



## **DIPLOMARBEIT**

Workflow-Entwicklung für BIM-basierte Kostenplanung

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs  
unter der Leitung**

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

E234 - Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement  
Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung

**eingereicht an der Technischen Universität Wien**

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

**Maximilian Dörflinger**

01051384

Wien, am 01.03.2018

.....

## Kurzfassung

### Workflow-Entwicklung für BIM-basierte Kostenplanung

BIM bedeutet, ein digitales Bauwerksmodell zu erstellen, in dem alle planungs-, ausführungs- und nutzungsrelevanten Daten in einem konsistenten Datenmodell zusammengeführt werden. Vergangene Forschungsarbeiten zeigen den bestehenden Bedarf an BIM-basierter, bauelementbezogener und damit planungsorientierter Kostenermittlungs-Software, durch welche ab der frühen Planungsphase alle Planungsentscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen der Lebenszykluskosten dargestellt werden können. Die meisten Kostenermittlungs-Softwarelösungen sind leistungsbezogen und damit ausführungsorientiert.

Ziel dieser Diplomarbeit war es, einen automatisierten Workflow für eine bauelementbezogene BIM-basierte Errichtungs- und Folgekostenermittlung (mit Gliederung der Kosten nach der ÖNORM B 1801) unter Einbeziehung von bestehenden Software-Lösungen zu entwickeln. Es wurde definiert, welche Daten aus dem BIM benötigt werden und welche Verknüpfungen zwischen diesen erstellt werden müssen. Ausgehend davon wurden zwei Berechnungsmethoden entwickelt, welche die gewünschten Ergebnisse liefern. Eine dieser beiden Methoden wertet eine BIM-Mengenauswertung durch Nutzung des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel aus und ist damit nur BIM-basiert. Die zweite Methode wurde mit der Software BuildingOne von OneTools realisiert, diese ist daher nicht nur BIM-basiert, sondern rechnet in einer mit dem BIM verknüpften Datenbank. Beide Methoden bieten die Möglichkeit, durch Formel ausdrücke Beziehungen zwischen definierten Eigenschaften aus dem BIM herzustellen und diese mit Kostensätzen zu verknüpfen. Die Regeln wurden anhand einer Fallstudie entwickelt, können in der Praxis individuell angepasst und beliebig erweitert werden.

Beide Berechnungsmethoden erlauben damit die automatisierte Berechnung von beliebig großen Projekten in Echtzeit, ohne hierfür einmalig oder wiederholt Zuweisungen tätigen zu müssen. Dies ist vor allem zum Vergleich von unterschiedlichen Varianten bei einer lebenszyklusorientierten Planung und zur ständigen Kontrolle der gesetzten Kostenziele sinnvoll.

## Abstract

### Workflow-Development for BIM based Cost Assessment

BIM stands for creating a digital model of a building that brings together all planning-, construction-, and user-relevant data in a consistent data model. Previous studies revealed the need for BIM-based, buildingelement-related software for cost planning that enables the consideration of all planning decisions at different levels of project's life cycle costs from the early planning stage. Most software solutions for cost-estimation support just a construction-related cost view.

The goal of this thesis was to develop an automated workflow for a building-element-related BIM-based construction- and follow-up- cost estimation (with the structure of the costs according to ÖNORM B 1801) including existing software solutions. It has been defined what data from the BIM is needed and what connections have to be created between them. Based on this, two calculation methods were developed which provide the desired results. One of these two methods evaluates a BIM-quantity-evaluation by using the spreadsheet Microsoft Excel and is therefore solely BIM-based. The second method was conducted with the software BuildingOne from OneTools, which is not only BIM-based but also calculates in a database which is directly linked to the BIM. Both methods provide the ability to use formula-expressions to create relationships between defined properties of the BIM and link them to cost values. The rules were developed on the basis of a case study but can be individually adapted in practice and extended as required.

Both calculation methods allow the automated calculation of any large project in real-time, without the need of making single or repeated assignments. In particular this is useful for comparing different designs in regards to a life-cycle-oriented design and to constantly check the targeted costs.

## Abkürzungsverzeichnis

AEC	Architecture, Engineering and Construction
API	Application Programming Interface
AVA	Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung
BAK	Baukosten
BGF	Brutto-Grundfläche
BIM	Building Information Modelling
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern
BWK	Bauwerkskosten
ERK	Errichtungskosten
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
GBK	Gebäudekosten
GEK	Gesamtkosten
GUID	Globally Unique Identifier
HKLSE	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär, Elektro
IFC	Industry Foundation Classes
KGB	Kosten des Gebäudebetriebs
KKW	Kostenkennwert
LZK	Lebenszykluskosten
NF	Nutzfläche
OFK	Objekt-Folgekosten
ONK	Objekt-Nutzungskosten
SQL	Structured Query Language
ULG	Unterleistungsgruppe

# Inhaltsverzeichnis

<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>II</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>III</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>8</b>
1.1. Motivation und Forschungsziel .....	8
1.2. Vorgehensweise .....	9
<b>2. STAND DER TECHNIK.....</b>	<b>14</b>
2.1. Traditionelle Kostenermittlung.....	14
2.2. Building Information Modeling (BIM) .....	15
2.2.1. Das BIM-Modell .....	17
2.2.2. Parameter und Attribute .....	20
2.2.3. Level of Development (LoD) .....	22
2.2.4. Industry Foundation Classes (IFC).....	23
2.3. BIM-basierte Kostenermittlung.....	24
2.3.1. Automatisierte Mengenermittlung.....	25
2.3.2. Automatisierte Zuordnung von Kostenkennwerten .....	25
2.3.3. Automatisierte Kostengliederung .....	27
2.4. Software-Tools.....	27
2.4.1. Graphisoft ArchiCad.....	29
2.4.2. OneTools BuildingOne .....	30
2.4.3. Microsoft Excel .....	32
2.4.4. Solibri Model Checker.....	32
<b>3. GÄNGIGE METHODEN ZUR KOSTENERMITTLUNG .....</b>	<b>33</b>
3.1. Grundlagen der Kostenermittlung .....	33
3.2. ÖNORM B 1801 .....	34
3.2.1. Gliederung Projektphasen nach ÖNORM B 1801-1 .....	34
3.2.2. Gliederung Errichtungskosten ÖNORM B 1801-1 .....	35
3.2.3. Gliederung Objekt-Folgekosten ÖNORM B 1801-2.....	38
3.3. Planungsbeteiligte.....	40
3.4. Ermittlung von Errichtungskosten.....	41
3.4.1. Kostenkennwerte .....	43
3.4.2. Kostenfaktoren.....	45

3.4.3.	Errichtungskostenberechnung.....	46
<b>3.5.</b>	<b>Ermittlung von Objekt-Folgekosten .....</b>	<b>51</b>
3.5.1.	Folgekostenberechnung.....	51
3.5.2.	Kennwerte und Kostenfaktoren .....	53
3.5.3.	Technischer Gebäudebetrieb .....	54
3.5.4.	Ver- und Entsorgung.....	55
3.5.5.	Reinigung und Pflege.....	55
3.5.6.	Instandsetzung .....	56
<b>4.</b>	<b>ENTWICKLUNG DER WORKFLOWS.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1.</b>	<b>Testgebäude .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.</b>	<b>BIM-Modellierung zur Ermittlung von Errichtungskosten .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3.</b>	<b>BIM-Modellierung zur Ermittlung von Folgekosten .....</b>	<b>71</b>
<b>4.4.</b>	<b>BIM-Modellierung – Struktur/Elemente/Kosten.....</b>	<b>74</b>
<b>4.5.</b>	<b>Schema Berechnung .....</b>	<b>79</b>
4.5.1.	Parameter und Eigenschaften aus dem BIM-Modell .....	79
4.5.2.	Benötigte Kennwerte.....	81
4.5.3.	Schema Workflow BuildingOne-Kalkulation .....	82
4.5.4.	Schema Workflow BuildingOne-Attribute .....	84
4.5.5.	Schema Workflow Excel .....	86
<b>4.6.</b>	<b>Berechnung.....</b>	<b>88</b>
4.6.1.	Mehrschichtige Bauteile – Wände, Decken, Dächer.....	89
4.6.2.	Profile - Stützen und Träger .....	105
4.6.3.	Fenster .....	108
4.6.4.	Türen .....	111
4.6.5.	Fassaden.....	114
4.6.6.	Objekte und Treppen .....	116
4.6.7.	Baugrube .....	118
4.6.8.	Räume.....	119
4.6.9.	Allgemeine Eingaben im Projekt .....	120
<b>4.7.</b>	<b>Fallstudie.....</b>	<b>121</b>
4.7.1.	Varianten .....	121
4.7.2.	Ergebnis .....	125
<b>5.</b>	<b>VERGLEICH DER WORKFLOWS .....</b>	<b>131</b>
<b>5.1.</b>	<b>Erstellung und Durchführung der Berechnungsmethoden .....</b>	<b>131</b>
5.1.1.	Erstellung und Durchführung der Methode BuildingOne-Kalkulation ....	131
5.1.2.	Erstellung und Durchführung der Methode BuildingOne-Attribute .....	133
5.1.3.	Erstellung und Durchführung der Methode Excel .....	134
<b>5.2.</b>	<b>Methodenvergleich.....</b>	<b>136</b>
<b>5.3.</b>	<b>Berechnungsergebnisse.....</b>	<b>143</b>

<b>6. SCHLUSSFOLGERUNG .....</b>	<b>144</b>
<b>6.1. Automatisierungspotential von Kostenermittlungen .....</b>	<b>144</b>
6.1.1. Automatisierung der Prozessschritte.....	144
6.1.2. Grenzen der Automatisierung .....	145
<b>6.2. Abschließende Betrachtung der Berechnungsmethoden.....</b>	<b>147</b>
6.2.1. Potential der Berechnungsmethoden .....	147
6.2.2. Innovatives der Methode BuildingOne-Attribute .....	148
<b>6.3. Zusammenfassung .....</b>	<b>149</b>
<b>6.4. Ausblick.....</b>	<b>150</b>
<b>QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>152</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>155</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>158</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>159</b>
<b>A1. METHODE BUILDINGONE-ATTRIBUTE .....</b>	<b>160</b>
<b>A1.1. Funktionen von BuildingOne.....</b>	<b>160</b>
A1.1.1. Oberfläche von BuildingOne .....	160
A1.1.2. Eigenschaften in BuildingOne verwalten .....	161
A1.1.3. Konfiguration mit ArchiCad .....	162
A1.1.4. Synchronisation .....	163
A1.1.5. Formeln .....	164
<b>A1.2. Berechnung.....</b>	<b>166</b>
A1.2.1. Massenauswertung.....	166
A1.2.2. Schema Berechnung mehrschichtige Bauteile .....	167
A1.2.3. Schema Berechnung Fenster .....	178
<b>A1.3. Allgemeine Eingaben .....</b>	<b>182</b>
<b>A1.4. Ergebnis .....</b>	<b>183</b>
<b>A2. METHODE BUILDINGONE-KALKULATION.....</b>	<b>184</b>
<b>A2.1. Mengenprovider.....</b>	<b>184</b>
<b>A2.2. Kalkulation .....</b>	<b>185</b>
<b>A3. METHODE EXCEL .....</b>	<b>187</b>
<b>A3.1. Auswertung in ArchiCad.....</b>	<b>187</b>
<b>A3.2. Export aus ArchiCad .....</b>	<b>188</b>
<b>A3.3. Excel-Berechnung .....</b>	<b>188</b>
<b>A4. KENNWERTE .....</b>	<b>191</b>

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Diplomarbeit die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

# 1. Einleitung

## 1.1. Motivation und Forschungsziel

Die Motivation war es, zu ermöglichen während der Planung auf Knopfdruck feststellen zu können, wie sich Planungsentscheidungen auf Errichtungs- und Folgekosten auswirken.

Der Planungsprozess ist ein iterativer Prozess, in dem eine Entscheidung meist viele andere bereits getroffene Entscheidungen beeinflusst. Durch Iteration (Regelkreis) wird der beste Kompromiss zwischen diesen Auswirkungen gefunden, der dem ästhetisch ansprechendsten, ökologisch und ökonomisch sinnvollsten Resultat entsprechen soll. Die Gewichtung zwischen diesen Zielen variiert je nach gewünschtem Ergebnis und Funktion des Gebäudes. Dieser Prozess wird meist durch die Intuition des Planers gelöst. Die BIM-Philosophie erlaubt es, all diese Beziehungen in einem virtuellen Modell herzustellen und damit die immer komplexer werdenden Zusammenhänge lösen zu können.

Die Investitionskosten bei der Gebäudeerrichtung stellen nur einen Teil der Lebenszykluskosten dar. Die Kostenfrage ist für die meisten Planungsobjekte eine relevante Größe und es ist daher von großem Vorteil, in den einzelnen Planungsphasen die Frage der Kosten abrufen zu können und diese Information somit in den weiteren Planungsprozess einfließen lassen zu können. Errichtungs- und Folgekosten beeinflussen sich gegenseitig. Eine höhere Investition in Errichtungskosten kann Folgekosten nachhaltig verringern und damit zu geringeren Lebenszykluskosten führen. In der Planungsphase ist daher abzuwiegen, in welche der beiden eher investiert werden soll. Der Trend ist, die Investition in höhere Errichtungskosten zugunsten niedrigerer Folgekosten zu bevorzugen. Beispielsweise beeinflusst die definierte Qualität eines Fensters sowohl die Errichtungskosten als auch die Folgekosten durch die Nutzungsdauer des Fensters, den Energieverbrauch des Gebäudes usw. über den Lebenszyklus des Gebäudes. Die Informationen bezüglich dieser Kosten können auf diese Weise in ihrer Relativität zueinander gewichtet werden und zur Findung des gewünschten Kompromiss genutzt werden.

Ziel der Arbeit war es, einen Workflow zu erarbeiten, der es ermöglicht, alle Informationen, die in einem Architektur-BIM-Modell (Building Information Modeling) ab der Entwurfsphase enthalten sind, für eine Errichtungs- und Folgekostenberechnung zu verwenden. Diese Berechnungen sollen auf Knopfdruck in Echtzeit erstellt werden, ohne hierfür einmalig oder

wiederholt Zuweisungen tätigen zu müssen. Die Berechnung soll alle im Zuge der Planung getroffenen Entscheidungen (z.B. Geometrien, Baustoffe, Bauteilaufbauten und Ausstattungsmerkmalen von Bauelementen) in Form von Kostenwerten abbilden können.

Bei einer BIM-orientierten Planung stehen alle Daten, welche für diese Berechnungen notwendig sind, im digitalen Modell zur Verfügung. Das BIM-Modell enthält Qualitätseinheiten (z.B. Baustoffe, Ausstattungsmerkmale von Fenstern usw.) und Mengeneinheiten. Es sollen Mengen und Qualitäten aus dem Modell identifiziert sowie mit zu diesen passenden und auf bestimmte Mengeneinheiten bezogenen Kostenkennwerten verknüpft werden. Die auf diese Weise ermittelten Kosten sollen durch Logikfunktionen (z.B. „Wenn-Dann“) den richtigen Kostengruppen bis in die 3. Gliederungsebene der ÖNORM B 1801 zugewiesen werden. Damit sollen nach individuellen Vorstellungen neue Daten aus den im BIM-Modell vorhandenen Daten abgeleitet werden.

Durch die erstellte Berechnung soll erreicht werden, dass Auswirkungen von Projektentscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen (Errichtungs- und Folgekosten) sichtbar gemacht und Planungsentscheidungen damit auch auf der Grundlage von Berechnungen und nicht nur intuitiv getroffen werden können, was vor allem bei größeren Projekten von Relevanz ist.

## 1.2. Vorgehensweise

Zunächst mussten die für die gewünschte Kostenermittlung erforderlichen Prozessschritte und deren Reihenfolge definiert werden. Hierzu wurden fünf Prozessschritte identifiziert. Die fünf Prozessschritte sind:

- die im digitalen Modell vorhandenen Daten (hinsichtlich ihrer Relevanz für Errichtungs- und Folgekosten) entsprechend ihrer Qualität zu Mengeneinheiten formen,
- den Qualitätseinheiten zur Verfügung stehende Kostenkennwerte zuweisen,
- aus Qualitätseinheiten und deren Menge die Kosten der einzelnen Elemente ermitteln,
- diese nach Norm-Gliederung gruppieren und
- entsprechend dieser Gliederung summieren.

Für diese Schritte wurde überprüft, inwieweit sie automatisiert werden können (siehe Abbildung 1).

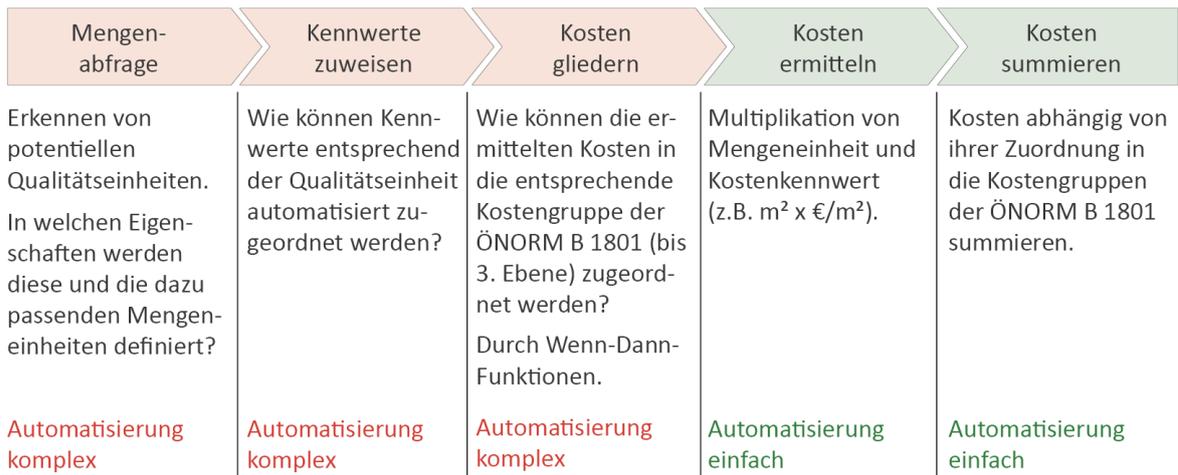


Abbildung 1 Notwendige Prozessschritte für Errichtungs- und Folgekostenermittlung

Abbildung 2 zeigt das Grundprinzip der Berechnung. Die Berechnung ermittelt die gewünschten Ergebnisse aus den Eingabewerten Mengen- und Qualitätseinheiten (aus dem Architektur-BIM-Modell z.B. Graphisoft ArchiCad) und den dazu passenden Kennwerten.

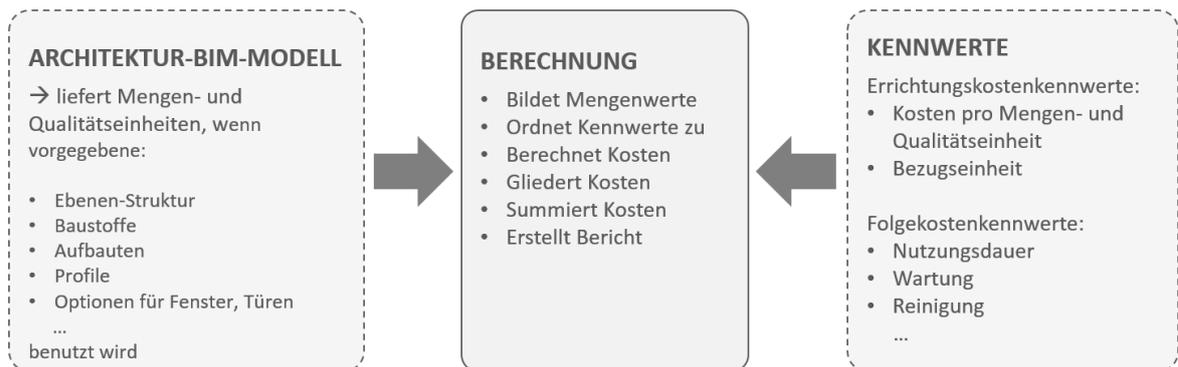


Abbildung 2 Grundprinzip der Berechnung

Zu Beginn der Arbeit stand die Analyse der ÖNORM B 1801 (regelt in Österreich die Kostengliederung von Errichtungs- und Folgekosten von Bauprojekten) und der grundsätzlichen Durchführung von Errichtungs- und Folgekostenermittlungen. Parallel wurde evaluiert, welche Daten hierfür im BIM-Modell zur Verfügung stehen. In Kombination mit einer Recherche von verfügbaren Kennwerten wurde die Identifizierung von möglichen Mengeneinheiten aus dem BIM-Modell untersucht.

Danach stellte sich die Frage, mit welcher Software die Berechnung durchgeführt werden kann. Genauere Erläuterung dazu im Kapitel 2.4.

Nach einer Analyse von unterschiedlichen Software-Lösungen wurde entschieden, mit BuildingOne (genauere Beschreibung siehe Kapitel 2.4.2) zu arbeiten, da diese Software mit der Funktion „Kalkulation“ (mit Mengenprovider) die Möglichkeit einer automatisierten Errichtungskostenberechnung, direkt mit dem BIM-Modell verbunden, bietet. Diese Funktion bietet mit der Mengenprovider- und Kalkulationsfunktion ein Tool, welches die Kostenberechnung nach definierten Mengeneinheiten und Gliederung ermöglicht. Dabei können allerdings keine folgekostenrelevanten Kennwerte (nur ein Kostenkennwert für die Ermittlung der Errichtungskosten) zu Mengen- und Qualitätseinheiten zugewiesen werden und damit ist eine Folgekostenbetrachtung mit dieser Methode nicht möglich. Diese Berechnungsmethode wird in der Folge „BuildingOne-Kalkulation“ genannt.

Während der Analyse der Kalkulations-Funktion wurde erkannt, dass es in BuildingOne auch möglich ist, neue Eigenschaften anzulegen und diese bestimmten Modellelementkategorien zuzuordnen. Diese Eigenschaften können auch als Formel formuliert werden. Mit diesen „Formel-Eigenschaften“ ist es möglich, zwischen mehreren Eigenschaften Verknüpfungen sowohl durch gewöhnliche mathematische Operationen als auch über Logikfunktionen (z.B. „Wenn-Dann“) herzustellen. Es können also beliebige Beziehungen zwischen Eigenschaften hergestellt und damit in der Datenbank gerechnet werden. Diese Berechnungsmethode wird in der Folge „BuildingOne-Attribute“ genannt (Attribute = Eigenschaften – Definition siehe Kapitel 2.2.2).

Weiters wurde untersucht, ob eine ArchiCad-Mengenauswertung in Kombination mit einem Excel-Tool ebenfalls geeignet ist, die gewünschten Berechnungen durchzuführen. Diese Methode wird in der Folge „Excel“ genannt

Somit wurden die zwei Berechnungsmethoden „BuildingOne-Attribute“ und „Excel“ für diese Kostenermittlung entwickelt, anhand eines Testgebäudes angewandt und mit einer etablierten Berechnungsmethode, dem Modul „Kalkulation“ der Software BuildingOne verglichen (siehe Abbildung 3). Dabei rechnet die Methode BuildingOne-Attribute im BIM und die Excel-Methode außerhalb vom BIM.

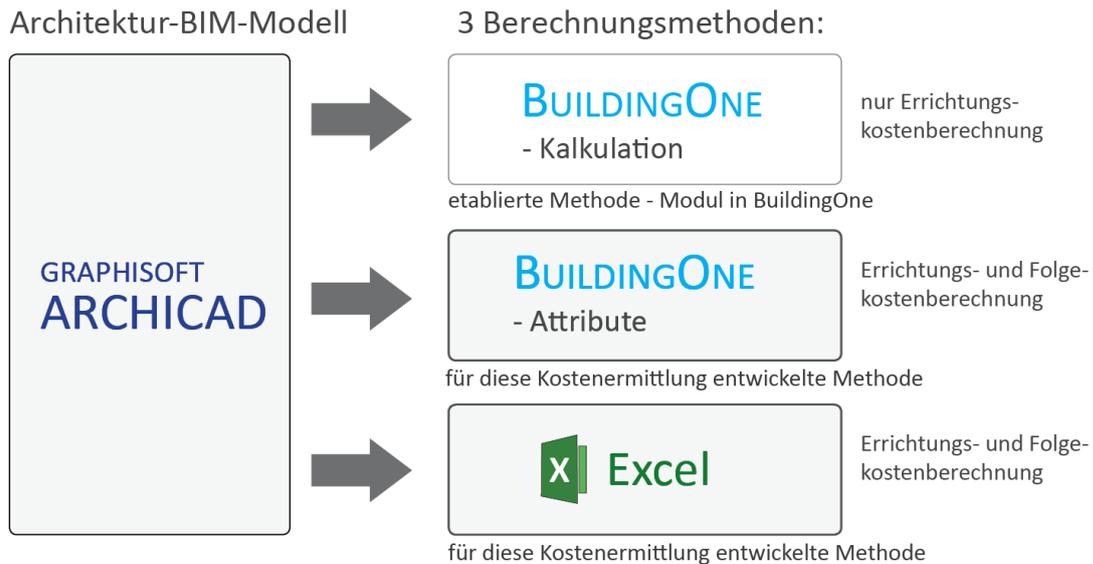


Abbildung 3 Berechnungsmethoden

Damit die Berechnungen umgesetzt werden können, muss eine Projektumgebung (z.B. Auswahl an Baustoffen, Ebenen-Set usw.) im BIM-Geometrie-Modell geschaffen werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Basis-Umgebung zur Evaluierung der grundsätzlichen Durchführbarkeit definiert. Diese wird in Kapitel 4.4 beschrieben und kann je nach Anwender und Projekt individuell angepasst und beliebig erweitert werden.

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht der Schritte, die durchgeführt wurden, um die Berechnung zu entwickeln, und in welchen Kapiteln diese in der Arbeit genauer beschrieben werden.

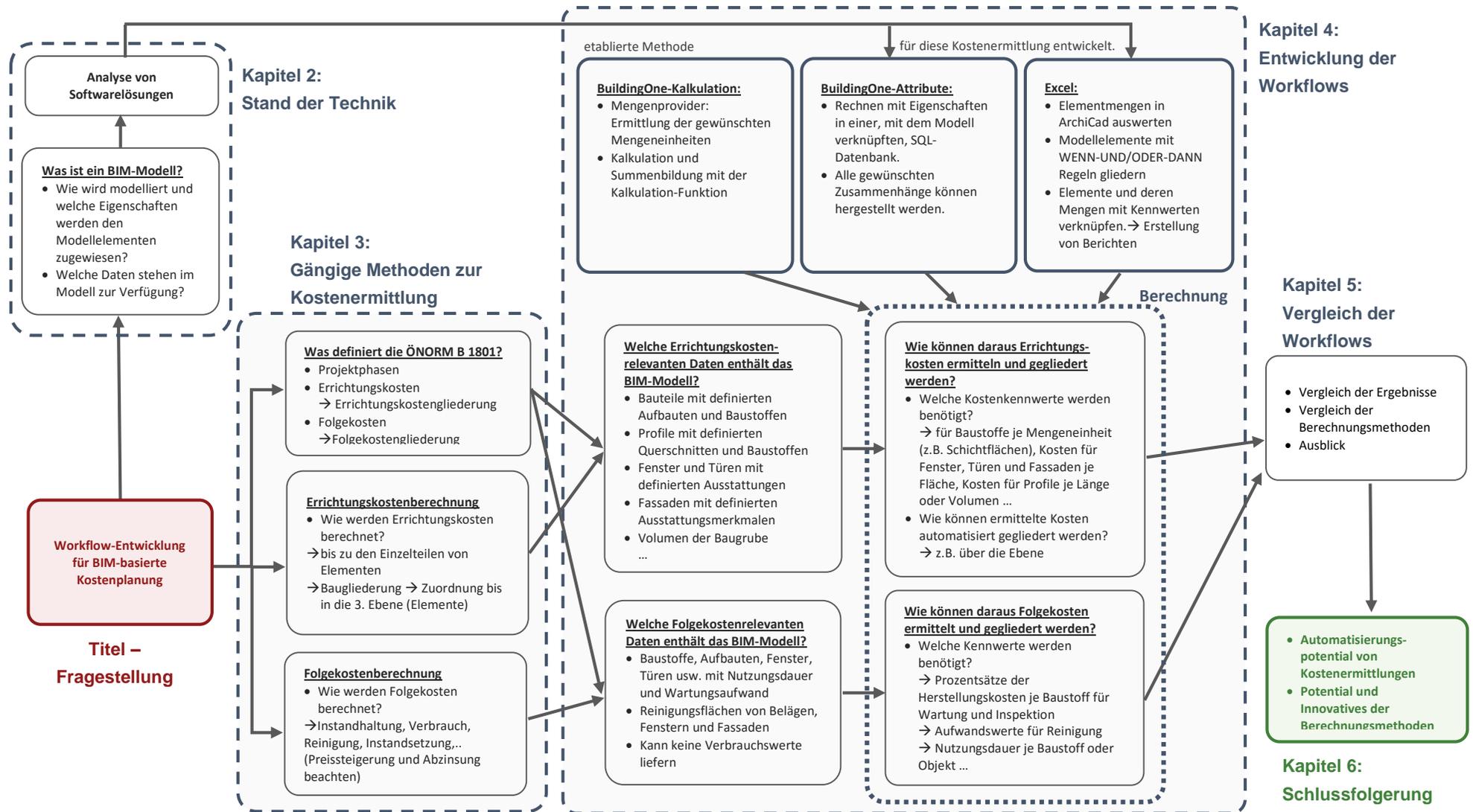


Abbildung 4 Struktur der Arbeit

## 2. Stand der Technik

Im Kapitel Stand der Technik wird der traditionelle Prozess der Kostenermittlung, das Prinzip von BIM, als Grundlage von automatisierten Kostenermittlungen, der Stand der Technik BIM-basierter Kostenermittlungen und die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Software Lösungen beschrieben.

### 2.1. Traditionelle Kostenermittlung

Der allgemeine Prozess der Kostenermittlung ist in Abbildung 5 dargestellt.

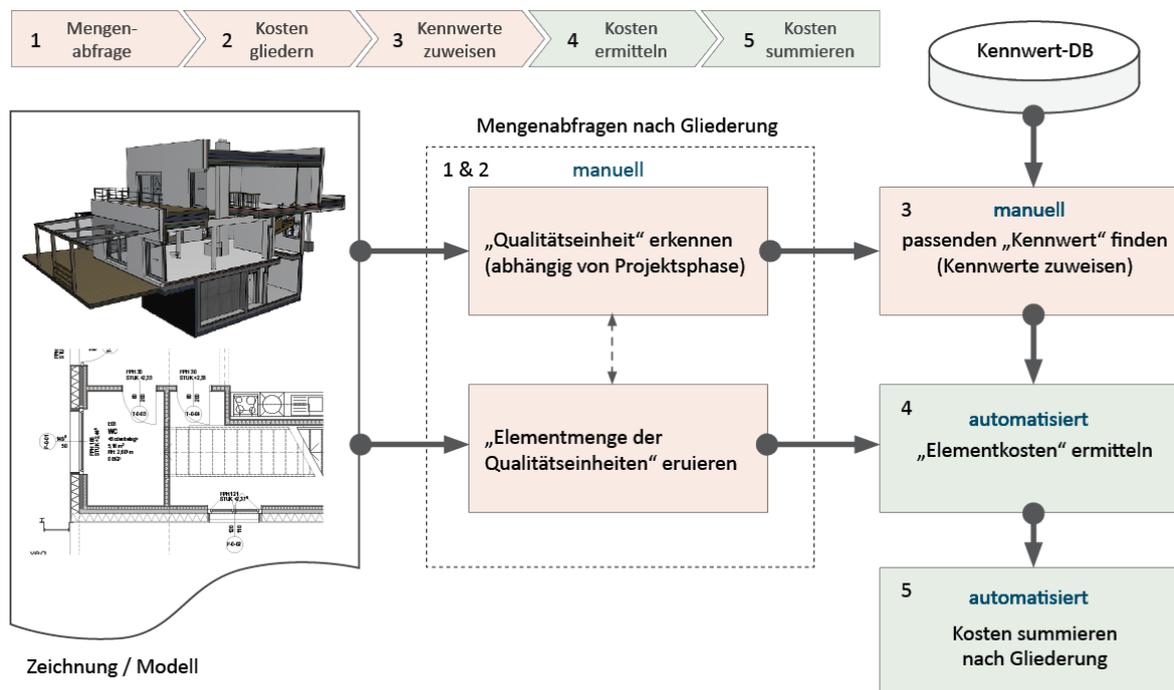


Abbildung 5 Grundsätzliches Schema einer Kostenermittlung <sup>1</sup>

1 & 2: Wenn Planer Kosten für Projekte ermitteln, verwenden sie die bis zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Pläne, Ausbildungsbeschreibungen usw. Die Person oder Gruppe, die diese Aufgabe ausführt, identifiziert Qualitätseinheiten und deren Menge aus dem Entwurf (digitales oder analoges Planungsmodell). Meist wird diese Identifizierung bereits anhand einer Kostengliederung durchgeführt. Dieser Vorgang wird teilweise nach wie vor manuell unter Zuhilfenahme der Erfahrung der handelnden Personen durchgeführt. Dies führt allerdings dazu, dass die Ermittlung des Kostenstands des Projekts während der Planung einen erheblichen Aufwand darstellt.

<sup>1</sup> Vgl. Lee, Seul-Ki; Kim, Ka-Ram; Yu, Jung-Ho: BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, South Korea, 2013. Automation in Construction 41 (2014). S.97

- 3: Um Kosten für diese Qualitätseinheiten ermitteln zu können, müssen für diese Kostenkennwerte zur Verfügung stehen. Die Zuweisung der den Qualitätseinheiten entsprechenden Kostenkennwerten (Kosten für eine bestimmte Qualität und eine bestimmte Mengeneinheit) wird ebenfalls nach wie vor manuell durchgeführt.
- 4: Aus den Mengeneinheiten und den diesen zugewiesenen Kostenkennwerten werden die Kosten der einzelnen Qualitätseinheiten ermittelt.
- 5: Aus diesen Kosten und anhand der Gliederung werden die Gesamtkosten des Projekts ermittelt.

Für die Arbeitsschritte 4 und 5 ist die Nutzung von Tabellenkalkulationsprogrammen oder AVA-Lösungen seit längerem etabliert.

## 2.2. Building Information Modeling (BIM)

Der Begriff „BIM“ (Building Information Modeling oder Gebäudedatenmodellierung) wurde vom Softwarehersteller Autodesk geprägt und ist eine Methode zur Planung und Bewirtschaftung von Bauwerken durch Erstellung eines 3D-Modells mit Datenbankfunktionen. In diesem digitalen Modell werden sowohl dreidimensionale AEC-Bauwerksdaten (Architecture, Engineering and Construction) als auch CAD-fremde Daten zur Bauausführung (Massenermittlung, Kalkulation, Vergabe, Abrechnung) und Bauwerksdokumente für die Gebäudebewirtschaftung (Facility Management) vernetzt und in einer Datenbank-Software verwaltet.<sup>2</sup>

*„Ein reales Bauwerk steckt voller komplexer Informationen und Zusammenhänge, die wir für unterschiedliche Aufgaben im Rechner abbilden wollen. Vor diesem Hintergrund bildet ein digitales Bauwerkmodell eine rechnerinterne Abstraktion dieses realen Bauwerks und stellt damit eine vereinfachte, reduzierte Sicht auf einen relevanten Ausschnitt der Gesamtinformationsmenge dar. Eine komplexe Planungs-, Ausführungs- oder Bewirtschaftungsaufgabe ist nur dann lösbar, wenn man sich nacheinander auf ausgewählte Aspekte konzentrieren kann. Digitale Bauwerksmodelle ermöglichen daher einen Überblick über ein sonst unüberschaubares, komplexes System. Mithilfe von digitalen Bauwerksmodellen können wir Informationen und Erfahrungen im Rechner sammeln, strukturieren, analysieren, Schlüsse ziehen, Vergleiche anstellen, Alternativen bewerten,*

---

<sup>2</sup> Vgl. Priebering, Heinz: Das Architektur-Detail. Planungsmodi, Qualitätssicherung und Vergabeverfahren in der Architektur – Wien. Technische Universität Wien. Fakultät für Architektur und Raumplanung. Dissertation. 2010. S.165

*Entscheidungen treffen, Strategien entwickeln, welche für die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung des realen Bauwerks von Nutzen sind.“<sup>3</sup>*

Da alle, zur Definition des Gebäudes beteiligten, Disziplinen gleichzeitig an einem konsistenten Datenmodell (mit 2D-, 3D-, und Listen-Ansichten) arbeiten, wird eine interdisziplinäre Arbeitsweise gefördert. Damit wird ein iterativ-integraler Planungsprozess, durch den Projekte als System schrittweise immer weiter optimiert werden und mögliche Planungskonflikte sofort erkannt werden, unterstützt.

Die meisten führenden Architektur-, Ingenieur- und Baufirmen der Welt haben ihre zeichnungs-basierten CAD-Technologien bereits hinter sich gelassen und setzen BIM für fast alle ihre Projekte ein. BIM-Lösungen sind jetzt die Schlüsseltechnologie, die von allen etablierten AEC-Softwareanbietern angeboten wird, die früher CAD-Lösungen zur Verfügung stellten.<sup>4</sup>

Abbildung 6 zeigt die Paradigmenwechsel der Planungswerkzeuge der letzten Jahrzehnte von der Handzeichnung über das 2D- und 3D-CAD bis zum BIM.

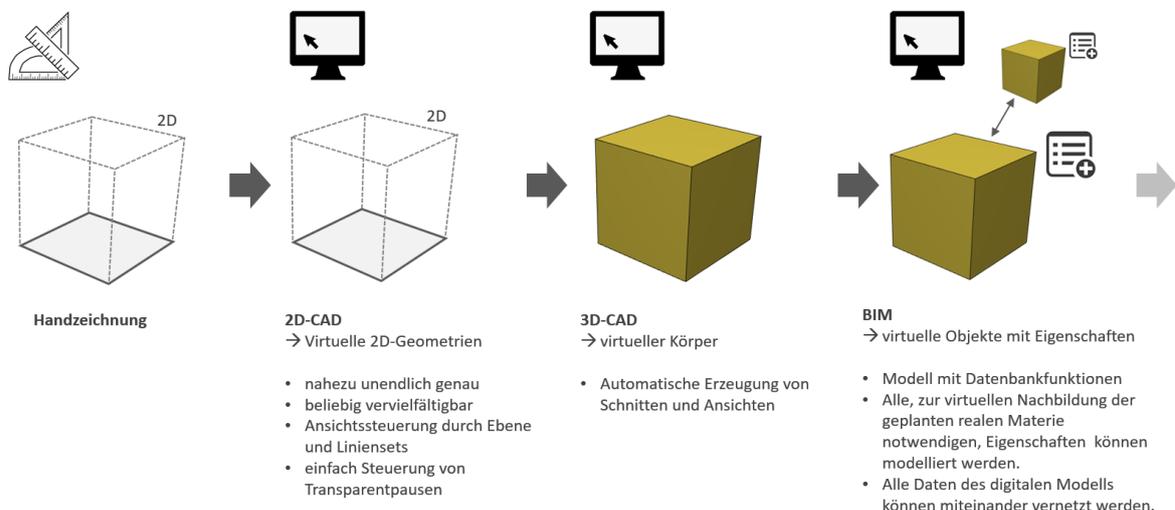


Abbildung 6 Evolution der Planungswerkzeuge

<sup>3</sup> Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob: Building Information Modeling, Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015. S.44

<sup>4</sup> Vgl. Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston; Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2008. S.vii

Alle CAD-Systeme erzeugen digitale Dateien (ältere Systeme nur geplottete Zeichnungen<sup>5</sup>). Eine konventionelle Planung (analog oder digital) bietet ebenfalls ein Datenmodell. Allerdings ist dieses nicht konsistent, da die Informationen teilweise mehrmals eingegeben werden (z.B. geometrisch und verbal – textlich) da die Informationsträger (z.B. Texte, Linien, Schraffuren usw.) nicht miteinander verknüpft sind.

In BIM wird ein Gebäude nicht mehr mit 2D-Elementen, wie Linien und Schraffuren, oder mit anonymen 3D-Körpern gezeichnet, sondern mit intelligenten Modellelementen (Objekte), welche detaillierte Informationen über sich selbst enthalten und ihre Beziehung zu anderen Modellelementen verstehen, aufgebaut. Diese digitalen Objekte tragen alle wesentlichen Eigenschaften des realen Bauteils, den sie repräsentieren.

Damit ist BIM die digitale Repräsentation sowohl von geometrischen als auch nicht-geometrischen Daten eines Gebäudes.<sup>6</sup>

### **2.2.1. Das BIM-Modell**

Wie Abbildung 7 zeigt, wird das BIM-Modell von unterschiedlichen an der Planung beteiligten Disziplinen erstellt und besteht daher aus mehreren Teilmodellen, welche zu einem Gesamtmodell zusammengesetzt werden. Diese Teilmodelle werden in sogenannten „BIM authoring tools“<sup>7</sup> (BIM-Authoring-Software) der jeweiligen Disziplinen erstellt und ergeben zusammen das eigentliche BIM-Modell als zentrale Datenbank. Diese Teilmodelle sind Datenbanken mit von der jeweiligen BIM-Authoring-Software vorgegebener Datenbankstruktur, in welche im Zuge der Planung Daten eingegeben werden. Das BIM Modell setzt sich also aus einem oder mehreren BIM-Geometrie-Modellen und einer zentralen Datenbank zur Datenhaltung und zum Dokumentenmanagement zusammen.

---

<sup>5</sup> Vgl. Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston; Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2008. S.15

<sup>6</sup> Vgl. Cheung, Franco K.T.; Rihan, Jonathan; Tah, Joseph u.a.: Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. Department of Real Estate and Construction, Oxford Brookes University, United Kingdom, 2012. Automation in Construction 27 (2012). S.67

<sup>7</sup> Vgl. Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston; Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2008. S.18

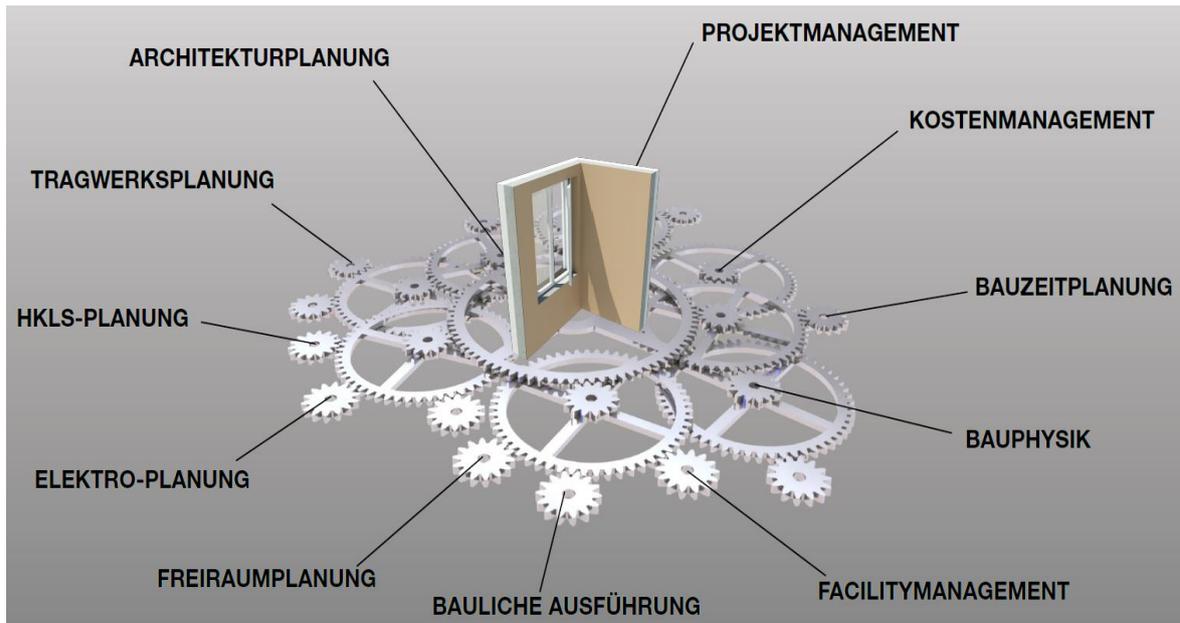


Abbildung 7 Das BIM-Modell<sup>8</sup>

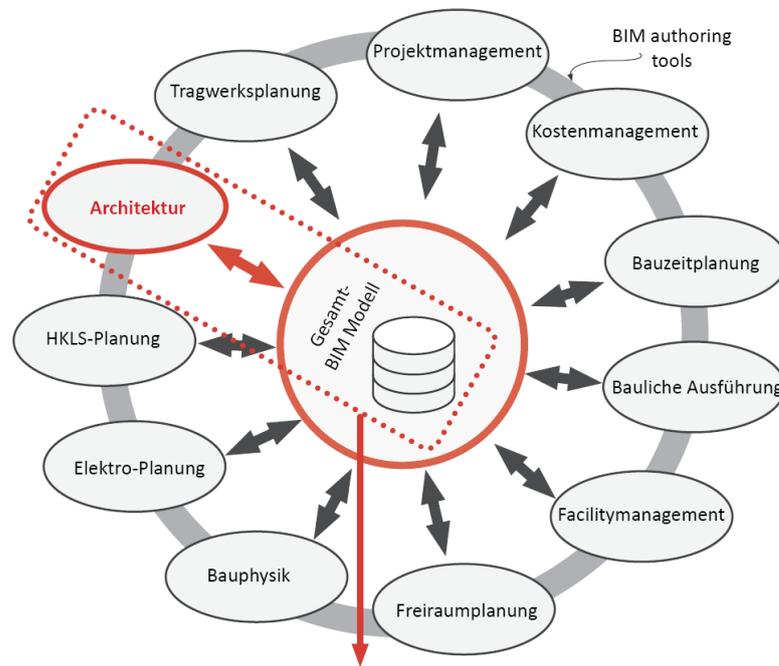
Die Zahnräder symbolisieren das Zusammenspiel der einzelnen Teilmodelle. Jedes Teilmodell beeinflusst alle anderen Teilmodelle. Das gesamte Datenmodell im BIM ist also widerspruchsfrei und damit konsistent. Hingegen wird bei der traditionellen Planungsmethode in unabhängigen Teilmodellen geplant und die Planungsergebnisse teilweise nur über 2D-Schnittstellen synchronisiert. Damit ist die Erstellung eines konsistenten Gesamtmodells sehr aufwändig. Der hohe Informationsgehalt heutiger Planungen birgt durch die manuelle Synchronisation die Gefahr von widersprüchlichen Teilmodellen.

Abbildung 8 zeigt das zentrale BIM-Modell als Datenbank, welche von den unterschiedlichen Teilmodellen gespeist wird und das, im Rahmen dieser Arbeit betrachtete, Zusammenspiel von BIM-Geometrie-Modell (Architektur-BIM-Modell) mit der zentralen Datenbank. In der BIM-Authoring-Software der Disziplin Architektur (z.B. Graphisoft ArchiCad oder Autodesk Revit) wird das Gebäude mit vorgegebenen Werkzeugen (werden in Kapitel 4.4 beschrieben) zur Erstellung von Modellelementen modelliert. Jedes Modellelement (Objekt) ist aufgrund seiner GUID (Globally Unique Identifier)<sup>9</sup> eindeutig identifizierbar. Dabei werden Parameter und Eigenschaften der Modellelemente definiert und die Information räumlich verortet. In der bidirektional mit dem

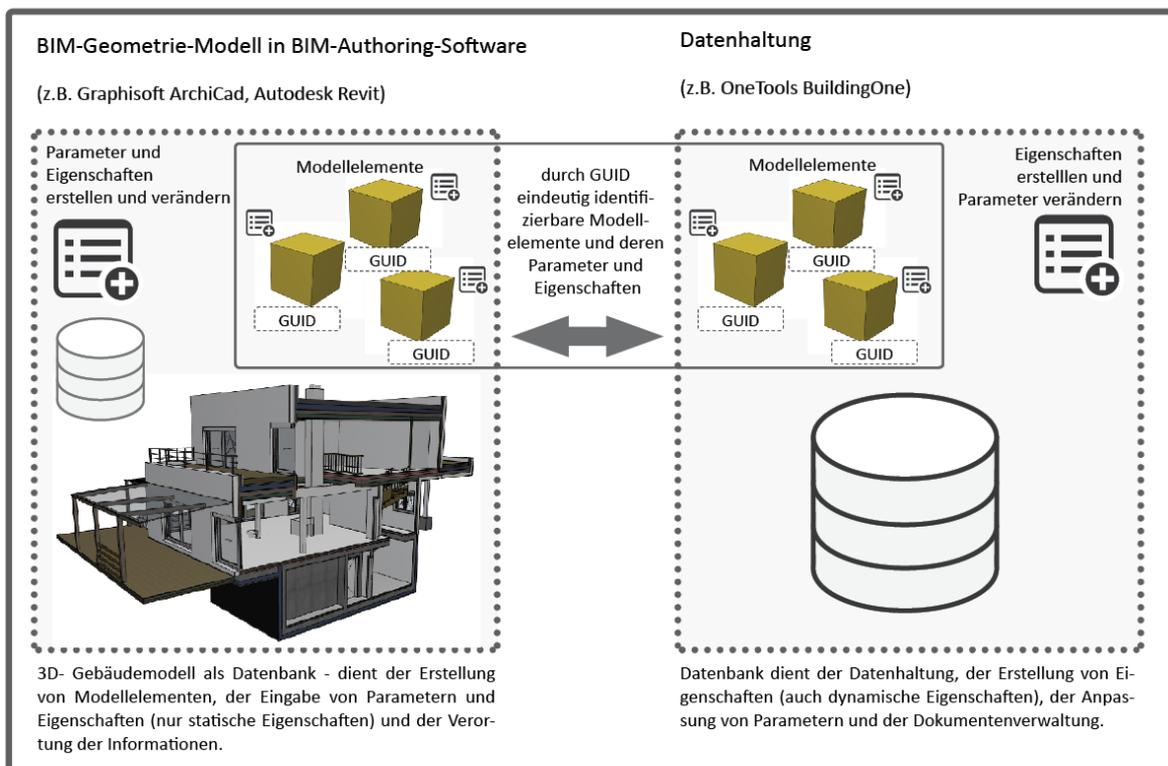
<sup>8</sup> Oberwinter, Lars. Vortrag: BIMBasics in Großes Entwerfen „BIM\_Factory“, TU Wien, 2015

<sup>9</sup> GUID = Globally Unique Identifier: „automatisch generierter, weltweit eindeutiger Code als offener Standard im Bauwesen zur digitalen Beschreibung von Gebäudemodellen ...“ [Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM A 6241-2:2015. Digitale Bauwerksdokumentation, Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM. 01.07.2015. S.3]

BIM-Geometrie-Modell verbundenen Datenbank können Parameter geändert und neue Eigenschaften angelegt werden (auch dynamische Eigenschaften deren Werte von anderen Eigenschaften abhängig sind – genauere Beschreibung im Kapitel 2.4.2).



BIM Modell



GUID ... Globally Unique Identifier

Abbildung 8 Das Architektur-BIM-Modell

Die BIM-Authoring-Software ermöglicht die Eingabe von Daten in die Datenbank und daraus unterschiedliche Modelle zu abstrahieren (ähnlich einer Abfrage in einer Datenbank). Eine Abstraktion (oder Filterung) der Gebäudedatenbank ist z.B. ein Schnitt,

eine Ansicht, ein Grundriss, eine Mengenermittlung, ein statisches Modell oder ein bauphysikalisches Oberflächenmodell. Dabei bleibt jede Abstraktion mit dem Gesamtmodell verknüpft. Wird etwas in der Datenbank geändert, z.B. die Dicke einer Stütze, so wird diese Änderung in jeder Abstraktion sofort umgesetzt – diese sind daher, im Gegensatz zu 2D-Planungen, in der Regel widerspruchsfrei.

Laut ÖNORM A 6241-2:2015 sind im Moment international sechsdimensionale BIM-Modelle beschrieben: <sup>10</sup>

- 3D-BIM: realitätsnahes, digitales Abbild des Gebäudes
- 4D-BIM: Zeit als vierte Dimension
- 5D-BIM: Kosten als fünfte Dimension
- 6D-BIM: Nachhaltigkeit eines Gebäudes über seinen Lebenszyklus als sechste Dimension

### 2.2.2. Parameter und Attribute

Der große Benefit dieser Methode der Modellbildung liegt in den Informationen, die über die visuelle Darstellung hinausgehen. Damit sich das BIM-Modell in jeder planungsrelevanten Hinsicht so verhält wie das spätere reale Gebäude, werden über die visuelle digitale Darstellung (Parameter) hinausgehende Informationen (Eigenschaften) benötigt.

Ein virtuelles Gebäudemodell wird nicht mehr nur geometrisch, als Ansammlung von Körpern, erstellt, sondern den virtuellen Körpern werden über die Geometrie hinausgehende Informationen, in Form von Eigenschaften, zugewiesen. Dadurch wird es möglich, in einem digitalen Modell alle Bauwerksdaten zu vernetzen und die Grundlage geschaffen, um Informationen miteinander kommunizieren zu lassen.

Es wird zwischen Parametern, Eigenschaften und Gliederungsinformationen unterschieden. <sup>11</sup> siehe Abbildung 9

- **Parameter:**

Steuern die visuelle geometrische Darstellung von Objekten im BIM-Geometrie-Modell.

---

<sup>10</sup> Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM A 6241-2:2015. Digitale Bauwerksdokumentation, Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM. 01.07.2015. S.5

<sup>11</sup> Vgl. Oberwinter, Lars. Vortrag: BIMBasics in Großes Entwerfen „BIM\_Factory“, TU Wien, 2015

z.B. Typ, Abmessungen

- **Attribute (Eigenschaften):**

Haben keine Auswirkung auf die virtuelle geometrische Gestalt von Objekten. Sie bieten die Möglichkeit, Objekten weitere für die Planung und Ausführung relevante Informationen zuzuweisen. Die virtuellen Objekte werden damit zum Datenträger. Eigenschaften sind nur in Listenansichten sichtbar.

z.B. Baustoffe, Kosten, Ausstattungsmerkmale, Brandschutzklasse, Bauphase, Name, GUID

- **Gliederungsinformationen:**

Definieren die Lage der Objekte im BIM-Modell.

z.B. Beziehung zu Bauteil, Lage (Geschoss, Raum)

Jede Modellelementkategorie (z.B. Wände, Decken, Dächer, Stützen, Unterzüge, Fenster, Türen usw.) hat bestimmte Parameter und Attribute. Zum Beispiel hat jede Wand (durch GUID eindeutig identifizierbar) dieselben Parameter (z.B. Höhe, Dicke, Länge) und Attribute (z.B. Brandwiderstand) aber aufgrund ihrer Einmaligkeit üblicherweise unterschiedliche Parameter- und Attributwerte. Parameter und Attribute werden durch ihren Namen, ihren Datentyp und dessen Wertebereich definiert. <sup>12</sup>

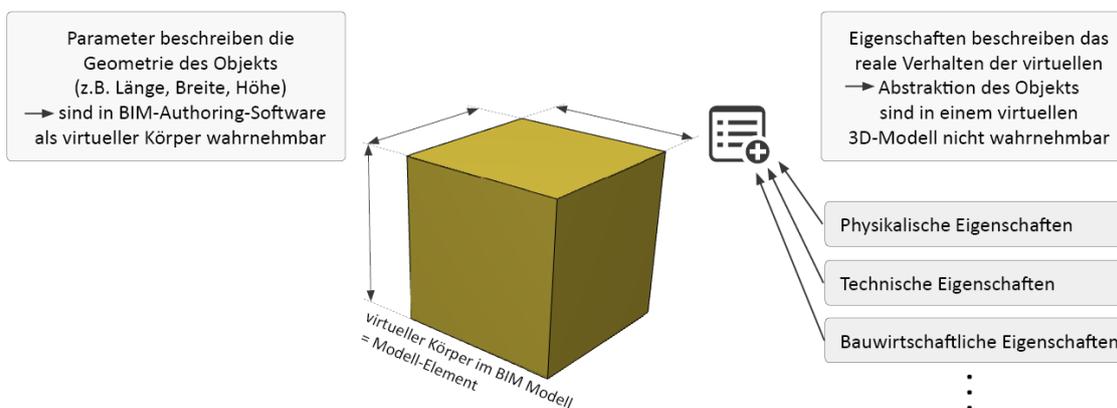


Abbildung 9 Objekteigenschaften

Damit sich ein Bauteil in virtueller Umgebung so verhält wie sein zukünftiges reales Abbild, braucht es geometrische Eigenschaften (Parameter) welche die Form beschreiben, visuelle Eigenschaften (wie eine Oberfläche), technische Eigenschaften (z.B. Brandwiderstand, Tragfähigkeit, technische Spezifikationen), physikalische Eigenschaften (z.B. Massen,

<sup>12</sup> Vgl. Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob: Building Information Modeling, Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015. S.48

Schalldämmung, Wärmeleitfähigkeit, Luftdurchlässigkeit), bauwirtschaftliche Eigenschaften (z.B. Kosten, Lieferzeit, Hersteller) und planungsbezogene Eigenschaften.

### 2.2.3. Level of Development (LoD)

Der Detaillierungsgrad (engl. Level of Detail, LOD) beschreibt die Detaillierung der grafischen Darstellung. Der Fertigstellungsgrad (engl. Level of Development, LoD) beschreibt den Grad der Definition (Ausarbeitung) eines digitalen Gebäudemodells und sagt aus, wie weit ein Gebäudemodell im BIM-Modell in seine Einzelteile zerlegt dargestellt wird.<sup>13</sup>

Der Fertigstellungsgrad stellt den geforderten Grad der Detailierung dar und ist sowohl von der Leistungsphase als auch von der Fachdisziplin abhängig.

Es gibt unterschiedliche Festlegungen des geforderten LoD abhängig von der Projektphase. Die österreichische ÖNORM A 6241-2:2015 definiert die Detaillierungsgrade je Projektphase nur relativ vage. Daher wird an dieser Stelle die Festlegung des „BIM Leitfaden für Deutschland“ dargestellt:

LoD 100 konzeptuell (Vorentwurfsplanung):

dient der Darstellung der Entwurfsidee. Enthält wesentliche raumbildende Modellelemente.

LoD 200 ungefähre Geometrie (Entwurfsplanung)

Modellelemente erhalten erste Eigenschaften (grobe Definition der wichtigsten Aufbauten und Baustoffe, tragende Bauteile, Brandschutzkonzepte, usw.)

LoD 300 genaue Geometrie (Genehmigungsplanung)

Modellelemente enthalten nun sämtliche alphanumerischen Informationen (Aufbauten und Baustoffe, Brandschutzqualifikationen, usw.)

LoD 400 Ausführung (Ausführungsplanung)

Modellelemente und Anschlüsse zwischen diesen werden ausformuliert. Alle ausführungsrelevanten Spezifikationen sind definiert.

---

<sup>13</sup> Vgl. Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob: Building Information Modeling, Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015. S.55

## LoD 500 Bestandsdokumentation (Objektdokumentation)

Modellelemente enthalten erste Informationen über ihre bauliche Ausführung.<sup>14</sup>

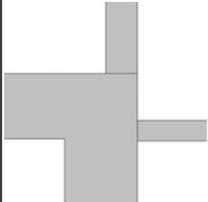
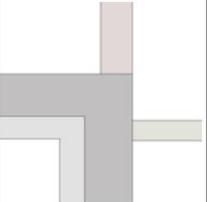
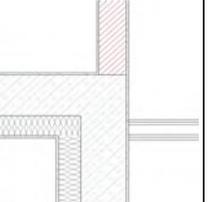
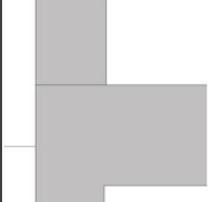
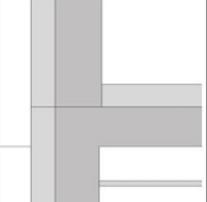
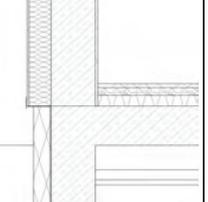
Ansicht	BI-EG 1 (≈ LOD 100)	BI-EG 2 (≈ LOD 200)	BI-EG 3 (≈ LOD 300)	BI-EG 4 (≈ LOD 400)	BI-EG 5 (≈ LOD 500)
Grundriss	keine Darstellung				
Schnitt	keine Darstellung				

Abbildung 10 Beispiel LoD Wände/Decken<sup>15</sup>

#### 2.2.4. Industry Foundation Classes (IFC)

Um dem Problem der mangelnden Interoperabilität in der Zusammenarbeit von unterschiedlichen Fachplanern und deren unterschiedlichen Software-Lösungen zu begegnen, gründete sich Anfang der 1990er Jahre die Internationale Allianz für Interoperabilität (IAI – heute buildingSmart) mit dem Ziel der Schaffung eines Standards zur Beschreibung von Bauwerksmodellen und eines herstellerunabhängigen Datenformats für die Bauindustrie (engl. AEC – Architecture, Engineering and Construction) und das Facility Management (FM). Dieser Standard wurde Industry Foundation Classes (IFC) genannt und wird von buildingSMART International (bSI) definiert und weiterentwickelt.<sup>16</sup>

IFC ist ein nach ISO 16739 standardisiertes 3D-Geometrie und Eigenschaftenaustauschformat (zur semantischen und geometrischen Beschreibung von digitalen 3D-Körpern) für den softwareunabhängigen Informationsaustausch in BIM-Projekten.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> Vgl. Egger, Martin; Hausknecht, Kerstin; Liebich, Thomas, Przybylo, Jakob: BIM-Leitfaden für Deutschland. ARGE BIM-Leitfaden AEC3 & OPB. 2013. S.59ff

<sup>15</sup> „LoD“- Der Fertigstellungsgrad. In: URL: <https://www.buildinformed.com/fertigstellungsgrad-lod/> (15.12.2017)

<sup>16</sup> Vgl. Günthner, Willibald A.; Borrmann, André: Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen, Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag 2011. S.36f

<sup>17</sup> Vgl. Ziele und Arbeitsweise von buildingSMART.

In: URL: <https://www.buildingsmart.de/buildingsmart-ev/verein> (07.10.2017)

IFC bietet ein standardisiertes Set von Eigenschaften und Element-Klassifizierungen. In der BIM-Authoring-Software ist es möglich zu definieren, welche Parameter oder Eigenschaften in welche IFC-Eigenschaften übertragen werden. IFC-Eigenschaften haben keine visuelle Auswirkung auf Elemente im Geometriemodell, können jedoch in Listenansichten angezeigt werden.

Die erste IFC-Version (IFC 1.0) erschien im Jahr 1997, die aktuellste Version (IFC4) 2013.<sup>18</sup>

### 2.3. BIM-basierte Kostenermittlung

Wie in Kapitel 3.2.2 erläutert wird, wird im Rahmen der Gebäudeplanung und -errichtung zwischen der elementorientierten und der leistungsorientierten Kostenermittlung unterschieden. Bis zur Entwurfsphase kommen üblicherweise elementorientierte Verfahren zum Einsatz. Dies entspricht der Tatsache, dass der Architekt im Entwurf mit Bauelementen arbeitet. BIM-Anwendungen sind ebenfalls nach Bauelementen strukturiert. Bis zum Ende der Entwurfsphase entspricht die Arbeitsweise des Architekten, also sowohl der Objektgliederung des BIM-Modells als auch der elementorientierten Kostenermittlung und -gliederung der Norm. Ab der Ausführungsplanung, spätestens jedoch mit der Vorbereitung der Beschaffung der Bauleistung, wird das leistungsorientierte Kostenermittlungs- und gliederungsverfahren nach Leistungspositionen und Leistungsbereichen (Gewerken) angewendet.<sup>19</sup>

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sind grundsätzlich 5 Prozessschritte für eine automatisierte Kostenermittlung zu bewerkstelligen:

- Mengenermittlung von Qualitätseinheiten
- Zuordnung von Kennwerten zu den jeweiligen Qualitätseinheiten
- Kostenermittlung
- Normgerechte Kostengliederung
- Summierung der Kosten je nach Zuordnung in übergeordnete Gliederungsebenen

Der Stand der Technik bezüglich der Automatisierung dieser Prozessschritte durch die Kombination mit einem BIM-Modell wird in den folgenden Kapiteln evaluiert. Wobei die

---

<sup>18</sup> Vgl. Egger, Martin; Hausknecht, Kerstin; Liebich, Thomas, Przybylo, Jakob: BIM-Leitfaden für Deutschland. ARGE BIM-Leitfaden AEC3 & OPB. 2013. S.74

<sup>19</sup> Vgl. Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008. S.22

Automatisierung der Prozessschritte „Kosten ermitteln“ und „Kosten summieren“ bereits als Stand der Technik angesehen wird und daher im Folgenden nicht betrachtet werden.

### 2.3.1. Automatisierte Mengenermittlung

Grundsätzlich bieten BIM-Anwendungen die Möglichkeiten von Mengenabfragen (Volumina, Flächen, Längen, Stückzahlen,...). In der automatisierten Mengenabfrage liegt einer der großen Vorteile bei der Nutzung von BIM-basierten Kostenermittlungs-Tools.<sup>20</sup>

Die Mengenauswertung kann entweder über Synchronisations-Schnittstellen in andere Software-Lösungen übertragen, über Austauschformate wie z.B. IFC in andere Software-Lösungen importiert oder als Tabelle in ein Tabellenkalkulations-Format wie z.B. XLS exportiert und damit verwertet werden.

Grundlage für das Vertrauen in eine BIM-basierte Mengenabfrage ist ein gepflegtes BIM-Modell und die Gewissheit, dass keine doppelten Volumina vorhanden sind. Daher ist in Kombination mit einer BIM-basierten Kostenermittlung unbedingt eine Qualitätssicherungssoftware wie z.B. der Solibri Model Checker (siehe Kapitel 2.4.4) einzusetzen.

### 2.3.2. Automatisierte Zuordnung von Kostenkennwerten

Es wurden fünf Möglichkeiten, Kostenkennwerte den entsprechenden Qualitätsmerkmalen (kostenbeeinflussenden Merkmalen) der Modellelemente im BIM-Modell zuzuordnen, erkannt. Die Reihenfolge der Möglichkeiten ist entsprechend ihres zunehmenden Automatisierungsgrades gewählt.

**Möglichkeit 1:** Kostenkennwerte werden nach einer BIM-basierten Mengenauswertung in einem Tabellenkalkulationsformat (z.B. in Microsoft Excel) manuell je Qualitätseinheit zugeordnet. Dies entspricht allerdings nicht dem Anspruch einer adäquaten Nutzung eines BIM-Modells.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Vgl. Lee, Seul-Ki; Kim, Ka-Ram; Yu, Jung-Ho: BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, South Korea, 2013. Automation in Construction 41 (2014). S.97

<sup>21</sup> Vgl. Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008. S.25

**Möglichkeit 2:** Kostenkennwerte werden in der BIM-Authoring-Software den jeweiligen Modellelementen manuell zugeordnet.<sup>22</sup> In der BIM-Authoring-Software ArchiCad ist es nicht möglich, allen qualitätsdefinierenden Elementen (z.B. Baustoffe, Aufbauten, Profile, usw. - genauere Beschreibung im Kapitel 4) spezifische Kostenkennwerte zuzuweisen. Vor allem bei mehrschichtigen Modellelementen wie Wände, Decken und Dächer ist es nicht möglich, einzelnen Bauteilschichten Kennwerte zuzuordnen, da diese mehrschichtigen Modellelemente als ein Element betrachtet werden. Die Zuordnung für jede Bauteilschicht müsste also für jedes Modellelement einzeln durchgeführt werden.

**Möglichkeit 3:** Kostenkennwerte werden in einer externen Berechnungssoftware je Qualitäten manuell zugewiesen. Dies ist in vielen AVA-Lösungen die Standardprozedur.

**Möglichkeit 4:** Kostenkennwerte werden in einer externen Anwendung durch „matching“ von Schlüsselbegriffen der qualitätsdefinierenden Eigenschaften den Modellelementen zugeordnet.<sup>23</sup> Dabei wird der passende Kostenkennwert gefunden, sofern er in der Berechnung hinterlegt ist.

**Möglichkeit 5:** Kostenkennwerte werden durch Ontologie <sup>24</sup> zugewiesen. In der Forschungsarbeit „BIM and ontology-based approach for building cost estimation“ wird der Prozess des automatisierten Suchens nach dem passenden Kostenkennwert abhängig von der Qualität von Modellbestandteilen als ontologischer Inferenzprozess (= Prozess zur automatischen Schlussfolgerung) untersucht und gelöst. Für diesen ontologischen Schlussfolgerungsprozess wurden aufwändige Regeln von erfahrenen Ingenieuren definiert und ermöglicht, damit den passendsten Kennwert ohne menschliches Zutun zu finden.<sup>25</sup>

Die subjektive Sichtweise des Kalkulanten für einzelne Entscheidungen ist bei den Möglichkeiten 4 und 5 nicht mehr Bestandteil des Zuweisungsprozesses. Dies kann in Sonderfällen zu fehlerhaften Zuweisungen führen.

---

<sup>22</sup> Vgl. Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008. S.25f

<sup>23</sup> Vgl. Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008. S.25

<sup>24</sup> Begriff aus dem Gebiet Künstliche Intelligenz „stellt ein Netzwerk von Informationen mit logischen Relationen dar“ [Wikipedia 2017 Suchbegriff „Ontologie (Informatik)“, Artikelversion: 26.11.2017]

<sup>25</sup> Vgl. Lee, Seul-Ki; Kim, Ka-Ram; Yu, Jung-Ho: BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, South Korea, 2013. Automation in Construction 41 (2014). S.97

### 2.3.3. Automatisierte Kostengliederung

Hier stellt sich die Frage, ob Bauelemente (bzw. Modellelemente) anhand deren Eigenschaften automatisch Kostengruppen zugeordnet werden können, oder ob jedes Element explizit zugeordnet werden muss.<sup>26</sup> Grundsätzlich ist für eine automatisierte Zuordnung der Kosten von Modellelementen die Definition von Zuordnungsregeln mittels Logik-Funktionen („Wenn-Dann“, „Wenn-Und-Dann“, „Wenn-Oder-Dann“ bzw. „Wenn-Und-Oder-Dann“) erforderlich. Dies ist in der Architektur-BIM-Software nicht möglich und muss daher in einer externen Software-Anwendung gewährleistet werden. Dies kann entweder in datenbankbasierten Software-Anwendungen wie z.B. BuildingOne oder auch in Tabellenkalkulationssoftware wie z.B. Excel umgesetzt werden.

## 2.4. Software-Tools

Vergangene Forschungsarbeiten zeigen den Bedarf an Software-Tools, die eine während der Modellierung abrufbare, bauelementbezogene (planungsorientierte) Kostenermittlung ermöglichen.

Zur Errichtungskostenermittlung bietet der AEC-Softwaremarkt hauptsächlich AVA-Lösungen (Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung) wie z.B. Nemetschek Nevaris oder RIB iTWO an. AVA-Software ist allerdings leistungsbezogen (ausführungsorientiert). Eine Aggregation der Kosten eines Modellelements, wie es für den Planer bei der Betrachtung der Baugliederung notwendig wäre, ist hier in der Regel nicht möglich. Bei diesen Kostenermittlungsprogrammen ist die Generierung von Mengen der Qualitätseinheiten aus dem BIM-Modell möglich, es ist aber notwendig, die Qualitätseinheiten zumindest einmal zu passenden und in der Berechnungssoftware verfügbaren Kennwerten zuzuweisen. Des Weiteren ist es bei diesen nur begrenzt möglich, ohne Einschränkungen, eigene, den individuellen Vorstellungen entsprechende, Beziehungen zwischen Modellelementen herzustellen.

Weitere Software-Lösungen, welche eine individuell gestaltbare BIM-basierte Kostenberechnung unterstützen, wären z.B. Vico Office bzw. Vico Estimator von Trimble oder BuildingOne von OneTools.

---

<sup>26</sup> Vgl. Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008. S.23

Vico ermöglicht eine 5D-BIM-Planung bei direkter Schnittstelle zum BIM-Modell. Mengeneinheiten können abhängig von deren Qualität aus dem Modell generiert werden.<sup>27</sup> Mit dem „Vico Estimator 2009“ können Mengen von Modellelementen abgefragt werden, die Kennwerte zu diesen müssen allerdings manuell zugewiesen werden.<sup>28</sup> Vico Office wurde im Forschungsprojekt SIGABIM der Universität von Oporto (Portugal) für Kostenermittlung und Baumanagement eingesetzt und bietet eine integrierte Kollisionsüberprüfung, die, wie bereits erwähnt, zwingend mit einer BIM-basierten Kostenermittlung einhergehen muss.<sup>29</sup> Ist diese Funktion nicht in der Kostenermittlungssoftware integriert, muss sie in einer weiteren Software-Lösung wie z.B. dem Solibri Model Checker durchgeführt werden. Vico ist bereits ab der frühen Planungsphase als „Evaluierungswerkzeug“ (evaluation tool) einsetzbar, in dem Kostenschätzungen mit Bezug auf ein importiertes Gebäudemodell automatisch aktualisiert werden.<sup>30</sup>

Die Diplomarbeit „BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung“ von André Seifert beschäftigt sich mit der BIM-basierten Kostenermittlung mit der Software BuildingOne.

In der vorliegenden Diplomarbeit beziehe ich mich ebenfalls auf die Gestaltung der Kostenermittlung mit BuildingOne. Die Software Vico Office wurde nicht weiter untersucht, da eine Lizenz nicht erhältlich war.

Software-Lösungen für Lebenszykluskostenermittlungen wären z.B. ABK LEKOS (der Softwarereihe ABK) oder LEGEP.

Der österreichische Softwareentwickler ib-data GmbH setzte das Lebenszykluskostenmodell von DI Dr. Helmut Floegl (Donau Universität Krems) in ABK LEKOS um. LEKOS ist standardmäßig auf die ÖNORM B 1801-1 (Errichtungskosten) sowie die ÖNORM B 1801-

---

<sup>27</sup> Vgl. Hergunsel, Mehmet F.: Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM based scheduling. Worcester, Polytechnic Institute, Master Thesis, 2011. S.26

<sup>28</sup> Vgl. Lee, Seul-Ki; Kim, Ka-Ram; Yu, Jung-Ho: BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, South Korea, 2013. Automation in Construction 41 (2014). S.97f

<sup>29</sup> Vgl. Monteiro, André; Martin, Joao Pocas: A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. Faculty of Engineering, University of Oporto, Portugal, 2013. Automation in Construction 35 (2013). S.243

<sup>30</sup> Vgl. Cheung, K.T. Franco; Rihan, Jonathan; Tah, Joseph; Duce, David; Kurul, Esra: Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. Department of Real Estate and Construction, Oxford Brookes, University, United Kingdom, 2012. Automation in Construction 27 (2012). S.68

2 (Folgekosten) und ÖNORM B 1801-4 (Berechnung von Lebenszykluskosten) ausgelegt.

<sup>31</sup>

LEGEP der deutschen LEGEP Software GmbH wurde im Jahr 2000 vom deutschen Architekten Holger König entwickelt und arbeitet in Kooperation mit der sirAdos-Baudatenbank. LEGEP bietet die Gliederungsvorgabe der DIN 18960 (Nutzungskosten im Hochbau).<sup>32</sup>

Grundsätzliche Lebenszykluskosten werden bereits in der Projektentwicklung („Vorbereitungsphase“ nach ÖNORM B1801-1:2009) betrachtet, um entsprechende richtungsweisende Projektentscheidungen treffen zu können. Zu diesem Zeitpunkt steht meist noch kein BIM-Modell zur Verfügung. Die Lebenszyklusbetrachtungs-Tools ABK LEKOS und LEGEP bieten keine direkte Schnittstelle zum BIM-Modell. Das heißt, dass alle für die Berechnung relevanten Daten manuell aus dem Planungsmodell ausgelesen und in die Berechnungssoftware eingegeben werden müssen.

Generell konnte keine Software-Lösung gefunden werden, welche eine nach individuellen Vorstellungen (unbegrenzte Eingabe von unterschiedlichen Kennwerten, Gliederung der Kosten usw.) erstellbare und auch für Folgekosten erweiterbare BIM-basierte Kostenermittlung ermöglicht, welche während der Modellierung des digitalen Modells automatisiert abrufbar ist.

Im Anschluss werden die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Software-Lösungen und deren für diese Arbeit relevanten Funktionen beschrieben. Graphisoft ArchiCad wird als Software zur Erstellung des Architektur-BIM-Modells, BuildingOne sowie Microsoft Excel als Berechnungs- bzw. Auswertungs-Software und Solibri Model Checker als Qualitätssicherungssoftware erläutert.

#### **2.4.1. Graphisoft ArchiCad**

ArchiCad ist eine BIM-Authoring-Software zur Erstellung von Architektur-BIM-Modellen und zur Ausgabe dieser als Plan, Liste oder einem digitalen Austauschformat wie z.B. IFC. In ArchiCad werden Objekte mit Modellierwerkzeugen erstellt und diesen Eigenschaften zugewiesen. Diese Eigenschaften sind statisch, das heißt sie ändern ihren Wert nur nach einer bewussten Eingabe. Es ist hier nicht möglich, mit Eigenschaften, deren Wert von

---

<sup>31</sup> Vgl. Ib-data GmbH. Aktualisiertes Lebenszykluskostenprognosemodell ABK-LEKOS. In: URL: [http://www.abk.at/pdf/14\\_11\\_Aktualisierung\\_Lebenszykluskosten\\_Rechenmodell.pdf](http://www.abk.at/pdf/14_11_Aktualisierung_Lebenszykluskosten_Rechenmodell.pdf) (13.12.2017)

<sup>32</sup> Vgl. Steinschaden, Lukas; Winkler, Christoph: Lebenszykluskosten von Hochbauten – Anwendungsgrenzen und Vergleich von Softwarelösungen. Wien: Technische Universität. Diplomarbeit. 2012. S.123

anderen Eigenschaften abhängig ist (dynamischen Eigenschaften), zu arbeiten. Bezogen auf die Berechnung heißt das, dass es zwar möglich ist, in einem Objekt eine Eigenschaft „Kosten“ anzulegen und dieser Eigenschaft per Direkteingabe einen Wert zuzuweisen, aber es ist nicht möglich, mit variablen Eigenschaften die Kosten eines Elements abhängig von seiner Menge (z.B. Volumen) zu ermitteln. Weiters ist es hier nicht möglich, Beziehungen, wie die Definition einer Eigenschaft „Kostengruppe“, welche, abhängig vom Bauteiltyp, dem Baustoff und der Ebene, einen von mehreren optionalen Werten ausgibt, herzustellen.

Im Rahmen der Berechnung liefert ArchiCad Mengen- und Qualitätseinheiten sowie Informationen der Verortung der Elemente.

Des Weiteren bietet ArchiCad die Auswertungsfunktion durch die, ähnlich einer Datenbank, bestimmte Parameter und Eigenschaften von definierbaren Modellelementen (durch Filterkriterien) ausgewertet werden können. Damit lassen sich alle für die Berechnung erforderlichen Qualitätseinheiten und deren jeweiligen Mengen in einer Tabelle (z.B. XLSX-Format) auswerten.

#### **2.4.2. OneTools BuildingOne**

BuildingOne ist ein Programm zur Erstellung von modellbasierten Raum- und Gebäudebüchern des Softwareherstellers OneTools GmbH & Co. KG.

BuildingOne bietet über die API <sup>33</sup> (Application Programming Interface) eine bidirektionale Schnittstelle zwischen dem BIM-Geometrie-Modell (z.B. ArchiCad) und einer SQL Datenbank (Structured Query Language), in der Modellelemente nach Bauelementkategorien (z.B. Wände, Decken usw.) und deren Typparametern und -eigenschaften angezeigt werden. <sup>34</sup> BuildingOne verknüpft beliebige Parameter und Eigenschaften von Bauelementkategorien, welche im BIM-Geometrie-Modell vorhanden sind, mit BuildingOne-Eigenschaften, die zuvor erstellt werden müssen. Ebenso können beliebige weitere Eigenschaften für diese Bauelementkategorien erstellt werden. Mit diesen Eigenschaften ist es möglich, zu rechnen und damit daraus variable Eigenschaften abzuleiten. Die Werte der Eigenschaften können immer wieder, in beide Richtungen, synchronisiert werden.

Zusätzlich zur Kernfunktion der automatisierten Erstellung von Raum- und Gebäudebüchern bietet BuildingOne die Kostenermittlungsfunktion „Kalkulation“, welche

---

<sup>33</sup> Programmierschnittstelle

<sup>34</sup> Vgl. Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008. S.29

grundsätzliche AVA-Funktionen bietet, es entspricht jedoch keiner vollwertigen AVA-Software. Diese Funktion bietet die Möglichkeit, Mengeneinheiten zu generieren (mit dem „Mengenprovider“) und diesen Kostenpositionen zuzuweisen. Der Mengenprovider ermöglicht die Ermittlung von gewünschten Mengeneinheiten abhängig von Lage- und Qualitätskriterien mittels Filtereinstellungen direkt aus dem BIM-Modell. Die Kalkulationsfunktion ermöglicht die Erstellung von Kostenpositionen nach einer gewünschten Gliederung und die Zuweisung von Mengenprovidern zu diesen. Diese Gliederung von Kostenpositionen samt Preisen kann auch aus einer AVA-Software importiert werden. Damit kann z.B. ein Mengenprovider erstellt werden, der die Summe der Flächen aller Decken, deren Baustoff Beton ist und deren Dicke gleich 30cm ist, ermittelt. Dieser Mengenprovider „Stahlbetondecke bis 30cm“ kann nun einer Kostenposition zugewiesen werden, in dieser wird die erzeugte Menge des Mengenproviders mit einem Kostenwert der Position multipliziert. Die Kosten der einzelnen Kostenpositionen werden nach der vorgegebenen Gliederung (z.B. nach ÖNORM B 1801-1) summiert. Dies lässt die Erstellung einer Berechnung zu, welche nach Erstellung durch Synchronisation mit dem BIM-Modell die Kosten auf Knopfdruck und ohne wiederholte Zuweisungen, nach zuvor definierten Regeln und in einer gewünschten Gliederung, ermittelt. Durch diese Kalkulationsfunktion ist es allerdings nicht möglich, Qualitätseinheiten eine beliebige Anzahl von Kennwerten zuzuweisen und die ermittelten Kosten direkt einem Modellelement zuzuordnen.

Eine weitere Funktion, die BuildingOne bietet, ist, wie bereits erwähnt, neue Eigenschaften anzulegen und diese bestimmten Modellelementkategorien zuzuweisen. Diese Eigenschaften können auch als Formel formuliert werden – es kann also mit Eigenschaften gerechnet werden. Formel-Eigenschaften bieten die Möglichkeit, zwischen mehreren Eigenschaften Verknüpfungen sowohl durch gewöhnliche mathematische Operationen, aber auch durch Logikfunktionen herzustellen. Damit können dynamische Eigenschaften erstellt werden, deren Wert von beliebig vielen anderen Eigenschaften abhängig sein kann. Diese Funktion ermöglicht es, mit Eigenschaften in der BuildingOne-Datenbank zu rechnen. In diesen Formelausdrücken können neben üblichen mathematischen Operationen auch Logikfunktionen wie „Wenn-Dann“ oder „Wenn-Oder-Dann“ zur Erstellung von beliebigen Beziehungen zwischen Eigenschaften genutzt werden. Damit werden statische Eigenschaften, welche ihren Wert nur nach manueller Eingabe ändern, zu dynamischen (oder variablen) Eigenschaften, deren Werte automatisch, bei Änderung von definierten anderen Eigenschaften, nach definierten Regeln angepasst werden.

### 2.4.3. Microsoft Excel

Excel ist ein Tabellenkalkulationsprogramm des Softwareherstellers Microsoft. Hier ist es möglich, Zellbezüge mit Formeln zu erstellen. Es wird nicht mit Zahlen sondern mit Zellinhalten gerechnet. Damit ist es möglich, variable Berechnungen herzustellen. Es können nicht nur mathematische Operationen, sondern auch Logik-Funktionen wie „Wenn-Dann“, „Wenn-Und-Dann“ zwischen Zellen oder Bezüge zwischen unterschiedlichen Tabellen, abhängig von Zellinhalten, hergestellt werden (z.B. SVERWEIS-Funktion).

Wie bereits erwähnt können in der BIM-Software (z.B. ArchiCad) Auswertungen als Tabellen (XLS-Dateiformat) mit Werten von definierten Parametern und Eigenschaften von definierten Modellelementen ausgegeben werden. Wobei die Modellelemente in den Zeilen, die Parameter und Eigenschaften dieser Modellelemente in die Spalten geschrieben werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde dieses Tabellenkalkulationsprogramm dazu verwendet, um Zusammenhänge zwischen den Zellen der Tabelle der BIM-Auswertung herzustellen und damit die gewünschten Berechnungen, unabhängig vom spezifischen Wert der Zellen, automatisiert durchführen zu lassen. Des Weiteren ermöglichen Tabellenkalkulationsprogramme die einfache Darstellung der berechneten Werte in Diagrammen und Tabellen. Auf diese Weise kann ein Bericht erstellt werden, der sich automatisch, nach Eingabe der aus dem BIM bezogenen Werte, aktualisiert.

### 2.4.4. Solibri Model Checker

Solibri Model Checker ist ein BIM-Modell-Qualitätssicherungs- und -Analysetool des finnischen Softwareanbieters Solibri. Diese Software kann ausschließlich IFC-Dateien lesen und diese nach frei definierbaren Regeln (z.B. jeder Raum hat eine Tür, ...) überprüfen ohne dabei neue Eingaben in das BIM-Modell tätigen zu können.

Als weitere Funktion kann eine Element-Klassifizierung definiert werden. Diese erstellt automatisiert individuelle Zusammenstellungen einzelner Komponenten und Komponentengruppen des Modells anhand bestimmter Werte.<sup>35</sup> Diese Klassifizierung kann visuell in einer 3D-Ansicht dargestellt werden und kann für eine Zuordnung von Bauelementen zu einer Kostengliederung genutzt werden. Weiters bietet die Software die Funktion einer Mengen-Auswertungen der IFC-Datei (samt durch die Element-Klassifizierung erstellte Kostengliederung), welche als XLS-Datei exportiert werden kann.

---

<sup>35</sup> Vgl. Asmera, Hannes: Solibri Model Checker Aufbaukurs. Wien: Mironde Verlag 2017. S.19

## 3. Gängige Methoden zur Kostenermittlung

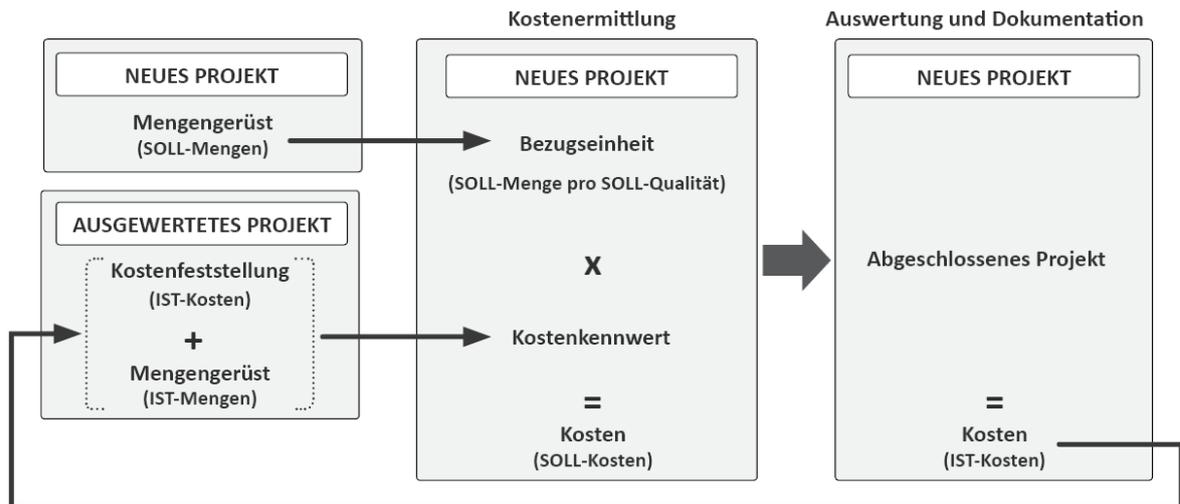
Im Folgenden Kapitel werden sowohl die Grundlagen der Kostenermittlung als auch die Gliederung von Projektphasen, die Gliederung von Errichtungs- und Objekt-Folgekosten nach ÖNORM B 1801, sowie gängige Methoden zur Ermittlung dieser Kosten, beschrieben.

### 3.1. Grundlagen der Kostenermittlung

Kostenermittlung ist der Prozess des Vorhersagens von Projektkosten. Da in der Bauwirtschaft nicht nur jedes Produkt einzigartig ist, sondern auch die Produktionsbedingungen (wandernde Betriebsstätten in freier Witterung) ständigen Änderungen unterworfen sind, ist die Ermittlung von Baukosten sehr komplex. In der Bauindustrie bestimmt der Kunde das Produkt und die Kostenobergrenze. Während in der stationären Industrie die Kosten zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung des Käufers im Wesentlichen feststehen, muss das Bauprojekt so genau wie möglich geplant und die Kosten so realistisch wie möglich ermittelt werden, um größtmögliche Kostensicherheit für den Investor zu gewährleisten.

Zur Ermittlung von Kosten ist eine leistungsbezogene Bemessungseinheit (Qualitätseinheit, z.B. ein Baustoff), deren Menge (Mengeneinheit, z.B. m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>) und für diese vorliegende Kostenwerte (Kosten einer Qualitätseinheit pro Mengeneinheit, sogenannte Kostenkennwerte) erforderlich.

Wie Abbildung 11 zeigt, werden Kostenermittlungen immer nach dem Prinzip spezifizierte Bezugseinheit x Kostenkennwert pro Bezugseinheit durchgeführt. Der Kostenkennwert ist immer an ein spezifisches Qualitätsmerkmal geknüpft. Vor allem die Ermittlung und Auswahl des Kostenkennwerts ist der entscheidende Faktor der Kostenermittlung. Kostenkennwerte werden aus bereits abgeschlossenen und abgerechneten Projekten abgeleitet und sind anders als Kennwerte von Statikern oder Bauphysikern (z.B. die Tragfähigkeit oder die Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen oder Produkten) keine physikalischen, durch empirische Versuche belegte Werte, sondern Erfahrungswerte, deren Wert von einem extrem komplexen System abhängig sind und daher nie ganz genau vorhersehbar sind. Eine genauere Beschreibung von Kostenkennwerten und deren Kostenfaktoren erfolgt in den Kapiteln 3.4.1 und 3.5.2.

Abbildung 11 Prinzip der Kostenermittlung<sup>36</sup>

### 3.2. ÖNORM B 1801

Die ÖNORM B 1801 „Bauprojekt- und Objektmanagement“ besteht aus 5 Teilen:

ÖNORM B1801 – 1 „Objekterrichtung“

ÖNORM B1801 – 2 „Objekt-Folgekosten“

ÖNORM B1801 – 3 „Objekt- und Nutzungstypologie“

ÖNORM B1801 – 4 „Berechnung von Lebenszykluskosten“

ÖNORM B1801 – 5 „Empfehlungen für Kennzahlenvergleiche“

In den folgenden drei Kapiteln (3.2.1, 3.2.2 und 3.2.3) werden, für diese Arbeit relevante, Inhalte des Teil 1 (Objekterrichtung) und Teil 2 (Objekt-Folgekosten) erläutert. In Kapitel 3.4 wird eine gängige Methode zur Ermittlung von Objekt-Folgekosten nach ÖNORM B 1801 – Teil 4 (Berechnung von Lebenszykluskosten) beschrieben.

#### 3.2.1. Gliederung Projektphasen nach ÖNORM B 1801-1

Teil 1 (ÖNORM B 1801-1 Objekterrichtung) regelt neben einheitlichen Bezeichnungen von Projektphasen auch einheitliche Termini für Qualitäts-, Kosten- und Terminangaben abhängig von der Projektphase und eine Gliederungsstruktur für Kosten in der Phase der Objektplanung und –errichtung.

<sup>36</sup> Vgl. Greiner, Peter; Mayer, Peter E.; Stark, Karlhans: Baubetriebslehre – Projektmanagement, Erfolgreiche Steuerung von Bauprojekten.4., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2009. S.82

Abbildung 12 zeigt die Projektphasen und die zugehörigen Bezeichnungen für Kostenangaben nach ÖNORM B 1801-1:2009. Die Kostenberechnung im Sinne dieser Norm ist die Angabe von voraussichtlichen Herstellungskosten in der Projektphase „Entwurf“. Die Gliederung der ermittelten Kosten muss bis zur 3. Ebene der Baugliederung durchgeführt werden.

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

**Bild 1 — Planungssystem**

Abbildung 12 Planungssystem ÖNORM 1801-1:2009<sup>37</sup>

### 3.2.2. Gliederung Errichtungskosten ÖNORM B 1801-1

Eine Gliederung der Baukosten ist sinnvoll um Gebäude gleichen Typs miteinander vergleichbar zu machen und um die Kostenentwicklungen innerhalb eines Projektes über die Projektphasen darstellen zu können.<sup>38</sup>

Die Norm unterscheidet 2 Gliederungsformen:

- **Baugliederung (ehemals planungsorientierte Kostengliederung)**

gliedert Kosten systematisch nach ihrer Lage oder Konstruktion in Elemente (Grobelement, Element und Elementtyp).

<sup>37</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. S.3

<sup>38</sup> Vgl. Krautgartner, Martin; Reiner, Horst: Vortrag Kostenrelevanz im Planungsprozess, TU Wien, 2017

- **Leistungsgliederung (ehemals ausführungorientierte Kostengliederung)**

gliedert Kosten systematisch nach Gewerken / Vergabeeinheiten in Leistungen (Leistungsgruppe, Unterleistungsgruppe und Leistungsposition).

Die Strukturierung der Kosten nach Baugliederung der ÖNORM B 1801-1:2009 erfolgt in drei Gliederungsebenen - je höher die Gliederungsebene (1. bis 3. Ebene) desto feiner werden die Kosten nach ihrer Lage oder Konstruktion unterschieden. Die Norm unterscheidet 10 Kostengruppen (1. Ebene – siehe Abbildung 13). Diese gliedern die Kosten nach Lage und Gestalt. Diese Kostengruppen werden in 4 übergeordnete Kostengruppensummen (festgelegte Zwischensummen) zusammengefasst: Bauwerkskosten (BWK), Baukosten (BAK), Errichtungskosten (ERK) und Gesamtkosten (GEK).

Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten BWK	Baukosten BAK	Errichtungskosten ERK	Gesamtkosten GEK
0 Grund	GRD				
1 Aufschließung	AUF				
2 Bauwerk-Rohbau	BWR	100 %			
3 Bauwerk-Technik	BWT				
4 Bauwerk-Ausbau	BWA				
5 Einrichtung	EIR				
6 Außenanlagen	AAN				
7 Planungsleistungen	PLL				
8 Nebenleistungen	NBL				
9 Reserven	RES				

**Bild 4 — Kostengruppierung**

Abbildung 13 Kostengruppierung nach ÖNORM B 1801-1:2009<sup>39</sup>

In der Baugliederung werden diese 10 Kostengruppen (1. Ebene) in zwei weitere Ebenen Grobelemente (2. Ebene) und Elemente (3. Ebene) aufgegliedert.

1. Ebene Kostengruppen (10 Kostengruppen)
2. Ebene Grobelemente (45 Grobelemente)
3. Ebene Elemente (163 Elemente)

Abbildung 14 zeigt am Beispiel der Kostengruppe 2 „Bauwerk-Rohbau“ die weitere Gliederung in die 2. Ebene: Grobelemente (2A bis 2G) und am Beispiel des Grobelements „2D Horizontale Baukonstruktionen“ die weitere Gliederung in die 3. Ebene: Elemente

<sup>39</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. S.10

(2D.01 bis 2D.04). Nach diesem System sind die Kosten der 10 Kostengruppen aus Kosten der einzelnen Grobelemente und Elemente zusammengesetzt.

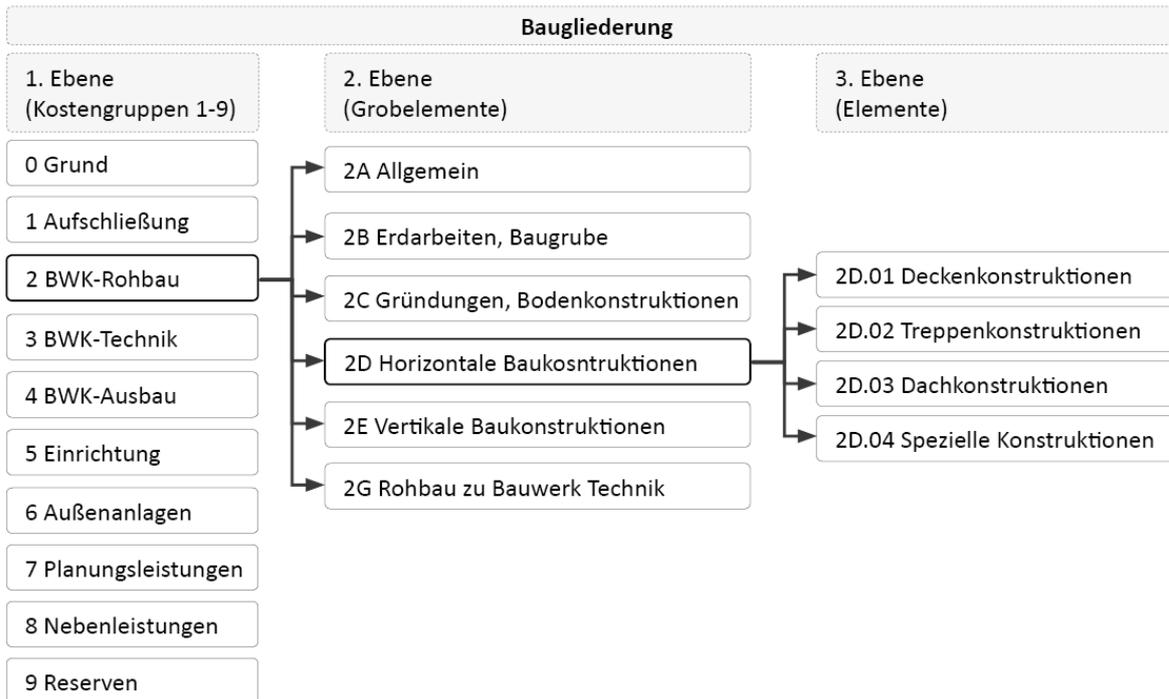


Abbildung 14 Beispiel für Gliederung bis 3. Ebene

Eine genauere Beschreibung der Leistungsbilder der 2. und 3. Gliederungsebene erfolgt im Kapitel 4.2.

### 3.2.3. Gliederung Objekt-Folgekosten ÖNORM B 1801-2

Die ÖNORM B 1801-2:2011 gliedert die Kosten der Phase der Objektnutzung bis zur Objektbeseitigung in 9 Kostenhauptgruppen (Abbildung 15). Eine genauere Gliederung dieser 9 Kostenhauptgruppen in weitere Unterkostengruppen und eine Beschreibung dieser ist in Tabelle 1 und 3 bis 8 dargestellt. Abbildung 15 zeigt den Zusammenhang der normierten Kostengruppensummen der ÖNORM B 1801-1:2009 (Objekterrichtung) und - 2:2011 (Objektnutzung). Die Kostengruppensummen Gebäudekosten (GBK) und Lebenszykluskosten (LZK) beinhalten sowohl Kostengruppen der Objekterrichtung als auch der Objektnutzung.

Kostengruppen ▼

Kostengruppen		Objekterrichtung		Objektnutzung		Gesamtkosten		Lebenszykluskosten	
ÖNORM B 1801 - 1 Objekterrichtung	0	Grund		Gebäudekosten (GBK)	Gesamtkosten (GEK)	Kosten des Gebäudebetriebes (KGB)	Nutzungskosten (ONK)	Folgekosten (OFK)	Lebenszykluskosten (LZK)
	1	Aufschließung							
	2	Bauwerk - Rohbau	Bauwerkskosten (BWK)						
	3	Bauwerk - Technik							
	4	Bauwerk - Ausbau							
	5	Einrichtung							
	6	Außenanlagen							
	7	Planungsleistungen							
	8	Nebenleistungen							
9	Reserven								
ÖNORM B 1801 - 2 Objektnutzung	1	Verwaltung							
	2	Technischer Gebäudebetrieb							
	3	Ver- und Entsorgung							
	4	Reinigung und Pflege							
	5	Sicherheit							
	6	Gebäudedienste							
	7	Instandsetzung, Umbau							
	8	Sonstiges							
	9	Objektbeseitigung, Abbruch							

Abbildung 15 ÖNORM 1801 – 1:2009 und – 2:2011 <sup>40</sup>

<sup>40</sup> Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-2:2011. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2: Objekt-Folgekosten. 01.04.2011. S.6

Die ÖNORM B 1801 gibt in Teil 2 (Objekt-Folgekosten) und Teil 4 (Berechnung von Lebenszykluskosten) Hilfestellungen zur Berechnung dieser. ÖNORM B 1801-2:2011 gibt eine mögliche Gliederungsstruktur der Folgekosten in 9 Kostengruppen und 34 Kostenuntergruppen vor (siehe Tabelle 1). Die Berechnung von Lebenszykluskosten ist in ÖNORM B 1801-4:2014 beschrieben.

Tabelle 1 Kostengruppen und –untergruppen nach ÖNORM B 1801 – 2:2011 <sup>41</sup>

Kostenhauptgruppe		Kostenuntergruppe	
1	<b>Verwaltung</b>	1.1	Verwaltung und Management
		1.2	Gebühren, Steuern und Abgaben
		1.3	Flächenmanagement
		1.4	Sonstiges
2	<b>Technischer Gebäudebetrieb</b>	2.1	Technisches Gebäudemanagement
		2.2	Inspektionen
		2.3	Wartung
		2.4	Kleine Instandsetzung, Reparaturen
		2.5	Sonstiges
3	<b>Ver- und Entsorgung</b>	3.1	Energie (Wärme, Kälte, Strom)
		3.2	Wasser und Abwasser
		3.3	Müllentsorgung
		3.4	Sonstige Medien
4	<b>Reinigung und Pflege</b>	4.1	Unterhaltsreinigung
		4.2	Fenster- und Glasflächenreinigung
		4.3	Fassadenreinigung
		4.4	Sonderreinigungen
		4.5	Winterdienste
		4.6	Reinigung Außenanlagen
		4.7	Gärtnerdienste
5	<b>Sicherheit</b>	5.1	Sicherheitsdienste (Schließdienste, Bewachung)
		5.2	Brandschutzdienste
6	<b>Gebäudedienste</b>	6.1	Hauspost (Verteilung der Post im Haus)
		6.2	Kommunikations- und Informationstechnik
		6.3	Umzüge - interne Transporte, Hausarbeiterdienste
		6.4	Empfang und interne Bürodienste
		6.5	Gastroservice
		6.6	Sonstige Dienste
7	<b>Instandsetzung, Umbau (ist gemäß ÖNORM B 1801-1 zu gliedern)</b>	7.1	Große Instandsetzung
		7.2	Verbesserung und Umnutzung
8	<b>Sonstiges</b>	8.1	Sonstiges
9	<b>Objektbeseitigung, Abbruch</b>	9.1	Planung und Organisation
		9.2	Abbruch und Entsorgung
		9.3	Herstellung des Vertragszustandes

<sup>41</sup> Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-2:2011. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2: Objekt-Folgekosten. 01.04.2011. S.7

### 3.3. Planungsbeteiligte

Hinsichtlich der Errichtungs- und Folgekosten werden die kostenbeeinflussenden Qualitäten eines Entwurfs vom Architekten und weiteren Fachplanern definiert. Abbildung 16 zeigt, dass unterschiedliche Fachplaner sowohl an der Festlegung der Bestellqualitäten der Errichtungskosten (vor allem Kostengruppen 1-6) als auch an der Höhe der Folgekosten beteiligt sind.

Der Architekt definiert die Gestalt und Qualität des Gebäudes unter funktionalen, formalen und ästhetischen Gesichtspunkten. Daraus folgen die Qualitätsansprüche der Elemente aller Kostengruppen der Baukosten (Kostengruppen 1-6). Die Fachplaner evaluieren auf dieser Grundlage, unter Abstimmung mit dem Architekten, die dafür notwendigen Ausstattungsqualitäten (z.B. haustechnische Ausstattung, statische Dimensionen, Bewehrungsgrad von Bauteilen, Dämmstoffstärken, usw.).

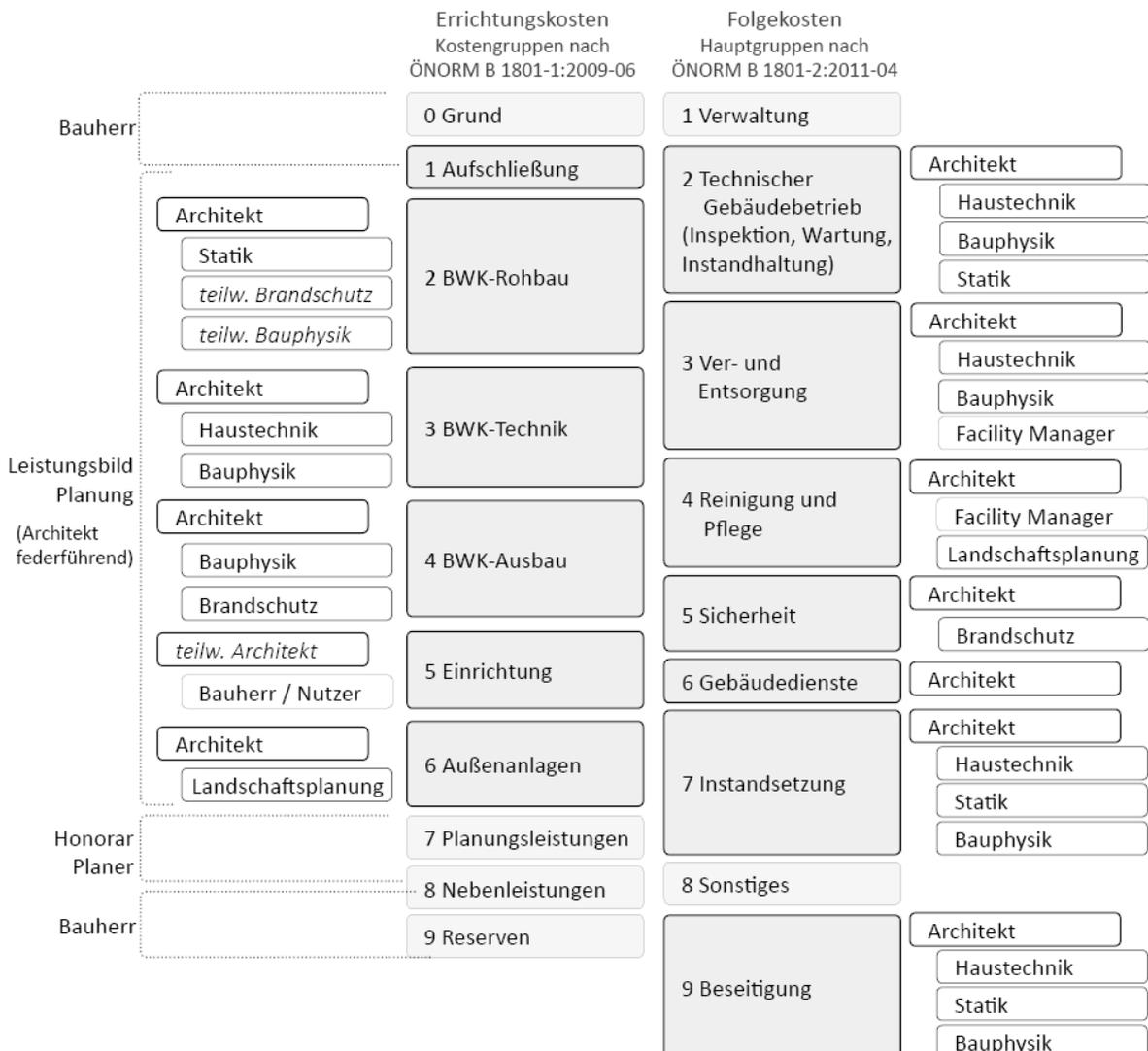


Abbildung 16 Planungsbeteiligte

Zum Beispiel definiert der Fachplaner für Statik die für den Entwurf notwendigen Qualitäten: Dimension von tragenden Bauteilen, Festigkeitsklasse von Baustoffen, Bewehrungsgrad von Stahlbetonteilen, usw.. Damit sind sowohl der Architekt als auch der jeweilige Fachplaner an der Definition der kostenrelevanten Bestellqualitäten beteiligt. Die Fachplaner (z.B. Statik) liefern dem Architekten vereinbarte kostenrelevante Eigenschaften der unterschiedlichen Bauelemente, damit der Architekt auf Basis dieser Angaben die Kosten berechnen können.<sup>42</sup>

Ebenso werden die Folgekosten von den Planungsergebnissen von unterschiedlichen Fachplanern direkt beeinflusst. So sind sowohl der Architekt, der Bauphysiker, der Haustechniker und schließlich auch der spätere Nutzer maßgeblich an der Definition der Kosten für Ver- und Entsorgung beteiligt.

### 3.4. Ermittlung von Errichtungskosten

Die Errichtungskostenberechnung nach ÖNORM B 1801-1:2009 wird in der Projektphase „Entwurf“ durchgeführt. Diese Projektphase reicht vom Ende Vorentwurf bis zur Ausführung. Für den Planer ist diese Phase in der Praxis weiter in die Phasen Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung, Ausführungsplanung und Vor-bereitung der Ausschreibung gegliedert.

Abbildung 17 zeigt die Gliederung der Projektphasen sowie deren dazugehörige Kostenermittlungsverfahren und Leistungsbilder. Wie bereits im Kapitel 2.2.3 erläutert, gibt es Festlegungen für den Detaillierungsgrad von BIM-Modellen abhängig von der Projektphase. Dies ist im Rahmen dieser Arbeit insofern von Relevanz, als vom LoD die im Modell zur Verfügung stehenden Qualitätseinheiten (z.B. Gebäudeflächen, Bauteilflächen Außenwand, oder m<sup>3</sup> Beton usw.) abhängig sind. Der „BIM-Leitfaden für Deutschland“ definiert für die Leistungsphasen Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung, welche nach ÖNORM B1801-1:2009 der Projektphase „Entwurf“ zuzuschreiben sind, einen LoD von 200 bis 400.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Kostenermittlung für die Projektphase „Entwurf“ konzipiert, die ÖNORM B1801-2:2009 nennt die Kostenermittlung in dieser Projektphase „Kostenberechnung“. Das entwickelte Berechnungs-Tool könnte aber ebenso für die

---

<sup>42</sup> Vgl. Siemon, Klaus D.: Baukosten bei Neu- und Umbauten. Planung und Steuerung. 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien. 2012. S.135

Phasen „Vorentwurf“ und „Vorbereitungsphase“ adaptiert werden. Hierfür müssten die Qualitätseinheiten und deren passende Kostenkennwerte appliziert werden.

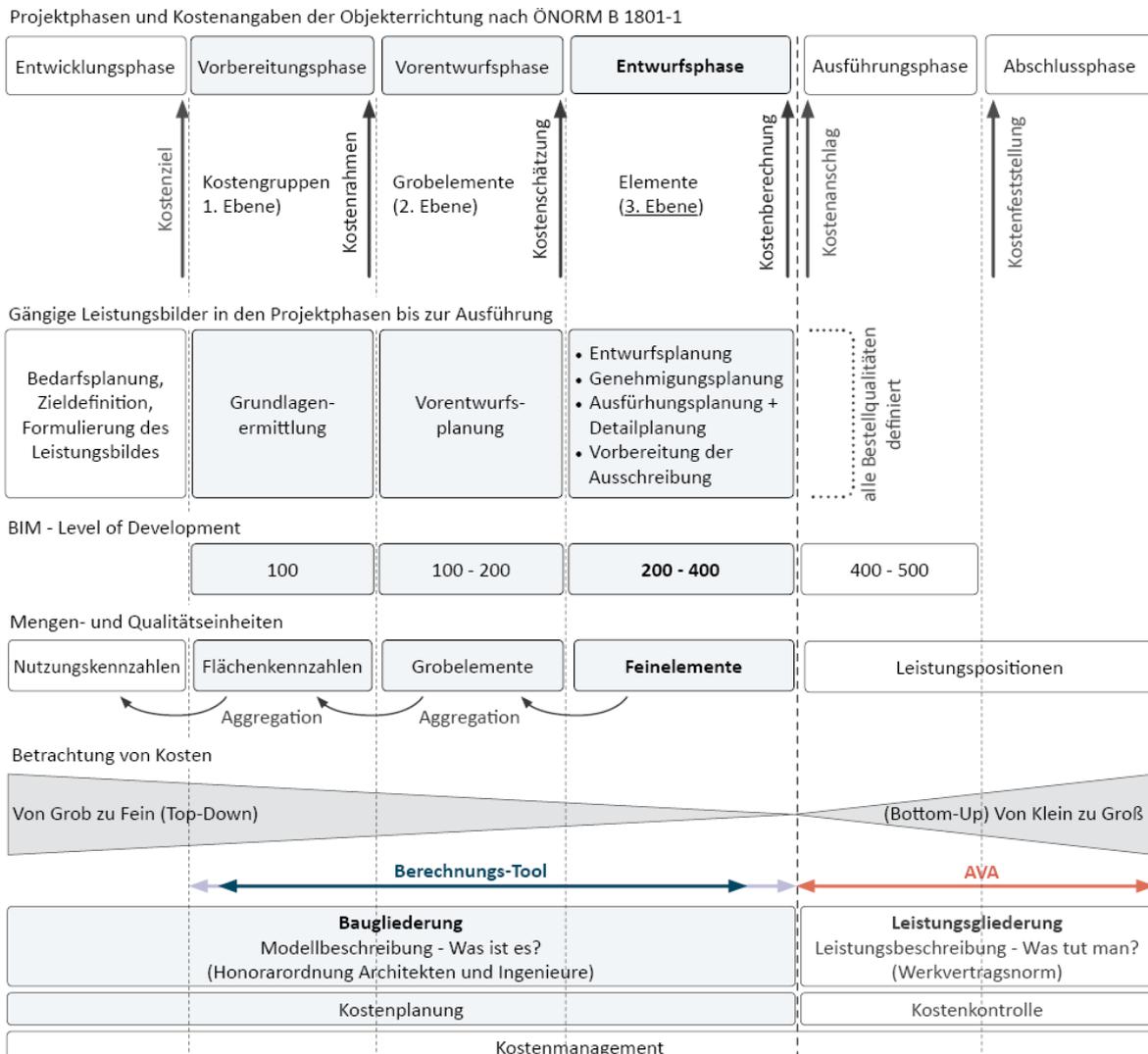


Abbildung 17 Projektphasen und Leistungsbild

Während der „Kostenplanung“ (Kostenbetrachtung in der Planungsphase) werden Kosten elementorientiert betrachtet, also in Form von Elementen, die sie darstellen. Zum Beispiel werden die Kosten eines Gebäudeelements „Wand“ und deren Bestandteile (das Modell wird beschrieben) ermittelt. Ab der Ausführungsphase werden Kosten leistungsorientiert betrachtet. Es werden also die Leistungen nach Gewerken zur Herstellung des Gebäudes werden beschrieben. Daher ist es in der Kostenplanung hilfreich, Kosten der Feinelemente zu deren übergeordneten Grobelementen und Kostengruppen zu aggregieren. Dies wird von der AVA-Software in der Regel nicht unterstützt (Abbildung 18).

Der Prozess der Planung könnte als „Top down“ (größere Strukturen werden schrittweise in immer kleinere geteilt / granuliert) beschrieben werden. Der Prozess der Ausführung (Gebäudeerrichtung) könnte als „Bottom up“ (größere Strukturen werden aus kleineren

zusammengesetzt / aggregiert). Geplant wird vom „Groben ins Feine“, gebaut wird vom „Kleinen ins Große“.

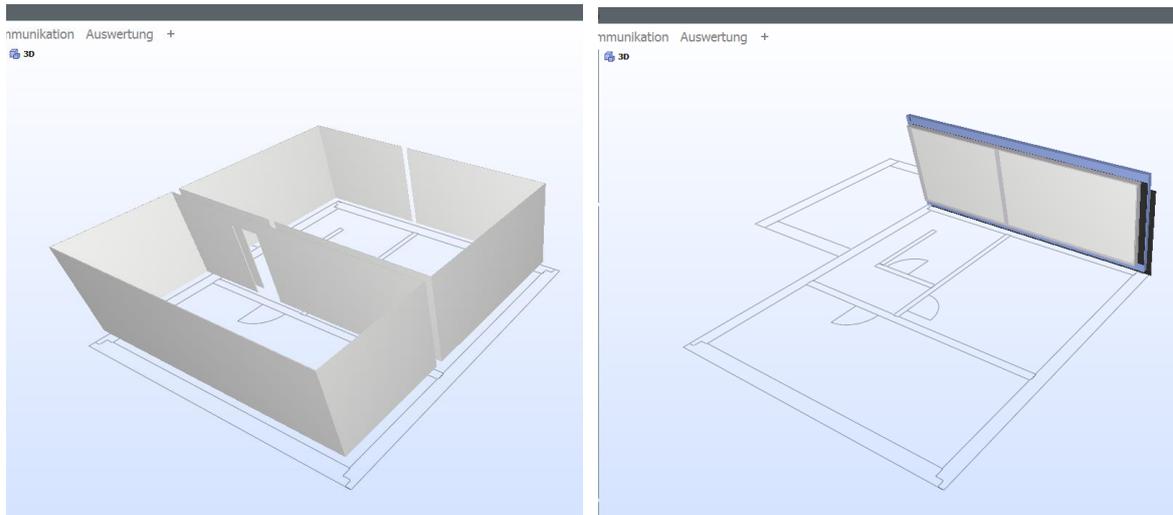


Abbildung 18 Vergleich leistungsorientiert (links) und elementorientiert (rechts)

### 3.4.1. Kostenkennwerte

Um Kosten möglichst genau voraus planen zu können, werden, abhängig von der Projektphase und des Bauwerks, unterschiedliche Kostenkennwerte (bzw. Kostenrichtwerte) für verschiedene Bezugsmengen und Bezugseinheiten (Qualitätsmerkmale) benötigt. Kostenkennwerte sind monetäre Gegenwerte für definierte Mengen- und Qualitätseinheiten.

Der Logik der Anwendung von Kostenkennwerten liegt folgende Hypothese zugrunde:

*„Eine bestimmte Leistung, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmte Kosten verursacht hat, verursacht zu einem späteren Zeitpunkt unter Berücksichtigung bekannter, geänderter Rahmenbedingungen ähnliche Kosten. Aus den Kosten eines bereits realisierten Bauvorhabens müssten sich somit Kostenkennwerte (Kosten/Kosteneinheit) ableiten lassen, welche für die Ermittlung der voraussichtlichen Kosten eines geplanten neuen Bauvorhabens herangezogen werden können.“<sup>43</sup>*

Die Wahl der Kennwerte richtet sich nach der Art der Qualitätseinheiten. Die Auswahl dieser ist wesentlich von der Projektphase abhängig, da je nach Projektphase ein unterschiedlicher Informationsgehalt in der Planung enthalten ist. Die Auswahl nimmt mit fortschreitender Projektphase zu.

<sup>43</sup> Krautgartner, Martin; Reiner, Horst: Vortrag Kostenrelevanz im Planungsprozess, TU Wien, 2017

Hinsichtlich der Qualitätseinheiten werden folgende Methoden der Kostenermittlung unterschieden:

- **Nutzungsbezogene Qualitätseinheiten (Kostenziel)**

Werden üblicherweise in der Projektentwicklungsphase zur Erstellung des Kostenziels herangezogen. z.B. €/Bett, €/Sitzplatz, €/Stellplatz, €/Büroarbeitsplatz, .

- **Gebäudebezogene Qualitätseinheiten (Kostenschätzung)**

Werden üblicherweise in der Vorbereitungsphase zur Erstellung des Kostenrahmens (1. Gliederungsebene – Kostengruppen nach ÖNORM B 1801-1:2006) herangezogen. z.B. €/m<sup>2</sup>-BGF oder €/m<sup>2</sup>-NF-Sanitär, €/m<sup>2</sup>-NF-Büro, ...<sup>44</sup>

- **Bauelementbezogene Qualitätseinheiten (Kostenrahmen)**

Werden üblicherweise in der Vorentwurfsphase zur Erstellung der Kostenschätzung (2. Gliederungsebene – Grobelemente nach ÖNORM B 1801-1:2006) herangezogen. z.B. €/m<sup>2</sup>-Außenwand, €/m<sup>2</sup>-Innenwandflächen, €/m<sup>2</sup>-Flachdach, €/m<sup>2</sup>-Fensterfläche, ...

- **Elementtypbezogene Qualitätseinheiten (Kostenberechnung)**

Werden üblicherweise in der Entwurfsphase zur Erstellung der Kostenberechnung (3. Gliederungsebene – Elemente nach ÖNORM B 1801-1:2006) herangezogen. z.B. €/m<sup>2</sup> Stahlbetondecke 20cm 120kg/m<sup>3</sup>,

- **Ausführungsorientierte Qualitätseinheiten (ab Kostenanschlag)**

Leistungspositionen der Leistungsgliederung nach ÖNORM B 1801-1:2006, in Anlehnung an die LB-HB (Leistungsbeschreibung Hochbau). z.B. €/m<sup>3</sup> Beton für Decke (2.H07...ULG), €/m<sup>2</sup> Deckenschalung (2.H07...ULG), €/kg Bewehrung, ...<sup>45</sup>

Die Kostenkennwerte können einer Baukostendatenbank wie z.B. der Baukostendatenbank der BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern) entnommen werden (= externe Preisdatenbanken).

Besser ist allerdings die Bildung von Kostenkennwerten durch gezielte Nachkalkulation von bereits realisierten und abgerechneten Projekten (= interne Preisdatenbanken). Ähnlich wie

---

<sup>44</sup> BGF=Brutto-Grundfläche: „Die Brutto-Grundfläche ist die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes. ...“; NF=Nutzfläche: „Die Nutzfläche dient der Nutzung des Bauwerkes aufgrund seiner Zweckbestimmung. ...“ [Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1800:2013. Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen. 01.08.2013. S.9]

<sup>45</sup> ULG=Unterleistungsgruppe: 3.Ebene der Leistungsgliederung – beinhalten Leistungspositionen [Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. S.13]

ein Bauunternehmen für seine Kalkulationen Leistungsansätze aufbaut und diese durch Nachkalkulation von abgeschlossenen Projekten laufend verfeinert.

Je nach Projektanforderung werden Kostenkennwerte für sehr spezifische Elemente (z.B. Prototypen oder Sonderanfertigungen) benötigt, welche nur auf Basis von Annahmen oder dem Einholen von Richtpreisanfragen zu erlangen sind. Richtpreisanfragen sind allerdings bei Anwendung des Bundesvergabegesetz im Rahmen von öffentlichen Aufträgen nicht zulässig.<sup>46</sup>

### **3.4.2. Kostenfaktoren**

Baukosten werden durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst. Teilweise sind diese Faktoren außerhalb der Beeinflussbarkeit des Planers. Nicht nur entwurfsbezogene Faktoren (auf diese hat der Planer maßgeblichen Einfluss), sondern auch allgemeine wirtschaftliche und projektbezogene Faktoren bestimmen die tatsächlichen Baukosten.

#### **Allgemeine wirtschaftliche Faktoren:**

Diese sind projekt- und entwurfsunabhängige, kostenbeeinflussende Faktoren der Wirtschaft:

- Auftragslage am Baumarkt
- Arbeitsmarkt und Löhne Allgemein
- Zinsniveau
- Stahlpreise, Energiepreise, ...

#### **Projektbezogene Faktoren:**

Diese sind entwurfsunabhängige, kostenbeeinflussende Faktoren, die abhängig von Randbedingungen spezifischer Projekte sind.

- Bauherr (öffentlich / privat, Attraktivität des Bauherrn)
- Größe des Projektes
- Qualität und Art der Ausschreibung (öffentlich oder privat, konstruktiv oder funktional)
- Wettbewerbssituation am Vertragsort

---

<sup>46</sup> Vgl. Wetzstein, Thomas: Kostenermittlung von Hochbauprojekten im Planungsprozess – Evaluierung der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren. Wien. Technische Universität, Diplomarbeit, 2011. S.229

- Terminpläne
- Lage (Erschließung, Zugänglichkeit, Topographie und Bodenbeschaffenheit)
- Jahreszeit und spezifische Wetterphänomene am Vertragsort

#### **Entwurfsbezogene Faktoren:**

Diese sind vom Bauelement abhängige und vom Planer unmittelbar beeinflussbare Faktoren. Sie sind im Planungsmodell abgebildet und können somit als Eingangswerte in der Berechnung Berücksichtigung finden.

- Ausstattungsqualitäten (Baustoffe, spezielle technische Spezifikationen, spezielle Oberflächen, ...)
- Mengen und Teilmengen dieser Ausstattungen (z.B. Betonierabschnitte, ...)
- Geometrien dieser Ausstattungen (Grundrissform, Bauteilformen, Spannweiten, Auskragungen, Geschosszahlen, ...)
- Einbausituationen dieser Ausstattungen (Platzverhältnisse, Geschoss, Innen oder Außen, ...)

Allgemeine wirtschaftliche und projektbezogene Faktoren sind für die Kostenberechnung schwer fassbare Größen. In Kostenkennwerten sind gewöhnlich nur entwurfsbezogene Faktoren abhängig von Ausstattungsqualitäten (seltener auch von Geometrien, Mengen und Einbausituationen) abgebildet.

#### **3.4.3. Errichtungskostenberechnung**

Die Projektphase Entwurf beinhaltet das Durcharbeiten des grundsätzlichen Lösungsvorschlages (Vorentwurf). Basis der Kostenberechnung ist das Entwurfsmodell (Entwurfpläne, Entwurfsbeschreibung, Berechnungen, Erläuterungen, Finanzierung und ein genereller Ablaufplan).<sup>47</sup> Das Planungsmodell bildet in dieser Phase ein funktionales und ästhetisches Gebäudemodell ab, das bauphysikalischen und statischen Bemessungen sowie baurechtlichen Erfordernissen entspricht. Bis zum Ende dieser Projektphase werden alle Bestellqualitäten definiert, somit steht ein ausführungsfähiges Modell zur Verfügung.

Die Methode der Kostenermittlung kann prinzipiell frei gewählt werden, nur die Struktur der Kostengliederung ist normiert. Wie Abbildung 19 zeigt, bietet das Planungsmodell die

---

<sup>47</sup> Vgl. Siemon, Klaus D.: Baukosten bei Neu- und Umbauten. Planung und Steuerung. 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien. 2012. S.142

Grundlagen (Mengen und Qualitäten) zur Ermittlung der Baukosten. Diese gliedern sich entsprechend der Struktur der ÖNORM B 1801-1:2009 in die Kostengruppen 1-6, gemäß der 1. Gliederungsebene. Wie in Kapitel 3.2.2 bereits erwähnt, sind die Kostengruppen weiter in Grobelemente (2. Ebene) und Elemente (3. Ebene) gegliedert. Die für die Kostenberechnung ermittelten Kosten müssen bis in die 3. Ebene (siehe Abbildung 14) gegliedert werden, Abbildung 19 zeigt dies schematisch für die 1. Ebene.

Für die Kostengruppen 1 bis 6 (Baukosten), werden Mengen von Elementtypen (Qualitätseinheiten) aus dem Planungsmodell bezogen und mit zu diesen passenden Kostenkennwerten multipliziert. Die Kosten der Kostengruppen 7, 8 und 9 sind in der Regel von den Baukosten abhängig und können zum Beispiel als Prozentsatz dieser ermittelt werden.

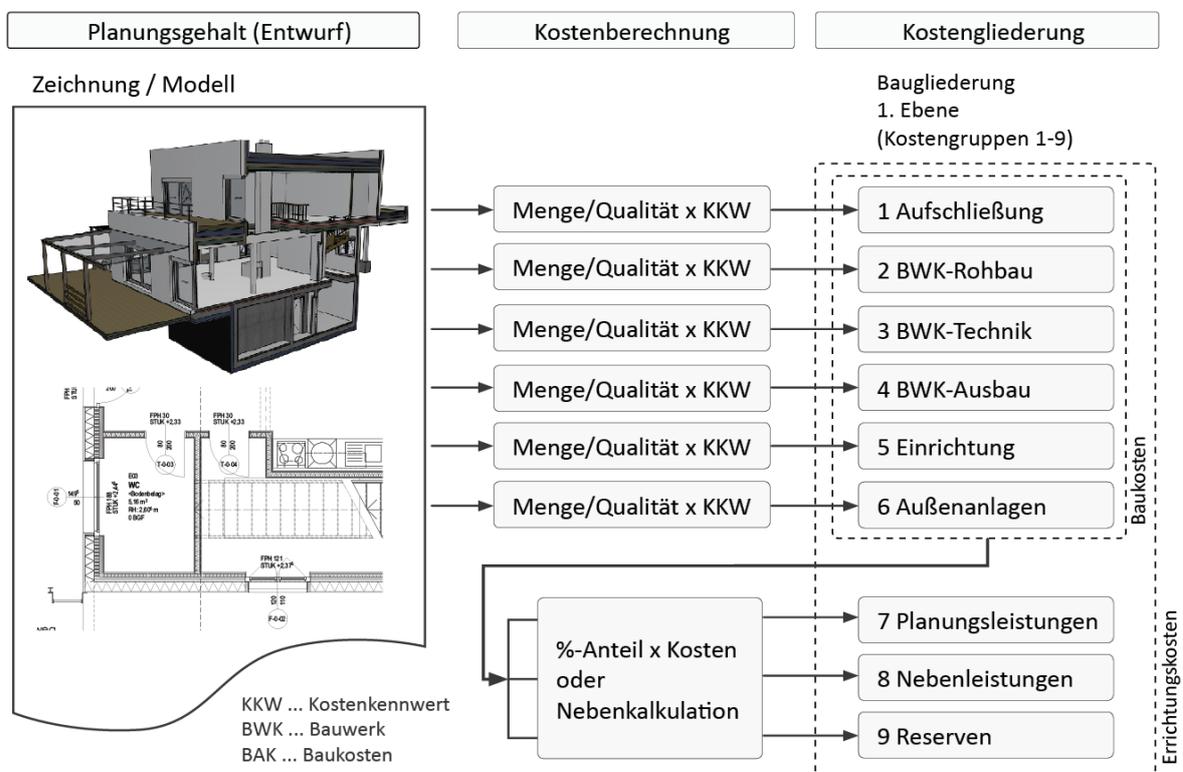


Abbildung 19 Grundschemata der Ermittlung von Errichtungskosten

Abbildung 19 zeigt eine gängige Methode zur Kostenberechnung. Dabei werden die Gebäudeelemente (Modellelemente) des Planungsmodells in Elementtypen entsprechend vorliegender Kostenkennwerte zerlegt. Für diese werden Kosten ermittelt und entsprechend der Norm-Gliederung den Kostengruppen bis in die 3. Ebene zugewiesen. Gemäß ÖNORM B 1801-1:2009 können Elementtypen grundsätzlich frei definiert werden solange sie der 3. Ebene der Baugliederung zugeordnet werden können. Statistisch gesehen liefert eine größere Anzahl an einzelnen Annahmen ein genaueres Ergebnis als wenige größere Annahmen. Je kleiner die Qualitätseinheiten gewählt werden, desto genauer wird die Berechnung. Erfahrungsgemäß gilt, je größer die Vielzahl der

Einzelansätze zur Kostenermittlung gewählt wird, desto höher ist die Sicherheit der Kostenaussage.<sup>48</sup>

Abbildung 20 zeigt am Beispiel einer mehrschichtigen Decke (Flachdach mit Terrassenbelag und abgehängter Decke) diese Zerlegung des Aufbaus in Kosteneinheiten (Bauteilschichten oder Bauteilschicht-Gruppen) und deren Zuordnung zu den Kostengruppen bis in die 3. Ebene gemäß ÖNORM B 1801-1:2009 (im Beispiel „2D.01 Deckenkonstruktionen“, „4B.03 Balkon-/Terrassenbeläge“ und „4D.03 Deckenverkleidungen“). Bei mehrschichtigen Bauteilen muss die Differenzierung der Qualitäten mit der Kostenzuordnung kompatibel sein. Im Beispiel werden die Bauteilschichten Holzbelag und Unterkonstruktion als eine Kosteneinheit pro Bezugsmenge betrachtet da für diese Einheit ein Kostenkennwert („LB80.31 Holzbelag Lärche inkl. Unterkonstruktion“) vorliegt. Da diese beiden Bauteilschichten dem Element „4B.03 Balkon-/Terrassenbeläge“ zugewiesen werden, ist dies mit der Kostenzuordnung vereinbar. Die Qualitätseinheiten können zusammen betrachtet werden, wenn sie demselben Element zugeordnet werden.

Die Kosten der in Abbildung 20 beschriebenen Elementtypen können wiederum aus ausführungsorientierten Leistungspositionen zusammengesetzt werden. Abbildung 21 zeigt am Beispiel des Elementtyps „Stahlbetondecke 20cm“, dass sich die Kosten aus den Leistungspositionen Beton, Schalung Untersicht, Randschalung, Bewehrung Stabstahl, Bewehrung Matten und Nebenpositionen zusammensetzen.

*„Bei gleichzeitiger Anwendung von Baugliederung und Leistungsgliederung werden die Elementtypen aus einzelnen Leistungspositionen der Leistungsgliederung gebildet. Damit wird eine direkte Verknüpfung der beiden Gliederungen hergestellt. Daten können damit in allen Ebenen der beiden Gliederungen gleichzeitig bearbeitet, dargestellt und ausgewertet werden.“<sup>49</sup>*

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Berechnung der Bauelemente des BIM-Modells nur bis zum Elementtyp differenziert (nicht bis auf Leistungspositionsebene). Zum Beispiel wird die Menge einer Qualitätseinheit „Stahlbetondecke 20cm“ mit einem Kostenkennwert pro Mengeneinheit für diese verknüpft und damit die Kosten dieses Elementtyp ermittelt.

---

<sup>48</sup> Vgl. Greiner, Peter; Mayer, Peter E.; Stark, Karlhans: Baubetriebslehre – Projektmanagement, Erfolgreiche Steuerung von Bauprojekten.4., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2009. S.93

<sup>49</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. S.31

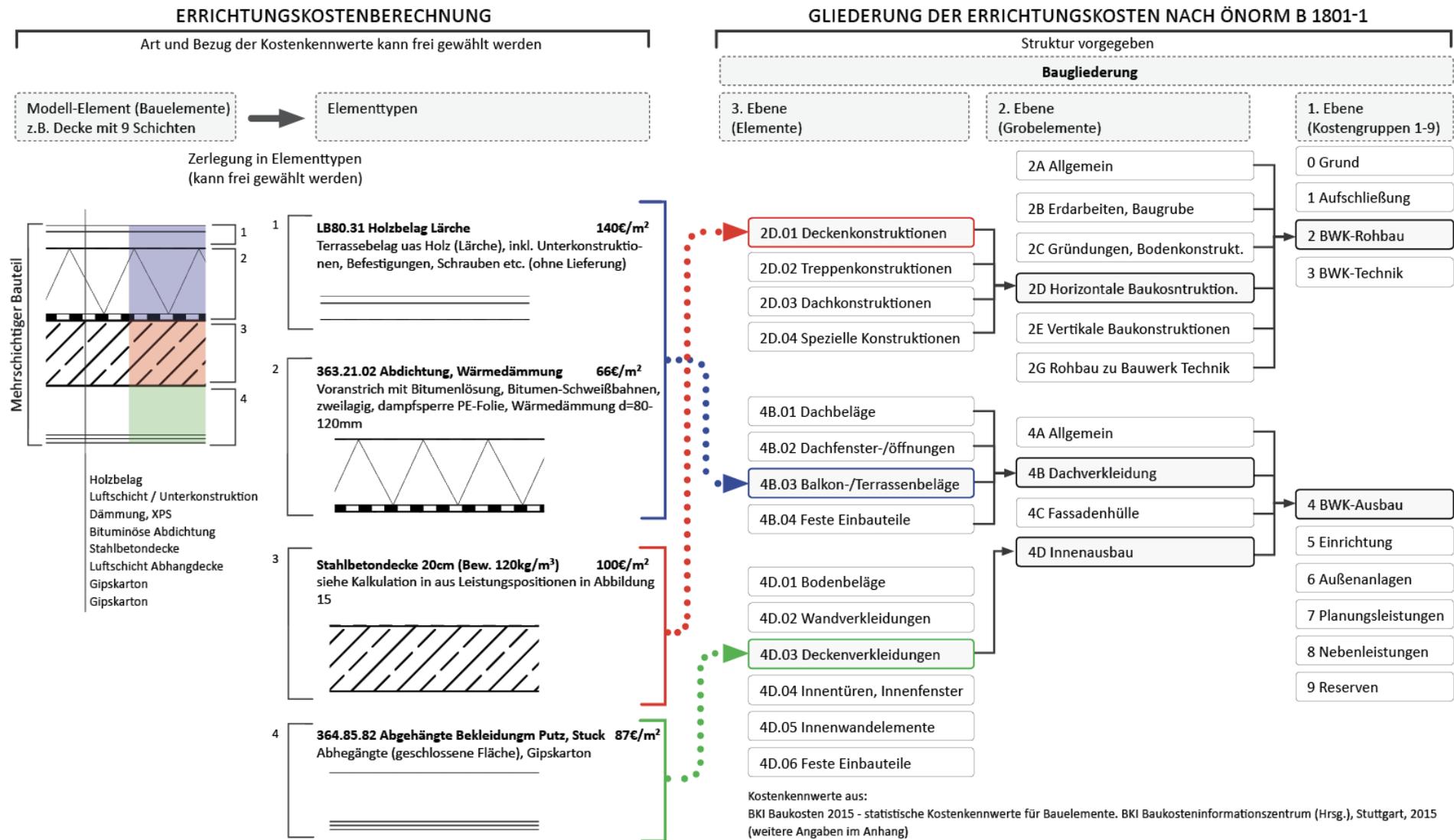


Abbildung 20 Beispiel Zerlegung eines Aufbaus in Kosteneinheiten und Kostenzuweisung

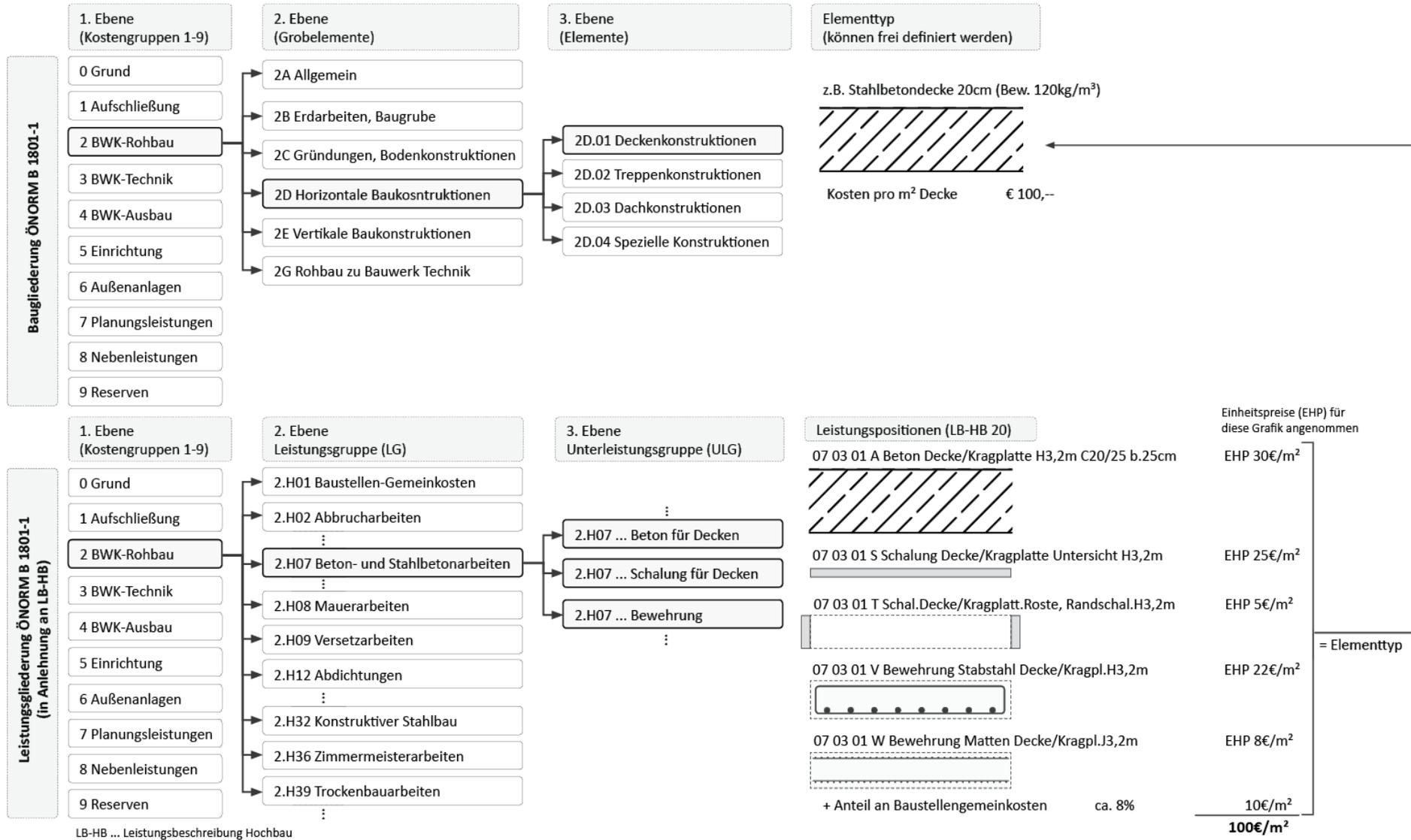


Abbildung 21 Beispiel Zusammensetzung Elementtyp aus Leistungspositionen

### 3.5. Ermittlung von Objekt-Folgekosten

Folgekosten sind Kosten, die ein Gebäude von der Inbetriebnahme bis zur Objektbeseitigung verursacht. Objekt-Folgekosten beinhalten Nutzungskosten (fallen regelmäßig an) und Erneuerungsinvestitionen (fallen unregelmäßig an) über einen Betrachtungszeitraum. Lebenszykluskosten setzen sich aus den Errichtungskosten und den Objekt-Folgekosten zusammen (siehe Abbildung 15). Errichtungs- und Folgekosten beeinflussen sich gegenseitig. Eine höhere Investition in Errichtungskosten kann Folgekosten nachhaltig verringern und damit zu geringeren Lebenszykluskosten führen. In der Planungsphase ist daher abzuwiegen, in welche der beiden eher investiert werden soll.

#### 3.5.1. Folgekostenberechnung

Im Rahmen dieser Arbeit wird vor allem die objektspezifische Ermittlung von Folgekosten betrachtet, bei der bauteilbezogene Kosten anhand von Qualitäten (z.B. Fensterglas) und deren Quantitäten (z.B. Fensterfläche) ermittelt werden. Dabei ist besonders die Betrachtung der Kostengruppen 2 (Inspektion, Wartung, Instandhaltung), 3 (Ver- und Entsorgung), 4 (Reinigung und Pflege) und 7 (Instandsetzung) von Relevanz, da hierfür eine Verbindung mit dem BIM-Modell besonders naheliegend ist (siehe auch Kapitel 4.3 und Tabelle 8).

Zur Berechnung von Folgekosten werden zukünftige Kosten unter Berücksichtigung einer angenommenen Preissteigerung (Nominalwert – siehe Formel 2.2) ermittelt und dann auf den Betrachtungszeitraum akkumuliert.

$$q = 1 + p \quad (2.1)$$

$$k_n = k_0 \cdot q \frac{q^n - 1}{q - 1} \quad (2.2)$$

$k_n$ ...Nominalwert

$p$  ...Preissteigerungsrate

$n$ ...Jahre

$k_0$ ...jährliche Kosten

$q$  ...Preissteigerungsfaktor

---

<sup>50</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-4:2014. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten. 01.04.2014. Abschnitt 5.1

### Barwertmethode

Die Barwertmethode (auch Kapitalwertmethode oder Net Present Value NPV <sup>51</sup> genannt) ist die klassische Betrachtungsweise von Lebenszykluskosten. Dabei werden alle ab einem Referenzzeitpunkt (Zeitpunkt der Übergabe/Übernahme des Objektes oder Zeitpunkt der Erstinvestition) anfallenden Kosten auf den Referenzzeitpunkt abgezinst. Der Barwert ist der auf einen Referenzzeitpunkt bezogene abgezinste Wert zukünftiger Zahlungen. <sup>52</sup>

$$d = 1 + r \quad (2.3)$$

$$k_n = k_0 \left( \frac{q}{d} \right) \frac{\left( \left( \frac{q}{d} \right)^n - 1 \right)}{\left( \left( \frac{q}{d} \right) - 1 \right)} \quad (2.4)$$

$k_n$ ...Barwert  
 $k_0$ ...jährliche Kosten  
 $d$ ...Abzinsungsfaktor  
 $r$ ...jährliche Rendite (Diskontierungszinssatz)  
 $q$ ...Preissteigerungsrate

Der Wahl des Diskontierungszinssatzes kommt dem entsprechend eine besondere Bedeutung zu. Denn je höher er gewählt wird, desto unbedeutender werden Zahlungen, die zu einem späteren Zeitpunkt fällig werden. <sup>54</sup>

Abbildung 22 zeigt das grundsätzliche Schema von Folgekostenermittlungen. Für alle Kostengruppen werden die Kosten der Elemente durch die Elementmenge und ihren entsprechenden Kennwerten für jedes Jahr des Betrachtungszeitraums (z.B. 50 Jahre) ermittelt. Um Gebäude unterschiedlicher Ausführung über einen bestimmten Betrachtungszeitraum vergleichen zu können, werden, für die Betrachtung von zukünftigen Zahlungen, jährliche Preissteigerungen und ein Diskontierungszinssatz berücksichtigt. Die ermittelten Kosten über den Betrachtungszeitraum werden dann in die entsprechenden Kostengruppen akkumuliert.

<sup>51</sup> König, Holger: Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten. TI.1: Bürogebäude. Endbericht. Bonn: Selbstverlag 2009. In: URL: <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20118035241/Endbericht.pdf> (07.12.2017). S.44

<sup>52</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-4:2014. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten. 01.04.2014. Abschnitt 5.2

<sup>53</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-4:2014. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten. 01.04.2014. Abschnitt 5.2

<sup>54</sup> Vgl. Pelzeter, Andrea: Lebenszykluskosten von Immobilien. Schriften zur Immobilienökonomie, Band 36. 1. Auflage. Immobilien Manager Verlag IMV, 2006. S.114

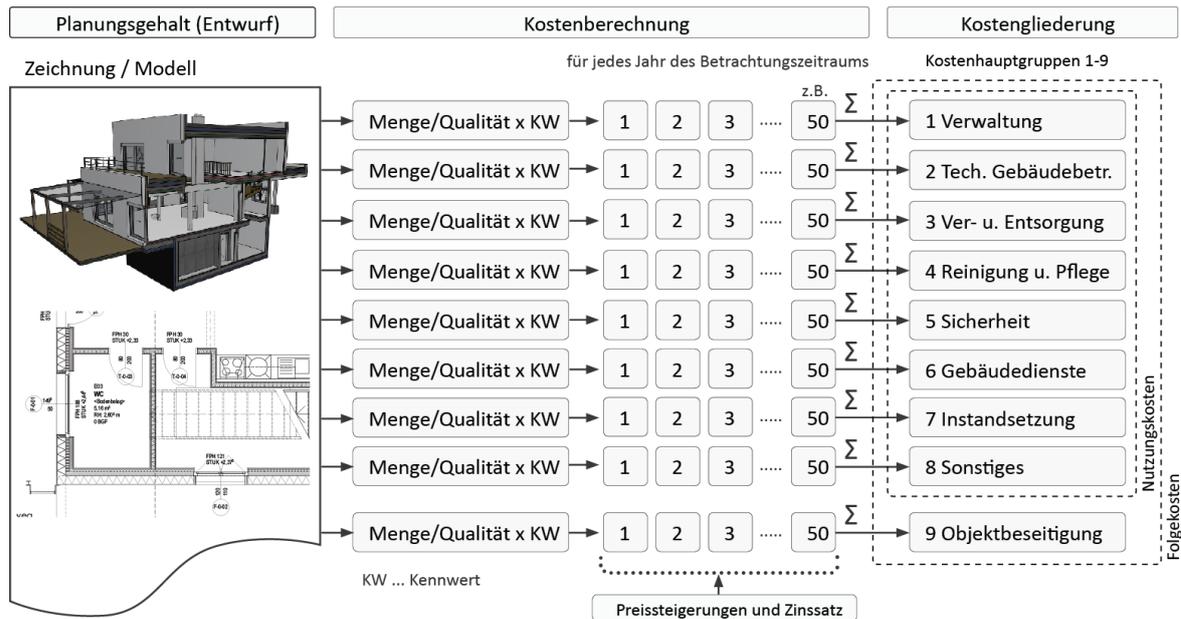


Abbildung 22 Grundschemata der Ermittlung von Folgekosten

Auf den folgenden Seiten wird die Ermittlung von ausgewählten Nutzungskosten beschrieben (Kostengruppen nach ÖNROM B 1801 – 2:2011, siehe Tabelle 1), da diese in der vorliegenden Berechnung Berücksichtigung finden (siehe Kapitel 4.3):

### 3.5.2. Kennwerte und Kostenfaktoren

Quellen für Folgekostenkennwerte sind z.B. LEGEP, BKI oder BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen).

- **Preissteigerung und Zinsen:**

- jährliche Preissteigerung für Dienstleistungen (wie Reinigung, Bewachung, Wartung, Instandsetzung sowie Ver- und Entsorgung ohne Energie)
- jährliche Preissteigerung für Bauleistungen
- jährliche Preissteigerung für Energie
- Diskontierungszinssatz <sup>55 56</sup>

Hierfür gibt es z.B. in der ÖNORM B 1801-4:2014 Festsetzungen.

<sup>55</sup> Vgl. König, Holger: Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten. TI.1: Bürogebäude. Endbericht. Bonn: Selbstverlag 2009. In: URL: <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20118035241/Endbericht.pdf> (07.12.2017). S.45

<sup>56</sup> LEGEP Version 2.7.671 (08.02.17). WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

- **Prozentsatz für Inspektion, Wartung und Instandhaltung:**
  - Prozentsatz der Herstellungskosten für die Wartung
  - Prozentsatz der Herstellungskosten für regelmäßige Instandsetzungen
  - Prozentsatz der Herstellungskosten für pauschale jährliche Instandsetzung (z.B. 1,2% des Wiederbeschaffungswertes)<sup>57</sup>
- **Reinigungsaufwand:**
  - Leistungswerte [h/EH oder €/EH]
  - Reinigungsintervall [Reinigungen/a]
  - Reinigungskosten pro Stunde [€/h]
- **Nutzungsdauer:**
  - wirtschaftliche oder technische Nutzungsdauer der Gebäudeelemente

### **Kostenfaktoren**

Unsicherheiten bezüglich der genannten Berechnungsparameter sind besonders bedeutend, da der Lebenszyklus einer Immobilie im Vergleich zu anderen Wirtschaftsgütern sehr lange ist (50-100 Jahre<sup>58</sup>). Faktoren, welche die Genauigkeit der Vorhersage von Folgekosten maßgeblich beeinflussen, sind unter anderem: <sup>59</sup>

- Erreichen der angenommenen Lebensdauer des Gebäudes
- Tatsächliche Nutzungsdauer der Baustoffe und Produkte
- Tatsächliche Preissteigerungen (für Dienstleistungen, Baustoffe, Energie, usw.)
- Änderung von Nutzungsanforderungen und spätere Umnutzungen
- Technische Entwicklungen
- Zukünftige Besteuerungen und Förderungen

### **3.5.3. Technischer Gebäudebetrieb**

Kostengruppe 2 (Technischer Gebäudebetrieb) beinhaltet Inspektionen, Wartung und Reparaturen (kleine Instandhaltungsarbeiten) von Gebäudeelementen. Dabei sind vor

---

<sup>57</sup> LEGEP Version 2.7.671 (08.02.17). WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

<sup>58</sup> Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin, 2006

<sup>59</sup> Vgl. Pelzeter, Andrea: Lebenszykluskosten von Immobilien. Schriften zur Immobilienökonomie, Band 36. 1. Auflage. Immobilien Manager Verlag IMV, 2006. S.119f

allem mechanische bewegliche Bauteile wie Fenster, Türen, Sonnenschutz und technische Anlagen zu nennen. Diese Kosten werden als regelmäßige Zahlungen über einen Prozentsatz der Herstellkosten des Elements, unter Berücksichtigung einer Preissteigerung und eines Abzinsungsfaktors, für den Betrachtungszeitraum (z.B. 50 Jahre) ermittelt.<sup>60</sup>

#### **3.5.4. Ver- und Entsorgung**

Kostengruppe 3 beinhaltet die Ver- und Entsorgung des Gebäudes mit Wasser und Energie. Diesen Kosten liegen Verbrauchswerte der Energieträger und Wasser zugrunde. Referenzwerte dieser Verbrauchswerte können aus bereits in Betrieb befindlichen Referenzprojekten oder durch thermische Gebäudesimulationen ermittelt werden. Kosten für Ver- und Entsorgung werden durch Multiplikation der Verbrauchswerte mit Kostenkennwerten pro Verbrauchswert, unter Berücksichtigung einer Preissteigerung und eines Abzinsungsfaktors, für den Betrachtungszeitraum ermittelt.<sup>61</sup>

#### **3.5.5. Reinigung und Pflege**

Kostengruppe 4 beinhaltet Aufwände für die Unterhaltsreinigung und Pflege von Öffnungen (Fenster-, Fassaden- und Türflächen), Sanitäranlagen, Bodenflächen, teilweise Wandflächen und Außenanlagen (Plätze, Wege oder Straßen).

Diese Kosten werden auf Basis der zu reinigenden Flächen und Anlagen, dem Reinigungsaufwand je Einheit (Reinigungsleistungswert abhängig von der Oberflächenart z.B. Teppichböden, Parkettböden, Fliesenböden), dem Reinigungszyklus (Reinigungen pro Jahr) und den spezifischen Reinigungskosten je Zeiteinheit (Stundenverrechnungssatz), unter Berücksichtigung einer Preissteigerung und eines Abzinsungsfaktors, für den Betrachtungszeitraum ermittelt.<sup>62</sup>

---

<sup>60</sup> Vgl. ÖGNI (2009). Steckbrief 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus, nbv09-16 edn, Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft

<sup>61</sup> Vgl. ÖGNI (2009). Steckbrief 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus, nbv09-16 edn, Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft

<sup>62</sup> Vgl. ÖGNI (2009). Steckbrief 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus, nbv09-16 edn, Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft

Die Reinigungsfläche ist von der Geometrie abhängig. Der Reinigungsaufwand und das Reinigungsintervall sind sowohl vom Oberflächenmaterial, der Lage im Gebäude als auch vom Hygienestandard (service level <sup>63</sup>) abhängig.

*Tabelle 2 Beispiel Ermittlung von Reinigungskosten*

Reinigungseinheit	Menge [m <sup>2</sup> ]	Leistungs-wert [m <sup>2</sup> /h]	Kosten pro Stunde [€]	Intervall [Reinigungen /Jahr]	Reinigungs-kosten jährlich [€]
keramische Fliesen	500	250	25	100	€ 5.000,00

### 3.5.6. Instandsetzung

Kostengruppe 7 beinhaltet Instandsetzungsarbeiten (Erneuerung) von Gebäudeelementen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer. Es wird zwischen Bauteil-Nutzungsdauer (wirtschaftliche Nutzungsdauer) und Bauteil-Lebensdauer (technische Nutzungsdauer) unterschieden. Nach ÖNORM B 1801-4:2014 werden die Kosten unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer ermittelt. Gebäudeteile haben vielfach kürzere wirtschaftliche Nutzungsdauern als das Gebäude und werden daher im Lebenszyklus des Gebäudes erneuert. Kosten für Erneuerung entsprechen den Errichtungskosten des Elements (nach ÖNORM B 1801 – 1:2009 unter Berücksichtigung der Planungs- und Entsorgungskosten des abgenutzten Bauteils) und werden für den Zeitpunkt des Ablaufs der Nutzungsdauer, unter Berücksichtigung einer Preissteigerung und eines Abzinsungsfaktors, für den Betrachtungszeitraum ermittelt. <sup>64</sup>

<sup>63</sup> König, Holger: Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten. TI.1: Bürogebäude. Endbericht. Bonn: Selbstverlag 2009. In: URL: <http://www.irbnet.de/daten/baupo/20118035241/Endbericht.pdf> (07.12.2017). S.21

<sup>64</sup> Vgl. Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-4:2014. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten. 01.04.2014. Abschnitt 7.2.1

## 4. Entwicklung der Workflows

Die Berechnung erfolgt am Beispiel eines Testgebäudes aus dem Modell der BIM-Authoring-Software Graphisoft ArchiCad 20. Das BIM-Modell dieses Testgebäudes enthält Wände, Decken und Dächer (teilweise mit mehrschichtigen Aufbauten) sowie Stützen, Träger, Fassaden, Fenster, Türen und Einrichtungsgegenstände mit definierten Qualitäten und Mengen.

Die Berechnung ist so konzipiert, dass damit in der Planungsphase Entwurf (Ende Vorentwurf bis zur Festlegung von Bestellqualitäten) der Projektkostenstand nach Norm-Gliederung und eine Lebenszykluskosten-Betrachtung abgefragt werden kann, ohne dafür Zuweisungen tätigen zu müssen. Voraussetzung für die Funktion der Berechnung ist, dass alle zur Modellierung verwendeten Qualitäten (Baustoffe, Aufbauten, Profile, Fenster- und Türoptionen usw.) in der Berechnung mit Errichtungs- und Folgekosten-Kennwerte hinterlegt sind.

Ausgehend von diesem BIM-Modell werden zwei Berechnungsmethoden („BuildingOne-Attribute“ und „Excel“) zur Errichtungs- und Folgekostenberechnung entwickelt und diese mit einer etablierten Methode, „BuildingOne-Kalkulation“ unter Verwendung des Mengenprovider und der Kalkulation-Funktion, verglichen.

### 1. BuildingOne–Kalkulation

Die Funktionen Mengenprovider und Kalkulation in BuildingOne ermöglichen die Identifizierung von gewünschten Qualitäts- und Mengeneinheiten und die Zuweisung dieser Einheiten zu Kostenpositionen, welche in einer Kostengliederung strukturiert sind. Nach Herstellung der notwendigen Mengenprovider und Kostenpositionen erlaubt diese Methode eine Kostenberechnung nach Norm-Gliederung auf „Knopfdruck“ (Synchronisation mit dem ArchiCad-Modell und Berechnen der Kosten in BuildingOne) abzurufen ohne weitere Zuweisungen tätigen zu müssen.

### 2. BuildingOne–Attribute (Rechnen mit variablen Eigenschaften)

Diese Berechnungsmethode läuft in einer bidirektional mit dem BIM-Modell verbundenen SQL Datenbank ab. Es werden Eigenschaften als Formeln formuliert, dadurch sind diese Eigenschaften variabel und dynamisch (deren Wert kann abhängig von einem oder mehreren Eingangswerten sein). Dies ermöglicht die Herstellung aller, für die Berechnung notwendigen, Beziehungen ohne das BIM-Modell dabei zu verlassen. Diese Methode rechnet in den Eigenschaften der

Modellelemente (durch GUID einmalig). Damit können die so berechneten Kosten wieder ins Geometrie-BIM-Modell und in weiterer Folge in eine IFC-Datei übertragen werden.

### 3. ArchiCad-Auswertung und Excel

ArchiCad bietet die Möglichkeit, von bestimmten Modellelementen Mengen- und Qualitätseinheiten auszuwerten und diese Auswertung in eine XLS-Datei zu exportieren. Die Qualitätseinheiten der Auswertung werden in einem entwickelten Excel-Tool mit Kennwerten verknüpft, damit die Kosten für jede Qualität ermittelt und diese anhand von Gliederungsinformationen (z.B. Ebene oder anderen Lageparametern) der richtigen Kostengruppe zugeordnet. Bei dieser Variante wird nicht im BIM-Modell gerechnet, sondern eine BIM-Mengenauswertung in einem Tabellenkalkulationsprogramm monetär ausgewertet.

Abbildung 23 zeigt die grundsätzliche Logik der Berechnungen. Aus dem BIM-Geometrie-Modell werden Mengen- und Qualitätseinheiten bezogen und in der jeweiligen Berechnung mit dazu passenden Kennwerten verknüpft. Jede Berechnung liefert daraus ein Ergebnis. Der Ablauf der Berechnungen wird in Kapitel 4.6 beschrieben.

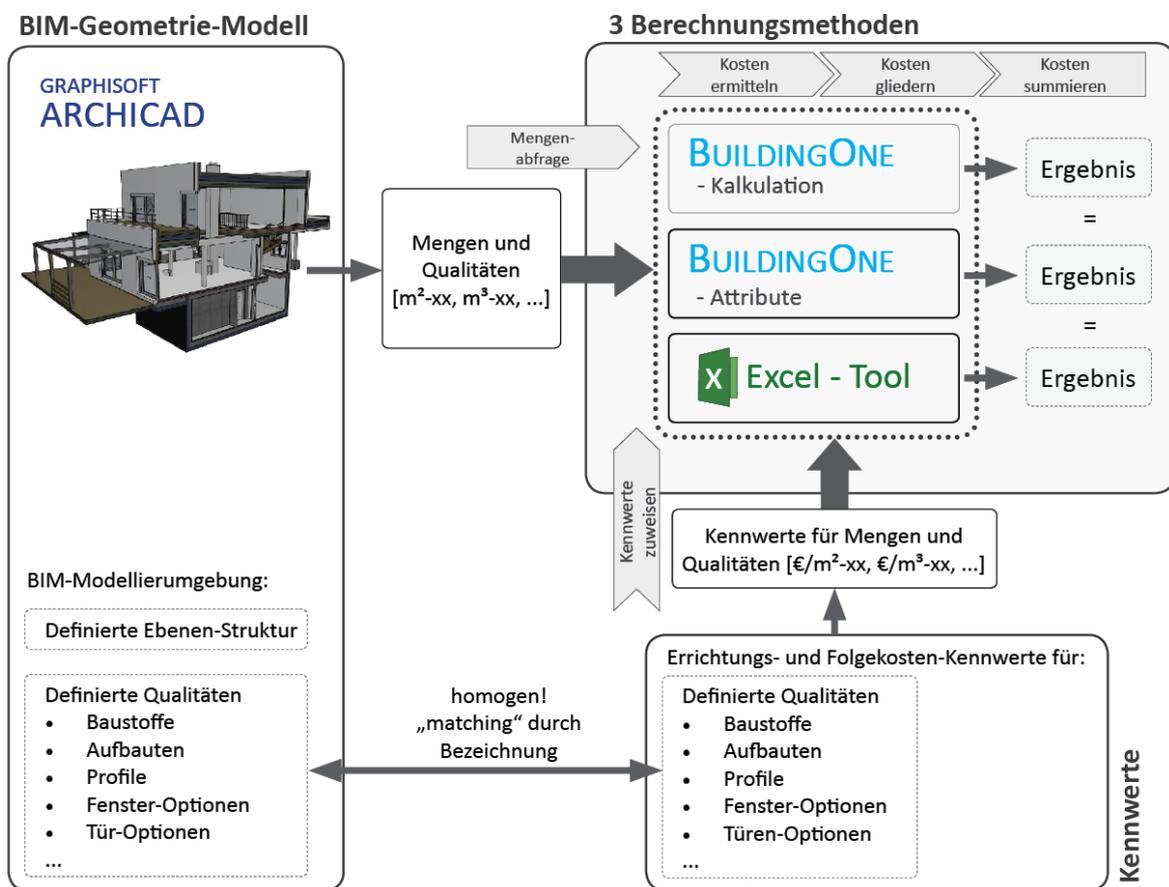


Abbildung 23 Schema Berechnungen

Um die Berechnung zu realisieren, müssen folgende 5 Problemstellungen gelöst werden:

**1. Mengenabfrage:**

Welche Kostengruppen (sowohl von Errichtungs- als auch Folgekosten) können mit Daten aus dem BIM-Modell kalkuliert werden (Kapitel 4.2 und 4.3)?

Mit welchen Modellierungswerkzeugen werden die Bauelemente in ArchiCad modelliert (Kapitel 4.4)?

Welche Mengen- und Qualitätseinheiten müssen dazu herangezogen werden und wie können diese aus dem Modell generiert werden (Kapitel 4.5)?

**2. Kennwerte zuweisen:**

Wie und wo können Kennwerte in die Berechnung eingegeben und mit den dazu passenden Mengen- und Qualitätseinheiten verknüpft werden (Kapitel 4.5)?

**3. Kosten ermitteln:**

Wie und wo können Mengenwerte und Kennwerte multipliziert werden?

**4. Kosten gliedern:**

Wie kann die Zuordnung der kalkulierten Kosten durchgeführt werden (Kapitel 4.6)?

**5. Kosten summieren:**

Wie lassen sich die Kosten in den Berechnungsmethoden summieren und die Ergebnisse darstellen?

Grundlage für die automatisierte Kostenberechnung und deren Gliederung ist eine auf die Berechnung abgestimmte Arbeitsumgebung in der BIM-Authoring-Software. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Standard an Kennwerten für definierte Qualitäts- und Mengeneinheiten und eine darauf abgestimmte ArchiCad-Vorlage-Datei erstellt. Diese Vorlage-Datei stellt einen Standard von Qualitätseinheiten (müssen entsprechend der hinterlegten Kennwerte benannt sein um die automatisierte Verknüpfung mit diesen zu gewährleisten) und einem Ebenen-Set (entspricht einem geringfügig erweiterten Standard-Ebenen-Set von ArchiCad) zur Verfügung. Bei Verwendung dieser Vorlage-Datei ist die Berechnung ohne Zuweisungen kompatibel. Dieser Standard kann praktisch unbegrenzt erweitert werden.

## 4.1. Testgebäude

Für die Überprüfung der Durchführbarkeit wurde ein dreigeschossiges Testgebäude mit Keller, Flachdach und Außenanlagen erstellt. Dieses bildet viele unterschiedliche

Situationen, die in der Berechnung berücksichtigt werden sollen, ab. Das Testgebäude ist so aufgebaut, dass es alle Kostengruppen, Grobelemente und Elemente, die gewöhnlich vom Architekten im Architekturmodell modelliert werden, beinhaltet (siehe Tabelle 3 bis 7).

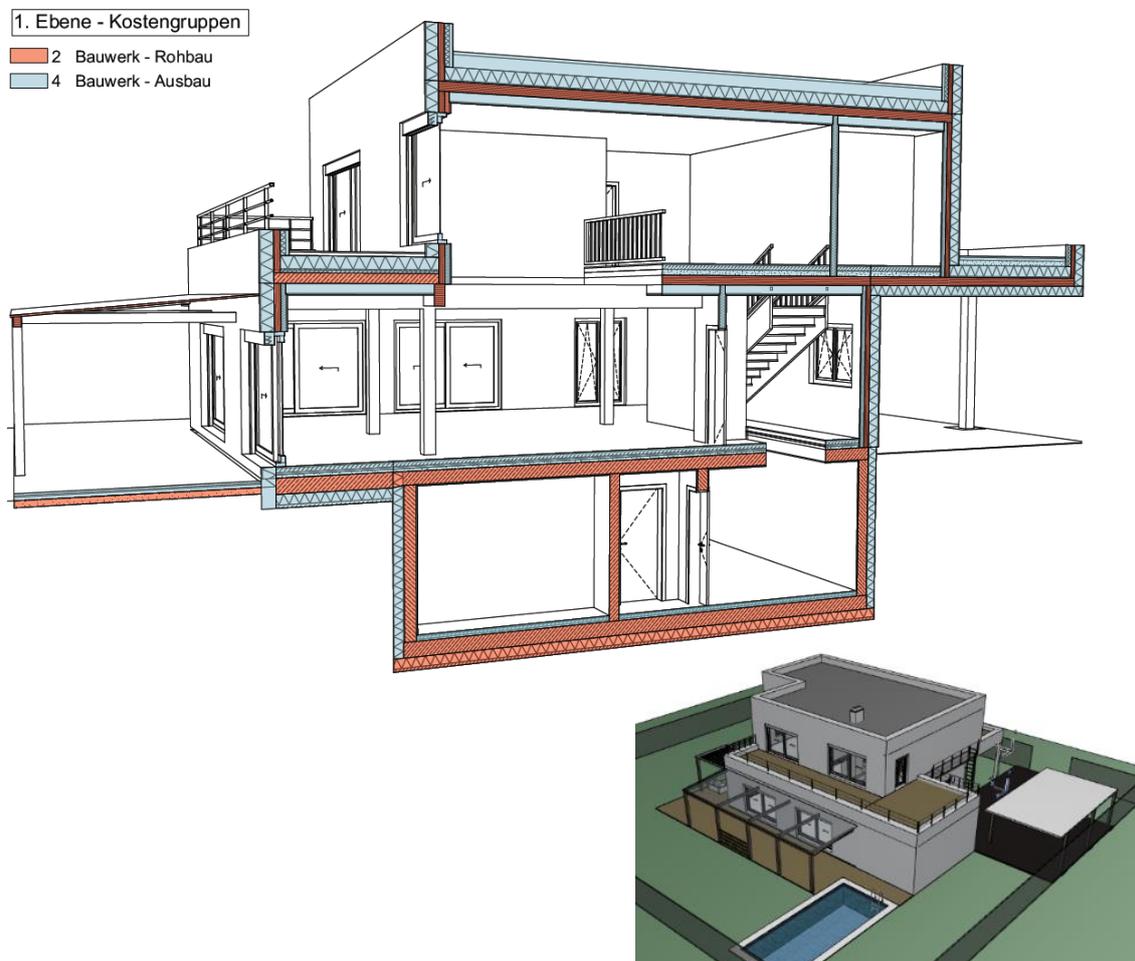


Abbildung 24 Testgebäude

## 4.2. BIM-Modellierung zur Ermittlung von Errichtungskosten

Dieses Kapitel behandelt die Frage, welche Errichtungskostengruppen der ÖNORM B 1801-1:2009 ein Architektur-BIM-Modell in der Projektphase Entwurf abbilden kann. Die Elemente der Norm sind unterschiedlicher Natur. Die Elemente (3. Ebene der Gliederung nach ÖNORM B 1801-1:2009) wurden nach ihrem Leistungsabbild in physische, negativ-physische, temporär-physische, geistige, rechtlich/finanzielle, und sonstige Elemente klassifiziert (für Elemente der Kostengruppen 2, 4, 5, 6 siehe Tabelle 3 bis 6 - Spalte \*). Diese Klassifizierungen werden nachfolgend beschrieben (Angabe der Kostengruppen, in welchen die jeweiligen Elemente enthalten sein können, sind in Klammer angegeben).

## **6. Physische Elemente (in Kostengruppen 0, 1, 2, 3, 4, 5 und 6)**

Physische Elemente sind dauerhafter Bestandteil des Bauwerks und sind damit in der Regel als virtueller Körper Teil des BIM-Geometrie-Modells. z.B. Wandkonstruktionen, Fenster, Türen, Einrichtungsgegenstände, Haustechnische Anlagen, Außenanlagen, usw.

## **7. Negativ-physische Elemente (in Kostengruppen 1)**

Negativ-physische Elemente sind nicht Teil des fertigen Bauwerks, könnten aber als virtueller Körper (als Abbruch) im BIM-Geometrie-Modell abgebildet werden. Vor allem Bestand, der im Zuge des Bauvorhabens ganz oder teilweise abgetragen wird, ist, sofern er für Pläne relevant ist, im BIM-Modell erfasst, z.B. Abbruchmaßnahmen von ganzen Gebäuden oder Gebäudeteilen, kleine Abbruchmaßnahmen wie einzelne Fenster, Türen, Einrichtungsgegenstände, Haustechnische Anlagen, usw. Diese Elemente werden im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet.

## **8. Temporär-physische Elemente (in Kostengruppen 1, 2, 3, 4, 5 und 6)**

Temporär-physische Elemente sind physisch fassbar, könnten also als virtueller Körper im BIM-Geometrie-Modell erfasst werden. Temporär-physische Elemente sind z.B. Baustelleneinrichtung, Baugeräte (Gerüste, Krane, Bagger,...), temporäre Sicherungsmaßnahmen, Provisorien (z.B. Ersatzbetriebseinrichtungen), usw. Diese werden ab der Phase der Auftragskalkulation und Arbeitsvorbereitung der Ausführung genauer behandelt. Deren Modellierung ist somit nicht im Leistungsbild der Projektphase Entwurf und wird daher im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt.

## **9. Geistige Elemente (in Kostengruppen 0, 7 und 8)**

Geistige Elemente bilden Kosten von Dienstleistungen, die zur Gestaltung sowie zur funktionalen-, technischen- und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit des Projekts erforderlich sind. Sie sind nicht physisch und werden daher nicht im BIM-Geometrie-Modell sondern im Rahmen des Managements und der Betriebsführung erfasst. Sie können als Prozentansatz oder Direkteingabe in die Berechnung eingegeben werden. Geistige Elemente sind z.B. Studien, Gutachten, Planung, Bemusterungen, Berechnungen, Management-leistungen usw.

## **10. Rechtlich/finanzielle Elemente (in Kostengruppen 0, 8 und 9)**

Rechtlich/finanzielle Elemente, wie z.B. Erwerb von Rechten, Gebühren, Versicherungen, finanzielle Reserven, usw., sind nicht physisch und daher nicht im BIM-Geometrie-Modell abgebildet.

Weiters wird definiert, welche Elemente (3. Ebene ÖNORM B 1801 – 1:2009) im BIM-Geometrie-Modell abgebildet sind. Denn die Berechnung ist nur verwertbar, wenn abgegrenzt werden kann, welche Elemente durch Mengen und Qualitäten aus dem BIM-Modell generiert werden und welche nicht. Diese, nicht im Modell abgebildeten, Kosten werden über modellunabhängige Kalkulationen als Direkteingabe oder als statistische Prozentsätze, von aus dem Modell ermittelten Elementen, in der Berechnung berücksichtigt. Im Rahmen der Fallstudie werden diese als Annahmen berücksichtigt (siehe 4.7.1).

Tabelle 3 zeigt, welche Kostengruppen und Grobelemente im Rahmen der entwickelten Berechnungen mit Daten aus dem BIM-Modell generiert werden (grün hinterlegt - ausschließlich Kosten die den Kostengruppen 2, 4, 5 und 6 zugeschrieben werden), welche Kosten, als Vereinfachung im Rahmen dieser Berechnung, durch Direkteingaben oder über Prozentanteile in der Berechnung berücksichtigt (rot hinterlegt) und welche Kosten üblicherweise als Direkteingabe aus einer Nebenkalkulation (z.B. Honorarermittlung) in der Berechnung berücksichtigt werden (weiß hinterlegt).

Kosten für den Grunderwerb (Kostengruppe 0) sind nicht Teil der Errichtungskosten (Kostengruppen 1-9) nach ÖNORM B 1801-1:2009. Das Grundstück ist die Grundlage für die Modellierung des BIM-Geometrie-Modells und wird daher als bereits gegeben angenommen. Diese Kosten werden nicht aus dem BIM-Modell bezogen, können aber als Kosten-Direkteingabe in die Berechnung eingegeben werden um auch die Kostengruppensumme Gesamtkosten (GEK) ermitteln und darstellen zu können. Die Kostengruppe 7, 8 und 9 können als Prozentanteil der Baukosten (BAK – Kostengruppen 1-6) oder als Direkteingabe in die Berechnung eingegeben werden. Die in der Berechnung durch Mengen- und Qualitätseinheiten aus dem BIM-Modell betrachteten Kostengruppen 2, 4, 5 und 6 (in Tabelle 3 grün dargestellt) werden in den Tabellen 4 bis 7 genauer beschrieben.

Tabelle 3 Kostengruppengliederung 1. und 2.Ebene und Beschreibung nach ÖNORM 1801-1:2009<sup>65</sup>

Kostengruppe 1. Ebene	Grobelemente 2. Ebene	Beschreibung nach ÖNORM B 1801 - 1	Mengenbezug / Modellierwerkzeug	Eingabe in Berechnung
0 Grund	0A Allgemein	Allgemeine Maßnahmen, Sonstiges zu Allgemein	nicht behandelt	Direkteingabe
	0B Grunderwerb	Erwerb Grund, Erwerb Baurecht		
	0C Grunderwerb-Nebenleistungen	Vorstudien, Gutachten, Wertermittlung, Untersuchung, Gebühren, Steuern		
	0D Spezielle Maßnahmen	Abfindungen, Ablösen von Rechten und Lasten		
1 Aufschließung	1A Allgemein	Besondere Baustelleneinrichtung, Allgemeine Sicherungsmaßnahmen, Sonstiges	nicht behandelt	Direkteingabe
	1B Baureifmachung	Altlastenbeseitigung, Abbruchmaßnahmen, Geländeoberfläche herrichten		
	1C Erschließung	Entsorgungsleitungen, Versorgungsleitungen, Verkehrserschließungen, Sonstige Erschließungen		
	1D Abbruch, Rückbau	Abbruchmaßnahmen, Rückbaumaßnahmen, Baustellenrecycling, Altlastenentsorgung		
	1E Provisorien	Baustellenprovisorien, Bauprovisorien, Verkehrsprovisorien		
2 Bauwerk-Rohbau	2A Allgemein	Besondere Baustelleneinrichtung, Allgemeine Sicherungsmaßnahmen, Sonstiges	-	Direkteingabe oder %-Anteil von Summe 2B-2G
	2B Erdarbeiten, Baugrube	Baugrubenherstellung, Baugrubenumschließung, Wasserhaltung	Freifläche, Morph	Elementmengen x Kostenkennwert
	2C Gründungen, Bodenkonstruktionen	Baugrundverbesserungen, Tiefengründungen, Flachgründungen, Bodenkonstruktionen	Wände, Decken, Dächer, Stützen, Unterzug, Treppen	Elementmengen x Kostenkennwert
	2D Horizontale Baukonstruktionen	Deckenkonstruktionen, Treppenkonstruktionen, Dachkonstruktionen, Spezielle Konstruktionen		
	2E Vertikale Baukonstruktionen	Außenwandkonstruktionen, Innenwandkonstruktionen, Stützenkonstruktionen, Spezielle Konstruktionen		
	2F Spezielle Baukonstruktionen	Spezielle Baukonstruktionen		
	2G Rohbau zu Bauwerk-Technik	Entsorgungsleitungen, Versorgungsleitungen, Rauch- und Abgasfänge		
3 Bauwerk-Technik	3A Allgemein	Besondere Baustelleneinrichtung, Allgemeine Sicherungsmaßnahmen, Sonstiges	-	Direkteingabe oder %-Anteil von Summe 3B-3I
	3B Förderanlagen	Aufzugsanlagen, Fahrtreppen, Befahranlagen, Transportanlagen, Krananlagen	nicht behandelt	m <sup>2</sup> BGF x Kostenkennwert
	3C Wärmeversorgungsanlagen	Wärmeerzeugungsanlagen, Wärmeverteilnetze, Raumheizflächen		
	3D Klima-/Lüftungsanlagen	Lüftungsanlagen, Teilklimaanlagen, Klimaanlagen, Kälteanlagen, Prozesslufttechnische Anlagen		
	3E Sanitär-/Gasanlagen	Abwasseranlagen, Wasseranlagen, Gasanlagen, Feuerlöschanlagen		
	3F Starkstromanlagen	Hoch-/Mittelspannungsanlagen, Eigenstromversorgung, Niederspannungsschaltanlagen, Niederspannungsinstallation, Beleuchtungsanlagen, Blitzschutzanlagen		
	3G Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	Telekommunikationsanlagen, Such-/Signalanlagen, Zeitdienstanlagen, Elektroakustische Anlagen, Fernseh-/Antennenanlagen, Gefahrenmelde-/Alarmanlagen, Übertragungsnetze		
	3H Gebäudeautomation	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen		
	3I Spezielle Anlagen	Maschinenanlagen, Mechatronische Anlagen		
4A Allgemein	Besondere Baustelleneinrichtung, Allgemeine Sicherungsmaßnahmen, Sonstiges	-		
4 Bauwerk-Ausbau	4B Dachverkleidung	Dachbeläge, Dachfenster/-öffnungen, Balkon-/Terrassenbeläge, Feste Einbauteile	Wände, Decken, Dächer, Stützen, Unterzug, Fenster, Dachfenster, Türen, Fassaden, Objekte, Treppen	Elementmengen x Kostenkennwert
	4C Fassadenhülle	Fassadenverkleidungen, Fassadenöffnungen, Sonnenschutz, Feste Einbauteile, Außenhülle erdberührt		
	4D Innenausbau	Bodenbeläge, Wandverkleidungen, Deckenverkleidungen, Innentüren, Innenfenster, Innenwandelemente, Feste Einbauteile, Spezielle Innenausbauanteile		
	5A Allgemein	Besondere Baustelleneinrichtung, Allgemeine Sicherungsmaßnahmen, Sonstiges		
5 Einrichtung	5B Betriebseinrichtungen	Küchentechnische Anlagen, Wäscherei-/Reinigungsanlagen, Medienversorgungsanlagen, Medizintechnische Anlagen, Labortechnische Anlagen, Badetechnische Anlagen, Kälteanlagen, Entsorgungsanlagen, Automationssysteme, Zentrale Einrichtungen, Allgemeine betriebliche Einrichtungen, Besondere betriebliche Einrichtungen	Objekte	Elementmengen x Kostenkennwert
	5C Ausstattungen, Kunstwerke	Allgemeine Ausstattungen, Besondere Ausstattungen, Leitsysteme, Kunstobjekte		

▼ Fortsetzung nächste Seite ▼

▲ Fortsetzung vorige Seite ▲

6 Außenanlagen	6A	Allgemein	Besondere Baustelleneinrichtung, Allgemeine Sicherungsmaßnahmen, Sonstiges	-	Direkteingabe oder %-Anteil von Summe 6A-6D
	6B	Geländeflächen	Geländegestaltung, Oberbodenbearbeitung, Sicherungsbauweisen, Pflanzen, Begrünung Gelände, Begrünung Bauteile, Wasserflächen	Wände, Decken, Dächer, Objekte	Elementmengen x Kostenkennwert
	6C	Befestigte Flächen	Gehwege, Fahrwege, Plätze, Stellplätze, Höfe, Sport-/Spielplatzflächen		
	6D	Bauteile Außenanlagen	Einfriedungen, Ausstattungen		
7 Planungsleistungen	7A	Allgemein	Sonstiges	nicht behandelt	Direkteingabe oder %-Anteil von 1-6
	7B	Bauherrenleistung	Projektleitung Bauherr, Sonstige Bauherrenleistungen		
	7C	Planungsleistung	Projektleitung Planung, Planungsleistungen, Sonstige Planungsleistungen		
8 Nebenleistungen	8A	Allgemein	Sonstiges	nicht behandelt	Direkteingabe oder %-Anteil von 1-6
	8B	Baunebenleistungen	Bewilligungen, Abnahmen, Anschlussgebühren, Versicherung, Bewirtschaftung, Schlechtwettermaßnahmen, Bodenproben, Untersuchungen, Sicherheit am Bau Finanzierung während Bauzeit, Sonstige Baunebenleistungen		
	8C	Planungsnebenleistungen	Vervielfältigungen, Bemusterungen, Sonstige Planungsnebenleistungen		
9 Reserven	9A	Allgemein	Sonstiges	nicht behandelt	Direkteingabe oder %-Anteil von 1-6
	9B	Reservemittel Budget	Reserven Unvorhergesehenes, Reserven Preisanpassungen, Reserven Bauherrenentscheid		
	9C	Reservemittel Steuerung	Reserven Marktschwankungen, Reserven Qualitäts-/Quantitätsanpassungen		

Mengen- und Qualitätsbezug aus dem Architektur-BIM-Modell im Rahmen dieser Arbeit behandelt
Mengen- und Qualitätsbezug aus dem Architektur-BIM-Modell sinnvoll, aber im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt
Mengen und Qualitäten der Elemente im Architektur-BIM-Modell definieren Verbrauchswerte, aber nicht direkt aus dem diesem be
Mengen- und Qualitätsbezug aus dem BIM-Modell nicht sinnvoll

Kosten der Kostengruppe 3 - Bauwerk-Technik (haustechnische Komponenten und Leitungen) werden über quadratmeterbezogene Kostenkennwerte über die Brutto-Grundfläche (BGF) berücksichtigt. Ein Großteil dieser Komponenten können in der Basisversion von ArchiCad nicht ausreichend modelliert werden (sind nur mit einem Add-On, wie z.B. dem HKLSE-Modeller (Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär, Elektro) oder in externer Haustechnikplanungssoftware modellierbar) und werden daher im Rahmen dieser Arbeit nicht aus tatsächlichen Elementmengen kalkuliert. Diese Komponenten und deren Mengen sowie Ausstattungen werden in der Regel auch nicht direkt vom Architekt definiert. Das Element „3E.02“ beinhaltet Sanitäranlagen, diese sind im Architektur-BIM-Modell abgebildet und können mit der entwickelten Berechnung auch als Objekt berechnet werden. Im Rahmen dieser Berechnung werden aber alle Elemente der Kostengruppe 3 über quadratmeterbezogene Kostenkennwerte über die Brutto-Grundfläche ermittelt.

In den Tabellen 4 bis 7 sind alle Elemente der Kostengruppen 2, 4, 5 und 6 der ÖNORM B 1801-1:2009, mit einer Beschreibung der darin enthaltenen Bauelemente und der Angabe mit welchen Modellierwerkzeugen (werden im Kapitel 4.4 beschrieben) diese Kostengruppen in der aktuellen Konfiguration der Berechnung modelliert werden können, angeführt.

<sup>65</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. Abschnitt 5.3.1

Die in den Tabellen 4 bis 7 grün hinterlegten Elemente sind durch die, im Rahmen dieser Arbeit, entwickelte Berechnung durch Elementmengen aus dem BIM-Modell automatisiert berechenbar. In den nachfolgenden Tabellen weiß hinterlegte Elemente werden in der aktuellen Konfiguration der Berechnung nur über Kosten-Direkteingaben oder als Prozentsatz von, durch die Berechnung ermittelte, Kosten berücksichtigt.

Zur Modellierung der Elemente (3. Ebene) kann es sinnvoll sein, unterschiedliche Modellierwerkzeuge für ein Element zu verwenden. Zum Beispiel kann eine Tiefengründung mit dem Wand- (z.B. Schlitzwand) oder mit dem Stützen-Werkzeug (z.B. Pfahlgründung) modelliert werden, beides kann sinnvoll sein. Unter Beachtung der im Weiteren beschriebenen Regeln bezüglich der Verwendung von Baustoffen und Ebenen werden sowohl Stützen als auch Wände gegebenenfalls (abhängig von der Ebene) richtigerweise automatisch zum Element „2C.02 Tiefengründungen“ zugeordnet. Die dazugehörige Beschreibung der Modellierwerkzeuge in ArchiCad erfolgt in Kapitel 4.4.

Tabelle 4 Modelldarstellung der Kostengruppe 2 (ÖNORM 1801-1)

Elementgliederung und Beschreibung nach ÖNORM 1801-1:2009<sup>66</sup>

Kostengruppe 3. Ebene lt. ÖNORM B 1801-1		*	Beschreibung lt. ÖNORM B 1801-1	Mengenbezug / Modellierwerkzeug im Rahmen dieser Berechnung			
2 Bauwerk - Rohbau	2A.01	Besondere Baustelleneinrichtung	T	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders beauftragten Baustelleneinrichtung	als Direkteingabe oder als Prozentsatz von 2B-2G (einmalige und zeitgebundene Kosten)		
	2A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen	T	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z. B. Unterfangungen, Abstützungen, Gerüstungen			
	2A.03	Sonstiges zu Bauwerk-Rohbau	A	Sonstige allgemeine Maßnahmen zu Bauwerk-Rohbau			
	2B.01	Baugrubenherstellung	P	Bodenabtrag, Aushub einschließlich Arbeitsräumen und Böschungen, Lagern, Hinterfüllen, Ab- und Anfuhr	Morph	Freifläche	
	2B.02	Baugrubenumschließung	T	Verbau, z. B. Schlitz-, Pfahl-, Spund-, Bohl-, Injektions- und Spritzbetonwände einschließlich Verankerung, Absteifung	als Direkteingabe oder als Prozentsatz der Baugrube (einmalige und zeitgebundene Kosten)		
	2B.03	Wasserhaltung	T	Grund- und Schichtwasserentfernung während der Bauzeit			
	2C.01	Baugrundverbesserungen	P	Bodenaustausch, Verdichtung, Einpressen			
	2C.02	Tiefengründungen	P	Schlitzwände, Pfahlgründungen, Brunnengründungen u. a. einschließlich Roste und Verankerungen	Wand	Stütze	
	2C.03	Flachgründungen	P	Einzel-, Streifenfundamente, Fundamentplatten	Decke	Wand	
	2C.04	Bodenkonstruktionen	P	Unterböden und Bodenplatten, die nicht der Fundierung dienen	Decke		
	2C.05	Bauwerksabdichtungen	P	Abdichtungen des Bauwerks einschließlich Drainage-, Filter-, Trenn- und Schutzschichten	als Direkteingabe		
	2D.01	Deckenkonstruktionen	P	Konstruktion von Decken, Rampen, Balkonen einschließlich füllender Teile wie Hohlkörper, Blindböden, Schüttungen	Decke		
	2D.02	Treppenkonstruktionen	P	Konstruktion von Treppen einschließlich Podesten, Über- und Unterzügen	Objekt		
	2D.03	Dachkonstruktionen	P	Konstruktion von Dächern, Dachstühlen, Raumtragwerken und Kuppeln einschließlich Über- und Unterzüge	Dach	Unterzug	Decke
	2D.04	Spezielle Konstruktionen	P	Horizontale Baukonstruktionen spezieller Art	Dach	Unterzug	Decke
	2E.01	Außenwandkonstruktionen	P	Tragende und nichttragende Außenwandkonstruktion einschließlich horizontaler Abdichtung, Brüstungen	Wand		
	2E.02	Innenwandkonstruktionen	P	Tragende und nichttragende Innenwandkonstruktion einschließlich horizontaler Abdichtung, Brüstungen	Wand		
	2E.03	Stützenkonstruktionen	P	Außen-/Innenstützen- und Pfeilerkonstruktion mit einem Querschnittverhältnis unter 1 : 5	Stütze		
	2E.04	Spezielle Konstruktionen	P	Vertikale Baukonstruktionen spezieller Art	Wand	Stütze	
	2G.01	Entsorgungsleitungen	P	Rohbau zu Entsorgungsanlagen und -leitungen im Objekt bis Hausanschluss	als Direkteingabe		
	2G.02	Versorgungsleitungen	P	Rohbau zu Versorgungsanlagen und -leitungen innerhalb des Objektes bis Hausanschluss	als Direkteingabe		
	2G.03	Rauch- und Abgasfänge	P	Konstruktion von Fängen, die zur Ableitung von Rauchgasen, Gas und sonstigen gasförmigen Medien dienen	Objekt	Stütze (Profil)	

\* Gliederung der Kostenelemente in P - physische, N - negativ-physische, T - temporär-physisch, G - geistige, R - rechtlich/finanzielle oder S - sonstige Elemente

<sup>66</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. Abschnitt 5.3.1

Tabelle 5 Modelldarstellung der Kostengruppe 4 (ÖNORM 1801-1)

Elementgliederung und Beschreibung nach ÖNORM 1801-1:2009<sup>67</sup>

Kostengruppe 3. Ebene lt. ÖNORM B 1801-1		*	Beschreibung lt. ÖNORM B 1801-1	Mengenbezug / Modellierwerkzeug im Rahmen dieser Berechnung			
4 - Bauwerk - Ausbau	4A.01	Besondere Baustelleneinrichtung	T	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders beauftragten Baustelleneinrichtung	als Direkteingabe oder als Prozentsatz von 4B-4D (einmalige und zeitgebundene Kosten)		
	4A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen	T	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z. B. Unterfangungen, Abstützungen, besonders beauftragte Gerüstungen			
	4A.03	Sonstiges zu Bauwerk-Ausbau	A	Sonstige allgemeine Maßnahmen zu Bauwerk-Ausbau			
	4B.01	Dachbeläge	P	Beläge auf Dachkonstruktionen einschließlich Dichtungs-, Dämm-, Nutz-, Schutzschicht und Dachentwässerung	Dach	Decke	
	4B.02	Dachfenster/-öffnungen	P	Dachfenster, Ausstiege einschließlich Umrahmungen, Beschläge, Antriebe, Lüftungen, sonstige eingebaute Elemente	Dachfenster		
	4B.03	Balkon-/Terrassenbeläge	P	Beläge auf Balkonen und Terrassen einschließlich Dichtungs-, Dämm-, Nutz-, Schutzschicht und Entwässerung	Decke	Dach	
	4B.04	Feste Einbauteile (Dach)	P	Gitter, Roste, Geländer, Handläufe, Stoßabweiser, Leitern, Brüstungsverbauten	Wand	Decke	Objekt
	4C.01	Fassadenverkleidungen	P	Verkleidungen einschließlich Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außenwänden, Gebäude-, Dachuntersichten	Wand	Decke	Dach
	4C.02	Fassadenöffnungen	P	Außentüren, Tore, Fenster einschließlich Umrahmungen und eingebaute Elemente, Fassadenverglasungen	Fenster	Tür	
	4C.03	Sonnenschutz	P	Rollläden, Markisen, Jalousien, Läden und sonstige Sonnenschutzmaßnahmen einschließlich Antriebe	Fensterparameter	Objekt	Träger
	4C.04	Feste Einbauteile (Fassade)	P	Gitter, Roste, Geländer, Handläufe, Stoßabweiser, Leitern, Brüstungsverbauten	Wand	Decke	Objekt
	4C.05	Außenhülle erdberührt	P	Verkleidungen erdberührt einschließlich Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außenwänden, Stützen	Wand	Decke	
	4D.01	Bodenbeläge	P	Bodenbeläge auf Boden und Decken einschließlich Estrich, Dichtungs-, Dämm-, Nutz-, Schutzschicht	Decke		
	4D.02	Wandverkleidungen	P	Verkleidungen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten und Beschichtungen an Wänden	Wand		
	4D.03	Deckenverkleidungen	P	Verkleidungen unter Deckenkonstruktionen einschließlich Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten und Beschichtungen	Decke	Dach	
	4D.04	Innentüren, Innenfenster	P	Türen und Tore, Fenster einschließlich Umrahmungen, Beschläge, Antriebe und sonstige eingebaute Elemente	Fenster	Türen	
	4D.05	Innenwandelemente	P	Wandelemente, bestehend aus Innenwänden, -türen, -fenstern, Verkleidungen	Wand	Objekt	
	4D.06	Feste Einbauteile (Innenausbau)	P	Gitter, Roste, Geländer, Handläufe, Stoßabweiser, Leitern, Brüstungsverbauten	Wand	Decke	Objekt
	4D.07	Spezielle Innenausbau	P	Spezielle Teile für Innenausbau	Wand	Decke	Objekt

\* Gliederung der Kostenelemente in P - physische, N - negativ-physische, T - temporär-physisch, G - geistige, R - rechtlich/finanzielle oder S - sonstige Elemente

<sup>67</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009. Abschnitt 5.3.1

Tabelle 6 Modelldarstellung der Kostengruppe 5 (ÖNORM 1801-1)

Elementgliederung und Beschreibung nach ÖNORM 1801-1:2009<sup>68</sup>

Kostengruppe 3. Ebene lt. ÖNORM B 1801-1		*	Beschreibung lt. ÖNORM B 1801-1	Mengenbezug / Modellierwerkzeug im Rahmen dieser Berechnung			
5 - Einrichtung	5A.01	Besondere Baustelleneinrichtung	T	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders beauftragten Baustelleneinrichtung	als Direkteingabe oder als Prozentsatz von 5B-5C (einmalige und zeitgebundene Kosten)		
	5A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen	T	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z. B. Unterfangungen, Abstützungen, Gerüstungen			
	5A.03	Sonstiges zu Einrichtung	A	Sonstige allgemeine Maßnahmen zu Einrichtung			
	5B.01	Küchentechnische Anlagen	P	Einrichtungen zur Speise- und Getränkezubereitung, -ausgabe und -lagerung einschließlich zugehöriger Kälteanlagen	Objekt		
	5B.02	Wäscherei-/Reinigungsanlagen	P	Anlagen einschließlich zugehörige Wasseraufbereitung, Desinfektions- und Sterilisationseinrichtungen	Objekt		
	5B.03	Medienversorgungsanlagen	P	Medizinische und technische Gase, Vakuum, Flüssigchemikalien einschließlich Erzeugung, Lagerung, Leitungen, Regelungen	Objekt		
	5B.04	Medizintechnische Anlagen	P	Ortsfeste medizintechnische Anlagen, soweit nicht in Ausstattungen erfasst	Objekt		
	5B.05	Labortechnische Anlagen	P	Ortsfeste labortechnische Anlagen, soweit nicht in Ausstattungen erfasst	Objekt		
	5B.06	Badetechnische Anlagen	P	Aufbereitungsanlagen für Schwimmbeckenwasser, soweit nicht in Sanitär-/Gasanlagen erfasst	Objekt		
	5B.07	Kälteanlagen	P	Kälteversorgungsanlagen, soweit nicht in anderen Gruppen erfasst, z. B. Eissportflächen	Objekt		
	5B.08	Entsorgungsanlagen	P	Abfall- und Medienentsorgungsanlagen, Staubsauganlagen, soweit nicht in Ausstattungen erfasst	Objekt		
	5B.09	Automationssysteme	P	Automationsstationen, Bedien-, Beobachtungs-, Programmier- und Sensoren, Aktoren, Software-, Automationsteile	Objekt		
	5B.10	Zentrale Einrichtungen	P	Leitstationen mit Peripherieeinrichtungen, Einrichtungen für Systemkommunikation zu Automationsstationen	Objekt		
	5B.11	Allgemeine betriebliche Einrichtungen	P	Betriebliche Einrichtungen allgemeiner Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind	Objekt		
	5B.12	Besondere betriebliche Einrichtungen	P	Betriebliche Einrichtungen besonderer Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind	Objekt		
	5C.01	Allgemeine Ausstattungen	P	Möbel, Regale, Textilien, Wäsche, Haus- und Wirtschaftsgeräte, Reinigungsgeräte	Objekt		
	5C.02	Besondere Ausstattungen	P	Ausstattungsgegenstände für besondere Zweckbestimmung, wie wissenschaftliche, medizinische, technische Geräte	Objekt		
	5C.03	Leitsysteme	P	Wegweiser, Orientierungstafeln, Farb- und Leitsysteme, Werbeanlagen	Objekt		
	5C.04	Kunstobjekte	P	Kunstwerke zur Ausgestaltung des Bauwerks oder der Außenanlagen	Objekt		

\* Gliederung der Kostenelemente in P - physische, N - negativ-physische, T - temporär-physisch, G - geistige, R - rechtlich/finanzielle oder S - sonstige Elemente

<sup>68</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterichtung. 01.06.2009. Abschnitt 5.3.1

Tabelle 7 Modelldarstellung der Kostengruppe 6 (ÖNORM 1801-1)

Elementgliederung und Beschreibung nach ÖNORM 1801-1:2009<sup>69</sup>

Kostengruppe 3. Ebene lt. ÖNORM B 1801-1		*	Beschreibung lt. ÖNORM B 1801-1	Mengenbezug / Modellierwerkzeug im Rahmen dieser Berechnung			
6 Außenanlagen	6A.01	Besondere Baustelleneinrichtung	T	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders beauftragten Baustelleneinrichtung	als Direkteingabe oder als Prozentsatz von 6B-6D (einmalige und zeitgebundene Kosten)		
	6A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen	T	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z. B. Unterfangungen, Abstützungen, Gerüstungen	als Direkteingabe		
	6A.03	Sonstiges zu Außenanlagen	A	Sonstige allgemeine Maßnahmen zu Außenanlagen	als Direkteingabe		
	6B.01	Geländegestaltung	P	Bodenabtrag und Bodenauftrag	als Direkteingabe		
	6B.02	Oberbodenbearbeitung	P	Vegetationstechnische Bodenbearbeitung, Bodenlockerung, Bodenverbesserung	als Direkteingabe		
	6B.03	Sicherungsbauweisen	P	Vegetationsstücke, Geotextilien, Flechtwerk	als Direkteingabe		
	6B.04	Pflanzen	P	Pflanzenlieferung und -versetzung einschließlich Fertigstellungspflege	Objekt		
	6B.05	Begrünung Gelände	P	Begrünung, Rasenlieferung und -einbau einschließlich Fertigstellungspflege; ohne Spiel- und Sportrasenflächen	Decke	Freifläche	
	6B.06	Begrünung Bauteile	P	Begrünungen auf Bauteilen einschließlich Wurzelschutz, vegetarischer Unterbau und Fertigstellungspflege	Decke	Wand	Dach
	6B.07	Wasserflächen	P	Naturnahe Wasserflächen	Decke	Objekt	
	6C.01	Gehwege	P	Befestigte Flächen für den Fuß- und Radfahrverkehr	Decke		
	6C.02	Fahrwege	P	Flächen für den Leichtverkehr, Fußgängerzonen mit Anlieferungsverkehr	Decke		
	6C.03	Plätze, Stellplätze, Höfe	P	Gestaltete Platzflächen, Innenhöfe, Flächen für den ruhenden Verkehr	Decke		
	6C.04	Sport-/Spielplatzflächen	P	Sportrasenflächen, Kunststoff-Sportflächen, gestaltete Spielplatzflächen	Decke	Objekt	
	6D.01	Einfriedungen	P	Begrenzungsmauern, Zäune, Bepflanzungen u. dgl.	Wand	Objekt	
	6D.02	Ausstattungen	P	Ausstattungen und Einrichtungen für Außenanlagen	Objekt		

\* Gliederung der Kostenelemente in P - physische, N - negativ-physische, T - temporär-physisch, G - geistige, R - rechtlich/finanzielle oder S - sonstige Elemente

in der Berechnung berücksichtigt mit Mengen und Qualitäten aus dem Modell
in der Berechnung berücksichtigt als Prozentsatz oder Direkteingabe

Die ermittelten Kosten der Modellelemente werden durch die Berechnung automatisch den Elementen (Kostengruppen der 3. Gliederungsebene) zugeordnet und in die übergeordneten Grobelemente (Kostengruppen der 2. Gliederungsebene) und Kostengruppen (1. Gliederungsebene) summiert.

Abbildung 25 zeigt am Beispiel des Testgebäudes (Schnittdarstellung) die Zuordnung zu den Grobelementen (2. Ebene) und Abbildung 26 die gewünschte Zuordnung zu den Elementen (3.Ebene) der Kostengruppen 2 und 4, welche die Berechnung automatisiert durchführt.

<sup>69</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-12009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objektterichtung. 01.06.2009. Abschnitt 5.3.1

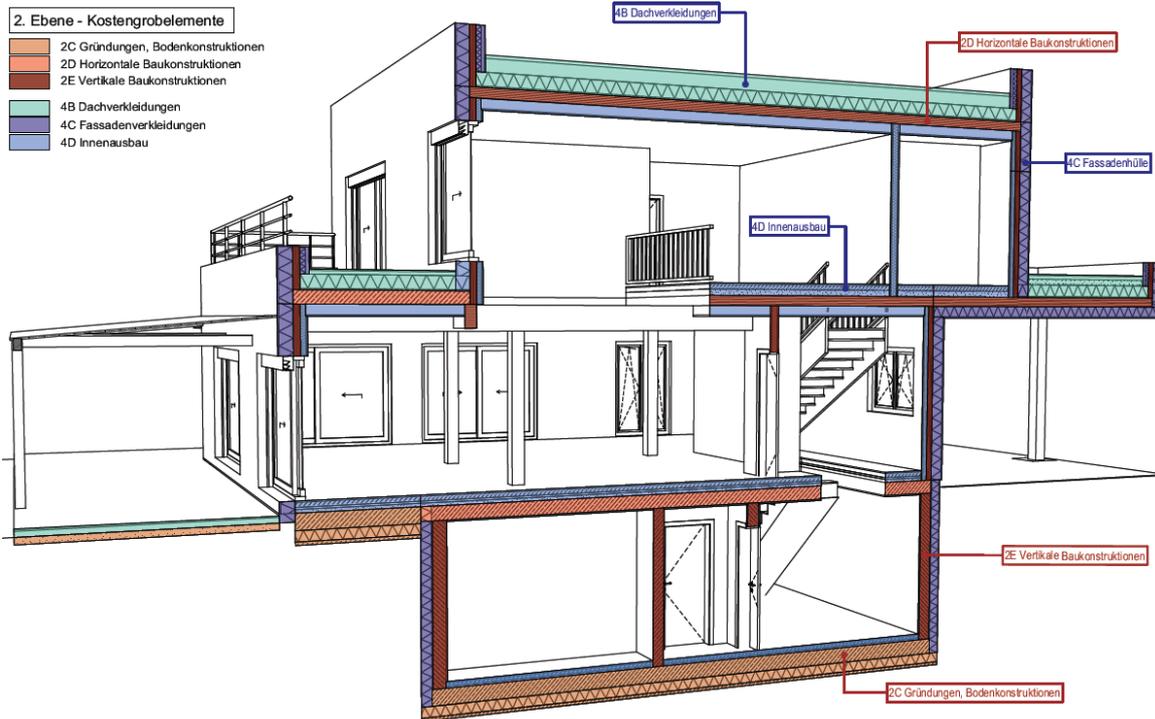


Abbildung 25 Testgebäude Grobelemente 2. Ebene (ÖNORM B 1801-1:2009)

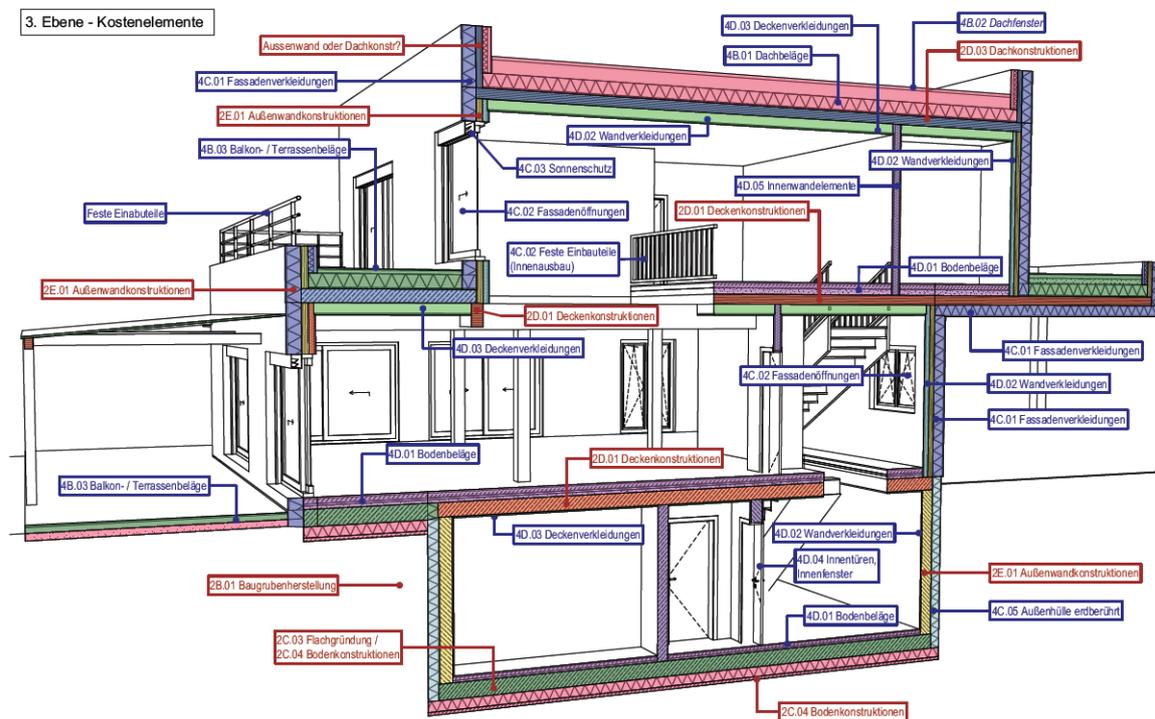


Abbildung 26 Testgebäude Elemente 3. Ebene (ÖNORM B 1801-1:2009)

### 4.3. BIM-Modellierung zur Ermittlung von Folgekosten

Wie bereits beschrieben dient das BIM-Geometrie-Modell als Quelle für Mengen- und Qualitätseinheiten zur Objekt-Folgekostenberechnung und, in Kombination mit der Errichtungskostenberechnung, zur Lebenszykluskostenberechnung von Gebäuden.

Tabelle 8 zeigt die Gliederung der Kostengruppen der Objekt-Folgekosten nach ÖNORM 1801-2:2011, welche Leistungen sie beinhalten und welche Modellierwerkzeuge (werden im Kapitel 4.4 beschrieben) dafür betrachtet werden müssen. In Tabelle 8 wird unterschieden welche Kostengruppen praktisch mit Mengen- und Qualitätsbezügen aus dem BIM-Modell ermittelt werden können (grün hinterlegt bzw. rot hinterlegt - im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt), welche indirekt daraus ermittelt werden können (orange hinterlegt) und welche nicht sinnvoll aus dem Modell ermittelt werden können (weiß hinterlegt). Es zeigt sich, dass vor allem Kosten aus den Gruppen Instandhaltung (Kostengruppe 2), Reinigung (KG 4), Erneuerung (KG 7) und Abbruch (KG 9) sehr stark von Geometrien und Ausstattungen im BIM-Geometrie-Modell beeinflusst werden. Daher ist eine direkte Verbindung mit dem BIM-Modell bei der Betrachtung dieser Kostengruppen sinnvoll.

#### **Kostengruppe 2: Instandhaltung**

In der Berechnung wird jeder Qualitätseinheit (z.B. Baustoffe, Fenstertyp, usw.) ein Kennwert (Prozentanteil der Herstellungskosten) zugewiesen und damit, unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Verzinsung, die Kosten für jedes Jahr des Betrachtungszeitraums der Berechnung berechnet. Die Ergebnisse werden sowohl für jedes Modellelement einzeln als auch im Projektbereich für das gesamte Projekt ausgewiesen.

#### **Kostengruppe 3: Ver- und Entsorgung (nur Annahmen im Rahmen dieser Arbeit)**

Verbrauchswerte (vor allem der Energieverbrauch für Heizen und Kühlen) werden maßgeblich durch die Aspekte des Entwurfs Anordnung (Ausrichtung, Geometrie) und Qualität von Bauteilen (Wände, Decken, Dächer, Fassaden, Fenster, Türen und Haustechnik-Komponenten) beeinflusst. Diese Verbrauchswerte zu ermitteln erfordert eine thermische Gebäudesimulation. Auch die haustechnische Ausstattung hat durch Wirkungsgrade bei Bereitstellung, Verteilung und Abgabe von Wärme und Kälte einen großen Einfluss auf die Energieverbrauchswerte des Gebäudes. Da diese Zusammenhänge im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt werden, werden für diese Werte realistische Annahmen getroffen (siehe Kapitel 4.7.1). Im Rahmen dieser Berechnung werden sowohl Verbrauchswerte (bezogen auf den m<sup>2</sup>-BGF, automatisiert ermittelt) als

auch Kosten pro Verbrauchswert im Projektbereich eingegeben. Daraus werden die Kosten für Ver- und Entsorgung, unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Verzinsung, über den Betrachtungszeitraum ermittelt. Diese Ergebnisse werden nur im Projektbereich ausgewiesen.

#### **Kostengruppe 4: Reinigung**

Reinigungskosten stellen einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an den Lebenszykluskosten eines Gebäudes dar. Dabei sind vor allem Fenster, Fassaden, Sonnenschutzelemente, Türen, Bodenbeläge, Sanitäreinrichtungen und Wandbeläge zu reinigen – diese sind auch im BIM-Geometrie-Modell abgebildet. In der Berechnung werden die Mengen von Fenster-, Fassaden-, Tür-, Boden- und Wandflächen sowie die Anzahl der Sanitäreinrichtungsgegenstände eruiert. Jeder Qualitätseinheit (z.B. dem Baustoff „Belag, Parkett“) wird ein Kennwert für Reinigungsintervall (Anzahl Reinigungen pro Jahr) und Reinigungsaufwand (h/m<sup>2</sup>) zugewiesen. Daraus ermittelt die Berechnung anhand der Reinigungsmenge (m<sup>2</sup>, Stk,...) und den Reinigungskosten (€/h), unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Verzinsung, die Reinigungskosten für die betreffenden Modellelemente. Die Ergebnisse werden sowohl für jedes Modellelement einzeln als auch im Projektbereich für das gesamte Projekt ausgewiesen.

#### **Kostengruppe 7: Erneuerung**

Die Kosten für Erneuerung werden, abhängig von der Nutzungsdauer, als Herstellungskosten für das Jahr des Endes der Nutzungsdauer berechnet. In der Berechnung wird jeder Qualitätseinheit (z.B. Baustoffe, Fenster abhängig von der Qualität der Fenster, usw.) ein Kennwert für seine statistische Nutzungsdauer zugewiesen. Wird diese innerhalb des Betrachtungszeitraums der Berechnung erreicht, werden die Kosten in dem Jahr der notwendigen Erneuerung, unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Verzinsung, verbucht. Die Ergebnisse werden sowohl für jedes Modellelement einzeln als auch im Projektbereich für das gesamte Projekt ausgewiesen. Kosten für Abbruch und Entsorgung der ersetzten Elemente wird im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

#### **Kostengruppe 9: Objektbeseitigung**

Wie bereits in Kapitel 4.2 (unter negativ-physische Elemente) beschrieben, liefert ein BIM-Modell notwendige Mengen- und Qualitätsbezüge für die Kalkulation von Abbrucharbeiten. Diese werden im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht behandelt.

Tabelle 8 Kostengruppengliederung und Beschreibung nach ÖNORM 1801-2:2011 <sup>70</sup>

Kostenhauptgruppe	Kostenuntergruppe	Beschreibung nach ÖNORM B 1801 - 2	Mengenbezug / Modellierwerkzeug	Eingabe in Berechnung *
1 Verwaltung	1.1 Verwaltung und Management	Liegenschaftsverwaltung	nicht behandelt	als Direkteingabe oder als Kennwert m <sup>2</sup> BGF
	1.2 Gebühren, Steuern und Abgaben	Gebühren, Steuern, Versicherungen, ...		
	1.3 Flächenmanagement	Management zur Flächenbereitstellung		
	1.4 Sonstiges			
2 Technischer Gebäudebetrieb	2.1 Technisches Gebäudemanagement	Managmentleistungen technischer Betrieb, Instandhaltung, Wartung, ..	nicht behandelt	als Direkteingabe oder als Prozentsatz von 2.2 - 2.4
	2.2 Inspektionen	Beurteilung des Ist-Zustandes (Funktion prüfen) z. B. Befundungen	Wände, Decken, Dächer, Stützen, Unterzug, Fenster, Dachfenster, Türen, Fassaden, Objekte, Treppen	Errichtungskosten der Modellelemente x Prozentsatz
	2.3 Wartung	Bewahrung des Soll-Zustandes		
	2.4 Kleine Instandsetzung, Reparaturen	Maßnahmen zur Rückführung in den funktionsfähigen Zustand		
	2.5 Sonstiges		nicht behandelt	nicht behandelt
3 Ver- und Entsorgung	3.1 Energie (Wärme, Kälte, Strom)	Strom für Gebäudenutzung (Beleuchtung, Betrieb, ...), Strom für Betrieb der Gebäudetechnik, Energie für Raum-, Lüftungswärme und Warmwasserbereitung, Energie für Kälte und Kühlung	Verbrauchswerte nicht im BIM-Modell berechenbar --> im Rahmen dieser Berechnung angenommen	Direkteingabe von Menge und deren Kosten pro Verbrauchseinheit
	3.2 Wasser und Abwasser	Brauch- und Trinkwasser auch aus eigenen Brunnenanlagen, Abwasser, auch bei eigener Entsorgung (Senkgrube, Kläranlage)		
	3.3 Müllentsorgung	Beseitigung von Müll, Abfall, Altpapier; ausgen. gewerblicher oder industrieller Abfall		
	3.4 Sonstige Medien	sonstige Medien(z. B. Druckluft, Spezialgase)		
4 Reinigung und Pflege	4.1 Unterhaltsreinigung	Innenreinigung der Boden-, Wand- und Deckenflächen, Sanitärflächen, Möblierungen und Einbauten	Wände, Decken, Dächer, Objekte, Türen	Elementmengen x Reinigungsaufwand
	4.2 Fenster- und Glasflächenreinigung	Fenster- und Glasreinigung (innen und außen)	Fenster, Fassaden, Dachfenster	
	4.3 Fassadenreinigung	Fassadenreinigung einschließl. Befahranlagen, Hubbühnen,..	Fassaden, Wände, Decken, Dächer	
	4.4 Sonderreinigungen	Grundreinigung von Böden, Entfernung von Graffiti, Jalousienreinigung	nicht behandelt	nicht behandelt
	4.5 Winterdienste	Beseitigung von Schnee und Eis, Streuen, Entfernung von Streugut		
	4.6 Reinigung Außenanlagen	befestigte Wegen, Parkplätze und Außenstiegen		
	4.7 Gärtnerdienste	Rasenpflege, Baum- und Strauchschnitt, Betreuung von Innenpflanzen		
5 Sicherheit	5.1 Sicherheitsdienste (Schließdienste, Bewachung)	Sicherheits-, Schließ- und Bewachungsdienste und Portierdienste	nicht behandelt	nicht behandelt
	5.2 Brandschutzdienste	Organisatorischer Brandschutz		
6 Gebäude-dienste	6.1 Hauspost (Verteilung der Post im Haus)	Hauspost, Verteilung der Post im Haus einschl. Lieferung und Abholung	nicht behandelt	nicht behandelt
	6.2 Kommunikations- und Informationstechnik	Kommunikations- und Informationstechnik, Telefon, Internet (laufende Kosten)		
	6.3 Umzüge - interne Transporte, Hausarbeiterdienste	Umzüge, interne Transporte, Hausarbeiterdienste		
	6.4 Empfang und interne Bürodienste	Empfang, interne Büro- und Botendienste, Kopierservice		
	6.5 Gastroservice	Gastroservice, Kantinenbetrieb		
	6.6 Sonstige Dienste			
7 Instandsetzung, Umbau	7.1 Große Instandsetzung	Erneuerung von Bauteilen und Anlagen, um die Funktionsfähigkeit und Nutzungsdauer des Objektes zu verlängern	Wände, Decken, Dächer, Stützen, Unterzug, Fenster, Dachfenster, Türen, Fassaden, Objekte, Treppen	Errichtungskosten der Modellelemente im Jahr des Ablaufs der Nutzungsdauer
	7.2 Verbesserung und Umnutzung	Verbesserung und Umnutzung von für neue Nutzungsfunktionen	alle Modellierwerkzeuge	nicht behandelt
8 Sonstiges	8.1 Sonstiges		nicht behandelt	nicht behandelt
9 Objekt-beseitigung, Abbruch	9.1 Planung und Organisation	Management- und Planungsleistungen für die Objektbeseitigung	nicht behandelt	nicht behandelt
	9.2 Abbruch und Entsorgung	Objektbeseitigung, Abbruch und Entsorgung	alle Modellierwerkzeuge	nicht behandelt
	9.3 Herstellung Vertragszustand	z. B. Beseitigung von Einbauten	nicht behandelt	nicht behandelt

Mengen- und Qualitätsbezug aus dem Architektur-BIM-Modell im Rahmen dieser Arbeit behandelt

Mengen- und Qualitätsbezug aus dem Architektur-BIM-Modell sinnvoll, aber im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt

Mengen und Qualitäten der Elemente im Architektur-BIM-Modell definieren Verbrauchswerte, aber nicht direkt aus dem diesem beziehbar

Mengen- und Qualitätsbezug aus dem BIM-Modell nicht sinnvoll

\* unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Zinssatz

<sup>70</sup> Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-2:2011. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2: Objekt-Folgekosten. 01.04.2011. Abschnitt 4.4

#### 4.4. BIM-Modellierung – Struktur/Elemente/Kosten

In BIM-Authoring-Software wird mit Werkzeugen für diverse Elementtypen (Wände, Decken, Dächer, Stützen, usw. – siehe Abbildung 25) modelliert. Zum Beispiel wird ein schlankes vertikales Bauteil mit dem Stützenwerkzeug, ein flächiges vertikales Bauteil mit dem Wandwerkzeug und ein flächiges horizontales Bauteil mit dem Deckenwerkzeug oder Dachwerkzeug modelliert. Der Grund dafür ist, dass damit schnell modelliert werden kann und jedes Werkzeug genau jene Einstellungsmöglichkeiten bietet, die für die Definition der jeweiligen Geometrie und Ausstattung notwendig sind, und die Modellelemente damit nach dem Bauteil, den sie repräsentieren, gefiltert werden können. Die Gestalt dieser Modellelemente wird durch Parameter gesteuert (siehe Kapitel 2.2.2). Weitere Informationen werden durch Eigenschaften in unbegrenzter Anzahl zugewiesen. Modellierwerkzeuge lassen sich in Bauteile und Bibliothekselemente gliedern.

Abbildung 27 zeigt, welche Elemente der Errichtungskostengliederung nach ÖNORM B1801-1:2009 (Tabelle 4 bis 7) und welche Objekt-Folgekostengruppen nach ÖNORM B 1801-2:2011 (Tabelle 8) mit den ArchiCad-Modellierungswerkzeugen (werden im Folgenden beschrieben) im Architektur-BIM-Modell abgebildet sein können.

Zur Definition der Qualität von Bauteilen (Wände, Decken, Dächer, Stützen, Träger und Fassaden) werden Element-Attribute (Baustoffe, Aufbauten und Profile) benötigt, diese werden zentral im ArchiCad-Projekt verwaltet und können auch in andere Projekte übertragen werden. Element-Attribute und Bibliothekselemente definieren die in ArchiCad zur Modellierung zur Verfügung stehenden Qualitäten. Für eine Auswahl an Qualitäten (ca. 30 Baustoffe, ca. 10 Aufbauten, ca. 15 Profile) sind in der erstellten Berechnung Kennwerte hinterlegt (kann beliebig verändert und erweitert werden).

Abbildung 27 zeigt die Verwaltung der qualitätsdefinierenden Element-Attribute Baustoffe oder Aufbauten. In ArchiCad ist es nicht möglich, diesen Attributen, die Eigenschaften zuzuweisen, die für die Durchführung der Berechnung relevant sind. Daher müssen alle diese Eigenschaften (Kennwerte) in der Berechnung in Abhängigkeit der jeweiligen Element-Attribute dem entsprechenden Modellelement zugewiesen werden (siehe Abbildung 28).

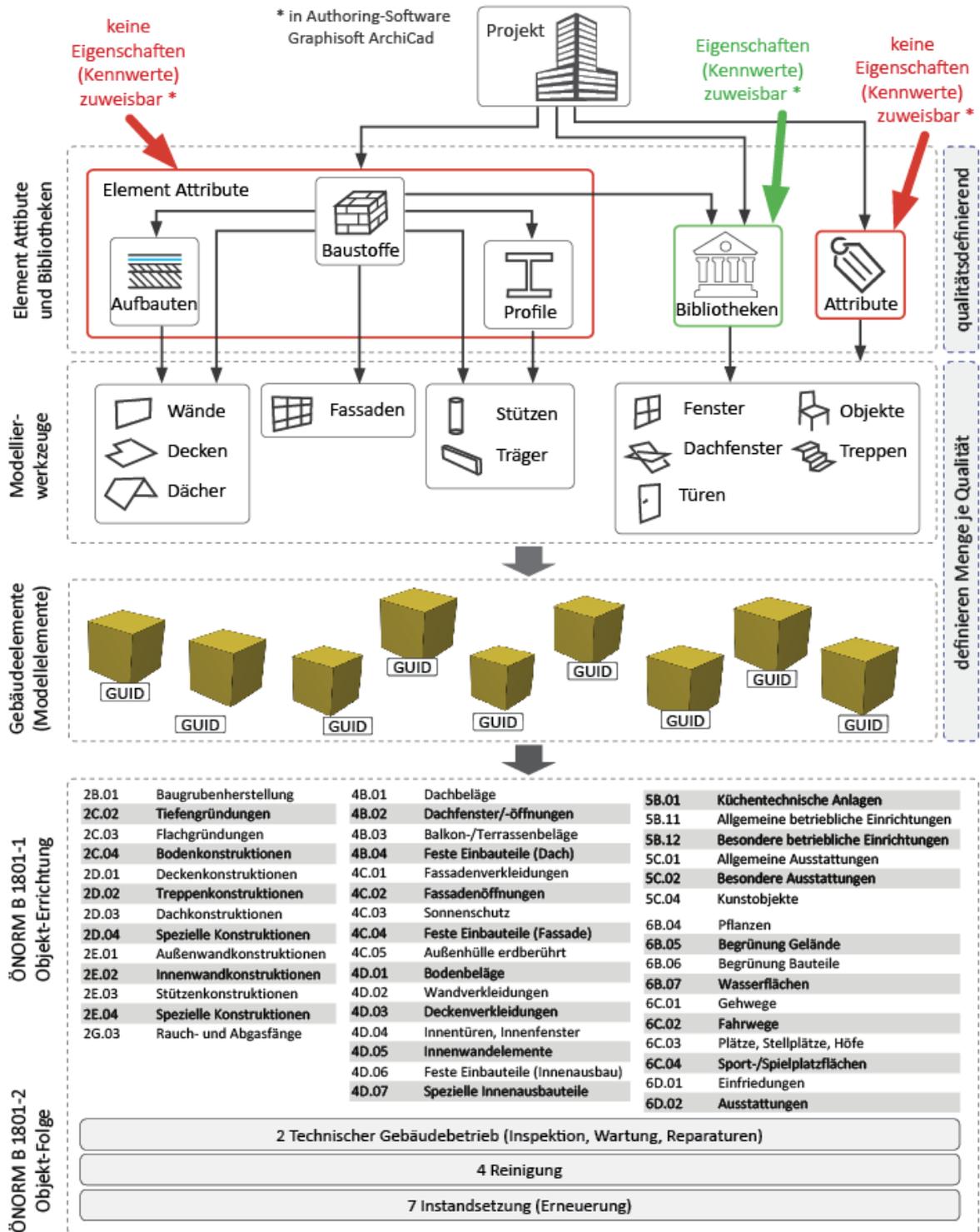


Abbildung 27 Werkzeuge zur Modellierung der Modellelemente und der Kosten

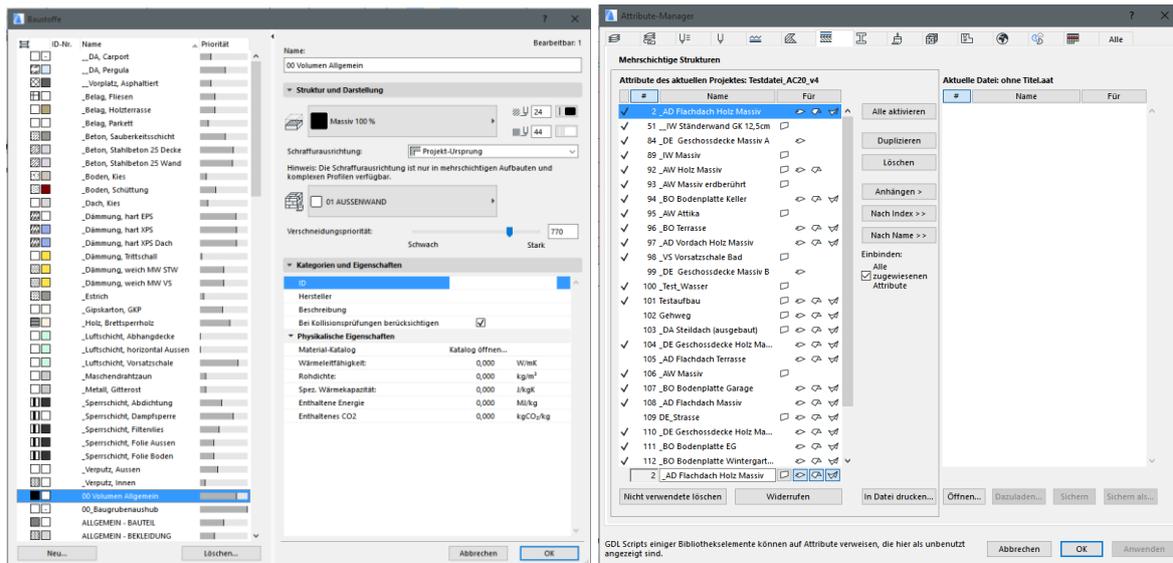


Abbildung 28 Verwaltung der Element-Attribute Baustoffe und Aufbauten in ArchiCad

Zur Definition von Bibliothekselementen wurden im Rahmen dieser Berechnung Ausstattungsmerkmale als Eigenschaften (im Eigenschafts-Manager) angelegt (siehe Abbildung 29). Für Fenster, Türen und Fassaden wurden die Qualitätsdefinitionen über Optionen-Sets zur Verfügung gestellt. Diese können in ArchiCad über den Eigenschaften-Manager angelegt und mit beliebigen Ausstattungs-Optionen befüllt werden. Hier werden alle Qualitätseinheiten, welche zur Verfügung stehen sollen, angelegt und in der Berechnung mit Kennwerten hinterlegt. Auf diese Weise kann die Qualität der Ausstattung dieser Modellelemente in der BIM-Authoring-Software definiert werden.

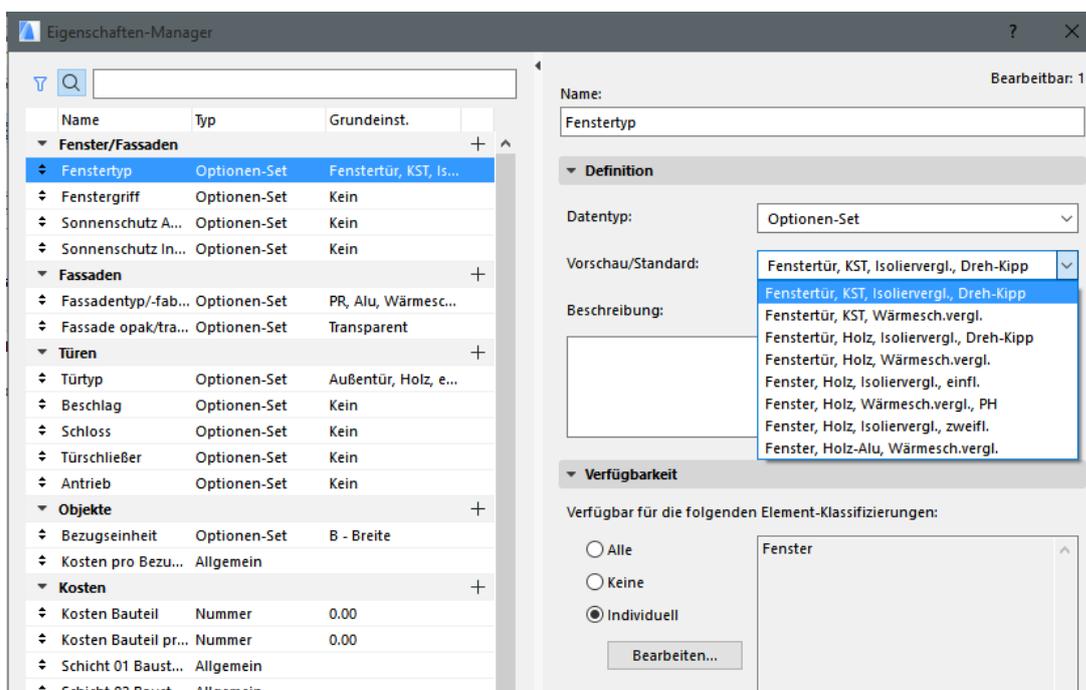


Abbildung 29 Optionen-Set für den Fenstertyp

Tabelle 9 zeigt, welche Elemente der Errichtungskostengliederung sinnvoll mit welchem Modellierungswerkzeug modelliert werden können (z.B. können Kosten von Elementen, welche mit dem Decken-Werkzeug modelliert wurden, in 17 mögliche Elemente zuordenbar sein – nähere Beschreibung im Kapitel 4.6) und welche Folgekosten aus diesen abgeleitet werden können. Dieses Bewusstsein ist wichtig, da für die Berechnung für jedes Werkzeug ein eigener Workflow erarbeitet werden muss, der auf die Mengeneinheiten, Kostenkennwerte und Kostenzuordnung der unterschiedlichen Modellierungswerkzeuge abgestimmt ist.

Die Farben in Tabelle 9 geben an, wie die jeweiligen Modellelemente den Elementen zugeordnet werden können. Grün bedeutet, dass das Modellelement allein durch die Ebene, auf der es modelliert ist, eindeutig einem Element der Kostengliederung zugeordnet werden kann. Blau bedeutet, dass zusätzlich zur Information der Ebene noch weitere baustoffabhängige Informationen notwendig sind um die richtige Kostenzuordnung gewährleisten zu können (nähere Beschreibung im Kapitel 4.6.1 – Wände, Decken, Dächer bzw. in den Kapiteln 4.6.3 – Fenster, 4.6.4 – Türen und 4.6.5 – Fassaden). Folgekosten stellen bereits durch ihre Ermittlung eindeutig eine Kostenuntergruppe nach ÖNORM B 1801-2:2011 dar.

Die rechte Spalte der Tabelle 9 „Kapitel“ gibt an, in welchem Kapitel der Arbeit die Kostenermittlung und –zuordnung der unterschiedlichen Modellelemente beschrieben wird.

Tabelle 9 Errichtungs- und Folgekostengruppen je Modellierwerkzeug

Modellelemente können folgende Elemente nach ÖNORM B 1801-1 sein				Modell- elemente	Modellelemente können folgenden Kosten- untergruppe nach ÖNORM B 1801-2 sein										Kapitel		
2D.03	Dachkonstruktionen	4B.01	Dachbeläge	Dach													
4B.03	Balkon-/Terrassenbeläge	4C.01	Fassadenverkleidungen														
4D.03	Deckenverkleidungen																
2C.03	Flachgründungen	2C.04	Bodenkonstruktionen	Decke													4.6.1
4D.01	Bodenbeläge	4D.03	Deckenverkleidungen														
4C.01	Fassadenverkleidungen	4B.03	Balkon-/Terrassenbeläge														
2D.03	Dachkonstruktionen	4B.01	Dachbeläge														
4C.05	Außenhülle erdberührt	2D.01	Deckenkonstruktionen														
4B.04	Feste Einbauteile (Dach)	4C.04	Feste Einbauteile (Fassade)														
4D.06	Feste Einbauteile (Innen)	6C.01	Gehwege														
6C.02	Fahrwege	6C.03	Plätze, Stellplätze, Höfe														
6C.04	Sport-/Spielplatzflächen																
2E.01	Außenwandkonstruktionen	4D.02	Wandverkleidungen	Wand													
4C.05	Außenhülle erdberührt	4C.01	Fassadenverkleidungen														
2E.02	Innenwandkonstruktionen	2C.03	Flachgründungen														
2C.02	Tiefengründungen	4B.04	Feste Einbauteile (Dach)														
4C.04	Feste Einbauteile (Fassade)	4D.06	Feste Einbauteile														
4D.05	Innenwandelemente	6D.01	Einfriedungen														
2D.03	Dachkonstruktionen	2D.01	Deckenkonstruktionen	Unterzug												4.6.2	
4C.01	Fassadenverkleidungen	4C.03	Sonnenschutz	Stütze													
2C.02	Tiefengründungen	2D.03	Dachkonstruktionen														
2D.01	Deckenkonstruktionen	2E.03	Stützenkonstruktionen														
2G.03	Rauch- und Abgasfänge	4C.05	Außenhülle erdberührt	Fenster												4.6.3	
4C.02	Fassadenöffnungen	4D.04	Innentüren, Innenfenster														
4C.03	Sonnenschutz																
4B.02	Dachfenster/-öffnungen			Dachfenst.													
4C.02	Fassadenöffnungen	4D.04	Innentüren, Innenfenster	Tür												4.6.4	
4C.02	Fassadenöffnungen	4C.01	Fassadenverkleidungen	Fassade												4.6.5	
4B.02	Dachfenster/-öffnungen																
2D.02	Treppenkonstruktionen	4D.01	Bodenbeläge	Treppen												4.6.6	
2G.03	Rauch- und Abgasfänge	3B.01	Aufzugsanlagen	Objekte													
3B.02	Fahrtreppen	3B.03	Befahranlagen														
3B.04	Transportanlagen	3B.05	Krananlagen														
3E.02	Wasseranlagen	4B.04	Feste Einbauteile (Dach)														
4C.04	Feste Einbauteile (Fassade)	4D.06	Feste Einbauteile (Innen)														
5B.01	Küchentechnische Anlagen	5B.11	Allgemeine betriebliche Einr.														
5B.12	Besondere betriebliche Einr.	5C.01	Allgemeine Ausstattungen														
5C.02	Besondere Ausstattungen	5C.04	Kunstobjekte														
6B.04	Pflanzen	6B.07	Wasserflächen														
6D.02	Ausstattungen																
2B.01	Baugrubenherstellung			Morph												4.6.7	

durch Ebene zuweisbar
durch Ebene und Schichttyp zuweisbar
durch Bool'schen Parameter zuweisbar
durch Werkzeug zuweisbar

2.2	Inspektionen
2.3	Wartung
2.4	Reparaturen
4.1	Unterhaltsreinigung
4.2	Fenster- und Glasreinigung
4.3	Fassadenreinigung
4.4	Sonderreinigungen
4.5	Winterdienste
4.6	Reinigung Außenanlagen
4.7	Gärtnerdienste
7.1	Instandsetzung (Erneuerung)
9.2	Objektbeseitigung, Abbruch

## 4.5. Schema Berechnung

Im folgenden Kapitel wird die grundsätzliche Funktion der in der Einleitung genannten Berechnungsmethoden beschrieben. In Kapitel 4.5.1 wird dargestellt, welche Daten aus dem BIM-Modell bezogen werden; in Kapitel 4.5.2 wird dargestellt, welche Kennwerte benötigt werden und in Kapitel 4.5.3 – BuildingOne-Kalkulation, 4.5.4 – BuildingOne-Attribute und 4.5.5 – Excel wird die Grundlogik der drei Berechnungsmethoden erläutert (genauere Beschreibung der Arbeitsschritte zur Erstellung der Berechnungen im Anhang A1, A2 und A3). Wie die Mengenidentifikation und –bildung, das Einspielen der Kennwerte, die Kostenermittlung, die Zuordnung der Kosten und die Bildung der Kostensummen je Modellierwerkzeug erfolgt, wird in Kapitel 4.6 - Berechnung beschrieben.

### 4.5.1. Parameter und Eigenschaften aus dem BIM-Modell

Abbildung 30 zeigt, welche Eigenschaften für die Errichtungs- und Folgekostenberechnung aus dem BIM-Modell bezogen werden. Diese Eigenschaften lassen sich nach deren Funktion in der Berechnung in Qualitätseinheiten (hellblau – Qualitätseinheit als Parameter; dunkelblau – Qualitätseinheit als Eigenschaft), Mengeneinheiten (schwarz) und Eigenschaften zur Kostenzuordnung (rot) kategorisieren.

Wie in Kapitel 4.4 beschrieben, werden durch Element-Attribute (Baustoffe, Aufbauten und Profile) die Qualitäten von Bauteilen (Wänden, Decken, Dächer, Stützen, Träger und Fassaden) definiert. Element-Attributen können in ArchiCad keine Eigenschaften (damit auch keine Kostenwerte) zugewiesen werden. Für Fenster, Türen und Fassaden wurde die Qualitätsdefinition über Optionen-Sets zur Verfügung gestellt. Diesen können ebenfalls keine Eigenschaften (damit auch keine Kostenwerte) zugewiesen werden. Daher müssen diese Kennwerte außerhalb der BIM-Authoring-Software - in der Berechnung - mit dem BIM-Modell verknüpft werden.

Eigenschaft zur Kostenzuordnung ist entweder die Ebene (jedes Element muss in ArchiCad auf einer Ebene erstellt werden) oder ein Parameter, der die Lage definiert (z.B. innen oder außen). Die Fläche von Räumen wird in der Berechnung zur automatisierten Ermittlung der BGF benötigt. Diese wird zur Kostenermittlung von nicht modellierten Elementen über quadratmeterbezogene Kostenkennwerte und zur Darstellung der Berechnungsergebnisse als Wert pro m<sup>2</sup>-BGF herangezogen.

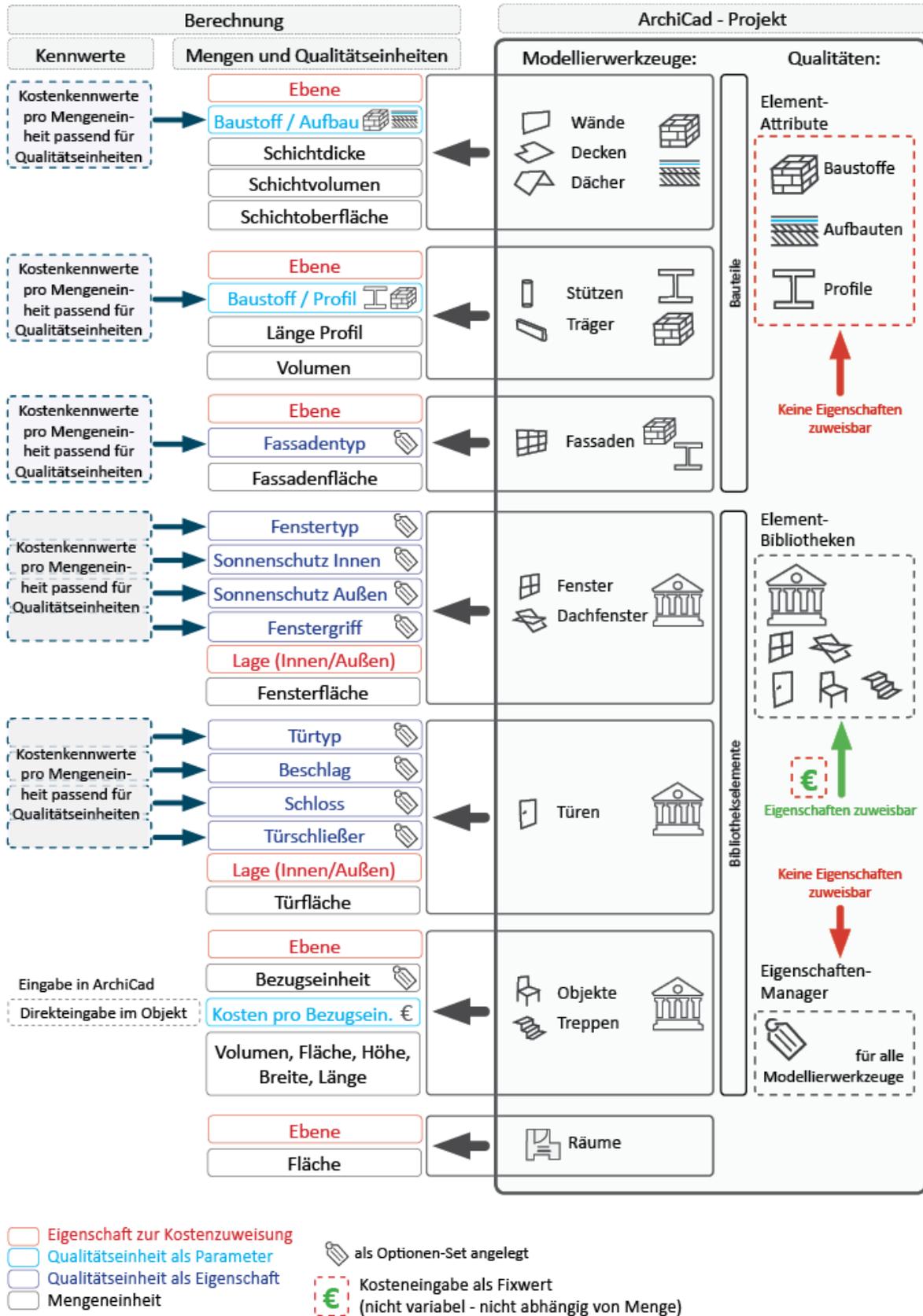


Abbildung 30 Daten aus dem BIM-Modell

### 4.5.2. Benötigte Kennwerte

Für jedes Element, welches in der BIM-Authoring-Software zur Modellierung verwendet werden kann, wurden in der Berechnung Kennwerte hinterlegt.

Jedem Element werden Kosten pro Bezugseinheit (Bezugseinheit variiert je nach Modellelement), eine Nutzungsdauer, ein Prozentwert für Inspektion und Wartung, eine Eigenschaft, welche definiert ob eine Reinigung für das Element notwendig ist, und eine Eigenschaft, welche den Reinigungsaufwand (kann z.B. je nach Bodenbelag variieren) definiert, zugewiesen. Tabelle 10 zeigt die zugewiesenen Kennwerte je Modellelement und deren Qualitätseinheiten (die verfügbaren Qualitätseinheiten werden im Kapitel 4.6 - Berechnung bzw. im Anhang A4 – Kennwerte beschrieben).

Tabelle 10 Benötigte Kennwerte

Modellelemente / Qualitätseinheiten		Kennwerte				
		Errichtungskosten	Folgekosten			
	Baustoffe	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> , €/m <sup>3</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Aufbauten	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Profile	Kosten pro Bezugseinheit [€/m, €/m <sup>3</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Fassaden- systeme	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Fenstertyp	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Fenstergriff	Kosten pro Bezugseinheit [€/Stk]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Sonnenschutz Außen	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Sonnenschutz Innen	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Türtyp	Kosten pro Bezugseinheit [€/m <sup>2</sup> ]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Beschlag	Kosten pro Bezugseinheit [€/Stk]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Schloss	Kosten pro Bezugseinheit [€/Stk]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Türschließer	Kosten pro Bezugseinheit [€/Stk]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Antrieb	Kosten pro Bezugseinheit [€/Stk]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Objekte *	Kosten pro Bezugseinheit [€/EH]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]
	Treppen *	Kosten pro Bezugseinheit [€/EH]	Nutzungsdauer [a]	Inspektion, Wartung [% von Errichtungskosten]	Benötigt Reinigung [Ja/Nein]	Reinigungsaufwand [h/EH]

\* Eingabe in ArchiCad-Element

Wie Tabelle 10 zeigt, stellen Objekte und Treppen bei der Zuweisung von Kennwerten einen Sonderfall dar. Die Konfigurationsmöglichkeiten von Objekten sind so vielfältig und gleichzeitig relativ schwer mit Parametern und Eigenschaften zu erfassen, dass alle zur

Berechnung relevanten Kennwerte für diese Modellelemente direkt in der BIM-Authoring-Software eingegeben werden müssen.

### 4.5.3. Schema Workflow BuildingOne-Kalkulation

Abbildung 31 zeigt das Schema dieser Berechnungsmethode. Zunächst werden die in Abbildung 30 dargestellten Parameter und Eigenschaften über die bidirektionale Schnittstelle zwischen BIM-Authoring-Software und BuildingOne in die BuildingOne-Datenbank synchronisiert.

Dazu müssen zunächst alle zu synchronisierende Parameter und Eigenschaften in BuildingOne angelegt werden (siehe Abbildung 33) und den jeweiligen Bauteiltypen (Wände, Decken, Dächer, Stützen, Träger, Fassaden, Fenster, Dachfenster, Türen und Objekten) zugewiesen werden. Bei der Synchronisation werden alle Modellelemente des BIM-Modells (alle Elemente der bei der Synchronisation aktiven Ebenenkombination) in BuildingOne erstellt und die definierten Eigenschaften dieser Elemente mit den Daten aus dem Modell befüllt. Das bedeutet, dass nun alle Modellelemente mit ihrer GUID in BuildingOne angelegt sind. Damit können aus den synchronisierten Eigenschaften weitere Eigenschaften (siehe Abbildung 33) generiert werden. Mengeneinheiten, die nicht im BIM-Modell als Eigenschaft auslesbar sind (z.B. Schichtoberfläche – genauere Beschreibung in Kapitel 4.6.1), werden mit „Formel-Eigenschaften“ berechnet.

Bis hier wird im BIM-Modell gerechnet, die eigentliche Kostenberechnung findet außerhalb des BIM-Modells statt – die ermittelten Werte können nicht wieder in das BIM-Modell zurückgeschrieben werden.

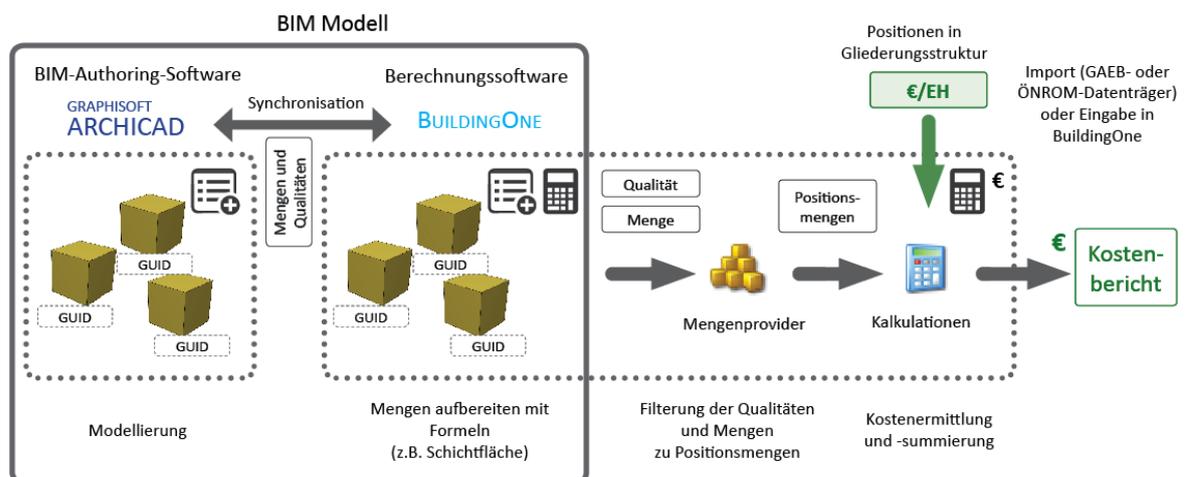


Abbildung 31 Schema Berechnung BuildingOne-Kalkulation

BuildingOne's Mengenprovider-Funktion ist direkt mit dem BIM-Modell verbunden und ermöglicht die Generierung von gewünschten Mengen- und Qualitätseinheiten nach frei definierbaren Filterkriterien und aktualisiert diese, nach einmaliger Definition, per Mausklick. Diese Einheiten können in der Kalkulation-Funktion gegliederten Kostenpositionen (Eingabe von Errichtungskosten-Kennwerten) zugewiesen werden.

In der Kostenposition werden Kennwerte (bei dieser Methode nur Errichtungskosten-Kennwerte) in die Berechnung eingegeben, diesen eine Menge (Mengenprovider) zugewiesen und so die Kosten von Modellelementen ermittelt. Die Kostenpositionen in einer Gliederung können entweder aus einem GAEB- (Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen) oder einem ÖNORM-Datenträger aus einer AVA-Software importiert oder direkt in BuildingOne angelegt und verwaltet werden. Bei dieser Berechnungsmethode ist nur die Eingabe von einmaligen Kosten möglich. Es ist nicht möglich, mit den ermittelten Kosten weitere Berechnungen, wie die Kosten für Inspektionen und Wartung auf Basis Herstellkosten und einem Prozentsatz davon, zu ermitteln.

Aus der Kalkulation kann ein Bericht erstellt werden, der ebenfalls auf Knopfdruck abgerufen werden kann.

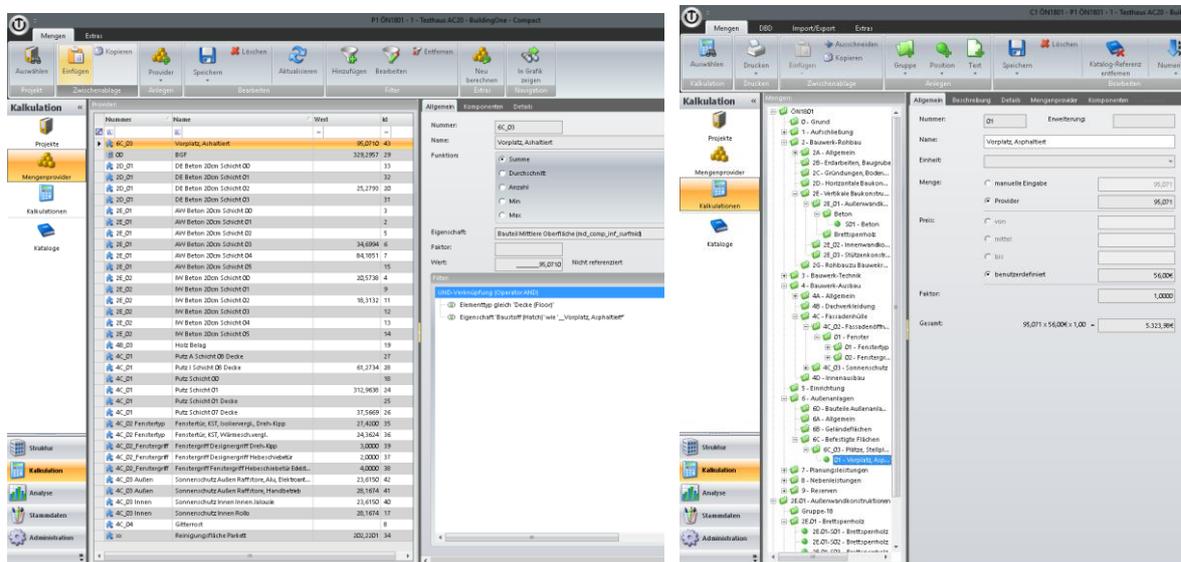


Abbildung 32 Links: Mengenprovider; Rechts: Kalkulation

Abbildung 32 zeigt die Programmoberfläche, die bei dieser Berechnungsmethode genutzt wird. Links: das Anlegen und Verwalten der Mengenprovider und die Definition der jeweiligen Filterkriterien zur Mengengenerierung der gewünschten Qualitätseinheiten; Rechts: die Verwaltung der Kostenpositionen und die Zuweisung der jeweiligen Mengenwerte zu den Qualitätseinheiten (Kostenpositionen).



Ausgehend von diesen Eigenschaften werden alle weiteren Eigenschaften, welche zur Berechnung notwendig sind, berechnet (in Abbildung 33 sind diese mit einem Plus-Symbol gekennzeichnet).

Grün hinterlegte Eigenschaften dienen der Eingabe der notwendigen Kennwerte (z.B. Kosten pro Bezugseinheit, Reinigungsaufwand je Oberfläche, usw.). Diese werden mit Formeln (Switch-Formel – Beschreibung im Anhang A.1.2.2) in die jeweiligen Eigenschaften geschrieben. Der Wert dieser Eigenschaften ist von Eingangswerten (z.B. der Baustoff einer Bauteilschicht) abhängig und ändert sich automatisch, wenn diese Eingangswerte verändert werden.

In den Grau hinterlegten Eigenschaften (ebenfalls variable Eigenschaften, deren Wert abhängig von einem oder mehreren Eingangswerten ist) werden die gewünschten Werte berechnet (z.B. die Errichtungskosten einer Bauteilschicht, die Zuordnung zu einem Element, die Reinigungskosten eines Fensters, usw.). Diese berechneten Eigenschaften können wieder in das BIM-Geometrie-Modell zum jeweiligen Modellelement zurück synchronisiert und in weiterer Folge z.B. in eine IFC-Datei übertragen werden. Die in den Modellelementen berechneten Werte werden, in den Projektbereich (hier werden nach demselben Prinzip wie bei den Modellelementen einem Projekt Eigenschaften in beliebiger Anzahl zugewiesen) summiert.

Für die Berechnung wurden auf diese Weise ca. 1.300 Eigenschaften angelegt. Davon ca. 800 für die Berechnung der Errichtungskosten samt Zuordnung zu den Elementen nach ÖNORM 1801-1:2009 und ca. 500 Eigenschaften für die Berechnung der Objekt-Folgekosten (Wartung & Instandsetzung, Erneuerung, Reinigung, Energieverbrauch & Wasser) auf 50 Jahre. Abbildung 34 zeigt, wie in BuildingOne Eigenschaften angelegt und Formeln in den Eigenschaften eingegeben werden.

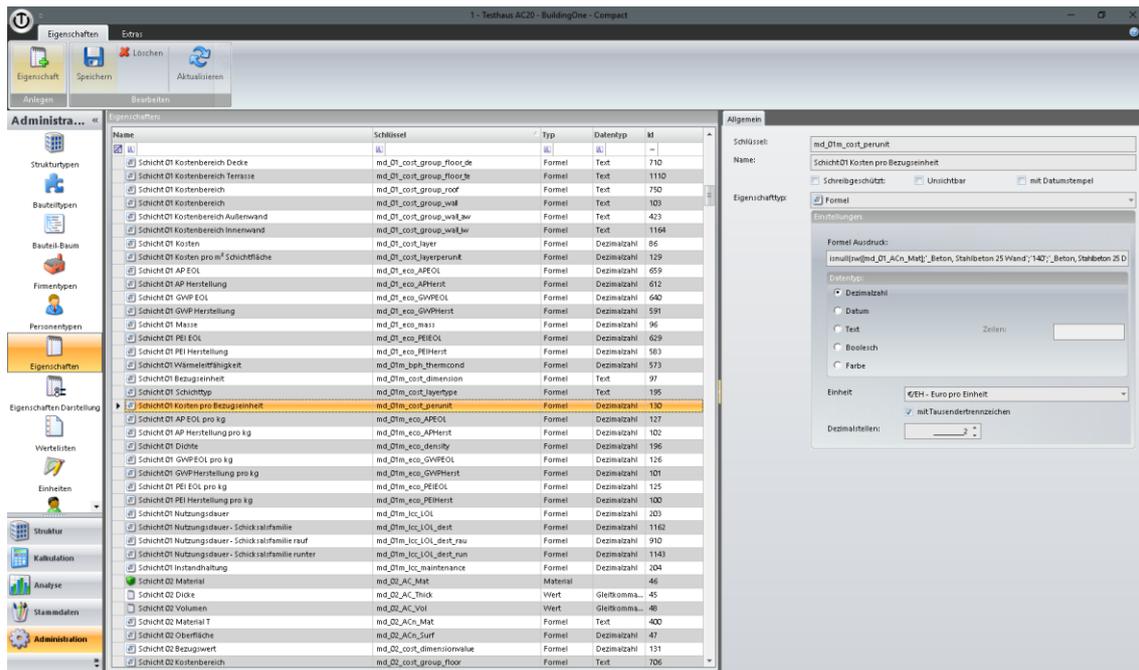


Abbildung 34 Anlegen und Verwalten von Eigenschaften

#### 4.5.5. Schema Workflow Excel

Die Berechnungsmethodik über die ArchiCAD-Auswertung und des entwickelten Excel-Tools ermöglicht die Verwertung einer BIM-Mengenauswertung. Im Unterschied zur Methode BuildingOne-Attribute wird hier nicht in der Datenbank gerechnet (die berechneten Werte sind keine Datensätze) und die gesamte Berechnung erfolgt außerhalb des BIM-Modells.

Abbildung 35 zeigt das Prinzip dieser Berechnungsmethode. Aus der BIM-Authorig-Software wird eine Auswertung (eine für Baustoffe, Aufbauten und Profile sowie eine für Bibliothekselemente) erstellt, welche alle Modellelemente und deren qualitätsdefinierende Bestandteile und die dazugehörigen Mengeneinheiten ausgibt. Diese Auswertung wird als XLS-Datei publiziert. Der Inhalt dieser Datei wird in die dafür vorgesehenen Tabellenblätter des Excel-Tools eingefügt. In diesem Tool werden die Modellelemente durch „Wenn-Dann“-Funktionen den Kostengruppen der 3. Ebene (nach ÖNORM B 1801-1:2009) zugeordnet. Den Qualitätseinheiten werden die entsprechenden Kennwerte zugeordnet (mit der SVERWEIS-Funktion), damit die Kosten der einzelnen Gebäudeelemente ermittelt und diese dann anhand der Kostengruppenzuordnung in die übergeordneten Gliederungsebenen summiert. Die Kennwerte werden in den Tabellenblättern des Excel-Tools verwaltet – eine Erweiterung um weitere Qualitäten (Baustoffe, Aufbauten, Profil, Fenster-Optionen, usw.) ist sehr einfach möglich.

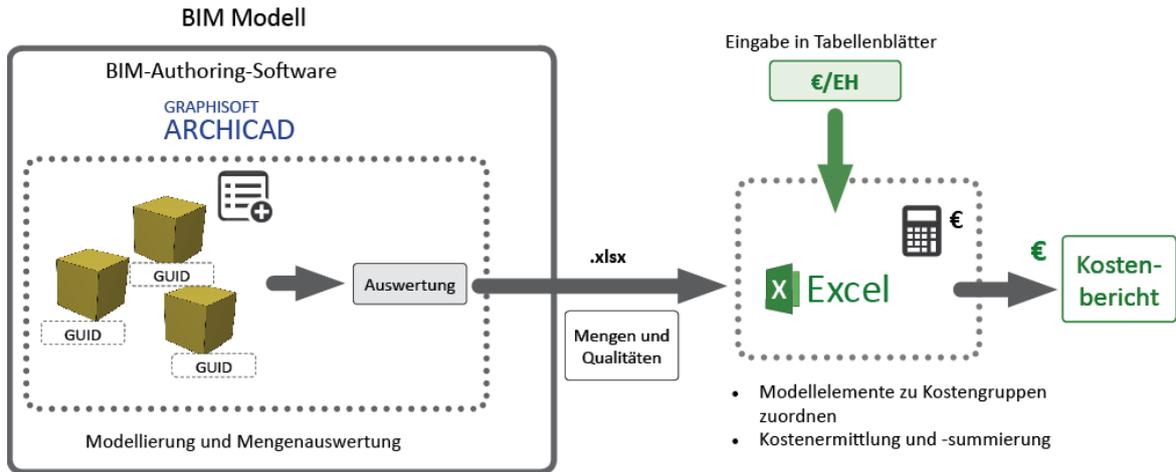


Abbildung 35 Schema Berechnung Excel

Nach Einfügen der Mengen in das Excel-Tool werden die gewünschten Werte innerhalb von Sekunden berechnet und können sodann in einem vorbereiteten Bericht analysiert werden.

Abbildung 36 zeigt das Tabellenblatt, in das die publizierte Auswertung eingefügt wird (im blauen Bereich) und die Ermittlung der Kosten und deren Kostengruppenzuordnung (im grauen Bereich).

AC-Auswertung Baustoffe / Aufbauten / Profile						Errichtungskosten														
						Übersetzung		Baustoff / Aufbau				Element								
Element ID	Aufbau	Baustoff	Ebene	Direkt-Nummer	ist Aufbau?	Winkel	Skizze Länge	Unterlag Länge	Länge/Profil	Volumen/Profil	Baustyp	Schichttyp	Kostengruppe Wand	Kostengruppe Decke	Kostengruppe Dach	Mengenheit	Bezugspreis	Einheitspreis	Kosten	Kostenzuordnung nach ÖNORM B 1805-1
5	1	Dach	Flachdach Garage	Belag, Holzterrasse	Belag, Holzterrasse	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Aufbau	...	Dach_Terrasse	Ab	48.03	m2	23.091	140	€ 1.232,73	48.03	Balkon/Terrassenbeläge	
6	1	1	Dach	Flachdach Garage	Belag, Holzterrasse	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Aufbau	...	Dach_Terrasse	Ab	48.03	m2	23.091	140	€ 1.232,73	48.03	Balkon/Terrassenbeläge	
7	1	1	Dach	Flachdach Garage	AD Flachdach Massiv	Beton, Stahlbetondecke 20cm	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Baustoff	...	Dach_Terrasse	T	20.03	m2	23.091	130	€ 1.901,82	20.03	Dachkonstruktionen
8	1	1	Dach	Flachdach Garage	AD Flachdach Massiv	Dach, Kies	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Baustoff	...	Dach_Terrasse	A	48.01	m2	23.091	25	€ 577,27	48.01	Fassadenverkleidungen
9	1	1	Dach	Flachdach Garage	AD Flachdach Massiv	Dämmung, hart XPS	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Baustoff	...	Dach_Terrasse	Ae	48.01	m2	23.091	32	€ 739,91	48.01	Dachbeläge
10	1	1	Dach	Flachdach Garage	AD Flachdach Massiv	Speerschlacht, Abblüchung	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Baustoff	...	Dach_Terrasse	Ae	48.01	m2	23.091	14	€ 325,27	48.01	Dachbeläge
11	1	1	Dach	Flachdach Garage	AD Flachdach Massiv	Speerschlacht, Folie Ausssen	301	"Dach_TERRASSE MD	301	Baustoff	...	Dach_Terrasse	A	48.01	m2	23.091	2,4	€ 55,42	48.01	Fassadenverkleidungen
12	1	1	Dach	Vordach Pergula	DA, Pergula	DA, Pergula	300	"Dach	300	Aufbau	...	Dach_Dach/n fehlen	...	...	...	...	...	€ 0,00	Fehler	
13	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dach, Kies	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	A	48.01	m2	106.972	25	€ 2.674,30	48.01	Fassadenverkleidungen
14	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dach, Kies	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	A	48.01	m2	106.972	25	€ 2.674,30	48.01	Fassadenverkleidungen
15	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dach, Kies	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	A	48.01	m2	238.363	25	€ 5.959,07	48.01	Fassadenverkleidungen
16	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dach, Kies	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	A	48.01	m2	238.363	25	€ 5.959,07	48.01	Fassadenverkleidungen
17	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dämmung, hart XPS	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	Ae	48.01	m2	104.340	32	€ 3.338,89	48.01	Dachbeläge
18	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dämmung, hart XPS	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	Ae	48.01	m2	104.340	32	€ 3.338,89	48.01	Dachbeläge
19	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dämmung, hart XPS	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	Ae	48.01	m2	234.105	32	€ 7.491,16	48.01	Dachbeläge
20	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Dämmung, hart XPS	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	Ae	48.01	m2	234.105	32	€ 7.491,16	48.01	Dachbeläge
21	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	97.435	20	€ 1.948,70	40.03	Deckenverkleidungen
22	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	97.435	20	€ 1.948,70	40.03	Deckenverkleidungen
23	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	97.591	20	€ 1.951,83	40.03	Deckenverkleidungen
24	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	97.591	20	€ 1.951,83	40.03	Deckenverkleidungen
25	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	222.832	20	€ 4.456,64	40.03	Deckenverkleidungen
26	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	222.832	20	€ 4.456,64	40.03	Deckenverkleidungen
27	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	223.089	20	€ 4.461,78	40.03	Deckenverkleidungen
28	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Gipskarton, GKP	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	I	40.03	m2	223.089	20	€ 4.461,78	40.03	Deckenverkleidungen
29	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Holz, Brettsperrholz	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	T	20.03	m3	16.087	1680	€ 27.026,16	20.03	Dachkonstruktionen
30	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Holz, Brettsperrholz	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	T	20.03	m3	16.087	1680	€ 27.026,16	20.03	Dachkonstruktionen
31	1	1	Dach	WALMDACH	AD Flachdach Holz Massiv	Holz, Brettsperrholz	300	"Dach	300	Baustoff	...	Dach_Dach	T	20.03	m3	36.483	1680	€ 61.257,67	20.03	Dachkonstruktionen

Abbildung 36 Kostenermittlung mit Excel-Tool

### 4.6. Berechnung

Im folgenden Kapitel wird die Durchführung der Berechnung (Identifizierung der Mengen, die Eingabe der Kennwerte, die Zuordnung der Kosten in die Gliederung, die Summierung der Kosten und die Ermittlung der Folgekosten) für alle Modellierwerkzeuge beschrieben. Hier wird vor allem die Methode BuildingOne-Attribute genauer beschrieben.

Abbildung 37 zeigt die Logik der Errichtungskostenzuordnung der drei Berechnungsmethoden. Bei der Methode BuildingOne-Kalkulation erfolgt die Zuordnung durch die Funktion Mengenprovider, bei der Methode BuildingOne-Attribute erfolgt die Zuordnung der Kosten der Modellelemente durch Formel-Beziehungen in neu angelegten Eigenschaften und bei der Methode Excel erfolgt die Zuordnung ebenfalls durch Formel-Beziehungen (Excel Logik-Funktionen).

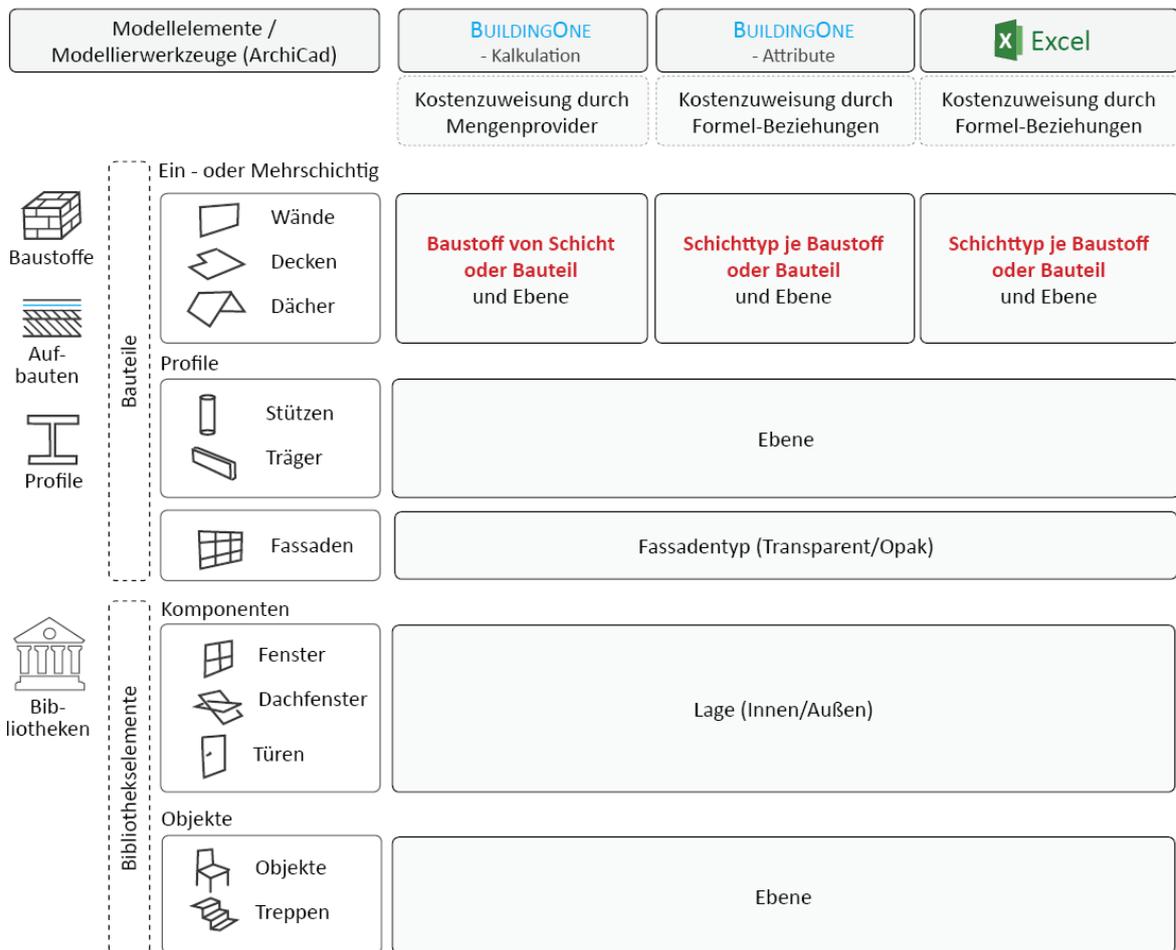


Abbildung 37 Berechnungslogik je Berechnungsmethode und Modellelement

Für die Modellierungswerkzeuge welche durch Aufbauten definiert werden können (Wände, Decken und Dächer) ist in der Berechnungsmethode BuildingOne-Kalkulation andere Herangehensweise der Kostenzuordnung erforderlich. Bei den übrigen Modellelementen

ist die Logik der Berechnung und Kostenzuordnung bei allen drei Berechnungsmethoden gleich. Bei den Berechnungsmethoden BuildingOne-Attribute und Excel erfolgt die Kostenzuordnung von Bauteilschichten von Wänden, Decken und Dächern über den Schichttyp (z.B. „A“ oder „T“ usw. - wird im Kapitel 4.6.1 genauer erläutert). Bei der Methode BuildingOne-Kalkulation erfolgt die Zuordnung abhängig von der spezifischen Baustoffbezeichnung (z.B. „Beton, Stahlbetondecke 20cm“). Das bedeutet, dass bei dieser Methode die Kostenzuordnung für jeden neu angelegten Baustoff angepasst werden muss.

Daher wird in der nachfolgenden Berechnungsbeschreibung (Kapitel 4.6.1 bis 4.6.7) bei mehrschichtigen Bauteilen (Kapitel 4.6.1) auf die Berechnungsmethode BuildingOne-Kalkulation gesondert eingegangen, bei den übrigen Modellierwerkzeugen (Kapitel 4.6.2 bis 4.6.7) wird die Berechnung nur anhand der Berechnungsmethode BuildingOne-Attribute beschrieben.

#### **4.6.1. Mehrschichtige Bauteile – Wände, Decken, Dächer**

Mehrschichtige Bauteile (Wände, Decken, Dächer) repräsentieren in der Regel die größte Masse des Gebäudes und bilden somit auch einen sehr großen Teil der Kosten und des Ressourcenverbrauchs.

Mehrschichtige Bauteile sind im Rahmen der Berechnung eine Besonderheit und müssen daher speziell betrachtet werden. Jede Schicht stellt eine kostenrelevante Einheit mit Menge, Qualität und Kostenkennwert dar (ein Bauteil kann auch als Paket mit allen Schichten als ein Aufbau erfasst werden). Die Modellelemente Wände, Decken, Dächer können sowohl einschichtig als auch mehrschichtig sein. Dabei sind jeweils andere Eigenschaften die Träger der relevanten Informationen (Baustoff/Aufbau, Dicke, Volumen). Die Berechnung muss daher so gestaltet werden, dass sie sowohl bei einschichtigen als auch bei mehrschichtigen Elementen funktioniert (wie das gelöst wurde wird im Anhang A1.2.2 genauer beschrieben).

Nachfolgend wird die Berechnung und Zuordnung der Kosten am Beispiel des Baustoffs „Beton, Stahlbetondecke 20cm“, welcher sowohl als Deckenkonstruktion als auch als Flachdachkonstruktion und sowohl in einem einschichtigen als auch in einem mehrschichtigen Bauteil Verwendung finden können soll, beschrieben.

## BuildingOne-Kalkulation

### Synchronisation

BuildingOne bietet die Möglichkeit, von mehrschichtigen Bauteilen max. 15 Schichten abzufragen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Berechnung für bis zu 10 Schichten erstellt. Da ein Bauteil mehrere Kostengruppen beinhalten kann, stellt auch die Zuordnung der Schichten zu diesen Kostengruppen bis 3. Ebene eine besondere Herausforderung dar. Um alle für die Berechnung notwendigen Mengen und Qualitäten von mehrschichtigen Bauteilen in der Berechnung erfassen zu können sind folgende 35 Eigenschaften (Abbildung 38) aus ArchiCad zu synchronisieren (wird in der Konfiguration definiert - siehe Anhang A1.1.3).

Legende für nachfolgende Abbildungen:

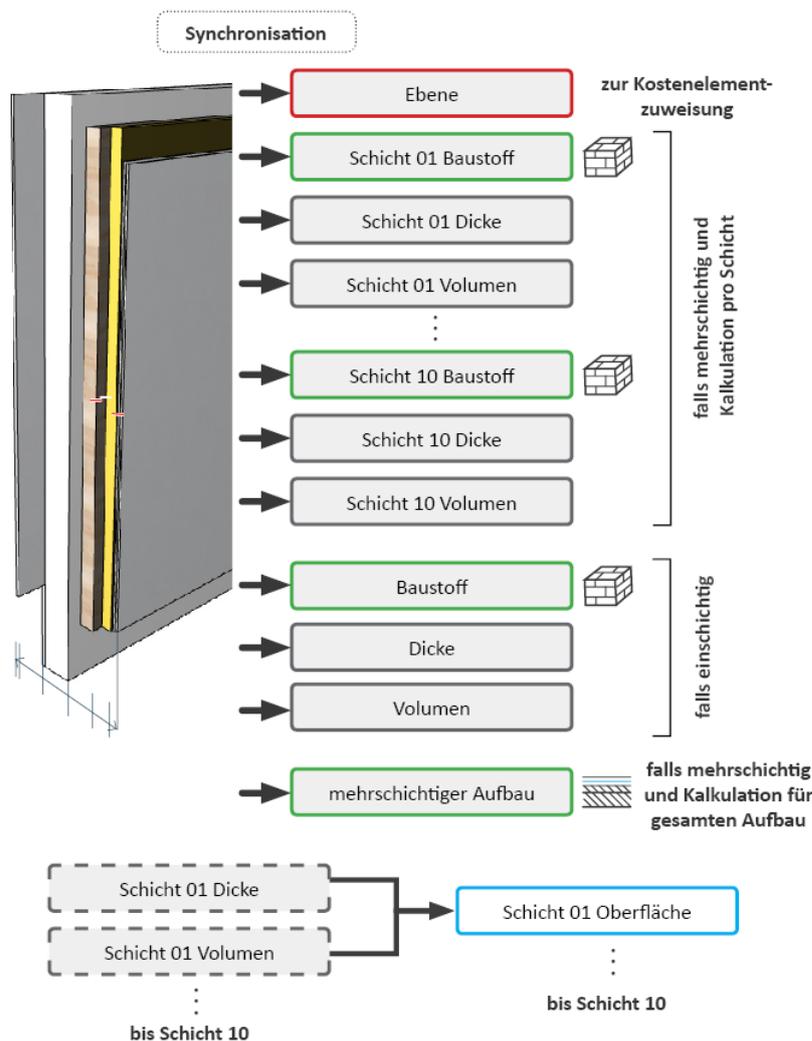
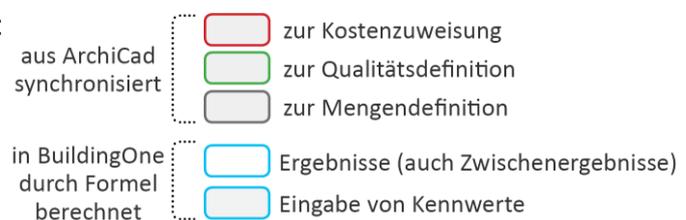


Abbildung 38 Synchronisierte Eigenschaften eines mehrschichtigen Bauteils (Bsp. Wand)

Die Eigenschaft „Ebene“ dient der späteren Kostenzuweisung, die grün eingerahmten Eigenschaften stellen Qualitätseinheiten und die grau eingerahmten Eigenschaften Mengeneinheiten dar. Ausgehend von diesen Eigenschaften werden bei der Berechnungsmethode BuildingOne-Kalkulation die Mengenprovider erstellt und bei der Berechnungsmethode BuildingOne-Attribute alle weiteren Eigenschaften zur Berechnung von mehrschichtigen Bauteilen abgeleitet.

### Ermittlung der Errichtungskosten

Für jede mögliche Bauteilschicht (Schicht 1 bis 10) und für den Fall, dass der Bauteil einschichtig ist, muss ein Mengenprovider und eine dazugehörige Kostenposition erstellt werden. Abbildung 39 zeigt die erstellten Mengenprovider für das Beispiel des Baustoffs „Beton, Stahlbetondecke 20cm“ für die Elemente „2D.01 Deckenkonstruktionen“ und „2D.03 Dachkonstruktionen“.

Nummer	Name	Wert	Id
00	BGF	329,2957	29
2D_01	DE STB 20cm Schicht 00		33
2D_01	DE STB 20cm Schicht 01		32
2D_01	DE STB 20cm Schicht 02	25,2793	20
2D_01	DE STB 20cm Schicht 03		31
2D_01	DE STB 20cm Schicht 04		44
2D_01	DE STB 20cm Schicht 05		45
2D_01	DE STB 20cm Schicht 06		46
2D_01	DE STB 20cm Schicht 07		47
2D_01	DE STB 20cm Schicht 08		48
2D_01	DE STB 20cm Schicht 09		49
2D_01	DE STB 20cm Schicht 10		50
2D_03	DA STB 20cm Schicht 00		51
2D_03	DA STB 20cm Schicht 01		52
2D_03	DA STB 20cm Schicht 02		53
2D_03	DA STB 20cm Schicht 03		54
2D_03	DA STB 20cm Schicht 04		55
2D_03	DA STB 20cm Schicht 05		56
2D_03	DA STB 20cm Schicht 06		57
2D_03	DA STB 20cm Schicht 07		58
2D_03	DA STB 20cm Schicht 08		59
2D_03	DA STB 20cm Schicht 09		60
2D_03	DA STB 20cm Schicht 10		61

The right pane shows the configuration for the selected provider (2D\_01):

- Nummer: 2D\_01
- Name: DE STB 20cm Schicht 00
- Funktion: Summe (selected)
- Eigenschaft: Bauteil Mittlere Oberfläche (md\_comp\_inf\_surfmid)
- Faktor: (empty)
- Wert: Nicht referenziert
- Filter: UND-Verknüpfung (Operator AND)
  - Eigenschaft 'Einschichtig Material (md\_00\_AC\_Mat)' wie 'Beton, Stahlbetondecke 20cm'
  - Eigenschaft 'Ebene (Layer)' wie '\*Decke\*'
  - Elementtyp gleich 'Decke (Floor)'

Abbildung 39 Mengenprovider am Beispiel Stahlbetondecke 20cm

Die Mengenidentifikation erfolgt über Filterregeln (in Abbildung 39 rechts dargestellt).

Die Filterregeln sind nach folgender Logik zu erstellen:

...z.B. für Schicht 1 einer Deckenkonstruktion (2D.01)

WENN Schicht 01 Material = „Beton, Stahlbetondecke 20cm“

UND Ebene = „\*Decke\*“

DANN Schicht 01 Oberfläche

...für Schicht 1 einer Dachkonstruktion (2D.03)

WENN Schicht 01 Material = „Beton, Stahlbetondecke 20cm“

UND Ebene = „\*Dach\*“

DANN Schicht 01 Oberfläche

Da jede Kostenposition nur mit einem Mengenprovider verknüpft werden kann, müssen für diese Qualitätseinheit (z.B. „Beton, Stahlbetondecke 20cm“) insgesamt 22 Mengenprovider und 22 Kostenpositionen erstellt werden.

### **BuildingOne–Attribute**

Im Folgenden wird beschrieben, wie die Berechnung BuildingOne–Attribute für die Bauteiltypen Wände, Decken und Dächer funktioniert.

### **Synchronisation**

Zunächst ist eine Synchronisation mit dem BIM-Modell erforderlich. Diese erfolgt nach demselben Schema wie bei der Methode BuildingOne-Kalkulation unter „Synchronisation“ beschrieben.

### **Einspielen der Kennwerte in Modellelemente**

Nachdem die Synchronisation der Eigenschaften (in Abbildung 38 dargestellt) durchgeführt wurde, werden den Bauteilschichten, abhängig von deren Baustoff, alle für die Berechnung relevanten Eigenschaften zugewiesen. Bei dieser Berechnungsmethode werden diese Kennwerte (beliebig viele) durch Formeln (Switch-Formel - genauere Beschreibung siehe Anhang) in dafür vorgesehene Eigenschaften geschrieben. Welcher Kennwert eingetragen wird, ist abhängig vom Wert (z.B. „Beton, Stahlbetondecke 20cm“) der mit dieser Formel verknüpften Eigenschaft „Baustoff“.

Abbildung 40 zeigt die zugewiesenen Baustoff-Eigenschaften sortiert nach für die Errichtungs- und Folgekostenberechnung relevanten Eigenschaften. Dies wird für alle Bauteilschichten durchgeführt.

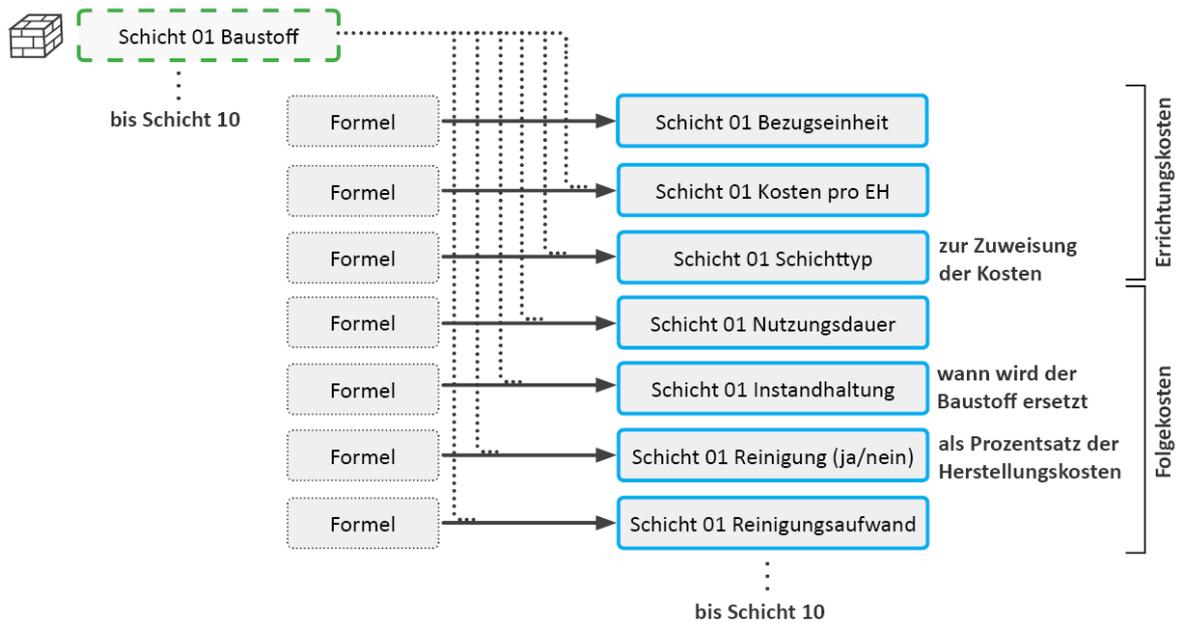


Abbildung 40 Zuweisung Baustoff Eigenschaften für mehrschichtigen Bauteil

Durch die Bezugseinheit kann definiert werden, welcher Mengewert für die Kostenberechnung mit dem Kostenkennwert herangezogen wird (Schichtvolumen oder Schichtfläche). In die Eigenschaft „Kosten pro Einheit“ (Kosten pro EH) werden die jeweiligen Kostenkennwerte abhängig vom Baustoff der Schicht in das Modellelement eingespielt. Kostenkennwert und Bezugseinheit müssen aufeinander abgestimmt sein. Wird ein Kostenkennwert in „€/m<sup>2</sup>“ verwendet, muss die Bezugseinheit „m<sup>2</sup>“ sein, damit als Mengewert die Schichtfläche herangezogen wird. Die Eigenschaft „Schichttyp“ dient der Zuordnung des jeweiligen Baustoffs zum richtigen Element.

Die Nutzungsdauer ist ein statistischer Wert, der die Dauer, bis ein Baustoff erneuert werden muss, angibt. Dieser Wert steuert in der Berechnung, wann die ermittelten Errichtungskosten (unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Abzinsung) in der Folgekostenberechnung fällig werden. In die Eigenschaft „Instandhaltung“ wird ein Prozentwert für Inspektion, Wartung und Reparatur eingetragen. Dieser Wert ermittelt die Instandhaltungskosten des Baustoffs als Prozentsatz der Herstellungskosten.

In der Eigenschaft „Reinigung“ (ja/nein) wird festgelegt, welche Baustoffe (z.B. „Belag, Fliesen“ oder „Belag, Parkett“) in den Reinigungskosten berücksichtigt werden sollen und welche keine Reinigung benötigen (z.B. eine Stahlbetondecke, welche im fertigen Gebäude allseitig bekleidet ist). Durch die Eigenschaft „Reinigungsaufwand“ wird der Reinigungsaufwand, abhängig vom Baustoff, in die Berechnung eingespielt.

### Ermittlung der Errichtungskosten im Modellelement

Abbildung 41 zeigt die Ermittlung der Kosten am Beispiel der Bauteilschicht 1 in Abhängigkeit von Mengenwert und Kostenkennwert. Wie bereits erwähnt, wird der herangezogene Mengenwert durch die Baustoff-Eigenschaft „Bezugseinheit“ gesteuert ( $m^2 \rightarrow$  Schichtfläche;  $m^3 \rightarrow$  Schichtvolumen). Der Mengenwert wird in der Folge mit der Eigenschaft „Kosten pro Bezugseinheit“ multipliziert und auf diese Weise die Kosten für jede Bauteilschicht ermittelt.

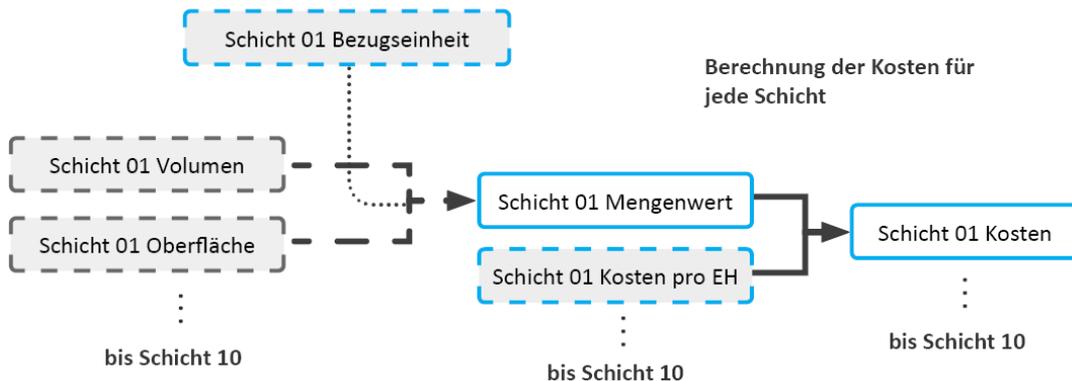


Abbildung 41 Kostenermittlung mehrschichtiger Bauteil

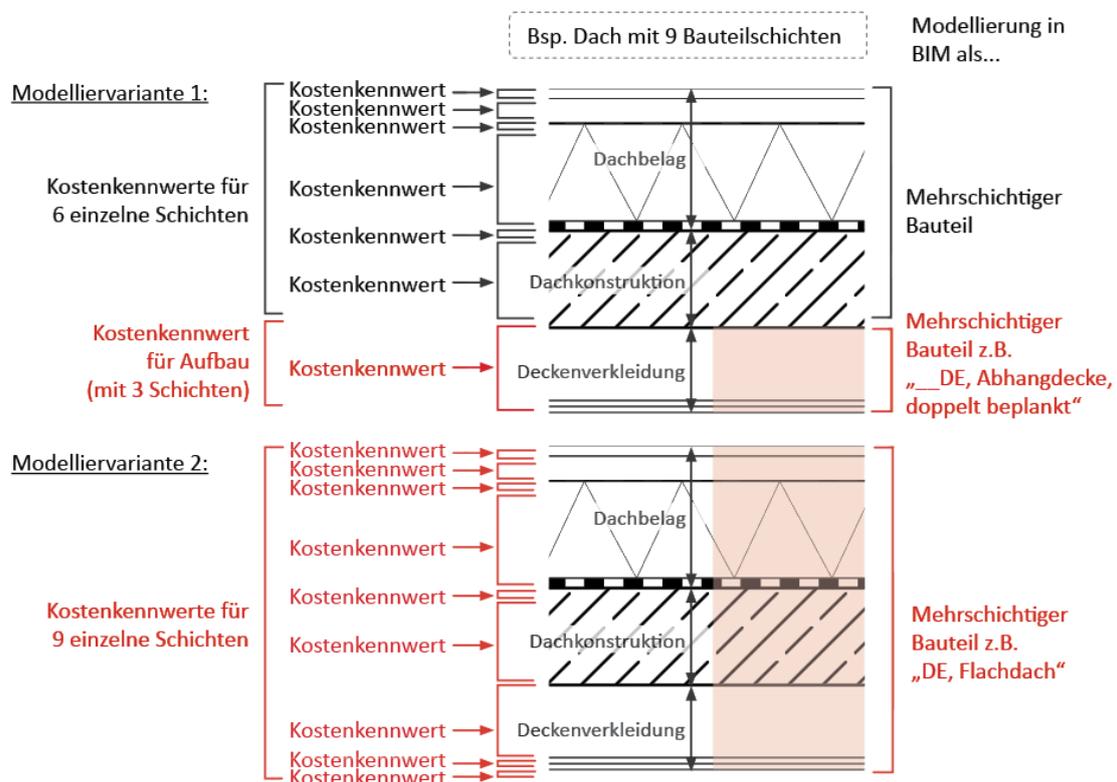


Abbildung 42 Modelliervarianten eines mehrschichtigen Bauteils

Abbildung 42 zeigt, wie ein mehrschichtiger Bauteil, z.B. ein Dach bestehend aus Dachbelag, Dachkonstruktion und Deckenverkleidung, abhängig von den vorhandenen Kostenkennwerten modelliert werden muss. Die Berechnung kann sowohl einem

mehrschichtigen Aufbau als Ganzes (Abbildung 42 – oben „\_\_DE, Abhangdecke, doppelt beplankt“), als auch jeder einzelnen Bauteilschicht eines Aufbaus (Abbildung 42 – unten „DE, Flachdach“) einem Kostenkennwert zuweisen. In der aktuellen Konfiguration der Berechnung wird dies über die Bezeichnung des mehrschichten Aufbaus in ArchiCad gesteuert. Ist der Bauteil mehrschichtig und beginnt die Bezeichnung des mehrschichtigen Aufbaus in ArchiCad mit „\_\_“ (z.B. „\_\_DE, Abhangdecke, doppelt beplankt“) wird der Aufbau mit dem passenden Kostenkennwert für diesen Aufbau verknüpft. In diesem Fall werden die Bauteilschichten für die Errichtungskostenberechnung nicht mehr beachtet. Beginnt die Bezeichnung des Aufbaus nicht mit „\_\_“ wird jede einzelne Bauteilschicht mit einem passenden und in der Berechnung hinterlegten Kostenkennwert verknüpft und der Bauteil damit kalkuliert.

Soll zum Beispiel die abgehängte Decke (Abbildung 42, obere Darstellung) mit einem Kostenkennwert für einen Aufbau (dieser umfasst drei Bauteilschichten – Luftschicht / Unterkonstruktion, Gipskarton, Gipskarton) versehen werden, muss die Benennung dieses Aufbaus mit „\_\_“ beginnen (z.B. „\_\_DE, Abhangdecke, doppelt beplankt“). Die Berechnung erkennt an der Bezeichnung des Aufbaus in ArchiCad, dass ein Kennwert für diesen Aufbau zur Kalkulation verwendet werden soll und verknüpft den entsprechenden Mengenwert mit dem passenden Kostenkennwert (sofern dieser in der Berechnung hinterlegt ist). Die drei einzelnen Bauteilschichten werden in diesem Fall nicht weiter betrachtet, da sonst Kosten doppelt in die Berechnung eingehen könnten.

### **Zuordnung zu den Elementen der Kostengliederung im Modellelement**

Die Ebene, auf der ein Modellelement liegt, kann als erstes Kriterium für die Zuordnung der Kosten zum richtigen Element herangezogen werden. Bei mehrschichtigen Bauteilen reicht dies allerdings nicht aus, da mehrere Elemente in einem Modellelement (abhängig von Bauteilschichten) verpackt sein können. Das Modellelement kann aber nur auf einer Ebene liegen.

Um die Element-Zuordnung für jede Bauteilschicht lösen zu können, muss der Baustoff als weiteres Kriterium herangezogen werden. Dies wurde gelöst, indem jedem Baustoff eine Zugehörigkeit zu einem Schichttyp zugewiesen wurde. Damit wird erreicht, dass dieselben Baustoffe für unterschiedliche Modellierwerkzeuge und unterschiedliche Elemente verwendet werden können und die automatische Zuordnung zu den Elementen trotzdem gewährleistet ist. Des Weiteren hat die Verwendung des Schichttyps den Vorteil, dass neue Baustoffe sehr schnell in die Berechnung integriert werden können. Es ist dabei nicht erforderlich, Formeln betreffend Elementzuordnung zu ändern. Soll dem Projekt z.B. der

Baustoff „Hohldielen 20cm“ hinzugefügt werden, wird diesem Baustoff der Schichttyp „T“ (gemäß Abbildung 40) zugewiesen. Damit werden die Kosten, die dieser Baustoff im Projekt verursacht, abhängig von der Ebene, auf der das Bauteil modelliert wird, dem richtigen Element zugeordnet.

Um die Zuordnung für alle Situationen des Testgebäudes zu gewährleisten werden 7 Schichttypen benötigt (siehe Tabelle 11). Der Schichttyp gibt an, ob ein Baustoff eine tragende oder eine bekleidende Bauteilschicht darstellt. Tabelle 8 zeigt, welche Elemente mit dem jeweiligen Schichttyp (T, Te, A, usw.), abhängig vom Bauteiltyp (Wände, Decken, Dächer) und der Ebene, identifiziert werden.

Tabelle 11 Schichttypen

Bauteiltyp Ebenen-Nr.		Wände		Decken			Dächer
		110_Wand_Aussen	140_Wand_Innen	200_Boden	201_Decke	300_Dach	300_Dach
<b>T</b>	Tragend	2E.01 Außenwandkonstruktionen	2E.02 Innenwandkonstruktionen	2C.03 Flachgründungen	2D.01 Deckenkonstruktionen	2D.03 Dachkonstruktionen	2D.03 Dachkonstruktionen
<b>Te</b>	Tragend erdberührt			2C.04 Bodenkonstruktionen			
<b>A</b>	Außen	4C.01 Fassadenverkleidungen			4C.01 Fassadenverkleidungen	4C.01 Fassadenverkleidungen	4C.01 Fassadenverkleidungen
<b>Ae</b>	Außen erdberührt	4C.05 Außenhülle erdberührt		4C.05 Außenhülle erdberührt		4B.01 Dachbelag	4B.01 Dachbelag
<b>Ab</b>	Außenboden				4B.03 Balkon-/Terrassenbeläge	4B.03 Balkon-/Terrassenbeläge	
<b>I</b>	Innen	4D.02 Wandverkleidungen	4D.02 Wandverkleidungen	4D.03 Deckenverkleidungen	4D.03 Deckenverkleidungen	4D.03 Deckenverkleidungen	4D.03 Deckenverkleidungen
<b>Ib</b>	Innenboden			4D.01 Bodenbeläge	4D.01 Bodenbeläge		

Ein Baustoff mit dem Schichttyp „T“ ist abhängig vom Bauteiltyp und der Ebene entweder eine Außenwandkonstruktion, eine Innenwandkonstruktion, eine Flachgründung, eine Deckenkonstruktion oder eine Dachkonstruktion. Ein Baustoff mit dem Schichttyp „I“ ist abhängig vom Bauteiltyp und der Ebene entweder eine Wandverkleidung oder eine Deckenverkleidung, usw. Dies ist bei der Verwendung der Baustoffe zu beachten. Soll z.B. eine bekleidende Schicht aus Beton modelliert werden, ist es erforderlich, einen neuen Beton-Baustoff mit dem Schichttyp z.B. „A“ oder „I“ zu erstellen, damit dieser durch die Berechnung als Fassadenverkleidung oder Wandverkleidung erkannt wird.

Tabellen 12 bis 14 stellen dar, wie die Zuordnung der Kosten der Baustoffe in den Bauteilschichten zu den richtigen Elementen von der Eigenschaft „Schichttyp“ gesteuert wird.

Die nachfolgenden Tabellen 12 bis 14 zeigen sowohl, welche Elemente mit dem jeweiligen Modellierwerkzeug (Wand, Decke, Dach) abgebildet werden können, als auch Beispiele für diese Elemente.

Tabelle 12 zeigt, welche Elemente mit dem Wand-Werkzeug (sowohl ein- als auch mehrschichtig) erstellt werden können und welche Ebenen des Ebenen-Sets dafür benutzt werden müssen. Mit diesem Modellierwerkzeug können 12 unterschiedliche Elemente sinnvoll modelliert werden. In Tabelle 12 grün hinterlegte Elemente sind allein durch die Ebene, auf der sich die jeweiligen Wand-Modellelemente befinden, zuordenbar. Für blau hinterlegte Kosten-elemente wird für die richtige Zuordnung der Kosten, zusätzlich zur Ebene, die Information des Schichttyps benötigt.

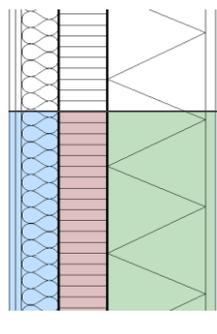
Tabelle 12 Kostenzuordnung Wände

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1	Beispiel	ST**	Ebene
Wände	2C.02	Tiefengründungen	Schlitzwand	123_Tiefengründung*
	2C.03	Flachgründungen	Streifenfundament	122_Flachgründung*
	2E.01	Außenwandkonstruktionen	Brettsper Holz, Ziegel, Stahlbeton, Sandwichpaneel ...	T 110_Wand_Aussen_tragend
	2E.02	Innenwandkonstruktionen	Stahlbeton, Brettsper Holz ...	T 130_Wand_Innen_tragend 140_Wand_Innen 141_Wand_Innen_Vorsatzschale 142_Wand_Innen_Leichtbau
	4B.04	Feste Einbauteile (Dach)	Geländer	170_Bruestung_massiv_Dach 175_Gelaender_Leichtbau_Dach
	4C.01	Fassadenverkleidungen	EPS, Putz	A 110_Wand_Aussen_tragend 120_Wand_Fassade
	4C.04	Feste Einbauteile (Fassade)	Geländer	171_Bruestung_massiv_Fassade* 176_Gelaender_Leichtbau_Fassade*
	4C.05	Außenhülle erdberührt	XPS, Geovlies, Abdichtungen	Ae 110_Wand_Aussen_tragend
	4D.02	Wandverkleidungen	Mineralwolle, Gipskarton, Lehmputz	I 110_Wand_Aussen_tragend 141_Wand_Innen_Vorsatzschale
	4D.05	Innenwandelemente	Elementwände, Ständerwände, Gipskarton, Mineralwolle	I 140_Wand_Innen
	4D.06	Feste Einbauteile (Innenausb.)	Geländer	172_Bruestung_massiv_Innen* 177_Gelaender_Leichtbau_Innen*
	6D.01	Einfriedungen	Zäune	652_Aussen_Einfriedung_Zaun

über Ebene zuweisbar	*neue Ebenen (nicht im Standardebenenset von ArchiCad)
über Ebene und Schichttyp zuweisbar	**ST...Schichttyp

Die Berechnung greift nur auf die Ebenen-Nummer zu (nur die ersten drei Zeichen des Ebenen-Namens). Dadurch wird die Berechnung nicht beeinflusst, wenn es im Zuge der Arbeit mit der BIM-Authoring-Software erforderlich sein sollte, weitere Ebenen, welche z.B. zur Darstellungssteuerung erforderlich sind, anzulegen.



Aufbau		Ebene	Schicht- typ	Zuweisung Kostenelement nach ÖNORM B 1801-1
2,00	Verputz, Außen			
16,00	Dämmung, EPS	A		
12,00	Brettsper Holz	T	2E.01 Außenwandkonstruktionen	
0,10	Dampfbremse	I	4D.02 Wandverkleidungen	
7,50	Unterkonstruktion MW	I		
1,25	Gipskarton, GKP	I		
1,25	Gipskarton, GKP	I		

Abbildung 43 Beispiel Kostenzuordnung Beispiel Außenwand

Abbildung 43 zeigt die Logik der Zuordnung der, für jede einzelne Bauteilschicht ermittelten, Kosten zu den Elementen am Beispiel einer Außenwand. Die Kostenzuordnung wird durch die Kombination aus Ebene und Schichttyp automatisiert durchgeführt. Die dargestellte Wand liegt auf der Ebene „110\_Wand\_Aussen\_tragend“. Der Baustoff „Holz, Brettsper Holz“ hat in der Eigenschaft „Schichttyp“ den Wert „T“. Laut Tabelle 8 bedeutet Schichttyp „T“ in einem Bauteiltyp „Wand“ und der Ebene „110...“, dass diese Bauteilschicht eine Außenwandkonstruktion darstellt und deren Kosten demzufolge dem Element „2E.01 Außenwandkonstruktionen“ zugeordnet werden müssen. Weiters zeigt Tabelle 9, dass die Kosten aller Bauteilschichten, deren Schichttyp „A“ und deren Ebenen-Nummer „110...“ entspricht, dem Element „4C.01 Fassadenverkleidungen“ zugeordnet werden. Analog dazu wird erkannt, dass die Kosten aller Bauteilschichten, deren Schichttyp „I“ und deren Ebenen-Nummer „110...“ entspricht, dem Element „4D.02 Wandverkleidungen“ zugeordnet werden.

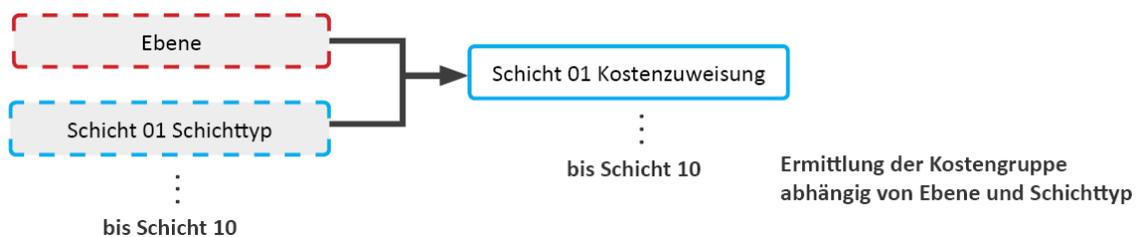


Abbildung 44 Berechnung der Kosten je Bauteilschicht

Abbildung 44 zeigt, durch welche Eigenschaften die Zuordnung der Kosten von Bauteilschichten gelöst wird. Um die Kosten den richtigen Elementen zuordnen zu können, werden in jedem Bauteiltyp (z.B. Wand) alle möglichen Elemente (siehe Tabelle 12 – bei Wänden 12 unterschiedliche möglich) als Eigenschaft angelegt (siehe Abbildung 45). Wie Abbildung 45 am Beispiel der Bauteilschicht 1 zeigt, werden die ermittelten Kosten in Abhängig vom Wert der Eigenschaft „Schicht 01 Kostenzuweisung“ den einzelnen Element-Eigenschaften zugeordnet.

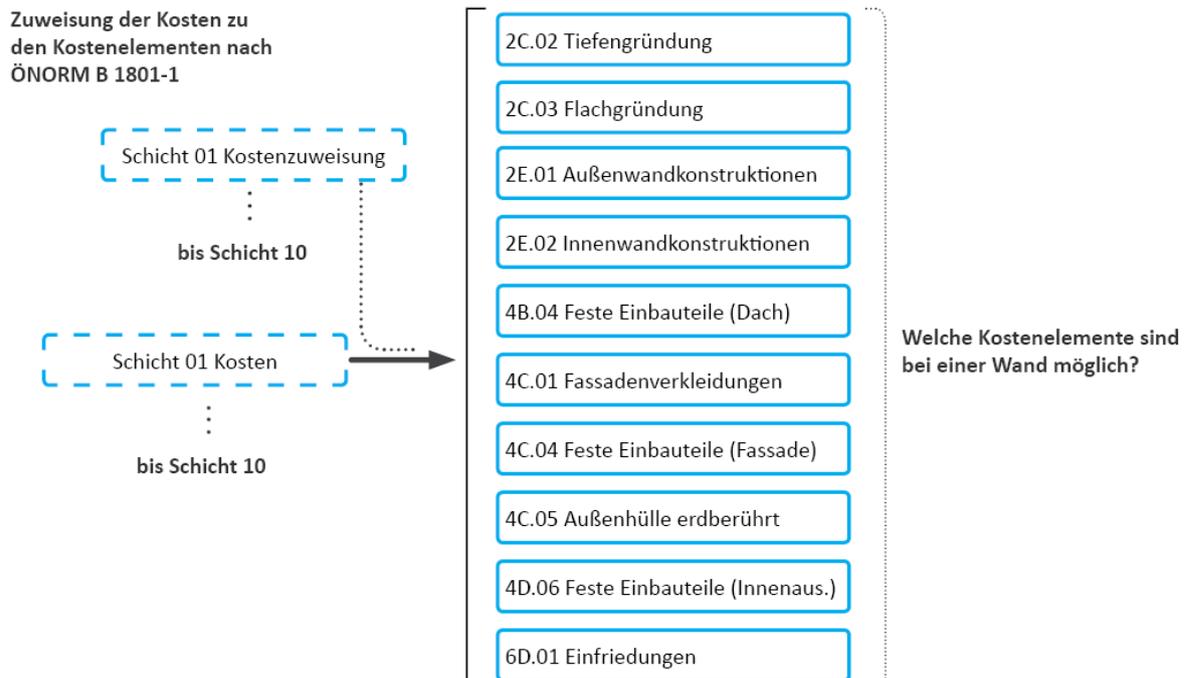


Abbildung 45 Zuordnung der Kosten je Schicht

Am komplexesten gestaltet sich die Kostenzuordnung beim Decken-Werkzeug. Mit diesem Werkzeug modellierte Modellelemente können in eine von 18 unterschiedlichen Elementen zugeordnet werden.

Das Prinzip der Kostenzuordnung, abhängig von Ebene und Schichttyp, wurde bereits anhand der Tabelle 12 für Wände beschreiben und ist sinngemäß auch auf Decken (Tabelle 13) und Dächer (Tabelle 14) anzuwenden.

Tabelle 13 Kostenzuordnung Decken

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1	Beispiel	ST**	Ebene	
Decken	2C.03	Flachgründungen	STB-Fundamentplatte	Te	122_Flachgründung*
	2C.04	Bodenkonstruktionen	STB-Bodenplatte die nicht der Fundierung dient, Sauberkeitsschicht	T	200_Decke_Geschoss_BODEN
	2D.01	Deckenkonstruktionen	Brettsperholz, STB, Hohlkörperdielen, ...	T	201_Decke_Geschoss_DECKE
	2D.03	Dachkonstruktionen	STB-Platten	T	201_Decke_Geschoss_DECKE 203_Decke_Geschoss_TERRASSE* 204_Decke_Geschoss_BALKON* 300_Dach
	4B.01	Dachbeläge	Dachziegel, Bekiesung, XPS, Abdichtungen	Ae	300_Dach
	4B.03	Balkon-/Terrassenbeläge	Steinplatten, Holzbelag, Bekiesung, XPS, Abdichtungen	Ab	203_Decke_Geschoss_TERRASSE* 204_Decke_Geschoss_BALKON*
	4B.04	Feste Einbauteile (Dach)	Gitterroste		230_Feste_Einbauteile_DECKE_Dach*
	4C.01	Fassadenverkleidungen	Untersichten (Dämmungen, Abdichtungen, Putz, ...)	A	201_Decke_Geschoss_DECKE 203_Decke_Geschoss_TERRASSE* 204_Decke_Geschoss_BALKON* 300_Dach
	4C.04	Feste Einbauteile (Fassade)	Gitterroste		231_Feste_Einbauteile_Fassade*
	4C.05	Außenhülle erdberührt	XPS, Geovlies, Abdichtungen	Ae	200_Decke_Geschoss_BODEN
	4D.01	Bodenbeläge	Bodenaufbauten (Parkett, Fliesen, Teppich, Estrich, Trittschalldämmung, Folie, Schüttung,...)	lb	200_Decke_Geschoss_BODEN 201_Decke_Geschoss_DECKE
	4D.03	Deckenverkleidungen	Abgehängte Decken, Gipskarton, Putz, ...	I	201_Decke_Geschoss_DECKE 203_Decke_Geschoss_TERRASSE* 300_Dach 202_Decke_Abgehaengt
	4D.06	Feste Einbauteile (Innenausbau)	Gitterroste		232_Feste_Einbauteile_Innen*
	6C.01	Gehwege	Asphalt, Schotter, Betonsteine, ...		630_Aussen_Wege
	6C.02	Fahrwege	Asphalt, Schotter, Betonsteine, ...		620_Aussen_Strasse
	6C.03	Plätze, Stellplätze, Höfe	Asphalt, Schotter, Betonsteine, ...		640_Aussen_Parkplatz
	6C.04	Sport-/Spielplatzflächen	Rindenmulch, ..		645_Aussen_Spielflächen*
6B.07	Wasserflächen			605_Aussen_Wasserflächen*	

über Ebene zuweisbar

\*neue Ebenen (nicht im Standard Ebenenset von ArchiCad)

über Ebene und Schichttyp zuweisbar

\*\*ST...Schichttyp

Tabelle 14 Kostenzuordnung Dächer

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1	Beispiel	ST**	Ebene	
Dächer	2D.03	Dachkonstruktionen	STB-Platten, Brettsperholz,...	T	300_Dach 301_Dach_TERRASSE*
	4B.01	Dachbeläge	Kies, Dachziegel, Dämmstoffe, Abdichtungen, Folien, ...	Ae	300_Dach 301_Dach_TERRASSE*
	4C.01	Fassadenverkleidungen	Untersichten (Dämmungen, Abdichtungen, Putz, ...)	A	300_Dach 301_Dach_TERRASSE*
	4D.03	Deckenverkleidungen	Abgehängte Decken, Gipskarton, Putz, ...	I	300_Dach 301_Dach_TERRASSE*
	4B.03	Balkon-/ Terrassenbeläge	Holzbeläge, Steinplatten, Kiesschüttung, Dämmung XPS, Abdichtungen	Ab	300_Dach 301_Dach_TERRASSE*

über Ebene zuweisbar

\*neue Ebenen (nicht im Standard Ebenenset von ArchiCad)

über Ebene und Schichttyp zuweisbar

\*\*ST...Schichttyp

Die Kostenzuordnung für Decken und Dächer wird nach derselben Logik wie in Abbildung 43, 44 und 45 für Wände beschrieben, durchgeführt.

Abbildung 46 zeigt das Ergebnis der Errichtungskostenberechnung eines Modellelements in BuildingOne am Beispiel einer erdberührten Außenwand. Die Eigenschaften sind in Registerkarten sortiert und stellen alle Ergebnisse spezifisch für jedes Modellelement und seine Bestandteile dar. Insgesamt sind den Bauteiltypen Wand, Decke und Dach jeweils über 300 Eigenschaften zugewiesen, um die Berechnung durchzuführen.

The screenshot displays the 'Eigenschaften' (Properties) window for a wall component in BuildingOne. The window is divided into several sections:

- General (Allgemein):** Shows the component name 'Außenwand\_erd\_2' and its unit 'm'.
- Layers (Schichten):** A table listing 10 layers with their materials and thicknesses.
 

Schicht	Material	Einheit	Wert
Schicht 01	Material T		
Schicht 02	Material T		
Schicht 03	Material T		
Schicht 04	Material T		
Schicht 05	Material T		
Schicht 06	Material T		
Schicht 07	Material T		
Schicht 08	Material T		
Schicht 09	Material T		
Schicht 10	Material T		
- Costs (Kosten):** A table showing volume-based costs for the first three layers.
 

Schicht	Volumen	Einheit	Wert
Schicht 01	Einschichtig Volumen	m³	0,000
Schicht 02	Schicht 01 Volumen	m³	0,118
Schicht 03	Schicht 02 Volumen	m³	4,111
Schicht 04	Schicht 03 Volumen	m³	0,318
- Reference Values (Bezugswert):** A table showing reference values for each layer.
 

Schicht	Bezugswert	Einheit	Wert
Schicht 01	Einschichtig Bezugswert	m² oder m³	0,000
Schicht 02	Schicht 01 Bezugswert	m² oder m³	23,572
Schicht 03	Schicht 02 Bezugswert	m² oder m³	25,695
Schicht 04	Schicht 03 Bezugswert	m² oder m³	21,187
Schicht 06	Schicht 06 Bezugswert	m² oder m³	4,130
Schicht 05	Schicht 05 Bezugswert	m² oder m³	0,000
Schicht 07	Schicht 07 Bezugswert	m² oder m³	18,697
Schicht 08	Schicht 08 Bezugswert	m² oder m³	0,000
Schicht 09	Schicht 09 Bezugswert	m² oder m³	0,000
Schicht 10	Schicht 10 Bezugswert	m² oder m³	0,000
- Info:** Shows 'Ebenen Nr.' as 110 and 'Wandtyp' as 'Wand\_Aussen'.
- Cost Range (Kostenbereich Schicht):** A table showing cost ranges for each layer.
 

Schicht	Kostenbereich	Wert
Schicht 01	Einschichtig Kostenbereich	-
Schicht 02	Schicht 01 Kostenbereich	4C.05
Schicht 03	Schicht 02 Kostenbereich	4C.05
Schicht 04	Schicht 03 Kostenbereich	2E.01
Schicht 05	Schicht 04 Kostenbereich	4D.02
Schicht 06	Schicht 05 Kostenbereich	-
Schicht 07	Schicht 06 Kostenbereich	-
Schicht 08	Schicht 07 Kostenbereich	-
Schicht 09	Schicht 08 Kostenbereich	-
Schicht 10	Schicht 09 Kostenbereich	-
Aufbau	Aufbau Kostenbereich	-
- Layer Type (Schichttyp):** A table showing the type for each layer.
 

Schicht	Schichttyp	Wert
Aufbau	Aufbau Schichttyp	Daten fehlen
Schicht 01	Einschichtig Schichttyp	leer
Schicht 02	Schicht 01 Schichttyp	Ae
Schicht 03	Schicht 02 Schichttyp	Ae
Schicht 04	Schicht 03 Schichttyp	T
Schicht 05	Schicht 04 Schichttyp	I
Schicht 06	Schicht 05 Schichttyp	leer
Schicht 07	Schicht 06 Schichttyp	leer
Schicht 08	Schicht 07 Schichttyp	leer
Schicht 09	Schicht 08 Schichttyp	leer

Abbildung 46 Eigenschaften am Bauteil in BuildingOne

### Folgekostenberechnung im Modellelement

Nachfolgend wird die Berechnung der Instandhaltungskosten, der Reinigungskosten und der Erneuerungskosten in den Modellelementen Wand, Decke und Dach beschrieben. Die Ermittlung dieser Folgekosten erfolgt über die zugewiesenen Eigenschaften „Instandhaltung“ (Proentsatz der Herstellkosten), „Nutzungsdauer“ (in Jahren), „Reinigung Ja/Nein“ (Ja/Nein) und „Reinigungsaufwand“ (in h/Mengeneinheit) (siehe Abbildung 40).

### Instandhaltungskosten

Abbildung 47 zeigt die Ermittlung der Instandhaltungskosten für jede Bauteilschicht als Prozentsatz der zuvor ermittelten Errichtungskosten in Abhängigkeit von Preissteigerung und Zinssatz (unter Berücksichtigung des Jahres, in dem die Kosten verbucht werden), jeweils für 10 Jahre in einer Eigenschaft kumuliert. Zur Ermittlung dieser Kosten wird also kein direkter Mengenbezug zum BIM-Modell benötigt.

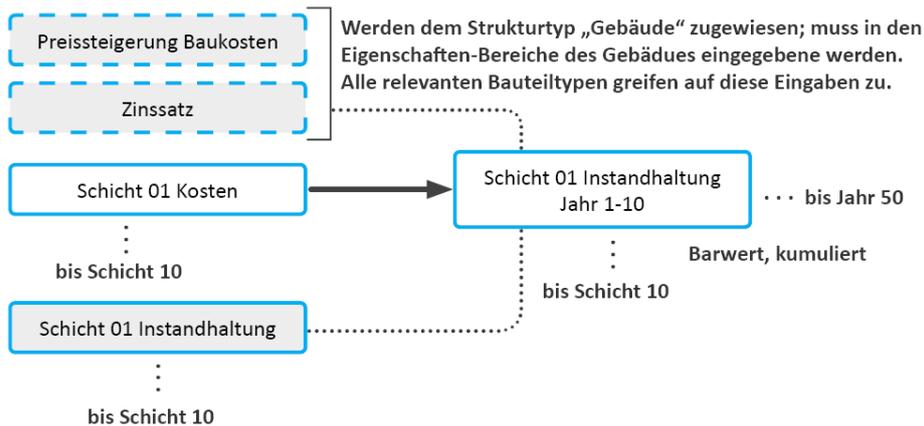


Abbildung 47 Berechnung der Instandhaltungskosten

### Reinigungskosten

Abbildung 48 zeigt die Berechnung der Reinigungskosten. Diese ist abhängig von der Baustoff-Eigenschaft „Reinigung Ja/Nein“. Enthält diese den Wert „Nein“ wird keine weitere Berechnung durchgeführt. Ist der Wert „Ja“, werden die Reinigungskosten durch Multiplikation von Reinigungsfläche [m<sup>2</sup>], Reinigungsaufwand [h/m<sup>2</sup>] und Reinigungskosten pro Einheit [€/h], in Abhängigkeit von Preissteigerung und Zinssatz (unter Berücksichtigung des Jahres, in dem die Kosten verbucht werden), jeweils für 10 Jahre in einer Eigenschaft kumuliert, ermittelt.

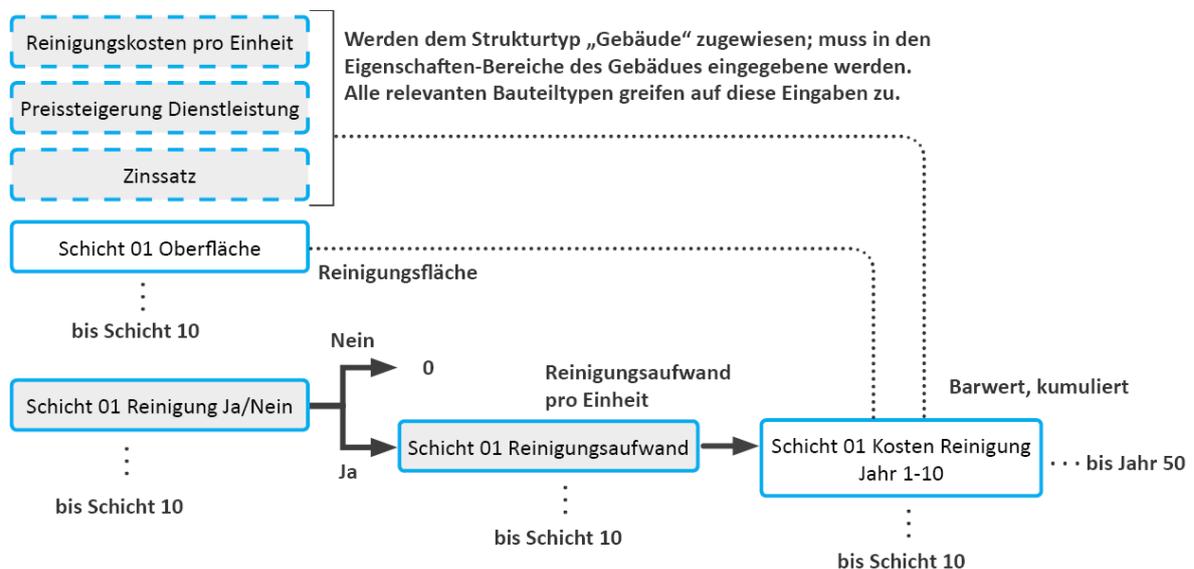


Abbildung 48 Berechnung der Reinigungskosten

### Erneuerungskosten

Die Berechnung der Erneuerungskosten (Abbildung 51) ist komplexer. Dafür wird zunächst jeder Bauteilschicht, abhängig vom Baustoff, eine statistische Nutzungsdauer (gibt den Zyklus an, in dem ein Baustoff erneuert wird) zugewiesen. Um die tatsächlichen Erneuerungszyklen zu ermitteln, muss allerdings der ganze Bauteil (alle Bauteilschichten) betrachtet werden. Innenliegende Bauteilschichten können nicht erneuert werden ohne darüber liegende Schichten ebenso zu erneuern. Daher müssen die Bauteilschichten zunächst zu „Erneuerungspaketen“ (Schicksalsfamilien) zusammengefasst werden. Dies durch Logik-Funktionen zu lösen ist sehr komplex, aber mit dieser Berechnungsmethode möglich.

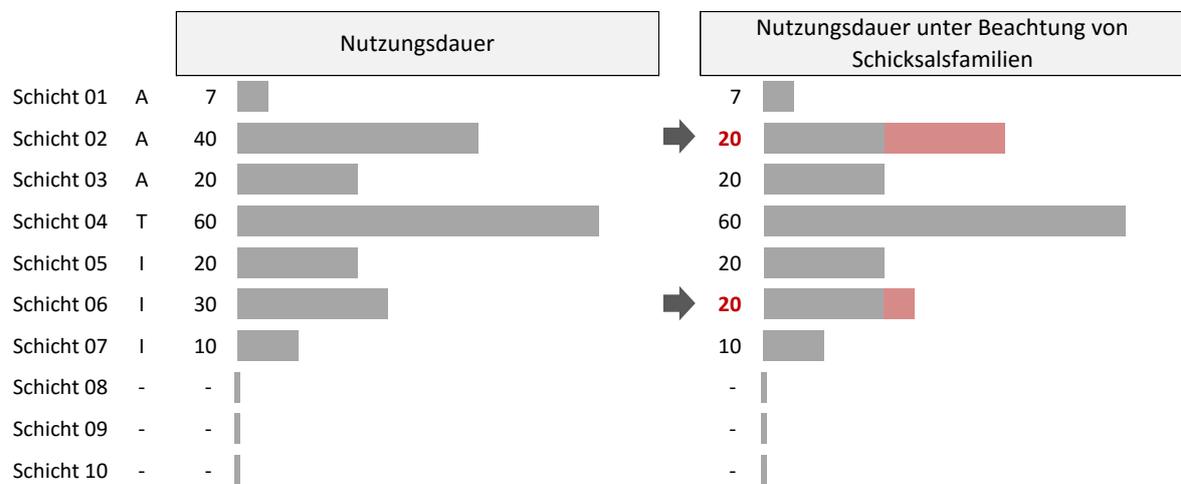


Abbildung 49 Beachtung von Schicksalsfamilien

Abbildung 49 zeigt ein konstruiertes Beispiel der Nutzungsdauer-Verteilung eines mehrschichtigen Bauteils. In diesem Fall ist es erforderlich, die Bauteilschichten 2 und 6, aufgrund der Nutzungsdauer von darunter bzw. darüber liegenden Bauteilschichten, vor Erreichung ihrer Nutzungsdauer zu erneuern (Abbildung 49 – links). Die in Abbildung 50 dargestellte Formel ist für jede Bauteilschicht (hier die Formel für die Bauteilschicht 2 dargestellt) in der Berechnung integriert. Diese Formel erkennt, ob eine darunter bzw. darüber liegende Bauteilschicht (abhängig von der Bauteilschicht mit der maximalen Nutzungsdauer im Bauteil) eine niedrigere Nutzungsdauer hat als die jeweilige Schicht der Formel und korrigiert die Nutzungsdauern entsprechend (Abbildung 49 rechts).

```

iif([md_01m_lcc_LOL]=[md_comp_lcc_LOL_max];[md_01m_lcc_LOL];
  iif([md_02m_lcc_LOL]=0;[md_01m_lcc_LOL];
    iif([md_01m_lcc_LOL]<[md_02m_lcc_LOL];[md_01m_lcc_LOL];
      iif([md_01m_lcc_LOL]=[md_02m_lcc_LOL];[md_01m_lcc_LOL];
        [md_02m_lcc_LOL]
      )
    )
  )
)
    
```

wenn ND-Schicht 01 die Schicht mit der max. ND ist, dann bleibt ND-Schicht 01  
 wenn ND-Schicht 02 = 0 ist, dann bleibt ND-Schicht 01  
 wenn ND-Schicht 01 kleiner als ND-Schicht 02 ist, dann bleibt ND-Schicht 01,  
 wenn ND-Schicht 01 gleich ND-Schicht 02 ist, dann bleibt ND-Schicht 01,  
 sonst wird ND-Schicht 01 mit ND-Schicht 02 überschrieben

md_01m_lcc_LOL .....	Nutzungsdauer Schicht 1 (ND-Schicht 01)
md_02m_lcc_LOL .....	Nutzungsdauer Schicht 2 (ND-Schicht 02)
md_comp_lcc_LOL_max .....	maximale Nutzungsdauer im Bauteil (max. ND)

Abbildung 50 Formel zur Beachtung von Schicksalsfamilien

Es ist damit noch nicht berücksichtigt, dass die Erneuerung von tragenden Schichten meist den Verlust des gesamten Bauteils bedeutet. Auch die Identifizierung von eventuell nicht zugänglichen Bauteilschichten (z.B. unter der Bodenplatte) kann durch diese Formel nicht erkannt werden.

Abbildung 51 zeigt die Berechnung der Erneuerungskosten abhängig von den korrigierten (unter Berücksichtigung aller Bauteilschichten) Nutzungsdauern und den bereits ermittelten Errichtungskosten der jeweiligen Bauteilschicht, unter Berücksichtigung von Preissteigerung und Zinssatz (für das Jahr der Erneuerung).

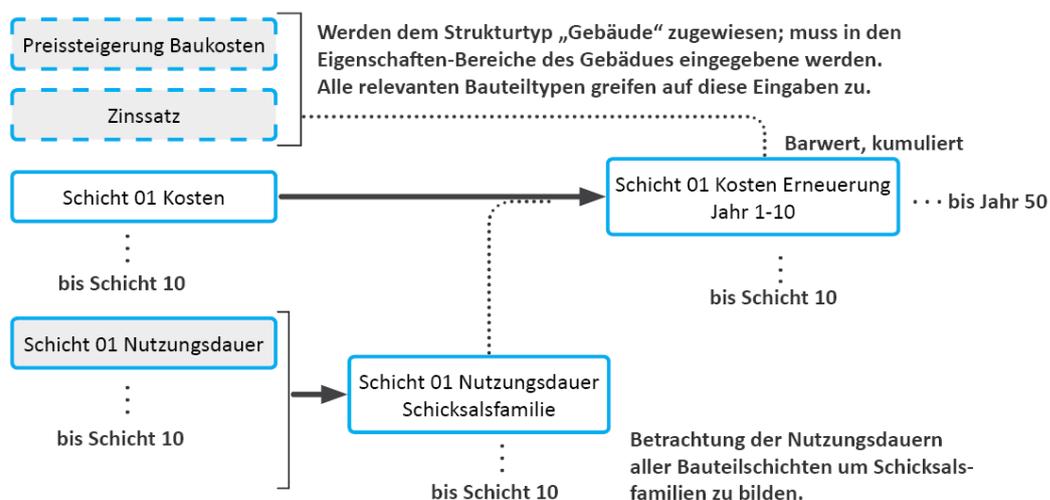


Abbildung 51 Berechnung Erneuerungskosten

### 4.6.2. Profile - Stützen und Träger

Die Gestalt von Stützen und Trägern wird durch deren Profil, deren Länge und gegebenenfalls deren Neigungswinkel definiert. Die Profile können im Profilmanager individuell erstellt werden und bestehen aus Baustoffen.

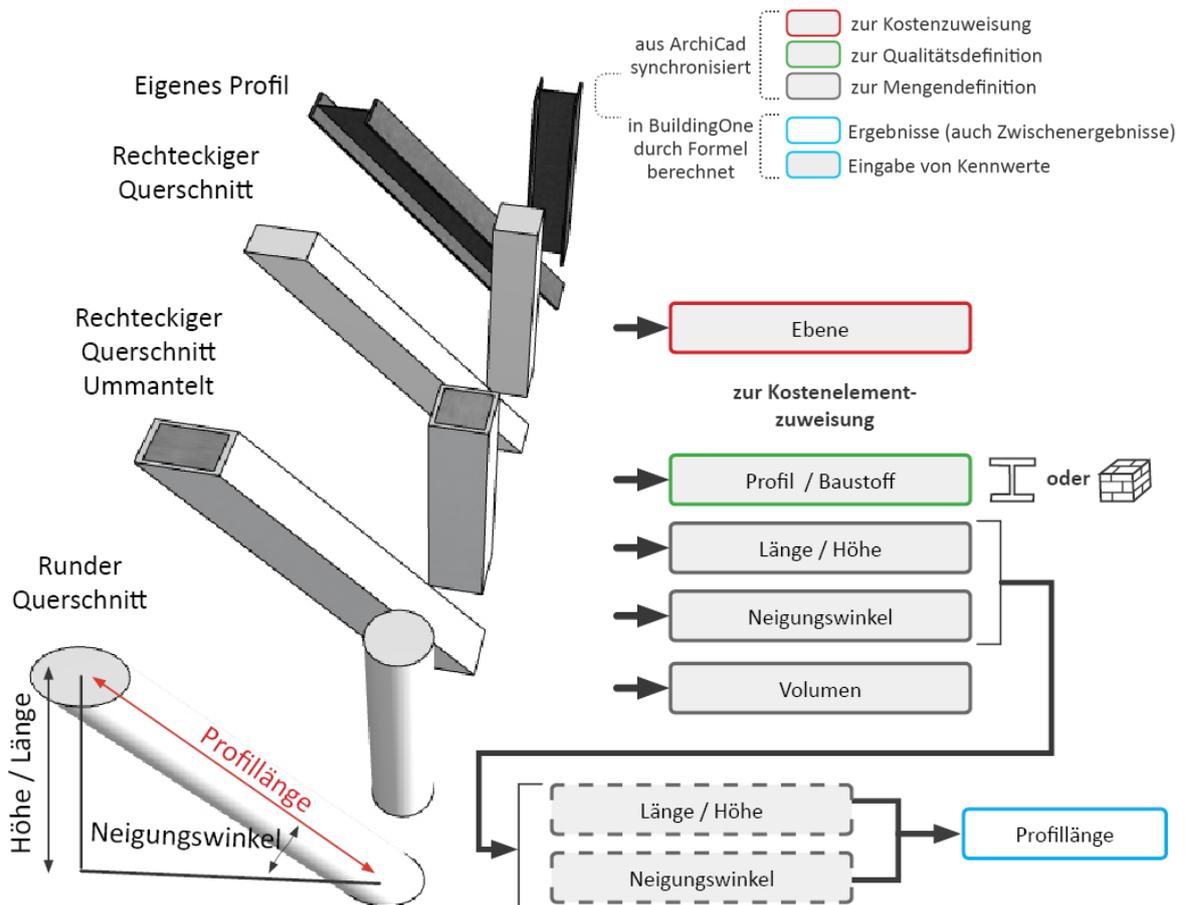


Abbildung 52 Eigenschaften Stützen und Unterzügen

Abbildung 52 zeigt die zur Berechnung von Profilen notwendigen Eigenschaften. Die rot eingerahmte Eigenschaft „Ebene“ dient der späteren Kostenzuweisung, die grün eingerahmte Eigenschaft stellt die Qualitätseinheit und die grau eingerahmten Eigenschaften stellen die Mengeneinheiten dar. Die Werte dieser Eigenschaften werden von ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert. Ausgehend von diesen Eigenschaften werden alle weiteren Eigenschaften abgeleitet. Die Profillänge kann nicht als Parameter aus ArchiCad abgefragt werden und wird daher aus den Eigenschaften „Länge/Höhe“ und „Neigungswinkel“ ermittelt.

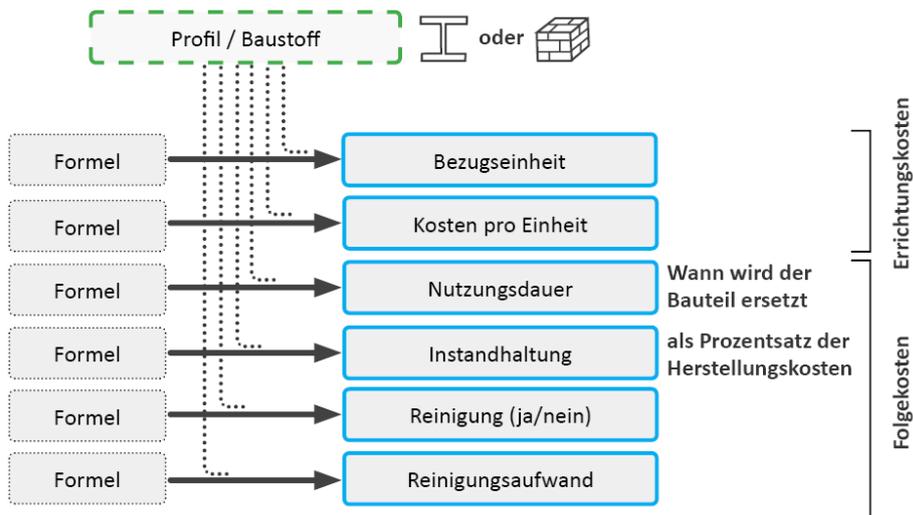


Abbildung 53 Zuweisung Eigenschaften abhängig von Profil / Baustoff

In Abbildung 53 ist die Zuweisung der notwendigen Errichtungs- und Folgekosten-Kennwerte in Abhängigkeit des Werts der Qualitätseinheit „Profil/Baustoff“ dargestellt.

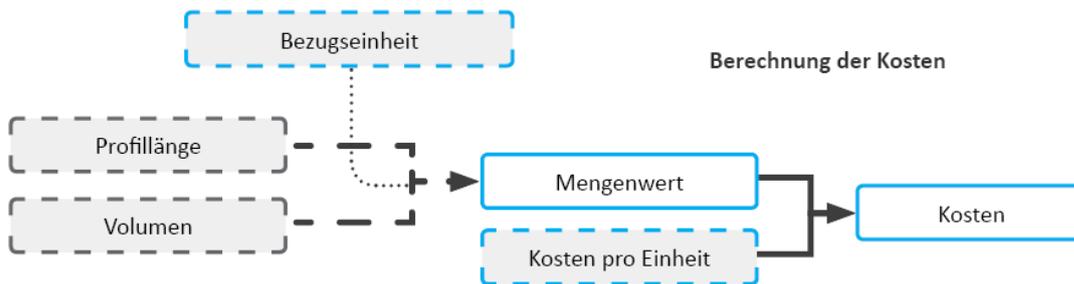


Abbildung 54 Ermittlung der Kosten von Stützen und Unterzügen

Die Eigenschaft „Bezugseinheit“ steuert, ob als Mengenwert das Volumen oder die Länge des Profils herangezogen wird. Die Eigenschaft „Kosten“ wird durch Multiplikation des Mengenwerts mit der Eigenschaft „Kosten pro Einheit“ berechnet. Als Mengenwert steht, je nach Profil, die Länge oder das Volumen zur Verfügung (für Stahlkonstruktionen wäre auch die Kostenermittlung über die Masse denkbar).

Tabelle 15 zeigt, welche Elemente mit dem Stützen-Werkzeug und Tabelle 16 welche mit dem Unterzug-Werkzeug modelliert werden können.

Tabelle 15 Kostenzuordnung Stützen

Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1		Beispiel	Ebene	
Stütze	2C.02	Tiefengründungen	Pfahlgründungen (z.B. Bohrpfal,.. )	123_Tiefengründung*
	2E.03	Stützenkonstruktionen	Außen- und Innenstützen	150_Stuetzen_Decke*
	2G.03	Rauch- und Abgasfänge	Kamin als Profil erstellt.	710_Kamin
	2D.01	Deckenkonstruktionen	Stütze als Stsabträger	160_Unterzuege_Decke*
	2D.03	Dachkonstruktionen	Stuhlsäule Dachstuhl	300_Dach

über Ebene zuweisbar

\*neue Ebenen (nicht im Standardebenenset von ArchiCad)

Tabelle 16 Kostenzuordnung Unterzüge

Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1		Beispiel	Ebene	
Unterzug	2D.01	Deckenkonstruktionen	Unterzüge, Träger, ...	160_Unterzuege_Decke*
	2D.03	Dachkonstruktionen	Unterzüge, Träger, ...	161_Unterzuege_Dach*
	4C.03	Sonnenschutz	Sonnenschutzlamellen	193_Sonnenschutz*
	4C.01	Fassadenverkleidungen	z.B. Verblechungen die als Träger modelliert werden	125_Fassade

über Ebene zuweisbar

\*neue Ebenen (nicht im Standardebenenset von ArchiCad)

Die Zuordnung zu den Elementen kann sowohl bei Stützen als auch bei Trägern ausschließlich über die Ebene, auf der sie modelliert wurden, erfolgen (siehe Abbildung 55). Die Kostenzuordnung erfolgt auf Basis der in den Tabellen 15 und 16 dargestellten Zusammenhänge zwischen Element und Ebene.

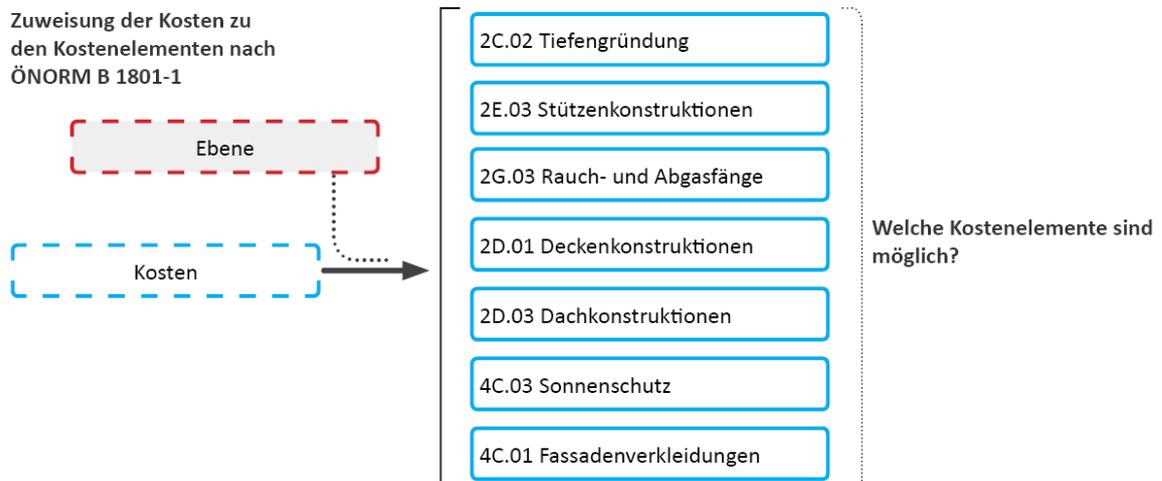


Abbildung 55 Zuordnung der Kosten

Die Berechnung der Folgekosten (Instandhaltung, Reinigung und Erneuerung) erfolgt analog wie anhand der Abbildungen 47, 48 und 51 für mehrschichtige Bauteile dargestellt.

### 4.6.3. Fenster

Abbildung 56 zeigt die zur Berechnung von Fenstern notwendigen Eigenschaften. Im Rahmen dieser Arbeit wurden als kostenrelevante Qualitätseinheiten (grün eingrahmt), der Fenstertyp, der Sonnenschutz Innen, der Sonnenschutz Außen und der Fenstergriff definiert. Für diese Qualitätseinheiten wurde in ArchiCad, im Eigenschaften Manager, eine Auswahl an Optionen angelegt. Die Auswahl dieser Qualitätseinheiten erfolgt über ein Drop-Down Menü in den Fenstereinstellungen in ArchiCad.

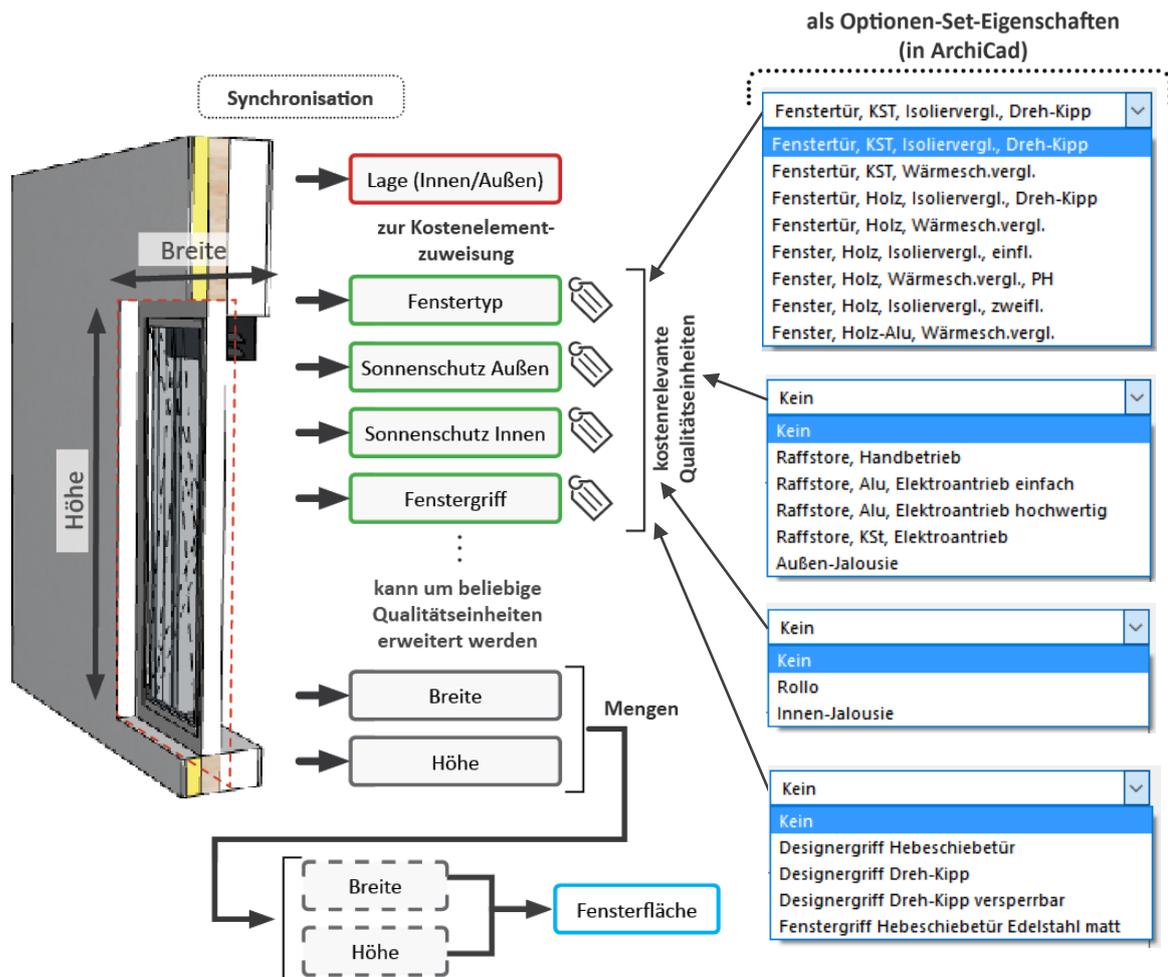


Abbildung 56 Kostenrelevante Ausstattungsmerkmale Fenster

Die rot eingrahmte Eigenschaft „Lage“ (Innen oder Außen) dient der späteren Kostenzuweisung. Als Mengeneinheit wird die Fensterfläche aus den grau eingrahmten Eigenschaften „Breite“ und „Höhe“ (Architekturlichte) ermittelt. Die Werte dieser Eigenschaften werden von ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert. Ausgehend von diesen Eigenschaften werden daraus alle weiteren zur Berechnung notwendigen Eigenschaften abgeleitet.

Für die in Abbildung 56 dargestellten Qualitäten sind in der Berechnung die zugehörigen Kennwerte hinterlegt und werden abhängig von der gewählten Option mit dem Modellelement verknüpft. Die Art dieser kosten- und qualitätsbeeinflussenden Eigenschaften sowie deren Optionen und deren Kostenkennwerte können vom Anwender beliebig verändert und erweitert werden.

Die Auswahl dieser Ausstattungsqualitäten beeinflusst sowohl die Errichtungskosten als auch die Folgekosten. Zum Beispiel ist ein fixverglastes Fenster in der Anschaffung und Wartung günstiger, dafür kann die Außenreinigung eines fixverglasteten Fensters aufwendiger sein. Die Auswahl des Sonnenschutzes hat wiederum Auswirkungen auf den Energiebedarf des Gebäudes und beeinflusst somit die Verbrauchswerte im Rahmen der Folgekostenberechnung. Der Energiebedarf beeinflusst aber auch die Dimension der haustechnischen Ausstattung des Gebäudes und damit die Errichtungskostenberechnung.

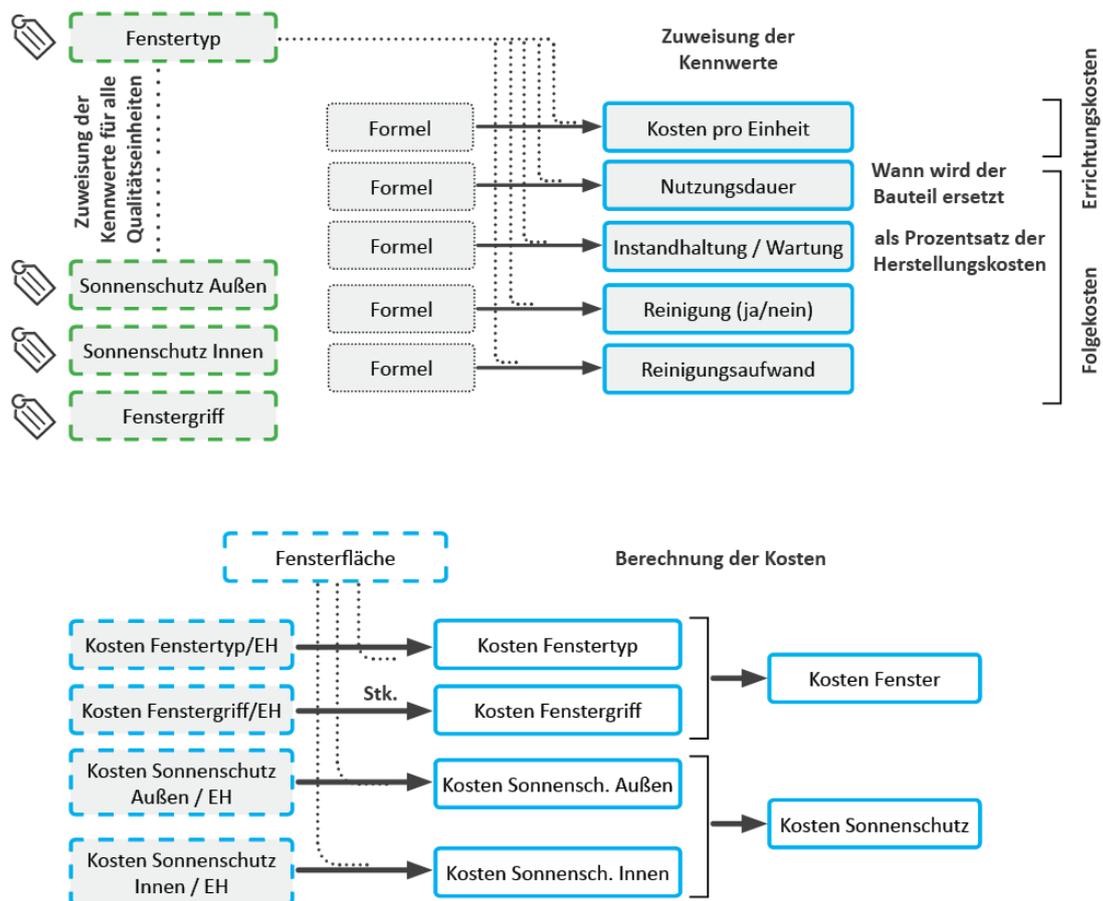


Abbildung 57 Zuweisung der Kennwerte und Ermittlung der Kosten Fenster

Abbildung 57 zeigt die Zuweisung der relevanten Errichtungs- und Folgekosten-Kennwerte in Abhängigkeit der jeweils definierten Qualitätseinheit und die Ermittlung der Kosten des

Fensters aus dem Fenstertyp und dem Fenstergriff. Aus den Kostenkennwerten für den Sonnenschutz und der Fensterfläche werden die Kosten für den Sonnenschutz ermittelt.

Wie Tabelle 17 zeigt, können mit dem Fenster-Werkzeug die Elemente „4C.02 Fassadenöffnungen“, „4D.04 Innentüren, Innenfenster“ und „4C.03 Sonnenschutz“ modelliert werden.

Tabelle 17 Kostenzuordnung Fenster

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1	Beispiel	Lage
Fenster	4C.02 Fassadenöffnungen	Außenfenster	Außen
	4D.04 Innentüren, Innenfenster	Innenfenster	Innen
	4C.03 Sonnenschutz	Rollo, Jalousien, Raffstore, ...	immer 4C.03

Über Parameter Lage (Innen/Außen) zuweisbar

In Abbildung 58 ist die Zuordnung der ermittelten Kosten (siehe Abbildung 57) des Fensters dargestellt. Die Zuordnung wird ausschließlich auf Basis des Werts der Eigenschaft „Lage“ (gemäß Tabelle 17) gesteuert. Die in Abbildung 57 ermittelten Kosten für den Sonnenschutz werden jedenfalls dem Element „4C.03 Sonnenschutz“ zugeordnet.

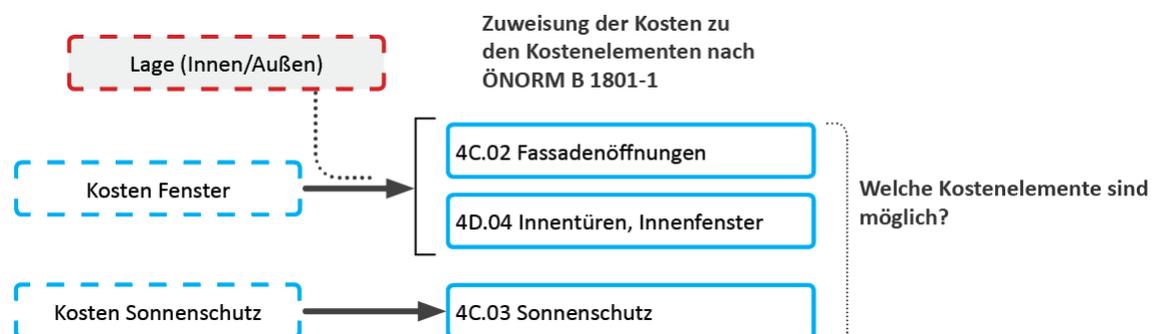


Abbildung 58 Zuordnung der Kosten Fenster

Die Berechnung der Folgekosten (Instandhaltung, Reinigung und Erneuerung) erfolgt analog wie anhand der Abbildungen 47, 48 und 51 für mehrschichtige Bauteile dargestellt.

#### 4.6.4. Türen

Abbildung 59 zeigt die Eigenschaften von Türen, die zur Berechnung herangezogen wurden. Um die Qualität der jeweiligen Tür zu definieren, wurden, im Rahmen dieser Berechnung, der Türtyp, der Beschlag, das Schloss, ein etwaiger Türschließer und ein etwaiger Antrieb als Qualitätseinheiten (grün eingerahmt) zur Verfügung gestellt. Die Auswahl dieser erfolgt über ein Drop-Down Menü in den Türeinstellungen in ArchiCad. Für die erstellten Eigenschaften und deren Optionen sind in der Berechnung die zugehörigen Kennwerte hinterlegt, die abhängig von der gewählten Option in die Berechnung einfließen. Die Art dieser kosten- und qualitätsbeeinflussenden Eigenschaften, deren Optionen und deren Kostenkennwerte können vom Anwender beliebig verändert und erweitert werden.

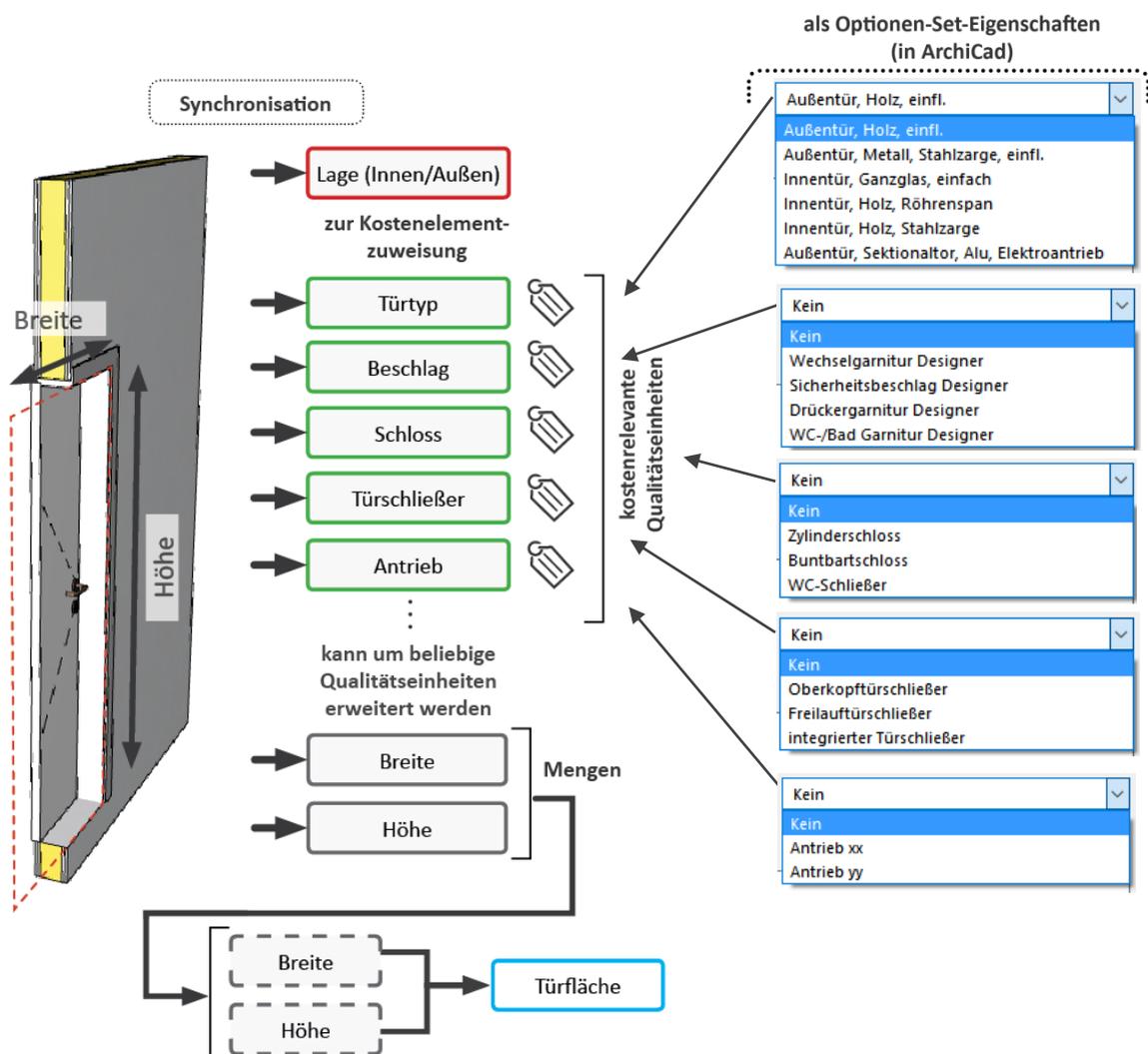


Abbildung 59 Kostenrelevante Ausstattungsmerekmale Tür

Als Mengeneinheiten (grau eingerahmt) werden die Türbreite und -höhe (Architekturlichte) abgefragt und daraus die Türfläche ermittelt. Die rot eingerahmte Eigenschaft „Lage“ („Innen“ oder „Außen“) dient der späteren Kostenzuordnung.

Die Werte der in Abbildung 59 dargestellten Eigenschaften werden von ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert. Ausgehend von diesen Eigenschaften werden alle weiteren zur Berechnung notwendigen Eigenschaften abgeleitet.

Im nächsten Schritt werden den Tür-Qualitäts-Optionen, abhängig von deren Auswahl, Errichtungs- und Folgekosten-Kennwerte zugewiesen und die Kosten über den Kostenkennwert und die Türfläche ermittelt (Abbildung 60). Das Berechnungsschema entspricht im Wesentlichen dem der Fenster.

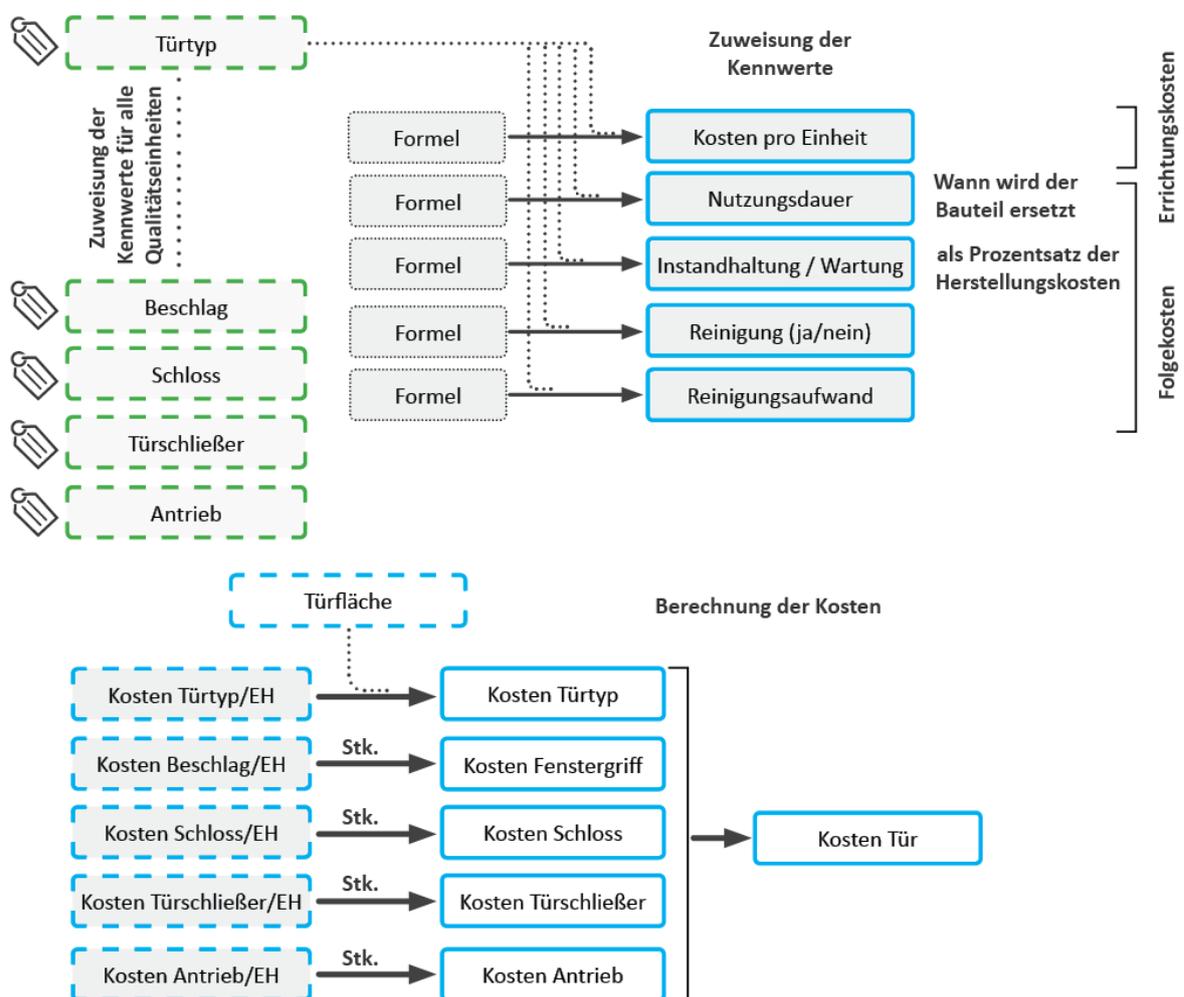


Abbildung 60 Zuweisung der Kennwerte und Berechnung der Kosten Türen

Türen können entweder Außen- oder Innentüren sein und damit entweder zum Element „4C.02 Fassadenöffnungen“ oder „4D.04 Innentüren, Innenfenster“ gehören.

Tabelle 18 Kostenzuordnung Türen

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1		Beispiel	Lage
Tür	4C.02	Fassadenöffnungen	Außentüren	Außen
	4D.04	Innentüren, Innenfenster	Innentüren	Innen

Über Parameter Lage (Innen/Außen)  
zuweisbar

Die Zuordnung zum richtigen Element erfolgt ausschließlich über die Eigenschaft „Lage“ (Innen oder Außen) gemäß Tabelle 18. Diese muss in den Türeinrichtungen in ArchiCad definiert werden.

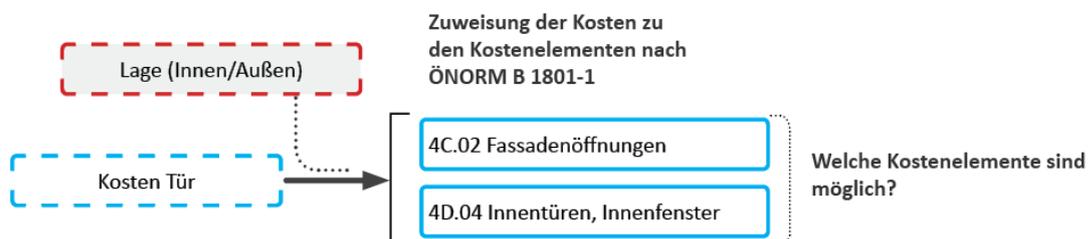


Abbildung 61 Zuordnung der Kosten Türen

Die Berechnung der Folgekosten (Instandhaltung, Reinigung und Erneuerung) erfolgt analog wie anhand der Abbildungen 47, 48 und 51 für mehrschichtige Bauteile dargestellt.

### 4.6.5. Fassaden

Mit dem Fassaden-Werkzeug werden Bauelemente, welche Profile in einem Raster bilden und diesen Raster mit Paneelen füllen, erstellt. Paneele können transparent (z.B. Glasfassaden) oder opak (z.B. Aluminiumfassaden, Holzfassaden) sein.

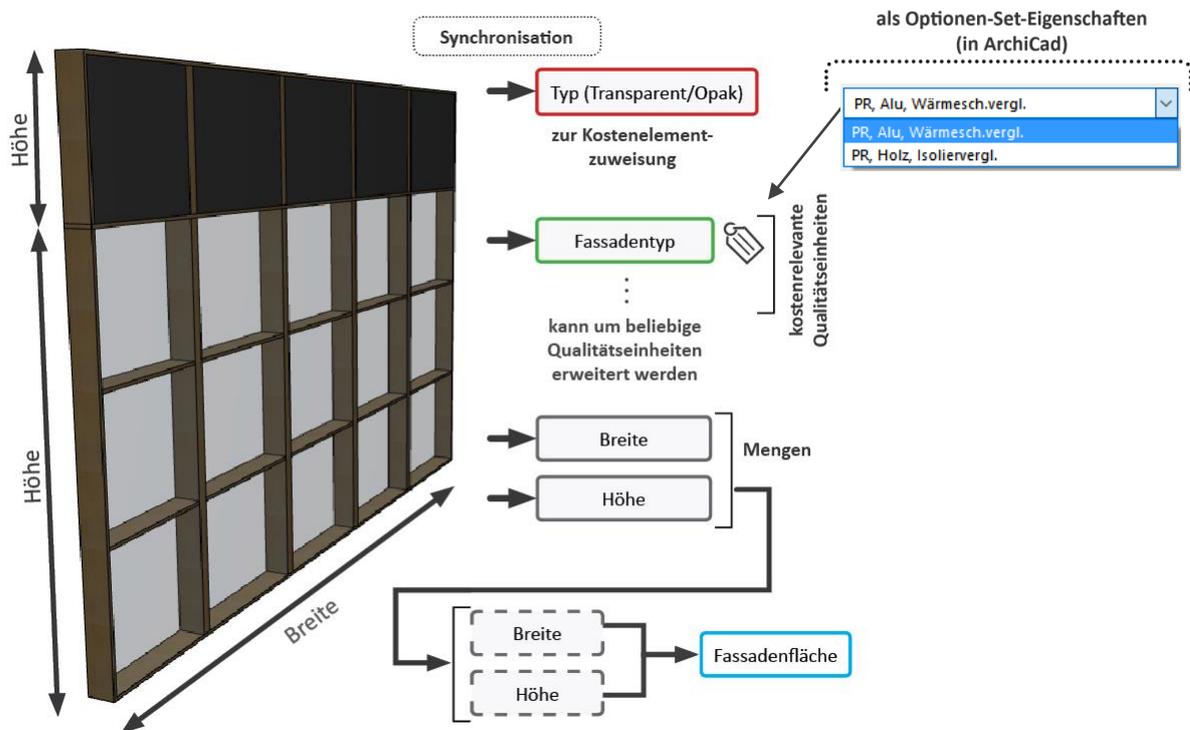


Abbildung 62 Eigenschaften Fassaden

Abbildung 62 zeigt die Eigenschaften von Fassaden die zur Berechnung herangezogen wurden. Als Qualitätseinheit (grün eingrahmt) wurde nur der Fassadentyp gewählt und als Optionen-Set im Eigenschaften Manager angelegt. Der Fassadentyp wird über ein Drop-Down Menü in den Fassadeneinstellungen in ArchiCad festgelegt. Für die hier zur Auswahl stehenden Optionen sind in der Berechnung Kennwerte hinterlegt. Als Mengeneinheiten (grau eingrahmt) werden die Fassadenbreite und -höhe abgefragt und daraus die Fassadenfläche ermittelt.

Im nächsten Schritt werden den Fassaden-Modellelementen, abhängig vom Fassadentyp, Errichtungs- und Folgekosten-Kennwerte zugewiesen. Aus dem Kostenkennwert des Fassadentyps pro Fassadenfläche und der Fassadenfläche werden die Herstellungskosten der Modellelemente ermittelt (siehe Abbildung 63).

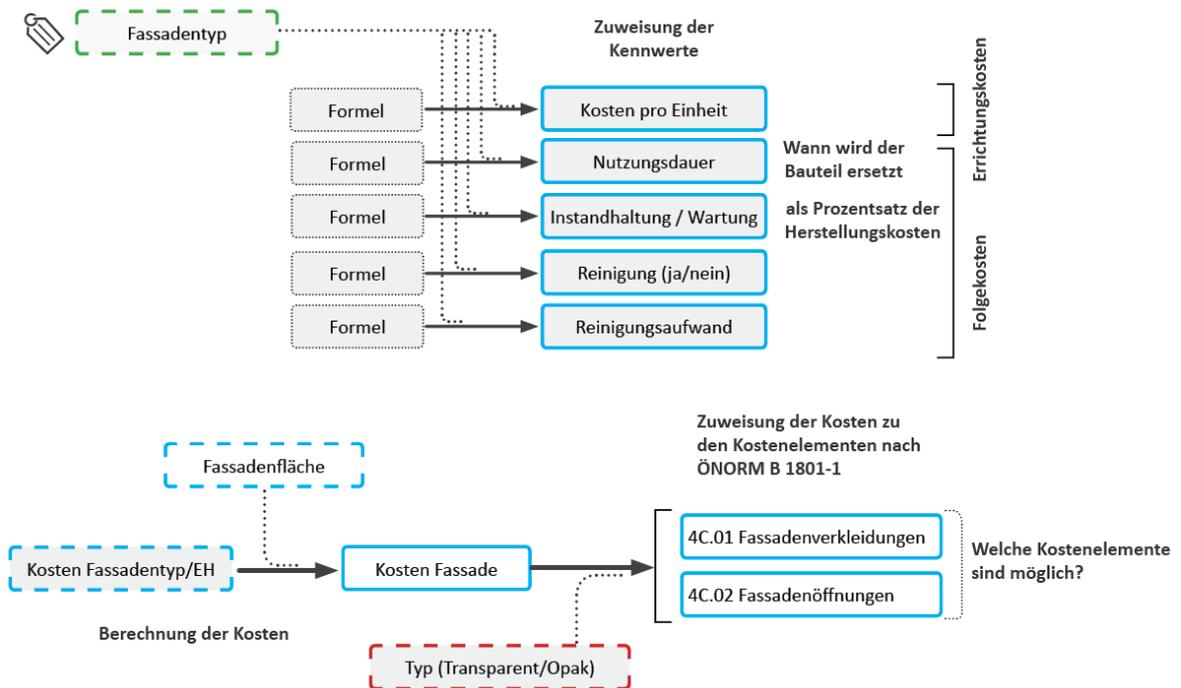


Abbildung 63 Zuweisung der Kennwert, Berechnung und Zuordnung der Kosten

Die ermittelten Kosten werden gemäß Tabelle 19, abhängig von der Eigenschaft „Transparent/Opak“, entweder dem Element „4C.01 Fassadenverkleidungen“ oder „4C.02 Fassadenöffnungen“ zugeordnet.

Tabelle 19 Kostenzuordnung Fassaden

Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1		Beispiel	Typ
Fassade	4C.01 Fassadenverkleidungen	Holzfassade, Aluminiumfassade,..	Opak
	4C.02 Fassadenöffnungen	Glasfassaden	Transparent

Über Parameter Typ (Transparent/Opak) zuweisbar

Die Berechnung der Folgekosten (Instandhaltung, Reinigung und Erneuerung) erfolgt analog wie anhand der Abbildungen 47, 48 und 51 für mehrschichtige Bauteile dargestellt.

#### 4.6.6. Objekte und Treppen

Objekte erfordern zur Kostenberechnung individuelle Eingaben in der BIM-Authoring-Software, damit sie in der Berechnung berücksichtigt werden, und stellen damit die Ausnahme in der Berechnung dar. Für jedes Objekt muss in den Objekt-Einstellungen (in ArchiCad) eine „Mengen-Bezugseinheit“ per Drop-Down-Menü definiert und ein „Kostenwert pro Mengeneinheit“ eingegeben werden. Diese beiden Eigenschaften sind in Abbildung 64 grün eingerahmt. Als Mengeneinheit (grau eingerahmt) wurden das Volumen (z.B. massive Treppen), die Fläche, die Länge (z.B. Geländer), die Breite, die Höhe (z.B. Abgasfang) und ein Stück (z.B. Einrichtungsgegenstand) zur Verfügung gestellt. Zur Kostenzuordnung wird die Eigenschaft „Ebene“ (rot eingerahmt) herangezogen.

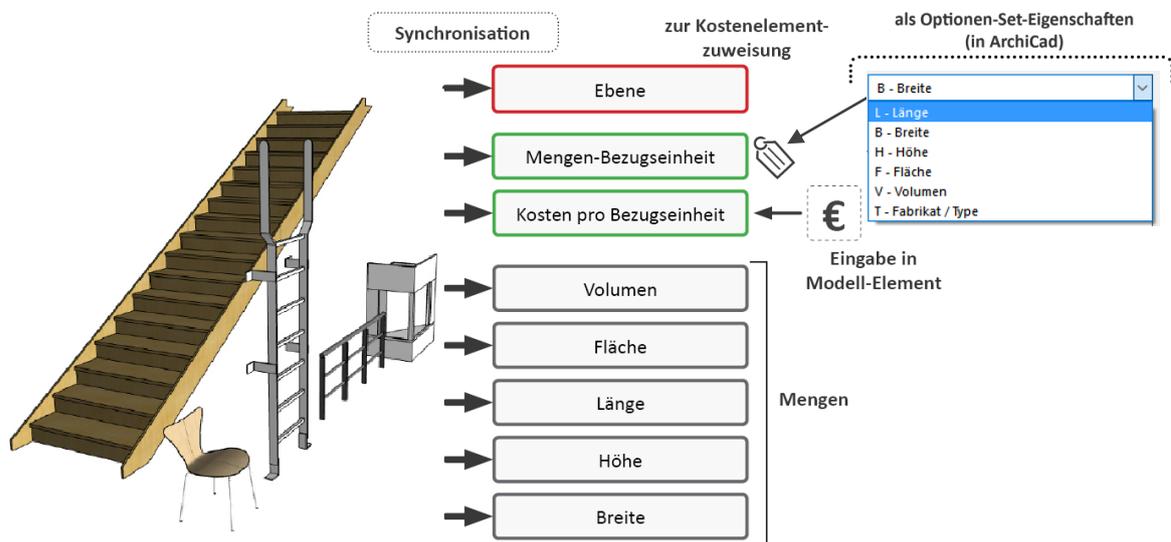


Abbildung 64 Eigenschaften Objekte

Die Bezugseinheit bestimmt, welcher Mengenwert mit dem Kostenkennwert multipliziert wird.

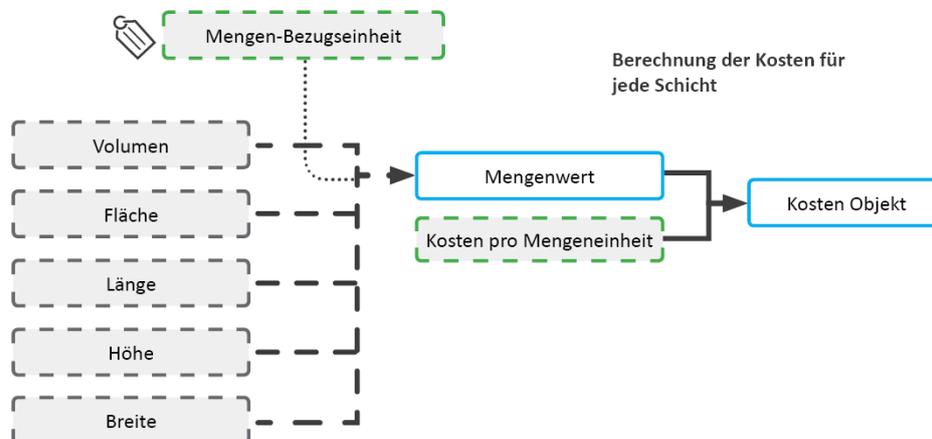


Abbildung 65 Berechnung Kosten Objekte

Mit dem Objekt-Werkzeug können die in Tabelle 20 dargestellten Elemente modelliert werden. Die ebenfalls in Tabelle 20 dargestellten möglichen Ebenen steuern die Zuordnung der Objekt-Kosten zu den jeweiligen Elementen.

Tabelle 20 Kostenzuordnung Objekte

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1	Beispiel	Ebene
Objekte	2D.02 Treppenkonstruktionen	Treppen einschl. Podest	400_Treppen
	2G.03 Rauch- und Abgasfänge	Kamine,...	710_Kamin
	3B.01 Aufzugsanlagen	Aufzüge,...	420_Aufzuege
	3C.01 Wärmeerzeugungsanlagen	Gasetagenheizung, Ofen,...	730_Wärmeerzeugungsanlagen*
	3C.03 Raumheizflächen	Heizkörper, Fußbodenheizung,...	731_Raumheizflächen*
	3E.02 Wasseranlagen	Sanitärobjekte	530_Sanitaer
	3E.04 Feuerlöschanlagen	Feuerlöschgeräte	780_Brandschutz*
	3F.05 Beleuchtungsanlagen	Ortsfeste Leuchten einschl. Leuchtmittel	511_Deckenleuchten
	4B.04 Feste Einbauteile (Dach)	Leiter, Geländer, Stoßabweiser,...	230_Feste_Einbauteile_DECKE_Dach*
	4C.04 Feste Einbauteile (Fassade)	Leiter, Geländer, Stoßabweiser,...	231_Feste_Einbauteile_DECKE_Fassade*
	4D.06 Feste Einbauteile (Innenausbau)	Leiter, Geländer, Stoßabweiser,...	232_Feste_Einbauteile_DECKE_Innenausbau*
	5B.01 Küchentechnische Anlagen	Kücheneinrichtung	520_Kueche
	5B.11 Allgemeine betriebliche Einrichtungen	Einrichtungsgegenstände	561_Allgemeine betriebliche Einrichtung*
	5B.12 Besondere betriebliche Einrichtungen	Einrichtungsgegenstände	562_Besondere betriebliche Einrichtung*
	5C.01 Allgemeine Ausstattungen	Einrichtungsgegenstände	500_Einrichtung
	5C.02 Besondere Ausstattungen	Einrichtungsgegenstände	560_Besondere_Ausstattung*
	5C.04 Kunstobjekte	Kunstwerke, Skulpturen,...	503_Einrichtung Kunstobjekte*
	6B.04 Pflanzen	Bäume, Sträucher,...	601_Aussen Pflanzen
6B.07 Wasserflächen	Pools,...	605_Aussen_Wasserflächen*	
6D.02 Ausstattungen	Terrasseneinrichtung, Gartenbank,...	502_Einrichtung_Aussen*	

über Ebene Zuweisbar \*neue Ebenen (nicht im Standardebenenst von ArchiCad)

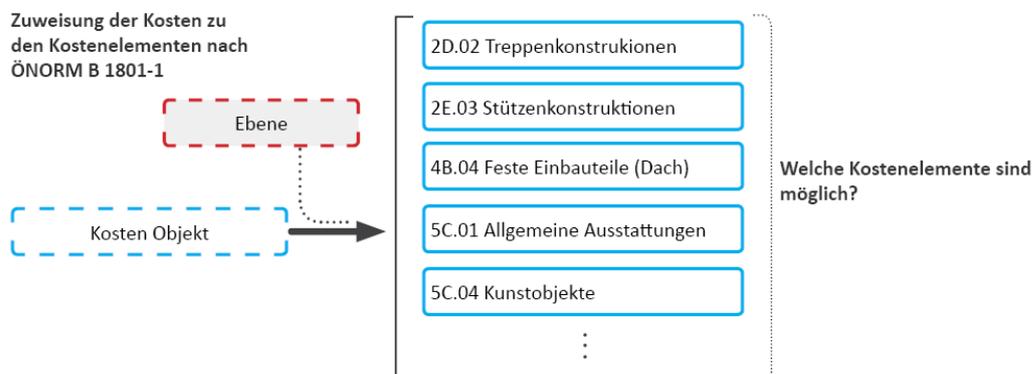


Abbildung 66 Zuordnung Kosten Objekte

Abbildung 66 zeigt die Zuordnung durch Eigenschaften schematisch.

Die Berechnung der Folgekosten (Instandhaltung, Reinigung und Erneuerung) erfolgt analog wie anhand der Abbildungen 47, 48 und 51 für mehrschichtige Bauteile dargestellt.

### 4.6.7. Baugrube

Das Gelände wird in ArchiCad in der Regel mit dem Freiflächen-Werkzeug erstellt. Die Modellierung der Baugrube kann z.B. durch den Solid Element-Befehl erfolgen (ein Bauteil z.B. eine Bodenplatte kann als Abzugskörper dienen). Böschung und Arbeitsgraben können damit allerdings nicht modelliert werden. Da diese in weiterer Folge meist wieder hinterfüllt werden, ist die Darstellung dieser im Architekturmodell in der Regel auch gar nicht erwünscht.

Das Volumen des Aushubs kann nicht als solches aus ArchiCad abgefragt werden (nur das Volumen der Freifläche). Daher wird das Gelände Modell in ArchiCad kopiert und an eine andere Stelle verschoben, sodass es einmal mit Abzugskörpern und einmal ohne Abzugskörpern im Modell ist (siehe Abbildung 67). Sind mehr als eine Freifläche im Projekt ermittelt die Berechnung automatisch die Differenz zwischen der größten und der kleinsten Freifläche und stellt diesen Wert als Baugrubenvolumen zur Verfügung. Die Berücksichtigung von Arbeitsgraben und Böschung kann über einen prozentuellen Zuschlag erfolgen.

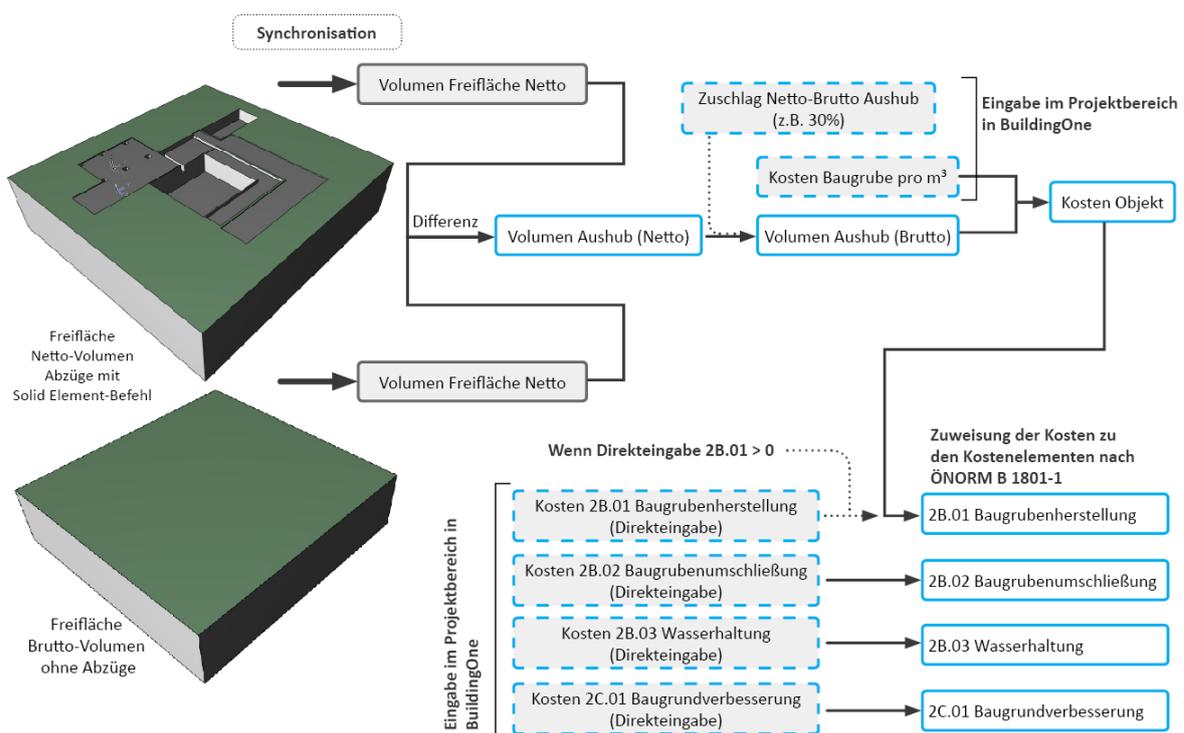


Abbildung 67 Berechnung Baugrube

Die Baugrubenherstellung umfasst die in Tabelle 21 dargestellten Elemente.

Tabelle 21 Kostenzuordnung Baugrube

	Kostenelement nach ÖNORM B 1801 -1	Beispiel	Bezug / Eingabe in Berechnung	
Baugrube	2B.01	Baugrubenherstellung	Mutterbodenabtrag, Baugruben Aushub je nach Bodenklasse inkl. Abtransport	Differenz zwischen größter und kleinster Freifläche im Projekt x (1+ Prozentzuschlag) x Kosten Aushub pro Volumen
	2B.02	Baugrubenumschließung	Spundwände, Trägerbohlwände, Schlitzwände, Bohrpfähle, Spritzbeton,...	Direkteingabe
	2B.03	Wasserhaltung	abhängig von Wassermenge Leitungen, Pumpensumpf, Pumpe + großer Anteil an zeitgebundenen Kosten	Direkteingabe

Generell eignen sich die im ArchiCad-Modell vorhandenen Modellierungen der Freifläche und der Baugrube nicht um diese Kosten ausreichend genau kalkulieren zu können. Daher wurde in der Berechnung die Möglichkeit vorgesehen, die Kosten für das Element „2B.01 Baugrubenherstellung“ entweder per Direkteingabe (z.B. aus einer Nebenkalkulation) einzugeben oder die Kosten vereinfacht durch Baugrubenvolumen (automatisch aus der Differenz der Freiflächenvolumen generiert) plus einem Prozentzuschlag für das Volumen von Böschung und Arbeitsgraben und einem Kostenkennwert pro Aushubvolumen zu kalkulieren. Die Elemente „2B.02 Baugrubenumschließung“ und „2B.03 Wasserhaltung“ können in der derzeitigen Konfiguration der Berechnung nur als Direkteingabe in die Berechnung eingegeben werden. Die Eingabe dieser Werte erfolgt in BuildingOne im Projektbereich in der Kategorie „ÖN 1801 – EINGABEN“ bzw. im Excel-Tabellenblatt „Allgemeine Eingaben“.

Eine Zuordnung der ermittelten Kosten ist nicht mehr notwendig, da diese bereits durch die Eingabe eindeutig dem jeweiligen Element zugeordnet sind.

#### 4.6.8. Räume

Die Brutto-Grundfläche (BGF) muss in der BIM-Authoring-Software als Raum angelegt und manuell an die Gebäudekontur angepasst werden (siehe Abbildung 68). Dieser Raum muss auf die Ebene „920\_Raumstempel\_BGF“ gelegt werden. Aus allen Räumen, die auf dieser Ebene liegen, wird in der Berechnung die BGF ermittelt und in den Eigenschaften des Gebäudes (Strukturbereich) angezeigt.

Die Ermittlung der BGF ist notwendig, um in der Berechnung die Gesamtkostenwerte pro BGF anzeigen zu können und um Elemente, die nicht oder nicht ausreichend im BIM Modell erfasst sind, als Kostenkennwert pro m<sup>2</sup>-BGF in der Kostenberechnung abbilden zu können.

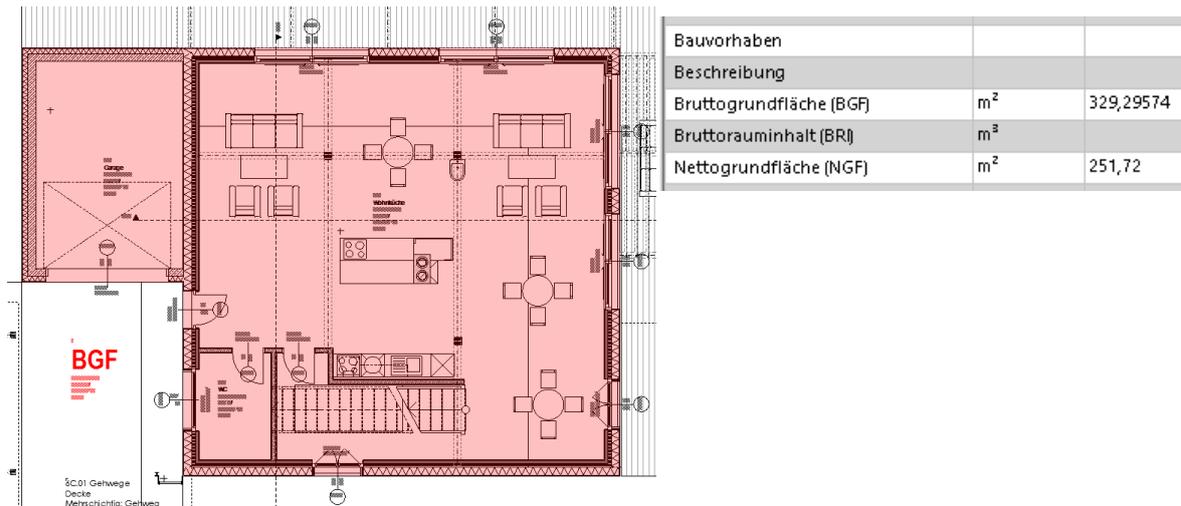


Abbildung 68 Modellierung der BGF

#### 4.6.9. Allgemeine Eingaben im Projekt

Wie bereits erwähnt, sind nicht alle Elemente, Grobelemente und Kostengruppen im BIM Modell erfasst. In den allgemeinen Eingaben werden diese Kosten berücksichtigt.

Folgende allgemeine Eingaben sind zur vollständigen Berechnung notwendig.

##### Errichtungskostenberechnung:

- Prozentsatz oder Kosten-Direkteingabe für Kostengruppen 0-Grund, 1-Aufschließung, 7- Planungsleistungen, 8-Nebenleistungen und 9-Reserven.
- Prozentsatz oder Kosten-Direkteingabe für die Elemente xA.01 (Besondere Baustelleneinrichtung) , xA.02 (Allgemeine Sicherungsmaßnahmen) und xA.03 (Sonstiges zu Kostengruppe) für die Kostengruppe 2, 3, 4, 5 und 6.
- Auf m<sup>2</sup>-BGF-bezogene Kostenkennwerte für die Kostengruppe „3 Bauwerk-Technik“
- Für die Berechnung der Baugrubenkosten sind Kosten des Baugrubenaushubs pro Aushubvolumen oder Kosten-Direkteingaben für „2B.01 Baugrubenherstellung“, „2B.02 Baugrubenumschließung“ und „2B.03 Wasserhaltung“ einzugeben.

##### Objekt-Folgekostenberechnung:

- Zinssatz und Preissteigerungen
- Spezifische Verbrauchswerte (pro m<sup>2</sup> BGF) für Wärme, Kälte, Strom, Wasser, Abwasser
- Betriebskosten pro Verbrauchswert für Wärme, Kälte, Strom, Wasser, Abwasser

Bei der BuildingOne-Attribute-Methode werden diese Werte im Strukturbereich im Eigenschaften-Bereich des betrachteten Gebäudes in der Kategorie „ÖN 1801 – EINGABEN“ bzw. „LCC-Eingaben“ eingegeben. Bei der Excel-Methode werden sie im Tabellenblatt „Allgemeine Eingaben“ eingegeben.

## 4.7. Fallstudie

Um die Funktion der Berechnung zu überprüfen wurden zwei Ausstattungsvarianten des Testgebäudes berechnet. Die dafür getroffenen Annahmen werden im Folgenden beschrieben und sind in den Tabellen 22 bis 24 dargestellt.

### 4.7.1. Varianten

Die Ausstattungen der beiden Varianten des Testgebäudes unterscheiden sich hinsichtlich der verwendeten Baustoffe.

#### Variante 1:

Tragende Struktur: Brettsperrholz (Keller: Stahlbeton)

Fassade: Mineralwolldämmung mit hinterlüfteter Holzfassade und Holz-Alu-Fenster

#### Variante 2:

Tragende Struktur: Stahlbeton

Fassade: Wärmedämmverbundsystem (WDVS) und Kunststoff-Fenster

#### Annahmen für beide Varianten:

##### Errichtungskosten:

Tabelle 22 zeigt die für die Errichtungskostenberechnung angenommenen Werte.

Kosten des Grobelements A (Allgemein) der Kostengruppen 2, 3, 4 und 6 wurden mit 10% der Summe der restlichen Grobelemente der jeweiligen Kostengruppe angenommen. Die Kostengruppe A beinhaltet Besondere Baustelleneinrichtung, Sicherungsmaßnahmen und Sonstiges zur jeweiligen Kostengruppe. Die Kostengruppe 1 (Aufschließung) wurde durch eine Direkteingabe von 10.000€ angenommen. Da im Testgebäude Einrichtungen nicht vollständig modelliert wurden, wird für die Kostengruppe 5 Einrichtung ein Fixbetrag von 20.000€ angenommen.

Folgekosten:

Die Annahmen für die Folgekostenberechnung sind in Tabelle 23 und 24 dargestellt. Für die Folgekostenberechnung wurde ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angenommen. Wie bereits erwähnt, liegen keine Energieverbrauchswerte für diese Ausstattungsvarianten des Testgebäudes vor. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Werte daher für beide Varianten gleich, gemäß Tabelle 24, angenommen.

In den folgenden Tabellen sind die zur abschließenden Test-Berechnung herangezogenen Ausstattungen bzw. Annahmen aller Kostengruppen der ÖNORM B 1801-1:2009 und -2:2011 dargestellt. Grün hinterlegte Kostengruppen werden mit Elementmengen aus dem BIM-Modell und orange hinterlegte mit auf die BGF bezogenen Kennwerten berechnet. Für rot hinterlegte Kostengruppen wurden Annahmen getroffen und weiß hinterlegte Kostengruppen werden in diesem Vergleich nicht berücksichtigt.

Die verwendeten Kostenkennwerte wurden dem BKI entnommen und sind im Anhang A4 aufgelistet.

Tabelle 22 Fallstudie Varianten und Annahmen - Errichtungskosten

Kostengruppe und Grobelement nach ÖNORM B 1801 - 1		Mengenbezug	Kennwerte	Ausstattungsvarianten		
				Variante 1 (Holz)	Variante 2 (Beton)	
0	Grund				Nicht berücksichtigt	
1	Aufschließung		Keine Mengen aus Modell	Direkteingabe (Annahme)	€ 10.000,00	
2	Bauwerk - Rohbau	2A Allgemein **	Keine Mengen aus Modell	Prozentsatz (Annahme)	10% von 2B-2G	
		2B - 2G	Elementmengen aus Modell	Kennwerte für Positionen und Ausführungsarten aus BKI *	AW: Brettsperrholz Dach: Brettsperrholz	AW: Beton Dach: Beton
3	Bauwerk - Technik	3A Allgemein **	Keine Mengen aus Modell	Prozentsatz (Annahme)	10% von 3B-3I	
		3B - 3I	Keine Mengen aus Modell --> BGF aus Modell	Kennwerte bezogen auf m <sup>2</sup> -BGF aus BKI *	BKI Werte für Elemente für Einfamilienhaus Passivhaus Holz	BKI Werte für Elemente für Einfamilienhaus Passivhaus Massiv
4	Bauwerk - Ausbau	4A Allgemein **	Keine Mengen aus Modell	Prozentsatz (Annahme)	10% von 4B-4D	
		4B - 4D	Elementmengen aus Modell	Kennwerte für Positionen und Ausführungsarten aus BKI *	Fassade: Holzwohle + Lattung Fenster: Holz-Alu Bodenbelag: Teppich	Fassade: WDVS Fenster: Kunststoff Bodenbelag: Parkett
5	Einrichtung	5A-5C	Keine Mengen aus Modell	Direkteingabe (Annahmen)	€ 20.000,00	
6	Außenanlagen	6A Allgemein **	Keine Mengen aus Modell	Prozentsatz (Annahme)	10% von 6B-6D	
		6B - 6D	Elementmengen aus Modell	Kennwerte für Positionen und Ausführungsarten aus BKI *	selbe Ausstattung	
7	Planungsleistungen		Keine Mengen aus Modell --> BAK	% von BAK (Annahme)	15% von BAK (Annahme)	
8	Nebenleistungen		Keine Mengen aus Modell --> BAK	% von BAK (Annahme)	2% von BAK (Annahme)	
9	Reserven		Keine Mengen aus Modell --> BAK	% von BAK (Annahme)	5% von BAK (Annahme)	

\* verwendete Kennwerte siehe Anhang A4

\*\* x A.01 Besondere Baustelleneinrichtung  
x A.02 Allgemeine Sicherungsmaßnahmen  
x A.03 Sonstiges zu Kostengruppe

Elementmengen aus Modell  
BGF-Bezug aus Modell  
Annahmen

Tabelle 23 Allgemeine Annahmen - Folgekosten

Allgemeine Annahmen:		Energiekosten:		Wasserkosten:	
Kapitalzins *	5,50%	Wärme *	0,10€/kWh	Frischwasser *	2,01€/m <sup>3</sup>
Preissteigerung Allgemein *	2%	Strom *	0,17€/kWh	Abwasser-Schmutzwasser *	2,14€/m <sup>3</sup>
Preissteigerung Energie *	4%			Abwasser-Niederschlag *	nicht berücksichtigt

Reinigungskosten: *	15€/h
---------------------	-------

\* Kennwerte aus Steckbrief 16 (siehe Anhang A4)

Tabelle 24 Fallstudie Varianten und Annahmen - Folgekosten

	Kostengruppe und -untergruppe nach ÖNORM B 1801 - 2	Mengenbezug	Kennwerte	Ausstattungsvarianten		
				Variante 1 (Holz)	Variante 2 (Beton)	
ÖNORM B 1801 - 2	1 Verwaltung			Nicht berücksichtigt		
	2 Technischer Gebäudebetrieb (Wartung/Reparaturen/ Inspektionen)	2.1 Technisches Gebäudemanagement			Nicht berücksichtigt	
		2.2 Inspektionen	Elementmengen aus Modell	Aufwand Instandsetzung regelmäßig: jährlich 0,6% der Herstellkosten	AW: Brettsper Holz Dach: Brettsper Holz	AW: Beton Dach: Beton
		2.3 Wartung 2.4 Kleine Instandsetzung, Reparaturen		Aufwand Wartung / Inspektion: jährlich 0,1% der Herstellkosten lt. Steckbrief 16 *	Fassade: Holzwohle + Lattung Fenster: Holz-Alu Bodenbelag: Teppich	Fassade: WDVS Fenster: Kunststoff Bodenbelag: Parkett
	3 Ver- und Entsorgung	3.1 Energie	Grundlagen im Modell Aber keine berechneten Werte	(Annahme)	Wasser: 0,60m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> BGF a Wärmebedarf: 40 kWh/m <sup>2</sup> BGF a Strom: 12,65 kWh/m <sup>2</sup> BGF a	
		3.2 Wasser und Abwasser			Nicht berücksichtigt	
		3.3 Müllentsorgung 3.4 Sonstige Medien			Nicht berücksichtigt	
	4 Reinigung und Pflege	4.1 Unterhaltsreinigung 4.2 Fenster- und Glasreinigung 4.3 Fassadenreinigung	Elementmengen aus Modell	Reinigungsaufwand und Kostenkennwerte Stundenverrechnungssatz für Reinigung  lt. Steckbrief 16*	AW: Brettsper Holz Dach: Brettsper Holz Fassade: Holzwohle + Lattung Fenster: Holz-Alu Bodenbelag: Teppich	AW: Beton Dach: Beton Fassade: WDVS Fenster: Kunststoff Bodenbelag: Parkett
		4.4 Sonderreinigungen 4.5 Winterdienste 4.6 Reinigungs Außenanlagen 4.7 Gärtnerdienste			Nicht berücksichtigt	
		5 Sicherheit			Nicht berücksichtigt	
6 Gebäudedienste				Nicht berücksichtigt		
7 Instandsetzung, Umbau	7.1 Große Instandsetzung (Erneuerung)	Elementmengen aus Modell	Nutzungsdauern lt. BKl * (auf 5 Jahre gerundet)	AW: Brettsper Holz Dach: Brettsper Holz Fassade: Holzwohle + Lattung Fenster: Holz-Alu Bodenbelag: Teppich	AW: Beton Dach: Beton Fassade: WDVS Fenster: Kunststoff Bodenbelag: Parkett	
	7.2 Verbesserung und Umnutzung			Nicht berücksichtigt		
8 Sonstiges				Nicht berücksichtigt		
9 Objektbeseitigung, Abbruch				Nicht berücksichtigt		

\* verwendete Kennwerte siehe Anhang A4

Elementmengen aus Modell  
Annahmen

### 4.7.2. Ergebnis

Als Ergebnis der Berechnung ist innerhalb von Minuten (siehe Zeitangaben im Kapitel 5.1) ein Bericht abrufbar (siehe Abbildung 73 bis 75). In diesem sind diverse Diagramme und Ergebnistabellen grafisch abgebildet. Die Diagramme machen Unterschiede zwischen Ausführungsvarianten, in diesem Fall die zuvor beschriebenen Varianten 1 und 2, quasi auf Knopfdruck, in allen Ebenen der Kostenberechnung sichtbar.

Wie die Diagramme zeigen, kann sofort erkannt werden, dass die Variante 1 (blau dargestellt), sowohl in den Errichtungskosten als auch in den Folgekosten höhere Kosten verursacht.

Abbildung 69 zeigt die Berechnungsergebnisse der Kostengruppen (1. Ebene der ÖNORM B 1801-1:2009) und deren übergeordnete Kostengruppensummen. Die farbliche Hinterlegung der berechneten Werte macht sofort sichtbar, welche Variante höhere Kosten verursacht. In Abbildung 70 sind die berechneten Werte in Säulendiagrammen für alle drei Gliederungsebenen der ÖNORM dargestellt. Auf einem Blick kann erkannt werden, dass vor allem die unterschiedlichen Ausstattungen der Fassade und der Fenster (die Elemente „4C.01 Fassadenverkleidungen“ und „4C.02 Fassadenöffnungen“) bei der Variante 1 deutlich höhere Kosten verursachen. Auch die Kosten der Elemente „2D.01 Deckenkonstruktionen“, „2D.03 Dachkonstruktionen“ und „2E.01 Außenwandkonstruktionen“ der Kostengruppe „2 Bauwerk Rohbau“, deren Höhe von der tragenden Struktur beeinflusst werden, sind durch die Nutzung von Brettsper Holz in Variante 1 gegenüber Stahlbeton in Variante 2 deutlich höher. Abbildung 71 zeigt die Summe der Errichtungskosten als gestapeltes Säulendiagramm und deren Verteilung als Tortendiagramme für jede Ausstattungsvariante.

Abbildung 72 zeigt die Ergebnisse der Folgekostenberechnung nach ÖNORM B 1801-2:2011 für beide Ausstattungsvarianten, sowohl als Säulendiagramm, gestapeltes Säulendiagramm als auch deren prozentuelle Verteilung im Tortendiagramm. Sowohl im Säulendiagramm der Lebenszykluskosten (Errichtungs- und Folgekosten) also auch der Folgekosten kann erkannt werden, dass Variante 1 höhere Kosten verursacht. Das Diagramm „Folgekosten“ lässt zudem erkennen, dass Variante 1 in den Kostengruppen „Instandhaltung“ (zurückzuführen auf höhere Errichtungskosten der Bauelemente), „Reinigung“ (aufgrund des aufwändiger zu reinigenden Bodenbelags) und „Erneuerung“ (zurückzuführen auf höhere Errichtungskosten und anderer Nutzungsdauern der Bauelemente) höhere Kosten verursacht.

Die Kosten für Energie und Wasser sind bei beiden Varianten gleich hoch, da für diese dieselben Verbrauchswerte herangezogen wurden. Die Betrachtung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes ohne Eingabe von berechneten Verbrauchswerten der verschiedenen Ausstattungsvarianten ist nicht aussagekräftig, da speziell die Untersuchung von höheren Errichtungskosten zugunsten energieeffizienterer Gebäude und damit verbundener eventuell niedrigerer Lebenszykluskosten relevant ist. Diese Verbrauchswerte müssen bei Anwendung dieser Berechnung als Vergleichswerkzeug also in externen Berechnungen ermittelt und als Direkteingabe in die Berechnung eingegeben werden.

Für den weiteren Planungsprozess können aufgrund dieser Informationen dennoch weitere Entscheidungen getroffen werden, da weil man sowohl Unterschiede in den Errichtungskosten und deren Verteilung als auch Tendenzen der Folgekosten ablesen kann.

Variante 1			
Brutto-Grundfläche	BGF	m <sup>2</sup>	272,38
Brutto-Rauminhalt	BRI	m <sup>3</sup>	708,18

Kostenkennwerte für 1. Ebene Baugliederung nach ON 1801-1

Kostendaten			BWK	BWK	BAK	ERK	ERK	GEK
Baugliederung		Abk.	Bauwerkskosten	%	Baukosten	Errichtungskosten	%	Gesamtkosten
0	Grund	GRD						€ 0
1	Aufschließung	AUF		2%	€ 10.000	€ 10.000	1,5%	€ 10.000
2	Bauwerk-Rohbau	BWR	€ 168.147	33,9%	€ 168.147	€ 168.147	25,5%	€ 168.147
3	Bauwerk-Technik	BWT	€ 108.259	21,9%	€ 108.259	€ 108.259	16,4%	€ 108.259
4	Bauwerk-Ausbau	BWA	€ 218.989	44,2%	€ 218.989	€ 218.989	33,2%	€ 218.989
5	Einrichtung	EIR		3%	€ 15.000	€ 15.000	2,3%	€ 15.000
6	Außenanlagen	AAN		6%	€ 30.000	€ 30.000	4,5%	€ 30.000
7	Planungsleistungen	PLL		15%		€ 74.309	11,3%	€ 74.309
8	Nebenleistungen	NBL		2%		€ 9.908	1,5%	€ 9.908
9	Reserven	RES		5%		€ 24.770	3,8%	€ 24.770

Total exkl. MwSt.	€	€ 495.395		€ 550.395	€ 659.382		€ 659.382
	BWK Anteil in %	100,00%		111,10%	133,10%		133,10%

Kostenkennwert			BWK	BAK	ERK	GEK
			Bauwerkskosten	Baukosten	Errichtungskosten	Gesamtkosten
Brutto-Grundfläche	€/m <sup>2</sup>	BGF	1.818,79	2.020,71	2.420,84	2.420,84
Brutto-Rauminhalt	€/m <sup>3</sup>	BRI	699,53	777,20	931,09	931,09

Variante 2			
Brutto-Grundfläche	BGF	m <sup>2</sup>	272,38
Brutto-Rauminhalt	BRI	m <sup>3</sup>	708,18

Kostenkennwerte für 1. Ebene Baugliederung nach ON 1801-1

Kostendaten			BWK	BWK	BAK	ERK	ERK	GEK
Baugliederung		Abk.	Bauwerkskosten	%	Baukosten	Errichtungskosten	%	Gesamtkosten
0	Grund	GRD						€ 0
1	Aufschließung	AUF		2%	€ 10.000	€ 10.000	1,8%	€ 10.000
2	Bauwerk-Rohbau	BWR	€ 137.278	33,8%	€ 137.278	€ 137.278	25,0%	€ 137.278
3	Bauwerk-Technik	BWT	€ 97.696	24,1%	€ 97.696	€ 97.696	17,8%	€ 97.696
4	Bauwerk-Ausbau	BWA	€ 171.165	42,1%	€ 171.165	€ 171.165	31,1%	€ 171.165
5	Einrichtung	EIR		4%	€ 15.000	€ 15.000	2,7%	€ 15.000
6	Außenanlagen	AAN		7%	€ 30.000	€ 30.000	5,5%	€ 30.000
7	Planungsleistungen	PLL		0%		€ 60.665	11,0%	€ 60.665
8	Nebenleistungen	NBL		0%		€ 8.089	1,5%	€ 8.089
9	Reserven	RES		0%		€ 20.222	3,7%	€ 20.222

Total exkl. MwSt.	€	€ 406.139		€ 461.139	€ 550.115		€ 550.115
	BWK Anteil in %	100,00%		113,54%	135,45%		135,45%

Kostenkennwert			BWK	BAK	ERK	GEK
			Bauwerkskosten	Baukosten	Errichtungskosten	Gesamtkosten
Brutto-Grundfläche	€/m <sup>2</sup>	BGF	1.491,09	1.693,02	2.019,68	2.019,68
Brutto-Rauminhalt	€/m <sup>3</sup>	BRI	573,50	651,16	776,80	776,80

<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #f08080; border: 1px solid black;"></span> teurer	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4682b4; border: 1px solid black;"></span> Variante 1
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black;"></span> günstiger	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #cd5c5c; border: 1px solid black;"></span> Variante 2

Abbildung 69 Ergebnis - Vergleichsblatt



Abbildung 70 Ergebnis Kosten (1., 2. und 3. Ebene)

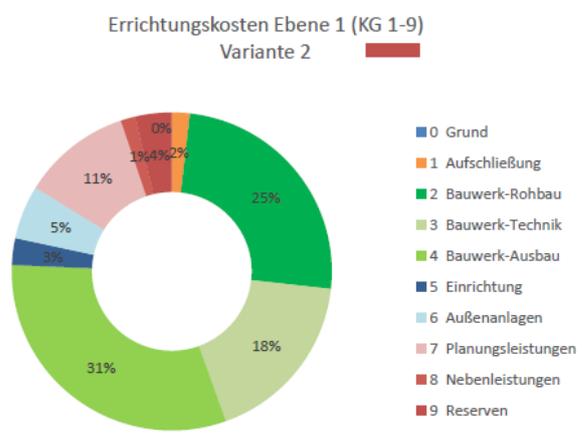
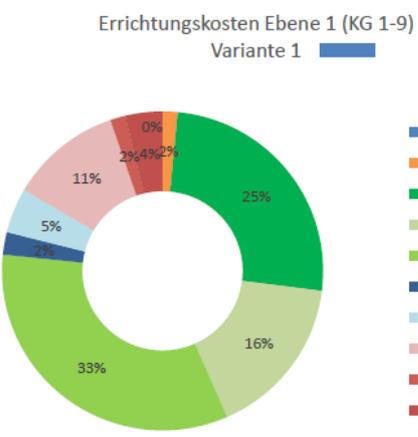
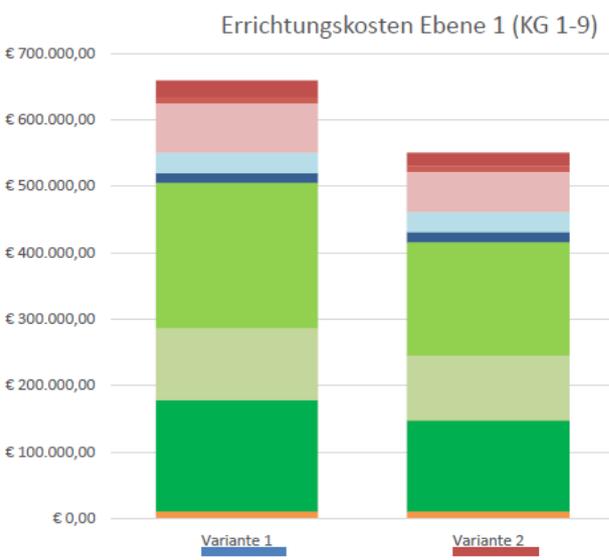
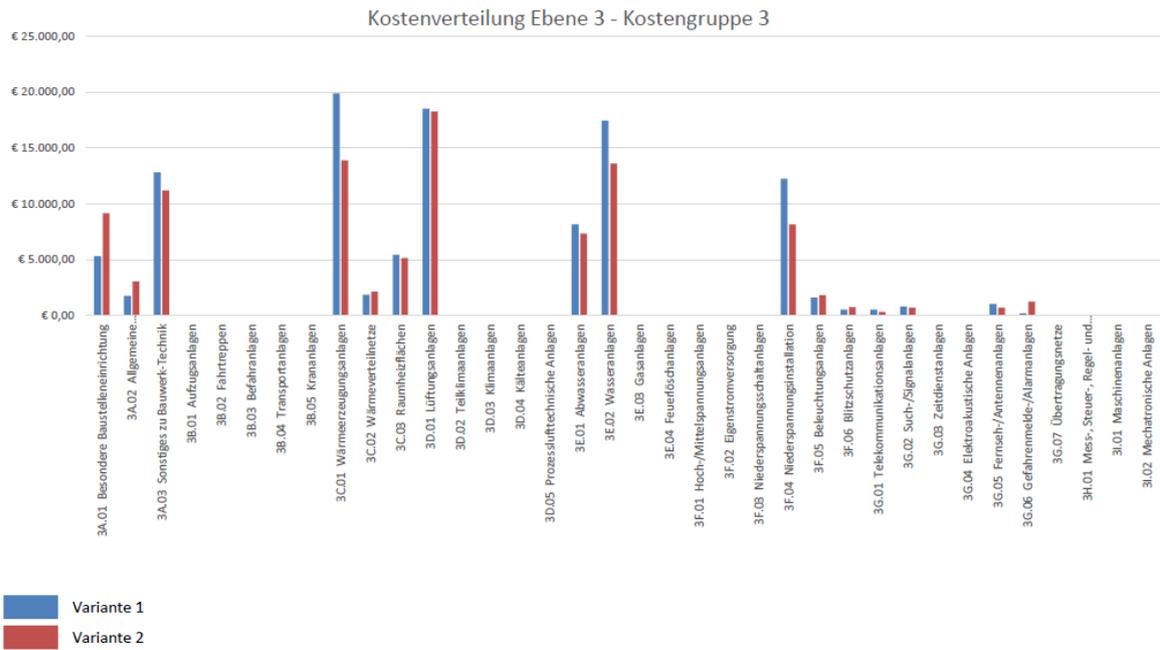


Abbildung 71 Ergebnis Errichtungskosten

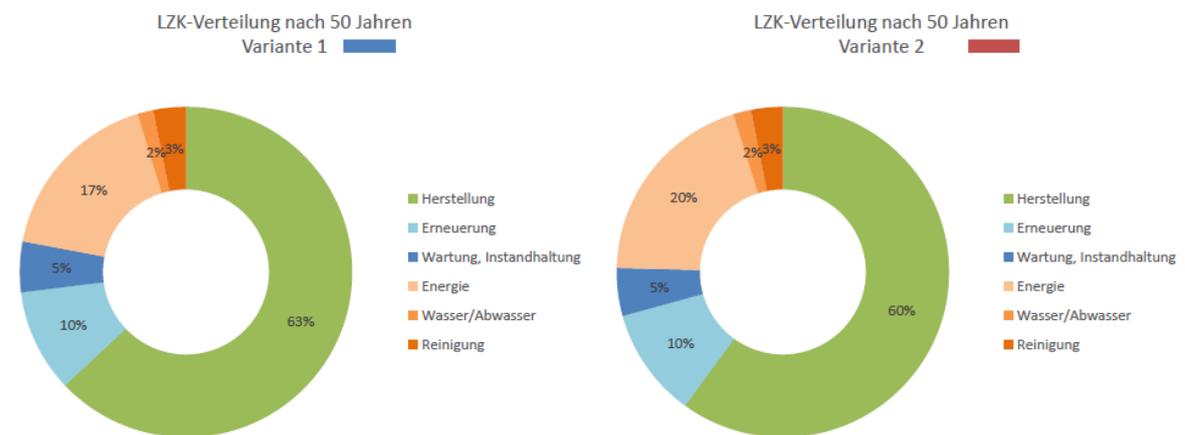
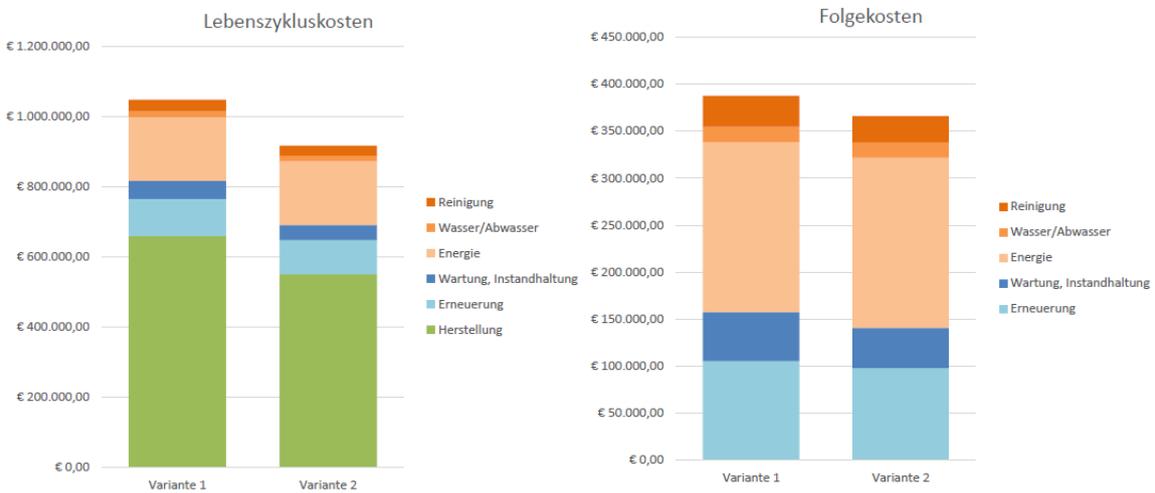
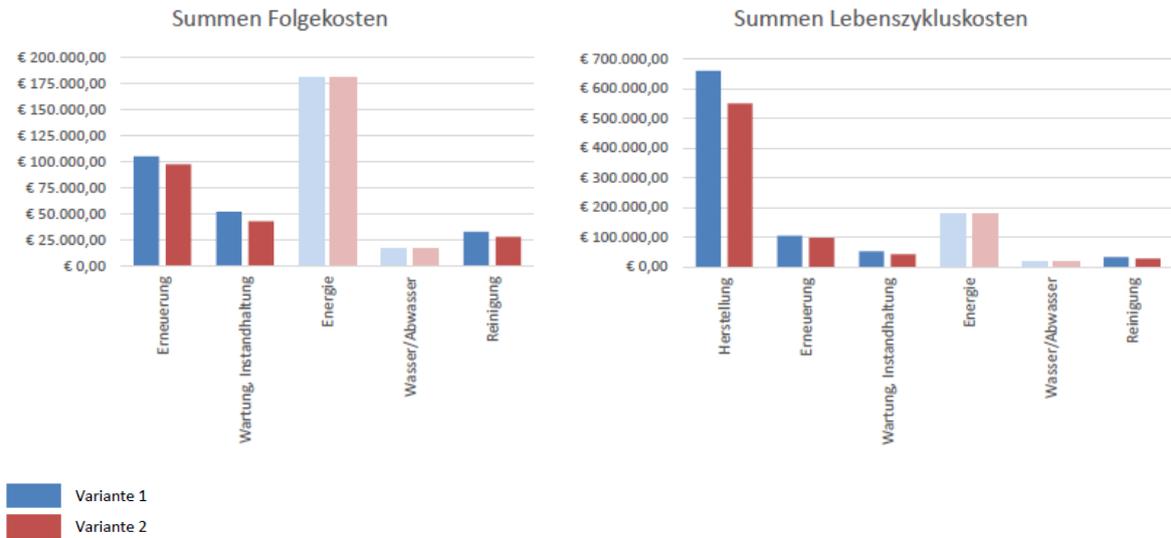


Abbildung 72 Ergebnis Lebenszykluskosten

## 5. Vergleich der Workflows

In diesem Kapitel werden die drei Berechnungsmethoden „BuildingOne-Kalkulation“, „BuildingOne-Attribute“ und „Excel“ miteinander verglichen und deren Vor- bzw. Nachteile erläutert. Zunächst wird der Aufwand der Erstellung und der Durchführung der Berechnungen beschrieben.

### 5.1. Erstellung und Durchführung der Berechnungsmethoden

In den Abbildungen 73, 74 und 75 werden die notwendigen Arbeitsschritte zur einmaligen Erstellung, sowie zur Durchführung, der Berechnung für jede der drei Berechnungsmethoden beschrieben (genauere Beschreibung siehe Anhang, Kapiteln A1 bis A3).

Die in den folgenden Abbildungen angegebenen Zeitangaben für die Erstellung der Berechnungen wurden im Rahmen dieser Arbeit für die erstmalige Erstellung der Berechnung zur Kalkulation des Testgebäudes (siehe Kapitel 4.1) evaluiert. Diese Zeitangaben beziehen sich somit auf die Erstellung, unter Beachtung aller relevanten Qualitätseinheiten und Kostengliederungsregeln für die Baugliederung bis zur 3. Ebene der ÖNORM B 1801-1 für eine Kalkulation des Testgebäudes. Werden weitere Qualitätseinheiten hinzugefügt (z.B. für die Kalkulation von neuen Projekten) müssen die Berechnungsdefinitionen entsprechend angepasst bzw. erweitert werden.

Die Zeitangaben zur Durchführung der Kalkulation wurden ebenfalls für die Kalkulation des Testgebäudes evaluiert. In der Folge wird unterschieden zwischen Arbeitsschritten der Berechnung, welche abhängig vom Anwender sind (in den Abbildungen hell hinterlegt), und reinen Rechenschritten. Die in Klammer angegebenen Zeitangaben sind reine Eingabezeiten, die bei jeder Berechnungsmethode gleich sind, daher werden sie in der Gesamtdauer nicht berücksichtigt.

#### 5.1.1. Erstellung und Durchführung der Methode BuildingOne-Kalkulation

Erstellung: Siehe Kapitel 4.5.3

Durchführung:

Zuerst wird das BuildingOne Add-On in ArchiCad gestartet und dabei gegebenenfalls ein neues, leeres Berechnungs-Projekt angelegt. Der nächste Schritt ist die Synchronisation der Modellelemente, deren Parameter und Eigenschaften in dieses BuildingOne-Projekt.

Tabelle 25 Erstellung und Durchführung Berechnung BuildingOne-Kalkulation

<b>BUILDINGONE</b> - Kalkulation			
	Arbeitsschritt	Zeit <sup>1)</sup>	Beschreibung
Erstellung	Modellierumgebung in ArchiCad definieren	20 h	Qualitätseinheiten (Baustoffe, Aufbauten und ArchiCad-Eigenschaften) definieren und Ebenenset zur Kostengliederung erstellen.
	Eigenschaften zur Synchronisation in BuildingOne erstellen	5 h	Jede Eigenschaft die von ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert werden soll muss hier angelegt werden
	Synchronisationseinstellungen zwischen ArchiCad und BuildingOne definieren	5 h	Definieren welche Eigenschaft von ArchiCad in welche BuildingOne-Eigenschaft synchronisiert werden soll. Dies muss für alle möglichen Modellierwerkzeuge definiert werden.
	Eigenschaften zur Mengenauswertung erstellen	10 h	(z.B. Wandfläche=Wandvolumen/Wanddicke)
	Erstellen der Mengenprovider	20 h	siehe Kapitel 4.5.3
	Erstellen der Kostenpositionen	20 h	siehe Kapitel 4.5.3
	<b>Gesamtdauer</b> <b>Erstellung der Berechnung</b>	<b>80 h</b>	

	Arbeitsschritt	Zeit <sup>1)</sup>	Beschreibung
Durchführung	ArchiCad Projekt (LOD 200-400)	-	Erstellung unter Beachtung der Modellierregeln
	<i>BuildingOne öffnen (und neues Projekt anlegen)</i>	<i>(ca. 2 Min.) *)</i>	
	Synchronisation ArchiCad --> BuildingOne	4 Min.	Die Synchronisationsdauer ist von der Anzahl der Modellelemente und der Komplexität der verwendeten Formeln in der Berechnung abhängig und variiert zwischen einigen Sekunden bis mehreren Minuten.
	Mengenprovider neu berechnen	1 Min.	Die Rechenzeit ist abhängig von der Anzahl der zu berechnenden Modellelemente.
	<i>Eingabe/Kontrolle der Fixeingaben in Kostenpositionen</i>	<i>(ca. 2 Min.) *)</i>	<i>Kosten, die nicht im BIM-Modell abgebildet sind, sind als Direkteingabe in die jeweiligen Positionen einzugeben. Überprüfung, ob für alle Modell-Elemente Kostenkennwerte hinterlegt sind, ist nicht möglich.</i>
	Kalkulation neu berechnen	1 Min.	Die Rechenzeit ist abhängig von der Anzahl der zu berechnenden Modellelemente.
	<b>Gesamtdauer der Durchführung einer Kostenermittlung</b>	<b>ca. 6 Min.</b>	

<sup>1)</sup> Zeitangabe auf Basis des Testgebäudes evaluiert

*(Zeitangabe abhängig vom Anwender)*

Zeitangabe reine Rechenzeit (Wartezeit) bezogen auf das Testgebäude

\*) nur bei der ersten Berechnung oder beim Anlegen einer neuen Variante notwendig

Die Dauer der Synchronisation ist abhängig von der Anzahl der zu synchronisierenden Modellelemente und der Komplexität der zu berechnenden Eigenschaften. Danach werden die Mengenprovider neu berechnet. Kosten, welche nicht im BIM-Modell abgebildet sind, können als Kosten-Direkteingabe in dafür erstellte Kostenpositionen eingegeben werden. Abschließend wird die Kalkulation neu berechnet. Die berechneten Werte sind nun in der Kalkulationsstruktur sowohl für Elemente, Grobelemente und Kostengruppen berechnet und aufgelistet. Der Ablauf dieser Berechnungsmethode dauert für die Berechnung des Testgebäudes ca. 6 Min. (reine Rechenzeit).

### 5.1.2. Erstellung und Durchführung der Methode BuildingOne-Attribute

Tabelle 26 Erstellung und Durchführung Berechnung BuildingOne-Attribute

<b>BUILDINGONE</b> - Attribute			
	Arbeitsschritt	Zeit <sup>1)</sup>	Beschreibung
Erstellung	Modellierumgebung in ArchiCad definieren	20 h	Qualitätseinheiten (Baustoffe, Aufbauten und ArchiCad-Eigenschaften) definieren und Ebenenset zur Kostengliederung erstellen.
	Eigenschaften zur Synchronisation in BuildingOne erstellen	5 h	Jede Eigenschaft die von ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert werden soll muss hier angelegt werden
	Synchronisationseinstellungen zwischen ArchiCad und BuildingOne definieren	5 h	Definieren welche Eigenschaft von ArchiCad in welche BuildingOne-Eigenschaft synchronisiert werden soll. Dies muss für alle möglichen Modellierwerkzeuge definiert werden.
	Eigenschaften zur Mengenauswertung erstellen	10 h	(z.B. Wandfläche=Wandvolumen/Wanddicke)
	Eigenschaften zum Einspielen von Kennwerten erstellen	15 h	siehe Kapitel 4.5.4 und 4.6
	Eigenschaften zur Errichtungskostenermittlung und -gliederung erstellen	50 h	siehe Kapitel 4.5.4 und 4.6
	Eigenschaften zur Folgekostenermittlung und -gliederung erstellen	40 h	siehe Kapitel 4.5.4 und 4.6
	Eigenschaften zur Summierung der Kosten erstellen	20 h	siehe Kapitel 4.5.4 und 4.6
	<b>Gesamtdauer Erstellung der Berechnung</b>		<b>165 h</b>

	Arbeitsschritt	Zeit <sup>1)</sup>	Beschreibung
Durchführung	ArchiCad Projekt (LOD 200-400)	-	Erstellung unter Beachtung der Modellierregeln
	<i>BuildingOne öffnen (und neues Projekt anlegen)</i>	<i>(ca. 2 Min.) *)</i>	
	Synchronisation ArchiCad --> BuildingOne	9 Min.	Die Synchronisationsdauer ist von der Anzahl der Modellelemente und der Komplexität der verwendeten Formeln in der Berechnung abhängig und variiert zwischen einigen Sekunden bis mehreren Minuten.
	<i>Allgemeine Eingaben</i>	<i>(ca. 2 Min.) *)</i>	<i>Kosten, die nicht im BIM-Modell abgebildet sind, sowie Preissteigerungen und Zinssatz für die Folgekosten sind als Direkteingabe oder als Prozentsatz einzugeben. Überprüfung, ob für alle Modellelemente Kennwerte hinterlegt sind, mittels grünem (bzw. rotem) Farbfeld.</i>
	Eigenschaften berechnen	1 Min.	Die Rechenzeit ist abhängig von der Anzahl der zu berechnenden Eigenschaften.
<b>Gesamtdauer der Durchführung einer Kostenermittlung</b>		<b>ca. 10 Min.</b>	

<sup>1)</sup> Zeitangabe auf Basis des Testgebäudes evaluiert

*(Zeitangabe abhängig vom Anwender)*

Zeitangabe reine Rechenzeit (Wartezeit) bezogen auf das Testgebäude

\*) nur bei der ersten Berechnung oder beim Anlegen einer neuen Variante notwendig

Erstellung: Siehe Kapitel 4.5.4

Durchführung:

Die Prozessschritte „BuildingOne Öffnen“ und „Synchronisation“ sind ident mit der Berechnungsmethode BuildingOne-Kalkulation. Während der Synchronisation werden die BuildingOne-Eigenschaften der Modellelemente berechnet. Die Dauer der Synchronisation ist bei dieser Methode länger, da die Anzahl und Komplexität der zu berechnenden Eigenschaften höher ist.

Für das, im Zuge von „BuildingOne Öffnen“ angelegte Projekt werden nun allgemeine Eingaben getätigt (Eingabe von Kosten oder Prozentanteilen für Kosten, die nicht im BIM-Modell abgebildet sind, sowie Preissteigerung und Zinssatz für die Folgekosten-Berechnung). Danach kann eine Überprüfung, ob für alle Modellelemente Kennwerte hinterlegt sind, mittels grünem (bzw. rotem) Farbfeld im Projektbereich durchgeführt werden (die Berechnung wurde so aufgebaut, dass sie auch bei Fehlen von Kennwerten ein Ergebnis liefert). Um die während der Synchronisation berechneten Werte der Modellelemente in das Projekt zu summieren (Bildung von Summen aller Elemente, Grobelemente, Kostengruppen und Kostengruppensummen), werden nun die Projekt-Eigenschaften berechnet und aufgelistet.

Der Ablauf dieser Berechnungsmethode dauert für die Berechnung des Testgebäudes ca. 10 Min. (reine Rechenzeit). Während der Erstellung der Berechnung konnte beobachtet werden, dass die Rechenzeit mit Zunahme der erstellten und zu berechnenden Eigenschaften stetig zugenommen hat. Auch die Anzahl der berechneten Elemente hat einen großen Einfluss auf die Rechenzeit.

### **5.1.3. Erstellung und Durchführung der Methode Excel**

Erstellung: Siehe Kapitel 4.5.5

Durchführung:

Zuerst werden die XLS-Auswertungen aus ArchiCad publiziert. Der Inhalt dieser Dateien wird im Excel-Tool in das Tabellenblätter „BTL Mengen“ und „BST Mengen“ eingefügt. Damit sind die Werte sofort berechnet. Alle ermittelten Kosten werden in den jeweiligen Tabellenblättern in die Kostengruppen der 3., 2. und 1. Ebene summiert und aufgelistet.

Der Ablauf dieser Berechnungsmethode dauert für die Berechnung des Testgebäudes ca. 1 Min., wobei hier vor allem die Zwischenschritte zu dieser Dauer führen, die Rechenzeit ist bei dieser Methode im einstelligen Sekundebereich.

Tabelle 27 Erstellung und Durchführung Berechnung Excel

 Excel - Tool			
	Arbeitsschritt	Zeit <sup>1)</sup>	Beschreibung
Erstellung	Modellierumgebung in ArchiCad definieren	20 h	Qualitätseinheiten (Baustoffe, Aufbauten und ArchiCad-Eigenschaften) definieren und Ebenenset zur Kostengliederung erstellen.
	ArchiCad Auswertungen erstellen	8 h	siehe Kapitel 4.5.5
	Excel Tool erstellen	50 h	siehe Kapitel 4.5.5
	<b>Gesamtdauer Erstellung der Berechnung</b>	<b>78 h</b>	
Durchführung	ArchiCad Projekt (LOD 200-400)	-	Erstellung unter Beachtung der Modellierregeln
	Auswertung als XLSX-Datei publizieren	1 Min.	IFC-Datei publizieren
	<i>Excel-Tool öffnen</i>	<i>(ca. 1 Min.) *)</i>	<i>Die Synchronisationsdauer ist von der Anzahl der Modellelemente und der Komplexität der verwendeten Formeln in der Berechnung abhängig und variiert zwischen einigen Sekunden bis mehreren Minuten.</i>
	Inhalt der XLSX Auswertung in Excel-Tool übertragen	(ca. 1 Min.)	Das Excel-Tool ist zu öffnen und alle Werte der exportierten Auswertungsdatei, in das Excel-Tool in das Tabellenblatt „BTL Mengen“ und „BTL Mengen“ einzufügen.
	<i>Allgemeine Eingabe</i>	<i>(ca. 2 Min.) *)</i>	<i>Kosten, die nicht im BIM-Modell abgebildet sind, sowie Preissteigerungen und Zinssatz für die Folgekostenberechnung, sind als Direkteingabe oder als Prozentsatz im Tabellenblatt „Allgemeine Eingaben“ einzugeben. Überprüfung, ob für alle Modell-Elemente Kostenkennwerte hinterlegt sind, durch rote Zelle in der Spalte A im Tabellenblatt „SMC Mengen“.</i>
	<b>Gesamtdauer der Durchführung einer Kostenermittlung</b>	<b>ca. 1 Min.</b>	

<sup>1)</sup> Zeitangabe auf Basis des Testgebäudes evaluiert

*(Zeitangabe abhängig vom Anwender)*

Zeitangabe reine Rechenzeit (Wartezeit) bezogen auf das Testgebäude

\*) nur bei der ersten Berechnung oder beim Anlegen einer neuen Variante notwendig

## 5.2. Methodenvergleich

Tabelle 28 zeigt, welche Berechnungen, Teilberechnungen und Berechnungsschritte bei den behandelten Berechnungsmethoden möglich sind und welche nicht. Auf den nachfolgenden Seiten werden die wesentlichen Unterschiede erläutert. Eine Errichtungskostenberechnung nach Gliederung der ÖNORM B 1801-1:2009 kann mit allen drei Berechnungsmethoden durchgeführt werden.

Tabelle 28 Vergleich der Berechnungsmethoden

Berechnungsmethode		BUILDINGONE - Kalkulation	BUILDINGONE - Attribute	Excel - Tool
Kriterium				
Automatische Ermittlung der Brutto-Grundfläche		✓	✓	✓
ÖN 1801-1 Errichtung	Kostenermittlung	✓	✓	✓
	Aggregation der Kosten eines Modell-Elements	✗	✓	✗
	Gliederung der Kosten entsprechend Norm	✓	✓	✓
	Kosten als Prozentsatz von ermittelten Kosten berechnen	✗	✓	✓
	Ermittlung Kosten pro BGF (z.B. 3 - BWK-Technik)	✓	✓	✓
	Automatische Steuerung ob Bauteilschichten oder Aufbau berechnet werden sollen	✗ 1)	✓	✗ 1)
	Visuelle Überprüfung der Kostenzuweisung	⚠ 2)	⚠ 2)	✗
ÖN 1801-2 Folgekosten	Instandhaltung	✗ 4)	✓	✓
	Verbrauchsmedien	✗ 4)	✓	✓
	Reinigung	✗ 4)	✓	✓
	Erneuerung / Instandsetzung	✗ 4)	✓	✓
	Beachtung von Schicksalsfamilien (betrifft nur mehrschichtige Bauteile)	✗ 4)	✓	✗ 3)
Öko-bilanzierung *)	Berechnung von PEI, GWP und AP	✗ 4)	✓	✓
Zuordnung der Ergebnisse zu Modellelementen		✗ 5)	✓	✓
Kontrolle ob alle Qualitätseinheiten mit Kennwerten verbunden sind		✗	✓	✓

Kennwerte	Einspielen von Kennwerten für Qualitätseinheiten	einfach	aufwendig	einfach
	Verwaltung von Kennwerten von Qualitätseinheiten	aufwendig	aufwendig	einfach
Berechnung mit dem Modell verbunden		Ja	Ja	Nein
Ergebnisse ins Modell übertragbar		Nein	Ja	Nein
Dauer der Erstellung der Berechnung		ca. 80 h **)	ca. 165 h **)	ca. 78 h **)
Dauer der Durchführung Berechnung		ca. 6 Min. **)	ca. 10 Min. **)	ca. 2 Min. **)
Komplexität der Erstellung der Berechnung		einfach	hoch	einfach
Komplexität der Berichtsgestaltung		hoch	hoch	einfach

\*) Grundsätzliche Durchführbarkeit wurde überprüft

\*\*) Berechnungsdauer für die Projektdatei "Testhaus"

### Bewertungsskala:

- ✓ möglich
- ⚠ möglich mit Einschränkung
- ✗ nicht möglich

### Anmerkungen:

- 1) Mengen würden doppelt ausgewiesen werden
- 2) nur in 2D und nur für einzelne Modellelemente
- 3) Schichtreihenfolge geht bei Auswertung verloren
- 4) nur Kostenkennwertekönnen eingegeben werden
- 5) nur Mengen, nicht Kosten

### Kosten als Prozentsatz von anderen Kosten ermitteln

Bei der Methode BuildingOne-Kalkulation ist es nicht möglich, die berechneten Kostenwerte weiter als Rechengröße zu verwenden. Daher ist es bei dieser Methode nicht möglich, Kosten, zu deren Ermittlung andere berechnete Kosten als Bezug dienen, zu ermitteln. Dies wäre z.B. zur Ermittlung der Baustellengemeinkosten als Prozentsatz der Kosten einer Kostengruppe notwendig. Das kann vor allem am Beginn der Projektphase Entwurf durchaus nützlich sein. Schlussendlich sollten diese Kosten aber immer durch Nebenrechnungen ermittelt werden und als Direkteingabe in der Berechnung Berücksichtigung finden.

### Automatische Steuerung ob Bauteilschichten oder Aufbau kalkuliert wird

Wie in Kapitel 4.6.1 beschrieben war das Ziel, die Berechnung so aufzubauen, dass mit der Benennung eines mehrschichtigen Aufbaus gesteuert wird, ob die Kosten für den ganzen Aufbau oder für jede einzelne Schicht kalkuliert werden. Vor allem zu Beginn der Projektphase Entwurf kann es nützlich sein, Kostenkennwerte für ganze Aufbauten zu verwenden. Diese Steuerung, worauf die Berechnung Bezug nimmt, durch die Benennung des Aufbaus ist nur bei der Berechnung mit der Methode BuildingOne-Attribute möglich, bei den anderen Methoden würden, wie im Beispiel in Abbildung 73 dargestellt, die Kosten für die Stahlbetondecke doppelt in die Berechnung eingehen. Einmal durch den Kostenkennwert für den Aufbau „\_Flachdachterrasse“ und einmal durch den Kostenkennwert für die Bauteilschicht „Beton, Stahlbetondecke 20cm“.

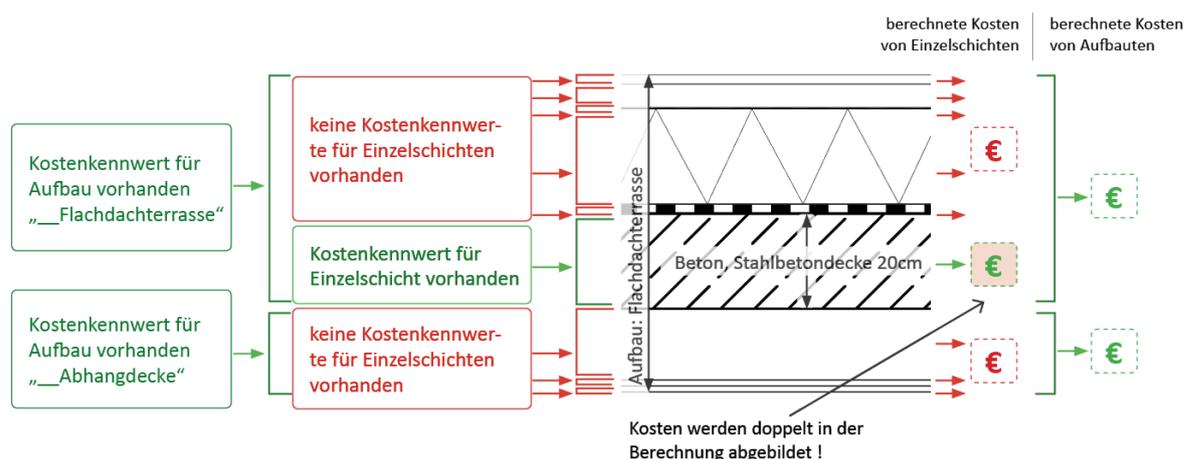


Abbildung 73 Steuerung des Bezugs durch Benennung des Aufbaus

### Visuelle Kontrolle der Kostenzuordnung

BuildingOne bietet zwar die Möglichkeit, in BuildingOne markierte Modellelemente in ArchiCad anzuzeigen und hervorzuheben. Allerdings ist es damit nicht möglich z.B. alle

Modellelemente, auch einzelne Schichten z.B. des Elements „2E.01 Außenwandkonstruktionen“, anzeigen zu lassen.

### **Folgekosten-Berechnung**

Mit der Kalkulation-Funktion von BuildingOne ist es nicht möglich, Folgekosten zu berechnen, da hierfür die Eingabe von relevanten Kennwerten wie Nutzungsdauer, Prozentsatz für Wartung usw. nicht möglich ist (nur ein Kostenkennwert kann eingegeben werden). Weiters ist die Ermittlung von Kosten auf Basis von bereits ermittelten Kosten (z.B. Instandhaltungskosten als Prozentsatz der Herstellungskosten) und die Ermittlung von Kosten in Abhängigkeit der Information, in welchem Jahr die Kosten anfallen werden (z.B. bei der Berechnung der Erneuerungskosten), sowie die Berücksichtigung von Preissteigerungen und Zinssatz nicht möglich.

Die Berechnungsmethode Excel kann auch Folgekosten ermitteln, allerdings mit der Einschränkung, dass Schicksalsfamilien bei der Berechnung von Erneuerungskosten mehrschichtiger Bauteile nicht berücksichtigt werden können, da die Schichtreihenfolge dieser Bauteile nicht mehr nachvollziehbar ist. Dies kann durch Festlegung der Nutzungsdauern in Abstimmung von Erneuerungspaketen z.B. alle Baustoffe die Ausbau darstellen werden nach x Jahren ersetzt, alle Oberflächen nach y Jahren usw., zu einem immer noch ausreichend genauen Ergebnis führen.

### **Ökobilanzierung möglich**

Eine Erweiterung der Berechnung um eine Echtzeit-Ökobilanzierung ist sowohl für die Methode BuildingOne-Attribute als auch die Methode Excel möglich, nicht jedoch bei der Methode BuildingOne-Kalkulation. Die Berechnung funktioniert prinzipiell analog zu der Folgekostenberechnung. Hierfür ist nur die Eingabe der relevanten Öko-Kennwerte und eine entsprechende Summierung der berechneten Werte notwendig.

### **Zuordnung der Ergebnisse zu Modellelementen**

Die Methode BuildingOne-Kalkulation berechnet Kosten für alle Mengen einer bestimmten Qualität im Projekt (z.B. die Fläche aller Baustoffe Stahlbetondecke 20cm auf Bauteilschicht 1 oder die Fläche aller Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung, usw.). Damit ist es nicht möglich die Kosten von spezifischen Modellelementen zu betrachten. Weiters ist es dabei nicht möglich, die Kosten eines Modellelements als Ganzes (z.B. eine mehrschichtige Wand mit 8 Bauteilschichten oder ein spezifisches Fenster mit Sonnenschutz, Fenstergriff usw.) zu betrachten.

All dies ist bei der Berechnungsmethode BuildingOne-Attribute möglich und kann, nach Synchronisation der berechneten Werte ins das BIM-Geometrie-Modell, auch hier abgerufen werden.

Bei der Berechnungsmethode Excel ist dies nach Sortierung der Spalte GUID ebenfalls möglich.

### **Einspielen und Verwalten der Kennwerte**

Im Folgenden wird das Einspielen und Verwalten der Kennwerte, als zentrales Element der Berechnung, für die Berechnungsmethoden verglichen.

#### BuildingOne-Kalkulation:

Das Einspielen von Kostenkennwerten ist einfach und praxistauglich z.B. auch über den Import aus einer AVA-Software möglich. Allerdings ist bei der Beachtung von mehrschichtigen Bauteilen jeder Kostenkennwert einer Qualität (z.B. eines Baustoffs) in 11 Kostenpositionen (Einschichtig und Bauteilschichten 1 bis 10) zu erstellen. Dasselbe gilt, wenn Kostenkennwerte angepasst werden sollen.

#### BuildingOne-Attribute:

Das Einspielen von Kennwerten für Baustoffe kann einfach und zentral erfolgen, wenn eine Verbindung zwischen dem Bauteil/Komponenten/Objekte-Bereich und den Baustoffen in BuildingOne hergestellt wird. Das ist allerdings nicht selbst konfigurierbar und ist nur mit einer kostenpflichtigen Abfrage/XML-Konfiguration welche von OneTools individuell erstellt wird möglich. Im Rahmen dieser Arbeit wurde dies durch die Nutzung der Switch-Formel (Beschreibung im Anhang A1.2.2) umgangen. Dabei ist es notwendig, zur Beachtung von mehrschichtigen Bauteilen, Kennwerte für alle möglichen Bauteilschichten (11 Eingaben) einzugeben (ebenso wenn Kennwerte verändert werden sollen). Dadurch ist diese Lösung für eine professionelle Nutzung dieser Berechnungsmethode nur begrenzt praxistauglich. Das Einspielen von Kennwerten für Qualitätseinheiten, welche keine Baustoffe darstellen, ist generell nur über die Switch-Formel möglich.

#### Excel:

Bei dieser Methode werden Kennwerte in Tabellenblättern angelegt und verwaltet. Dies ist sehr übersichtlich und leicht zu erweitern. Änderungen von Kennwerten sind für jede Qualitätseinheit nur einmal vorzunehmen.

### Kontrollmechanismus, ob alle Elemente mit Kennwerten verknüpft sind

Wie bereits erwähnt, ist die Berechnung nur dann verwertbar, wenn bekannt ist, welche Elemente nicht in der Berechnung berücksichtigt sind. Fehlen der Berechnung Kennwerte für im Modell befindliche Qualitätseinheiten, werden für diese Elemente keine Kosten generiert. Diese fehlenden Kennwerte können, sofern das Fehlen dieser erkannt wird, entweder ergänzt oder durch Kosten-Direkteingaben kompensiert werden.

In BuildingOne kann beim Rechnen mit Eigenschaften ein Farbfeld erstellt werden, welches abhängig von einem Eingangswert eine gewünschte Farbe anzeigt. Dies wurde genutzt um ein Farbfeld Rot oder Grün zu schalten in Abhängigkeit davon, ob für alle benötigten Qualitäten (z.B. alle Bauteilschichten, die nicht leer sind) Kennwerte in der Berechnung hinterlegt sind.

In Excel wurde dies durch eine bedingte Formatierung gelöst, welche ein Kontrollfeld Rot einfärbt, wenn in einer Zeile zwar ein Element steht, aber für dieses Element keine Kosten ermittelt werden.

Info		
alle Materialdaten vorhanden?		Green
ÖN 1801 - Kostengruppen		
BWK - Bauwerkskosten (2-4)	€	367.952,13
BAK - Baukosten (1-6)	€	416.997,22
ERK - Errichtungskosten (1-9)	€	497.213,45
GEK - Gesamtkosten (2-9)	€	897.213,45
Baukosten Kontrolle	€	294.494,68
ÖN 1801 - Kostengruppen pro m <sup>2</sup>		

Da	we	Komponente	Name / Material	Kostenbereich ÖNORM 1801
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Dämmung, weich MW VS	4D_02 Wandverkleidungen
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Estrich	4D_01 Bodenbeläge
		1 Gebäudekomponententeil	„Gipskarton, GKP	2E_02 Innenwandkonstruktion
		1 Gebäudekomponententeil	„Gipskarton, GKP	2E_02 Innenwandkonstruktion

Abbildung 74 Kontrolle Kennwerte vorhanden (links: BuildingOne-Attribute; rechts: Excel)

Bei der Berechnung mit dem Mengenprovider und Kalkulation in BuildingOne kann dies nur durch mühevoll manuelle Kontrolle erkannt werden. Das wird als großer Nachteil dieser Berechnungsmethode angesehen.

### Ergebnisse im BIM-Modell

Bei der Excel-Methode ist die Berechnung nicht mit dem BIM-Modell verbunden. Die ermittelten Werte können somit auch nicht automatisiert den verursachenden Modellelementen zugewiesen werden.

Die BuildingOne Schnittstelle erlaubt die Berechnung, ohne das Modell zu verlassen. Wobei bei der Berechnungsmethode BuildingOne-Kalkulation die berechneten Werte nicht wieder ins BIM-Modell zu den verursachenden Modellelementen zurück geschrieben werden können.

Mit der BuildingOne-Attribute-Berechnungsmethode, ist Berechnung der Kosten als Eigenschaft im Modellelement möglich. Damit können die Kostenergebnisse wieder ins BIM-Geometrie-Modell zurück synchronisiert werden. Der Nutzen der berechneten Kosten im BIM-Geometrie-Modell ist vielfältig. Dies ermöglicht die Darstellung der berechneten Kosten z.B. in Grundrissplänen oder 3D-Ansichten (siehe Abbildung 75).

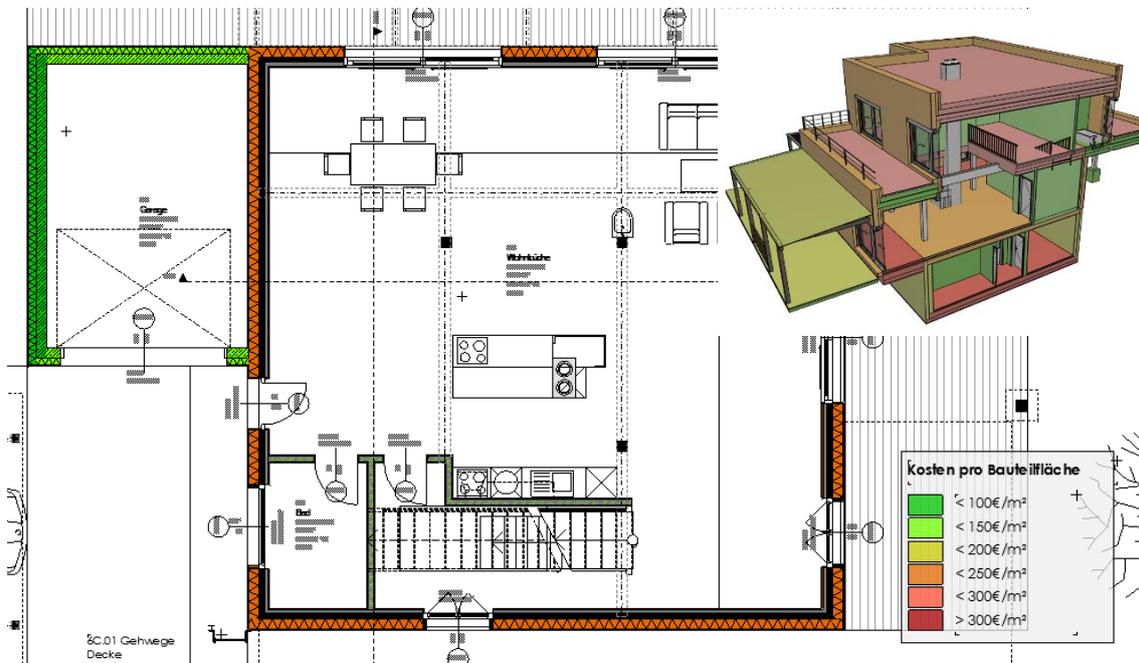


Abbildung 75 Darstellung der Kosten im Plan

ArchiCad bietet die Möglichkeit, mit den grafischen Überschreibungsstilen, Modellelemente in Abhängigkeit von Parameter- oder Eigenschaftswerten graphisch zu überschreiben. Abbildung 75 zeigt einen Grundriss und einen 3D-Schnitt des Testgebäudes, in dem Oberflächen der Modellelemente in Abhängigkeit derer Kosten pro Bauteilfläche (siehe Legende in Abbildung 75) farblich eingefärbt werden. Dies kann als Kommunikations-Medium, zur Analyse der Ergebnisse der Berechnung und zur grafischen Darstellung der Verortung der Kosten genutzt werden.

Der größere Nutzen von berechneten Kosten in den jeweiligen Modellelementen liegt darin, diese berechneten Kosten auch in eine IFC-Datei schreiben zu können und damit ein ausgepreistes BIM-Modell z.B. im Rahmen einer Ausschreibung an die Anbieter weitergeben zu können.

Abbildung 76 zeigt das Testgebäude als IFC-Datei im Solibri Model Checker und die darin enthaltenen Kosten für jedes Modellelement (oder auch jede Bauteilschicht des Bauteils) und deren Kostenzuordnung.

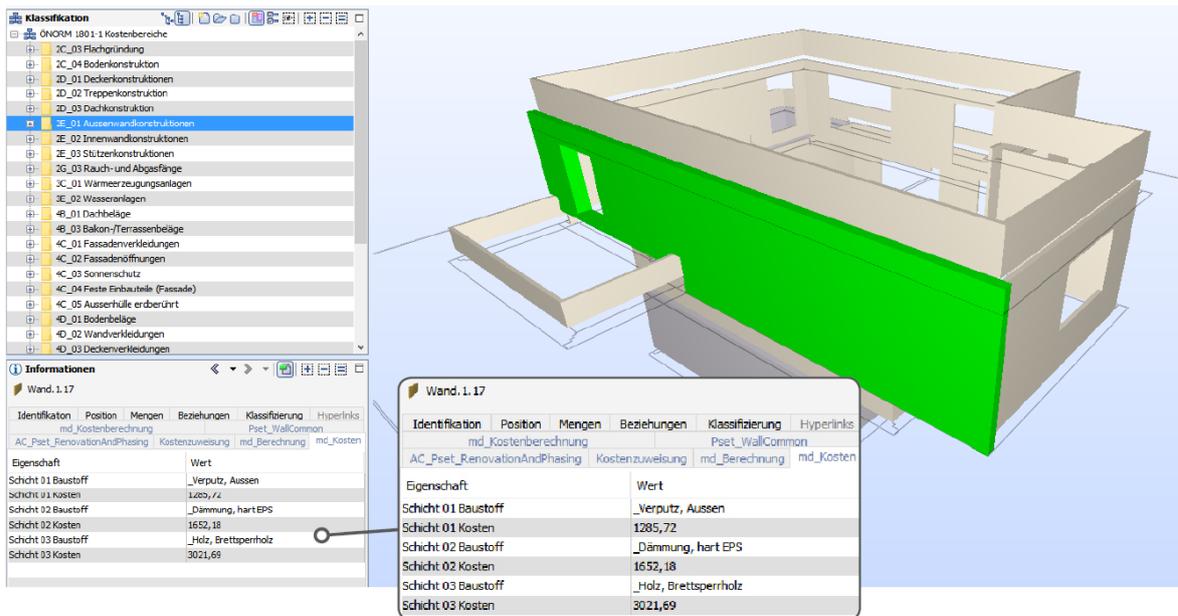


Abbildung 76 Mit in BuildingOne berechneten Kosten ausgepreiste IFC-Datei

### **Bewertung der Berechnungsmethoden**

In Tabelle 29 werden die drei Berechnungsmethoden, anhand der bereits in Tabelle 28 dargestellten Kriterien, hinsichtlich deren Verwendbarkeit für die gewünschte bauelementbezogene BIM-basierte Errichtungs- und Folgekostenermittlung (mit Gliederung der Kosten nach der ÖNORM B 1801) bewertet. Dabei wurde jedem Kriterium eine Gewichtung von 1 bis 5 (1...“Kriterium ist kaum wichtig“ bis 5...“Kriterium ist sehr wichtig“) zugewiesen und die Erfüllung der Kriterien für jede der Berechnungsmethoden mit 1 bis 5 (1...“nicht erfüllt“ bis 5...“voll erfüllt“) bewertet. Dabei zeigt sich, dass die Methode BuildingOne-Attribute die definierten Vorgaben am besten erfüllt.

Tabelle 29 Bewertung der Berechnungsmethoden

Kriterium		Gewichtung	BUILDINGONE - Kalkulation		BUILDINGONE - Attribute		Excel - Tool	
			Bewertung	Pkt.	Bewertung	Pkt.	Bewertung	Pkt.
Automatische Ermittlung der Brutto-Grundfläche		3	5	15	5	15	5	15
ÖN 1801-1 Errichtung	Kostenermittlung	5	5	25	5	25	5	25
	Aggregation der Kosten eines Modellelements	4	1	4	5	20	1	4
	Zuweisung der Kosten entsprechend Norm-Gliederung	5	5	25	5	25	5	25
	Kosten als Prozentsatz von ermittelten Kosten berechnen	3	1	3	5	15	5	15
	Ermittlung Kosten pro BGF (z.B. 3 - BWK-Technik)	5	5	25	5	25	5	25
	Automatische Steuerung ob Bauteilschichten oder Aufbau berechnet werden sollen	3	1	3	5	15	1	3
	Visuelle Überprüfung der Kostenzuweisung	4	2	8	3	12	1	4
ÖN 1801-2 Folgekosten	Instandhaltung	3	1	3	5	15	5	15
	Verbrauchsmedien	3	1	3	5	15	5	15
	Reinigung	3	1	3	5	15	5	15
	Erneuerung / Instandsetzung	3	1	3	5	15	5	15
	Beachtung von Schicksalsfamilien (mehrschichtige Bauteile)	2	1	2	5	10	1	2
Öko-bilanzierung	Berechnung von PEI, GWP und AP *)	2	1	2	5	10	5	10
Zuordnung der Ergebnisse zu Modellelementen		4	2	8	5	20	2	8
Kontrolle ob alle Qualitätseinheiten mit Kennwerten verbunden sind		3	1	3	5	15	4	12
Kennwerte	Einspielen von Kennwerten für Qualitätseinheiten	5	4	20	2	10	4	20
	Verwaltung von Kennwerten von Qualitätseinheiten	5	3	15	2	10	4	20
Berechnung mit dem Modell verbunden		5	5	25	5	25	1	5
Ergebnisse ins Modell übertragbar		4	1	4	5	20	1	4
Dauer der Erstellung der Berechnung **)		2	4	8	2	4	4	8
Dauer der Durchführung Berechnung **)		2	4	8	2	4	5	10
Komplexität der Erstellung der Berechnung		3	4	12	2	6	4	12
Komplexität der Berichtsgestaltung		2	2	4	2	4	5	10
<b>Bewertung Gesamt</b>				<b>231,00</b>		<b>350,00</b>		<b>297,00</b>
ohne Folgekosten und Ökobilanzierung				215,00		270,00		225,00

\*) Grundsätzliche Durchführbarkeit wurde überprüft

\*\*) Berechnungsdauer für die Projektdatei "Testhaus"

**Bewertung:** 1 - 5 wie intensiv ist dieses Kriterium erfüllt (1..."nicht erfüllt" bis 5..."voll erfüllt")**Gewichtung:** 1 - 5 wie wichtig ist Kriterium (1..."kaum wichtig" bis 5..."sehr wichtig")

### 5.3. Berechnungsergebnisse

Das Testgebäude wurde mit jeder der drei Berechnungsmethoden mit gleichen Kennwerten berechnet. Die Ergebnisse stimmen, bis auf minimale Unterschiede im Prozentbereich, welche auf Unterschiede in der Anzahl der berechneten Nachkommastellen zurückzuführen sind, überein.

## 6. Schlussfolgerung

Zum Abschluss der Arbeit soll einerseits, anhand der definierten Prozessschritte zur Kostenermittlung, deren Automatisierungspotential betrachtet und dargestellt werden, wo derzeit die Grenzen der Automatisierung einer Kostenermittlung liegen. Andererseits soll der innovative Ansatz der Berechnungsmethoden insbesondere der Methode BuildingOne-Attribute dargestellt werden.

Im Laufe meiner Recherche habe ich den Eindruck gewonnen, dass viele Planer der Automatisierung dieser Materie sehr skeptisch gegenüber stehen. Ihr Vertrauen in eine automatisierte Kostenermittlung ist noch nicht in ausreichendem Maße gegeben, um bei diesem heiklen Thema ihre subjektive Einflussnahme loszulassen. Dies betrifft vor allem das Vertrauen in die korrekten Mengen und die automatisierte Zuweisung von entsprechenden Kennwerten. Wie im Folgenden beschrieben wird, ist diese Skepsis durchaus begründet.

### 6.1. Automatisierungspotential von Kostenermittlungen

Die Ermittlung von Kosten ist von sehr vielen Randbedingungen abhängig und geht weit über die bloße Betrachtung von Quantitäten je Qualitätseinheiten hinaus. Auch Folgekostenermittlungen sind nur als Vergleichswerkzeug anzusehen - die tatsächlichen Folgekosten können nicht exakt vorausgesagt werden.

#### 6.1.1. Automatisierung der Prozessschritte

Im Rahmen dieser Arbeit wurden fünf Prozessschritte identifiziert und deren Automatisierungspotential untersucht.

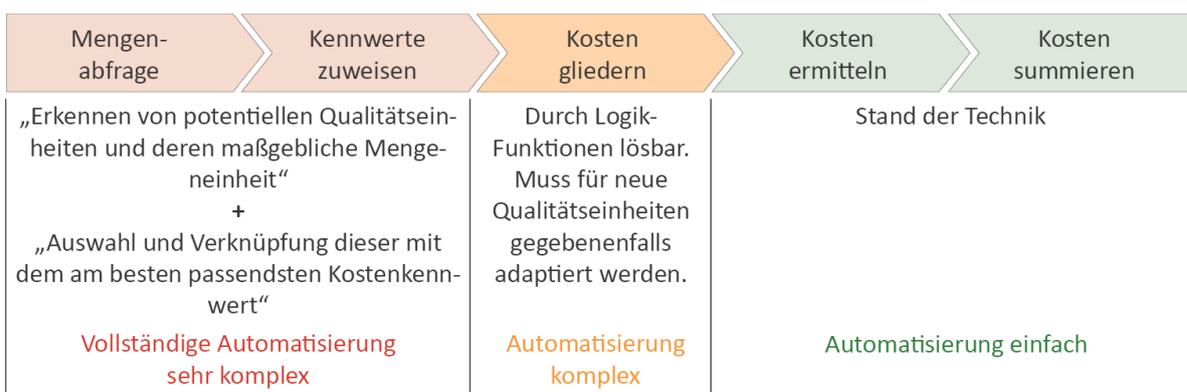


Abbildung 77 Automatisierungspotential der notwendigen Prozessschritte

Wie bereits in der Einleitung dargestellt, ist die Automatisierung der Prozessschritte „Kosten ermitteln“ (Multiplikation von Mengeneinheit mit Kostenkennwert) und „Kosten summieren“ (Kosten abhängig von ihrer Zuordnung in die Kostengruppen summieren) bereits Stand der Technik.

Den Prozessschritt „Kosten gliedern“ zu automatisieren, ist komplex aber durch Logik-Funktionen lösbar. Im Gegensatz zu den Prozessschritten „Menge ermitteln“ und „Kennwerte zuweisen“, welche im folgenden Absatz thematisiert werden, ist die Kostengliederung nur von den betrachteten Modellelementen und deren Bestandteilen und in der Regel nicht auch von benachbarten und mit diesen in Beziehung stehenden Modellelementen (z.B. Kosten für Wand abhängig vom Einbauraum) abhängig. Daher wird die Automatisierung dieses Prozessschrittes als „komplex“ aber nicht „sehr komplex“ bewertet. Da jede neue Qualitätseinheit in dieses Regelwerk eingegliedert werden muss, ist es erforderlich, diese Regeln ständig weiter zu entwickeln. Hier sollte also speziell bei erstmaliger Betrachtung von neuen Projekten, mit neuen, bisher unbekanntem, kostenbeeinflussenden Merkmalen eine kritische Kontrolle der Zuordnungsregeln durchgeführt werden. Dabei wäre eine visuelle, softwaregestützte Kontrolle der Definition der Kostengliederungsregeln sehr hilfreich, was bei den hier dargestellten Methoden nicht möglich ist.

Die Prozessschritte „Mengenabfrage“ (Erkennen von potentiellen Qualitätseinheiten und deren maßgebenden Mengeneinheiten) und „Kennwerte zuweisen“ (Auswahl und Verknüpfung dieser mit dem am besten passendsten Kostenkennwert - SOLL-Kosten einer Qualitätseinheit) sollten in Abstimmung zueinander erfolgen und stellen die größte Hürde auf dem Weg der Automatisierung dar.

Die in dieser Arbeit entwickelten Methoden stellen mögliche Qualitätseinheiten für Baustoffe, Aufbauten, Profile und Attribute (siehe Abbildung 27) zur Verfügung. Solange mit diesen modelliert wird, werden die dafür in der Berechnung hinterlegten Kennwerte durch „matching“ von Schlüsselbegriffen (Namen der Qualitätseinheiten in der Authoring-Software) mit den entsprechenden Mengeneinheiten verknüpft. Entwurfsabhängige Kostenfaktoren, die nicht einfach nur quantitativ erfassbar sind, wie Teilmengen, Geometrien und Einbausituationen, werden dabei nicht als kostenbeeinflussend berücksichtigt. Ein weiterer ganz entscheidender Unsicherheitsfaktor, der allerdings alle Kostenermittlungsverfahren betrifft, ist der Kostenkennwert (siehe Abbildung 11).

### **6.1.2. Grenzen der Automatisierung**

Architektur ist ein hochkomplexer Bereich, der sich teilweise an der Grenze zur Kunst bewegt. Daher wird es immer Qualitätsmerkmale und Beziehungen geben, welche ein

neues Kostenpotential darstellen. Es wird also immer Kostenpotentiale geben, deren Spezifika kein zu 100% zutreffender Kostenkennwert gegenüber steht. Die Zuweisung des am besten passendsten Kostenkennwerts ist also ein ganz zentraler Schritt im Zuge der Kostenberechnung, der sich besonders schwierig durch Regeln automatisieren lässt. Wie die Forschungsarbeit „BIM and ontology-based approach for building cost estimation“<sup>71</sup> aufzeigt, geht die Betrachtung dieser Problematik bereits bis zur Schaffung von Ontologien, welche ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz darstellen.

Der Kostenkennwert ist der große unbekannte Wert bei einer Kostenermittlung. Dieser wird sowohl von projektbezogenen als auch allgemeinen wirtschaftlichen Kostenfaktoren (wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben) beeinflusst. Diese können in der entwickelten Berechnung zwar über Faktoren berücksichtigt werden, dennoch bleibt eine Unsicherheit bei der Auswahl dieser Faktoren. Vor Fertigstellung und Abrechnung des Gebäudes weiß niemand –weder der Bauherr, der Planer noch die ausführende Firma - wieviel das Projekt genau kosten wird. Mit der Automatisierung von Kostenermittlungen sollte also auch eine Automatisierung der Evaluierung von Kostenkennwerte entwickelt werden, da diesem Prozess eine elementare Bedeutung im Kostenermittlungsprozess zukommt. Kostenkennwerte könnten mittels Algorithmen aus den BIM-Modellen bereits abgerechneter Projekte abgeleitet werden.

Dennoch gilt: der Planer möchte das BIM-Modell zur genauest möglichen Kostenberechnung nutzen. Alle Planungsentscheidungen, die getroffen werden, und alle Informationen, die in das Modell eingearbeitet werden, sollen in der Berechnung Berücksichtigung finden. Je kleiner die Qualitätseinheiten sind, die in die Berechnung miteinbezogen werden (selbst wenn dafür nur Annahmen getroffen werden), desto genauer ist die Ermittlung der letztendlichen Kosten. In jeder automatisierten, „nicht intuitiv geleiteten“, Kostenermittlung können qualitative Erfahrungswerte nur begrenzt berücksichtigt werden, da die Quantifizierung dieser Erfahrungswerte sehr komplex ist. Diese Einschränkung wird durch den Vorteil der Genauigkeit der Mengenerfassung und der Schnelligkeit der möglichen Kostenermittlung aufgewogen, was vor allem bei großen Projekten relevant und im Zuge der Nutzung dieser Methoden als Vergleichswerkzeug sinnvoll ist.

---

<sup>71</sup> Vgl. Lee, Seul-Ki; Kim, Ka-Ram; Yu, Jung-Ho: BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, South Korea, 2013. Automation in Construction 41 (2014)

## 6.2. Abschließende Betrachtung der Berechnungsmethoden

In der BIM-Authoring-Software Graphisoft ArchiCad ist die gewünschte automatisierte Echtzeit-Errichtungs- und Folgekostenberechnung nicht durchführbar. Hier ist es nicht möglich, den Qualitätseinheiten Berechnungskennwerte zuzuweisen. Das heißt, nach derzeitigem Stand der Technik können Mengen- und Qualitätseinheiten, welche in dieser BIM-Authoring-Software definiert werden, nur mit Hilfe einer weiteren Software mit Kennwerten verknüpft werden. Die gebäudeelementbezogene und gleichzeitige Betrachtung von Errichtungs- und Folgekosten ist nicht üblich, aber trotzdem sinnvoll, um die Folgekosten auch in der Planungsphase Entwurf noch nachschärfen zu können.

### 6.2.1. Potential der Berechnungsmethoden

#### ***Betrachtung von Errichtungs- und Folgekosten in einer gemeinsamen Berechnung:***

Die entwickelten Berechnungsmethoden (BuildingOne–Attribute und Excel-Tool) eignen sich zur Durchführung von Echtzeit-Kostenermittlungen. Beide Methoden ermöglichen es, Errichtungs- und Folgekosten und deren Gegenspiel laufend abzufragen. Solange die geschaffene Modellierungsumgebung in der BIM-Authoring-Software genutzt wird, sind die gewünschten Kostenermittlungen durch beide Methoden jederzeit, ohne Eingaben zu Modellelementen oder Zuweisungen zu tätigen, abrufbar. Diese Modellierungsumgebung schränkt eine praktikabel Arbeitsweise, hinsichtlich anderer Aspekte, welche bei der Arbeit in BIM-Authoring-Software beachtet werden müssen, nicht ein und kann beliebig erweitert werden.

Die Berechnungsmethode über das Excel-Tool ist sehr schnell durchführbar. Nachteil ist, dass bei der Auswertung die Zugehörigkeit der Bauteilschichten zum jeweiligen „Mutterbauteil“ und die Schichtreihenfolge verloren geht. Damit ist es nicht mehr möglich, die Schicksalsfamilien bei der Ermittlung der Erneuerungskosten zu berücksichtigen sowie Kosten für mehrschichtige Modellelemente als Ganzes zu betrachten. Des Weiteren wird bei dieser Berechnungsmethode das BIM-Modell verlassen, die Berechnung liefert nur Kostenwerte als Ergebnis. Diese sind keine Datensätze mehr, sie können dem verursachenden Modellelement im BIM-Modell nur durch manuelles Eintragen wieder zugeordnet werden.

Die BuildingOne-Attribute-Methode erlaubt die Berechnung ohne das BIM-Modell zu verlassen. Diese Methode wird als jene mit großem Potential angesehen, da hier nicht

außerhalb, sondern im Datenmodell gerechnet wird und die Konsistenz des Datenmodells damit gewährleistet ist.

Da die Methode BuildingOne die Zielsetzung dieser Arbeit voll erfüllt, werden ihre innovativen Aspekte abschließend noch einmal explizit betrachtet.

### **6.2.2. Innovatives der Methode BuildingOne-Attribute**

#### ***Attribuierung der Modellelemente - Kostenermittlung in den Attributen der Modellelemente:***

Die Berechnung arbeitet mit einer Attribuierung der Modellelemente. Alle Werte der Berechnung sind Attribute und damit Teil des BIM-Modells. Sämtliche für die Kostenermittlung und -gliederung relevanten Beziehungen werden in variablen Eigenschaften definiert (im Rahmen dieser Arbeit wurden ca. 1.300 unterschiedliche Attribute angelegt, den Modellelementkategorien zugewiesen und durch Formeln definiert). Dadurch ist jeder Wert der Berechnung ein Attribut und somit ein Datensatz im BIM-Modell. Auch jedes Zwischenergebnis der Berechnung ist damit ein Teil des Modells. Bei dieser Berechnungsmethode können Eigenschaften als Formeln formuliert werden, so sind diese Eigenschaften variabel (deren Wert kann abhängig von einem oder mehreren Eingangswerten sein). Auf diese Weise können immer weitere dynamische Zusammenhänge erstellt werden. Dies ist die Grundlage für eine ständige Weiterentwicklung der Berechnung. Es ist möglich, frei von vorgegebenen Softwarestrukturen, mit Eigenschaften im jeweiligen Modellelement zu rechnen.

#### ***Aggregation von mehreren kostenverursachenden Merkmalen eines Modellelements - Kostenermittlung und modellelementbezogene Betrachtung von Errichtungs- und Folgekosten in einer gemeinsamen Berechnung:***

Durch die Berechnung in den Attributen der Modellelemente ist eine Aggregation von mehreren kostenverursachenden Merkmalen eines Modellelements zu den Kosten des gesamten Modellelements möglich. Dies ermöglicht die Betrachtung der Kosten (sowohl Errichtungs- als auch Folgekosten) von spezifischen Modellelementen (z.B. eine Wand oder ein Fenster) oder Modellelement-Gruppen (z.B. ein Zubau oder eine Pergola, die aus mehrere Stützen, Trägern und einem Dach bestehen kann). Zudem können alle Kostenwerte innerhalb dieser Modellelemente für jedes kostenverursachende Merkmal (z.B. eine Bauteilschicht, der Sonnenschutz oder der Fenstergriff als Teil des Fensters) gesondert betrachtet werden.

### **Kopplung von BIM-Geometrie-Modell und Kostenermittlung**

Damit wird die bidirektionale Verknüpfung mit dem BIM-Modell erst wirklich nützlich. Es ist möglich, berechnete Kosten wieder zu den verursachenden Modellelementen zurück zu synchronisieren, damit ein Architektur-BIM-Modell auszupreisen und die Werte in weiterer Folge in ein BIM-Austauschformat wie z.B. IFC zu schreiben. Zusätzlich können die berechneten Werte in der BIM-Authoring-Software verortet, visualisiert und damit kommuniziert werden. Dadurch können Zusammenhänge besser erkannt und weitere Planungsentscheidungen schneller getroffen werden.

### **6.3. Zusammenfassung**

Die wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit sind somit:

#### **Definition der fünf Prozessschritte und Untersuchung ihres Automatisierungspotentials bzw. ihrer Grenzen der Automatisierung:**

- Das Erkennen des Kostenpotentials von Modellelementen und die Berücksichtigung etwaiger kostenbeeinflussenden Beziehungen zu anderen Modellelementen sowie die Verknüpfung dieser mit den am besten passendsten Kennwerten ist schwer zu automatisieren.
- Durch Architektur wird es immer neue Kostenpotentiale geben, für die nie 100% passende Kostenkennwerte verfügbar sein werden.
- Die Evaluierung einer automatisierten Generierung von Kostenkennwerten durch die Nutzung eines BIM-Modells ist wohl genauso wichtig wie die Automatisierung des eigentlichen Kostenermittlungsprozesses.

#### **Innovativer Ansatz beider Berechnungsmethoden (Excel und BuildingOne-Attribute):**

- Gleichzeitige Betrachtung von Errichtungs- und Folgekosten in einer konsistenten Berechnung mit denselben Mengen- und Qualitätseinheiten. Damit wird eine Betrachtung der Folgekosten bis in die Planungsphase „Entwurf“ möglich und somit ein fließender Übergang der Betrachtung von der Projektentwicklungs- bis in Nutzungsphase hergestellt.

**Innovativer Ansatz der Methode BuildingOne-Attribute durch Attribuierung der Modellelemente:**

- Durch die Kostenermittlung von Modellelementen und deren Bestandteilen in den Attributen der Modellelemente wird eine Aggregation kostenverursachender Merkmale eines Modellelements und damit eine modellelementorientierte Kostenermittlung und -betrachtung möglich.
- Das BIM-Geometrie-Modell und die Kostenermittlung werden somit verschmolzen. Die Eingangs- und Ausgangswerte der Berechnung sind in zwei Datenbanken abgelegt, die miteinander synchronisiert sind, und daher kommunizieren können.

Damit wurde das Ziel der Arbeit, einen Workflow zu entwickeln, der es ermöglicht, alle Planungsentscheidungen, die in einem BIM-Modell ab der Entwurfsphase enthalten sind, für diese Berechnungen zu nutzen, erreicht. Ein nicht nur intuitiv geleiteter, sondern auch durch Berechnungen unterstützter, iterativer Planungsprozess wird damit gefördert. Die Berechnungen sind weder bezüglich der Diversität der Bauelemente (sofern Kennwerte für alle verwendeten Qualitäten in der Berechnung angelegt sind) noch hinsichtlich deren Quantität limitiert, sodass damit vom Einfamilienhaus bis zum Krankenhaus oder Flughafen jedes Projekt beliebiger Größe auf Knopfdruck berechnet werden kann.

**6.4. Ausblick**

Die Logik, das BIM-Geometrie-Modell in eine SQL-Datenbank zu schreiben, hier Beziehungen zwischen Eigenschaften herzustellen, sowie weitere Daten (Kennwerte, welche nicht in der BIM-Authoring-Software bestimmten Attributen zugewiesen werden können) einzugeben und damit Berechnungen (auch Logik-Funktionen) durchzuführen, bietet vielfältige Möglichkeiten. Durch diese Arbeitsweise ist es möglich, sowohl Modellelemente als auch Eigenschaften in Modellelementen, miteinander kommunizieren zu lassen und damit Regeln vorzugeben, die definierte Zusammenhänge immer wieder automatisiert überprüfen und auswerten. Es könnte also die API einer Architektur-BIM-Authoring-Software (Graphisoft ArchiCad oder Autodesk Revit) genützt werden um die Elemente des Gebäudemodells in eine Datenbank beliebiger Struktur zu synchronisieren, um in einem beliebigen Datenbankmanagementsystem noch freier von vorgegebenen Strukturen zu arbeiten.

Da auf diese Weise die Herstellung nahezu jeder Beziehung und das Miteinbeziehen beliebiger weiterer Kennwerte möglich ist, wäre ein nächster Schritt, die 4. BIM Dimension,

die Zeit, in die Kostenermittlung zu implementieren. Eine Kostenberechnung ohne Terminplan ist nicht realistisch. Speziell erhöhte Kosten aufgrund mit der Jahreszeit zusammenhängender Temperaturen haben einen sehr großen Einfluss auf Kosten von Bauleistungen. Hierfür wäre des Weiteren eine Vertiefung der Betrachtung der Errichtungskostenberechnung bis Gewerke-Ebene anzudenken.

Auch die Kalkulation der Kostengruppe 3 „Bauwerk Technik“ mit dieser Berechnungsmethode könnte untersucht werden.

Des Weiteren muss eine bessere Verwaltung von Kennwerten ermöglicht werden. Im Moment ist das zentrale Verwalten von beliebigen Kennwerte nur für Baustoffe, im Bereich Materialien, möglich. Kennwerte für Profile, Aufbauten, Fenster-, Tür- und Fassadenausstattungen können nur über Formeln in die Berechnung eingegeben werden. Dies macht die Adaptierung der Berechnung für größere Projekte sehr aufwendig.

Da Kostenkennwerte den großen unbekanntem Wert im Kostenermittlungsprozess darstellen, könnte über die Entwicklung von Evaluierungsalgorithmen zur Ableitung von neuen Kostenkennwerten auf Basis bereits abgerechneter Projekte und das Potential des BIM-Modells in dieser Hinsicht untersucht werden.

## Quellenverzeichnis

- Asmera, Hannes: Solibri Model Checker Aufbaukurs. Wien: Mironde Verlag 2017
- BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.): BKI Baukosten 2015 Neubau - Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente. Stuttgart 2015
- BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.): BKI Baukosten 2010 – Teil 3: Statistische Kostenkennwerte für Positionen. Stuttgart 2010
- Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob: Building Information Modeling, Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2015
- Cheung, Franco K.T.; Rihan, Jonathan; Tah, Joseph u.a.: Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. Department of Real Estate and Construction, Oxford Brookes University, United Kingdom, 2012. Automation in Construction 27 (2012)
- Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston, Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey 2008
- Egger, Martin; Hausknecht, Kerstin; Liebich, Thomas, Przybylo, Jakob: BIM-Leitfaden für Deutschland. ARGE BIM-Leitfaden AEC3 & OPB. 2013
- Greiner, Peter; Mayer, Peter E.; Stark, Karlhans: Baubetriebslehre – Projektmanagement, Erfolgreiche Steuerung von Bauprojekten.4., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2009
- Günthner, Willibald A.; Borrmann, André: Digitale Baustelle – innovativer Planen, effizienter Ausführen, Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag 2011
- Hergunsel, Mehmet F.: Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM based scheduling. Worcester, Polytechnic Institute, Master Thesis, 2011

- Ib-data GmbH. Aktualisiertes Lebenszykluskostenprognosemodell ABK-LEKOS. In: URL: [http://www.abk.at/pdf/14\\_11\\_Aktualisierung\\_Lebenszykluskosten\\_Rechenmodell.pdf](http://www.abk.at/pdf/14_11_Aktualisierung_Lebenszykluskosten_Rechenmodell.pdf) (13.12.2017)
- König, Holger: Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung von Orientierungswerten für Lebenszykluskosten. TI.1: Bürogebäude. Endbericht. Bonn: Selbstverlag 2009. In: URL: <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20118035241/Endbericht.pdf> (07.12.2017)
- Krautgartner, Martin; Reiner, Horst: Vortrag Kostenrelevanz im Planungsprozess, TU Wien, 2017
- Lee, Seul-Ki; Kim, Ka-Ram; Yu, Jung-Ho: BIM and ontology-based approach for building cost estimation. Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, South Korea, 2013. Automation in Construction 41 (2014)
- Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin, 2006
- „LoD“- Der Fertigstellungsgrad. In: URL: <https://www.buildinformed.com/fertigstellungsgrad-lod/> (15.12.2017)
- Monteiro, André; Martin, Joao Pocas: A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. Faculty of Engineering, University of Oporto, Portugal, 2013: Automation in Construction 35 (2013)
- Priebering, Heinz: Das Architektur-Detail. Planungsmodi, Qualitätssicherung und Vergabeverfahren in der Architektur – Wien. Technische Universität Wien. Fakultät für Architektur und Raumplanung. Dissertation. 2010
- Oberwinter, Lars. Vortrag: BIMBasics in Großes Entwerfen „BIM\_Factory“, TU Wien, 2015
- ÖGNI (2009). Steckbrief 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus, nbv09-16 edn, Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1800:2013. Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen. 01.08.2013
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-1:2009. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung. 01.06.2009

- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-2:2011. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 2: Objekt-Folgekosten. 01.04.2011
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM B 1801-4:2014. Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten. 01.04.2014
- Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.): ÖNORM A 6241-2:2015. Digitale Bauwerksdokumentation, Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM. 01.07.2015
- Pelzeter, Andrea: Lebenszykluskosten von Immobilien. Schriften zur Immobilienökonomie, Band 36. 1. Auflage. Immobilien Manager Verlag IMV, 2006.
- Seifert, André: BIM im Planungsprozess – Gebäudedatenmodell und Kostenermittlung. Weimar, Bauhaus-Universität, Diplomarbeit, 2008
- Siemon, Klaus D.: Baukosten bei Neu- und Umbauten. Planung und Steuerung. 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien. 2012
- Standardisierte Leistungsbeschreibung Hochbau. Herausgeber: Bundesministerium f. Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft. In: URL: [https://www.bmfwf.gv.at/Tourismus/HistorischeBauten/Documents/LB-HB020/HB020\\_Deckblatt.pdf](https://www.bmfwf.gv.at/Tourismus/HistorischeBauten/Documents/LB-HB020/HB020_Deckblatt.pdf) (08.10.2017)
- Steinschaden, Lukas; Winkler, Christoph: Lebenszykluskosten von Hochbauten – Anwendungsgrenzen und Vergleich von Softwarelösungen. Wien: Technische Universität. Diplomarbeit. 2012
- Wetzstein, Thomas: Kostenermittlung von Hochbauprojekten im Planungsprozess – Evaluierung der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren. Wien. Technische Universität, Diplomarbeit, 2011
- Wikipedia, freie Enzyklopädie, 2017. Suchbegriff „Ontologie (Informatik)“, Artikelversion: 26.11.2017. In: URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Ontologie\\_\(Informatik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Ontologie_(Informatik)) (10.12.2017)
- Ziele und Arbeitsweise von buildingSMART. In: URL: <https://www.buildingsmart.de/buildingsmart-ev/verein> (07.10.2017)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Notwendige Prozessschritte für Errichtungs- und Folgekostenermittlung .....	10
Abbildung 2 Grundprinzip der Berechnung .....	10
Abbildung 3 Berechnungsmethoden .....	12
Abbildung 4 Struktur der Arbeit .....	13
Abbildung 5 Grundsätzliches Schema einer Kostenermittlung .....	14
Abbildung 6 Evolution der Planungswerkzeuge .....	16
Abbildung 7 Das BIM-Modell .....	18
Abbildung 8 Das Architektur-BIM-Modell.....	19
Abbildung 9 Objekteigenschaften .....	21
Abbildung 10 Beispiel LoD Wände/Decken .....	23
Abbildung 11 Prinzip der Kostenermittlung .....	34
Abbildung 12 Planungssystem ÖNORM 1801-1:2009 .....	35
Abbildung 13 Kostengruppierung nach ÖNORM B 1801-1:2009 .....	36
Abbildung 14 Beispiel für Gliederung bis 3. Ebene .....	37
Abbildung 15 ÖNORM 1801 – 1:2009 und – 2:2011 .....	38
Abbildung 16 Planungsbeteiligte .....	40
Abbildung 17 Projektphasen und Leistungsbild.....	42
Abbildung 18 Vergleich leistungsorientiert (links) und elementorientiert (rechts) .....	43
Abbildung 19 Grundschemata der Ermittlung von Errichtungskosten.....	47
Abbildung 20 Beispiel Zerlegung eines Aufbaus in Kosteneinheiten und Kostenzuweisung .....	49
Abbildung 21 Beispiel Zusammensetzung Elementtyp aus Leistungspositionen .....	50
Abbildung 22 Grundschemata der Ermittlung von Folgekosten.....	53
Abbildung 23 Schema Berechnungen.....	58
Abbildung 24 Testgebäude .....	60
Abbildung 25 Testgebäude Grobelemente 2. Ebene (ÖNORM B 1801-1:2009).....	70
Abbildung 26 Testgebäude Elemente 3. Ebene (ÖNORM B 1801-1:2009) .....	70
Abbildung 27 Werkzeuge zur Modellierung der Modellelemente und der Kosten.....	75
Abbildung 28 Verwaltung der Element-Attribute Baustoffe und Aufbauten in ArchiCad....	76
Abbildung 29 Optionen-Set für den Fenstertyp .....	76
Abbildung 30 Daten aus dem BIM-Modell.....	80
Abbildung 31 Schema Berechnung BuildingOne-Kalkulation .....	82
Abbildung 32 Links: Mengenprovider; Rechts: Kalkulation .....	83
Abbildung 33 Schema Berechnung BuildingOne-Attribute .....	84
Abbildung 34 Anlegen und Verwalten von Eigenschaften .....	86
Abbildung 35 Schema Berechnung Excel .....	87

Abbildung 36 Kostenermittlung mit Excel-Tool.....	87
Abbildung 37 Berechnungslogik je Berechnungsmethode und Modellelement.....	88
Abbildung 38 Synchronisierte Eigenschaften eines mehrschichtigen Bauteils (Bsp. Wand) .....	90
Abbildung 39 Mengenprovider am Beispiel Stahlbetondecke 20cm .....	91
Abbildung 40 Zuweisung Baustoff Eigenschaften für mehrschichtigen Bauteil.....	93
Abbildung 41 Kostenermittlung mehrschichtiger Bauteil.....	94
Abbildung 42 Modelliervarianten eines mehrschichtigen Bauteils .....	94
Abbildung 43 Beispiel Kostenzuordnung Beispiel Außenwand.....	98
Abbildung 44 Berechnung der Kosten je Bauteilschicht .....	98
Abbildung 45 Zuordnung der Kosten je Schicht .....	99
Abbildung 46 Eigenschaften am Bauteil in BuildingOne.....	101
Abbildung 47 Berechnung der Instandhaltungskosten .....	102
Abbildung 48 Berechnung der Reinigungskosten.....	102
Abbildung 49 Beachtung von Schicksalsfamilien .....	103
Abbildung 50 Formel zur Beachtung von Schicksalsfamilien.....	104
Abbildung 51 Berechnung Erneuerungskosten .....	104
Abbildung 52 Eigenschaften Stützen und Unterzügen .....	105
Abbildung 53 Zuweisung Eigenschaften abhängig von Profil / Baustoff .....	106
Abbildung 54 Ermittlung der Kosten von Stützen und Unterzügen .....	106
Abbildung 55 Zuordnung der Kosten.....	107
Abbildung 56 Kostenrelevante Ausstattungsmerkmale Fenster .....	108
Abbildung 57 Zuweisung der Kennwerte und Ermittlung der Kosten Fenster .....	109
Abbildung 58 Zuordnung der Kosten Fenster.....	110
Abbildung 59 Kostenrelevante Ausstattungsmerkmale Tür .....	111
Abbildung 60 Zuweisung der Kennwerte und Berechnung der Kosten Türen.....	112
Abbildung 61 Zuordnung der Kosten Türen .....	113
Abbildung 62 Eigenschaften Fassaden.....	114
Abbildung 63 Zuweisung der Kennwert, Berechnung und Zuordnung der Kosten.....	115
Abbildung 64 Eigenschaften Objekte .....	116
Abbildung 65 Berechnung Kosten Objekte.....	116
Abbildung 66 Zuordnung Kosten Objekte.....	117
Abbildung 67 Berechnung Baugrube .....	118
Abbildung 68 Modellierung der BGF .....	120
Abbildung 69 Ergebnis - Vergleichsblatt.....	127
Abbildung 70 Ergebnis Kosten (1., 2. und 3. Ebene).....	128
Abbildung 71 Ergebnis Errichtungskosten.....	129
Abbildung 72 Ergebnis Lebenszykluskosten .....	130
Abbildung 73 Steuerung des Bezugs durch Benennung des Aufbaus.....	137

Abbildung 74 Kontrolle Kennwerte vorhanden (links: BuildingOne-Attribute; rechts: Excel) .....	140
Abbildung 75 Darstellung der Kosten im Plan .....	141
Abbildung 76 Mit in BuildingOne berechneten Kosten ausgepreiste IFC-Datei .....	142
Abbildung 77 Automatisierungspotential der notwendigen Prozessschritte .....	144

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kostengruppen und –untergruppen nach ÖNORM B 1801 – 2:2011 .....	39
Tabelle 2 Beispiel Ermittlung von Reinigungskosten .....	56
Tabelle 3 Kostengruppengliederung 1. und 2.Ebene und Beschreibung nach ÖNORM 1801-1:2009 .....	63
Tabelle 4 Modelldarstellung der Kostengruppe 2 (ÖNORM 1801-1) .....	66
Tabelle 5 Modelldarstellung der Kostengruppe 4 (ÖNORM 1801-1) .....	67
Tabelle 6 Modelldarstellung der Kostengruppe 5 (ÖNORM 1801-1) .....	68
Tabelle 7 Modelldarstellung der Kostengruppe 6 (ÖNORM 1801-1) .....	69
Tabelle 8 Kostengruppengliederung und Beschreibung nach ÖNORM 1801-2:2011 .....	73
Tabelle 9 Errichtungs- und Folgekostengruppen je Modellierwerkzeug.....	78
Tabelle 10 Benötigte Kennwerte .....	81
Tabelle 11 Schichttypen.....	96
Tabelle 12 Kostenzuordnung Wände .....	97
Tabelle 13 Kostenzuordnung Decken .....	100
Tabelle 14 Kostenzuordnung Dächer .....	100
Tabelle 15 Kostenzuordnung Stützen .....	107
Tabelle 16 Kostenzuordnung Unterzüge .....	107
Tabelle 17 Kostenzuordnung Fenster .....	110
Tabelle 18 Kostenzuordnung Türen .....	113
Tabelle 19 Kostenzuordnung Fassaden.....	115
Tabelle 20 Kostenzuordnung Objekte .....	117
Tabelle 21 Kostenzuordnung Baugrube .....	119
Tabelle 22 Fallstudie Varianten und Annahmen - Errichtungskosten .....	123
Tabelle 23 Allgemeine Annahmen - Folgekosten .....	123
Tabelle 24 Fallstudie Varianten und Annahmen - Folgekosten .....	124
Tabelle 25 Erstellung und Durchführung Berechnung BuildingOne-Kalkulation .....	132
Tabelle 26 Erstellung und Durchführung Berechnung BuildingOne-Attribute .....	133
Tabelle 27 Erstellung und Durchführung Berechnung Excel .....	135
Tabelle 28 Vergleich der Berechnungsmethoden.....	136
Tabelle 29 Bewertung der Berechnungsmethoden .....	143

## **ANHANG**

## A1. Methode BuildingOne-Attribute

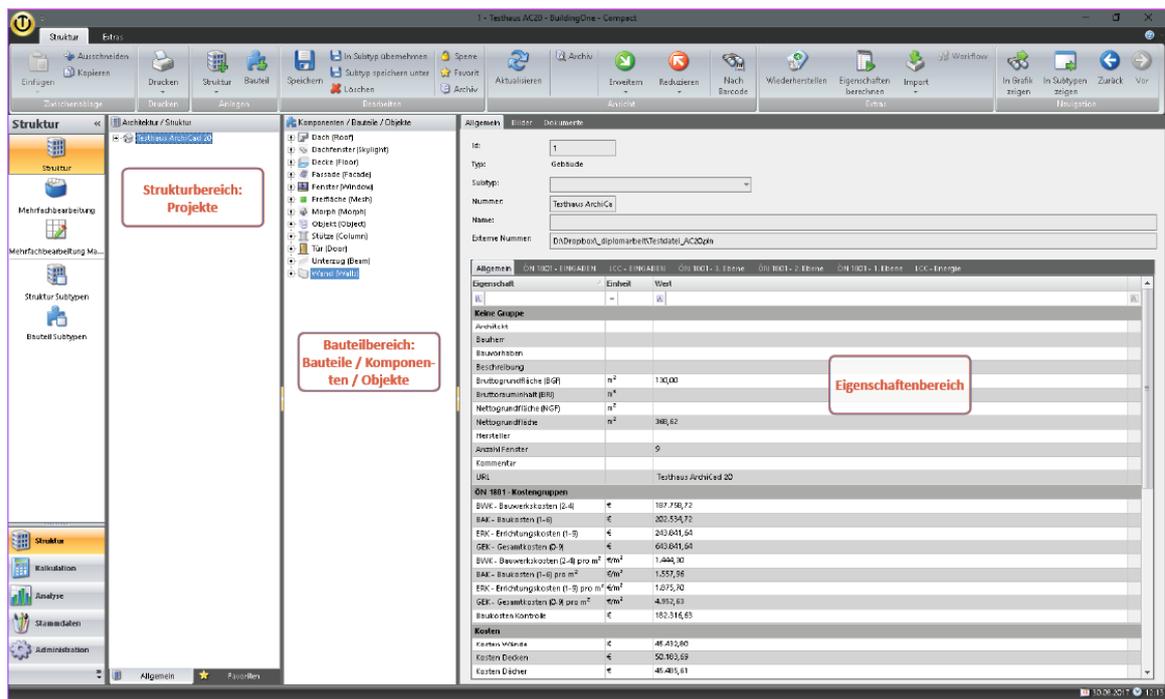
Zur Berechnung wurde BuildingOne 10 von OneTools und ArchiCad 20 von Graphisoft verwendet.

Um die Berechnung durchzuführen wird folgendes benötigt:

- ArchiCad 20
  - + ArchiCad Template-Datei (Format: .pln – mit den angelegten Eigenschaften im Eigenschaften-Manager und IFC- Eigenschaften und dem Ebenen Set)
- BuildingOne 10
  - + BuildingOne Datenbank (Format: .sdf)
  - + Konfigurationsdatei (Format: .xml)

### A1.1. Funktionen von BuildingOne

#### A1.1.1. Oberfläche von BuildingOne



#### Strukturbereich

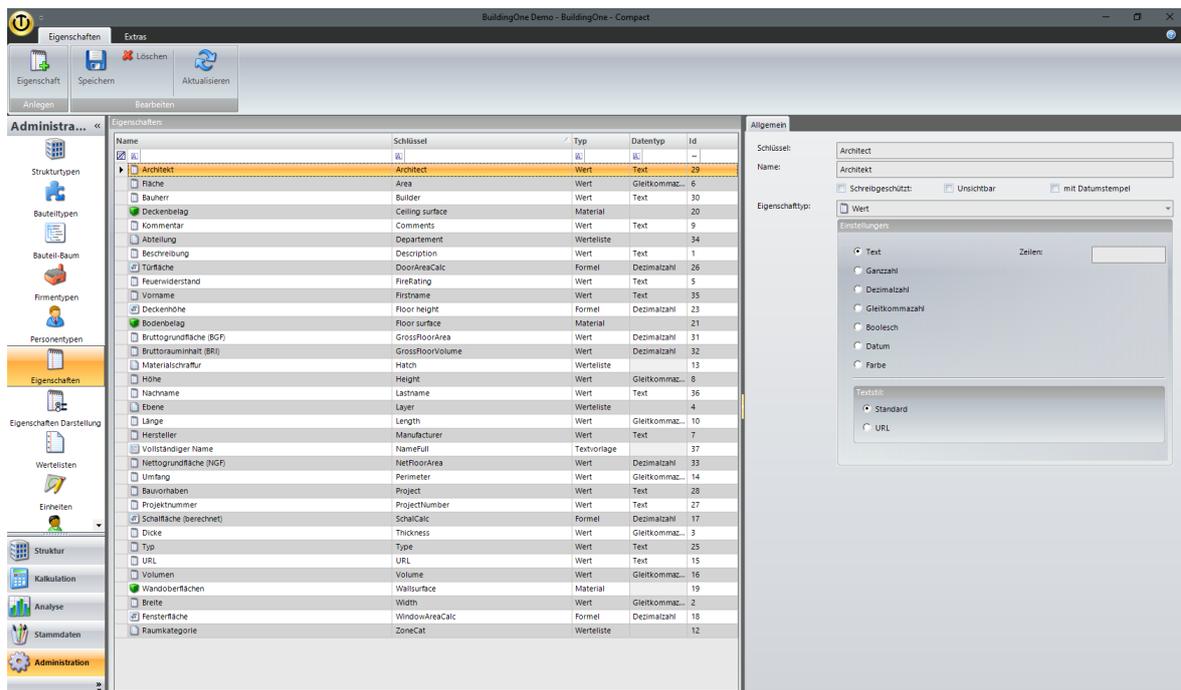
Im Bereich Struktur (Linke Spalte „Architektur/Struktur“) befinden sich die Projekte, welche in die Datenbank geladen werden.

Markiert man das Projekt erscheint rechts das Eigenschaftenfenster. Hier sind alle Eigenschaften die dem Strukturtyp „Gebäude“ zugewiesen werden, nach Kategorien (Reiter) und Gruppen sortiert, angezeigt.

### A1.1.2. Eigenschaften in BuildingOne verwalten

Jede Eigenschaft, die in BuildingOne zur Verfügung stehen soll, also auch Eigenschaften, deren Inhalt aus ArchiCad synchronisiert werden, müssen angelegt werden. In BuildingOne werden Eigenschaften zentral im Bereich Administration > Eigenschaften angelegt und deren Form (Schlüssel - ist im Projekt einzigartig, Anzeigenname, Eigenschaftstyp, Wertetyp sowie Zahlenformat und Einheit) definiert.

Standardmäßig sind folgende Eigenschaften angelegt, diese reichen für eine erste Synchronisation mit ArchiCad aus.



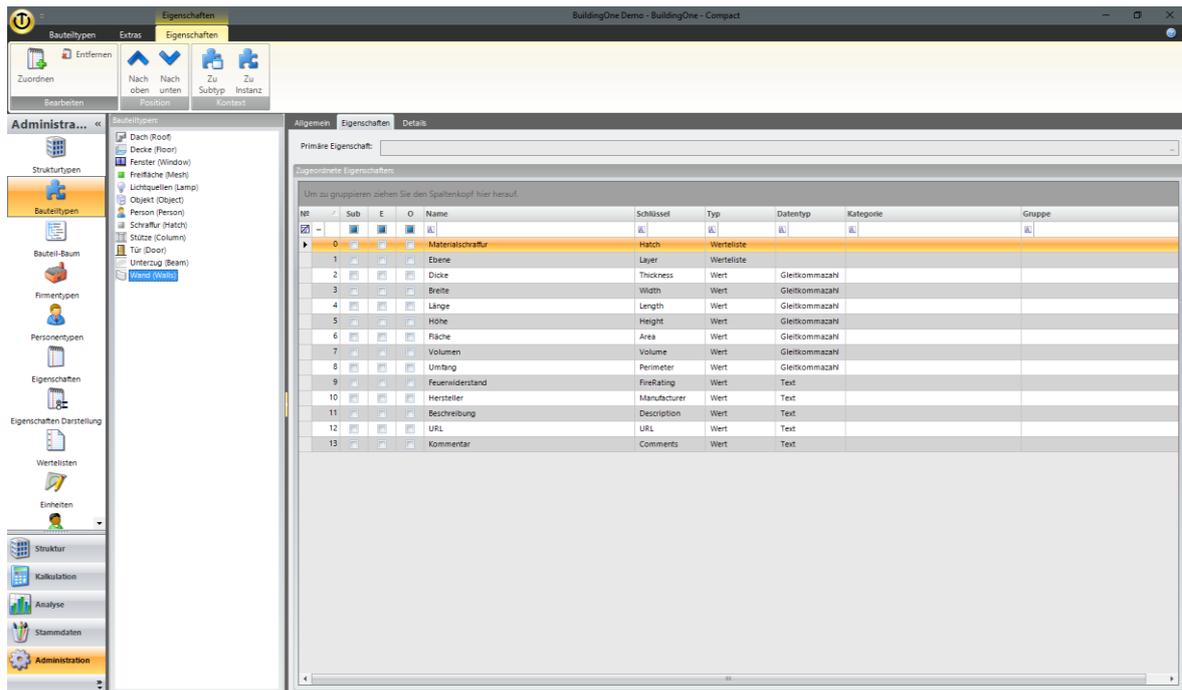
z.B. Höhe, Länge, Breite, Dicke, Ebene, ID, ...

Eigenschaften können einer von folgenden Eigenschaftentypen sein: Wert, Werteliste, Material, Formel, Textvorlage, Firma, Firmendetail, Person, Personendetail, Kostenstelle. Für die Berechnung wurden nur die Eigenschaftentypen: Wert, Material und Formel verwendet.

Nur bestimmte Eigenschaftentypen können mit Eigenschaften aus ArchiCad verknüpft und so befüllt werden. Hauptsächlich sind dies die Eigenschaftstypen Wert, Text, Material und Werteliste.

Mit Formeln können sowohl Zahlen (also konstante Werte) als auch variable Werte wie andere Eigenschaften (die in jedem Modellelement unterschiedlich sein können) einbezogen werden.

In einem weiteren Schritt werden die Eigenschaften unter Administration > Bauteiltypen den Bauteiltypen bzw. unter Strukturtypen den Strukturen zugewiesen.



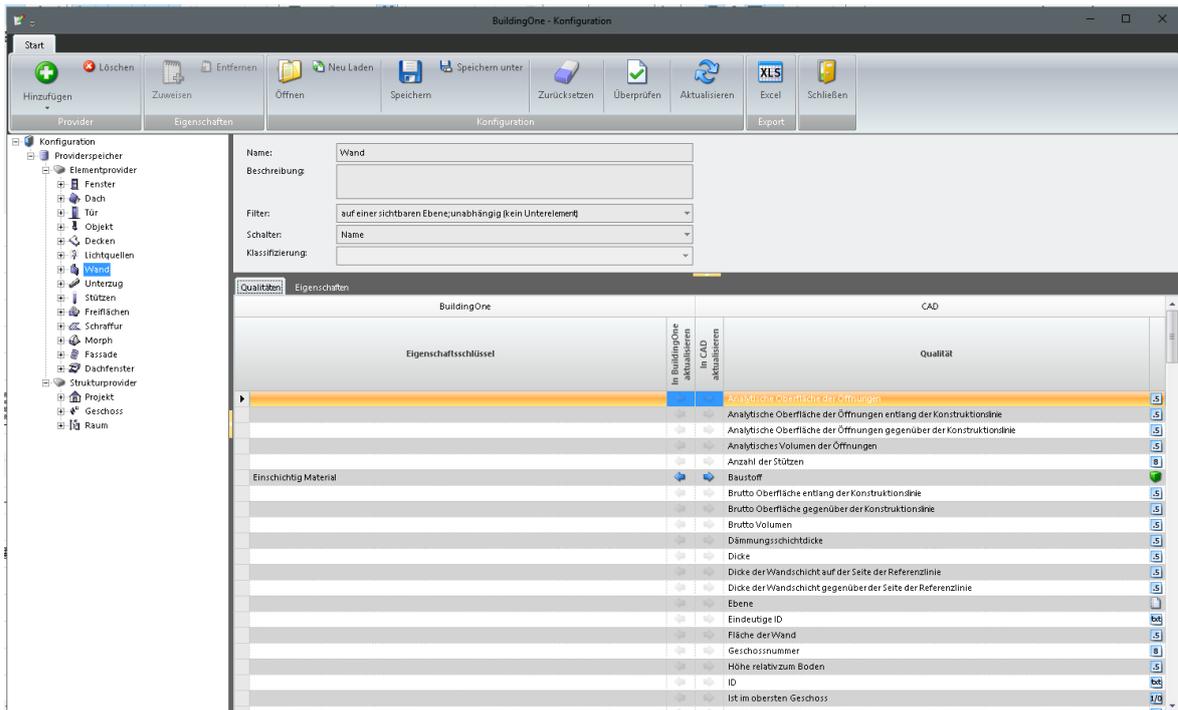
Eigenschaften für den Bauteiltyp Wand

Im Beispiel sind dem Bauteiltyp Wand z.B. die Eigenschaften Ebene, Dicke, Breite, Länge, Höhe zugewiesen.

### A1.1.3. Konfiguration mit ArchiCad

Die Konfiguration stellt die Schnittstelle zwischen ArchiCad und BuildingOne dar. In ArchiCad wird mit Werkzeugen gearbeitet (Wände, Decken, Dächer, Stützen, Träger, Fenster, Türen, Fassaden, Objekte, ...). Diese Werkzeuge haben schon vorprogrammierte Eigenschaften (Parameter). Darüber hinaus können weitere Eigenschaften zugewiesen werden.

In der Konfiguration wird nun definiert, welche Eigenschaft aus ArchiCad in welche Eigenschaft in BuildingOne synchronisiert werden soll. Die Eigenschaften, die zuvor in dem Bauteiltyp oder Strukturtyp zugewiesen worden sind, stehen nun zur Verfügung um sie mit den aus ArchiCad auslesbaren Eigenschaften zu verknüpfen.



Elementprovider

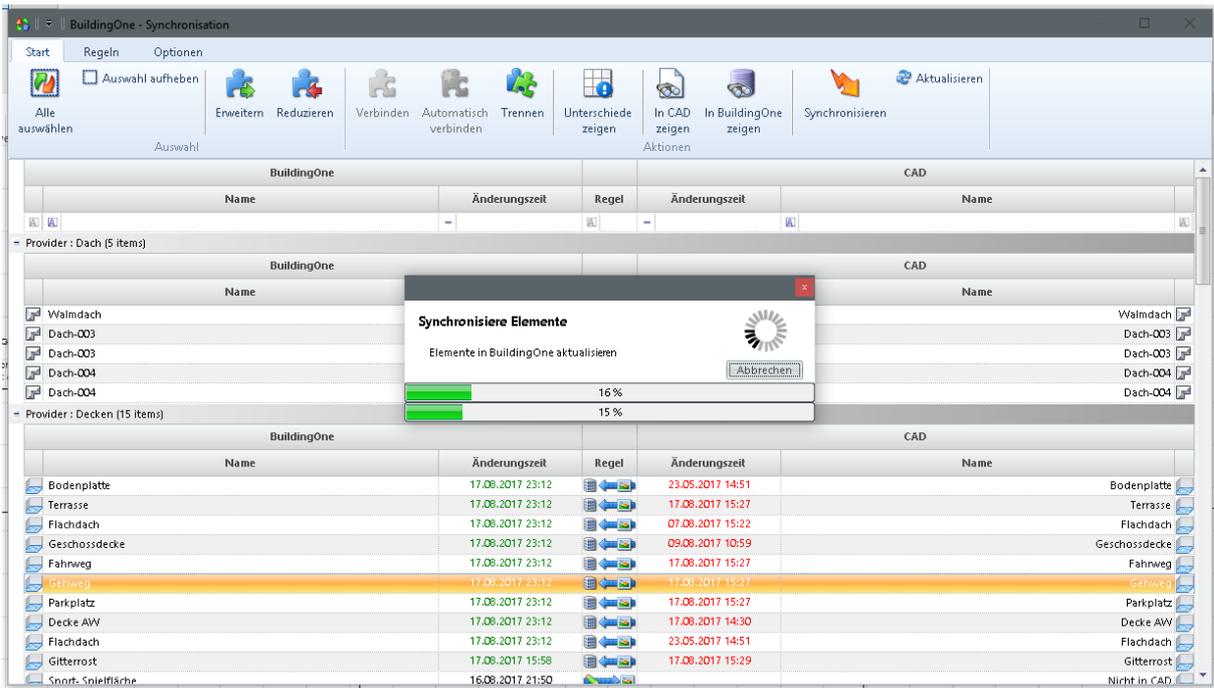
#### A1.1.4. Synchronisation

Bei der Synchronisation werden die Inhalte der Eigenschaften der ArchiCad-Datenbank, welche in der Konfiguration festgelegt wurden, in die BuildingOne-Datenbank übertragen. Dazu wurde in ArchiCad eine Ebenenkombination angelegt, in der alle, für die Berechnung relevanten, Ebenen aktiv sind. Die Synchronisation kann nur in einem Grundriss im Projekt- oder im Ausschnittbereich gestartet werden und wird mit der aktiven Ebenenkombination durchgeführt.

Die dargestellten Synchronisationsregeln eignen sich, um aus dem ArchiCad-Projekt nach BuildingOne zu synchronisieren.



Synchronisationsregeln ArchiCad → BuildingOne



Synchronisation BuildingOne - ArchiCad

### A1.1.5. Formeln

BuildingOne bietet die Möglichkeit, mit in der BuildingOne-Datenbank vorhandenen Eigenschaften zu rechnen. Wie bereits erwähnt, gibt es den Eigenschaftentyp „Formel“. Diese Eigenschaften können variabel sein, da sie auch von anderen Eigenschaften abhängig sein können.

Schlüssel:

Name:

Schreibgeschützt:  Unsichtbar  mit Datumstempel

Eigenschaftstyp:  Formel

Einstellungen:

Formel Ausdruck:

Datentyp:

Dezimalzahl  
 Datum  
 Text  
 Boolesch  
 Farbe

Einheit:

mit Tausendertrennzeichen

Dezimalstellen:

Beispiel Formel

Im Bereich Formel Ausdruck können übliche mathematische Operationen sowohl mit konstanten Zahlen als auch mit variablen Eigenschaften durchgeführt werden. Zusätzlich bietet BuildingOne eine Auswahl von Formeln (im BuildingOne Handbuch dargestellt), die darüber hinaus die Möglichkeit bieten, komplexere Abfragen zwischen Eigenschaften zu erzeugen und diese in Beziehung setzen. Werden z.B. die Eigenschaften Breite und Höhe eines Fensters von ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert, kann eine weitere Eigenschaft Fensterfläche angelegt werden, die dann über eine Formel definiert wird („Breite \* Höhe“). Diese Formel rechnet die Eigenschaften innerhalb des Modellelements. Somit wird die Fensterfläche dann für alle Bauteiltypen (Modellierwerkzeuge), in der diese Eigenschaft zugewiesen ist (in dem Fall alle Fenster), mit den jeweiligen Werten des Elements für Höhe und Breite, berechnet.

Im BuildingOne Handbuch sind alle verfügbaren Formelfunktionen angeführt.

Alle zur Durchführung der vorliegenden Berechnung benötigten Formelfunktionen:

- Maximaler Wert:  
*max([value1];[value2])*
- Nullersatzwerte:  
*isnull([value1];[value2])*
- Wenn-Dann-Sonst:  
*iif([value1];[value2];[value3])*
- Anzahl von Zeichen abziehen:  
*substr3([value];startindex;length)*
- Summe einer Eigenschaft im Bauteiltyp:  
*easum('Eigenschaftenschlüssel';'ElementTypschlüssel')*
- Anzahl von Bauteilen in einem Bauteiltyp:  
*eacnt('ElementTypschlüssel')*
- Summe einer Eigenschaft im Strukturtyp:  
*sasum('Eigenschaftenschlüssel';'StrukturTypschlüssel')*
- Umwandlung Materialeigenschaft in Texteingenschaft:  
*mtname([MaterialSchlüssel])*
- Wenn-Oder-Dann („Switch“): (ähnlich verketteter Wenn-Dann-Sonst-Funktion)  
*sw(matchValue;testValue1;resultValue1;...;testValueN;resultvalueN)*

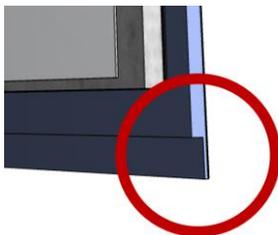
## A1.2. Berechnung

Die Eigenschaften Material und Ebene können aus ArchiCad nur in eine BuildingOne-Eigenschaft mit dem Eigenschaftentyp „Material“ bzw. „Werteliste“ synchronisiert werden. Zur Durchführung der Berechnung werden die Inhalte der Materialeigenschaft und der Ebene mit der Switch-Funktion verarbeitet (diese lässt als „matchValue“ die Eigenschaftentypen „Material“ und „Werteliste“ nicht zu). Die Inhalte dieser Eigenschaften müssen daher in den Eigenschaftentyp „Wert-Text“ umgewandelt werden.

Für Materialeigenschaften stellt BuildingOne die Formel „mtname([MaterialSchlüssel])“ dafür zur Verfügung. Um die Eigenschaft Ebene als „Werteliste“ in eine Text-Eigenschaft umzuwandeln steht in BuildingOne keine Möglichkeit zur Verfügung. Hierfür wurde daher in ArchiCad eine IFC Eigenschaft erstellt, in die der Ebenen-Name geschrieben wird. Diese IFC Eigenschaft ist nun an jedes Modellelement im Projekt angehängt und lässt sich, nachdem sie in der Konfiguration einer BuildingOne-Eigenschaft zugewiesen wurde, in BuildingOne synchronisieren.

### A1.2.1. Massenauswertung

Es ist möglich, die Baustoffe, die Volumina und die Dicken der Bauteilschichten aus ArchiCad in die entsprechenden BO-Eigenschaften zu übertragen. Da die Schichtfläche nicht aus ArchiCad bezogen werden kann, wird diese aus dem Verhältnis aus Volumen und Schichtdicke abgeleitet. ArchiCad erzeugt anhand von veränderbaren Verschneidungsprioritäten Bauteilverschneidungen. Diese Bauteilverschneidungen sind im Volumen richtig abgezogen, es entstehen also auch an einer Wandecke keine doppelten Volumina. Die übertragenen Massen entsprechen genau der Geometrie im ArchiCad-3D-Modell. Die automatischen Bauteilverschneidungen können dazu führen, dass einzelne Schichten nicht über ihre ganze Schichtdicke geschnitten werden und der Ansatz „Schichtoberfläche=Volumen/Schichtdicke“ zu einem falschen Ergebnis führt.



*Schichtfläche*

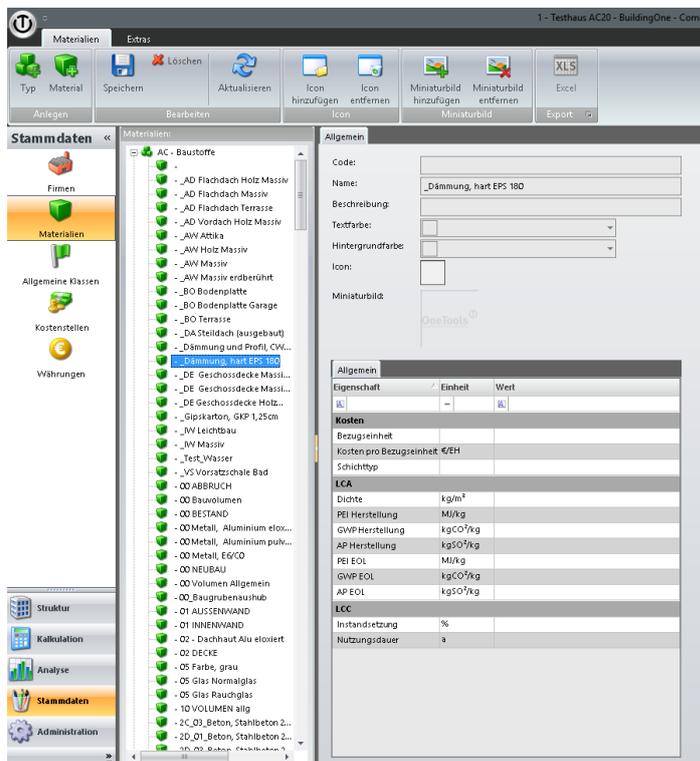
Bei Öffnungen in einem Bauteil erstellt ArchiCad auf Wunsch einen Schichteinzug, dieser kann nicht als Masse ausgewertet werden, da der Schichteinzug auch in ArchiCad (bis Version 20) nur ein 2D-Effekt ist (in der 3D-Ansicht nicht erzeugt).



Schichteinzug nicht berücksichtigt

### A1.2.2. Schema Berechnung mehrschichtige Bauteile

Auf den folgenden Seiten ist der Berechnungsprozess für einen mehrschichtigen Bauteil dargestellt. Im Falle eines mehrschichtigen Bauteils werden die Eigenschaften der Schichten (hierfür stehen nur der Baustoff, die Schichtdicke und das Schichtvolumen zur Verfügung) sowie die Ebene des Bauteils aus ArchiCad nach BuildingOne synchronisiert und sind Basis für alle weiteren Eigenschaften, die daraus abgeleitet werden. Alternativ kann in BuildingOne auch eine Verbindung zwischen dem „Bauteil/Komponenten/Objekte“ - Bereich und den Materialien hergestellt werden. Dies ist allerdings nicht selbst konfigurierbar und ist nur mit einer Abfrage/XML-Konfiguration, welche von OneTools individuell erstellt wird, möglich.



Materialeigenschaften BuildingOne

Im Rahmen dieser Berechnung wurde die Zuordnung der Kennwerte mit der „Switch“-Funktion (siehe Kapitel A1.1.5) durchgeführt. Aufgrund der maximalen Zeichenanzahl im Formelausdruck einer Eigenschaft (max. 1000 Zeichen) ist dies für bis ca. 30 Materialien sinnvoll (sonst müssten mehrere Switch-Funktionen hintereinander geschaltet werden).

Mit der Switch-Funktion werden den Schichten, abhängig von deren Baustoff, Eigenschaften wie „Bezugseinheit“, „Kosten“, „Wartungsaufwand“, „Nutzungsdauer“ zugewiesen.

Schlüssel: md\_00m\_cost\_perunit

Name: Einschichtig Kosten pro Bezugseinheit

Schreibgeschützt:  Unsichtbar  mit Datumstempel

Eigenschaftstyp:  Formel

Einstellungen:

Formel Ausdruck:  
isnull(sw[[md\_00\_AcN\_Mat];'\_Beton, Stahlbeton 25 Wand';'140';'\_Beton, Stahlbeton 25 D

Datentyp:  
 Dezimalzahl  
 Datum  
 Text  
 Boolesch  
 Farbe

Einheit: €/EH - Euro pro Einheit

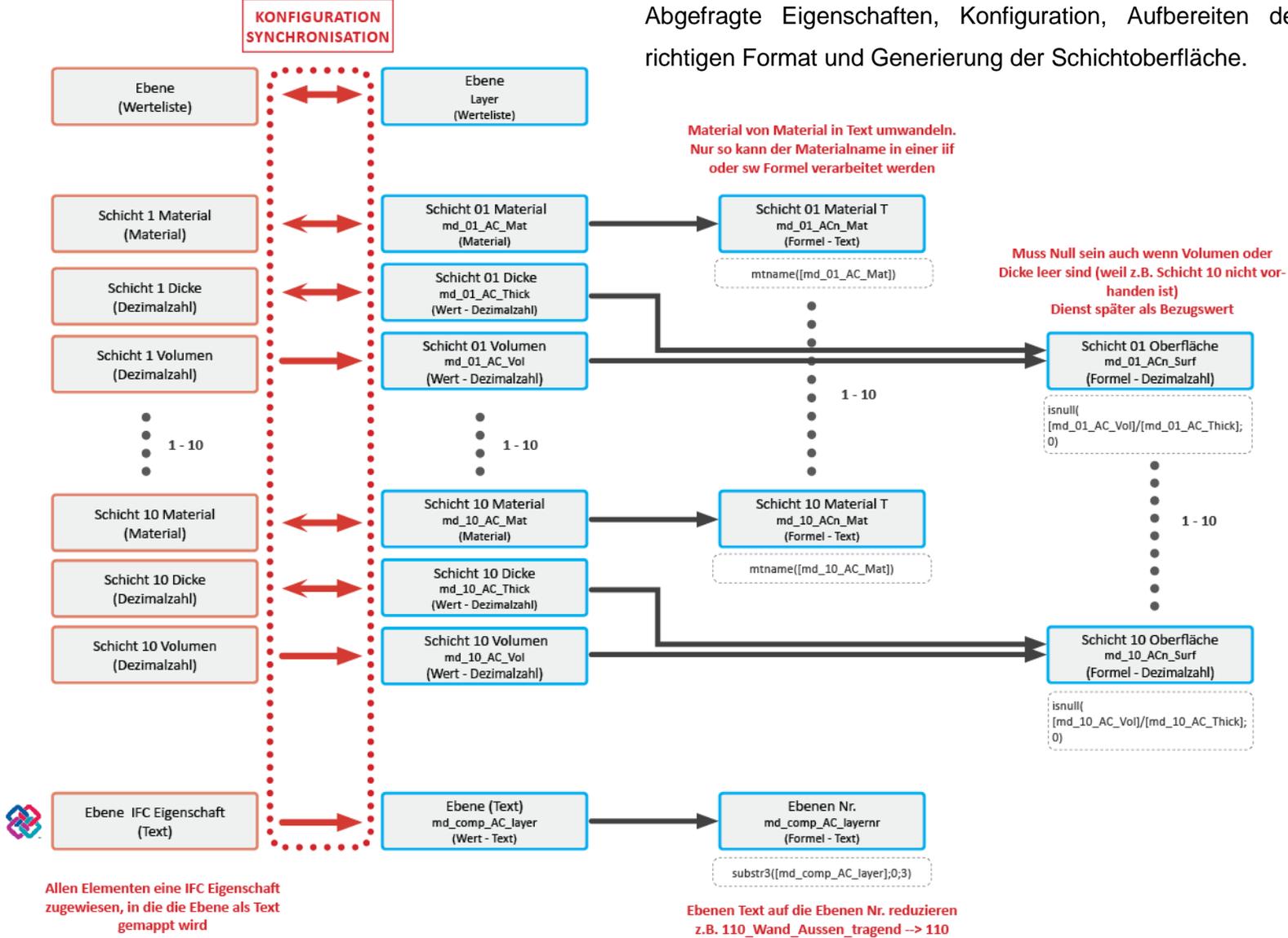
mit Tausendertrennzeichen

Dezimalstellen: 2

*Beispiel Eingabe der Switch-Funktion zur Abfrage der Kosten pro Bezugseinheit*

Diese Funktion weist jeder Schicht in die Eigenschaft „Schicht xx Kosten/Bezugseinheit“ abhängig vom Baustoff der Schicht den gewünschten Wert zu (z.B. dem Material xx: 140, dem Material yy: 50 und dem Material zz: 80, usw.). Sollte im matchValue ein Wert stehen, der im Switch nicht hinterlegt ist, würde die Switch-Funktion keinen Wert ausgeben und leer bleiben. Da leere Werte nicht mit anderen Werten addiert werden können, würde in diesem Fall die gesamte weitere Berechnung keine Werte mehr ausgeben. Damit die Berechnung dennoch ein Ergebnis (wenn auch nicht vollständig) ausgibt, wird der „Switch“ mit der „isnull“-Funktion verkettet. Damit kann einer Bauteilschicht, abhängig vom Baustoff, beliebig viele Eigenschaften zugewiesen werden. Dies ermöglicht z.B. auch die Zuweisung von Ökokennwerten zur Ökobilanzierung.

Abgefragte Eigenschaften, Konfiguration, Aufbereiten der Eigenschaften im richtigen Format und Generierung der Schichtoberfläche.



Allgemein			Schichten	Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801
Eigenschaft		Einheit	Wert				
ArchiCad							
Ebene	Ebene Layer (Wertliste)		110_Wand_Aussen_tragend				
Dicke			0,400				
Höhe		m	3,192				
Länge		m	5,760				
Breite		m					
Fläche		m <sup>2</sup>	2,304				
Volumen		m <sup>3</sup>	6,284				
Umfang		m	12,651				
Baustoff	Ebene (Text) md_comp_AC_layer (Wert - Text)						
Kommentar		Außenwand erd2					
Umbaustatus		2 - Neubau					
Ebene (Text)		110_Wand_Aussen_tragend					
Mehrschichtiger Aufbau (Text)		_AW_Massiv_erdberührt					

Allgemein			Schichten	Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801
Eigenschaft		Einheit	Wert				
Info							
Ebenen Nr.			110				
Wandtyp (Aussen, Innen, Fundament, Fassade,...)		Wand_Aussen					

Ebenen Nr.  
md\_comp\_AC\_layernr  
(Formel - Text)

Allgemein			Schichten	Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801
Eigenschaft		Einheit	Wert				
Schichten T							
Schicht 00 Material T							
Schicht 01 Material T		Sperrschicht, Filtervlies					
Schicht 02 Material T		Dämmung, hart XPS					
Schicht 03 Material T		Sperrschicht, Abdichtung					
Schicht 04 Material T		Beton, Stahlbeton 25 Wand					
Schicht 05 Material T		Verputz, Mineral					
Schicht 06 Material T							
Schicht 07 Material T		Schicht xx Material T md_xx_ACn_Mat (Formel - Text)					
Schicht 08 Material T							
Schicht 09 Material T							
Schicht 10 Material T							

Schichten							
Einschichtig Material		-	Schicht xx Dicke md_xx_AC_Thick (Wert - Dezimalzahl)				
Schicht 01 Dicke	m	0,0050					
Schicht 01 Material		-	Sperrschicht, Filtervlies				
Schicht 02 Dicke	m	0,1600					
Schicht 02 Material		-	Dämmung, hart XPS				
Schicht 03 Dicke	m	0,0150					
Schicht 03 Material		-	Sperrschicht, Abdichtung				
Schicht 04 Dicke	m	0,2000					
Schicht 04 Material		-	Beton, Stahlbeton 25 Wand				
Schicht 05 Dicke	m	0,0200					
Schicht 05 Material		-	Verputz, Mineral				
Schicht 06 Dicke	m	0,0000					
Schicht 06 Material		-	Schicht xx Material md_xx_AC_Mat (Material)				
Schicht 07 Dicke	m	0,0000					
Schicht 07 Material		-					
Schicht 08 Dicke	m	0,0000					
Schicht 08 Material		-					
Schicht 09 Dicke	m	0,0000					
Schicht 09 Material		-					
Schicht 10 Dicke	m	0,0000					
Schicht 10 Material		-					

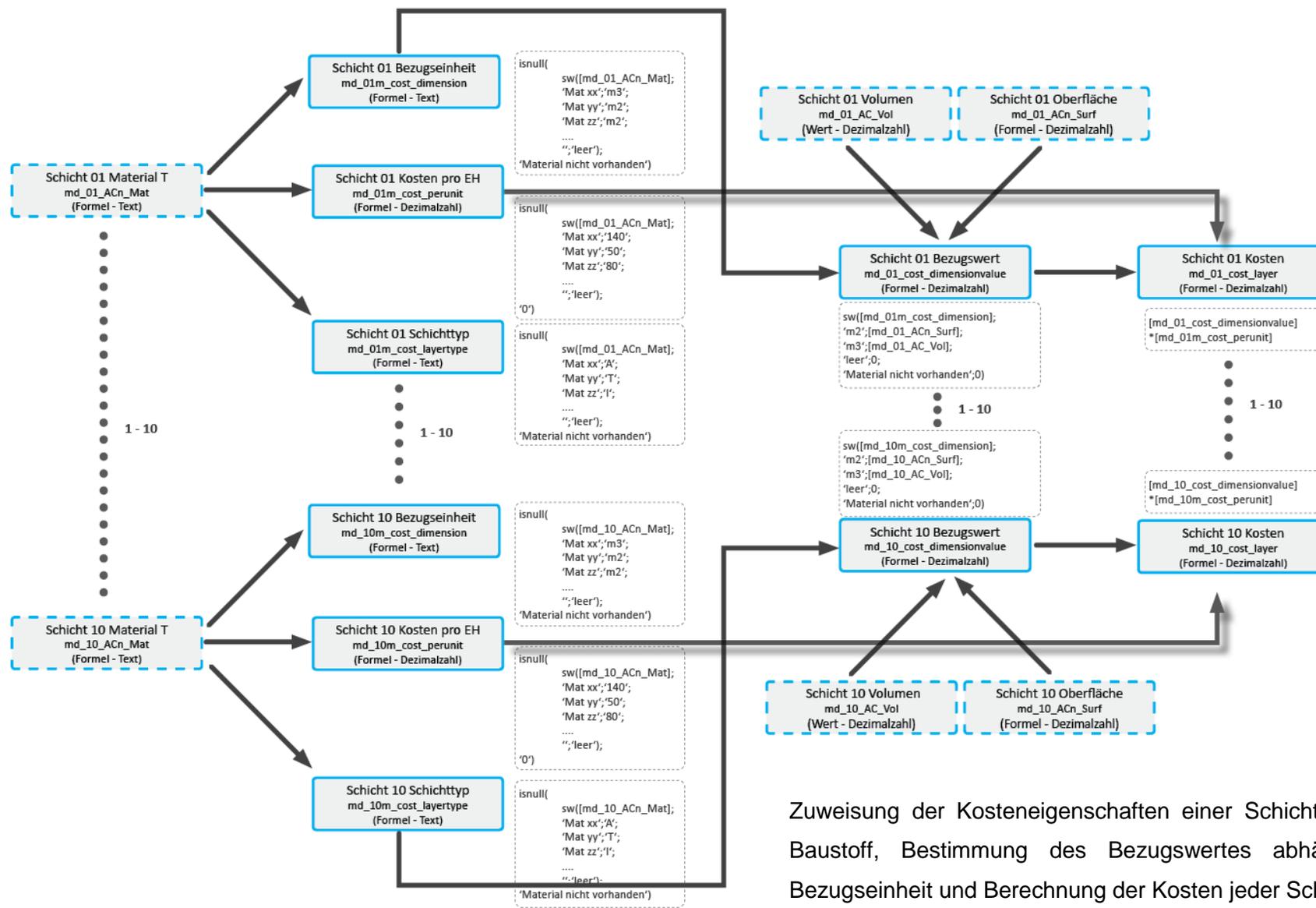
Volumen		
Einschichtig Volumen	m <sup>3</sup>	0,000
Schicht 01 Volumen	m <sup>3</sup>	0,098
Schicht 02 Volumen	m <sup>3</sup>	2,868
Schicht 03 Volumen	m <sup>3</sup>	0,239
Schicht 04 Volumen	m <sup>3</sup>	2,822
Schicht 05 Volumen	m <sup>3</sup>	0,257
Schicht 06 Volumen	m <sup>3</sup>	0,000
Schicht 07 Volumen	m <sup>3</sup>	0,000
Schicht 08 Volumen	m <sup>3</sup>	0,000
Schicht 09 Volumen	m <sup>3</sup>	0,000
Schicht 10 Volumen	m <sup>3</sup>	0,000

Schicht xx Volumen  
md\_xx\_AC\_Vol  
(Wert - Dezimalzahl)

Mittlere Oberfläche		
Einschichtig Oberfläche	m <sup>2</sup>	0,000
Schicht 01 Oberfläche	m <sup>2</sup>	19,647
Schicht 02 Oberfläche	m <sup>2</sup>	17,922
Schicht 03 Oberfläche	m <sup>2</sup>	15,933
Schicht 04 Oberfläche	m <sup>2</sup>	14,112
Schicht 05 Oberfläche	m <sup>2</sup>	12,847
Schicht 06 Oberfläche	m <sup>2</sup>	0,000
Schicht 07 Oberfläche	m <sup>2</sup>	0,000
Schicht 08 Oberfläche	m <sup>2</sup>	0,000
Schicht 09 Oberfläche	m <sup>2</sup>	0,000
Schicht 10 Oberfläche	m <sup>2</sup>	0,000

Schicht xx Oberfläche  
md\_xx\_ACn\_Surf  
(Formel - Dezimalzahl)

Im Bauteil stehen in den Gruppen „Allgemein“ und „Schichten“ die benötigten Werte zur Verfügung.



Zuweisung der Kosteneigenschaften einer Schicht abhängig vom Baustoff, Bestimmung des Bezugswertes abhängig von der Bezugseinheit und Berechnung der Kosten jeder Schicht.

Allgemein			Schichten		Kosten 1		Kosten 2		ÖN 1801 - Bereich		ÖN 1801	
Eigenschaft	Einheit	Wert										
	-											
<b>Bezugseinheit</b>												
Einschichtig Bezugseinheit		leer										
Schicht01 Bezugseinheit		m2										
Schicht02 Bezugseinheit		m2										
Schicht03 Bezugseinheit		m2										
Schicht04 Bezugseinheit		m3	Schicht xx Bezugseinheit md_xxm_cost_dimension (Formel - Text)									
Schicht05 Bezugseinheit		m2										
Schicht06 Bezugseinheit		leer										
Schicht07 Bezugseinheit		leer										
Schicht08 Bezugseinheit		leer										
Schicht09 Bezugseinheit		leer										
Schicht10 Bezugseinheit		leer										
<b>Bezugswert</b>												
Einschichtig Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	0,000										
Schicht01 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	19,647										
Schicht02 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	17,922										
Schicht03 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	15,933										
Schicht04 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	2,822	Schicht xx Bezugswert md_xx_cost_dimensionvalue (Formel - Dezimalzahl)									
Schicht06 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	0,000										
Schicht05 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	12,847										
Schicht07 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	0,000										
Schicht08 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	0,000										
Schicht09 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	0,000										
Schicht10 Bezugswert	m <sup>2</sup> oder m <sup>3</sup>	0,000										
<b>Kosten pro Bezugseinheit</b>												
Einschichtig Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	0,00										
Schicht01 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	15,00										
Schicht02 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	50,00										
Schicht03 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	40,00										
Schicht04 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	140,00	Schicht xx Kosten pro EH md_xxm_cost_perunit (Formel - Dezimalzahl)									
Schicht05 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	30,00										
Schicht06 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	0,00										
Schicht07 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	0,00										
Schicht08 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	0,00										
Schicht09 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	0,00										
Schicht10 Kosten pro Bezugseinheit	€/EH	0,00										

Allgemein			Schichten		Kosten 1		Kosten 2		ÖN 1801 - Bereich		ÖN 1801	
Eigenschaft	Einheit	Wert										
	-											
<b>Kosten Schicht</b>												
Einschichtig Kosten	€	0,00										
Schicht 01 Kosten	€	294,70										
Schicht 02 Kosten	€	896,10										
Schicht 03 Kosten	€	637,32	Schicht xx Kosten md_xx_cost (Formel - Dezimalzahl)									
Schicht 04 Kosten	€	395,14										
Schicht 05 Kosten	€	385,42										
Schicht 06 Kosten	€	0,00										
Schicht 07 Kosten	€	0,00										
Schicht 08 Kosten	€	0,00										
Schicht 09 Kosten	€	0,00										
Schicht 10 Kosten	€	0,00										

Im Bauteil stehen in den Gruppen „Kosten 1“ und „Kosten 2“ die benötigten Werte zur Verfügung.

Nachdem die Kosten für die einzelnen Schichten berechnet wurden, müssen diese zu den richtigen Kostengruppen zugewiesen werden.

Ebenen Nr.  
md\_comp\_AC\_layernr  
(Formel - Text)

Wandtyp  
md\_comp\_wall\_type  
(Formel - Text)

Mögliche Ebenen Wand	Wandtyp	Schichttyp	Kostenrgruppe
110_Wand_Aussen_tragend	Wand_Aussen	T	2E.01 Außenwandkonstruktionen
		A	4C.01 Fassadenverkleidungen
		Ae	4C.05 Außenhülle erdberührt
		I	4D.02 Wandverkleidungen
120_Wand_Fassade	Fassade		4C.01 Fassadenverkleidungen
122_Flachgründung*	Flachgründung		2C.03 Flachgründungen
123_Tiefengründung*	Tiefengründung		2C.02 Tiefengründungen
130_Wand_innen_tragend			
140_Wand_innen	Wand_innen		2E.02 Innenwandkonstruktionen
141_Wand_innen_Vorsatzschale			
142_Wand_innen_Leichtbau			
170_Bruestung_massiv_Dach	Feste EBT Dach		4B.04 Feste Einbauteile (Dach)
175_Gelaender_Leichtbau_Dach	Feste EBT Fassade		4C.04 Feste Einbauteile (Fassade)
171_Bruestung_massiv_Fassade*			
176_Gelaender_Leichtbau_Fassade*			
172_Bruestung_massiv_innen*			
177_Gelaender_Leichtbau_innen*	Feste EBT Innen		4D.06 Feste Einbauteile (Innenausbau)
652_Aussen_Einfriedung_Zaun	Einfriedung		6D.01 Einfriedungen

\*neue Ebenen (nicht im Standard Ebenenset von ArchiCad?)

```
sw([md_comp_AC_layernr];
'110';'Wand_Aussen';
'130';'Wand_innen';
'131';'Wand_innen';
'132';'Wand_innen';
'140';'Wand_innen';
'141';'Wand_innen';
'142';'Wand_innen';
'120';'Fassade';
'122';'Flachgründung';
'123';'Tiefengründung';
'170';'Brüstung Dach';
'171';'Brüstung Fassade';
'172';'Brüstung Innen';
'175';'Geländer Dach';
'176';'Geländer Fassade';
'177';'Geländer Innen';
'652';'Einfriedung')
```

Schicht 01 Kosten pro EH  
md\_01m\_cost\_perunit  
(Formel - Dezimalzahl)

Schicht 01 Schichttyp  
md\_01m\_cost\_layertype  
(Formel - Text)

Schicht 01 Kostenbereich AW  
md\_01\_cost\_group\_wall\_aw  
(Formel - Text)

```
sw([md_01m_cost_layertype];
A;'4C.01';
T;'2E.01';
I;'4D.02';
'Ae';'4C.05')
```

1 - 10

Schicht 01 Kostenbereich  
md\_01\_cost\_group\_wall  
(Formel - Text)

```
if([md_01m_cost_perunit]>0;
sw([md_comp_wall_type];
'Wand_Aussen';[md_01_cost_group_wall_aw];
'Wand_innen';'2E.02';
'Flachgründung';'2C.03';
'Tiefengründung';'2C.02';
'Fassade';'4C.01';
'Brüstung Dach';'4B.04';
'Brüstung Fassade';'4C.04';
'Brüstung Innen';'4D.06';
'Geländer Dach';'4B.04';
'Geländer Fassade';'4C.04';
'Geländer Innen';'4D.06';
'Einfriedung';'6D.01');
'leer oder Material nicht vorhanden')
```

1 - 10

Schicht 10 Schichttyp  
md\_10m\_cost\_layertype  
(Formel - Text)

Schicht 10 Kostenbereich AW  
md\_10\_cost\_group\_wall\_aw  
(Formel - Text)

```
sw([md_01m_cost_layertype];
A;'4C.01';
T;'2E.01';
I;'4D.02';
'Ae';'4C.05')
```

Schicht 10 Kosten pro EH  
md\_10m\_cost\_perunit  
(Formel - Dezimalzahl)

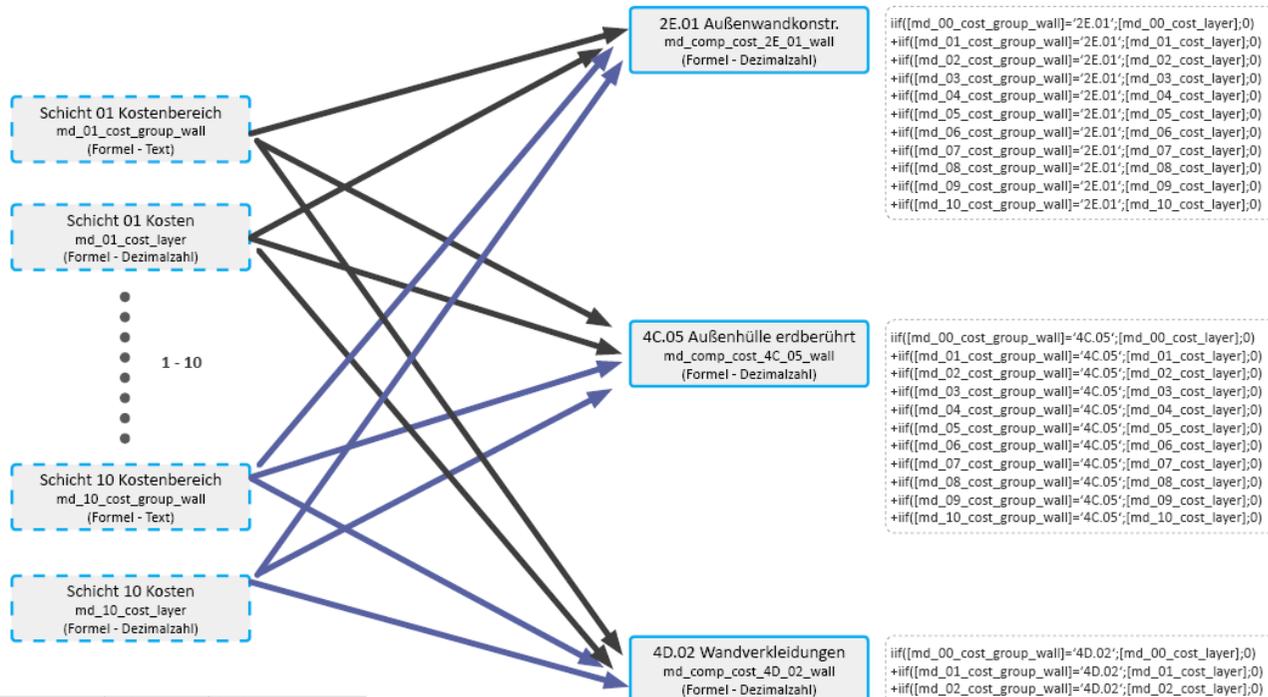
Schicht 10 Kostenbereich  
md\_10\_cost\_group\_wall  
(Formel - Text)

```
if([md_01m_cost_perunit]>0;
sw([md_comp_wall_type];
'Wand_Aussen';[md_01_cost_group_wall_aw];
'Wand_innen';'2E.02';
'Flachgründung';'2C.03';
'Tiefengründung';'2C.02';
'Fassade';'4C.01';
'Brüstung Dach';'4B.04';
'Brüstung Fassade';'4C.04';
'Brüstung Innen';'4D.06';
'Geländer Dach';'4B.04';
'Geländer Fassade';'4C.04';
'Geländer Innen';'4D.06';
'Einfriedung';'6D.01');
'leer oder Material nicht vorhanden')
```

Schichten		Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801 - Summen	LCA	LCC - EINGABE
Eigenschaft	Einheit			Wert			
<b>Info</b>							
Ebenen Nr.	Ebenen Nr. md_comp_AC_layernr (Formel - Text)			110			
Wandtyp (Aussen, Innen, Fundament, Fassade,...)	Wandtyp md_comp_wall_type (Formel - Text)			Wand_Aussen			
<b>Kostenbereich Schicht</b>							
Einschichtig Kostenbereich				leer oder Material nichtvorhanden			
Schicht 01 Kostenbereich				4C.05			
Schicht 02 Kostenbereich				4C.05			
Schicht 03 Kostenbereich				4C.05			
Schicht 04 Kostenbereich	Schicht xx Kostenbereich md_xx_cost_group_wall (Formel - Text)			2E.01			
Schicht 05 Kostenbereich				4D.02			
Schicht 06 Kostenbereich				leer oder Material nichtvorhanden			
Schicht 07 Kostenbereich				leer oder Material nichtvorhanden			
Schicht 08 Kostenbereich				leer oder Material nichtvorhanden			
Schicht 09 Kostenbereich				leer oder Material nichtvorhanden			
Schicht 10 Kostenbereich				leer oder Material nichtvorhanden			
<b>Schichttyp</b>							
Einschichtig Schichttyp				leer			
Schicht 01 Schichttyp				Ae			
Schicht 02 Schichttyp				Ae			
Schicht 03 Schichttyp				Ae			
Schicht 04 Schichttyp	Schicht xx Schichttyp md_xxm_cost_layertype (Formel - Text)			T			
Schicht 05 Schichttyp				I			
Schicht 06 Schichttyp				leer			
Schicht 07 Schichttyp				leer			
Schicht 08 Schichttyp				leer			
Schicht 09 Schichttyp				leer			
Schicht 10 Schichttyp				leer			

LCC - Erneuerung		LCC - Wartung	LCC - Summen	Hilfsparameter
Eigenschaft	Einheit			Wert
<b>Keine Gruppe</b>				
Materialdaten vorhanden				1
<b>Schichten</b>				
Einschichtig Kostenbereich Außenwand				
Schicht01 Kostenbereich Außenwand				4C.05
Schicht02 Kostenbereich Außenwand				4C.05
Schicht03 Kostenbereich Außenwand				4C.05
Schicht04 Kostenbereich Außenwand				2E.01
Schicht05 Kostenbereich Außenwand				4D.02
Schicht06 Kostenbereich Außenwand				
Schicht07 Kostenbereich Außenwand				
Schicht08 Kostenbereich Außenwand	Schicht xx Kostenbereich AW md_xx_cost_group_wall_aw (Formel - Text)			
Schicht09 Kostenbereich Außenwand				
Schicht 10 Kostenbereich Außenwand				

Im Bauteil stehen in den Gruppen „ÖNORM 1801 - Bereich“ die ermittelten Kostengruppen bis zur 3. Gliederungsebene zur Verfügung.



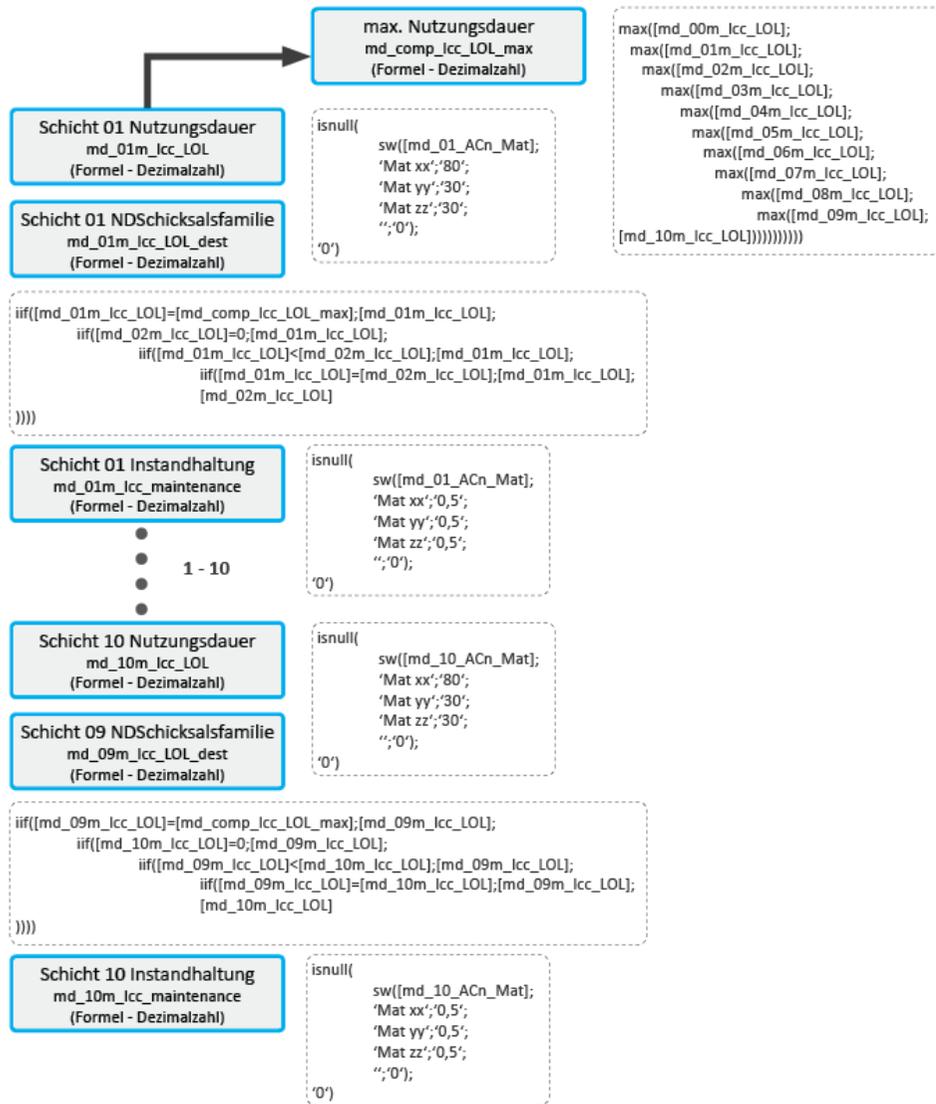
	-	
<b>2 BWK - Rohbau</b>		
2C.02 Tiefengründungen	€	0,00
2C.03 Flachgründungen	€	0,00
2E.01 Außenwandkonstruktionen	€	395,14
2E.02 Innenwandkonstruktionen	€	0,00
<b>4 BWK - Ausbau</b>		
4B.04 Feste Einbauteile (Dach)	€	0,00
4C.01 Fassadenverkleidungen	€	0,00
4C.04 Feste Einbauteile (Fassade)	€	0,00
4C.05 Außenhülle erdberührt	€	1.828,13
4D.02 Wandverkleidungen	€	385,42
4D.06 Feste Einbauteile (Innenausbau)	€	0,00
<b>6 Außenanlagen</b>		
6D.01 Einfriedungen	€	0,00

2E.01 Außenwandkonstr.  
md\_comp\_cost\_2E\_01\_wall  
(Formel - Dezimalzahl)

4C.05 Außenhülle erdberührt  
md\_comp\_cost\_4C\_05\_wall  
(Formel - Dezimalzahl)

4D.02 Wandverkleidungen  
md\_comp\_cost\_4D\_02\_wall  
(Formel - Dezimalzahl)

Die zuvor ermittelten Kostenwerte werden in den Projekt-Bereich in die jeweiligen Kostengruppen summiert.



Schichten	Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801 - Summen	LCA	LCC - EINGA
<b>Eigenschaft</b>			<b>Einheit</b>		<b>Wert</b>	
			-			
<b>LCC</b>						
Zinssatz [%]			%		5,50	
Preissteigerung Baukosten [%]			%		2,00	
max. Nutzungsdauer			a		80	<b>max. Nutzungsdauer</b> md_comp_lcc_LOL_max (Formel - Dezimalzahl)
<b>Nutzungsdauer</b>						
Einschichtig Nutzungsdauer			a		0	
Schicht01 Nutzungsdauer			a		3	
Schicht02 Nutzungsdauer			a		50	
Schicht03 Nutzungsdauer			a		40	
Schicht04 Nutzungsdauer			a		80	<b>Schicht xx Nutzungsdauer</b> md_xxm_lcc_LOL (Formel - Dezimalzahl)
Schicht05 Nutzungsdauer			a		40	
Schicht06 Nutzungsdauer			a		0	
Schicht07 Nutzungsdauer			a		0	
Schicht08 Nutzungsdauer			a		0	
Schicht09 Nutzungsdauer			a		0	
Schicht10 Nutzungsdauer			a		0	
<b>Nutzungsdauer Schicksalsfamilie</b>						
Einschichtig Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		0	
Schicht01 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		3	
Schicht02 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		40	
Schicht03 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		40	<b>Schicht xx NDSchicksalsfamilie</b> md_xxm_lcc_LOL_dest (Formel - Dezimalzahl)
Schicht04 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		80	
Schicht05 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		40	
Schicht06 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		0	
Schicht07 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		0	
Schicht08 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		0	
Schicht09 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a		0	
Schicht10 Nutzungsdauer - Schicksalsfamilie			a			

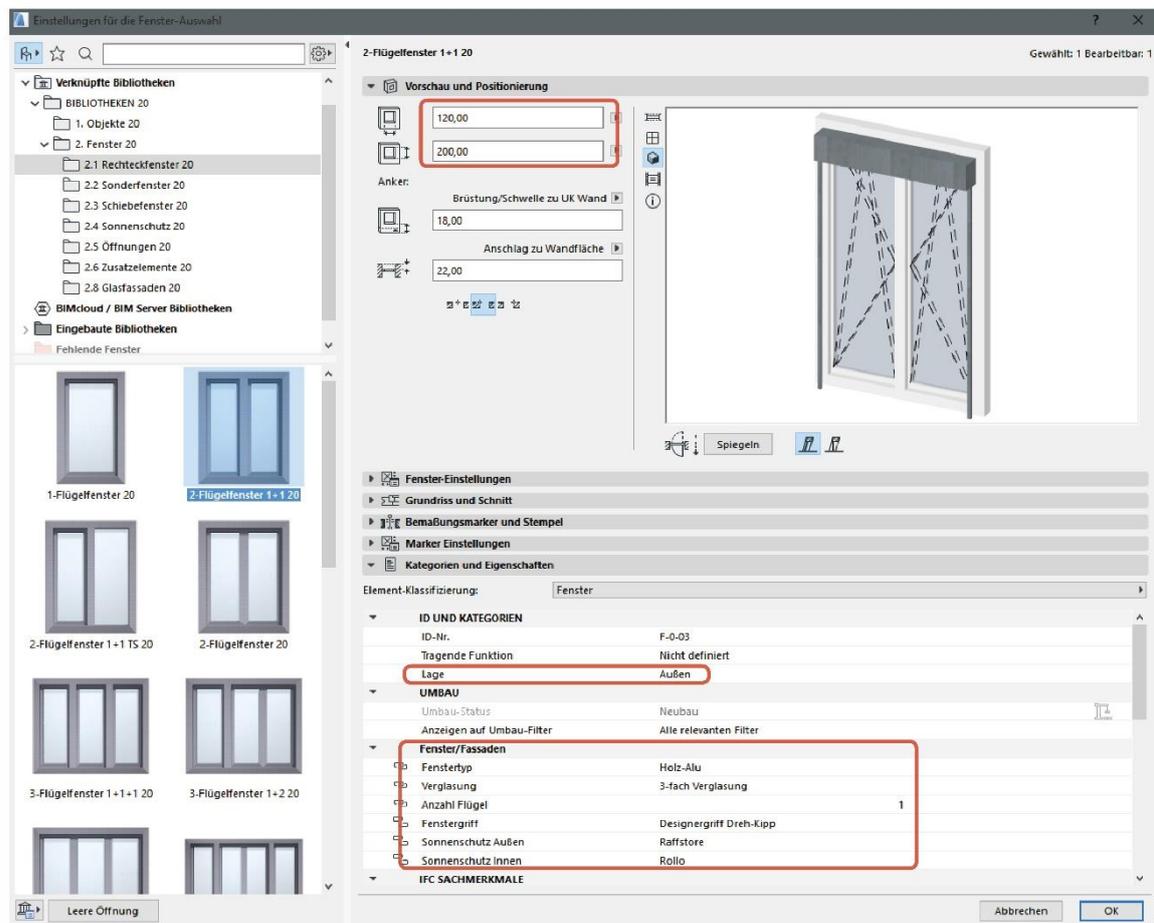
Zuweisen der Kennwerte für die Folgekostenermittlung.



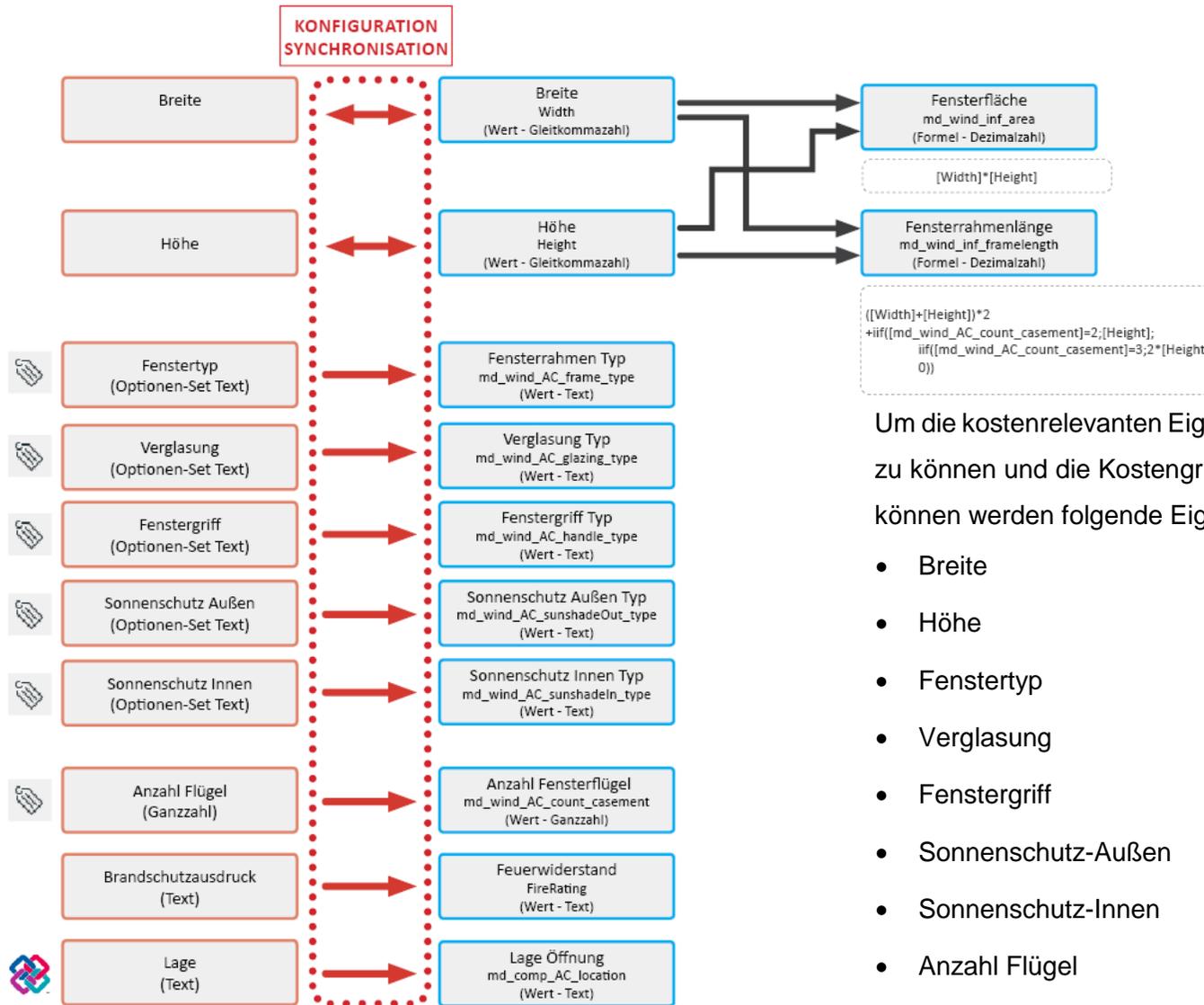
### A1.2.3. Schema Berechnung Fenster

Auf den folgenden Seiten wird beschrieben, wie und mit welchen Eigenschaften die Berechnung der Kosten und die Zuweisung dieser, zu den Kostenbereichen in BuildingOne realisiert wurden.

Bei Fenstern werden Breite und Höhe (Architekturlichte) abgefragt und daraus die benötigten Mengen „Fensterfläche“ und „Fensterrahmenlänge“ abgeleitet. Ausgehend von diesen Eigenschaften werden alle kostenrelevanten Ausstattungsmerkmale mit dem jeweiligen Mengenbezug zu Kosten berechnet.

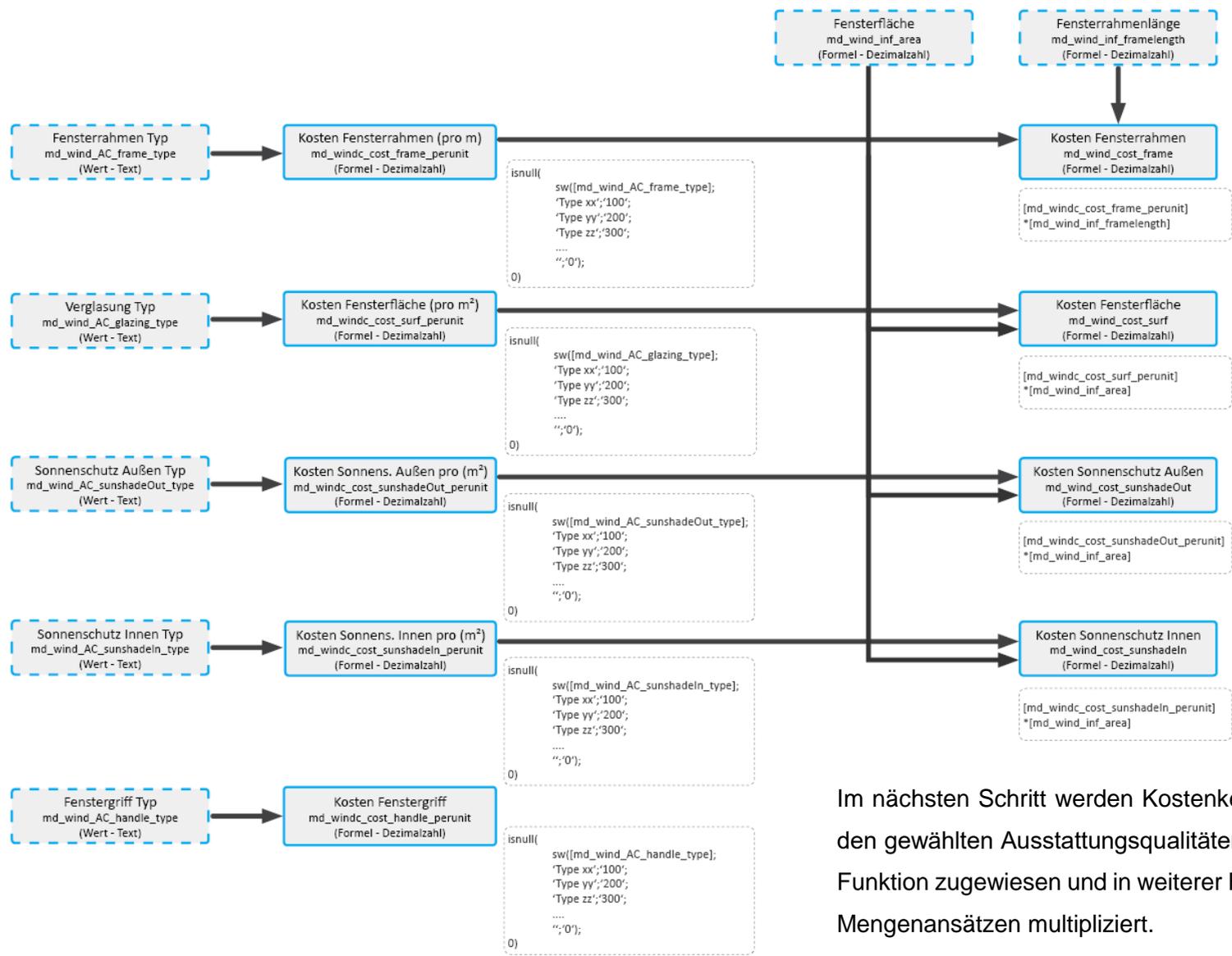


*Zu definierende Eigenschaften in den Fenstereinstellungen*

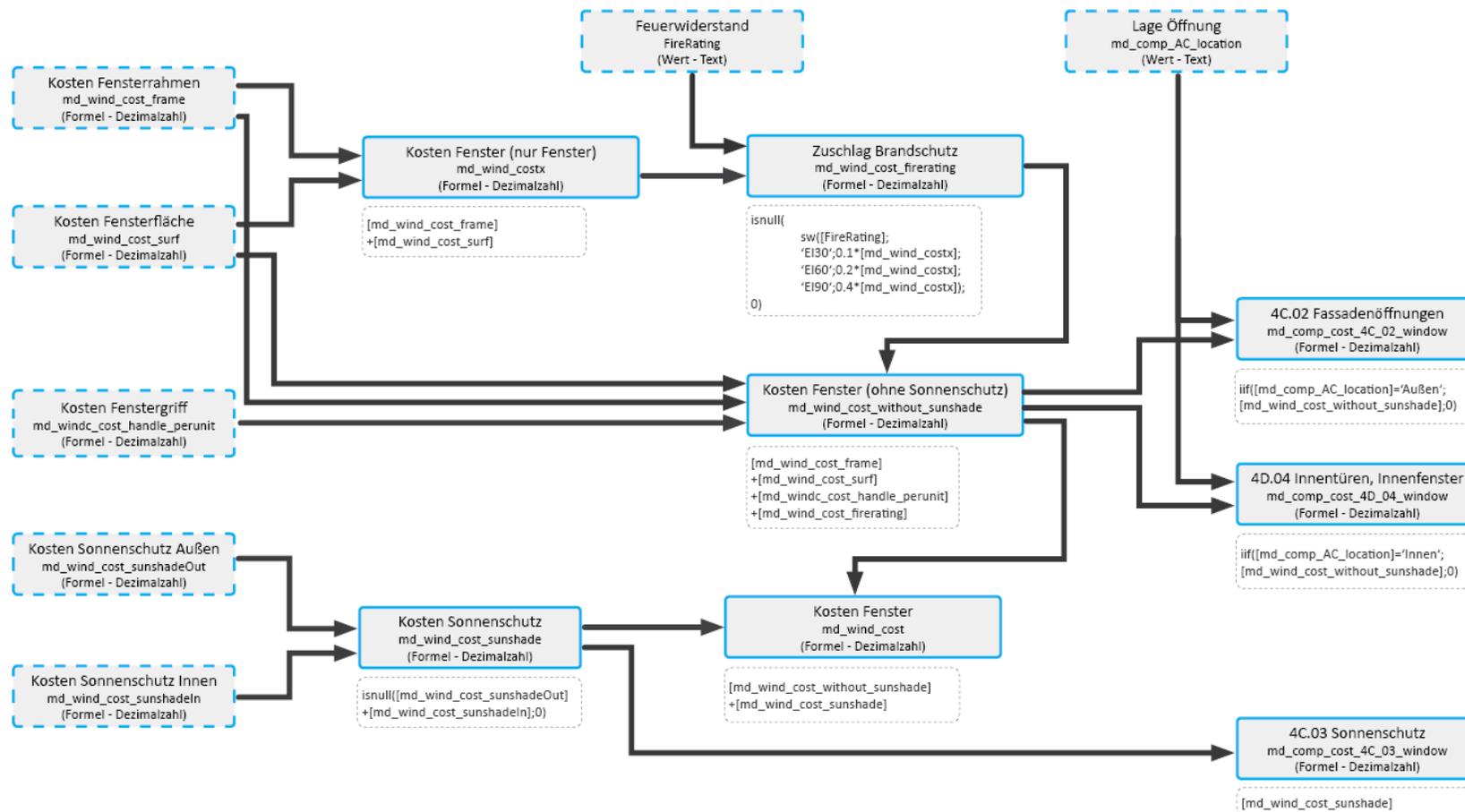


Um die kostenrelevanten Eigenschaften monetär berücksichtigen zu können und die Kostengruppenzuweisung bewerkstelligen zu können werden folgende Eigenschaften benötigt:

- Breite
- Höhe
- Fenstertyp
- Verglasung
- Fenstergriff
- Sonnenschutz-Außen
- Sonnenschutz-Innen
- Anzahl Flügel
- Lage



Im nächsten Schritt werden Kostenkennwerte abhängig von den gewählten Ausstattungsqualitäten mit Hilfe der „Switch“-Funktion zugewiesen und in weiterer Folge mit den jeweiligen Mengenansätzen multipliziert.



Nun werden die Kosten summiert und dem richtigen Element zugewiesen. Da die Kosten des Gesamtfensters auf Sonnenschutz, Fassadenöffnung bzw. Innenfenster aufgeteilt werden müssen, werden die Sonnenschutzkosten in die Eigenschaft „Kosten Sonnenschutz“ geschrieben.

Die Kosten des Fensters ohne Sonnenschutz werden abhängig von der Lage (Innen oder Außen) in die Kosten Fassadenöffnung bzw. Innenfenster gerechnet.

Um diese Unterscheidung tätigen zu können, muss die ArchiCad Eigenschaft des Fensters „Lage“ (Außen, Innen) eingestellt werden.

### A1.3. Allgemeine Eingaben

Wie bereits erwähnt, sind nicht alle Kostengruppen im BIM-Modell erfasst. Zum Beispiel werden die Kosten für den Grund, die Aufschließung, die Planungsleistungen, die Nebenleistungen und die Reserven in der Regel nicht im BIM-Modell erfasst und daher nur als Prozentsatz oder Kosten-Direkteingabe in der Berechnung berücksichtigt.

Eingaben zur Kostenberechnung sind im Projektbereich in der Kategorie „ÖN 1801 – EINGABEN“ durchzuführen, Eingaben zur Folgekostenberechnung in der Kategorie „LCC-Eingaben“ (Zinssätze und Preissteigerungen, die Kosten der Energieverbraucher und die Verbrauchswerte für Wasser / Abwasser, Wärmeenergie, Kühlenergie und elektrische Energie). Des Weiteren ist hier auch die Eingabe der quadrometerbezogenen Kosten für die Kostengruppe 3 BWK-Technik vorzunehmen.

Allgemein	ÖN 1801 - EINGABEN	LCC - EINGABEN	ÖN 1801 - 3. Ebene	ÖN 1801 - 2.	Allgemein	ÖN 1801 - EINGABEN	LCC - EINGABEN	ÖN 1801 - 3. Ebene	
Eigenschaft			Einheit	Wert	Eigenschaft			Einheit	Wert
			-					-	
<b>Grundstück</b>					<b>Kosten pro Verbrauchswert</b>				
Grundstücksfläche			m <sup>2</sup>	500,00	Wasser-/Abwasserkosten [€/l]			€/EH	2,01
Grundstückskosten pro m <sup>2</sup>			€/m <sup>2</sup>	800,00	Kosten für Wärme [€/kWh]			€/EH	0,15
<b>ÖN 1801 - 1. Ebene (% von BWK)</b>					Stromkosten [€/kWh]			€/EH	0,20
1 - Aufschließung (% von BWK)			%	3,00	Kosten für Kühlung [€/kWh]			€/EH	0,22
7 - Planungsleistungen (% von BWK)			%	15,00	Reinigungskosten [€/m <sup>2</sup> ]			€/EH	4,00
8 - Nebenleistungen (% von BWK)			%	2,00	<b>LCC</b>				
9 - Reserven (% von BWK)			%	5,00	Zinssatz [%]			%	5,50
<b>Baugrube</b>					Preissteigerung Baukosten [%]			%	2,00
2B.01 Kosten Baugrubenherstellung (Direkteingabe)			€	0,00	Preissteigerung Wasser/Abwasser [%]			%	2,00
2B.01 Kosten Baugrube pro m <sup>3</sup>			€/EH	40,00	Preissteigerung Wärmeenergie [%]			%	4,00
2B.01 Zuschlag Netto-Aushub			%	30,00	Preissteigerung elektrische Energie [%]			%	2,00
2B.02 Kosten Baugrubenumschließung (Direkteingabe)			€	0,00	Preissteigerung Energie für Kühlung [%]			%	5,00
2B.02 Prozentsatz Baugrubenumschließung von Baugrube			%	5,00	Preissteigerung Dienstleistung Reinigung [%]			%	2,00
<b>ÖNORM 1801 - 2.Ebene (% von Kostengruppe)</b>					<b>Verbrauchswerte pro m<sup>2</sup> BGF</b>				
2A.01 Besondere Baustelleneinrichtung BWK-Rohbau (% von KG 2)			%	6,00	spezifischer Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)]			l	0,60
2A.02 Allgemeine Sicherungsmaßnahmen BWK-Rohbau (% von KG 2)			%	2,00	spezifischer Energieverbrauch Wärme [kWh/(m <sup>2</sup> a)]			kWh/m <sup>2</sup>	30,00
3A.01 Besondere Baustelleneinrichtung BWK-Technik (% von KG 3)			%	6,00	spezifischer Stromverbrauch [kWh/(m <sup>2</sup> a)]			kWh/m <sup>2</sup>	12,65
3A.02 Allgemeine Sicherungsmaßnahmen BWK-Technik (% von KG 3)			%	2,00	spezifischer Energieverbrauch Kühlung [kWh/(m <sup>2</sup> a)]			kWh/m <sup>2</sup>	20,00
4A.01 Besondere Baustelleneinrichtung BWK-Ausbau (% von KG 4)			%	6,00	<b>Verbrauchswerte berechnet</b>				
4A.02 Allgemeine Sicherungsmaßnahmen BWK-Ausbau (% von KG 4)			%	2,00	Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> /a]			m <sup>3</sup>	326,85
5A.01 Besondere Baustelleneinrichtung Einrichtung (% von KG 5)			%	6,00	Energieverbrauch Wärme [kWh/a]			kWh	8.171,30
5A.02 Allgemeine Sicherungsmaßnahmen Einrichtung (% von KG 5)			%	2,00	Stromverbrauch [kWh/a]			kWh	3.445,57
6A.01 Besondere Baustelleneinrichtung Außenanlagen (% von KG 6)			%	6,00	Energieverbrauch Kühlung [kWh/a]			kWh	5.447,53
6A.02 Allgemeine Sicherungsmaßnahmen Außenanlagen (% von KG 6)			%	2,00	<b>Reinigung</b>				
<b>ÖNORM 1801 - 3. Ebene (KKW pro m<sup>2</sup> BGF)</b>					Reinigungsfläche Boden [m <sup>2</sup> ]			m <sup>2</sup>	
3B.01 Aufzugsanlagen (KKW /m <sup>2</sup> BGF)			€/m <sup>2</sup>	1,00	Reinigungsfläche Fenster [m <sup>2</sup> ]			m <sup>2</sup>	40,23

#### Allgemeine Eingaben

Welche Baustoffe im AC-Projekt verwendet werden, kann über den Attribute Manager kontrolliert werden. Im Reiter Baustoffe sind alle Baustoffe, die im Projekt verwendet werden, mit einem Haken versehen. Für diese Baustoffe müssen in der Berechnung Kennwerte hinterlegt sein.

In der BuildingOne-Berechnung wurde ein Mechanismus eingebaut der anzeigt, ob Materialdaten, die aus dem Projekt synchronisiert wurden, in BuildingOne vorhanden sind.

Sind alle Materialdaten eines Bauteils vorhanden, ist die Schaltfläche in der Kategorie „Allgemein“ grün, sonst rot. Über Mehrfachbearbeitung Matrix > Bauteil > Typ (z.B. Wand) > Struktur (Gebäude) > Daten laden kann dies für alle Bauteile eines Typs kontrolliert werden.

Allgemein			Schichten	Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801 - Summe
Eigenschaft	Einheit	Wert					
<b>ArchiCad</b>							
Ebene		110_Wand_Aussen_tragend					
Dicke	m	0,400					
Höhe	m	3,192					
Länge	m	5,760					
Breite	m						
Fläche	m <sup>2</sup>	2,304					
Volumen	m <sup>3</sup>	6,284					
Umfang	m	12,651					
Baustoff							
Kommentar		Außenwand erd 2					
Umbaustatus		2 - Neubau					
Ebene (Text)		110_Wand_Aussen_tragend					
Mehrschichtiger Aufbau (Text)		_AW Massiv erdberührt					
<b>Info</b>							
Bauteil Mittlere Oberfläche	m <sup>2</sup>	15,710					
Wandfläche Brutto	m <sup>2</sup>	18,386					
Masse Bauteil	kg	6.808,38					
Wärmedurchgangswiderstand R	m <sup>2</sup> /W	4,285					
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert	W/(m <sup>2</sup> K)	0,233					
alle Materialdaten vorhanden?		 Green					
<b>Kosten</b>							
Kosten Bauteil	€	2.608,69					
Kosten Bauteil pro m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	166,05					

Allgemein			Schichten	Kosten 1	Kosten 2	ÖN 1801 - Bereich	ÖN 1801 - Summe
Eigenschaft	Einheit	Wert					
<b>ArchiCad</b>							
Ebene		110_Wand_Aussen_tragend					
Dicke	m	0,463					
Höhe	m	1,047					
Länge	m	5,777					
Breite	m						
Fläche	m <sup>2</sup>	2,672					
Volumen	m <sup>3</sup>	2,206					
Umfang	m	12,863					
Baustoff							
Kommentar		Brüstung Fassade					
Umbaustatus		2 - Neubau					
Ebene (Text)		110_Wand_Aussen_tragend					
Mehrschichtiger Aufbau (Text)		_AW Attika					
<b>Info</b>							
Bauteil Mittlere Oberfläche	m <sup>2</sup>	4,770					
Wandfläche Brutto	m <sup>2</sup>	6,049					
Masse Bauteil	kg	223,95					
Wärmedurchgangswiderstand R	m <sup>2</sup> /W	5,986					
Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert	W/(m <sup>2</sup> K)	0,167					
alle Materialdaten vorhanden?		 Red					
<b>Kosten</b>							
Kosten Bauteil	€	981,39					
Kosten Bauteil pro m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	205,75					

Alle Materialdaten vorhanden

## A1.4. Ergebnis

Das Ergebnis der Kostenberechnung ist in der Kategorie „Allgemein“ angezeigt. Weitere Detailergebnisse für die Ebenen 1-3 in den jeweiligen Kategorien (Registerkarten) in 3. Ebene → 2.Ebene und → 1. Ebene gegliedert.

URL			Testhaus ArchiCad 20
<b>Info</b>			
alle Materialdaten vorhanden?		 Green	
<b>ÖN 1801 - Kostengruppen</b>			
BVK - Bauwerkskosten (2-4)	€	367.952,13	
BAK - Baukosten (1-6)	€	416.997,22	
ERK - Errichtungskosten (1-9)	€	497.213,45	
GEK - Gesamtkosten (0-9)	€	897.213,45	
Baukosten Kontrolle	€	294.494,68	
<b>ÖN 1801 - Kostengruppen pro m<sup>2</sup></b>			
BVK - Bauwerkskosten (2-4) pro m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	1.117,39	
BAK - Baukosten (1-6) pro m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	1.266,33	
ERK - Errichtungskosten (1-9) pro m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	1.509,93	
GEK - Gesamtkosten (0-9) pro m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	2.724,64	

Ergebnis Berechnung

## A2. Methode BuildingOne-Kalkulation

Zur Berechnung wurde BuildingOne 10 von OneTools und ArchiCad 20 von Graphisoft verwendet.

Um die Berechnung durchzuführen wird folgendes benötigt:

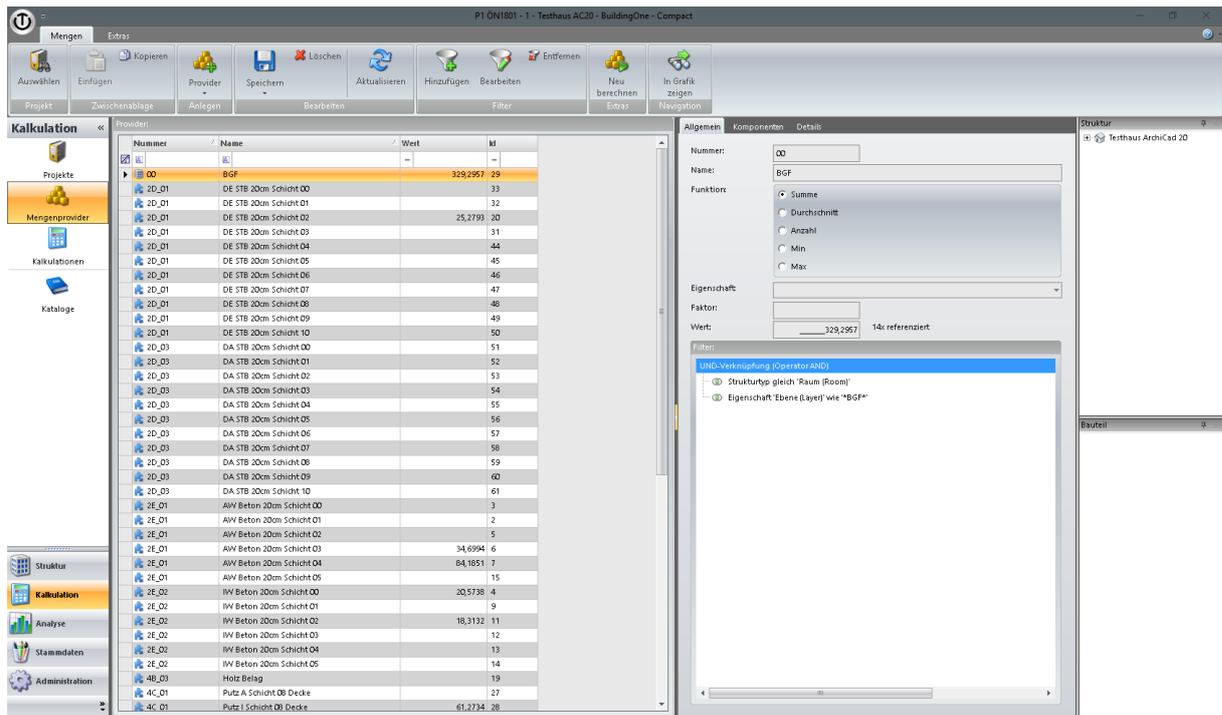
- ArchiCad 20
  - + ArchiCad Template-Datei (Format: .pln – mit den angelegten Eigenschaften im Eigenschaften-Manager und IFC- Eigenschaften und dem Ebenen Set)
- BuildingOne 10
  - + BuildingOne Datenbank (Format: .sdf)
  - + Konfigurationsdatei (Format: .xml)

Die grundsätzliche Beschreibung von BuildingOne, das Anlegen und Zuweisen von Eigenschaften, die Konfiguration und die Synchronisation sind im Kapitel A1 beschrieben.

### A2.1. Mengenprovider

BuildingOne hat neben der Funktion des Rechnens mit Eigenschaften die Funktionen „Mengenprovider“ und „Kalkulation“. Der „Mengenprovider“ ermöglicht die Ermittlung von gewünschten Mengeneinheiten, abhängig von Lage- und Qualitätskriterien, mittels Filter, direkt aus dem BIM-Modell. Die Kalkulation ermöglicht die Erstellung von Kostenpositionen nach einer gewünschten Gliederung.

Die Funktion Mengenprovider befindet sich im Bereich Kalkulation > Mengenprovider. Zuerst wird ein neuer Mengenprovider erstellt, dann wird definiert, welche Eigenschaft als Ausgabemenge gewünscht ist (z.B. Fläche von Schicht 01, Volumen der Schicht 03 oder die Fensterfläche usw.), dann wird die gewünschte Menge durch Hinzufügen von Filterregeln identifiziert.



### Mengenprovider

Die Filterregeln sind nach folgender Logik zu erstellen:

...für eine Deckenkonstruktion (2D.01)

WENN Schicht 01 Material = „Beton, Stahlbetondecke 20cm“

UND Ebene = „\*Decke\*“

DANN Schicht 01 Oberfläche

...für eine Dachkonstruktion (2D.03)

WENN Schicht 01 Material = „Beton, Stahlbetondecke 20cm“

UND Ebene = „\*Dach\*“

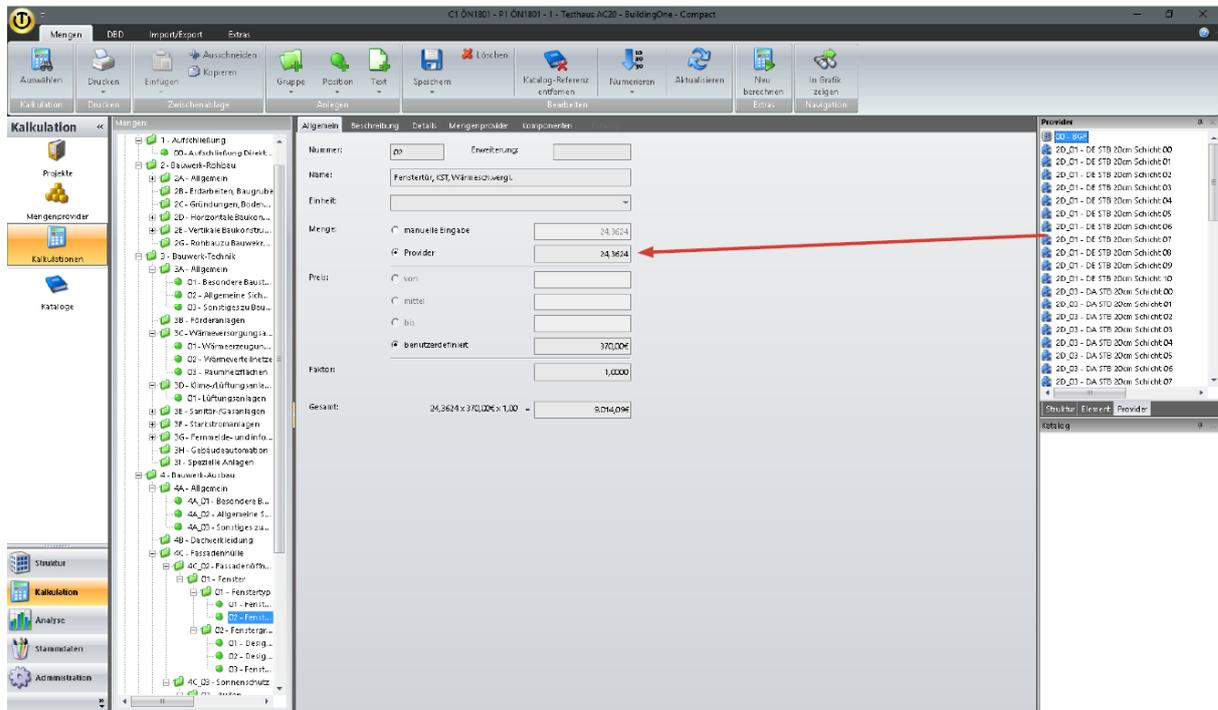
DANN Schicht 01 Oberfläche

## A2.2. Kalkulation

In Weiterer Folge werden diese erzeugten Mengen im Bereich „Kalkulation“ bestimmten Kostenpositionen zugewiesen. Allerdings kann jeder Position im Kalkulationsbereich nur ein Mengenprovider zugewiesen werden, das bedeutet, dass für jeden Mengenprovider eine Position erstellt werden muss.

In der Kalkulation kann jeder Position nur ein Kennwert zugewiesen werden, der Preis. Es ist also nicht möglich, dem Baustoff weitere Kennwerte, welche z.B. zur Ermittlung von Folgekosten notwendig wären, zuzuweisen.

Für Kostenpositionen wird zunächst eine Gliederung durch Ordner (Gruppen) erstellt. In diesen Gruppen werden die Positionen erstellt. In Positionen werden eine Nummer und Bezeichnung der Position eingegeben, eine Menge (entweder durch manuelle Eingabe oder durch Zuweisung eines Mengeproviders (roter Pfeil) und ein Preis eingegeben. Die Position ermittelt aus Menge und Preis die Kosten der Position.



#### Zuweisung Mengenprovider zu Kostenposition

Die Summierung der Kosten erfolgt je Gruppe. Die Kosten sind also sowohl für Einzelpositionen, für Elemente, übergeordnete Grobelemente, übergeordnete Kostengruppen und Gesamtkosten der Kalkulation ausweisbar. Kosten einzelner Mengenelemente sind nicht ausweisbar.

## A3. Methode Excel

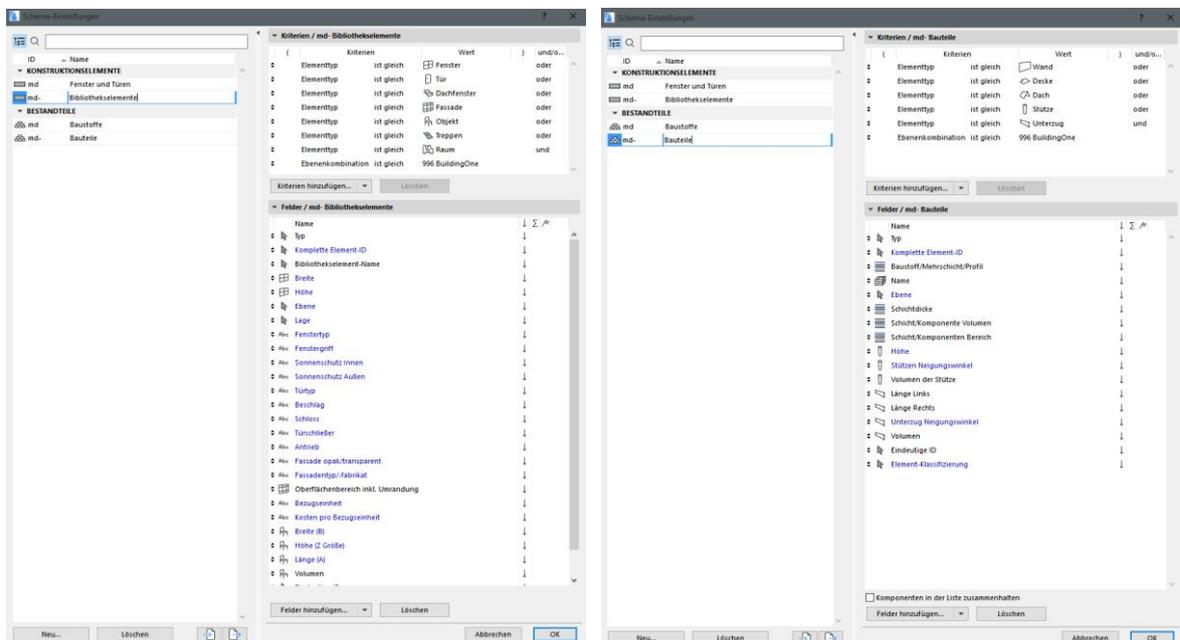
Für diese Berechnungsmethode wurde ArchiCad Version 20.0.0 von Graphisoft und Microsoft Excel verwendet.

Was wird benötigt um die Berechnung durchführen zu können:

- ArchiCad 20
  - + ArchiCad Template-Datei (Format: .pln – mit den angelegten Eigenschaften im Eigenschaften-Manager, dem Ebenen Set und den IFC- Eigenschaften) und Auswertungsdefinitionen
- Microsoft Excel
  - + Excel Datei Kostenberechnung

### A3.1. Auswertung in ArchiCad

In ArchiCad müssen 2 Auswertungsdefinitionen erstellt werden. Eine für „Konstruktionselemente“ (Fenster, Dachfenster, Türen, Fassaden, Objekte und Treppen) und eine für „Bestandteile“ (Wände, Decken, Dächer, Stützen und Unterzüge). In diesen Auswertungen werden alle qualitäts- und mengendefinierenden Parameter und Eigenschaften der jeweiligen Modellelementkategorien ausgewertet.



Auswertungsdefinition in ArchiCad (oben: Konstruktionselemente; unten: Bestandteile)



Auswertung in Excel-Tool einfügen

Die Kennwerte werden in 3 Registern verwaltet:

- Kennw. Komponenten
- Kennw. Profile
- Kennw. Baustoffe

Für alle Elemente, welche im BIM-Modell abgebildet und in der Berechnung berücksichtigt werden sollen, müssen in diesen Tabellen Kennwerte angelegt werden. Diese werden mit der „SVERWEIS“-Funktion zum jeweiligen Modellelement in die Berechnungsblätter „V1\_Mengen BTL“, „V1\_Mengen BIB“, „V2\_Mengen BTL“ bzw. „V2\_Mengen BIB“ übertragen.

Im Register „Allgemeine Eingaben“ sind Prozentsätze von berechneten Kosten oder Direkteingaben für Elemente, welche nicht mit Mengen aus dem BIM-Modell berechnet werden, einzugeben.

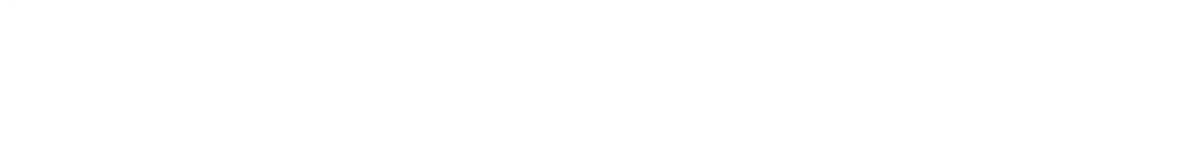
Allgemeine Annahmen								
Variante 1			Variante 2					
Herstellungskosten nach ONORM 1801	Direkteingabe	Prozentanteil	Direkteingabe	Prozentanteil				
1	Aufschließung	€ 10.000,00	3%	€ 10.000,00	3%			
2A.01	Besondere Baustelleneinrichtung		10%		der BWK			
2A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen		0%		von 2B bis 2G			
2A.03	Sonstiges zu Bauwerk-Rohbau		0%					
3A.01	Besondere Baustelleneinrichtung		10%		10%			
3A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen		0%		von 3B bis 3I			
3A.03	Sonstiges zu Bauwerk-Technik		0%		0%			
4A.01	Besondere Baustelleneinrichtung		10%		10%			
4A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen		0%		von 4B bis 4D			
4A.03	Sonstiges zu Bauwerk-Ausbau		0%		0%			
5A.01	Besondere Baustelleneinrichtung		10%		10%			
5A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen		0%		von 5B bis 5C			
5A.03	Sonstiges zu Einrichtung		0%		0%			
6A.01	Besondere Baustelleneinrichtung		10%		10%			
6A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen		0%		von 6B bis 6D			
6A.03	Sonstiges zu Außenanlagen		0%		0%			
5	Einrichtung	€ 15.000,00		€ 15.000,00				
6	Außenanlagen	€ 30.000,00		€ 30.000,00				
7	Planungsleistungen		15%		15%			
8	Nebenleistungen		2%		2%			
9	Reserven		5%		5%			
9	Reserven		5%		5%			
Eingabe erforderlich								
Eingabe möglich								
Fläche und Volumen			Variante 1			Variante 2		
BGF	Brutto-Grundfläche	272,38 m²		272,38 m²				
BRI	Brutto-Rauminhalt	708,18 m³		708,18 m³				
FF	Freifläche	332,00 m²		332,00 m²				
GF	Grünfläche	295,00 m²		295,00 m²				
GRF	Gründungsfläche	56,00 m²		56,00 m²				

Allgemeine Eingaben

Im Register „Bericht“ ist sofort nach Einfügen der Mengen in das Excel-Tool der im Hauptteil beschriebene Bericht in Form von Diagrammen und Tabellen abrufbar.

Variante 1										Variante 2														
Kostendaten					Kostendaten					Kostendaten					Kostendaten									
Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten	BVK	BAK	ERK	ERK	GEK	Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten	BVK	BAK	ERK	ERK	GEK	Baugliederung	Abk.	Bauwerkskosten	BVK	BAK	ERK	ERK	GEK	
0	Grund	GFD						0	Grund	GFD						0	Grund	GFD						
1	Aufschließung	AUF		100,00%	100,00%	0,0%	100,00%	1	Aufschließung	AUF	2%		100,00%	100,00%	1,8%	1	Aufschließung	AUF	2%		100,00%	100,00%	1,8%	
2	Bauwerk-Rohbau	BVR	1407,563	35,8%	1407,563	35,8%	1407,563	2	Bauwerk-Rohbau	BVR	1139,820	28,5%	1139,820	28,5%	1139,820	28,5%	2	Bauwerk-Rohbau	BVR	1139,820	28,5%	1139,820	28,5%	1139,820
3	Bauwerk-Technik	BVT	1110,027	27,9%	1110,027	27,9%	1110,027	3	Bauwerk-Technik	BVT	137,636	3,4%	137,636	3,4%	137,636	3,4%	3	Bauwerk-Technik	BVT	137,636	3,4%	137,636	3,4%	137,636
4	Bauwerk-Ausbau	BVA	1371,073	34,2%	1371,073	34,2%	1371,073	4	Bauwerk-Ausbau	BVA	1171,165	29,4%	1171,165	29,4%	1171,165	29,4%	4	Bauwerk-Ausbau	BVA	1171,165	29,4%	1171,165	29,4%	1171,165
5	Einrichtung	EIR	15,000	0,4%	15,000	0,4%	15,000	5	Einrichtung	EIR	15,000	0,4%	15,000	0,4%	15,000	0,4%	5	Einrichtung	EIR	15,000	0,4%	15,000	0,4%	15,000
6	Außenanlagen	AAN	30,000	0,8%	30,000	0,8%	30,000	6	Außenanlagen	AAN	30,000	0,8%	30,000	0,8%	30,000	0,8%	6	Außenanlagen	AAN	30,000	0,8%	30,000	0,8%	30,000
7	Planungsleistungen	PLL	122,222	3,1%	122,222	3,1%	122,222	7	Planungsleistungen	PLL	122,222	3,1%	122,222	3,1%	122,222	3,1%	7	Planungsleistungen	PLL	122,222	3,1%	122,222	3,1%	122,222
8	Nebenleistungen	NEL	12,222	0,3%	12,222	0,3%	12,222	8	Nebenleistungen	NEL	12,222	0,3%	12,222	0,3%	12,222	0,3%	8	Nebenleistungen	NEL	12,222	0,3%	12,222	0,3%	12,222
9	Reserven	RES	144,444	3,7%	144,444	3,7%	144,444	9	Reserven	RES	120,222	3,0%	120,222	3,0%	120,222	3,0%	9	Reserven	RES	120,222	3,0%	120,222	3,0%	120,222
<b>Total eskt. MwSt.</b>					<b>Total eskt. MwSt.</b>					<b>Total eskt. MwSt.</b>					<b>Total eskt. MwSt.</b>									
1 888.663					1 943.663					1 139.169					1 139.169									
100,00%					106,15%					125,19%					125,19%									
<b>Kostenkennwert</b>					<b>Kostenkennwert</b>					<b>Kostenkennwert</b>					<b>Kostenkennwert</b>									
BVK					BAK					ERK					GEK									
Bauwerkskosten					Baukosten					Errichtungskosten					Gesamtkosten									
Brutto-Grundfläche [m²]	BGF	3.282,62	3.464,85	4.182,32	4.182,32			Brutto-Grundfläche [m²]	BGF	1.500,43	1.702,05	2.029,02	2.029,02			Brutto-Grundfläche [m²]	BGF	577,09	654,75	790,39	790,39			
Brutto-Rauminhalt [m³]	BRI	1.254,85	1.332,52	1.608,59	1.608,59			Brutto-Rauminhalt [m³]	BRI	577,09	654,75	790,39	790,39			Brutto-Rauminhalt [m³]	BRI	577,09	654,75	790,39	790,39			

Bericht



## **A4. Kennwerte**

Im Folgenden sind Kennwerte die zur Berechnung im Rahmen dieser Arbeit verwendet wurden angeführt.

- Kostenkennwerte Baustoffe
- Kostenkennwerte Aufbauten
- Kostenkennwerte Bauwerk-Technik
- Kostenkennwerte Profile
- Kostenkennwerte Fenster
- Kostenkennwerte Türen

BAUSTOFFE		BKI Baukosten 2015 - Bauelemente Neubau Statistische Kostenkennwerte - Ausführungsarten (Stand 1. Quartal 2015 inkl. 19%MWSt)								
Nr	Baustoff (ArchiCad)	Einheit (BKI)	Kosten Mittelwert [€]	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ordnungszahl (7-stellig)		
01	_Beton, Stahlbeton Wand	m2	130	02	Betonwände, Ortbeton, d=20cm, Schalung, Bewehrung, Aussparungen	21	Betonwand, Ortbeton, schwer	331	Tragende Außenwände	331.21.02
02	_Beton, Stahlbetondecke 20cm	m2	130	02	Deckenplatten, Ortbeton, d=25cm, Unterzüge, Schalung, Bewehrung	15	Stahlbeton, Ortbeton, Platten	351	Deckenkonstruktionen	351.15.02
03	_Holz, Brettsperrholz	m3	1680	01	Holzwände, Pfetten und Träger verleimtes Brettschichtholz, allseitig gehobelt, Nadelholz, Güreklasse I, abbinden und aufstellen, Verankerungsschrauben, Winkelverbinder	34	Holzwand, Rahmenkonstruktion, Brettschichtholz	331	Tragende Außenwände	331.34.01
04	_Holz, Brettstapeldecke	m2	160	02	Brettstapeldecke, d=140-200mm, vernagelte Brettlamellen S10, Holzart Fichte/Kiefer, gehobelt	49	Holzbalken-, Holzträgerkonstruktionen, sonstiges	351	Deckenkonstruktionen	351.49.02
05	_Verputz, Innen	m2	22	03	Innenwandputz als Kalkzementputz, d=15mm, zweilagig, Eckschutzschienen, Oberfläche eben abgerieben, gefilzt, geglättet, Untergrundvorbereitung, Dispersionsanstrich	32	Putz, Anstrich	345	Innenwandbekleidungen	345.32.03
06	_Verputz, Aussen	m2	52	01	Außenputz, zweilagig, als Zementputz mit Anstrich, Schutzschienen	32	Putz, anstrich	335	Außenwand-bekleidungen	335.32.01
07	_Sperrschicht, Abdichtung Bituminös Keller	m2	25	01	Untergrund reinigen, Voranstrich, Bitumenschweißbahnen	11	Abdichtung	363	Dachbeläge	363.11.01
08	_Sperrschicht, Folie Aussen	m2	2,4	01	PE-Folie als Trennschicht, zweilagig, d=0,25-0,5mm, Stöße überlappend	28	Folie auf Filterschicht	325	Bodenbeläge	325.28.01
09	_Dämmung, hart XPS	m2	32	03	Perimeterdämmung WLK 045, d=140-200mm, unter Bodenplatte	13	Dämmungen	325	Bodenbeläge	325.13.03
10	_Dämmung, Trittschall	m2	7,4	01	Wärme- und Trittschaldämmung, Polystyrolplatten, d=20-40mm	26	Dämmung	352	Deckenbeläge	352.26.01
11	_Estrich	m2	19	03	Zementestrich, d=40-50mm	21	Estrich	352	Deckenbeläge	352.21.03
12	_Belag, Parkett	m2	100	01	Parkettbelag, Eiche, d=20-25mm, Versiegelung, Sockelleisten	71	Holz	325	Bodenbeläge	325.71.01
13	_Belag, Fliesen	m2	86	01	Plattenbeläge im Dünnbett, Verfugung, Sockelfliesen, Untergrundvorbereitung	31	Fliesen und Platten	325	Bodenbeläge	325.31.01
14	_Maschendrahtzaun	m	37	01	Maschendrahtzaun, h=1,10-1,80m, kunststoffummantelt, Stb-Pfostenlöcher, Metallpfosten	13	Drahtzäune	531	Einfriedungen	531.13.01
15	_Holzlattenzaun	m	120	01	Holzlatenzaun, h=1,20m, Zaunpfosten, druckimprägniert	12	Holzzäune	531	Einfriedungen	531.12.01
16	_Metall, Gitterrost	m2	250	01	Gitterroste, feuerverzinkt, Maschenweite 30x30mm, h=50mm, Auflegewinkel	32	Gitterroste	339	Außenwände, sonstiges	339.32.01
17	_Holzfassade	m2	100	01	Nadelholz-Bekleidung auf Lattungen, hinterlüftet, Fensterlaibungen, Tierschutzgitter	44	Bekleidungen auf Unterkonstruktion, Holz	335	Außenwand-bekleidungen außen	335.44.01
18	_Belag, Wandfliese	m2	88	01	Steinzeugfliesen im Dünnbett verlegt, teils mit Bordüre oder Fries	53	Verblendung, Fliesen und Platten	345	Innenwandbekleidungen	345.53.01
19	_Holztrennwand Keller	m2	37	01	Holztrennwände im Kellerbereich, Türen, Vorhängeschlösser	12	Montagewände, Holz	346	Elementierte Innenwände	346.12.01

<b>AUFBAUTEN</b>		BKI Baukosten 2015 - Bauelemente Neubau Statistische Kostenkennwerte - Ausführungsarten (Stand 1. Quartal 2015 inkl. 19%MWSt)						
Nr	Mehrschichtiger Aufbau (ArchiCad)	Einheit (BKI)	Kosten Mittelwert [€]	Ausführungsart	Ausführungsklasse	Kostengruppe	Ordnungszahl (7-stellig)	
01	__DE Deckenverschalung Holz	m2	100	02 Holz-Deckenverschalung, Unterkonstruktion	44 Bekleidungen auf Unterkonstruktion, Holz	353 Deckenbekleidungen	353.44.02	
02	__DA extensives Gründach	m2	210	01 Bitumen-Schweißbahn, Trennlage PE, d=0,2mm, zweilagig; Wärmedämmung, d=60-130mm; Dränagematte, Filterschicht, Vegetationsschicht für Ansaatflächen; Extensivbegrünung, Kiesstreifem	26 Abdichtung, Wärmedämmung, extensive Dachbegrünung	363 Dachbeläge	363.26.01	
03	__VS Vorsatzschale	m2	46	01 Vorsatzschale für Installationen, Unterkonstruktion, Dämmschicht, GK-Beplankung	92 Vorsatzschalen für Installationen	336 Außenwand-bekleidungen Innen	336.92.01	
04	__IW Holzständerwand 2-fach	m2	62	02 Holzständerwände mit Gipskarton oder Holzwerkstoffplatten, doppelt beplankt	52 Holzständerwand, doppelt beplankt	342 Nichttargende Innenwände	342.52.02	
05	__DA Glasvordach	m2	820	01 Glasvordach, VSG, Stahlkonstruktion	31 Vordächer	339 Außenwände, sonstiges	339.31.01	
06	__Vorplatz, Asphaltiert	m2	56	01 Untergrund verdichten, Feinplanie, Frostschuttschicht, d=30-40cm, Schottertragschicht, d=15cm, Bitumendeckschicht, Beton-Bordsteine	47 Deckschicht Asphalt, Tragschicht, Frostschuttschicht, Feinplanum, Untergrundverdichtung	522 Straßen	522.47.01	
07	__Belag, Holzterrasse	m2	140	031 Terrassebelag aus Holz (Lärche), inkl. Unterkonstruktionen, Befestigungen, Schrauben etc. (ohne Lieferung)	LB80			

<b>PROFILE</b>		BKI Baukosten 2015 - Bauelemente Neubau Statistische Kostenkennwerte - Ausführungsarten (Stand 1. Quartal 2015 inkl. 19%MWSt)						
Bezug	Profil (ArchiCad)	Einheit (BKI)	Kosten Mittelwert [€]	Ausführungsart	Ausführungsklasse	Kostengruppe	Ordnungszahl (7-stellig)	
01	Betonstütze, A,Ortbeton, schwer, bis 2500cm <sup>2</sup>	m	210	01 Betonstütze, Ortbeton, Querschnitt bis 2500cm <sup>2</sup> , Schalung, Bewehrung	21 Betonstütze, Ortbeton, schwer	333 Außenstützen	333.21.01	
02	Betonstütze, A, Ortbeton, leicht	m	150	81 Betonstütze, Ortbeton, Schalung, Bewehrung	22 Betonstütze, Ortbeton, leicht	333 Außenstützen	333.22.81	
03	Holzstütze, A, 10x12-16x16cm	m	27	01 Holzstütze, Brettschichtholz, Abbund, Kleiseisenteile	31 Holzstütze, Vollholz	333 Außenstützen	333.31.01	
04	Holzstütze, A, BSH	m	71	01 Holzstütze, Brettschichtholz, Abbund, Kleiseisenteile	32 Holzstütze, Brettschichtholz	333 Außenstützen	333.32.01	
05	Profilstahlstütze, A	m	72	01 Profilstahlstütze St37 für Dachkonstruktionen, Rostgrundanstrich	41 Metallstütze, Profilstahl	333 Außenstützen	333.41.01	
06	Betonstütze, I, Ortbeton, schwer, bis 2500cm <sup>2</sup>	m	160	01 Betonstütze, Ortbeton, Querschnitt bis 2500cm <sup>2</sup> , Schalung, Bewehrung	21 Betonstütze, Ortbeton, schwer	343 Innenstützen	343.21.01	
07	Holzstütze, I	m	150	81 Stütze, Holz	31 Holzstütze, Vollholz	343 Innenstützen	343.31.81	
08	Profilstahlstütze, I	m	130	01 Profilstahlstütze mit Rostschutzanstrich, Schraub- und Schweißverbindungen	41 Metallstütze, Profilstahl	343 Innenstützen	343.41.01	

Technik		BKI Baukosten 2015 - Bauelemente Neubau Statistische Kostenkennwerte - Bauelemente Gebäudearten (Stand 1. Quartal 2015 inkl. 19%MWSt)						
		ÖNORM B 1801-1 - Ebene 3		DIN 276 - Ebene 3		Einheit (BKI)	Ein-, Zweifamilienhaus unterkellert	
					mittlerer Standard		hoher Standard	PH Holz
3A.01	Besondere Baustelleneinrichtung	491	Baustelleneinrichtung					
3A.02	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen	492, 493	Gerüste, Sicherungsmaßnahmen					
3A.03	Sonstiges zu Bauwerk-Technik		-	m² BGF	€ 25,00	€ 28,00	€ 47,00	€ 41,10
3B.01	Aufzugsanlagen	461	Aufzugsanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3B.02	Fahrtreppen	462	Fahrtreppen, Fahrsteige	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3B.03	Befahranlagen	463	Befahranlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3B.04	Transportanlagen	464	Transportanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3B.05	Krananlagen	465	Krananlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3C.01	Wärmeerzeugungsanlagen	421	Wärmeerzeugungsanlagen	m² BGF	€ 44,00	€ 62,00	€ 73,00	€ 51,00
3C.02	Wärmeverteilnetze	422	Wärmeverteilnetze	m² BGF	€ 11,00	€ 15,00	€ 6,90	€ 8,00
3C.03	Raumheizflächen	423	Raumheizflächen	m² BGF	€ 25,00	€ 29,00	€ 20,00	€ 19,00
3D.01	Lüftungsanlagen	431	Lüftungsanlagen	m² BGF	€ 16,00	€ 26,00	€ 68,00	€ 67,00
3D.02	Teilklimaanlagen	432	Teilklimaanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3D.03	Klimaanlagen	433	Klimaanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3D.04	Kälteanlagen	435	Kälteanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3D.05	Prozesslufttechnische Anlagen	434	Prozesslufttechnische Anlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3E.01	Abwasseranlagen	411	Abwasseranlagen	m² BGF	€ 20,00	€ 32,00	€ 30,00	€ 27,00
3E.02	Wasseranlagen	412	Wasseranlagen	m² BGF	€ 41,00	€ 50,00	€ 64,00	€ 50,00
3E.03	Gasanlagen	413	Gasanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3E.04	Feuerlöschanlagen	414	Feuerlöschanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3F.01	Hoch-/Mittelspannungsanlagen	441	Hoch- und Mittelspannungsanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3F.02	Eigenstromversorgung	442	Eigenstromversorgungsanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3F.03	Niederspannungsschaltanlagen	443	Niederspannungsschaltanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3F.04	Niederspannungsinstallation	444	Niederspannungsinstallationsanlagen	m² BGF	€ 29,00	€ 42,00	€ 45,00	€ 30,00
3F.05	Beleuchtungsanlagen	445	Beleuchtungsanlagen	m² BGF	€ 2,80	€ 10,00	€ 5,90	€ 6,70
3F.06	Blitzschutzanlagen	446	Blitzschutz- und Erdungsanlagen	m² BGF	€ 1,80	€ 2,60	€ 2,00	€ 2,80
3G.01	Telekommunikationsanlagen	451	Telekommunikationsanlagen	m² BGF	€ 1,30	€ 1,80	€ 2,00	€ 1,20
3G.02	Such-/Signalanlagen	452	Such- und Signalanlagen	m² BGF	€ 2,30	€ 3,40	€ 3,00	€ 2,70
3G.03	Zeitdienstanlagen	453	Zeitdienstanlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3G.04	Elektroakustische Anlagen	454	Elektroakustische Anlagen	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3G.05	Fernseh-/Antennenanlagen	455	Fernseh- und Antennenanlagen	m² BGF	€ 2,90	€ 3,80	€ 3,90	€ 2,70
3G.06	Gefahrenmelde-/Alarmanlagen	456	Gefahrenmelde- und Alarmanlagen	m² BGF	€ 4,20	€ 4,00	€ 0,80	€ 4,60
3G.07	Übertragungsnetze	457	Übertragungsnetze	m² BGF	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
3H.01	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen		-					
3I.01	Maschinenanlagen		-					
3I.02	Mechatronische Anlagen		-					

FENSTER		BKI Baukosten 2015 - Bauelemente Neubau Statistische Kostenkennwerte - Ausführungsarten (Stand 1. Quartal 2015 inkl. 19%MWSt)								
Bezug	Ausführung (ArchiCad)	Einheit (BKI)	Kosten Mittelwert [€]		Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ordnungszahl (7-stellig)
<b>Fenstertyp</b>										
01	Fenstertür, KST, Isoliervergl., Dreh-Kipp	m2	300	01	Kunststofffenstertüren, Isolierverglasung, Drehkipp-Beschlag	23	Fenstertüren, Kunststoff	334	Außentüren und -fenster	334.23.01
02	Fenstertür, KST, Wärmesch.vergl.	m2	370	02	Passivhaus-Kunststofffenstertüren, Wärmeschutzverglasung, Beschläge	23	Fenstertüren, Kunststoff	334	Außentüren und -fenster	334.23.02
03	Fenstertür, Holz, Isoliervergl., Dreh-Kipp	m2	330	01	Holzfenstertüren, Isolierverglasung, Drehkipp-Beschlag	22	Fenstertüren, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.22.01
04	Fenstertür, Holz, Wärmesch.vergl.	m2	440	06	Passivhaus-Holzfenstertüren, Wärmeschutzverglasung, Beschläge	22	Fenstertüren, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.22.06
05	Fenstertür, Alu, Wärmesch.vergl., Dreh-Kipp	m2	820	01	Alufenstertüren, Wärmeschutzglas, Drehkipp-Beschlag	26	Fenstertüren, Metall, Aluminium	334	Außentüren und -fenster	334.26.01
06	Fenstertür, Wärmesch.vergl., Hebe-Schiebe	m2	410	01	Hebe-Schiebe-Tür mit Futter und wärmegeädämter Schwelle, Wärmeschutzglas	31	Schiebetüren	334	Außentüren und -fenster	334.31.01
07	Fenster, Holz, Isoliervergl., einfl.	m2	420	01	Holzfenster, Isolierverglasung, Fensterbänke innen und außen, Anstrich	62	Fenster, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.62.01
08	Fenster, Holz, Wärmesch.vergl., PH	m2	610	05	Holzfenster, hochwärmegeädämmt, erhöhte Luftdichtigkeit, luftdichter Anschluss an Wand, Dreischeiben-Wärmeschutzglas	62	Fenster, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.62.05
09	Fenster, Holz, Isoliervergl., zweifl.	m2	470	09	Holzfenster, zweiflügelig, Drehkipp- und Drehflügel, Isolierverglasung, Beschläge	62	Fenster, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.62.09
10	Fenster, Holz, Isoliervergl., Fix	m2	320	12	Holzfenster, festverglast, Isolierverglasung, Beschläge	62	Fenster, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.62.12
11	Fenster, KST, Isoliervergl., Dreh-Kipp	m2	340	01	Kunststofffenster, Isolierverglasung, Dreh-Kipp-Beschläge	63	Fenster, Kunststoff	334	Außentüren und -fenster	334.63.01
12	Fenster, KST, Wärmesch.vergl., Dreh-Kipp	m2	590	02	Kunststofffenster, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung, u-Wert=0,7W/m²K, Gasfüllung Krypton oder Argon	63	Fenster, Kunststoff	334	Außentüren und -fenster	334.63.02
13	Fenster, Holz-Alu, Wärmesch.vergl.	m2	710	03	Holz-Alu-Fenster, hochwärmegeädämmt, Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung	65	Fenster, Mischkonstruktionen	334	Außentüren und -fenster	334.65.03
<b>Sonnenschutz Außen</b>										
01	Kein	m2	0							
02	Raffstore, Handbetrieb	m2	140	01	Außenraffstores, Handbetrieb	21	Jalousien	338	Sonnenschutz	338.21.01
03	Raffstore, Alu, Elektroantrieb	m2	200	03	Sonnenschutzjalousien, Außenraffstore aus Aluminiumlamellen 80mm, Elektroantrieb	21	Jalousien	338	Sonnenschutz	338.21.03
04	Rolläden, Alu, Handbetrieb	m2	130	05	Alu-Rolläden, verschiedene Abmessungen, Handbetrieb	12	Rolläden	338	Sonnenschutz	338.12.05
05	Rolläden, Alu, Elektroantrieb	m2	290	11	Alu-Rolläden, verschiedene Abmessungen, Elektroantrieb	12	Rolläden	338	Sonnenschutz	338.12.11
<b>Sonnenschutz Innen</b>										
01	Kein		0							
02	Rollo	m2	30		Annahme					
03	Jalousien	m2	35		Annahme					
<b>Fenstergriff</b>										
01	Kein		0							
02	Designergriff Hebeschiebetür		60		Annahme					
03	Designergriff Dreh-Kipp		60		Annahme					
04	Designergriff Dreh-Kipp versperrbar		80		Annahme					
05	Fenstergriff Hebeschiebetür Edelstahl matt		50		Annahme					

Türen		BKI Baukosten 2015 - Bauelemente Neubau Statistische Kostenkennwerte - Ausführungsarten (Stand 1. Quartal 2015 inkl. 19%MWSt)								
Bezug	Ausführung (ArchiCad)	Einheit (BKI)	Kosten Mittelwert [€]	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ausführungsart	Ordnungszahl (7-stellig)	
<b>Türtyp</b>										
01	Außentür, Holz, einf.	m2	980	06	Hauseingangstür, Holz, einflügelig, wärmedämmt, Glaseinsatz, Beschläge	12	Türen, Holz	334	Außentüren und -fenster	334.12.06
02	Außentür, Metall, Stahlzarge, einf.	m2	340	01	Metalltür mit Stahlzarge, einflügelig, als Nebentür, Oberfläche endbehandelt	14	Türen, Metall	334	Außentüren und -fenster	334.14.01
03	Innentür, Ganzglas, einfach	m2	410	01	Ganzglastür, Einfachverglasung, Zarge, Beschläge	11	Türen, Ganzglas	344	Innentüren und -fenster	344.11.01
04	Innentür, Holz, Röhrenspan	m2	380	02	Holztür, Türblatt Röhrenspan, Zarge, Beschläge, Oberflächen endbe	12	Türen, Holz	344	Innentüren und -fenster	344.12.02
05	Innentür, Holz, Stahlzarge	m2	290	06	Holztür, Stahlzarge, Beschläge, Oberflächen lackiert	12	Türen, Holz	344	Innentüren und -fenster	344.12.06
06	Außentür, Sektionaltor, Alu, Elektroantrieb	m2	410	01	Sektionaltore aus Stahl oder Aluminium, Elektroantrieb	53	Rolltore, Glieder	334	Außentüren und -fenster	334.53.01
<b>Beschlag</b>										
01	Kein		0							
02	Wechselgarnitur Designer		80		Annahme					
03	Sicherheitsbeschlag Designer		180		Annahme					
04	Drückergarnitur Designer		60		Annahme					
05	WC-/Bad Garnitur Designer		55		Annahme					
<b>Schloss</b>										
01	kein		0							
02	Zylinderschloss		50		Annahme					
03	Buntbartschloss		20		Annahme					
04	WC-Schließer		20		Annahme					
<b>Türschließer</b>										
01	kein		0							
02	Oberkopftürschließer		200		Annahme					
03	Freilauftürschließer		250		Annahme					
04	integrierter Türschließer		400		Annahme					