierung nach Matchkey mit Widerspruch zu cpiFitMatchKey

Im Prozess Mengen wird die Ausstattungstabelle dargestellt, jedoch werden nur jene angelegten Elemente in der Tabelle angezeigt, deren Mengen in den Teilleistungen berechnet worden sind. In diesem Prozess kann überprüft werden, wie die Mengen ausgerechnet wurden. Dabei wird in der Ausstattungstabelle die Teilleistung ausgewählt, deren Mengenberechnung überprüft werden soll. Anschließend wird in dem Fenster Objekt-Visualisierung nur noch das Objekt angezeigt, zu der die Teilleistung in der Ausstattungstabelle ausgewählt wurde und in einem weiteren Fenster wird der Mengenansatz angezeigt. Hier kann überprüft werden, wie die Mengen ermittelt wurden (Abb. 52).

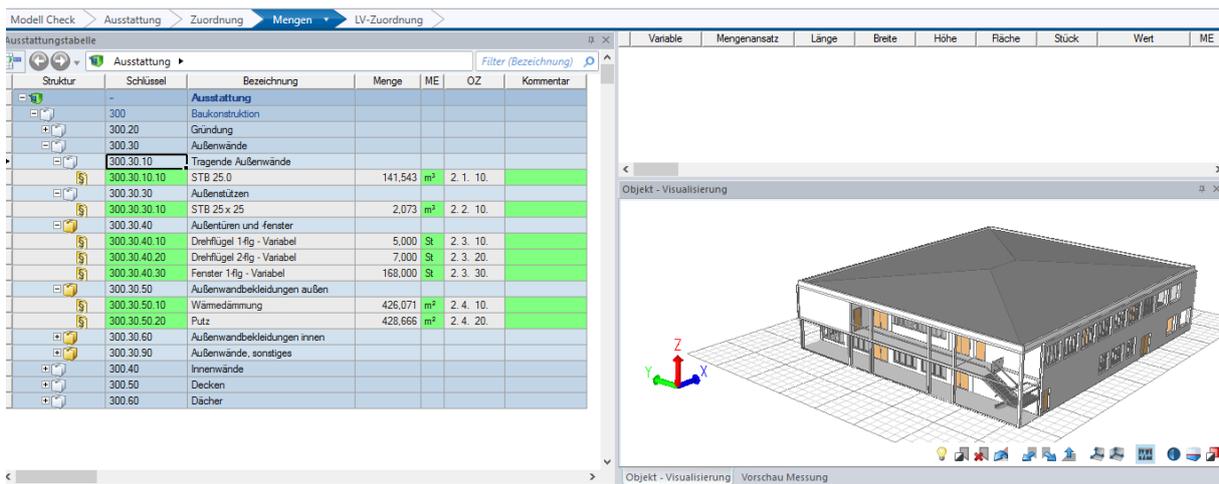


Abbildung 48: Prozessphase Mengen

## 5.2.4 Erstellen eines Teilleistungskatalogs

Bevor eine modellbasierte Kostenberechnung in der Prozessphase LV-Zuordnung vorgenommen werden kann, muss ein Teilleistungskatalog mit den Einheitspreisen für die im Modell verwendeten Objekte erstellt werden. Hierfür kehrt man wieder ins Projektfenster zurück und legt im Ordner Kataloge unter Teilleistungen über Rechtsklick „Neu“ einen neuen Teilleistungskatalog an. Unter Grunddaten werden für den Teilleistungskatalog der Schlüssel „1“ und die Bezeichnung „Kostenermittlung“ festgelegt. Der Teilleistungskatalog stellt eine Preisdatenbank dar. Die Struktur der Ausstattungstabelle im Modul Ausstattung wurde kopiert und in der Tabelle der Preisdatenbank im Teilleistungskatalog eingefügt.

Anschließend wurden in der Spalte „EPI“ die Einheitspreise eingetragen. Hierbei muss man darauf achten, dass nicht direkt in die Tabelle der Einheitspreis eingetragen werden kann, man muss diesen in das Fenster LV-Eigenschaften unter EP/GP eintragen (Abb. 53). Der eingetragene Wert wird dann automatisch in der Tabelle angezeigt. Die Einheitspreise, die eingetragen worden, wurden alle zuvor über das Portal [www.baupreislexikon.de](http://www.baupreislexikon.de) ermittelt.

Struktur	OZ	Kurz-Info	Kurztext	ME	Preisstand	EPI	EPI von	EPI bis	eEPI
1			Kostenermittlung						
1.1			Gründung						
1.1.1			Flachgründungen						
1.1.10			Bodenplatte STB 15.0	m <sup>2</sup>		156,98	0,00	0,00	
1.2			Bodenbeläge						
1.2.10			Fliesen	m <sup>2</sup>		59,78	0,00	0,00	
1.2.20			Estrich	m <sup>2</sup>		22,68	0,00	0,00	
1.2.30			Trittschalldämmung	m <sup>2</sup>		10,08	0,00	0,00	
2			Außenwände						
3			Innenwände						

Abbildung 49: Preisdatenbank des Teilleistungskatalogs

## 5.2.5 Erstellen eines LVs

Nach dem Erstellen des Teilleistungskatalogs wird wieder im Modul Ausstattung gearbeitet. Nun wurde eine modellbasierte Kostenberechnung im Prozess LV-Zuordnung unternommen. Es wurde dabei über die Gruppe „LV“ der Befehl „LV aktualisieren“ in der Multifunktionsleiste ausgeführt. Im Fenster, das sich dabei öffnet, wurden die vorgegebenen Einstellungen übernommen. Die so automatisch erstellte modellbasierte Kostenberechnung wurde als LV in der Projektvariante angelegt. Zuletzt wurde noch festgelegt, dass das LV wie der

Teilleistungskatalog strukturiert werden soll. Das erstellte LV ist nun in der Projektvariante hinterlegt und kann aufgerufen werden. Nach dem Öffnen des LVs kann in der modellorientierten Darstellung nochmal die Kostenberechnung am Modell nachvollzogen werden (Abb. 54).

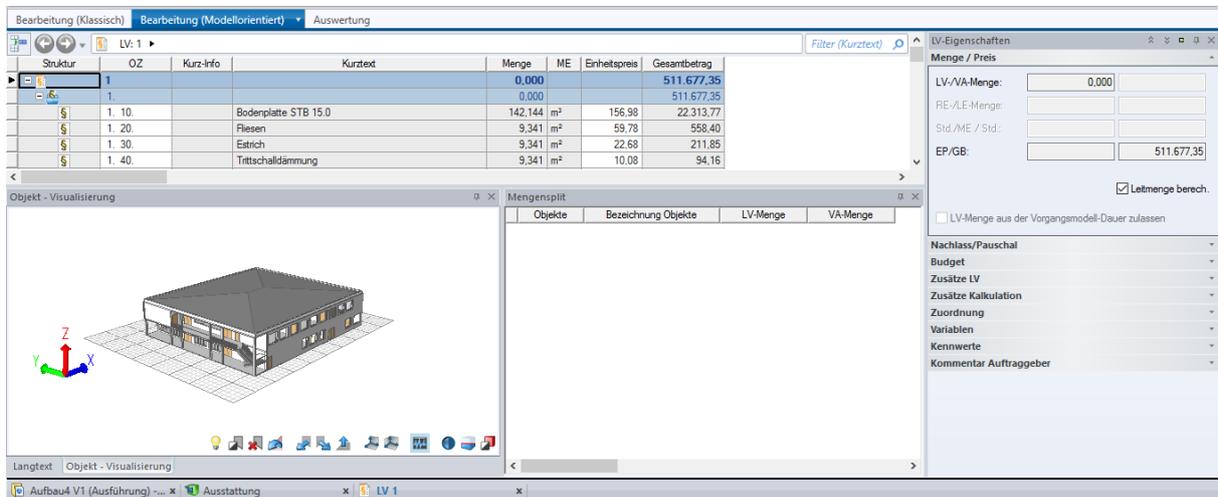


Abbildung 50: Modul LV in der modellorientierten Ansicht

Durch das Auswählen einer Teilleistung in der Tabelle, werden in der Objekt-Visualisierung nur noch die Objekte zu dieser Teilleistung angezeigt. Im Fenster „Mengensplit“ werden die einzelnen Objekte dieser Teilleistung getrennt mit ihren jeweiligen Mengen aufgelistet (Abb. 55).

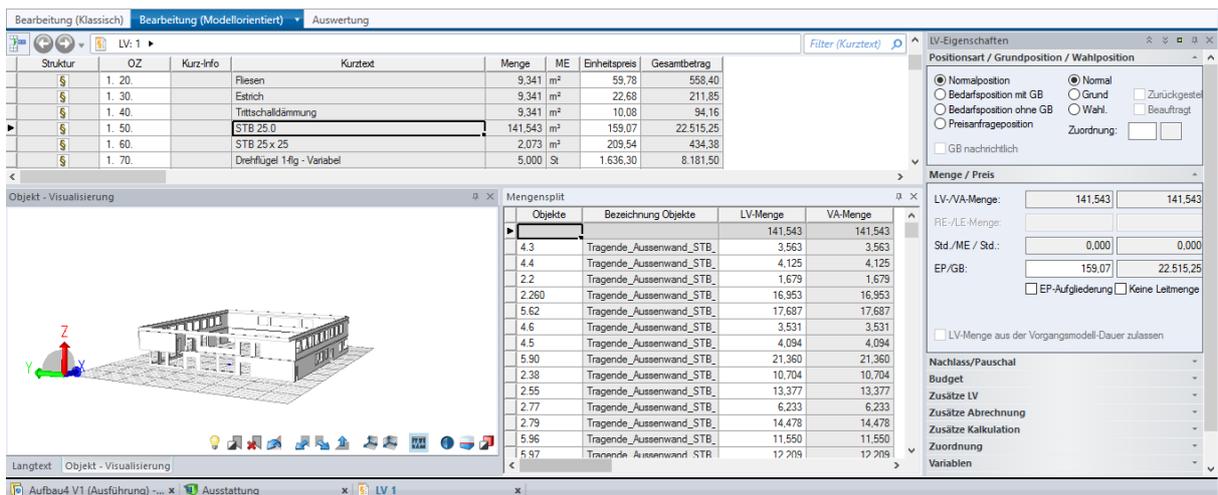


Abbildung 51: Modellbasierte Aufspaltung der Kosten

Struktur	OZ	Kurz-Info	Kurztext	Menge	ME	Einheitspreis	Gesamtbetrag
	<b>1</b>			<b>0,000</b>			<b>511.677,35</b>
	1.			0,000			511.677,35
	1. 10.		Bodenplatte STB 15.0	142,144	m³	156,98	22.313,77
	1. 20.		Fliesen	9,341	m²	59,78	558,40
	1. 30.		Estrich	9,341	m²	22,68	211,85
	1. 40.		Trittschalldämmung	9,341	m²	10,08	94,16
	1. 50.		STB 25.0	141,543	m³	159,07	22.515,25
	1. 60.		STB 25 x 25	2,073	m³	209,54	434,38
	1. 70.		Drehflügel 1-flg - Variabel	5,000	St	1.636,30	8.181,50
	1. 80.		Drehflügel 2-flg - Variabel	7,000	St	2.159,92	15.119,44
	1. 90.		Fenster 1-flg - Variabel	168,000	St	375,17	63.028,56
	1. 100.		Wärmedämmung	426,071	m²	14,07	5.994,82
	1. 110.		Putz	428,666	m²	25,34	10.862,40
	1. 120.		Putz	12,855	m²	19,23	247,20
	1. 130.		Geländer	2,000	St	216,40	432,80
	1. 140.		STB 25.0	270,811	m³	159,07	43.077,91
	1. 150.		GK 12.5	324,415	m²	64,70	20.989,65
	1. 160.		STB 25.0	2,060	m³	159,07	327,68
	1. 170.		Drehflügel 1-flg - Variabel	62,000	St	1.636,30	101.450,60
	1. 180.		Drehflügel 2-flg - Variabel	11,000	St	2.159,92	23.759,12
	1. 190.		Fenster 1-flg - Variabel	12,000	St	375,17	4.502,04
	1. 200.		Putz	109,670	m²	19,23	2.108,95
	1. 210.		STB 20.0	370,679	m³	155,49	57.636,88
	1. 220.		Treppe	2,000	St	1.566,87	3.133,74
	1. 230.		Linoleum	62,344	m²	32,11	2.001,87
	1. 240.		Estrich	62,344	m²	22,68	1.413,96
	1. 250.		Trittschalldämmung	62,344	m²	10,08	628,43
	1. 260.		Gipskarton	71,601	m²	30,51	2.184,55
	1. 270.		Deckenraster	71,601	m²	0,00	0,00
	1. 280.		Geländer	12,000	St	216,40	2.596,80
	1. 290.		Flachdach - Bitumen	920,494	m²	28,38	26.123,62
	1. 300.		EPDM	917,000	m²	22,29	20.439,93
	1. 310.		Wärmedämmung	917,000	m²	40,03	36.707,51
	1. 320.		Dampfsperre	917,000	m²	12,17	11.159,89
	1. 330.		Voranstrich	917,000	m²	1,57	1.439,69

Abbildung 52: Liste zu Kosten aller Objekte im Modell

### 5.3 Zusammenfassung

Es wurde im Programm iTWO zunächst eine modellbasierte Mengenermittlung durchgeführt. Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten, dies in iTWO zu verwirklichen. In der vorliegenden Arbeit wurde die Mengenermittlung über die „Matchkey-Methode“ getätigt. Bei dieser Methode ist es wichtig, wie im Kapitel Revit beschrieben, etwas Vorarbeit im Modellierungsprozess in Form vom Anlegen eines zusätzlichen Parameters zu tun. Die Kostenberechnung, die in iTWO vorgenommen wurde, beschränkt sich in der Thesis auf die modellierten Elemente. Das heißt alles was nicht modelliert wurde, ist nicht in die Kostenberechnung enthalten. Dies sind Kosten, wie zum Beispiel das Einrichten der Baustelle. Folglich ist die so erhaltene Kostenberechnung noch nicht vollständig. Somit ist die Aussagekraft der modellorientierten Kostenermittlung nach der BIM-Methode sehr stark von dem Modellierungsgrad des Gebäudedatenmodells abhängig.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

### 6.1 Zusammenfassung

In dieser Thesis wurde zunächst das traditionelle Kostenplanungskonzept im Hochbau diskutiert. Es wurde festgestellt, dass in den verschiedenen Stufen der Kostenermittlung nach der DIN 276-1 bis zur Kostenfeststellung mit zunehmenden Voranschreiten des Projektes die Kostensteuerung erschwert wird. Folglich können durch eine genaue Kostenermittlung in den frühen Planungsphasen Kostensprünge, die in der Ausführung entstehen können, vermieden werden. Anschließend wurden Ansätze einer modellbasierten Kostenermittlung angesprochen und die möglichen Vorteile, die die Kostenplanung nach der 5D-BIM Planungsmethode aufweist ausgeführt. Es wurde auch die Implementierung der BIM-Methode in einem Unternehmen, mit einem damit verbundenen neuen Berufsbild angesprochen. Des Weiteren wurde ein Schulgebäude in Revit modelliert. Vom Gebäude wurden auch verschiedene Ausbauvarianten modelliert. Zudem wurden Inhalte der Normen DIN 276 und DIN 277 ins Modell eingearbeitet. Nach dem Export des Modells in das Programm iTWO, wurde hier eine modellbasierte Mengen- und Kostenermittlung durchgeführt.

### 6.2 Fazit

Das Arbeiten mit verschiedenen BIM-Programmen erfordert, dass diese aufeinander abgestimmt werden. So muss im Modellierungsprozess dem Modellierer des Gebäudedatenmodells rechtzeitig mitgeteilt werden, welche Anforderungen das Modell erfüllen soll, damit es entsprechend in den anderen Programmen weiterverwendet werden kann. In der vorliegenden Arbeit bestand dies im Einbauen eines „gemeinsam genutzten Parameters“ in Revit, der für die Mengenermittlung im Programm iTWO notwendig war.

Das Modellieren in Revit kann auch auf unterschiedliche Weise erfolgen. So wie in dieser Arbeit behandelt, kann der Ausbau auf unterschiedliche Weise angefertigt werden. Dabei ist der Modellierungsaufwand über mehrschichtige Elemente deutlich geringer, wie der Aufwand über einschichtige Elemente. Auch hier ist es notwendig dem Modellierer zu Beginn mitzuteilen, welche Variante er ausführen soll. Denn je nach dem welche Variante festgelegt wurde, wird sich entsprechend die Weiterverarbeitung in den anderen Programmen gestalten. Da hier mit einschichtigen Elementen gearbeitet wurde, lag der größere Arbeitsaufwand auf Seiten des Modellierers.

Das Modellieren über einschichtige Elemente hat dazu geführt, dass die Mengenabfrage der einzelnen Elemente in iTWO einfacher möglich war. Denn über die Zuweisung eines eindeutigen Wertes über den „cpiFitMatchKey“ Parameter an die einzelnen Ausbauschichten im Modell in Revit, konnten gezielt und differenziert über den Matchkey in iTWO die Mengen der einzelnen Schichten des Gebäudedatenmodells abgefragt werden. Dies ist jedoch nur eine Möglichkeit die Mengen über ein 3D Gebäudemodell in iTWO durchzuführen. In dieser Methode liegt der höhere Aufwand auf Seiten des Modellierers. Es besteht auch die Möglichkeit über mehrschichtige Elemente eine Mengenabfrage durchzuführen. Hierbei verlagert sich der Arbeitswand etwas mehr auf die Seite des iTWO-Anwenders. Jedoch wurde diese Möglichkeit in dieser Thesis nicht weiter ausgeführt. Es ist zu Beginn des Projektes in der Ausschreibung vom Bauherrn festzulegen, welche Methode angewendet werden soll, damit entsprechend das Projekt geplant und ausgeführt werden kann. Wie im Kapitel 3 erwähnt, sollte dies durch einen BIM-Manager festgelegt werden, der alle einzelnen Fachplaner im Projekt über das strategische Vorgehen nach der BIM-Methode informiert und koordiniert. Es ist deshalb sehr wichtig in einem Projekt, das nach der BIM-Methode geplant wird, einen BIM-Manager zu haben, damit koordiniert und zielgerichtet gearbeitet wird und das Potential der BIM-Methode ausgenutzt werden kann.

### 6.3 Ausblick

Das Aufgabengebiet des Projektmanagements ist, wie eingangs erwähnt, sehr vielschichtig. Um entscheiden zu können, wie sich das klassische Projektmanagement durch die BIM-Methode ändern wird und wie die Implementierung dieser Planungsmethode in Projekten ablaufen wird, ist es essentiell die verschiedenen Aufgaben des Projektmanagers anhand der BIM-Methode an Projekten auszuführen. So zum Beispiel gehört dazu auch das Erstellen und Überwachen eines Terminplans. In der BIM-Methode kann mithilfe von Bauablaufsimulationen die Ablaufplanung eines Projektes unternommen werden. Neben der Kostenplanung ermöglicht iTWO auch eine Bauablaufsimulation, was aber in dieser Arbeit nicht mehr angewandt wurde. Ein weiterer Aspekt in der BIM-Methode, der interessant für das Projektmanagement ist, ist die Überprüfung des Gebäudedatenmodells. Neben der Kosten-, Ablaufplanung und Modellprüfung ist die Projektkommunikation ein weiterer wichtiger Aufgabenbereich des Projektmanagements. Die Projektkommunikation in einem BIM-Projekt, kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Man kann zum Beispiel einen

gemeinsamen „BIM-Server“ einrichten, auf dem die Modelle der einzelnen Fachplaner abgelegt werden können. Für das Zusammenarbeiten mit unterschiedlichen Programmen ist auch das Datenformat entscheidend, in dem gearbeitet wird. Jedes Programm arbeitet mit unterschiedlichen Datenformaten, damit aber die Modelle der einzelnen Fachplaner miteinander verknüpft werden können, gibt es verschiedene Möglichkeiten, dies zu verwirklichen. Wie in dieser Thesis ausgeführt, kann dies über Plugins passieren, die die verschiedenen Softwarehersteller für die Programme anbieten. Eine andere Möglichkeit besteht im Datenaustausch mit dem Datenformat „ifc“, welches die meisten BIM-Programme unterstützen.

All diese unterschiedlichen Ansätze zu den verschiedenen Aufgabenbereichen in einem Projekt müssen zunächst getestet und analysiert werden, damit man genauere Aussagen über die Implementierung der BIM-Methode in einem Projekt tätigen kann.

Interessant aus der Sicht des Projektmanagements ist auch die Frage, welche Position der BIM-Manager in einem Projekt einnehmen wird und wie sich dadurch das Berufsbild des Projektmanagers ändern wird. Denn Aufgaben, wie die Kommunikation der Projektbeteiligten, fallen in der Regel in den Bereich des Projektmanagements. Da aber in einem Projekt nach der BIM-Methode, wie in Kapitel 3 behandelt, BIM-Koordinatoren und der BIM-Manager dies übernehmen, wird sich auch der Aufgabenbereich des Projektmanagers etwas ändern. Eine interessante Entwicklung, die dabei zu beobachten ist, wird die Eingliederung des BIM-Managers in einem Projekt sein. Und inwieweit sich das Berufsbild des BIM-Managers als ein eigenständiger Berufsbereich entwickeln wird oder in das Berufsbild des Projektmanagers eingegliedert wird, ob überhaupt eine allgemeine Ordnung festgelegt werden kann oder ob man von Projekt zu Projekt unterscheiden muss. Diese Erkenntnisse ergeben sich über die Anwendung dieser Planungsmethode in den einzelnen Fachbereichen. Das heißt, dass letztendlich ein Etablieren der BIM-Methode in der Bauwirtschaft ein Prozess darstellt, der auch sehr projektspezifisch ablaufen wird.

## Quellenverzeichnis

BMVI. Digitales Planen und Bauen. Online verfügbar unter <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitales-bauen.html>., zuletzt geprüft am 26.03.16

Dr.-Ing. Peter Ohlhausen. Grundlagen des Projektmanagements. Projektarbeit WS 2011. Universität Stuttgart. Online verfügbar unter [http://www.gkm.uni-stuttgart.de/projektarbeit/downloads/Einfuehrung\\_ins\\_Projektmanagement.pdf](http://www.gkm.uni-stuttgart.de/projektarbeit/downloads/Einfuehrung_ins_Projektmanagement.pdf), zuletzt geprüft am 26.03.16

Deutsches Institut für Normung e.V.. DIN 69901-1 Projektmanagement, Projektmanagement – Begriffe, 01/09

Hans Sommer (2009). Projektmanagement im Hochbau: 35 Jahre Innovationen bei Drees & Sommer. Springer 2009

openPM. Seminararbeit zu Projektplanung: Kosten und Ressourcen. Online verfügbar unter <https://www.openpm.info/display/openPM/Projektplanung%3A+Kosten+und+Ressourcen>, zuletzt geprüft am 26.03.16

Deutsches Institut für Normung e.V.. DIN 276. Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau. Fassung vom Dezember 2008

Deutsches Institut für Normung e.V.. DIN 277. Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 1-3. Fassung vom Februar 2005

Andre Seifert. Diplomarbeit zu BIM im Planungsprozess. Online verfügbar unter <http://architektur-informatik.scix.net/data/works/att/44ad.content.07855.pdf>, zuletzt geprüft am 26.03.16

BKI. Kostenplanung. Online verfügbar unter <http://www.baukosten.de/kostenplanung.html>

Baupreislexikon. Online verfügbar unter <http://www.baupreislexikon.de/contHomeOverview.aspx>

Wikipedia.DIN 277. Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/DIN\\_277](https://de.wikipedia.org/wiki/DIN_277), zuletzt geprüft am 26.03.16

Dr.-Ing. Racha Chahrour. BIM – Anwendungen und Perspektive für das Bauprojektmanagement. Online verfügbar unter <http://www.bbb-kongress.de/Chahrour.pdf>, zuletzt geprüft am 26.03.16

A. Borrmann (2015). Building Information Modeling. (A. Borrmann, M. König, C. Koch, & J. Beetz, Eds.) Wiesbaden: Springer.

Wikipedia. Revit. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Revit>, zuletzt geprüft am 26.03.16

Revit Architecture. Anmerkungen für Dozenten. Online verfügbar unter [http://studentsdownload.autodesk.com/cdcoll/downloads/sd/2008/CURRICULUM/DC\\_Curriculum/curriculum/Revit\\_Architecture/DEU\\_RAC-2008---Anmerkungen-f-r-Dozenten.pdf](http://studentsdownload.autodesk.com/cdcoll/downloads/sd/2008/CURRICULUM/DC_Curriculum/curriculum/Revit_Architecture/DEU_RAC-2008---Anmerkungen-f-r-Dozenten.pdf), zuletzt geprüft am 26.03.16

Zank, Brigitte (2015). Implementierung parametrischer Elementattribute mit Autodesk Revit 2014: BIM am Beispiel der Metro Doha. Bachelorthesis, Hochschule Biberach

Autodesk. Revit 2016. Hilfe. Online verfügbar unter <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/DEU/>, zuletzt geprüft am 26.03.16

Landeshauptstadt München Referat für Bildung und Sport. Aktionsprogramm Schul- und Kita-Bau 2020. Online verfügbar unter <http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Bildung-und-Sport/Aktionsprogramm.html>, zuletzt geprüft am 26.03.16

RIB. iTWO. PDF-Handbücher von iTWO 2015. Revit-CPI-Export, Basiswissen, Ausstattung, BIM Qualifier, Kataloge, Preisdatenbank, Leistungsverzeichnis

RIB. iTWO. Online verfügbar unter <http://www.rib-software.com/de/landingpage/rib-itwo.html>, zuletzt geprüft am 26.03.16

A. Borrmann (2015). BIM Project Execution - Downstream Applications. Vorlesungsfolien WS 15/16. Technische Universität München

## Anhang

Zu dieser Arbeit befindet sich folgender Inhalt auf der beigefügten CD:

- Die schriftliche Ausarbeitung der Thesis als „pdf“-Datei
- Das Gebäudedatenmodell als „BIM Projekt Schulcontainer\_Aufbau4.rvt“ - Projektdatei (Version Revit 2016), einschichtige Elemente
- Das Gebäudedatenmodell als „BIM Projekt Schulcontainer\_Aufbau3\_2.rvt“ - Projektdatei (Version Revit 2016), mehrschichtige Elemente in Teilelemente unterteilt
- Das Gebäudedatenmodell als „BIM Projekt Schulcontainer\_Aufbau2\_1.rvt“ - Projektdatei (Version Revit 2016), mehrschichtige Elemente
- Das Gebäudedatenmodell als „BIM Projekt Schulcontainer\_Aufbau4.cpixml“ - Datei
- „shared Parameter.txt“ - Textdatei
- Die Ausarbeitung in iTWO als „Aufbau4.P3.V1.rpd“ - Datenbankdatei (Version iTWO 2015)
- Die einzelnen Einheitspreise des Teilleistungskatalogs als „pdf“-Dateien

## Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen (einschließlich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind ausnahmslos als solche kenntlich gemacht.

München, 29.03.2016

.....  
Abrar Ahmad