

DIPLOMARBEIT

Planungs- und Kostensicherheit in den frühen Planungsphasen

Erstellung einer Arbeitsweise mit Building Information Modeling (BIM), welche in den frühen Planungsphasen für eine erhöhte Kostensicherheit sorgt, zur Fehlerminimierung beiträgt und insbesondere die Genauigkeit von Kostenprognosen erhöht

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

Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Heinz Johann Priebering

E253 - Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Andreas Ramsmaier, BSc

01226206

Wien, am 25.02.2022

.....

Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich in der Zeit der Verfassung dieser Diplomarbeit und auf meinem universitären Weg unterstützt haben.

Einen großen Dank spreche ich Herrn Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Heinz Johann Prieberig aus, welcher mir jederzeit und auch kurzfristig Korrekturen ermöglichte, mir stets exakte Anweisungen und Verbesserungsvorschläge gab und mir dabei trotzdem größtmögliche Freiheit in der Erstellung der Arbeit und in meinen Vorstellungen gelassen hat.

Ein weiterer Dank gilt den vielen Interviewpartnern aus Architekturbüros, Ingenieurbüros, Softwarevertreibern und Bauträgern, die sich allesamt sofort und gerne Zeit für die Experteninterviews genommen haben. Besonders bedanken möchte ich mich hier bei jenen Ansprechpartnern, die mir auch während der weiteren Bearbeitung zur Verfügung standen.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich während des gesamten Studiums unterstützt hat und jederzeit für mich da war. Meine Eltern Peter und Monika haben mir das Studium erst ermöglicht.

Ein herzliches Dankeschön gilt meiner Freundin Julia. Sie hat mich stets motiviert und mir viel Kraft und Ausdauer gegeben.

Schlussendlich möchte ich mich bei meinem gesamten Freundeskreis und meinen Studienkolleginnen und -kollegen für ihre Unterstützung während des gesamten Studiums bedanken.

Genderhinweis

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

Kurzfassung

Die Digitalisierung schreitet auch im Bauwesen weiter voran. Den Stand der Technik in der Planung stellt hier die Arbeitsmethodik Building Information Modeling (BIM) dar. Frühere Entwicklungen von Softwarelösungen hatten nur Einfluss auf bestimmte Teilbereiche des Bauwesens und der Planung. BIM sorgt erstmals für eine vollständige Veränderung der Arbeitsweise. Es fordert eine starke interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten.

Grundlegend wird ein virtuelles Gebäudemodell erstellt, welches als digitaler Zwilling des später realisierten Projekts gesehen werden kann. Die Bearbeitung des Modells endet jedoch nicht nach der Planung und der Errichtung des Gebäudes, sondern wird bis in den Betrieb genutzt und auch Umbauten werden in diesem erfasst. BIM bewirkt Änderungen in der Kommunikation und erleichtert die Dokumentation, die Kollisionsprüfung und die Nachvollziehbarkeit. Fehler können bereits im Modell teils automatisiert erkannt und behoben werden.

Im Modell werden Informationen hinterlegt und diese sind in Form von Geometrie, Materialdaten und, für die vorliegende Arbeit relevant, auch Kosten auswertbar. Es wurde untersucht, ob die Erstellung eines Workflows zur teilweise automatisierten modellbasierten Kostenermittlung zur Steigerung der Kostensicherheit insbesondere in frühen Planungsphasen beitragen und somit die Schwankungsbreite von Kostenprognosen reduziert werden kann.

Die anfänglichen Forschungsfragen (siehe 1.2) wurden in nachstehender Reihenfolge beantwortet: Die Grundlagenanalyse (siehe 2) stellt einen Vergleich und eine Zusammenfassung der derzeit aktuellen Normen auf, welche den Umgang mit BIM, Kosten und Flächen regeln.

Als Bestandsaufnahme dienten weiters Experteninterviews (siehe 3) von Architekturbüros, Fachplanern, Bauträgern bis hin zu Softwarevertreibern. Sie zeigen den Stand der Technik. Dies gibt einen Einblick in die Anwendung von BIM in Planungsbüros und wie momentan gearbeitet wird bzw. wie weit verbreitet diese Arbeitsweise ist.

Mit den daraus gewonnenen Informationen und dem Wissen wurde der Workflow erstellt (siehe 4). Ein Testobjekt eines Mehrfamilienhauses wurde für die ersten flächenbasierten Auswertungen herangezogen. Hierbei kamen die Authoring-Software Archicad und die AVA-Software Nova AVA zum Einsatz. In dieser Phase wurden mit beiden Softwarelösungen die Berechnungen durchgeführt und die Arbeitsweisen in einem Fazit nach ihren Vor- und Nachteilen verglichen.

Ab der Phase des Vorentwurfs kam ein weiteres, detaillierteres Testobjekt zum Einsatz, welches aus vorher geprüften und laut Modellierungsrichtlinien aufgebauten Elementen besteht. Dieses wurde nach einer Modellprüfung in die AVA-Software überführt und eine teilweise automatisierte Kostenermittlung erstellt. Es entstand eine kombinierte Auswertung aus elementbasierten Kosten und Flächen (siehe 4.12).

Abschließend gibt es eine Möglichkeit der Kostenkontrolle- und Steuerung mithilfe von Variantenvergleichen (siehe 4.13). Diese können grafisch und numerisch ausgegeben werden und dienen dem Monitoring und als Entscheidungshilfe für Planer, Auftraggeber und sonstige am Projekt Beteiligte.

Abstract

Digitalization is also progressing in the construction industry. The state of the art in planning is represented by the working methodology Building Information Modeling (BIM). Earlier developments of software solutions only had an impact on certain areas of construction and planning. For the first time, BIM is bringing about a complete change in the way planners work. It requires strong interdisciplinary cooperation between all project participants.

A virtual building model is created, which can be seen as a digital twin of the later realized project. BIM causes changes in communication and documentation, collision checking and traceability. Issues can already be partially automatically detected and corrected in the model.

Information is stored directly in the model. It can be evaluated in the form of geometry, material data and also costs. It was examined whether the creation of a workflow for partially automated model-based cost determination can contribute to increasing cost certainty, especially in early planning phases, and thus reduce the range of fluctuation in cost forecasts.

The initial research questions were answered in the following order: The basic analysis provides a comparison and a summary of the current standards that regulate the handling of BIM, costs and areas.

Expert interviews from architectural offices, planners, property developers and software distributors also served as an inventory. They show the state of the art. This gives an insight into the use of BIM in planning offices and how work is currently being done and how widespread this way of working is.

The workflow was created with the information and knowledge gained from this. A test object of an apartment building was used for the first area-based evaluations. The authoring software Archicad and the AVA software Nova AVA were used for this. In this phase, the calculations were carried out with both software solutions and the working methods were compared in a conclusion according to their advantages and disadvantages

Another, more detailed test object was used, which consists of previously tested elements built according to modeling guidelines. After a model check, the model was transferred to the AVA software and a partially automated cost calculation was created. The result was a combined evaluation of element-based costs and areas.

Finally, there is a possibility of cost control and management using variant comparisons. These can be output graphically and numerically and are used for monitoring and as a decision-making aid for planners, clients and other parties involved in the project

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| KURZFASSUNG | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| INHALTSVERZEICHNIS | 6 |
| ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS | 8 |
| 1. EINLEITUNG | 9 |
| 1.1. Motivation | 9 |
| 1.2. Forschungsfragen | 9 |
| 1.3. Forschungsmethodik | 10 |
| 1.4. Forschungsstand- und Abgrenzung | 11 |
| 1.5. Begriffe und Definitionen | 11 |
| 2. GRUNDLAGEN | 19 |
| 2.1. Normen und Regelwerke | 19 |
| 2.2. BIM | 25 |
| 3. EXPERTENINTERVIEWS | 32 |
| 4. ENTWICKLUNG WORKFLOW | 34 |
| 4.1. Vorgehensweise | 34 |
| 4.2. Normative Grundlage und Aufbau | 34 |
| 4.3. Verwendete Software | 39 |
| 4.4. Testobjekte / Referenzmodelle | 40 |
| 4.5. Modellierungsrichtlinie | 42 |
| 4.6. Modellprüfung in Archicad | 55 |
| 4.7. Modellprüfung in Solibri | 56 |
| 4.8. Kostenermittlung in Nova AVA | 59 |
| 4.9. Entwicklungsphase | 60 |
| 4.10. Vorbereitungsphase | 70 |
| 4.11. Vorentwurfsphase | 88 |
| 4.12. Entwurfsphase (einschließlich Genehmigungsverfahren) | 91 |
| 4.13. Kostenkontrolle und Kostensteuerung | 109 |

| | |
|--|------------|
| 5. RESÜMEE UND FAZIT | 112 |
| 6. ANHANG | 114 |
| 6.1. Anhang 1: Experteninterviews | 114 |
| 6.2. Anhang 2: Normenvergleich Flächen | 125 |
| 6.3. Literaturverzeichnis | 131 |
| 6.4. Abbildungsverzeichnis | 133 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|---|
| AG | Auftraggeber |
| AN | Auftragnehmer |
| AVA | Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung |
| BAEK | BIM-Allgemeiner-Elementkatalog |
| BAK | Baukosten |
| BGF | Brutto-Grundfläche |
| BH | Bauherr |
| BIM | Building Information Modeling |
| BKI | Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern |
| BM | Baumeister |
| BPEK | BIM-Projektelementkatalog |
| BPEL | BIM-Projektelementliste |
| BWK | Bauwerkskosten |
| CAD | Computer-aided design |
| DWG | Dateiformat von Autocad |
| DXF | Drawing Interchange Format |
| ERK | Errichtungskosten |
| FBOK | Fußbodenoberkante |
| GBK | Gebäudekosten |
| GEK | Gesamtkosten |
| GU | Generalunternehmer |
| GUID | Globally Unique Identifier |
| HKLSE | Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär, Elektro |
| HOAI | Honorarordnung für Architekten und Ingenieure |
| IFC | Industry Foundation Classes |
| KKW | Kostenkennwert |
| LG | Leistungsgruppe |
| LV | Leistungsverzeichnis |
| NF | Nutzfläche |
| SIA | Schweizer Ingenieur- und Architektenverein |
| TGA | Technische Gebäudeausrüstung |
| TU | Totalunternehmer |
| ULG | Unterleistungsgruppe |
| VDI | Verein deutscher Ingenieure |
| WDVS | Wärmedämmverbundsystem |
| XML | Extensible Markup Language |

1. Einleitung

Am Beginn jedes Projekts ist die Beeinflussbarkeit der Kosten am größten, sie nimmt im Verlauf der Planung jedoch ab. Im Gegenzug ist am Projektstart die Kostensicherheit am geringsten. Um diese Kostensicherheit zu erhöhen, ist es sehr wichtig ein Hilfsmittel an der Hand zu haben, welches eine erhöhte Prognoseschärfe besitzt¹. Ein solches Hilfsmittel zu entwickeln, stellt die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit dar.

Je früher im Projekt Kostenaussagen präzisiert werden können, desto früher kann entgegengesteuert werden. Eine solche Steuerungsmaßnahme kann z.B. eine Änderung der Planung bedeuten. Ziel der Baukostenplanung ist, von Anfang an ein durchgängiges Strukturmodell bis in die Kostenkontrolle zu schaffen¹.

1.1. Motivation

Als primäre Ziele einer Bauaufgabe sind die Realisierung unter Rücksichtnahme auf die festgelegten Rahmenbedingungen wie Bauzeit, Kosten und Qualität, sowie die mängelfreie Übergabe des Objekts zu sehen. Die Motivation hinter folgender Diplomarbeit ist, die Kosten genauer und früher feststellen und abschätzen zu können.

Sowohl Softwarehersteller- und Vertreiber als auch Anwender haben großes Interesse an einer modellbasierten Kostenermittlung und generell an der fortschreitenden Digitalisierung im Bauwesen. Der Bedarf an der Entwicklung von BIM-basierter bzw. bauelementbezogener Kostenermittlungsworkflows ist gegeben.

Die grundsätzliche Motivation ist, die im Bau- bzw. Planungswesen immer noch sehr analogen Arbeitsweisen durch intuitivere, zeitgemäße Methoden zu ersetzen und hier einerseits Fehler zu vermeiden und andererseits die Effizienz von Prozessen zu steigern. Eine integrale Planung, also eine Zusammenarbeit aller Disziplinen an einem Modell, ist das Grundkonzept der BIM-Methodik und wird hierfür verwendet.

1.2. Forschungsfragen

Die folgenden Forschungsfragen wurden bearbeitet:

Was ist der Stand der Technik?

Wie kann eine Arbeitsweise mithilfe von BIM bereits in frühen Planungsphasen für eine erhöhte Kostensicherheit sorgen und zur Fehlerminimierung beitragen?

Kann dadurch die Genauigkeit von Kostenprognosen erhöht werden?

Wie kann ein benutzerfreundlicher Workflow zur Erfüllung der oben genannten Fragen erstellt werden und was muss dieser erfüllen?

¹ (Hans, 2009), Seite 1

1.3. Forschungsmethodik

Es wird vermutet, dass eine modellbasierte Kostenermittlung eine höhere Sicherheit in der Ermittlung des Kostenziels, des Kostenrahmens, der Kostenschätzung und der Kostenberechnung bringt. Folgend wird ebenso erwartet, dass die Schätzgenauigkeit erhöht werden kann.

Diese Vermutungen wurden mithilfe einer Grundlagenanalyse und dem Feststellen des Standes der Technik und der gängigen Praxis hinterfragt. Ebenso bilden Experteninterviews die Grundlage der vorliegenden Arbeit. Anschließend war das Ziel der Arbeit die Erstellung einer nutzerfreundlichen Arbeitsweise, welche Antwort auf die gestellten Fragen gibt und auch leicht anwendbar ist.

Diese Arbeitsweise, folgend auch als Workflow bezeichnet, wurde im ersten Schritt in einer bürotauglichen Vorlage in der Architektursoftware Archicad umgesetzt. Die Ermittlung des Kostenziels und des Kostenrahmens wurden ohne Programmwechsel automatisiert in Archicad ermittelt.

Als Vergleich wurde in dieser frühen Phase jedoch auch bereits über die AVA-Software Nova AVA eine Kostenschätzung über Flächen erstellt. Als Testobjekt für die flächenbasierte Kostenermittlung diente ein Wohnbauprojekt, welches parallel entworfen wurde.

Im zweiten Schritt wurde für die weiteren Planungsphasen und genauere Kostenprognosen über die Schnittstelle IFC eine elementbasierte Kostenermittlung- und Planung mit der AVA-Software Nova AVA erstellt. Für diese nun modellbasierte Kostenermittlung wurde ein weiteres, überschaubares Testobjekt modelliert, welches alle relevanten Bauteile beinhaltet. Diese an Bauteile geknüpfte Arbeitsweise könnte bis zur Ausschreibungsphase fortgeführt werden und schafft auch die Grundlage einer modellbasierten, vereinfachten Ausschreibung.

Projekte unterliegen in frühen Planungsphasen noch ständigen Veränderungen und die Volumina sind noch stark im Fluss. Dies hat große Auswirkung auf die Kosten. Somit wurde im dritten Schritt untersucht, ob und wie diese Planungsentscheidungen Einfluss auf die Arbeitsweise haben und mit welchem Aufwand Änderungen auch in die Kostenplanung übertragen werden können. Es soll mit möglichst geringem Aufwand untersucht werden können, wie sich Planungsentscheidungen auf die Kosten eines Projekts auswirken.

In Varianten zu arbeiten, stellt besonders im Entwurf die gängige Praxis dar. Diese Varianten sollten einfach und schnell auch mit ihren Kosten abgebildet werden können. Besonders in Wettbewerben spielt die Wirtschaftlichkeit von Projekten eine große Rolle. Eine Vergleichsdarstellung in numerischer und grafischer Form soll hier bei der Entwurfsarbeit helfen und diese wiederum effizienter machen.

Abschließend wurde im Rahmen eines Fazits geklärt, ob BIM für die Planungs- und Kostensicherheit in den frühen Planungsphasen hilfreich ist, und die Forschungsfragen beantwortet.

1.4. Forschungsstand- und Abgrenzung

Diese Arbeit bezieht sich auf die frühen Projektphasen. Diese betreffen die Entwicklungsphase bis inkl. der Einreichplanung. Da eine weitere Betrachtung der darauffolgenden Projektphasen wie der Ausführungsplanung, welche auch die Ausschreibung beinhaltet, den Rahmen gesprengt hätte, wurde diese nicht weiter betrachtet.

1.5. Begriffe und Definitionen

Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling (BIM) bezeichnet eine Methode, Bauwerke anhand eines konsistenten, digitalen Gebäudemodells über ihren gesamten Lebenszyklus mit all ihren relevanten Informationen abzubilden. BIM ist eine integrale Planungsmethode. Das detailgetreue Gebäudemodell wird über den gesamten Planungsprozess von allen Projektbeteiligten mit Informationen angereichert und unterstützt so eine bessere Planung, Ausführung und spätere Bewirtschaftung des Gebäudes. So kann frühzeitig festgestellt werden, ob das Projekt in Bezug auf Konstruktion, Zeit-, Material- und Kostenplanung realistisch und effizient umgesetzt werden kann².

3D / 4D / 5D / 6D / 7D

Ein 3D-Gebäudemodell stellt die exakte geometrische Abbildung eines Bauwerks dar. Handelt es sich um ein BIM-Modell, verfügt dieses nicht nur über die rein geometrischen Angaben, sondern enthält zusätzliche Attribute und Informationen aller Komponenten oder Bauteile des Modells. In einem 4D-Modell werden diese zusätzlich durch Informationen zum Terminplan angereichert. Das 5D-Modell führt als weitere Dimension die Kosten ein. Darüber hinaus haben sich bereits weitere Dimensionen etabliert (6D / 7D / nD), die z.B. weitere Informationen zum Lebenszyklus wie Betrieb, Abriss, Entsorgung, Wartung und Instandhaltung beinhalten können².

Merkmals

Alphanumerische Elemente, bestehend aus einer immer gleichbleibenden Bezeichnung und dem variablen Inhalt im BIM-Level-3-Umfeld³.

Merkmalsserver

Der Merkmalsserver ist eine Datenbank, in der festgelegt wird, wie Modellelemente zu beschreiben sind³.

(ASI-) Merkmalsserver

Der Merkmalsserver ist eine Datenbank, in der die Struktur der Eigenschaften von IFC-Elementen und Materialien beschrieben ist. Der Merkmalsserver ist unter: db.freebim.at frei zugänglich. Es handelt sich um eine Plattform für die Veröffentlichung einer einheitlichen Struktur mit Merkmalen. In dieser Parameterstruktur sind Eigenschaften von Bauteilen und Materialien gesammelt. Die Parameterstruktur ist als Teil der ÖNORM A 6241-2 gültig³.

² (tekla.com, 2021)

³ (International, ÖNORM A 2063-2: 2021-03), Seite 7

Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA)

Als Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) definiert der BIM - Stufenplan die Anforderungen des Auftraggebers, welche Daten in einem BIM - Projekt wann und in welcher Detailtiefe benötigt werden. Durch die vertragliche Vereinbarung der AIA werden die Verantwortlichkeiten und Pflichten der Auftragnehmer in einem BIM-Projekt frühzeitig festgelegt und klar geregelt. Durch die planmäßige Bereitstellung der Informationen in der benötigten Qualität kann der Auftraggeber zum jeweils richtigen Zeitpunkt informierte Entscheidungen treffen⁴.

Big BIM

Big BIM bezeichnet die interdisziplinäre Anwendung der BIM - Methode über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, welche den Austausch von Gebäudemodellen zwischen unterschiedlichen Projektpartnern beinhaltet⁴.

BIM-Abwicklungsplan (BAP)

Der BIM-Abwicklungsplan bildet die Basis für die Zusammenarbeit im BIM-Projekt und regelt Verantwortlichkeiten der Projektpartner. Das Dokument stellt eine vertragliche Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Projektbeteiligten dar und beschreibt die vorgesehenen organisatorischen Strukturen und Prozesse, definiert die zu erbringenden BIM-Leistungen und gibt Informations- und Detaillierungstiefe (LOD) unterschiedlicher Leistungsphasen vor. Der BAP legt damit den Grundstein für einen einheitlichen Standard der Modelle unterschiedlicher Gewerke und sichert die effiziente Zusammenarbeit über das gesamte Projekt⁴.

BIM Collaboration Format (BCF)

Das BIM Collaboration Format (BCF) ist ein offenes Dateiaustauschformat, welches für die Weitergabe einzelner Informationen aus einem Gebäudemodell, wie beispielsweise Änderungen oder Kollisionen, entwickelt wurde. Das Format wird häufig für den Austausch von BIM-Softwarelösungen und BIM-Viewern verwendet. Durch die Verwendung des Formats müssen nicht in jedem Fall vollständige IFC-Modelle versandt werden. Die Dateien enthalten eine direkte Verlinkung zur relevanten Stelle im Gebäudemodell und ermöglichen so eine schnellere Koordination⁴.

BIM-Software

Bei BIM-Software handelt es sich um parametrische, dreidimensionale und bauteilorientierte CAD-Systeme. Das BIM-Modell stellt dabei das exakte digitale Abbild des späteren Gebäudes dar, einschließlich aller geometrischen, technischen, physischen und funktionalen Eigenschaften⁴.

Authoring-Software

Die BIM-Software, in der das Referenzmodell erstellt wird. Standardmäßig handelt es sich um das Architekturmodell. Beispiele hierfür sind Graphisoft Archicad, Autodesk Revit oder Nemetschek Vectorworks.

⁴ (tekla.com, 2021)

Closed BIM

Von Closed BIM spricht man, wenn alle Beteiligten eines BIM-Projekts mit derselben Softwarelösung arbeiten. Die Arbeitsweise stellt eine eingeschränkte Anwendung der BIM-Methode dar, da sie sich auf die Anwendung von Softwareprodukten eines einzelnen Herstellers beschränkt. Projektbeteiligten ist es so gegebenenfalls nicht möglich, die für sie jeweils besten Werkzeuge zu verwenden⁵.

Industry Foundation Classes (IFC)

IFC ist ein von buildingSMART International entwickeltes, offenes Austauschformat für die Gebäudedatenmodellierung. Neben geometrischen Daten bildet das IFC-Modell weitere Eigenschaften des Gebäudemodells ab. Der Austausch über das Datenformat bildet die Grundlage eines offenen Datenaustauschs in Bauprojekten, bei denen jeder Beteiligte die für ihn besten Softwarelösungen verwenden kann (siehe auch Open BIM). Dabei stellt IFC den Datenstamm eines Bauwerkes über den gesamten Lebenszyklus zur Verfügung⁵.

Ifc Building Element Part

Untergeordnete Teile eines IFC-Elements mit eigenen Merkmalen. Beispielsweise können Schichten in Wänden damit modelliert werden⁶.

Ifc Property Set

Sammlung der alphanumerischen Informationen und Daten⁵.

Quantity Set

Sammlung der mengenbezogenen Informationen⁵.

Kollisionskontrolle

Als Kollisionskontrolle oder auch Kollisionsprüfung wird die Koordination von Fachmodellen unterschiedlicher Baudisziplinen bezeichnet, bei der diese auf ihre Konsistenz überprüft werden. So kann im Rahmen der Kollisionskontrolle festgestellt werden, ob durch Planungsfehler die Arbeiten einzelner Gewerke im Widerspruch zueinander stehen. Die einfache Kombination und Kontrolle unterschiedlicher 3D-Modelle stellt eine bedeutende Effizienzsteigerung im Rahmen von BIM dar, durch die menschliche Fehler noch vor der Bauausführung identifiziert werden können⁵.

Koordinationsmodell

In einem Koordinationsmodell werden die 3D-Gebäudemodelle einzelner Projektpartner (siehe auch Fachmodelle) miteinander kombiniert und auf ihre Konsistenz hin überprüft. Das Koordinationsmodell wächst mit dem Fortschritt der Planung bzw. des Baus, genauso wie das einzelne Fachmodell. Ein Fachmodell wird in der Regel nur in einem gewissen Zeitfenster des Baus verwendet bzw. ist einer Leistungsphase zuzurechnen. Das Koordinationsmodell dagegen existiert vom Beginn der Planung an und liefert am Ende beispielsweise auch die Daten für den Betreiber des Gebäudes⁵.

⁵ (tekla.com, 2021)

⁶ (International, ÖNORM A 2063-2: 2021-03), Seite 6

Fachmodell

Als Fachmodell bezeichnet man das disziplin- bzw. gewerkespezifische 3D-Modell eines einzelnen Projektbeteiligten, z.B. das Architekturmodell, das statische Modell, das konstruktive Modell oder das Haustechnik-Modell. Die Projektpartner im BIM-Prozess arbeiten in ihren jeweils eigenen Fachmodellen, welche in einem zentralen Koordinationsmodell zusammengefügt und auf ihre Konsistenz überprüft werden⁷.

As-Built-Modell

Ist ein vollständiges BIM-Modell des gebauten Gebäudes im vereinbarten Detaillierungsgrad zum Zeitpunkt der Bauübergabe nach Errichtung oder Umbau, in einer Lage- und Größengenauigkeit von $\pm 1\text{cm}$ ⁸.

Little BIM

Als Little BIM wird die eingeschränkte Anwendung von BIM-Methoden in einer einzelnen Disziplin bezeichnet, z.B. in einem Ingenieurbüro oder Bauunternehmen. In der Regel wird dabei lediglich die Software eines Herstellers verwendet. Wenngleich das Ziel von BIM der Datenaustausch zwischen allen Projektbeteiligten ist, kann auch eine solche Insellösung unabhängig ihrer Softwarelösungen bereits die Produktivität und Effizienz im Unternehmen steigern⁷.

Open BIM

Das Open BIM-Konzept beruht auf einem offenen Austausch von Gebäudemodellen, unabhängig davon, welche Softwarelösungen von den jeweiligen Projektbeteiligten verwendet werden. Die Initiative wurde von buildingSMART und führenden Softwarehäusern wie Tekla und Graphisoft ins Leben gerufen. Ziel ist es, das Gebäude über seinen gesamten Lebenszyklus mithilfe offener Datenstandards abzubilden. Der reibungslose, systemunabhängige Austausch zwischen verschiedenen Planungslösungen wird dabei auch als Interoperabilität bezeichnet. Als wichtigstes Austauschformat für einen offenen BIM-Prozess gilt IFC⁷.

Parametrische Modellierung

Parametrische Modellierung beschreibt die Erstellung von Gebäudemodellen, bei der die einzelnen Bauwerkskomponenten in Relation zueinanderstehen und sich gegenseitig beeinflussen. Einzelnen Bauteilen sind dabei parametrische Eigenschaften, wie beispielsweise Höhe, Länge, Breite, Position etc. zugeordnet. Bei Änderungen einer Komponente des Modells, passen sich die dazu in Relation stehenden Teile automatisch an. Auch Zeichnung, Stücklisten oder andere Dokumente, die aus dem Modell abgeleitet werden, passen sich automatisch an⁷.

⁷ (tekla.com, 2021)

⁸ (International, ÖNORM A 7010-6: 2019, 3.1, 2019), Seite 4

Level of Geometry (LoG)

LoG beschreibt die messbare Form und Position von Bauteilen.

Beispiel: Ein rundes Rohr wurde mit einem Durchmesser von 20cm auf 1m Höhe verbaut⁹.

Level of Information (LoI)

LoI bezeichnet die nicht geometrischen Informationen, welche in einem Bauteil vorhanden sind, wie z.B. Feuerwiderstandsklasse, Material, etc.

Beispiel: Das verbaute Rohr ist aus Gusseisen und Teil eines Abflusssystems⁹.

Level of Development (LoD)

LoD stellt den Entwicklungsstand oder Fertigstellungsgrad dar. Er vereint die Informationen von LoG und LoI.

Beispiel: Das Gusseisenrohr ist ein Abflussrohr mit dem Durchmesser von 20cm und wurde in einer Höhe von 1m verbaut⁹.

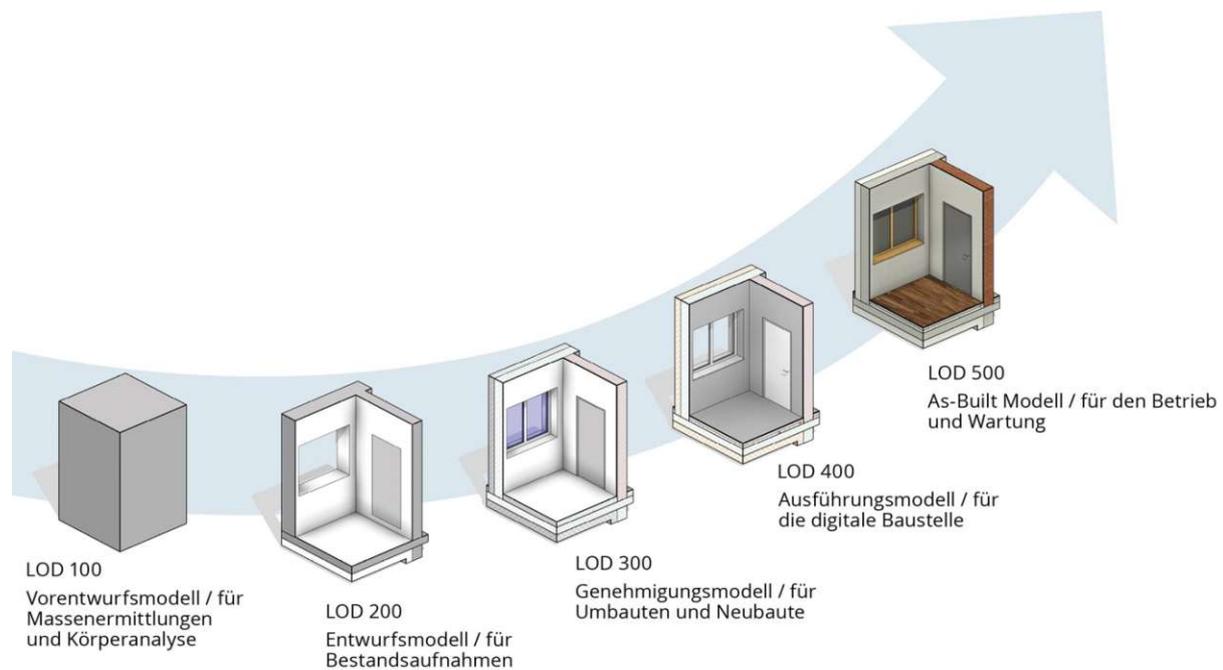


Abbildung 1: Detaillierungsgrade nach LoD

Quelle: <https://www.buildinformed.com/log-lod-loi/>, abgerufen am 10.10.21

LoD wird z.T. auch als Level of Detail bezeichnet, beschreibt den Detaillierungsgrad bzw. Entwicklungsstand der Bestandteile eines Gebäudemodells. LOD gibt damit Auskunft über die Informationstiefe einzelner Bauteile in einem Modell, deren Anforderungen sowohl für die unterschiedlichen Disziplinen als auch Leistungsphasen variieren. Das American Institute of Architects (AIA) definiert fünf Grundstufen von LOD 100 bis LOD 500. Diese reichen von der rein konzeptionellen bzw. graphischen Darstellung des Modells (LOD 100) bis zum „as-built“ Modell (LOD 500). LOD ermöglicht damit auch eine Einschätzung, wie belastbar die Informationen eines Bauwerksmodells sind¹⁰.

⁹ (Build Informed, 2021)

¹⁰ (tekla.com, 2021)

Issue

Ein Issue beschreibt nicht nur eine Kollision bspw. zwischen einer Wand und einem Rohr, sondern ist ganz allgemein als Unstimmigkeit zu sehen. Eine Unstimmigkeit kann dementsprechend auch ein (vermeintlicher) Fehler in der Planung sein, über den es zu sprechen gilt. Es kann eine Rückfrage des Bauherrn an den Architekten, oder eine Nachfrage zu einem geplanten Durchbruch oder zu einer Raumnutzung sein, was wiederum zwischen dem Architekten, dem TGA-Planer und dem Statiker geklärt werden muss¹¹.

Issue-Management

Unter BIM-Issue-Management wird der Prozess der Identifizierung und Prüfung etwaiger Kollisionen und Probleme unter bzw. zwischen den einzelnen BIM-Modellen verstanden¹².

Dokumentenmanagement-Systeme (DMS)

Die zentrale Datenverwaltung wird mit Dokumentenmanagement-Systemen (DMS) umgesetzt. Diese Systeme bieten verschiedene Funktionen, wie beispielsweise Suchen oder Verwalten, für die Bearbeitung von digitalen Dokumenten¹³.

Steuerung

Eingriff in die Planung zur Einhaltung von Vorgaben von der Entwicklungs- bis zur Ausführungsphase¹⁴.

Leistungsmodell

Standardisiertes Regelmodell für Bau-, Planungs- und Managementleistungen, wobei die Anwendung im Zusammenhang mit dem Zeitstrukturmodell erfolgt. Angegeben z.B. in den LM.VM 2014: Leistungs- und Vergütungsmodelle.

Attribut

Alphanumerisches Element, bestehend aus einer immer gleichbleibenden Bezeichnung und variablem Inhalt. Zum Beispiel Attribut „Fläche“ mit variablem Flächeninhalt¹⁵.

Building Information Modeling Level 2 (BIM Level 2)

Methode zum Erstellen, Vorhalten und Vernetzen eines gewerkübergreifenden (integralen) virtuellen CAD-Modells, beginnend mit der ersten Gebäudeskizze, endend mit dem Abbruch des Bauwerks.

¹¹ (Langwich & Scherder, 2021)

¹² (tekla.com, 2021)

¹³ (Borrmann, 2015)

¹⁴ (International, ÖNORM B 1801-1 2021-02, 2021), Seite 5

¹⁵ (International, ÖNORM A 6241-1 2015, 2015), Seite 6

Building Information Modeling Level 3 (BIM Level 3, iBIM)

Vollständig integraler, gemeinschaftlicher Prozess der Modellierung eines virtuellen Gebäudemodells in Übereinstimmung mit der Ausführung für die Datenpflege über den gesamten Lebenszyklus, in einem gemeinsamen, zentralen Datenmodell unter Einarbeitung von Sachdaten für weiterführende Informationen, die als zusätzliche Dimensionen beschrieben werden¹⁶.

ID

eindeutige Identifikation von Elementen in CAD-Modellen¹⁷.

GUID

Globally Unique Identifier: ist ein automatisch generierter, weltweit eindeutiger Code als offener Standard im Bauwesen zur digitalen Beschreibung von Gebäudemodellen¹⁸

Baukostenkennwert

Ein Baukostenkennwert ist ein bestimmter Kostenbetrag in Relation zu einer Bezugseinheit, wie z.B. € / m². Die Wahl des zutreffenden Kennwertes ist von zentraler Bedeutung, da dieser einen wesentlichen Hebel darstellt¹⁹.

Im Wesentlichen werden sechs verschiedene Arten von Baukostenkennwerten unterschieden²⁰:

- Nutzungseinheitenbezogene Baukostenkennwerte
- Flächen- und kubaturbezogene Baukostenkennwerte
- Prozentanteile als Baukostenkennwerte
- Leistungsgruppenbezogene Baukostenkennwerte
- Leistungspositionenbezogene Baukostenkennwerte
- Elementbezogene Baukostenkennwerte

Kennwertbezugsgröße

Parameter, der für die Elementmengenberechnung verwendet wird und auf dessen Einheit der Elementpreis umgerechnet wird²¹.

Element

Ein Element ist das Pendant der Leistungsposition in der Baugliederung.

AVA

Prozess der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen, der Auftragsvergabe und der Abrechnung von Leistungen²²

¹⁶ (International, ÖNORM A 6241-1 2015, 2015), Seite 6

¹⁷ (Borrmann, 2015)

¹⁸ (International, ÖNORM A 6241-1 2015, 2015), Seite 3

¹⁹ (Blecken & Hasselmann), Seite 101

²⁰ (Mathoi, Kostenplanung und -verfolgung im Hochbau), Seite 278f

²¹ (International, ÖNORM A 2063-2: 2021-03), Seite 7

²² (Standards, ÖNORM A 2063-1:2021-03, 2021), Seite 6

Leistungsbeschreibung (LB)

Sammlung von Vorbemerkungen und Positionen zu einem bestimmten Sachgebiet²³.

AVA-Element

Element, das jene Information abbildet, die für die Erstellung von Leistungsverzeichnissen, Kostenermittlungen und anderen Berechnungen (z.B. ökologischen Analysen) benötigt werden²⁴.

Anmerkung zum Begriff: Es kann mit einem IFC-Element verknüpft werden.

AVA-Element-Instanz

Ist ein konkreter Einzelfall eines AVA-Elementes. Sie kann mit einer IFC-Element-Instanz verknüpft werden²⁴.

Boundary Representation - Begrenzungsflächenmodell (BREP)

Darstellungsform eines Flächen- oder Volumenmodells, in der Objekte durch ihre begrenzenden Oberflächen beschrieben werden.

Building Smart Data Dictionary

Ist ein offenes Klassifizierungssystem für das Bauwesen auf Grundlage der ISO 12006-3 für die Benennung von Bauteilen, Materialien und deren Merkmale.

²³ (Standards, ÖNORM A 2063-1:2021-03, 2021), Seite 6

²⁴ (International, ÖNORM A 2063-2: 2021-03), Seite 5

2. Grundlagen

2.1. Normen und Regelwerke

2.1.1. BIM

International

ISO 16739

Die DIN EN ISO 16739 „Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement“ definiert den Austausch von Bauwerksmodellen zwischen Softwareanwendungen. Diese Norm entspricht dem von buildingSMART entwickelten Standard IFC4, der seit 2013 als ISO 16739, seit 2016 als EN ISO 16739 und seit 2017 als DIN EN ISO 16739 eingeführt ist²⁵.

ISO 29481

Diese Normen legen Format und Datenschema für die Austauschbarkeit von Daten für BIM und die Anwendung von IFC fest²⁶. Durch diese Norm soll die Interopabilität von verschiedenen Softwareprodukten gefördert werden.

Österreich

ÖNORM A 6241-1

Die Norm "Technische Zeichnungen für das Bauwesen - Teil 1: CAD-Datenstruktur und Building Information Modeling (BIM) - Level 2" wurde am 1. Juli 2015 publiziert und ersetzt die ÖNORM A 6240-4²⁷.

Diese ÖNORM regelt die technische Umsetzung des Datenaustausches und der Datenhaltung von Gebäudeinformationen des Hochbaues und verwandter, raumbildender Konstruktionen des Tiefbaues, die während der Planung und im Zuge des lebenszyklischen Managements von Immobilien erforderlich sind, einschließlich der in diesen Gebäudemodellen enthaltenen alphanumerischen Daten²⁷.

In dieser ÖNORM werden die wichtigsten Begriffe, Strukturen und Darstellungsgrundlagen für die grundlegenden Techniken des Datentransfers zweidimensionaler CAD-Dateien und für das "Building Information Modeling" (BIM) festgelegt²⁷.

Da sich diese Norm eher mit gängigen CAD-Zeichnungen beschäftigt und in Bezug auf BIM nicht genügend in die Tiefe geht, ist sie für die vorliegende Arbeit kaum relevant.

²⁵ (DIN-Bauportal, 2021)

²⁶ (Borrmann, 2015), Seite 2

²⁷ (Austrian Standards, 2021)

ÖNORM A 6241-2

Mit dieser ÖNORM wird für Österreich erstmalig die Anwendung von Technologien des BIM beschrieben und die dafür erforderlichen normativen Voraussetzungen geschaffen. Dies erfolgte unter besonderer Rücksichtnahme auf die für die erfolgreiche Anwendung von BIM unverzichtbare, integrale Zusammenarbeit der Planungsbeteiligten.

„Die vorliegende ÖNORM regelt die technische Umsetzung eines einheitlichen, strukturierten mehrdimensionalen Datenmodells für Bauwerke des Hochbaus und verwandter, raumbildender Konstruktionen des Tiefbaus basierend auf BIM Level 3. Das Datenmodell bildet die Grundlage für die Zusammenarbeit sämtlicher im Zuge des lebenszyklischen Managements Beteiligter von der Planung bis zum Abbruch. Diese ÖNORM schafft des Weiteren Grundlagen für einen umfassenden, einheitlichen, produktneutralen, systematisierten Austausch von grafischen Daten und den zugehörigen Sachdaten auf Basis von IFC“²⁸.

ÖNORM A 2063-1

Diese ÖNORM regelt den Aufbau von Datenbeständen, die automationsunterstützt in den Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) zwischen allen Beteiligten ausgetauscht werden. Behandelt werden: Leistungsbeschreibung (LB), Leistungsverzeichnis (LV) und Abrechnung²⁹.

Der Datenaustausch basiert auf dem XML-Schema (Extensible Markup Language).

ÖNORM A 2063-2

Besonders dieser zweite Teil ist relevant, da dieser die Planungsmethode Building Information Modeling (BIM) Level 3 berücksichtigt. Diese Norm behandelt den Austausch von Daten in elektronischer Form für die Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA)³⁰.

Mit der Planungsmethode BIM sind modellierte Bauwerksteile und technische Anlagen aus dem CAD als IFC-Elemente in eine IFC-Datei zu exportieren und anschließend mit einem AVA-Element aus einem BIM-Projektelementkatalog zusammenzuführen. AVA-Elemente sind mit Informationen zu ergänzen, damit Kostenermittlungen gemäß ÖNORM B 1801-1, Ausschreibungen, Angebotslegung, Angebotsprüfungen, sowie die Durchführung von Vergaben und Abrechnungen mit der Planungsmethode BIM gelingen³⁰.

AVA-Elemente müssen in einem BIM-Allgemeiner-Elementkatalog (BAEK) vorliegen (z. B. als Standard für Planungsaufgaben) oder sind in einem BIM-Projektelementkatalog (BPEK) für ein konkretes Vorhaben zusammenzustellen³⁰.

Die BIM-Projektelementliste (BPEL) stellt die Verknüpfung von AVA-Elementen des BPEK mit den einzelnen IFC-Element-Instanzen einer IFC-Datei dar. Eine AVA-Element-Instanz in der BPEL entspricht einer IFC-Element-Instanz oder einem Teil davon³¹.

„Die ÖNORM A2063-2 ermöglicht erst die 5D -Planung, da diese Norm das Regelwerk dafür darstellt.“³²

²⁸ (International, ÖNORM A 6241-2: 2015, 2015), Seite 3

²⁹ (Standards, ÖNORM A 2063-1:2021-03, 2021), Seite 5

³⁰ (International, ÖNORM A 2063-2: 2021-03), Seite 8

³¹ (Austrian Standards, 2021)

³² (Diesenberger, 2020)

Deutschland

DIN SPEC 91400_2015-01

Stellt ein System für einheitliche Klassifikation und Beschreibung von BIM-Objekten dar. Diese Beschreibung wird in Kombination mit dem Standardleistungsbuch im Bauwesen für Wände, Fenster und Sanitärausstattungen verwendet.

In Deutschland wurde ebenfalls eine Richtlinienreihe VDI 2552 mit neun Richtlinienblättern entwickelt, obwohl erst drei dieser Richtlinienblätter erschienen sind. Als erstes wurde im Jahr 2017 VDI 2552 Blatt 3 „BIM- Mengen und Controlling“ ausgegeben, danach folgte VDI 2552 Blatt 3 „BIM – Datenmanagement“. Im Anschluss wurde VDI 2552 8.1 „BIM – Qualifikationen – Basiskenntnisse“ veröffentlicht. In diesen Richtlinien sind Methoden für die gemeinsame Nutzung von Mengenmodellen, das zentrale Datenmanagement und die Qualitätssicherung festgelegt³³.

Geregelt werden unter anderem die LoD (siehe Abbildung 1)

LoD 100 (konzeptionell, Vorentwurf)

Dient der Darstellung der Entwurfsidee. Enthält wesentliche raumbildende Modellelemente.

LoD 200 (ungefähre Geometrie, Entwurfsplanung)

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

LoD 300 (genaue Geometrie, Genehmigungsplanung)

Modellelemente enthalten nun sämtliche alphanumerischen Informationen (Aufbauten und Baustoffe, tragende Bauteile, Brandschutzkonzepte, etc.)

LoD 400 (Ausführungsplanung)

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

LoD 500 (Bestands- und Objektdoku)

Modellelemente enthalten erste Informationen über ihre bauliche Ausführung

Schweiz

SIA 2051

Die SIA 2051 stellt ein Merkblatt zu Building Information Modeling dar. Ergänzend werden zwei Dokumentationen als Anwendungshilfe angeboten³⁴.

Dokumentation D 0270:

Anwendung der BIM-Methode - Leitfaden zur Verbesserung der Zusammenarbeit

Dokumentation D 0271:

Anwendung der BIM-Methode - Modellbasierte Mengenermittlung

³³ (VDI.de, 2018)

³⁴ (architektenverein, 2021)

2.1.2. Flächenermittlung

Basis jeder Kostenkalkulation sind die ihr zugrunde liegenden Flächen aus dem Projekt. Problematisch ist hier, dass es derzeit unterschiedliche Regeln und Definitionen zur Bewertung von Gebäudegrundflächen gibt. Datenvergleiche fallen deswegen mit hoher Wahrscheinlichkeit ungenau aus. Diese Vergleichbarkeit ist jedoch für Entscheidungsträger wie Planer und Architekten, Ökonomen und Investoren, Eigentümer und Mieter von Wichtigkeit.

Da die Flächen in der vorliegenden Arbeit direkt aus dem Modell ermittelt werden, müssen sie in Form von Räumen korrekt modelliert werden und einheitliche Zuweisungen erhalten. Ein ausführlicher Vergleich der Normen EN_15221-6, ÖNORM B1800 und DIN 277 ist in Anhang 2 (siehe 6.2) – „Normenvergleich Flächen“ zu finden.

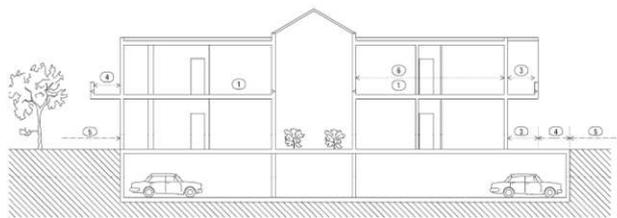
Es hat sich herausgestellt, dass die ÖNORM B1800 stark an die EN_15221-6 angelehnt ist, da diese die übergeordnete Norm darstellt. Weiters zeigt die EN_15221-6 hilfreiche Skizzen zur Ermittlung aller notwendigen Flächen und erfasst diese exakt. Besonders die Differenzierung von allseits umbauten, teils umschlossenen und nicht überdeckten Bereichen ist nützlich, da sich diese in den Kosten stark unterscheiden. Die Kombination dieser beiden Normen wird als Grundlage der Berechnung aller Flächen- und Rauminhalte bei der vorliegenden Arbeit verwendet.

Tabelle 1 – Hierarchie der Grundflächen im Gebäude

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|--------------------------------------|
| Ebenenfläche (EF) | | | | | | | | | |
| Brutto-Grundfläche (BGF) | | | | | | | | | |
| Innen-Grundfläche (IGF) | | | | | | | | | |
| Netto-Grundfläche (NGF) | | | | | | | | | |
| Netto-Raumfläche (NRF) | | | | | | | | | |
| Unverwendbare Grundfläche (UGF) | Außenwand-Konstruktions-Grundfläche (AKG) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Innenwand-Konstruktions-Grundfläche (IKG) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | Trennwand-Grundfläche (TGF) | Technikfläche (TF) | | Verkehrsfläche (VF) | | Sanitärfläche (SF) | | Nutzfläche (NF) | |
| | | Beispiele für Unterteilungen siehe Anhang C | | Beispiele für Unterteilungen siehe Anhang C | | Beispiele für Unterteilungen siehe Anhang C | | Beispiele für Unterteilungen siehe Anhang C | |
| | | unbeschränkt nutzbare Technikfläche (UTF) | beschränkt nutzbare Technikfläche (BTf) | unbeschränkt nutzbare Verkehrsfläche (UVF) | beschränkt nutzbare Verkehrsfläche (BVF) | unbeschränkt nutzbare Sanitärfläche (USF) | beschränkt nutzbare Sanitärfläche (BSF) | unbeschränkt nutzbare Nutzfläche (UNF) | beschränkt nutzbare Nutzfläche (BNF) |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Tabelle 1: Grundflächen

EN 15221-6:2011: Hierarchie der Grundflächen im Gebäude



Legende

- 1 BGF
- 3 NGF_B
- 4 NGF_C
- 5 unbebaute Fläche
- 6 NGF_A

ANMERKUNG Die Indizes beziehen sich auf die Anmerkung in 5.1

Abbildung 2: Unterscheidung der Flächen nach Umbauung

Quelle: EN 15221-6:2011, Bild B2: Beispiel für einen Balkon

2.1.3. Kosten

1995 wurde die ÖNORM B 1801-1 geschaffen, die sich auf die beinahe gleichen Begriffe stützt wie die DIN 276, jedoch ein anderes Strukturmodell als Gliederungssystem anbietet³⁵. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Gegenüberstellung der Kostengruppen nach ÖNORM B 801-1, DIN 276:2018 und der Schweizer Norm SN 506 511:2012 für die Erstellung der Baugliederung.

| Baugliederung | ÖNORM B 1801-1 2021 | Kostengruppe | DIN 276 Dez. 2018 | Hauptgruppe | SN 506 511 Jän. 2012 | Integrierter Code | Übereinstimmung | | | |
|---------------|------------------------|--------------|------------------------------|-------------|------------------------------------|----------------------|-----------------|-----------|-------------------|--------------|
| | konform ON-DIN-SN | | konform ON-DIN-SN | | konform ON-DIN-SN | | | | | |
| 0 | Grund | 100 | Grundstück | A | Grundstück | 100 | | | | |
| 1 | Aufschließung | 200 | Vorbereitende Maßnahmen | B | Vorbereitung | 200 | | | | |
| 2 | Bauwerk-Rohbau | 300 | Bauwerk - Baukonstruktionen | C | Konstruktion Gebäude | 300.C | Bauwerkskosten | Baukosten | Errichtungskosten | Gesamtkosten |
| | | | | E | Äussere Wandbekleidung Gebäude | 300.E | | | | |
| | | | | F | Bedachung Gebäude | 300.F | | | | |
| 4 | Bauwerk-Ausbau | | | G | Ausbau Gebäude | 300.G | | | | |
| 3 | Bauwerk-Technik | 400 | Bauwerk - Technische Anlagen | D | Technik Gebäude | 400 | | | | |
| 5 | Einrichtung | 600 | Ausstattung und Kunstwerke | H | Nutzungsspezifische Anlage Gebäude | 600 | | | | |
| | | J | Ausstattung Gebäude | | | | | | | |
| 6 | Außenanlagen | 500 | Außenanlagen und Freiflächen | I | Umgebung Gebäude | 500 | | | | |
| 7 | Planungsleistungen | 700 | Baunebenkosten | V | Planungskosten | 700 | | | | |
| 8 | Projektnebenleistungen | 800 | Finanzierung | W | Nebenkosten zu Erstellung | | | | | |
| 9 | Reserven | | | Y | Reserve, Teuerung | 800 | | | | |
| | | | | Z | Mehrwertsteuer | 900 | | | | |

Abbildung 3: Gegenüberstellung ÖNORM / DIN

Quelle: ÖNORM B 1801-1:2021-02, Anhang C, Seite 48

Die Aufteilung der DIN 276 ist weniger praktikabel als die der ÖNORM B1801-1. Die Kostengliederung der DIN gliedert nämlich nicht ausschreibungsgetreu, sondern nach Bauteilarten. Als Beispiel werden hier tragende Betonwände als auch nichttragende Betonwände oder Trockenbauwände in dieselbe Kostengruppe gegliedert. Dies führt danach zu Umrechnungen, um auf die Kostenanschläge zu kommen³⁶.

Da diese Diplomarbeit praxisnahe an relevante Normen angelehnt ist, wurde hier die ÖNORM B1801-1 als Regelwerk herangezogen. Der Workflow richtet sich nach der Gliederung dieser Norm. Die DIN 276 wurde jedoch als Veranschaulichung der möglichen Anpassung des Workflows unter Punkt 4.10.1 in der Entwicklungsphase als alternative Berechnung der Kosten auch angewandt.

³⁵ (Hans, 2009), Seite 1

³⁶ (Bauwirtschaft, 2022)

2.1.4. AVA

ÖNORM A 2063-1

Die ÖNORM A2063-1 (Ausgabe: 2021-03-15) - Teil 1 normiert den Austausch von Leistungsbeschreibungs-, Ausschreibungs-, Angebots-, Auftrags- und Abrechnungsdaten. Im Vergleich zur vorhergehenden Norm aus dem Jahr 2015 behandelt diese Norm auch die Anwendung für die Planungsmethode Building Information Modeling (BIM). Der 1. Teil dieser Norm behandelt den Austausch von Daten in elektronischer Form für die AVA.

Die ÖNORM A 2063-1: 2021-03 regelt den Aufbau von Datenbeständen, die automationsunterstützt in den Phasen der AVA zwischen allen Beteiligten ausgetauscht werden³⁷ und stellt daher eine wichtige Grundlage dieser Arbeit dar.

Wichtige Begriffe sind hierbei:

- Leistungsbeschreibung (LB)
- Leistungsverzeichnis (LV)
- Abrechnung

Leistungsbeschreibung

Eine Leistungsbeschreibung stellt eine Sammlung von Vorbemerkungen und Positionen zu einem bestimmten Sachgebiet dar und muss wie folgt gegliedert werden:

- Leistungsgruppe (LG)
- Unterleistungsgruppe (ULG)
- wählbare Vorbemerkung oder Position

Leistungsverzeichnisse

Folgende Leistungsverzeichnisse gibt es:

- Entwurfs-LV
- Kostenschätzungs-LV
- Ausschreibungs-LV

Gegliedert wird ein LV in:

- Hauptgruppe (HG)
- Obergruppe (OG)
- Leistungsgruppe (LG)
- Unterleistungsgruppe (ULG)
- Wählbare Vorbemerkung oder Position

ÖNORM A 2063-2

Die ÖNORM A 2063-2 (Ausgabe 2021-03-15) – Teil 2 berücksichtigt die Planungsmethode BIM Level 3 (siehe 2.2.2) beim Austausch von Daten in elektronischer Form für die AVA.

Die Norm regelt den Aufbau von Datenbeständen in BIM und bildet die Grundlage für die Zusammenarbeit von allen in den AVA-Phasen Beteiligten. Dies sind z.B. die Bauwerksmodell-Ersteller, Kostenermittler und alle beteiligten Planer³⁸.

³⁷ (Standards, austrian-standards.at, 2013)

³⁸ (Standards, austrian-standards.at, 2021)

2.2. BIM

Mithilfe einer Grundlagenermittlung wurde das Thema BIM untersucht und aufbereitet. Es wurde der Stand der Technik in Form von bereits publizierten Arbeiten und Literatur erhoben und die gängige Praxis mithilfe von Experteninterviews (siehe 3) erfragt.

Es wurden einschlägige Publikationen, Diplom- und Masterarbeiten und Dissertationen zum Thema studiert. Es sollen sowohl die Vor- als auch Nachteile dieser Arbeitsweise aufgezeigt werden. Inwieweit die Arbeitsweise in der Praxis wirklich etabliert ist, wird in den folgenden Kapiteln aufgezeigt.

Dass die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten in einem Team mit der Ausrichtung auf gemeinsame definierte Projektziele ein Erfolgsfaktor sein sollte, gilt auch für konventionelle Projektstrukturen. Befürworter von BIM versprechen sich mehr Klarheit beim Bausoll sowie insbesondere höhere Kostensicherheit. Dies soll erreicht werden durch ein „Prinzip der gläsernen Taschen“, nach dem alle anfallenden Kosten und Selbstkosten abgerechnet werden. Dadurch, dass die Vergütung für den Bauherrn transparent sei, sollen die Konflikte bei Leistungsänderungen und die damit verbundenen Nachträge erheblich reduziert werden³⁹.

2.2.1. Was ist BIM?

„Unter Building Information Modeling (BIM) oder Gebäudedaten-Modellierung versteht man die optimierte Planung und Ausführung von Gebäuden mit Hilfe entsprechender Software. BIM ist ein intelligentes digitales Gebäudemodell, das allen Projektbeteiligten - vom Architekten und Bauherrn über den Haustechniker bis hin zum Facility Manager - ermöglicht, gemeinsam an diesem integralen Modell zu arbeiten und dieses zu realisieren.“⁴⁰

BIM ist nicht als ein reines 3D-Modell zu verstehen, sondern ist es viel mehr ein Gesamtkonzept bestehend aus einer Software, einer Planungsmethode und dem Prozess⁴¹.

Das digitale 3D-Modell, kann von der Planung und Realisierung bis zum Abbruch des Gebäudes genutzt werden. Die Modelldatenbank wird durch die elektronische Speicherung analoger Größen im 3D-Modell erstellt. Auf diese Informationen kann zu jedem Zeitpunkt des Lebenszyklus, unabhängig von der Projektphase, zugegriffen werden⁴².

BIM ist ein recht weit gefasster Begriff, der den Prozess der Erstellung und Verwaltung eines digitalen Gebäudemodells, einer Baustelle oder eines Bauobjekts in allen seinen Phasen beschreibt. Die Verwendung eines digitalen Modells erleichtert die Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse erheblich und bietet darüber hinaus eine genaue und zuverlässige Multikomponenten-Informationsbasis für die Entscheidungsfindung. Die Bauindustrie sieht sich weltweit mit neuen Herausforderungen in Bezug auf Produktivität, Kosten- und Zeitersparnis konfrontiert. Moderne Bautechnologie ermöglicht es, komplexe Objekte schnell und effizient zu bauen. Die erwiesene Effizienz hat die BIM-Technologie zum zentralen Trend im Bauwesen gemacht. Darüber hinaus hat die Popularität von Building Information Modeling zusammen mit dem Voranschreiten der Digitalisierung im Allgemeinen und der gesetzlichen Unterstützung in vielen Ländern exponentiell zugenommen. Die BIM-Technologie umfasst eine ganze Reihe von Interaktionen und die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Spezialisten in einem digitalen Format. Die geläufigste Anwendung vereinfacht die Realisierung von Projekten, indem sie verschiedene Szenarien auf einem virtuellen Modell klar darstellt. Auf diese Weise hilft Building Information Modeling, Fehler zu vermeiden, Kosten zu optimieren und den Bauprozess zu

³⁹ (Artmann, 2021), Seite 9

⁴⁰ (Berner, Kochendörfer B., & Schach, 2010)

⁴¹ (Gasteiger, 2015)

⁴² (Borrmann, 2015)

beschleunigen. Am Ende eines Projekts stellen die gewonnenen Daten eine wichtige Informationsquelle für die Nachprojektphasen dar, was die Zusammenarbeit mit den Betreibern eines Gebäudes nach der Fertigstellung verbessert und dessen Lebensdauer verlängert⁴³.

2.2.2. Stufen der Zusammenarbeit / Levels

In Großbritannien werden vier verschiedene Stufen (BIM Level 0 bis Level 3) definiert. Die einzelnen BIM-Level beschreiben nicht nur den Einsatz der Technologie, sondern auch wie weit die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten rund um BIM-Modelle digitalisiert und organisiert ist. Um Märkte mit unterschiedlichem Reifegrad besser vergleichen zu können, wurden daher folgende Stufen definiert⁴³:

BIM Level 0 – wenig digitalisierte Zusammenarbeit

Es wird noch mit gewöhnlichen CAD-Zeichnungen und noch nicht am gemeinsamen 3D-Modell gearbeitet. Der Informationsaustausch zwischen dem beteiligten Team erfolgt auf dem Papier oder bestenfalls über elektronische Medien wie E-Mail. Jedoch besteht keine Möglichkeit, in einer gemeinsamen digitalen Umgebung zu arbeiten⁴³.

BIM Level 1 – teilweise digitalisierte Zusammenarbeit

Daten sind einheitlich strukturiert und können durch ein 3D-Format ergänzt werden. BIM Level 1 deutet auf das Vorhandensein grundlegender Informationen sowie eine bedingte gemeinsame Datenumgebung hin. Jedoch existiert keine durchgehende digitale Interaktion zwischen verschiedenen Projektteams. Der Austausch von Informationen erfolgt zwar bereits in einem digitalen Format, meist über ein Dokumentenmanagementsystem, aber einzelne Teams arbeiten mehr nebeneinander als miteinander⁴³.

BIM Level 2 – fortgeschrittene digitalisierte Zusammenarbeit

Diese Phase zeichnet sich durch eine gute Zusammenarbeit zwischen mehreren Teams aus. Verschiedene Spezialisten können mit ihren Programmen mit denselben BIM-Modellen interagieren – die Daten können dann in einer Softwareanwendung unter Verwendung eines gemeinsamen Dateiformats zusammengesetzt werden. Außerdem kann analysiert werden, was in der Entwurfsphase verbessert oder ersetzt werden muss. Auf dieser Stufe können die Projektbeteiligten auch zusätzliche Parameter wie Zeit und Kosten verfolgen und so die greifbaren Vorteile der BIM-Technologie erschließen⁴³.

BIM Level 3 – vollständig digitalisierte Zusammenarbeit

Diese Stufe erfordert eine mehrstufige, einheitliche Umgebung, die die Arbeit aller Projektbeteiligten zusammenführt – vom Architekten und den Systemingenieuren über den Bauunternehmer bis hin zu den Gebäudeeigentümern und Facility Managern arbeiten alle mit den gleichen BIM-Modellen. Level 3 bedeutet die Integration aller Projektdaten, wobei internationale Standards verwendet werden. Das stellt sicher, dass alle Daten mit dem IFC-Format kompatibel sind. Beim BIM Level 3 wird auch mit Echtzeitdaten gearbeitet. Diese Daten decken nicht nur die Planungs- und Bauphase ab, sondern auch die Betriebsphase. Große Mengen an Projektdaten öffnen somit die Tür für neue Möglichkeiten bei der Verwaltung, dem Betrieb und der Optimierung einer Immobilie⁴³.

Die vorliegende Arbeit bewegt sich in Level 2 und 3. Es erfolgen Analysen und Kostenvergleiche von verschiedenen Varianten. Diese werden programmübergreifend über das IFC-Format ausgeführt.

⁴³ (Heinreich, 2021)

2.2.3 BIM im Ländervergleich

Im Jahr 2021 hat die Planradar GmbH eine Studie durchgeführt, um den Einsatz der BIM-Technologie in den acht europäischen Ländern Deutschland, Österreich, Schweiz, Russland, Großbritannien, Frankreich, Polen und Kroatien zu evaluieren⁴⁴.

Im Fokus stehen dabei Unternehmen aus dem Bausektor, die neben Architekten und Planern auch Bauunternehmen, Bauträger und Projektentwickler umfassen. Die Studie untersuchte auch, inwieweit Regierungen der einzelnen Länder die Building Information Modeling-Technologie und digitale Arbeitspraktiken regeln und unterstützen⁴⁴.

Der Einsatz von BIM 2021: 8 Länder Europas im Vergleich

| | Der am weitest verbreitete BIM Level | Seit wann ist BIM gesetzlich vorgeschrieben? | Prozent der Bauunternehmen, die BIM einsetzen |
|--------------------|--------------------------------------|--|---|
| UK | 2, in manchen Fällen 3 | 2016, für öffentliche Projekte | 80 % |
| Deutschland | 1, in manchen Fällen 2 und 3 | 2017, für Projekte mit einem Volumen von +100 Millionen Euro | 70 % |
| Polen | 1, in manchen Fällen 2 | 2030, für Projekte unter staatlicher Beteiligung | 50 % |
| Frankreich | 2 | 2022 | 60 % |
| Kroatien | 0, in manchen Fällen 1 | Zur Zeit nicht verpflichtend | 10 % |
| Österreich | 1 | 2018-20, für öffentliche Einrichtungen | 20 % |
| Russland | 1, in manchen Fällen 2 und 3 | 2022, für öffentliche Einrichtungen | 10 % |
| Schweiz | 1 und 2 | 2018, für öffentliche Einrichtungen | 20 % |

© PlanRadar

Abbildung 4: Der Einsatz von BIM im Europavergleich

Quelle: <https://www.planradar.com/at/bim-europavergleich/>, abgerufen am 10.10.21



Abbildung 5: Der am weitest verbreitete BIM Level im Europavergleich

Quelle: <https://www.planradar.com/at/bim-europavergleich/>, abgerufen am 10.10.21

⁴⁴ (Heinreich, 2021)

BIM in Deutschland

Ungefähr 70 % der Bauunternehmen in Deutschland nutzen BIM auf verschiedenen Ebenen. Mehr als zwei Drittel davon sind Architekten und Planungsbüros. Unter den Anwendern ist BIM Level 2 bereits weit verbreitet, wobei es jedoch auch noch viele Nutzer auf BIM Level 1 gibt⁴⁵.

Bei der Einführung von BIM in der Bauwirtschaft hat Deutschland viel von den Erfahrungen Großbritanniens gelernt. Während die ersten deutschen BIM-Projekte zwischen 2006 und 2009 durchgeführt wurden, wird Building Information Modeling seit 2015 konsequent bei Großprojekten mit einem Budget von 25 Millionen Euro oder mehr eingesetzt. Das bringt mit sich, dass die Technologie vorwiegend von großen Anwendern genutzt wird. So nutzen etwa kleine Planungsbüros BIM kaum⁴⁵.

Derzeit gibt es in Deutschland keine spezifischen BIM-Standardklauseln für Planungs- und Bauverträge, die über die ISO-Normen hinausgehen. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat angekündigt, kleine und mittlere Unternehmen bei der Umstellung auf Building Information Modeling finanziell zu unterstützen. Außerdem sollen verstärkt Pilotprojekte gefördert werden, um Unternehmen dabei zu helfen, die besten Ansätze für die Einführung von Building Information Modeling zu finden⁴⁵.

Zahlreiche Verbände und Unternehmen haben in Deutschland die Gruppe „Planen Bauen 4.0“ gegründet, die die Umsetzung von Building Information Modeling im Land aktiv unterstützt. Darüber hinaus gibt es zwei Ebenen offizieller Standardisierungsaktivitäten, wobei die erste Ebene durch den VDI (Verein Deutscher Ingenieure) vertreten wird. Die Organisation wird den deutschen nationalen BIM-Standard entwickeln, der vom Deutschen Institut für Normung – DIN – genehmigt werden soll⁴⁵.

Seit 2017 ist Building Information Modeling für Projekte im Wert von über 100 Millionen Euro verpflichtend. Seit 2020 ist die Nutzung von Building Information Modeling für alle öffentlichen Aufträge, die den Bau von Bundesinfrastruktur oder infrastrukturelevanten Gebäuden betreffen, verpflichtend⁴⁵.

⁴⁵ (Heinreich, 2021)

BIM in Österreich

Zwar verfügt Österreich mit der ÖNORM A 6241-2 über fortschrittliche BIM-Standards, jedoch nutzen nur rund 20 Prozent der Unternehmen im Bausektor die Technologie. Auch der Reifegrad ist im Vergleich zu anderen großen Ländern mit BIM Level 1 im Schnitt weniger weit ausgeprägt⁴⁶.

BIM wird in Österreich bereits seit 2011 von einzelnen Unternehmen eingesetzt. Seit 2015 und nach der Veröffentlichung der ÖNORM A 6241 hat sich die Umsetzung bei großen Unternehmen jedoch intensiviert. Ein wesentlicher Grund, warum Building Information Modeling bislang nur von den Big Playern verwendet wird, ist der Einsatz vieler verschiedener Programme und Formate. Das erschwert die Einrichtung von BIM-Projekten und den Austausch von Informationen. Somit besteht ein großer Teil der österreichischen Projekte, die BIM verwenden, aus staatlich geförderten Einrichtungen oder großen kommerziellen Bauvorhaben⁴⁶.

Seit 2018 ist Building Information Modeling in Österreich verpflichtend für die Budgetkontrolle bei der Errichtung von öffentlichen Gebäuden. Gemäß einer Empfehlung der Europäischen Kommission ist Building Information Modeling in Österreich seit 2020 für Ausschreibungen und öffentliche Bauaufträge verpflichtend. Ein Gesetz, das die Verwendung von BIM in Österreich breiter durchsetzt, wurde jedoch nicht verabschiedet. Stattdessen liegt die Entscheidung, Building Information Modeling zu verwenden, beim Auftraggeber und kann im Vertrag festgelegt werden⁴⁶.



Abbildung 6: Vorschreibung von BIM

Quelle: <https://www.planradar.com/at/bim-europavergleich/>, abgerufen am 10.10.21

⁴⁶ (Heinreich, 2021)

BIM in der Schweiz

Etwa 20 Prozent der Unternehmen im eidgenössischen Bausektor verwenden Building Information Modeling regelmäßig, wobei sich die Nutzung vor allem auf Architekten, Designer und Großunternehmen im Baugewerbe konzentriert. Rund zwei Drittel der Unternehmen haben bereits Erfahrungen mit der Technologie gesammelt. Meist wird auf BIM-Level 1 gearbeitet, wobei in letzter Zeit vermehrt Projekte mit dem BIM-Level 2 durchgeführt wurden⁴⁷.

Auffällig in der Schweiz ist, dass 70 Prozent der Unternehmen festhalten, dass Building Information Modeling eine sehr wichtige Rolle für die zukünftige Bau- und Immobilienwirtschaft im Land haben wird. Jedoch unterstreichen drei Viertel auch, dass die meisten Firmen in der Schweiz noch nicht ausreichend für den Einsatz von Building Information Modeling vorbereitet sind⁴⁷.

BIM ist in der Schweiz seit den 2010er Jahren im Einsatz. Die Anwendung der Technologie ist jedoch noch ausbaufähig. Dass eine Verwendung von Building Information Modeling in der Schweiz noch häufig scheitert, hat verschiedene Gründe. Zum einen klagen Unternehmen über die hohe Regulierungsdichte und hohe Investitionskosten. Mangelnde Anwenderkenntnisse erschweren die Adoption zusätzlich. Zum anderen ist die Schweiz kulturell bedingt sehr fragmentiert. Entsprechend herrschen in den verschiedenen Kantonen vielfältige und unterschiedliche Herangehensweisen an Bauprojekte, wenn es um Planung, Bau und Betrieb geht. Das erschwert die Etablierung einheitlicher Arbeitsweisen⁴⁷.

2018 wurde die Nutzung von Building Information Modeling in der Schweiz von staatlicher Seite auf Schiene gebracht. Seit 2021 setzen die Eidgenossen in ihren staatlichen Bauten und ab 2025 bei Infrastrukturprojekten auf Building Information Modeling. Begleitet wird der Prozess von fortschrittlichen Regelwerken SIA 2051, D 0270 und D 0271⁴⁷ (siehe 2.1.1 - Schweiz).

BIM im Europavergleich

2021 bleibt Großbritannien unangefochten führend bei der Nutzung und Implementierung von Building Information Modeling in Bauprojekten. Zum einen hat es bereits seit 2007 BIM-Standards entwickelt und eingesetzt, die sowohl auf nationaler Ebene verabschiedet wurden als auch die Grundlage der ISO 19650 bilden. Zum anderen müssen seit 2016 alle staatlich geförderten Projekte mindestens BIM Level 2 verwenden. Dies hat zu einem enormen Anstieg des Bewusstseins und der Nutzung von Building Information Modeling geführt⁴⁷.

Gleichzeitig gilt jedoch, dass andere große europäische Länder wie Deutschland oder Frankreich in den letzten Jahren stark aufgeholt haben, was Schritte zur Standardisierung bzw. die allgemeine Adoption der Technologie betrifft. Darauf folgen kleinere Länder wie Österreich, die Schweiz und Kroatien, wo die Implementierung von Building Information Modeling noch weniger weit fortgeschritten ist. Das Schlusslicht bildet in diesem Hinblick Kroatien, wo Building Information Modeling nur in vereinzelten Sonderfällen eingesetzt und die digitale Zusammenarbeit mit dem BIM Level 0 noch sehr eingeschränkt ist⁴⁷.

Nicht zuletzt durch die COVID-19-Pandemie sind Bauunternehmen gefordert, Digitalisierungsprozesse zu beschleunigen. Die Effektivität der Technologien selbst und die Fähigkeit, sie im Rahmen der Fernsteuerung und Projektkoordination anzuwenden, ist in den letzten Jahren noch offensichtlicher geworden. Das führte auch dazu, dass in vielen Ländern das Thema BIM-Implementierung auf staatlicher Ebene das lang ersehnte grüne Licht erhielt, nachdem es jahrelang aufgeschoben oder ständigen Revisionen unterworfen war⁴⁷.

⁴⁷ (Heinreich, 2021)

Auffallend ist, dass die Digitalisierung von Bauvorhaben aber trotz der gesteigerten Bemühungen der letzten Jahre noch Lücken aufweist. Selbst in hoch entwickelten europäischen Ländern geht die Anwendung in der Regel nicht über den BIM Level 2 hinaus. Dies ist auf die überall gleichen Hindernisse zurückzuführen⁴⁸:

- Fehlen einheitlicher Standards und Normen sowie staatlicher Regelwerke für Building Information Modeling oder mangelndes Wissen über die notwendigen Standards
- Mangel an staatlicher Unterstützung für die Implementierung der notwendigen Technologien
- Mangel an Fachleuten und Berufsverbänden für die Ausbildung und Umschulung
- Mangelnde Nachfrage nach einer solchen Technologie bei den Kunden aufgrund eines unzureichenden Bewusstseins für die Vorteile
- Eine zum Teil stark traditionell verhaftete Bauindustrie, in der Innovationen nur langsam umgesetzt werden

All diese in der Studie aufgezeigten Hindernisse wurden auch durch die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführten Interviews so bestätigt.

2.2.4. Integrale Zusammenarbeit

Christoph M. Achammer, CEO von ATP architekten ingenieure und Universitätsprofessor am Lehrstuhl für Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung zu integraler Zusammenarbeit: „Der Freiberufler ist eine semantische Hinwendung dazu, nicht im Team arbeiten zu wollen. Das setzt sich weiter fort in den Ausbildungen an den Universitäten – eine integrale Ausbildung gibt es nicht, in den Standesvertretungen und in den von diesen Standesvertretungen festgesetzten Leistungsbildern. Ich zitiere immer die HOAI: „Ein Architekt hat die Aufgabe, die Ergebnisse der Fachingenieure in seine Planung einzuarbeiten.“ Das ist nichts anderes, als das Bekenntnis, nicht integral arbeiten zu wollen. Dabei ist z. B. BIM ohne Bekenntnis zum integralen Arbeiten sinnlos. Die Bauausführer werden so in erster Linie zu Montageunternehmen. Das ist eine Revolution in der ausführenden Industrie.“⁴⁹

„BIM ist ein Muss ab der Garage. In fünf Jahren, behaupte ich, wird kein Haus mehr ohne gemacht, allein schon aus den geschilderten Veränderungen im Procurementprozess. Ich halte es nicht für sinnvoll, eine Komplexitätsgrenze einzuziehen.“⁴⁹

⁴⁸ (Heinreich, 2021)

⁴⁹ (Achammer, 2017)

3. Experteninterviews

Mit Interviews von Anwendern und Experten aus der Praxis wurde der Stand der Technik untersucht. Es wurden Architekten, Fachplaner, ein Bauträger und ein Softwarevertreiber interviewt. Es sollte im ersten Schritt die momentan gängige Praxis aufgezeigt werden und geklärt werden, wie derzeit in den meisten Büros gearbeitet wird. Der Fokus der Interviews wurde auf die Digitalisierung der Planung mithilfe des Werkzeugs BIM und auf die Kostenplanung und die daraus resultierende Effizienzsteigerung gelegt. Auf Wunsch einiger Interviewpartner wurden die Daten anschließend anonymisiert. Für genauere Auskünfte zu den Interviewpartnern ist der Autor dieser Arbeit zu kontaktieren.

Schwerpunkt soll hier, der Diplomarbeit folgend, die Thematik der Kostenplanung und der Steigerung der Genauigkeit der Prognosen in den frühen Planungsphasen sein. Der Interviewleitfaden wurde in vier Themenschwerpunkte gegliedert:

- Einführung, Allgemeines zum Thema BIM
- Stand der Technik, eigene, persönliche Meinung
- BIM in der Kostenplanung
- Zukunft der Digitalisierung im Bauwesen und Wünsche

Generell gilt für die Fragen, dass BIM gemeint ist, wenn die Informationen und Daten auch wirklich verarbeitet werden. Das heißt, dass ein Arbeiten mit 3D-Modellen oder das Auswerten einzelner Flächen noch nicht als das Verwenden der BIM-Methodik bezeichnet werden kann.

Die vollständigen Fragen und Antworten sind im Anhang 1 „Experteninterviews“ (siehe 6.1) zu finden.

Auswertung und Fazit der Interviews

In den Interviews zeigte sich ein großes Interesse und eine hohe Hilfsbereitschaft seitens der angefragten Unternehmen. Generell merkt man, dass sich beinahe alle Unternehmen mit der Thematik befassen und auch Interesse an der modellbasierten Kostenermittlung haben.

Für BIM verantwortliche interviewte Personen beschäftigen sich im Schnitt seit fünf bis zehn Jahren persönlich mit der Thematik. Bei der Implementierung in den Unternehmen sind noch große Unterschiede in der Zeit und vor allem in der Tiefe festzustellen.

Beinahe 90% der befragten Büros arbeiten bereits mit der BIM-Methode.

Bei der eingesetzten Authoring-Software ist grundsätzlich kein Trend erkennbar. Jedoch ist unter den Fachplanern REVIT weiter verbreitet. Als Prüfsoftware und zur Kollisionskontrolle wird Solibri am meisten genannt. Bei zusätzlichen Tools und Hilfsmitteln wird noch viel auf Excel zurückgegriffen. Eine Alternative hierzu wird aber meist gesucht bzw. besteht Interesse an anderen Softwarelösungen, die Daten weiterverarbeiten und auch besser visualisieren können.

Es gibt einen Trend hin zu closed BIM. Diese Arbeitsweise wird als verlustfreier bezeichnet und die Arbeit an einem gemeinsamen Modell, welches jeder bearbeiten kann, als Vorteil genannt.

Die Frage, ob sich BIM durchsetzen wird, wird zu 80% mit JA beantwortet. Es wird ein Zeitraum von fünf bis zehn Jahren angegeben, bis sich BIM in der Fläche durchsetzen wird.

Für den fehlenden Einsatz in Österreich wird von allen Befragten der finanzielle Aspekt angegeben. Die Kosten übersteigen momentan meist noch den Nutzen. Danach folgt der Mehraufwand an Schulungen und das konservative Denken in der Baubranche bzw. die Angst vor einer Umstellung.

Als Vorteil der Arbeitsweise mit BIM wird am häufigsten die bessere Kommunikation genannt, danach die Single Source of Truth.

Als Nachteil wird meist der hohe Aufwand, die noch zu hohen Kosten und die fehlenden Grundlagen und Normen genannt.

Die meisten Unternehmen setzen BIM spätestens ab dem Vorentwurf ein.

BIM wird bei Großprojekten und öffentlichen Auftraggebern teils bereits vorausgesetzt und verlangt.

Ob es eine Mindestgröße an Mitarbeitern und Infrastruktur für die Implementierung von BIM gibt, wird von den Architekturbüros verneint. Bei den Interviews wurde angegeben, dass die Architektur hier bereits tiefer in der Thematik ist als die Fachplaner es sind. Das Referenzmodell kommt immer seitens der Architektur. Die Fachplaner hingegen geben eine Mindestgröße von fünf Personen im Unternehmen für eine sinnvolle Implementierung an.

Ob eine Kosteneinsparung durch BIM über ein gesamtes Projekt erzielt werden kann, wurde nicht klar beantwortet. Die Meinungen gehen hier auseinander. Ebenso gilt dies bei Einsparungen in der Bauzeit.

Die Kostenplanung wird in den interviewten Unternehmen größtenteils konventionell durchgeführt. Es werden zwar bereits Flächen und Mengen aus den Modellen genutzt, meist aber nichts darüber hinaus. Es ist eine Tendenz zu erkennen, dass bereits in frühen Planungsphasen sowohl mit Flächen als auch mit Elementen gerechnet wird. Dies geschieht in einer Kombination aus beiden Verfahren. Erfahrungswerte und Benchmarks der Unternehmen spielen eine sehr große Rolle.

Es besteht durchgängiges Interesse an einem Workflow, der die modellbasierte Kostenrechnung erleichtert bzw. diese automatisiert. Von solch einer modellbasierten Kostenrechnung werden folgende Punkte erwartet:

- verbessertes Monitoring
- Nachvollziehbarkeit der Werte und Ergebnisse
- Möglichkeit Variablen zu verändern, Erfahrungswerte einfließen zu lassen und Aufschläge sowohl in Massen als auch in den Kosten eingeben zu können

Man wünscht sich von der Digitalisierung im Bauwesen, dass es bessere Richtlinien und Standards gibt, der Nutzen offensichtlicher wird, wahrheitsgemäßer mit Problemen und Fehlern umgegangen wird und dass ausführende Unternehmen ebenfalls die Potenziale sehen und an der Entwicklung mitwirken.

Die Ergebnisse dieser Experteninterviews und insbesondere die Wünsche an eine modellbasierte Kostenermittlung bilden die Grundlagen für das nachstehende Kapitel und somit der Entwicklung des Workflows.

4. Entwicklung Workflow

4.1. Vorgehensweise

Die in den vorangegangenen Kapiteln erhobenen Daten und Informationen sind Grundlage für die folgende Entwicklung des Workflows zur Kostenermittlung mithilfe von BIM. Je nach Projektphase und zugeordneter Baugliederung werden die Kosten über Flächenansätze und Benchmarks bis hin zu bauelementbezogenen Errichtungskosten über das BIM-Modell ermittelt.

4.2. Normative Grundlage und Aufbau

Als Grundlage dient die ÖNORM B 1801-1. Diese gibt vor, dass die geforderten Kosten, abhängig von den Projektphasen, nach nachstehender Grafik zu ermitteln sind. Die Kostenplanung ist kontinuierlich und systematisch in allen Projektphasen durchzuführen. Die Vorgabe stellen hierbei die Kosten und die Finanzierung dar. Miteinbezogen werden müssen die Qualität, die Quantität, die Termine und die Ressourcen.

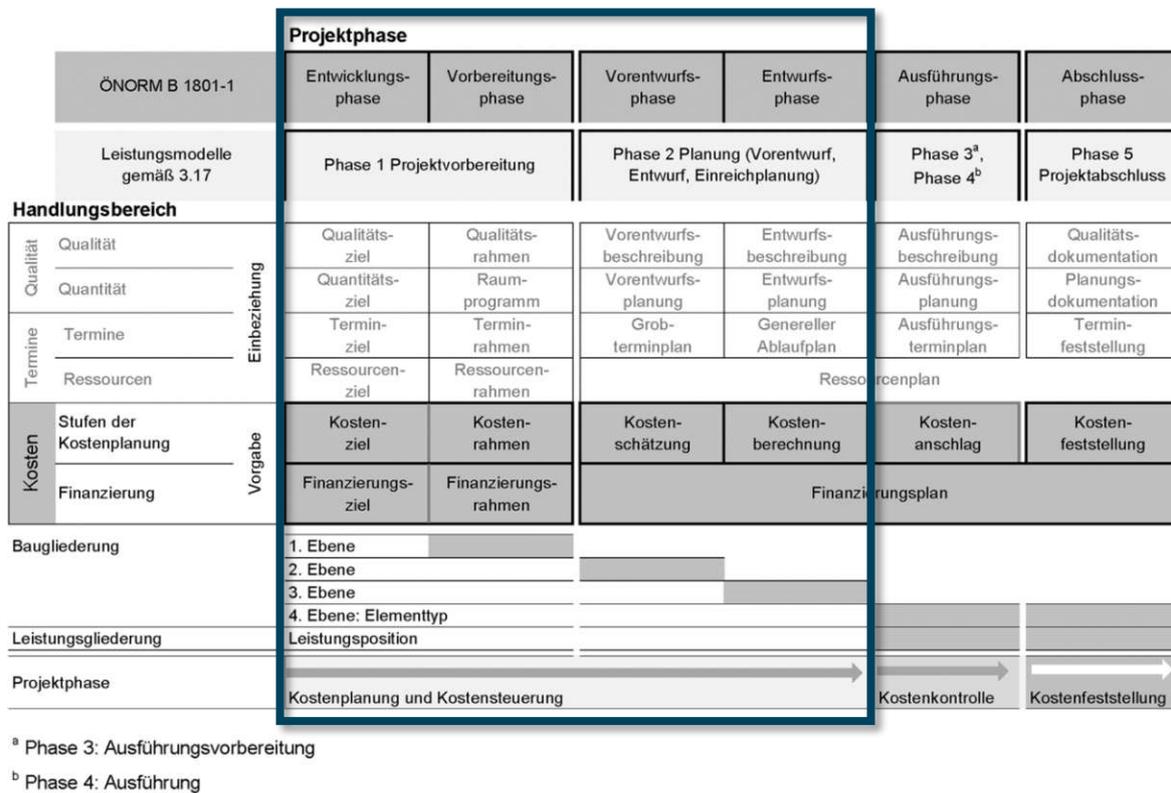


Abbildung 7: Behandelte Projektphasen

Quelle: Austrian Standards International. ÖNORM B 1801-1, Ausgabe 2021-02-01, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung, Bild 3 – Kostenplanung, Seite 9

Laut obenstehender Grafik wurde für den Workflow der markierte Bereich der frühen Planungsphasen behandelt. Diese vier frühen Projektphasen stellen gemeinsam die Kostenplanung und Kostensteuerung dar. Laut Norm ist diese in vier Stufen unterteilt. Die Umsetzung erfolgte in diesen Stufen und ist in folgenden Schritten erfolgt:

| | | |
|------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 1.) Entwicklungsphase | Ermittlung des Kostenziels | Kap. 4.9 |
| 2.) Vorbereitungsphase | Ermittlung des Kostenrahmens (KR) | Kap. 4.10 |
| 3.) Vorentwurfsphase | Erstellung der Kostenschätzung (KS) | Kap. 4.11 |
| 4.) Entwurfsphase | Erstellung der Kostenberechnung (KB) | Kap. 4.12 |

Zur Kontrolle der Einhaltung der Kostenkennwerte, der Gegenüberstellung verschiedener Varianten und dem Kostencontrolling wurde abschließend eine numerische und grafische Vergleichsdarstellung erarbeitet (siehe 4.13).

Die vierte Ebene der Baugliederung in der Ausführungsphase würde auf den Workflow aufbauen und eine modellbasierte Ausschreibung ermöglichen. Dies wurde in vorliegender Arbeit nicht näher betrachtet. Folgende weitere Schritte der Kostenkontrolle wären:

| | |
|----------------------|---|
| 5.) Ausführungsphase | Erstellen des Kostenanschlags Projektstand vor Versand der LV's |
| 6.) Abschlussphase | Kostenfeststellung und Abrechnung |

Es werden drei Arten von Gliederungen unterschieden:

Objektgliederung

Die Objektgliederung enthält Grundstücke und Objekte und dient der systematischen Zuordnung von Grundstücken und Objekten. Die Objekte werden hierbei nach ihrer überwiegenden Nutzung zugewiesen. Dies können z.B. Objekte für Wohnen, Beherbergung, Schulungen, etc. sein.

Baugliederung

Die Baugliederung darf einer Einteilung in technische Merkmale, herstellungsmäßigen Gesichtspunkten, oder der Lage im Bauwerk folgen und weiter untergliedert bzw. ergänzt werden.

Die Baugliederung stellt für den vorliegenden Workflow die relevanteste Gliederung dar, da sie die Elemente abbildet, welche in der Ausführung gebaut werden und somit aus dem Modell bemessen werden können. Je nach Projektphase wird in verschiedene Ebenen eingeteilt.

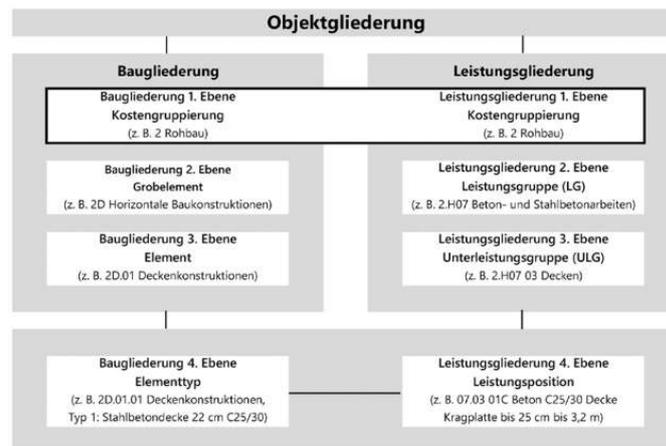


Abbildung 8: Gliederungssystem lt. ÖNORM
 Quelle: ÖNORM B 1801-1:2021-02, Bild 7, Seite 17

Anhand des Beispiels „Bauwerk Rohbau“ wird die Gliederung bis in die dritte Ebene gezeigt.

| | | | |
|-------|-------------------------|---|-------------------------|
| 2 | Bauwerk Rohbau | | Summe |
| 2A | Allgemein und Sonstiges | | |
| 2A.01 | Baustelleneinrichtung | Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der Baustelleneinrichtung | nach Projektanforderung |

Abbildung 9: Baugliederung

Quelle: ÖNORM B 1801-1:2021-02, Tabelle 1, Seite 20

1. Ebene der Baugliederung

Beispiel: Bauwerk Rohbau

Diese Gliederung in Form von Grobelementen ist in der Vorbereitungsphase anzuwenden.

2. Ebene der Baugliederung

Beispiel: Allgemein und Sonstiges

Zeigt die Gliederung 2. Ebene und ist in der Vorentwurfsphase anzuwenden.

3. Ebene der Baugliederung

Beispiel: Baustelleneinrichtung

Zeigt die Gliederung 3. Ebene. Ab dem Entwurf inkl. der Genehmigungsplanung muss der Kostenplan in dieser Tiefe erstellt werden.

Leistungsgliederung

Die Leistungsgliederung wird nach Leistungsgruppen, Unterleistungsgruppen und Leistungspositionen erstellt. Anwendung findet sie vor allem in der Ausführungs- und Abschlussphase eines Projekts.

Mögliche Ursachen und Auswirkungen einer Kostenüberschreitung

An dieser Stelle soll kurz darauf eingegangen werden, warum es zu Kostenüberschreitungen kommt und was mögliche Ursachen hierfür sind.

Bei Kostenüberschreitungen wurde oft in frühen Planungsphasen das Projektrisiko unterschätzt. Ab Einreichung haben die Vergabeverfahren, der Bieterkreis und die Marktsituation (Lage), Zusatzwünsche und nicht genehmigte Projektänderungen großen Einfluss⁵⁰. Sogenannte undefinierte Änderungen⁵¹ bzw. nicht sauber dokumentierte oder nicht rückverfolgbare Änderungen haben ebenso großen Einfluss. Versteckte Claims, Tarnen und Täuschen sind gängige Praktiken, die zu Kostenüberschreitungen führen.

Die Beeinflussbarkeit des AG ohne verlorenen Aufwand nimmt im Verlauf eines Projektes immer weiter ab⁵⁰.

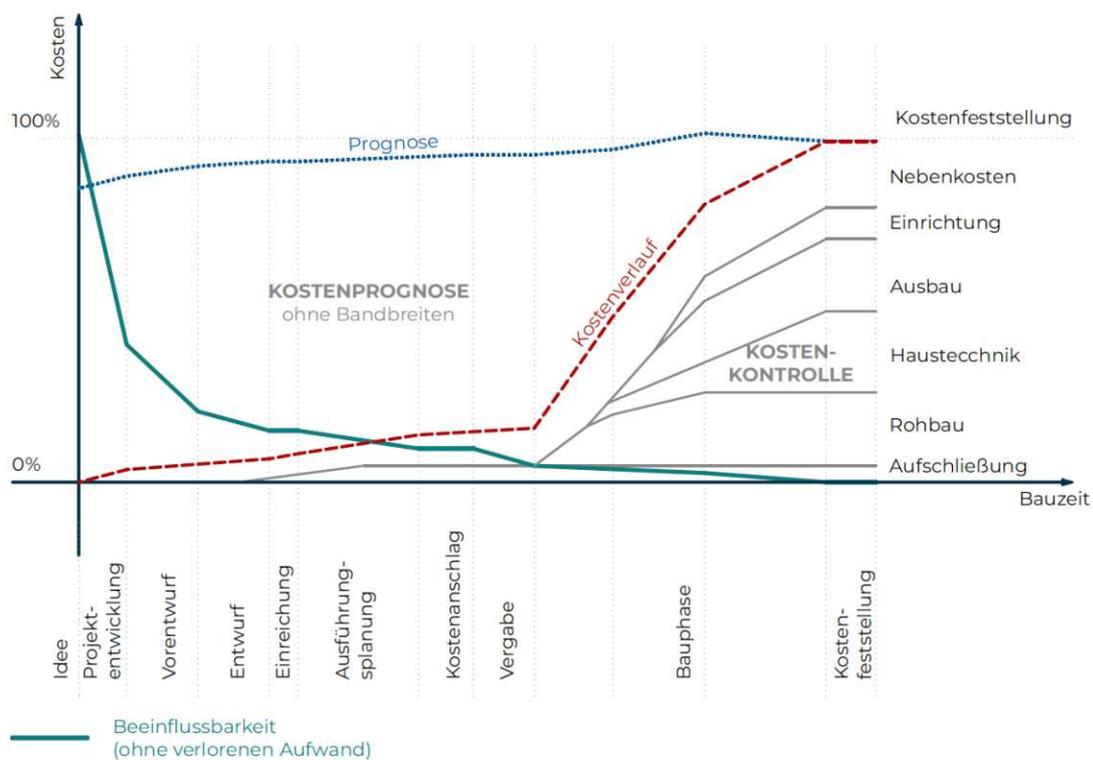


Abbildung 10: Einflussmöglichkeiten des AG

Quelle: vgl. Skript Termin- und Kostenplanung, Simlinger, 2020, Seite 5

Da Wiederholungsleistungen eigener Leistungen zur Erfüllung des Werkvertrags meist nicht bezahlt werden, gilt es mögliche Kostenüberschreitungen früh zu erkennen. Da dies sowohl im Interesse des Planers als auch des AG liegt, ist eine wirtschaftliche Optimierung der technisch möglichen Planungsschritte empfehlenswert⁵².

⁵⁰ (Simlinger, 2020), Seite 4-6

⁵¹ (Reiner, 2022)

⁵² (Simlinger, 2020), Seite 9

In der nächsten Grafik wird ersichtlich, dass die Bandbreite erster Kostenschätzungen durchaus bei $\pm 40\%$ liegen kann. Der sogenannte Kostentrichter verengt sich bis zur Kostenfeststellung immer weiter im Verlauf des Projekts.

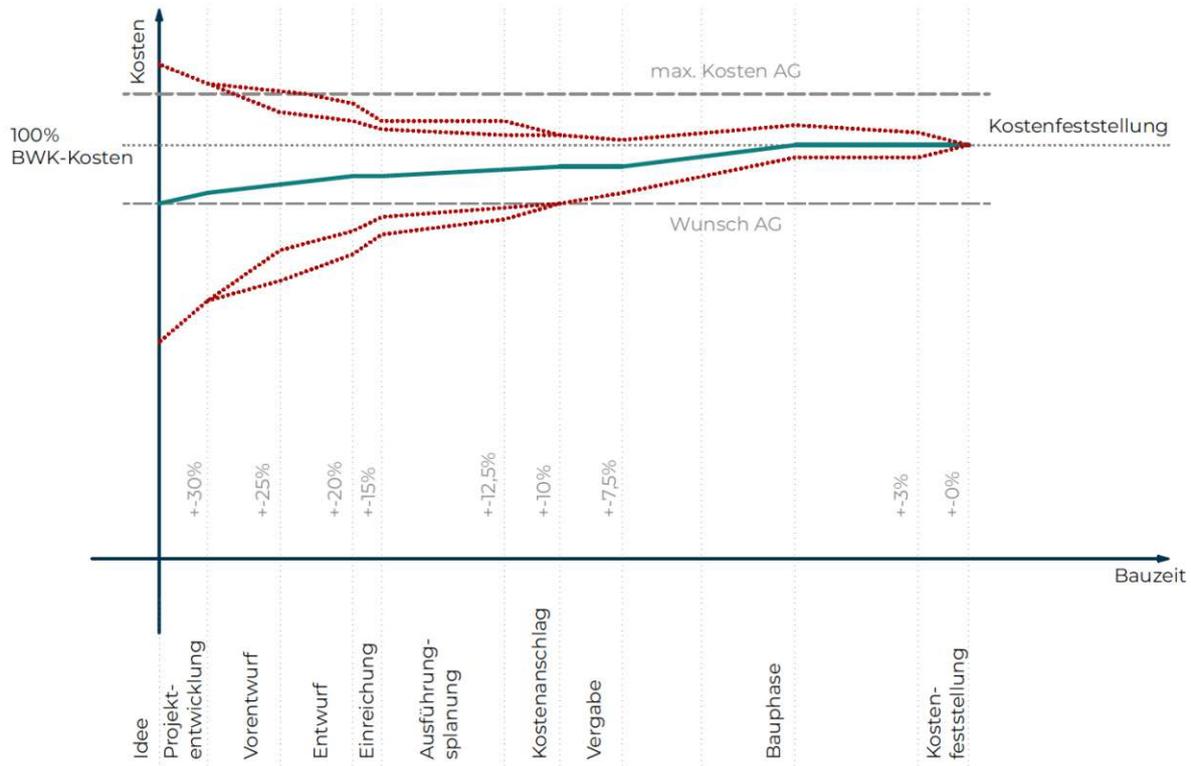


Abbildung 11: Kostentrichter

Quelle: vgl. Skript Termin- und Kostenplanung, Simlinger, 2020, Seite 47

Anzustrebende Bandbreiten der Genauigkeit von Kostenprognosen sind⁵³:

| | |
|--------------------------|-------|
| Idee | 40% |
| Projektentwicklung | 30% |
| Vorentwurf | 25% |
| Entwurf | 20% |
| Einreichung | 15% |
| Ausführungsplanung | 12,5% |
| Kostenanschlag | 10% |
| Vergabe, Baubeginn | 7,5% |
| Fertigstellung, Übergabe | 3% |
| Kostenfeststellung | 0% |

Wird seitens AG eine Höchstgrenze an Kosten als Vertragswert definiert, muss folglich der obere Wert der Schwankungsbreite immer unter diesem Kostendeckel liegen.

Es muss klar definiert werden, wie oft Umplanungen auf wessen Kosten durchzuführen sind. In welchen Prioritäten erfolgen Projektreduktionen als Einsparungspotenzial? Folgende Steuerungsmöglichkeiten gibt es: Fremdfinanzierung zur Erreichung des Ziels, Projektziel des AG, eine Qualitätsreduktion oder eine Quantitätsreduktion oder Terminverlängerung⁵⁴. Wenn Projektoptimierungen vorgenommen werden, muss definiert werden, wer diese Planungsänderungen bezahlt. Es muss festgehalten werden, wer die Änderungen veranlasst hat. Die Dokumentation als Änderungsevidenz ist auf jeden Fall empfehlenswert, zumindest ab der freigegebenen Kostenberechnung (Entwurfsfreigabe)⁵⁴.

⁵³ (Simlinger, 2020), Seite 48

⁵⁴ (Simlinger, 2020), Seite 60

4.3. Verwendete Software

Es wurde versucht, mit bekannten und verbreiteten Softwarelösungen zu arbeiten. Entstanden ist ein Workflow, der die Berechnung von beliebig großen Projekten ermöglicht. Ziel war es, diesen Workflow so weit als möglich zu automatisieren und das Versuchsobjekt in Echtzeit berechnen zu lassen. In der BIM-basierten Mengen- und Kostenermittlung werden Daten zwischen verschiedenen Softwarelösungen mittels des IFC-Formats ausgetauscht und somit OPEN BIM genutzt.

Die Testobjekte wurden in der Authoring-Software Archicad erstellt und aus dieser mittels IFC exportiert. Die Modellprüfung wurde sowohl direkt in Archicad als auch in der Prüfsoftware SOLIBRI durchgeführt.

Es erfolgte eine Übergabe des Modells nach einer etwaigen Modellprüfung von Archicad in ein BIM-fähiges AVA-Programm. Als AVA-Programm wurde die Software Nova AVA gewählt. Es wurde ein Vergleich von verschiedenen AVA-Lösungen angestellt und Nova AVA hat sich als die am besten geeignete Lösung für die vorliegende Arbeit herausgestellt.

Workflow

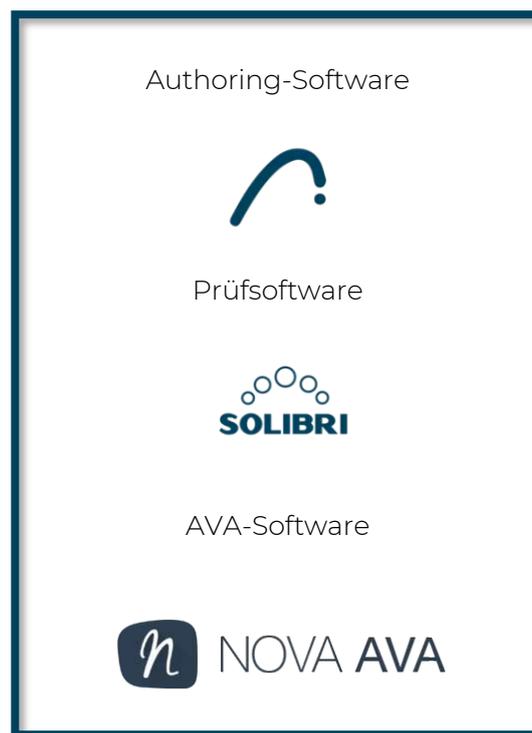


Abbildung 12: Workflow

Quelle: eigene Abbildung

4.4. Testobjekte / Referenzmodelle

Als Referenzprojekt der Entwicklungs- und Vorbereitungsphase dient der Entwurf eines Mehrparteienhauses mit sieben Wohnungen, welches ca. 1000m² BGF (A) und 580m² NUF (vermietbare Fläche) beinhaltet.



Abbildung 13: Referenzobjekt zur Ermittlung der Kosten über Flächen

Quelle: eigene Abbildung

Für die weitere Baugliederung in die 2. und 3. Ebene bzw. als Grundlage der Kostenberechnung wurden alle relevanten Bauteile einzeln modelliert und auf einen funktionierenden Datenaustausch mittels IFC zwischen den Softwarelösungen getestet.

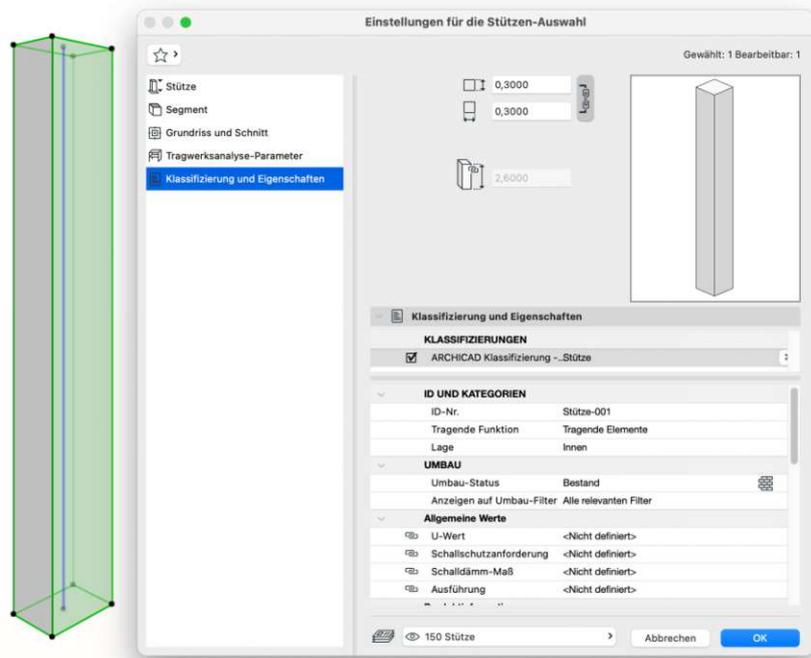


Abbildung 14: Testbauteil Stütze mit Eigenschaften

Quelle: eigene Abbildung

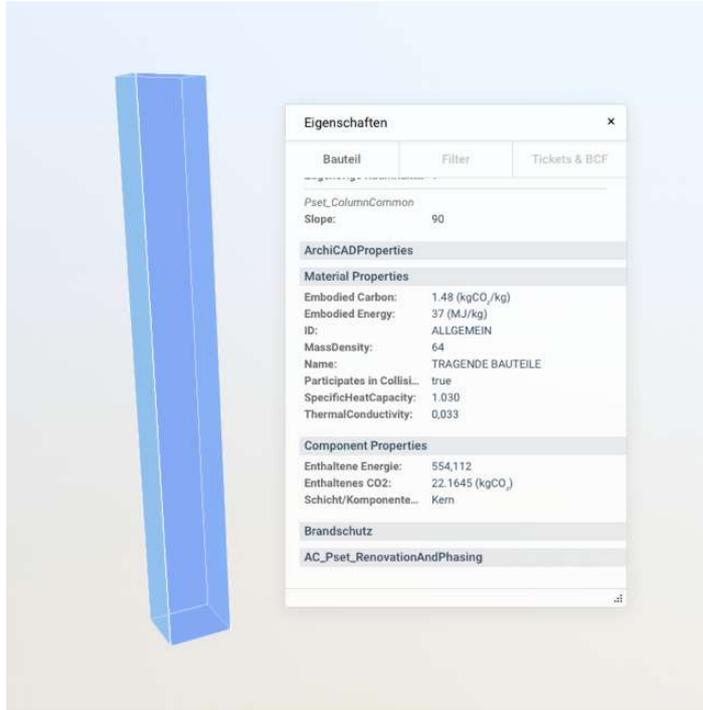


Abbildung 15: Überprüfung der Eigenschaften in Nova AVA

Quelle: eigene Abbildung

In Folge wurde ein Modellausschnitt mit diesen Bauteilen so weit erstellt, dass ein Bauwerk entstand, welches alle relevanten Bauteile für eine Kostenrechnung bereitstellt. Anhand dieses Modells wurden alle nötigen Tests durchgeführt.

Das Testobjekt zur elementbasierten Kostenermittlung kann beliebig skaliert werden und ermöglicht somit die Anwendung auch in größeren Projekten.

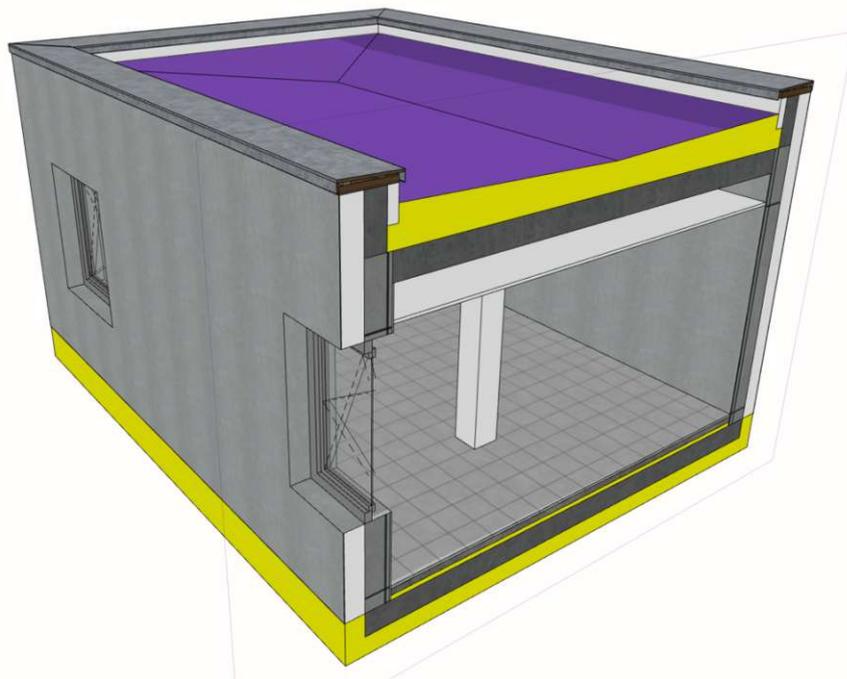


Abbildung 16: Testobjekt mit Aufbauten

Quelle: eigene Abbildung

4.5. Modellierungsrichtlinie

Um eine korrekte Berechnung der Kosten zu gewährleisten, müssen sämtliche Bauteile, Volumen und Flächen exakt modelliert werden. Da alle Elemente im BIM-Modell erfasst werden, ist es wichtig auf doppelte Bauteile zu achten und diese mittels Modellprüfung ausfindig zu machen und zu entfernen.

Als Grundsatz gilt, dass das gesamte Modell als digitaler Zwilling aufgebaut werden sollte. Dies bedeutet, dass alles so modelliert wird, wie es später real gebaut wird. Als Beispiel: Eine Decke liegt immer auf der Wand auf. Die Modellierungstiefe des finalen Modells sollte dem Maßstab 1:50 entsprechen. Detailzeichnungen sollten mittels abhängigen 2D-Zeichnungen erstellt werden, da der Modellierungsaufwand hier zu hoch wäre.

Als Modellierungsrichtlinie wurde für diese Arbeit die aktuelle Modellierungsrichtlinie für Archicad 25 mit Stand 07.07.2021 von GRAPHISOFT gewählt und nach dieser gearbeitet. Die folgenden Vorgänge sind dieser entnommen und teilweise leicht nach Erfordernissen adaptiert worden. Es wurde auf der österreichischen Projektvorlage gearbeitet.

4.5.1. Projektlage und Vermessungspunkt

Das Projekt wurde am Projektursprung modelliert. Dieser befindet sich am südwestlichen Ende des Grundstücks.

Die Lage-Einstellungen wurden georeferenziert und das gesamte Projekt auf 0° gedreht. Der Nordwinkel bestimmt die Ausrichtung.

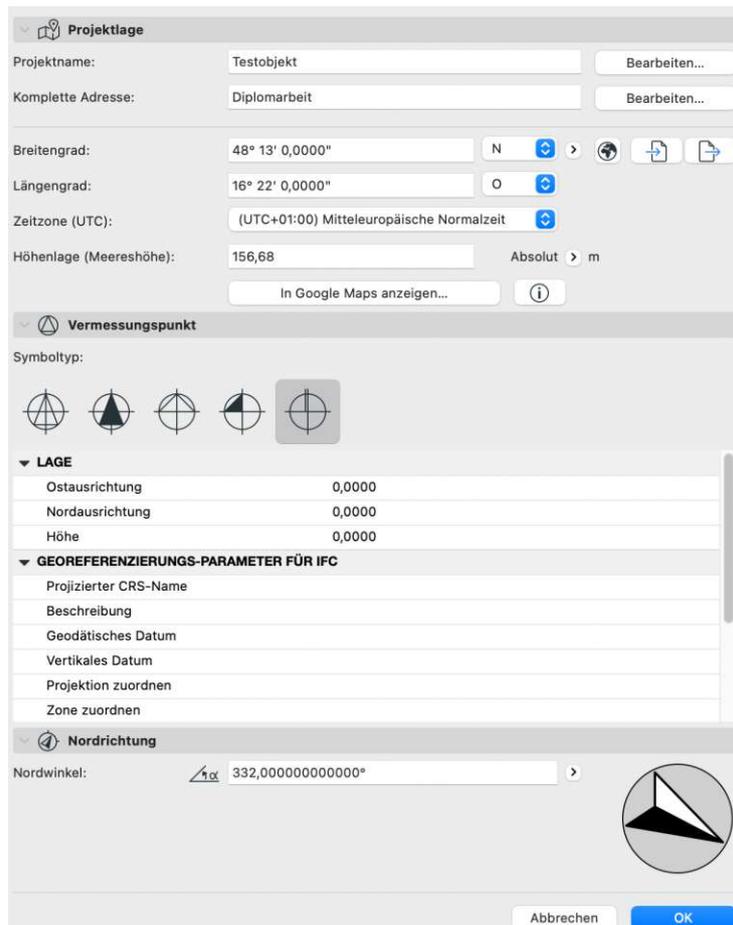


Abbildung 17: Projektlage und Nordrichtung

Quelle: eigene Abbildung

4.5.2. Geschosseinstellungen

Die FBOK befindet sich immer auf $\pm 0,00$ und stellt somit die Geschossursprünge dar. Für etwaige Split Level wird kein eigenes Geschoss erstellt. Diese sind dem Geschoss zuzurechnen und die Elemente höhenversetzt zu modellieren.



Abbildung 18: Geschosseinstellungen

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 6

4.5.3. Raumstempel

Der Raumstempel wird von OK Rohdecke bis UK Rohdecke modelliert. Eine abgehängte Decke oder ein Technikbereich gehört somit vollständig zum Raum. Für eine korrekte Auswertung muss die Stärke des Bodenaufbaus im Raum angegeben werden.



Abbildung 19: Raumstempel

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 7

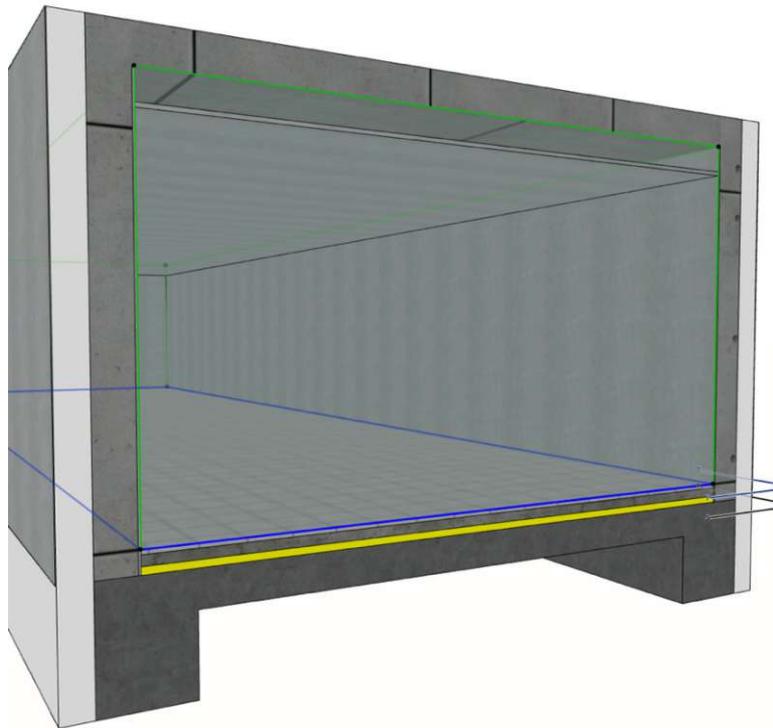


Abbildung 20: Umsetzung im Testobjekt

Quelle: eigene Abbildung

Als Konstruktionsmethode wird in Archicad die Konstruktionsmethode Innenkante gewählt. Diese kann bei einer Änderung des Raumes automatisiert die Fläche nachführen.

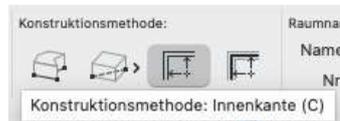


Abbildung 21: Konstruktionsmethode

Quelle: eigene Abbildung

4.5.4. Gründung, Fundament, Außenwand

Für die Gründung und für das Fundament wurde ein gesondertes Geschoss erstellt. Das Streifenfundament wurde bis OK Sohlplatte modelliert, um eine korrekte Auswertung erstellen zu können.

Streifenfundamente und etwaige Dämmkeile sollten eigens modelliert werden, um die Geometrien getrennt auswerten zu können.

Mit dem Profil-Manager werden komplexere Formen erstellt. Dies kann z.B. das Fundament betreffen.

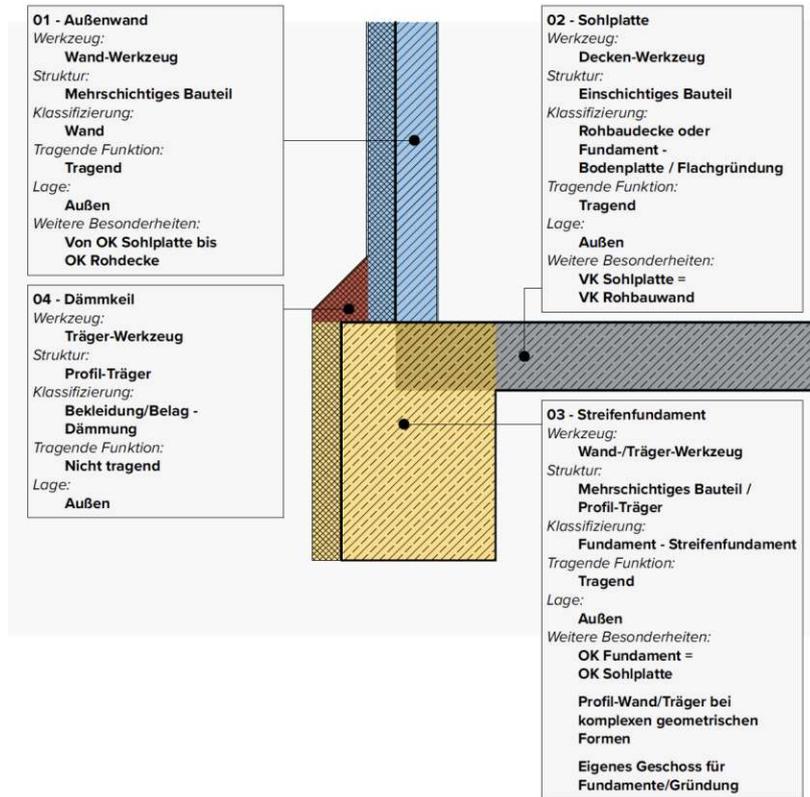


Abbildung 22: Fundamente

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 8

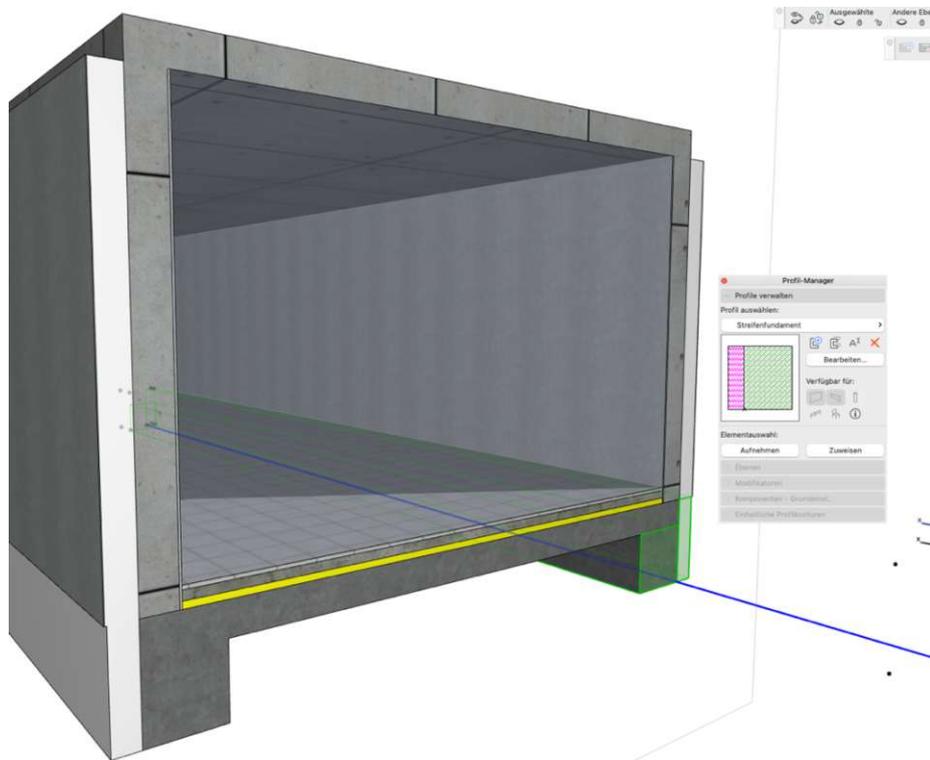


Abbildung 23: Umsetzung Fundament im Testobjekt

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 6

4.5.5. Flachgründung auf Außenwand, Sohlplatte

Eine Dämmung an der Sohlplatte wird mit dem Träger-Werkzeug modelliert. Die UK Außenwand liegt auf OK Rohdecke.

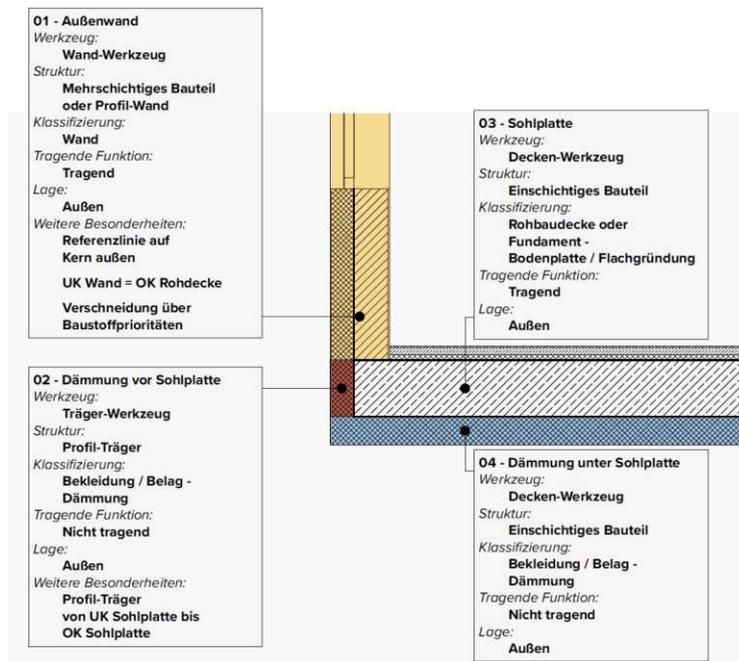


Abbildung 24: Außenwand, Sohlplatte

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 9

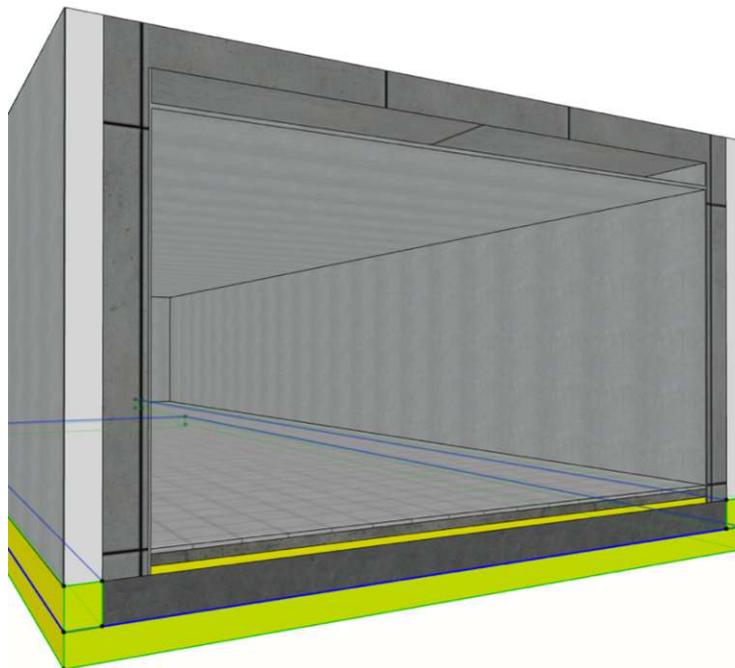


Abbildung 25: Umsetzung Außenwand, Sohlplatte

Quelle: eigene Abbildung

Punktfundamente werden mit dem Stützenwerkzeug erstellt.

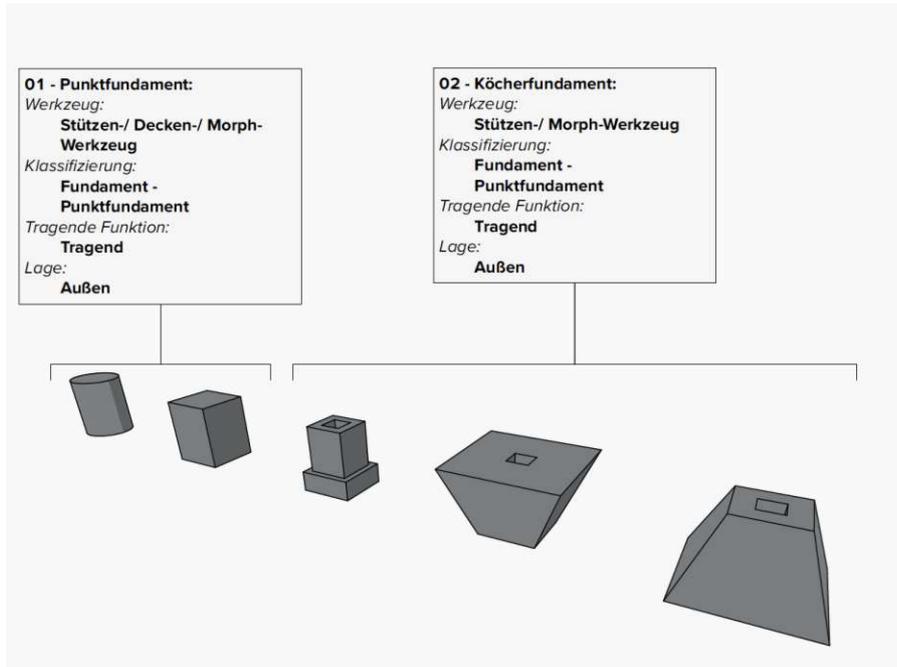


Abbildung 26: Fundamente

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 10

4.5.6. Stützen, Träger, Fertigteile

Werden mit dem Stützen- oder Trägerwerkzeug modelliert.

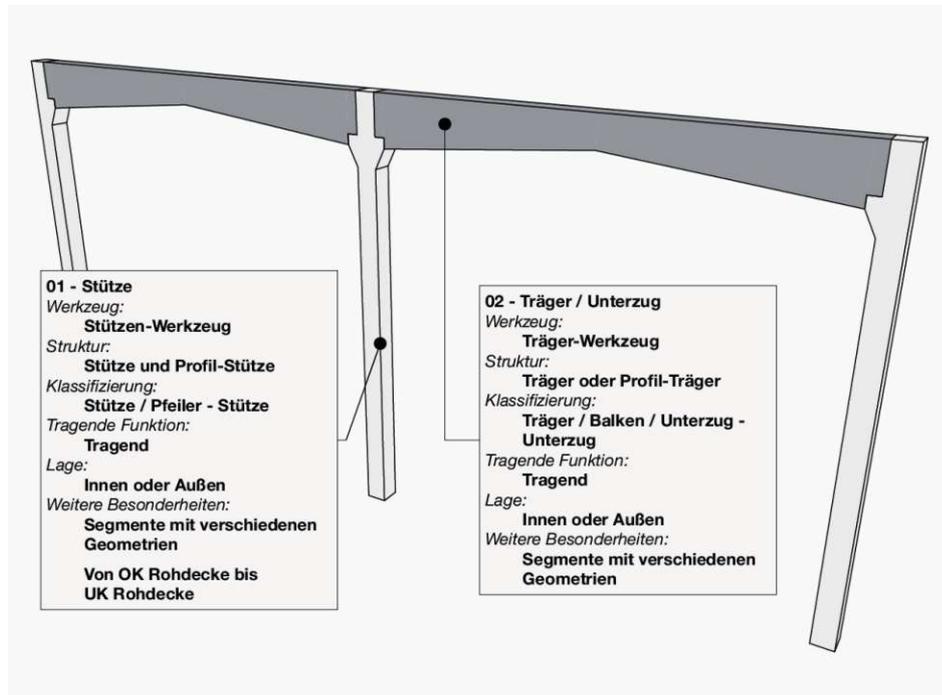


Abbildung 27: Träger, Fertigteile

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 11

4.5.7. Außenwand auf Rohdecke und Fußbodenaufbau

Um einen korrekten Höhenbezug der Fenster auf die OK Rohdecke oder OK Fertigfußboden zu beziehen, beginnt die Außenwand auf OK Rohdecke. Die tragende Rohdecke wird als einschichtiges Bauteil getrennt vom Fußbodenaufbau modelliert. Der Fußbodenaufbau wird raum- bzw. bereichsweise modelliert. Dies ermöglicht verschiedene Bodenbeläge.

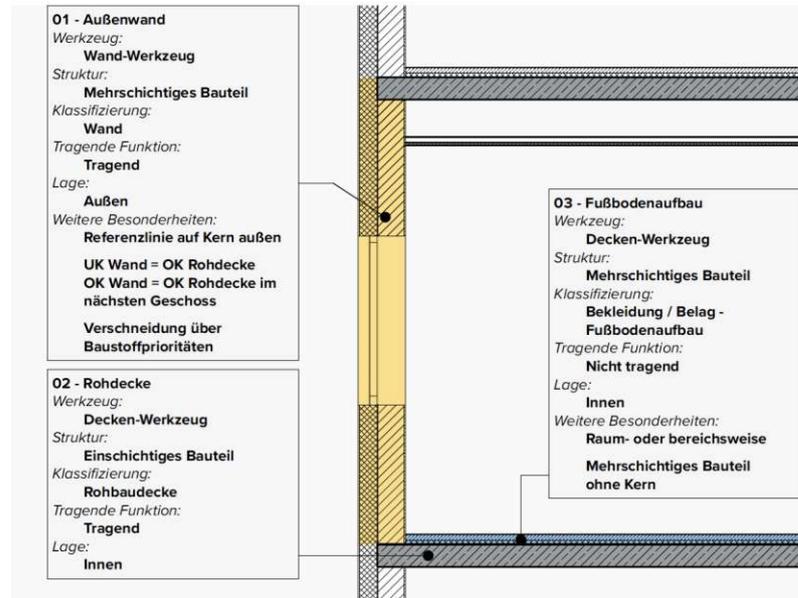


Abbildung 28: Bodenaufbau

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 12

4.5.8. Fenster, bodentiefes Fenster

Bei der Fenstermodellierung muss besonders auf die korrekte Erstellung der Wandöffnung geachtet werden. Bei raumhohen Fenstern muss der Bodenaufbau in die Fensterlaibung modelliert werden.

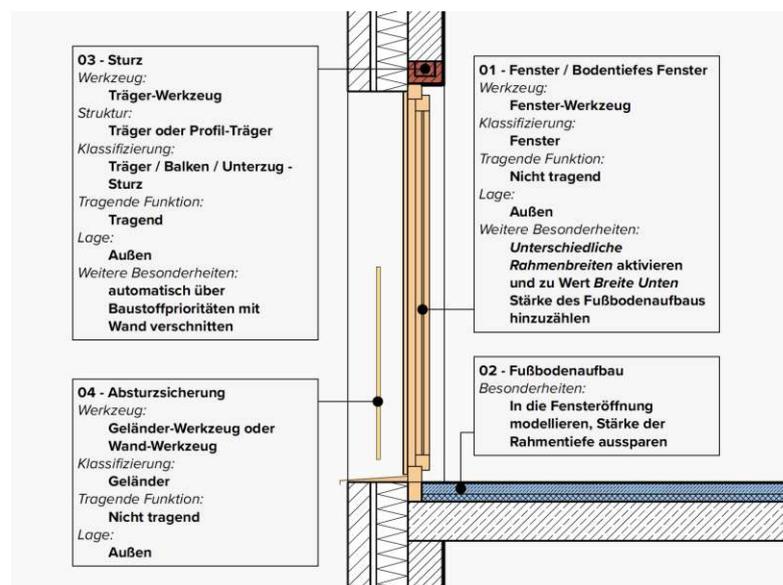


Abbildung 29: Fenster

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 13

4.5.9. Balkon mit tragendem Dämmelement

Balkone werden mit dem Träger-Werkzeug erstellt. Somit sind auch komplexere Formen möglich. Vereinfacht auch mit dem Deckenwerkzeug. Zwischen dem Balkon und dem tragenden Element Decke wird mittels Träger-Werkzeug das tragende Dämmelement erstellt. Es sollte hier ein gesonderter Baustoff mit höherer Baustoffpriorität verwendet werden.

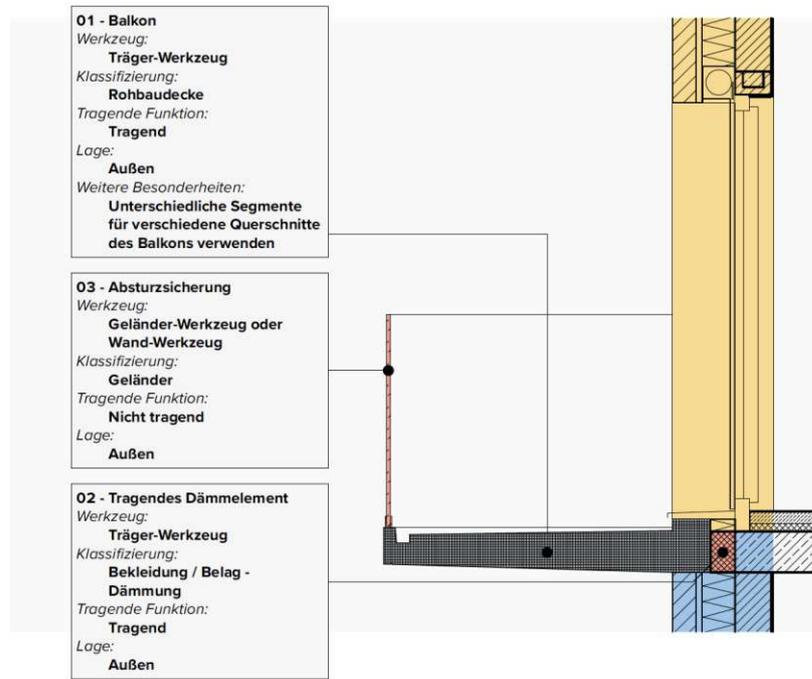


Abbildung 30: Balkone

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 14

4.5.10. Abgehängte Decke und Sichtinstallation

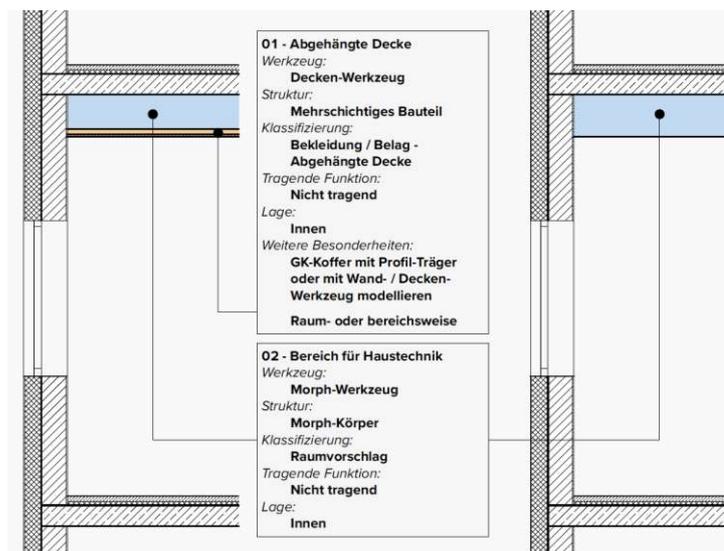


Abbildung 31: abgehängte Decke

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 15

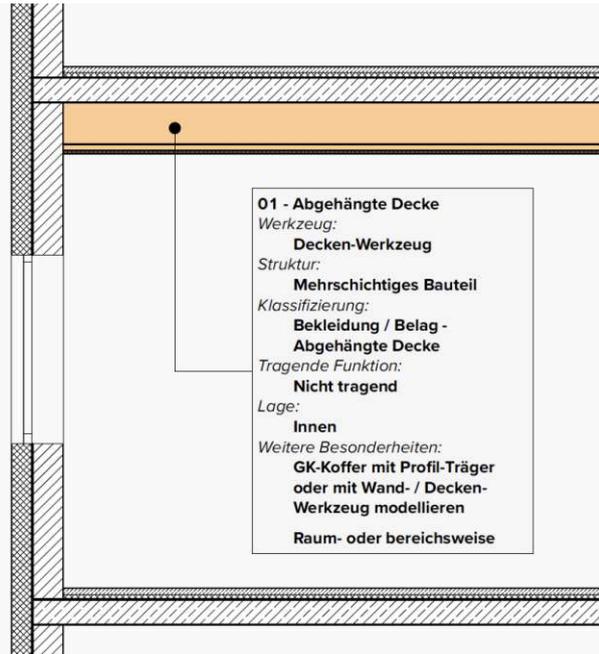


Abbildung 32: abgehängte Decke

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 16

4.5.11. Außenwand, Dämmstreifen, Brandriegel

Ein Dämmstreifen oder Brandriegel muss gesondert modelliert werden.

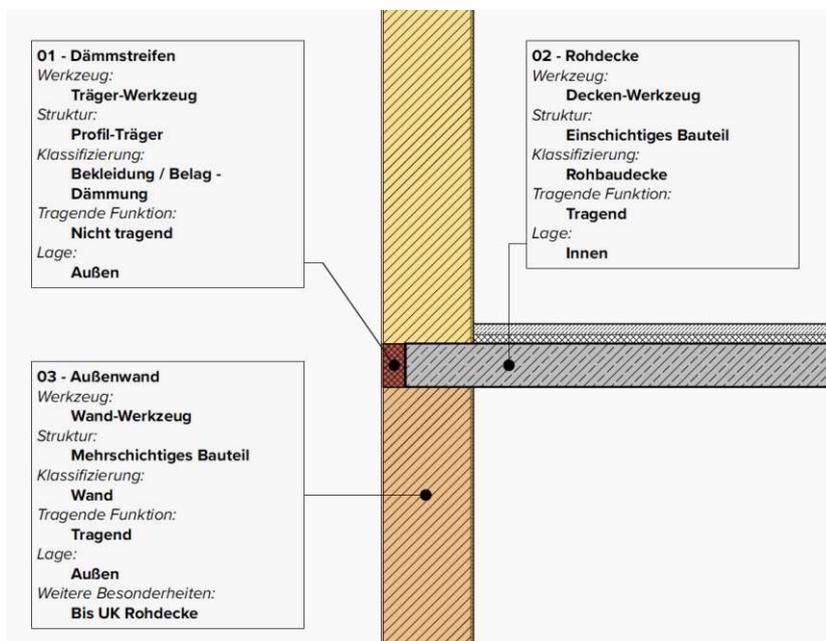


Abbildung 33: Dämmstreifen

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 17

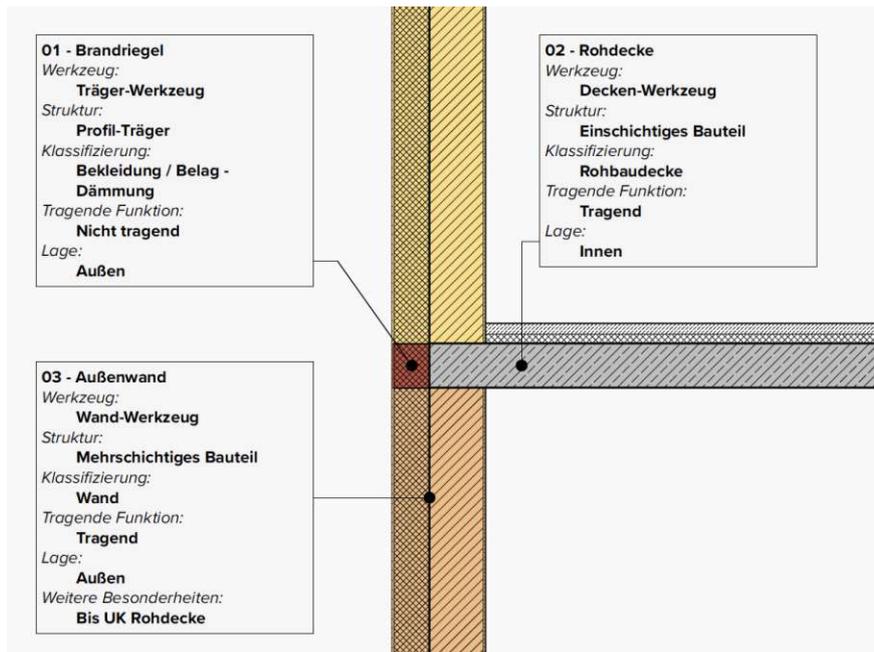


Abbildung 34: Brandriegel

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 18

4.5.12. Auskragung

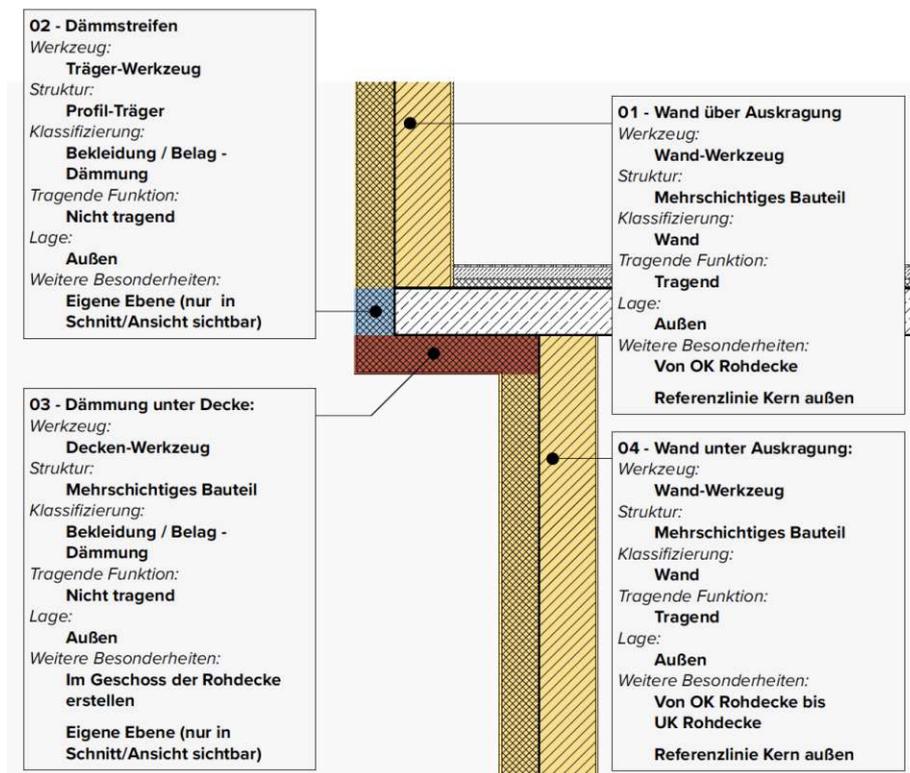


Abbildung 35: Auskragung

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 19

4.5.13. Innenwände

Innenwände werden laut ihrer baulichen Ausführung modelliert.

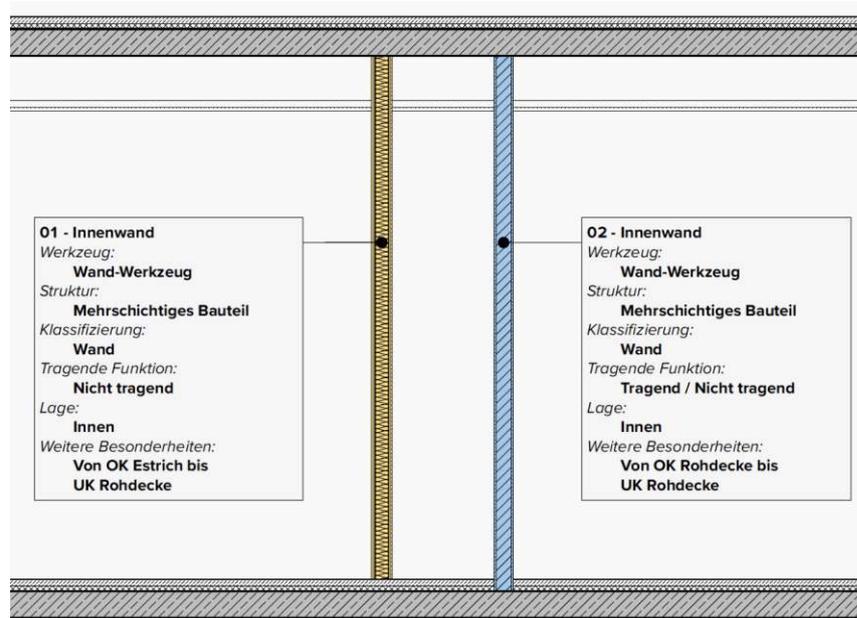


Abbildung 36: Innenwände

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 20

4.5.14. Flachdach mit Gefälle

Ein Flachdach wird mittels Dach- und Deckenwerkzeug in mehreren Schichten modelliert. Zuerst wird die Rohdecke modelliert, danach die Mindestdicke der Dämmung und die Gefälledämmung gesondert mittels des Dach-Werkzeugs. Mithilfe des Solid-Element-Befehls wird die korrekte Verschneidung erstellt.

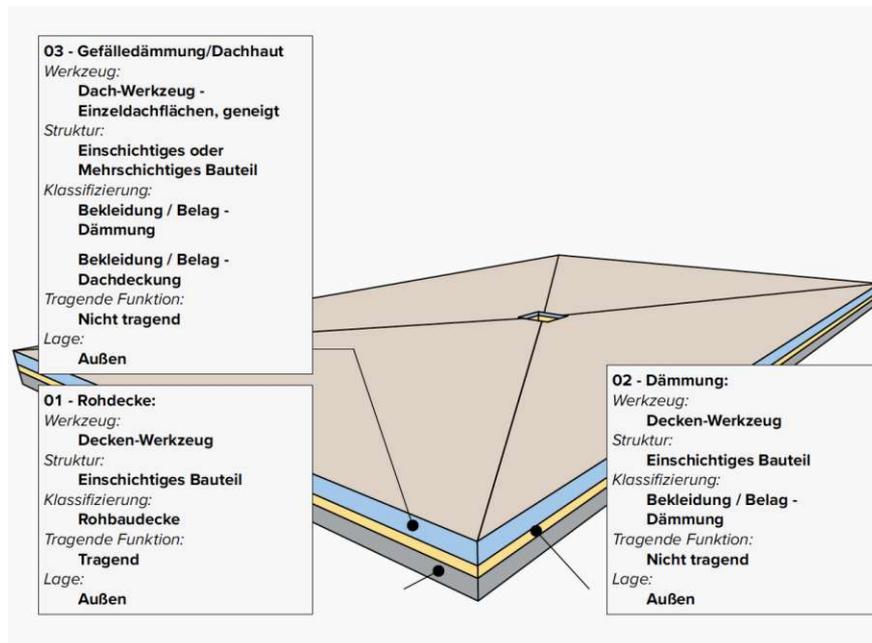


Abbildung 37: Flachdach mit Gefälle

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 26

4.5.15. Attika

Eine Attika wird mittels Wand-Werkzeug modelliert. Die Attikaabdeckung sollte aufgrund der Auswertung jedoch gesondert modelliert werden. Hier kann das Träger-Werkzeug verwendet werden.

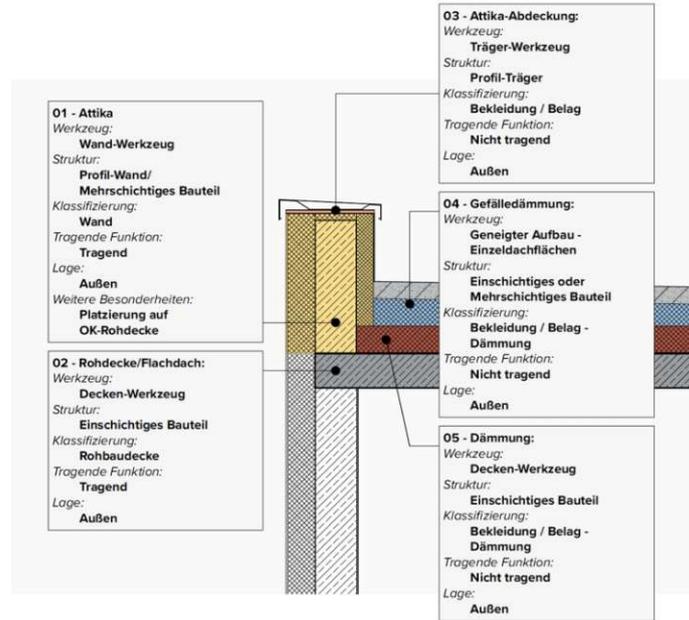


Abbildung 38: Attika

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 27

4.5.16. Deckendurchbrüche

Öffnungen in Decken werden mit dem Öffnungs-Werkzeug erstellt. Für eine korrekte Auswertung muss für jedes Bauteil eine eigene Öffnung erstellt werden. In Decken und Fußböden kann direkt mit dem Deckenwerkzeug ausgespart werden.

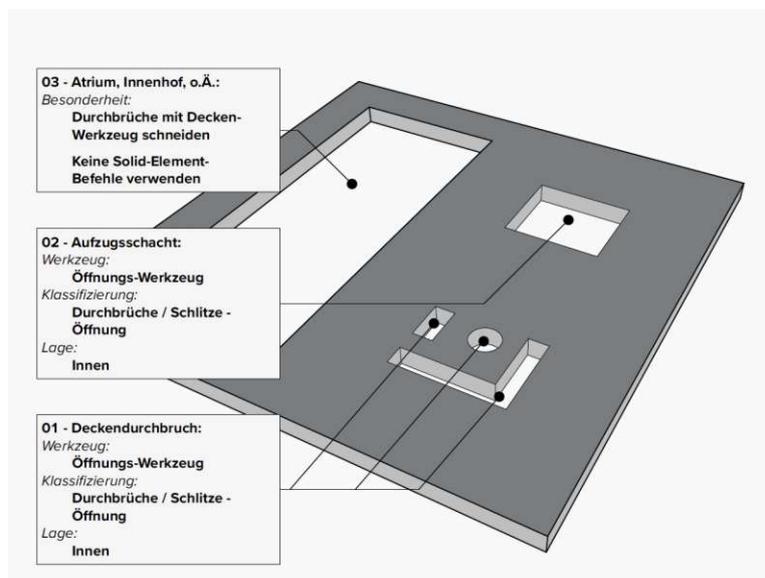


Abbildung 39: Durchbrüche

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 28

4.5.17. Wanddurchbrüche

Öffnungen in Wänden werden mit dem Öffnungswerkzeug erstellt. Es muss für eine korrekte Auswertung für jedes Bauteil eine Öffnung erstellt werden. Leere Fensteröffnungen werden mit dem Fenster-Werkzeug erstellt. Ebenso werden leere Türöffnungen mit dem Tür-Werkzeug erstellt. Diese Öffnungen sollten auch so klassifiziert werden.

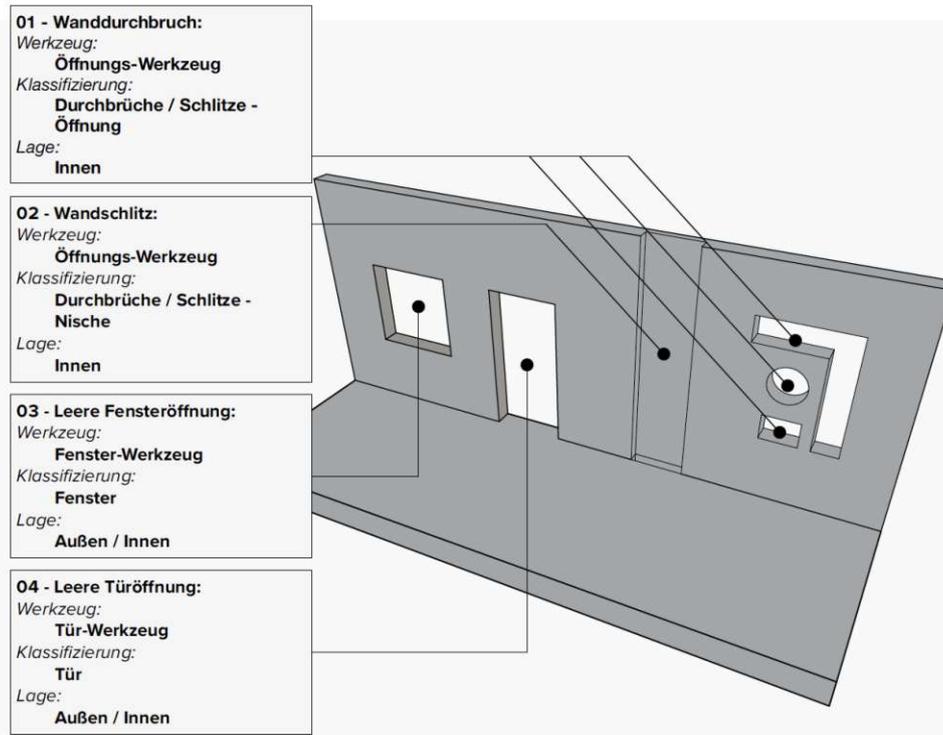


Abbildung 40: Durchbrüche Wand

Quelle: Modellierungsrichtlinien Archicad 25, Stand: 07.07.21, Graphisoft, Seite 29

4.6. Modellprüfung in Archicad

Um eine korrekte Ausgabe des Modells zu gewährleisten, wurden in Archicad grafische Überschreibungen verwendet. Nur eine Visualisierung der Daten ermöglicht eine schnelle und korrekte Überprüfung der Zuweisungen.

Überprüfung der korrekten Zuweisung der Lage (Innen und Außen):

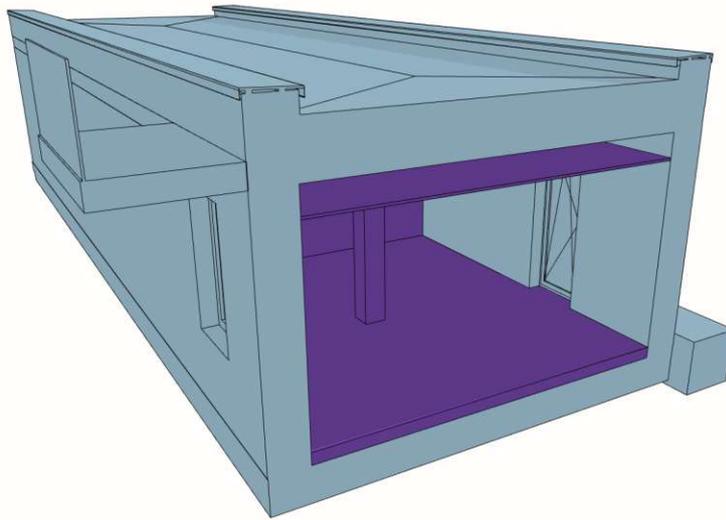


Abbildung 41: Überprüfung der Lage

Quelle: eigene Abbildung

Ebenso mittels grafischer Überschreibung wird geprüft, ob die Objekte einer Klassifizierung zugewiesen sind. Beispielhaft wurde ein Bauteil auf „nicht klassifiziert“ gesetzt. In der Überprüfung wird der Bauteil nun rot gezeigt.

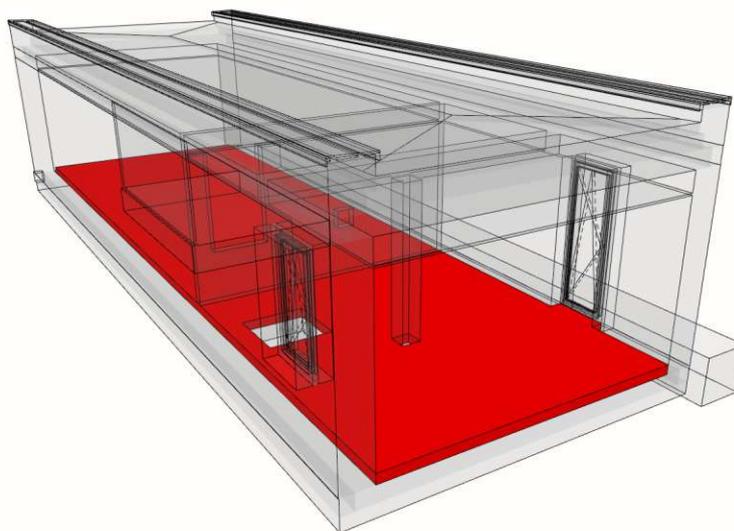


Abbildung 42: Überprüfung Klassifizierung

Quelle: eigene Abbildung

Eine fehlende Zuweisung tragend / nichttragend wird beispielhaft in Rot in untenstehender Grafik gezeigt. Dunkelgrau stellt tragende Elemente dar, hellgrau nichttragende.

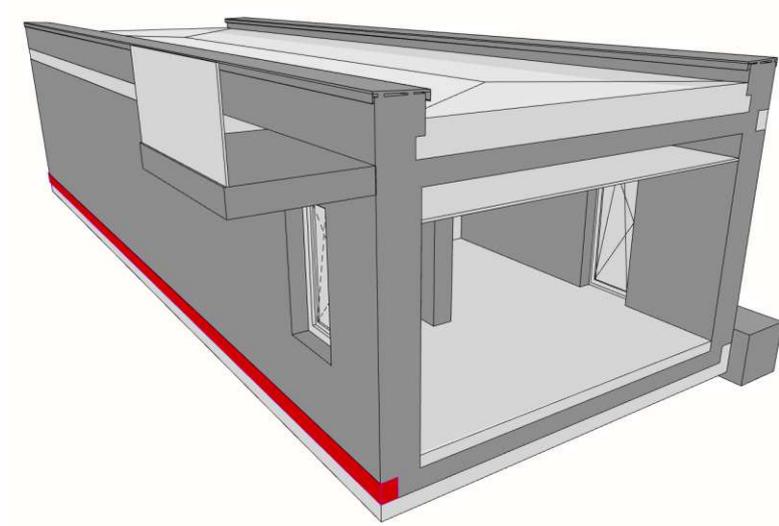


Abbildung 43: Überprüfung tragend/nichttragend

Quelle: eigene Abbildung

Wurden alle Fehler, welche durch diese Kontrollen gezeigt wurden, behoben, erfolgt ein Export als IFC.

4.7. Modellprüfung in Solibri

Kernaufgaben der Modellprüfungssoftware Solibri sind die BIM-Validierung, Konformitätskontrolle, Entwurfsprüfung, Analyse und Codeüberprüfung⁵⁵.

Nach einer visuellen Modellprüfung und Korrektur in Archicad wird das Modell als IFC abgespeichert und in Solibri importiert. Der Schritt über Solibri kann theoretisch weggelassen werden, wenn in Archicad korrekt modelliert wurde und die Modellprüfung in Archicad ausreichend erscheint. Zwingend erforderlich wird die Modellprüfung mittels eigener Prüfsoftware jedoch in späteren Planungsphasen und wenn verschiedene Planer an eigenen Teilmodellen arbeiten und diese z.B. in Form einer Koordinations Sitzung auf Kollisionen hin überprüft werden sollen.

Im vorliegenden Fall wird Solibri zur Überprüfung der korrekten Zuweisung der Eigenschaften und zur Überprüfung der korrekten Modellierung des Modells verwendet. Somit können Kollisionen im Modell ausfindig gemacht und behoben werden.

Da die Modellprüfung eine untergeordnete Rolle in der vorliegenden Arbeit spielt, wird nicht näher darauf eingegangen. Es folgen jedoch einige Beispiele der Modellprüfung eines stark vereinfachten Architektur- und Haustechnikmodells.

⁵⁵ (nemetschek.com, 2021)

Im Sinne des vereinfachten Workflows kann auf das Solibri-Addon in Archicad zurückgegriffen werden. In den Exporteinstellungen wird definiert, welcher Ausschnitt und somit welche Bauteile bzw. Ebenen exportiert werden. Als allgemeiner Übersetzer wird hier der IFC 4-Standard gewählt.

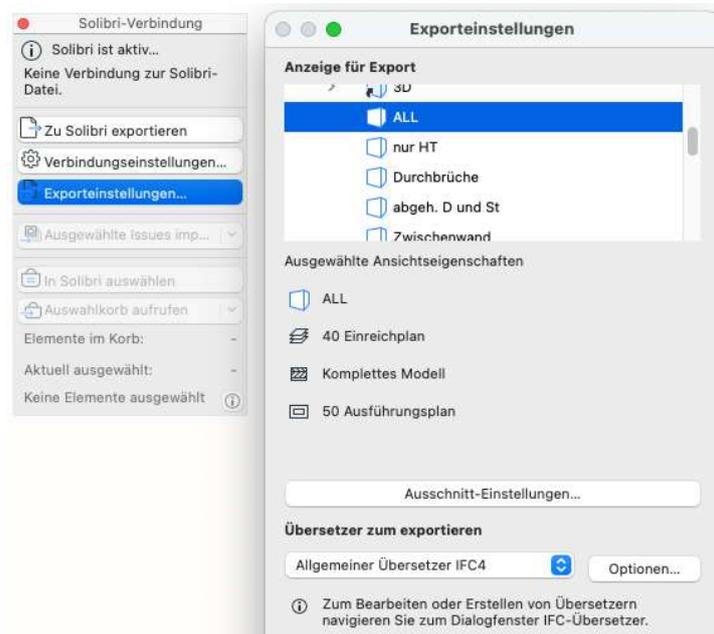


Abbildung 44: Solibri Connection

Quelle: eigene Abbildung

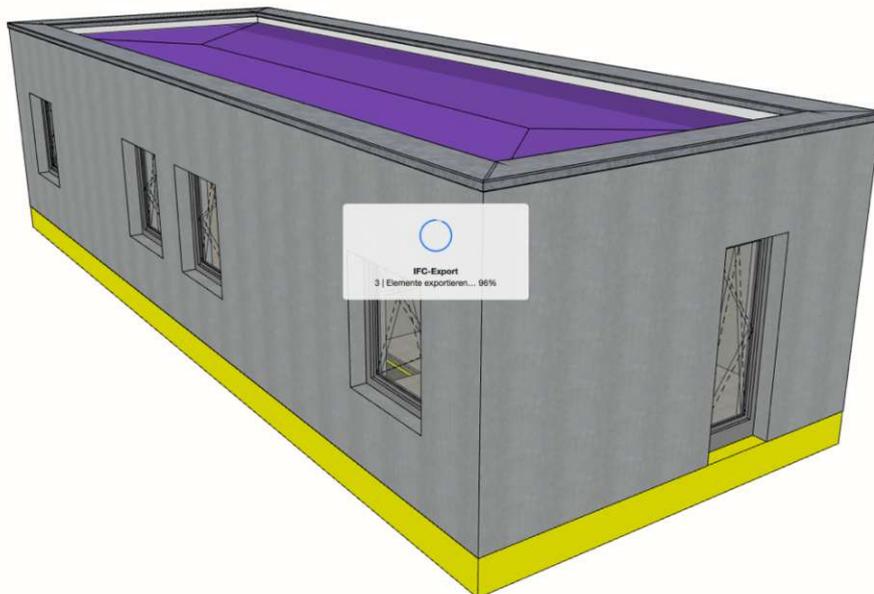


Abbildung 45: Export des Ausschnitts

Quelle: eigene Abbildung

Wird nun das Architekturmodell in Archicad verändert, muss nur aktualisiert werden und das Modell entspricht auch in Solibri dem aktuellen Stand.

Der Modellcheck wird durchgeführt und die Fehler (Issues) aufgezeigt. Diese können in Form einer Präsentation ausgegeben werden und z.B. in einer Sitzung besprochen werden. Mittels BCF können die Issues an Archicad zurückgegeben werden und vom Ersteller des Modells behoben werden. Ab wann ein Fehler (Issue) als kritisch dargestellt wird, kann individuell eingestellt werden.

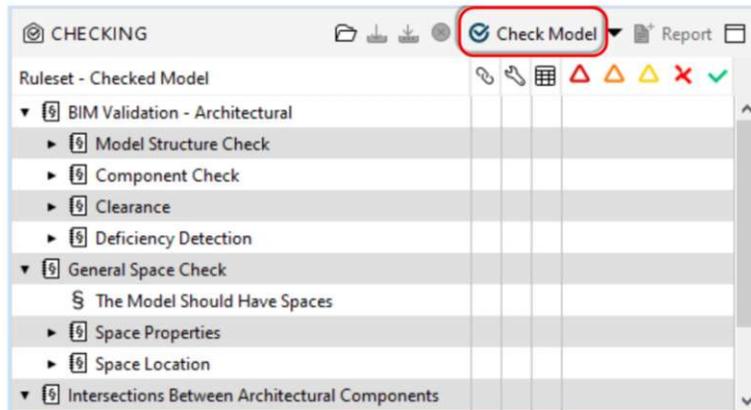


Abbildung 46: Modellcheck

Quelle: <https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/1500004784001-Checking-a-Model-or-Selected-Components>, abgerufen am 31.01.22

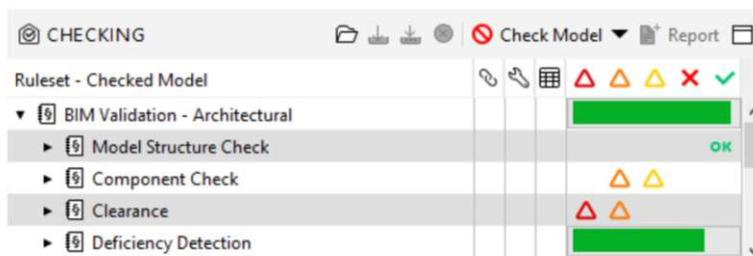


Abbildung 47: Auswertung der Issues

Quelle: <https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/1500004784001-Checking-a-Model-or-Selected-Components>, abgerufen am 31.1.22

Symbol Meaning

-  Critical issue
-  Moderate issue
-  Low severity issue
-  At least one issue in the category is 'Critical'
-  At least one issue in the category is 'Moderate'
-  At least one issue in the category is 'Low'
-  The decision on the issue is 'Rejected'
-  The decision on the issue is 'Accepted'
-  All issues in the category have been set to 'Rejected'
-  All issues in the category have been set to 'Accepted'
-  An issue contains one or more components which together create a problem.

Abbildung 48: Issue Meanings

Quelle: <https://help.solibri.com/hc/en-us/articles/1500004784001-Checking-a-Model-or-Selected-Components>
 abgerufen am 31.1.22

4.8. Kostenermittlung in Nova AVA

Es wurden im Rahmen der Recherchephase verschiedene AVA-Lösungen nach ihrer Eignung getestet. Nova AVA bietet den Vorteil der cloudbasierten Anwendung und wird als Software as a service angeboten. Eine lokale Installation dieser Projektsteuerungs- und Baukostenmanagement-Software ist nicht notwendig. Da diese Lösung browserbasiert arbeitet, ist ein Zugriff von jedem Gerät aus möglich. Es stellt eine gute grafische Oberfläche inklusive Variantenvergleich zur Verfügung. Als Nachteil kann hier genannt werden, dass die Vorlagen für Österreich und somit der ÖNORM B 1801-1 noch nicht ausreichend ausgearbeitet sind und es noch viel Vorbereitung und Erstellen eigener Vorlagen und Bauteile benötigt.

Die Vorgangsweise für den vorliegenden Workflow wird in den jeweiligen folgenden Kapiteln und zugeordneten Planungsphasen näher beschrieben.

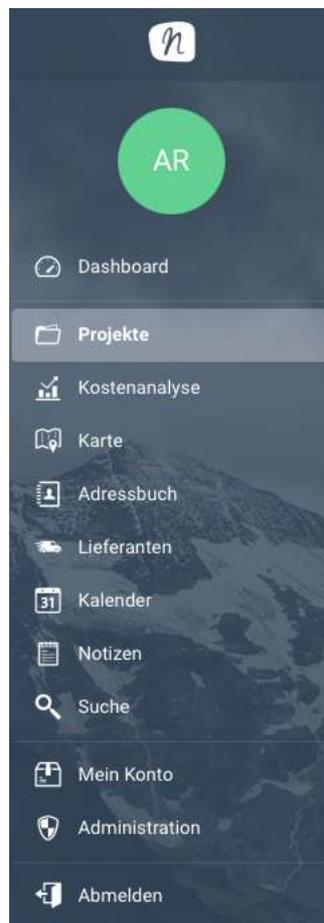


Abbildung 49: Nova AVA

Quelle: eigene Abbildung

4.9. Entwicklungsphase

In der Entwicklungsphase werden laut Norm ein Kostenziel und ein Finanzierungsziel festgelegt. Der AG sollte hier im Idealfall sein Budget angeben.

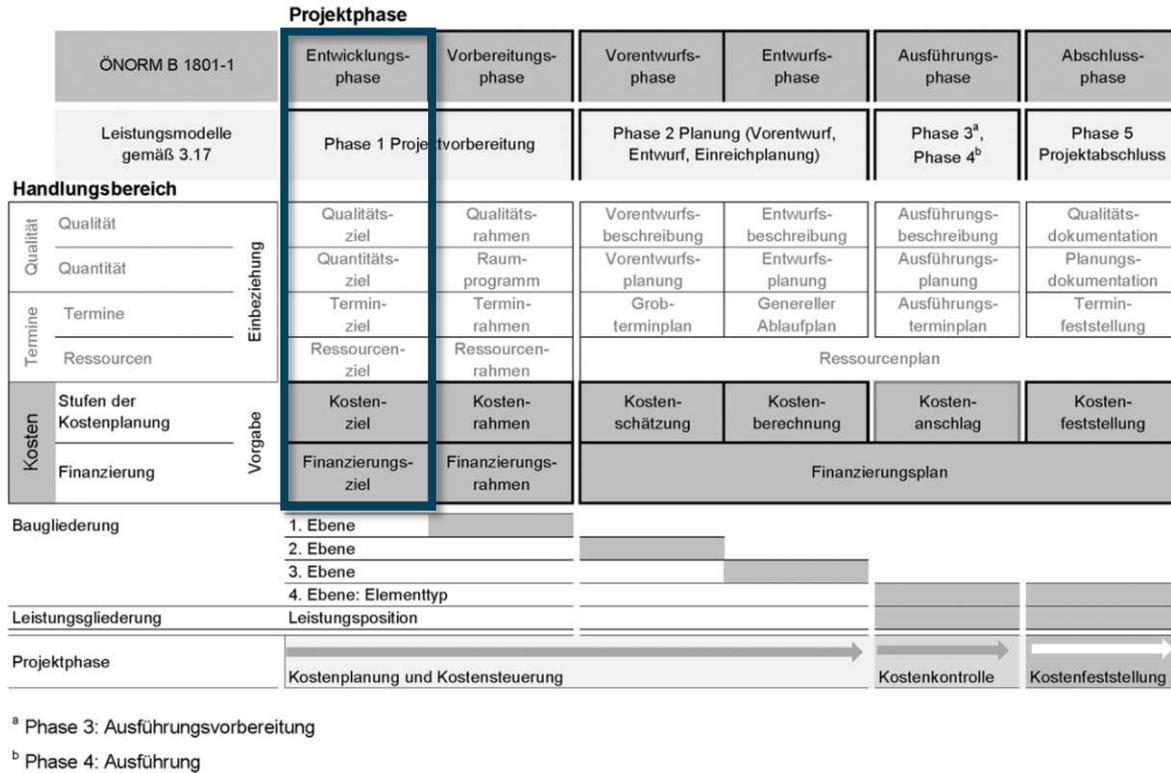


Abbildung 50 Projektphasen

Quelle: Austrian Standards International. ÖNORM B 1801-1, Ausgabe 2021-02-01, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objektterrichtung, Bild 3 – Kostenplanung, Seite 9

Ziel der Entwicklungsphase: Kostenziel

Das Kostenziel wird durch eine Multiplikation der geplanten Nutzungseinheiten mit deren Kostenkennwerte ermittelt.

Vorgabe

Individuell: Es wird mit einem Referenzwert pro Nutzungseinheit gerechnet. In der Projektentwicklung sollte eine Schätzgenauigkeit von $\pm 30\%$ angestrebt werden⁵⁶.

Einbeziehung

Qualitätsziel, Quantitätsziel, Terminziel, Ressourcenziel

Gliederung

frei wählbar

Anzustrebende Schätzgenauigkeit

$\pm 30\%$

Allgemeines

Die Norm gibt für die Entwicklungsphase wenig klare Vorgaben. Es kann individuell und mit bürointernen Erfahrungswerten oder mit Benchmarks eines Projektentwicklers gerechnet werden, um eine grobe Einschätzung der Finanzierbarkeit zu bekommen. Dieses Verfahren kann als Beispiel für die Bewertung von Grundstücken eingesetzt werden.

⁵⁶ (Simlinger, 2020)

Der Wettbewerb und die Grenzen der Genauigkeit von Prognosen

Meist werden in dieser ersten Phase Studien zur groben Abschätzung der Machbarkeit und Finanzierbarkeit durchgeführt. Eigene hierauf spezialisierte Büros unter Beiziehung von Mitarbeitern aus der Bauwirtschaft erstellen anhand dieser Studien z.B. eine Vorbereitung für einen darauffolgenden Wettbewerb. Planungsbüros sind in diesen Phasen oft noch nicht involviert und es kommt daher auch noch zu keiner Planung im klassischen Sinne⁵⁷.

Das nachfolgende Verfahren, welches im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde, eignet sich gut, um eine grobe Einschätzung der Baukosten in einer frühen Planungsphase zu erhalten, in der z.B. Architekturwettbewerbe ausgeführt werden. Nachfolgender Absatz zeigt auch die Grenzen der Genauigkeit von Kostenprognosen in frühen Planungsphasen auf.

Wiederholt geben Auftraggeber in Ausschreibungen von Architekturwettbewerben eine Obergrenze der Baukosten oder Bauwerkskosten an. Weiters enthalten diese oft keine Schwankungsbreite in der Obergrenze. Verschärft wird dies, wenn der Wettbewerbsgewinner nun im Verhandlungsverfahren vertraglich verpflichtet wird, dieses maximale Budget bei der Bauausführung zwingend einzuhalten und Umplanungen zum Erreichen des Kostenziels ohne gesonderte Vergütung vorzunehmen sind. Der öffentliche AG muss dem AN die vollständigen Planungsunterlagen bereitstellen. Dazu zählt auch sachkundig von ihm ermittelte Baukosten oder Bauwerkskosten. Wenn nun unter Baukosten oder Bauwerkskosten auch Reserven angeführt sind, ist das ein Widerspruch, der vom Auftraggeber herbeigeführt wurde: Bauwerks- oder Baukosten (Kostengruppen 2–4 bzw. 1–6) beinhalten keine Reserven⁵⁸.

Es ist beim Bauen mit Unwägbarkeiten und mit Marktrisiken (Baukonjunktur, Auftragslage, Jahreszeit der Ausschreibung und der Bauwerkserrichtung, Facharbeiter- und Technikermangel, corona-bedingte Lieferkettenrisiken und Teuerungen) zu rechnen⁵⁸.

Der Kostenrahmen des Auftraggebers für das zu planende Bauwerk in unserem Wirtschaftssystem kann also nicht hundertprozentig zielgenau sein. In der Entwicklungsphase, in der Architekturwettbewerbe ausgeführt werden, liegt die Schwankungsbreite bei $\pm 30\%$. Das heißt, dass der AG diese auch als Reservemittel kalkulieren muss⁵⁸.

Durch das nachstehend entwickelte Verfahren können rasch die zu erwartenden Baukosten und Bauwerkskosten eines Entwurfs ermittelt werden. Bestehen hier berechtigte Zweifel an der Kostenobergrenze, kann dem AG diese Plausibilitätsrechnung für die Bauwerkskosten (Kostengruppen 2–4) oder die Baukosten (Kostengruppen 1–6) unter Zugrundelegung der Kostendaten aus vergleichbaren Projekten oder aus dem BKI-Kostenplaner vorgelegt werden.

⁵⁷ (anonym, 21)

⁵⁸ (Priebornig, 2022), Seite 15

Umsetzung und Referenzwerte

Die Kalkulation basiert auf Nutzungseinheiten multipliziert mit den durchschnittlichen BGF-Preisen pro m². Als Nutzungseinheit wird hier mit der BGF kalkuliert. Mindestunterscheidung sollte in dieser Phase bereits die oberirdische BGF, unterirdische BGF und Außenanlagen sein. Etwaige Besonderheiten (Kostentreiber, teure Positionen) sollten bereits berücksichtigt werden⁵⁹.

Großen Einfluss haben Entscheidungen des Auftraggebers. Die Umsetzung mit einem GU/TU kann durchaus 8-12% Mehrkosten verursachen. Im Zuge der Wettbewerbsabgabe sind Preistreiber eher Banalitäten wie zusätzliche Tiefgaragen. Generell, sobald Abweichungen von einem Standardprojekt auftreten, wird auch der Kostenrahmen des AG sehr unsicher⁵⁹.

Die eingesetzten Referenzwerte werden den durchgeführten Experteninterviews folgend in den meisten Büros fast ausschließlich auf Basis bereits abgerechneter Projekte ermittelt. Dies stellt besonders in Österreich für junge Büros eine Hürde dar, da es kaum ein Nachschlagewerk, wie den in Deutschland bekannten Baukostenindex, gibt.

Durch die Anwendung in frühen Projektphasen werden hier nur Bauwerkskosten (siehe Kostengruppen aus der ÖNORM B1801-1:2021) einbezogen. Die restlichen Kostengruppen werden über Prozentanteile aufgeschlagen, um die Überleitung zu den jeweiligen Leistungsgruppen herzustellen. Die Hochrechnung der Bauwerkskosten erfolgt über die jeweilige Nutzungseinheit bzw. den dazu gehörenden Kostenkennwert. Eine sinnvolle Teilung der Nutzungsarten im Objekt macht hier Sinn, da jeweilig verschiedene Kostenkennwerte zugrunde liegen. Beispielsweise trennt man die Tiefgarage vom restlichen Objekt bzw. die Gewerbeeinheiten von den Wohneinheiten⁶⁰.

⁵⁹ (anonym, 21)

⁶⁰ (Mathoi, Kostenplanung- und Verfolgung im Hochbau), Seite 275

4.9.1. Auswertung über Archicad

Es wurden alle relevanten Volumina bzw. Flächen für das Kostenziel erstellt, welche das Gebäude grob abbilden und diese Flächen mit einem Preis versehen. Somit sind die gesamten Bruttogeschossflächen (unterirdisch, oberirdisch) und die Außenflächen erfasst und mit dem Referenzwert €/m² multipliziert worden. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass kein Programmwechsel erforderlich ist und Änderungen live dargestellt werden können.

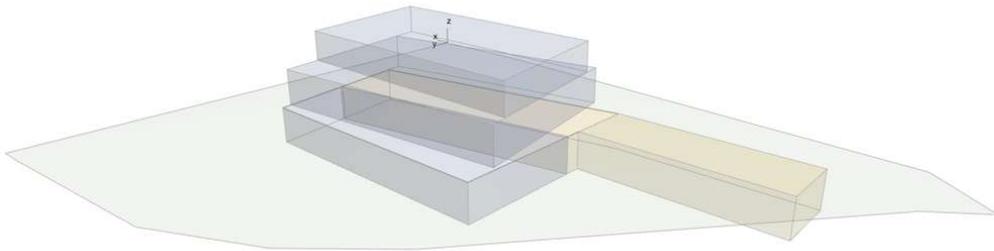


Abbildung 51: Erstellung relevanter Flächen in Archicad

Quelle: eigene Abbildung

Folgende Qualitätskriterien können im Kennwert BWK €/m² mittels eines Dropdown-Menüs ausgewählt werden:

Kostenkennwert für die Errichtung Wohnfläche oberirdisch:

- Niedriger Standard: 1.750 €/m² BGF
- Mittlerer Standard: 2.000 €/m² BGF
- Hoher Standard: 2.250 €/m² BGF



Abbildung 52: Auswählen des Standards

Quelle: eigene Abbildung

Kostenkennwert für Errichtung von Flächen unter Niveau, Terrassen:

- Keller und Garagen: 800 €/m² BGF
- Terrassen: 600 €/m² BGF

Kostenkennwert für Gestaltung der Außenanlagen:

- Niedriger Standard: 85 €/m² AF
- Mittlerer Standard: 150 €/m² AF
- Hoher Standard: 200 €/m² AF

Folgend wird dem vorher definierten Standard mittels einer IFs-Funktion der zugehörige Wert in €/m² im Hintergrund zugewiesen.

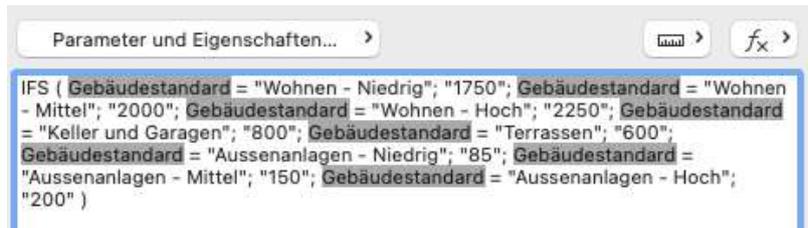


Abbildung 53: Zuweisung der Werte nach Kategorie

Quelle: eigene Abbildung

Die Kosten werden über berechnete Eigenschaften errechnet und in einer Auswertung gesammelt ausgegeben. Da die Auswertung ein Abbild des Modells darstellt, können die Einstellungen mittels Dropdowns auch in den Listen getätigt werden.

| | | | | | |
|-----------|--------|----------------------------|-----------------|--|-----------------|
| UG | BGF oi | 198,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 397267,05 |
| EG | BGF oi | 329,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 659132,97 |
| DG | BGF oi | 282,8 | Wohnen - Mittel | <input type="button" value="Wohnen - Niedrig"/> <input checked="" type="button" value="Wohnen - Mittel"/> <input type="button" value="Wohnen - Hoch"/> | 5632,70 |
| | | 811,0 m² | | | 22032,72 |

Abbildung 54: Zuweisung Qualität in Listen

Quelle: eigene Abbildung

Untenstehend das Ergebnis der automatisierten Berechnung der BWK des Kostenziels.

| 2-4 Bauwerkskosten BWK oberirdisch | | | | | |
|------------------------------------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|
| Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | BWK €/m ² BGF | BWK Bauwerkskosten (über BGF) |
| UG | BGF oi | 198,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 397267,05 |
| EG | BGF oi | 329,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 659132,97 |
| DG | BGF oi | 282,8 | Wohnen - Mittel | 2000 | 565632,70 |
| | | 811,0 m² | | | 1622032,72 |

Tabelle 2: BWK oberirdisch

Quelle: eigene Abbildung

| 2-4 Bauwerkskosten BWK unterirdisch | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | BWK €/m ² BGF | BWK Bauwerkskosten (über BGF) |
| UG | BGF ui | 252,5 | Keller und Garagen | 800 | 202029,61 |
| | | 252,5 m² | | | 202029,61 |

Tabelle 3: BWK unterirdisch

Quelle: eigene Abbildung

BWK gesamt

| Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | BWK €/m2 BGF | BWK Bauwerkskosten (über BGF) |
|-----------|-----------|------------------------------|--------------------|--------------|-------------------------------|
| UG | BGF oi | 198,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 397267,05 |
| | BGF ui | 252,5 | Keller und Garagen | 800 | 202029,61 |
| EG | BGF oi | 329,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 659132,97 |
| DG | BGF oi | 282,8 | Wohnen - Mittel | 2000 | 565632,70 |
| | | 1.063,5 m² | | | 1824062,33 |

Tabelle 4: BWK gesamt

Quelle: eigene Abbildung

6 Außenanlagen AAN

| Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | AF €/m2 | AAN Kosten Außenanlagen |
|-----------|--------------|------------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|
| EG | Außenflächen | 1.275,3 | Aussenanlagen - Niedrig | 85 | 108400,19 |
| | | 1.275,3 m² | | | 108400,19 |

Tabelle 5: AAN

Quelle: eigene Abbildung

Die BWK (2-4) und AAN (6) wurden aus dem Modell errechnet.

| Kostenbereiche | Baugliederung 1.Ebene | Abk. | Kostengruppierung | | | |
|----------------|------------------------|------|-----------------------|------------------|--------------------------|---------------------|
| | | | 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 | Projektnebenleistungen | PNL | | | | |
| 9 | Reserven | RES | | | | |

Tabelle 6: errechnete Werte aus dem Modell

Quelle: Austrian Standards, ÖNORM B1801-1: 2021-02, Bild 5, Seite 13: Kostengruppierung

Um einen Vergleichswert für spätere Phasen für die BAK und ERK zu erhalten, werden diese Werte mittels Prozentaufschlägen grob ermittelt.

| Kostenbereiche | Baugliederung 1.Ebene | Abk. | Kostengruppierung | | | |
|----------------|------------------------|------|-----------------------|------------------|--------------------------|---------------------|
| | | | 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 | Projektnebenleistungen | PNL | | | | |
| 9 | Reserven | RES | | | | |

Tabelle 7: Errechnete Werte über Prozentsätze

Quelle: Austrian Standards, ÖNORM B1801-1: 2021-02, Bild 5, Seite 13: Kostengruppierung

Die Eingabe einer Schwankungsbreite, welche in dieser Phase bei $\pm 30\%$ liegt ermöglicht die Berechnung eines oberen und unteren Schwellenwerts. Der obere Schwellenwert muss immer unter der Kostenobergrenze des AG liegen.

Eigenschaftename: Schwankungsbreite in %

Beschreibung: Eingabe der Schwankungsbreite in % im Kostenziel

▼ Wertedefinition

Datentyp: Nummer

Standardwert: Optionen einstellen...

Nicht definiert

Wert 30,00

Abbildung 55: Eingabe Schwankungsbreite

Quelle: eigene Abbildung

Eigenschaftename: ERK MIN

Beschreibung: Der untere Wert des Kostentrichters im Kostenziel

▼ Wertedefinition

Datentyp: Nummer

Standardwert: Optionen einstellen...

Nicht definiert

Wert 0,00

Berechnung

Reihenfolge

ERK Errichtungskosten * (1 - (Schwankungsbreite in % / 100))

Abbildung 56: Berechnung Schwellenwert

Quelle: eigene Abbildung

BWK, BAK, ERK Kostenziel

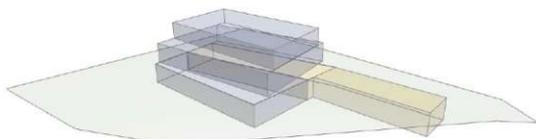
| | |
|-----------------------------------|------------|
| BWK Bauwerkskosten in € | 1959614,00 |
| BAK Baukosten in € | 2273152,23 |
| ERK Errichtungskosten in € | 2351536,79 |
| Schwankungsbreite in % | 30,00 |
| ERK MIN in € | 1646075,76 |
| ERK MAX in € | 3056997,83 |

Tabelle 8: Auswertung der BAK, ERK und Schwankungsbreiten

Quelle: eigene Abbildung

Die Ergebnisse können in einem Übersichtsblatt ausgegeben werden.

Übersicht 3D



BWK, BAK, ERK Kostenziel

| | |
|-----------------------------------|------------|
| BWK Bauwerkskosten in € | 1959614,00 |
| BAK Baukosten in € | 2273152,23 |
| ERK Errichtungskosten in € | 2351536,79 |
| Schwankungsbreite in % | 30,00 |
| ERK MIN in € | 1646075,76 |
| ERK MAX in € | 3056997,83 |

Übersicht BWK

| 2-4 Bauwerkskosten BWK oberirdisch | | | | | | BWK gesamt | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|--------------|-------------------|------------|-----------|-------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | BWK €/m2 BGF | BWK (über BGF) | Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | BWK €/m2 BGF | BWK (über BGF) |
| UG | BCF oi | 198,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 397267,05 | UG | BCF oi | 198,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 397267,05 |
| | BCF ui | 252,5 | Keller und Garagen | 800 | 202029,61 | | BCF ui | 252,5 | Keller und Garagen | 800 | 202029,61 |
| EG | BCF oi | 329,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 659132,97 | EG | BCF oi | 329,6 | Wohnen - Mittel | 2000 | 659132,97 |
| | BCF oi | 282,8 | Wohnen - Mittel | 2000 | 565632,70 | | DG | BCF oi | 282,8 | Wohnen - Mittel | 2000 |
| | | 811,0 m² | | | 1622032,72 | | | 1.063,5 m² | | | 1824062,33 |

| 2-4 Bauwerkskosten BWK unterirdisch | | | | | | 6 Außenanlagen AAN | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|--------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------------------|---------|------------|
| Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | BWK €/m2 BGF | BWK (über BGF) | Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche | Gebäudestandard | AF €/m2 | AAN Kosten |
| UG | BCF ui | 252,5 | Keller und Garagen | 800 | 202029,61 | EG | Außenflächen | 1.275,3 | Aussenanlagen - Niedrig | 85 | 108400,19 |
| | | 252,5 m² | | | 202029,61 | | | | 1.275,3 m² | | |

Abbildung 57: Übersichtsblatt

Quelle: eigene Abbildung

4.9.2. Auswertung über Nova AVA

Mit der Ausgabe des IFC-Files und Import in die AVA-Software Nova AVA können die Flächen erfasst und dort mit den Kennwerten multipliziert werden. Das resultierende Ergebnis kann für spätere Vergleiche in Nova AVA herangezogen werden.

Den Elementen wurden die korrekten Basismengen zugewiesen. In diesem Fall die Fläche (GrossFloorArea). Der Wert ist nun mit dem Bauteil verknüpft. Wenn sich die Fläche ändert, ändert sich dementsprechend die Kostenberechnung automatisch mit. Es muss jedoch hierfür das Modell neu in Nova AVA geladen werden und eine neue Variante vergeben werden.

| KGR | Bezeichnung |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Netto | Netto |
| Bauteile | Bauteile |
| Räume | Räume |
| Brutto-Grundfläche oberirdisch | Brutto-Grundfläche oberirdisch |
| Raum-3 | <Raumnummer> |
| Raum-2 | <Raumnummer> |
| Raum-5 | <Raumnummer> |
| Brutto-Grundfläche unterirdisch | Brutto-Grundfläche unterirdisch |
| Raum-1 | <Raumnummer> |
| Natürliche Landschaften | Natürliche Landschaften |
| Raum-4 | <Raumnummer> |

| Basismengen | Wert |
|---------------------------------|-------------------|
| FinishCeilingHeight | 3,150 m |
| GrossCeilingArea | 329,566 m² |
| GrossFloorArea | 329,566 m² |
| GrossPerimeter | 73,921 m |
| GrossVolume | 1.038,130 m³ |
| GrossWallArea | 48,489 m² |
| Height | 3,150 m |
| NetCeilingArea | 329,566 m² |
| NetFloorArea | 329,566 m² |
| NetPerimeter | 73,921 m |
| NetVolume | 1.038,130 m³ |
| NetWallArea | 13,643 m² |
| AC_Pset_Raumstempel_ON_25 | |
| Anzahl aller Raumecken | 9,000 |
| Anzahl der Reihen (nOrder_0) | 10,000 |
| Anzahl der Reihen (nOrder_100) | 3,000 |
| Anzahl der Reihen (nOrder_200) | 3,000 |
| Anzahl der Reihen (nOrder_50) | 5,000 |
| Anzahl hereinragender Raumecken | 3,000 |

Abbildung 58: Auswählen der Basismenge aus dem Modell

Quelle: eigene Abbildung

Durch die Eingabe der Einheitspreise, welche jedoch manuell erfolgen muss, werden die BWK auch in dieser Variante berechnet.

| KGR | Bezeichnung | Menge | ME | EP | GB (netto) |
|------------|--------------|-----------|----|------------|----------------|
| Netto | Netto | | | | 1.932.460,10 € |
| Gelände-1 | Testobjekt | | | 0,00 € | 1.932.460,10 € |
| Gebäude-1 | Gebäude | | | 0,00 € | 1.932.460,10 € |
| Geschoss-1 | UG | | | 0,00 € | 599.295,60 € |
| Räume | Räume | | | 0,00 € | 599.295,60 € |
| Raum-1 | <Raumnummer> | 252.537 | m2 | 800,00 € | 202.029,60 € |
| Raum-2 | <Raumnummer> | 198.633 | m2 | 2.000,00 € | 397.266,00 € |
| Geschoss-2 | EG | | | 0,00 € | 767.532,50 € |
| Räume | Räume | | | 0,00 € | 767.532,50 € |
| Raum-3 | <Raumnummer> | 329.566 | m2 | 2.000,00 € | 659.132,00 € |
| Raum-4 | <Raumnummer> | 1.275.300 | m2 | 85,00 € | 108.400,50 € |
| Geschoss-3 | DG | | | 0,00 € | 565.632,00 € |
| Räume | Räume | | | 0,00 € | 565.632,00 € |
| Raum-5 | <Raumnummer> | 282.816 | m2 | 2.000,00 € | 565.632,00 € |

Abbildung 59: Erstellen des Kostenziels

Quelle: eigene Abbildung

4.9.3. Fazit und Vergleich

Die resultierenden Kosten sind durch die gleiche Grundlage in Form des BIM-Modells für beide Varianten ident. Dieser Wert wird mit dem Kostenziel des AG verglichen und es kann somit eine Abschätzung über die grundsätzliche Machbarkeit eines Projekts getroffen werden. Dieses nun mit dem AG definierte Kostenziel kann für spätere Phasen als Vergleichswert herangezogen werden (Controlling). Ein weiteres Einsatzgebiet stellt die schnelle Überprüfung eines Entwurfs und der Vergleich mit dem Kostenziel in Wettbewerben dar.

Durch die modellbasierte Ermittlung ist es möglich, bei Änderungen am Volumen die Kosten live mitrechnen zu lassen. Änderungsmöglichkeiten der Qualitäten bieten die Kostenkennwerte der € / m² BGF. In diesem ersten Schritt wurden als Beispiel vorerst nur die Bauwerkskosten (BWK) und die Außenanlagen (AAN) erfasst, da diese rasch aus dem Modell zu ermitteln sind. Die Werte der BWK ermöglichen eine grobe Einschätzung, um z.B. anhand dieser die Planungshonorare ableiten zu können. Die Werte der BAK und ERK werden mittels Prozentaufschlägen grob ermittelt. Weitere Qualitätsunterscheidungen und die weiteren Kostengruppierungen werden in der Vorbereitungsphase definiert.

Die Vor- und Nachteile der beiden Workflows sind nachfolgend angeführt:

| Auswertung über Archicad | Auswertung über Nova AVA |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + kein Programmwechsel nötig + Änderungen werden live abgebildet + benutzerfreundlich durch Dropdown | <ul style="list-style-type: none"> + einfacher Umgang mit Varianten + Ergebnis später in Nova AVA verfügbar - Qualitäten manuell zu definieren - Programmwechsel erforderlich - aufwendiger |

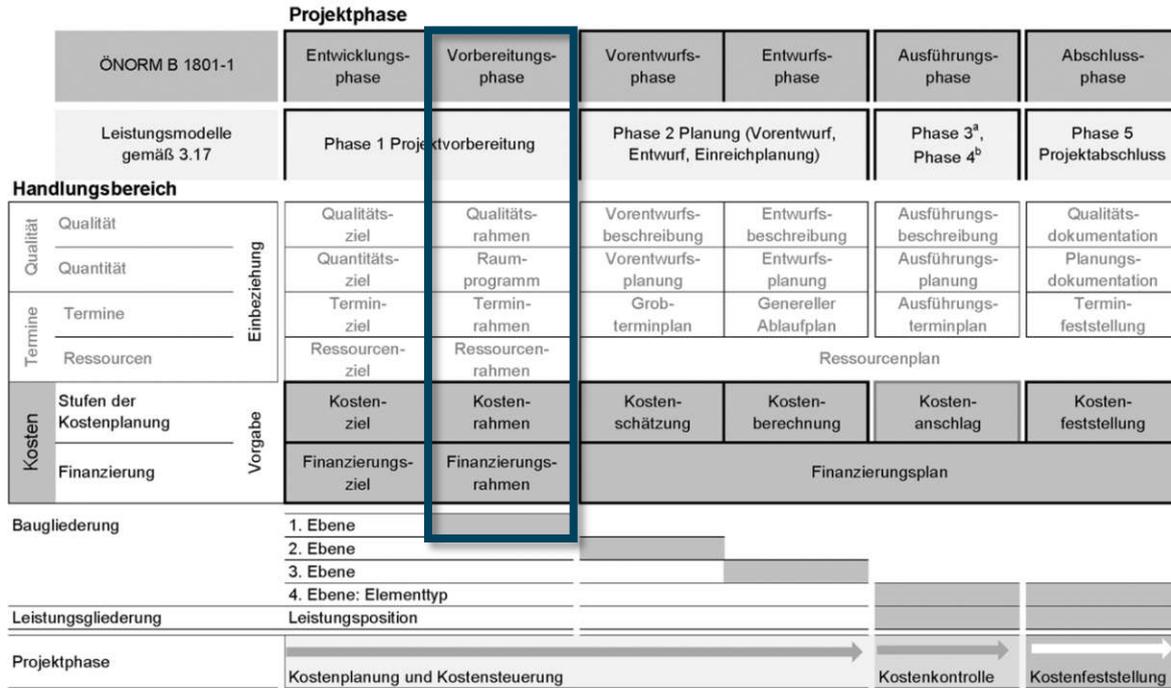
Tabelle 9: Vergleich

Quelle: eigene Abbildung

4.10. Vorbereitungsphase

Ziel der Vorbereitungsphase: Kostenrahmen

Dieser wird durch Multiplikation der geplanten Flächen und/oder Rauminhalte mit deren Kostenkennwerte berechnet.



^a Phase 3: Ausführungsvorbereitung

^b Phase 4: Ausführung

Abbildung 60: Vorbereitungsphase

Quelle: Abb. Austrian Standards International. ÖNORM B 1801-1, Ausgabe 2021-02-01, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung, Bild 3 – Kostenplanung, Seite 9

Vorgabe

Kostenziel der Entwicklungsphase

Einbeziehung

Qualitätsrahmen, Raumprogramm, Terminrahmen, Ressourcenrahmen

Gliederung

Baugliederung 1. Ebene

Die Gliederung erfolgt nach der ÖNORM B1801-1, 1. Ebene. Eine tiefere Gliederung macht jedoch bereits Sinn.

| | | | |
|---|-------------------|--|-------|
| 3 | Bauwerk - Technik | | Summe |
|---|-------------------|--|-------|

Abbildung 61: Baugliederung 1. Ebene

Quelle: Abb. Austrian Standards International. ÖNORM B 1801-1, Ausgabe 2021-02-01, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung, Bild 3 – Kostenplanung, Seite 22

Anzustrebende Schätzgenauigkeit

± 25%

Allgemeines

Die ÖNORM B 1801-1 sieht für die Ermittlung des Kostenrahmens vor, dass Richtwerte heranzuziehen sind, die aus dem Erfahrungsschatz des Planers gezogen werden, jedenfalls hat keine „Stelle“ in Österreich bewirkt, das beachtliche Material an Kennwerten aus den vielen, gebauten Projekten zu dokumentieren⁶¹.

Solche Richtwerte sind z.B. Preis/m³, Preis/m² oder Preis pro Nutzeinheit (Büroplatz, Garagenplatz, etc.). Wenn man jedoch die Kostenunterschiedlichkeit auch funktional ähnlicher Projekte bedenkt, wird ersichtlich, wie ungenau die Angaben über Richtwerte sein müssen. Zusätzlich ist die Indexentwicklung bei den verschiedenen Gewerken unterschiedlich und stark von Konjunkturschwankungen (Markt / Nachfrage / Auslastung) beeinflusst. Ein besonders großer Abweichungsfaktor wird die Verschiedenheit der Entwürfe sein, das Verhältnis Nutzfläche / BGF ist stark vom künftigen Entwurf abhängig. Das finanzielle Risiko für einen Investor ist somit zum Zeitpunkt der Entscheidung, ob er das Projekt realisiert, am höchsten⁶¹.

Ein Beispiel aus der Praxis: Termin- und Qualitätsziele werden in dieser Phase wenig bis gar nicht berücksichtigt, weil sich die Termine nach Vergabe des Wettbewerbs noch oft ändern können⁶². Dies ist in der Norm auch ersichtlich, da es hier nur den Terminrahmen zu erstellen gilt. Auch wird aufgrund der schwierigen Vorhersage immer mit einer Kostenbasis zu Wettbewerbsbeginn/-abgabe kalkuliert. Bei Auftragsvergabe und Erstellung der Kostenschätzung (Vorentwurfsphase) wird die Kostenbasis dann dauerhaft am Erstellungstermin der Kostenschätzung festgemacht. Kostenverfolgungen müssen entsprechend mit dem geltenden Index angepasst werden⁶².

Diese Faktoren zeigen die Grenzen der Schätzgenauigkeit in frühen Planungsphasen klar auf. Es muss mit einer Abweichung von zumindest $\pm 25\%$ gerechnet werden und dies auch klar dem AG kommuniziert werden.

Umsetzung

Die Norm fordert in dieser Phase nur die Baugliederung 1. Ebene. Um jedoch verlässlichere Aussagen treffen zu können sollte hier bereits weiter in die Tiefe gegangen werden. Es kann am Beispiel des Kostenbereichs Bauwerk-Technik in eine genauere Gliederung gegangen werden, wenn Kosten bereits bekannt sind. Mithilfe des Auswählens verschiedener Standards können die Kosten genauer abgeschätzt werden.

⁶¹ (Hans, 2009), Seite 1

⁶² (anonym, 21)

4.10.1. Auswertung über Archicad

Nach ÖNORM B1801-1

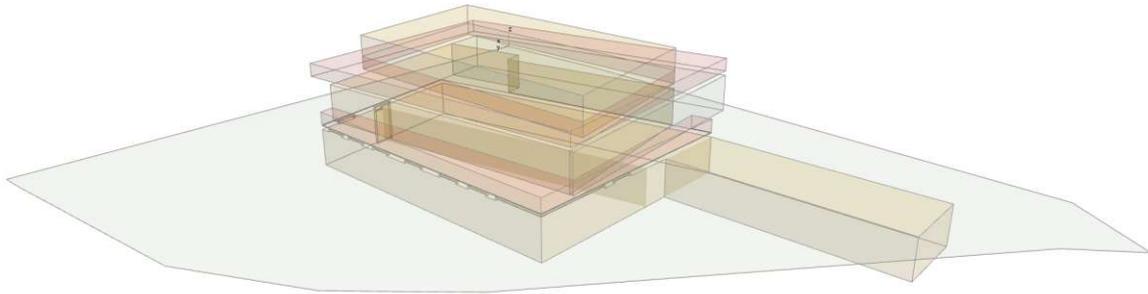


Abbildung 62: Erstellung relevanter Flächen im Modell

Quelle: eigene Abbildung

Die Berechnung des Kostenrahmens wird nativ ohne Programmwechsel mit Eigenschaften und Auswertungen in Archicad realisiert. Es werden die Flächen aus dem BIM-Modell erfasst und mit Referenzwerten verknüpft.

Die Bruttogeschoßflächen (BGF) werden im BIM-Modell als Räume modelliert und in die Kategorien A,B,C laut ÖNORM_EN15221-6 unterteilt. Es gibt also eine weitere Abstufung im Vergleich zur Entwicklungsphase (siehe 4.9).

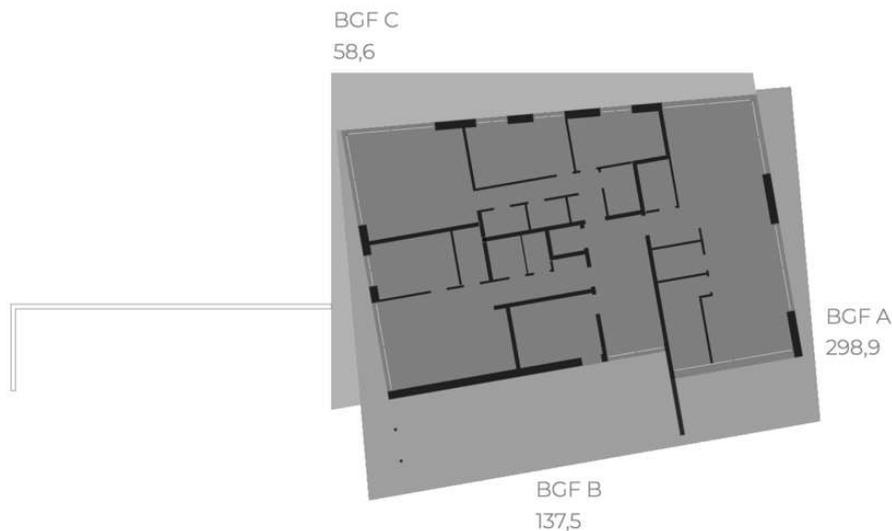


Abbildung 63: Flächenkategorien A,B,C

Quelle: eigene Abbildung

Die Flächenkategorien nach ÖNORM EN 15221-6 bedeuten⁶³:

A: Räume, die vollständig überbaut und an allen Seiten bis zu ihrer vollen Höhe umschlossen sind.

B: Räume, die vollständig überbaut, jedoch nicht an allen Seiten bis zu ihrer vollen Höhe umschlossen sind (z. B. eingelassene Balkone).

C: Räume, die nicht überbaut sind, jedoch innerhalb von Gebäudekomponenten enthalten sind (z. B. offene Balkone).

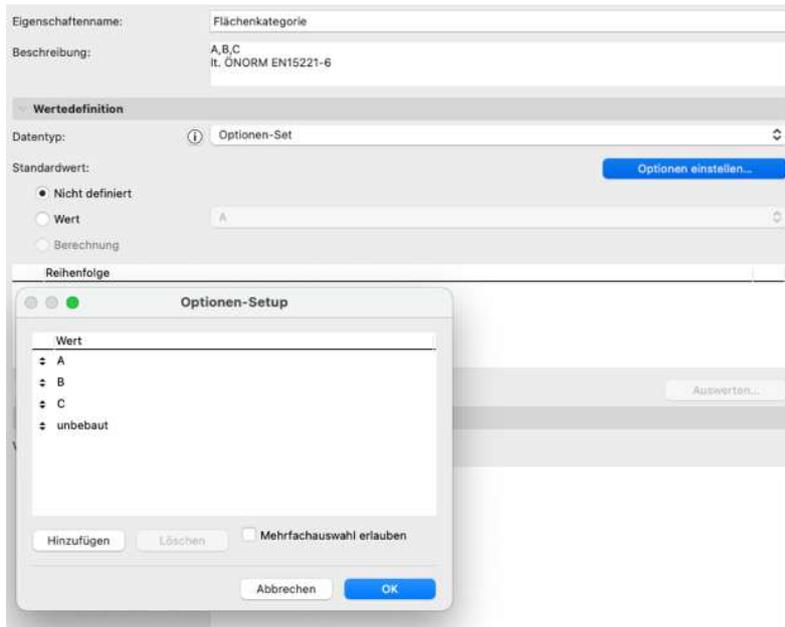


Abbildung 64: Erstellung der Eigenschaft für die Zuweisung der BGF

Quelle: eigene Abbildung

Eine Auswertung summiert die Flächen nach den jeweiligen Kategorien.

| Bruttogrundfläche (BGF) | | | |
|-------------------------|----------|-----------|------------------------------|
| Flächenkategorie | Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche |
| A | UG | BGF A | 179,8 |
| | UG | BGF A | 180,0 |
| | EG | BGF A | 298,9 |
| | DG | BGF A | 277,5 |
| | | | 936,2 m² |
| B | UG | BGF B | 91,9 |
| | EG | BGF B | 120,2 |
| | | | 212,1 m² |
| C | EG | BGF C | 58,6 |
| | DG | BGF C | 164,2 |
| | | | 222,8 m² |
| | | | 1.371,1 m² |

Tabelle 10 Auswertung der BGF nach Kategorie

Quelle: eigene Abbildung

⁶³ (Standards, ÖNORM EN15221-6:2011 (D), 2011), Seite 14

Mithilfe des Eigenschaften-Managers werden die für Räume verfügbaren Eigenschaften und Berechnungen definiert.

Die Auswahl des Gebäudestandards bzw. der näheren Definition erfolgt mittels Dropdown-Menüs: Unterschieden wird zwischen niedrigem, mittlerem und hohem Standard für Wohnen. Eine weitere Unterscheidung stellen hier die Werte „Keller“ und „Terrassen“ dar. Weitere Kategorien für andere Gebäudetypologien oder Qualitäten können hier erweitert werden.



Abbildung 65: Auswahl der Qualitäten

Quelle: eigene Abbildung

Der Kostenkennwert BWK in €/m² BGF wird danach automatisch zugewiesen.



Abbildung 66: automatische Zuweisung des Kostenkennwerts

Quelle: eigene Abbildung

Die Berechnung der Bauwerkskosten wurde über eine berechnete Eigenschaft realisiert. Der Wert der Flächen der BGF wird somit aus dem Modell übernommen.



Abbildung 67: Erstellen einer berechneten Eigenschaft

Quelle: eigene Abbildung

| Flächenkategorie | Gebäudestandard | BWK €/m2 BGF | BWK Bauwerkskosten (über BGF) |
|------------------|--------------------|--------------|-------------------------------|
| A | Keller und Garagen | 800 | 143973,27 |
| A | Wohnen - Mittel | 2000 | 359626,22 |
| A | Wohnen - Mittel | 2000 | 554912,30 |
| A | Wohnen - Mittel | 2000 | 597756,70 |
| | | | 1656268,49 |
| B | Keller und Garagen | 800 | 73489,42 |
| B | Keller und Garagen | 800 | 96145,22 |
| | | | 169634,64 |
| C | Terrassen | 600 | 35162,05 |
| C | Terrassen | 600 | 98548,81 |
| | | | 133710,86 |
| | | | 1959613,99 |

Tabelle 11: Bauwerkskosten nach Kategorie und Qualität

Quelle: eigene Abbildung

Die BWK stellen die Basis mit 100% dar und bilden die Kostenbereiche 2-4 ab. Da die Aufrechnung zur Ermittlung der BAK und ERK über Prozentwerte der BWK in dieser Phase nicht mehr ausreichend genau ist, werden nachfolgend alle Kostenbereiche der Baugliederung 1. Ebene ermittelt und mit diesen die BAK und ERK ermittelt.

| Kostenbereiche Baugliederung 1.Ebene | Abk. | Kostengruppierung | | | Gesamt- kosten GEK |
|---|------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | Bauwerks- kosten BWK | Bau- kosten BAK | Errichtungs- kosten ERK | |
| 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 Projektnebenleistungen | PNL | | | | |
| 9 Reserven | RES | | | | |

Tabelle 12: Errechnete Werte über Kostenbereiche

Quelle: Austrian Standards, ÖNORM B1801-1: 2021-02, Bild 5, Seite 13: Kostengruppierung

Aufbauend auf die Entwicklungsphase sind folgende Steuerungsmöglichkeiten mittels Dropdown-Menüs oder Direkteingaben möglich und beeinflussen die Kosten:

0 Grund

Der Grundstückspreis wird durch eine Direkteingabe oder eine Berechnung in Form der Grundstücksfläche multipliziert mit dem Preis/m² errechnet. In den ERK wird dieser nicht berücksichtigt, daher ist er in diesem Fall 0.

Eigenschaftensname: 0 GRD

Beschreibung: Grundstückspreis in € / m2

Wertdefinition

Datentyp: Nummer

Standardwert: Optionen einstellen...

Nicht definiert
 Wert 0,00
 Berechnung

Abbildung 68: Eingabe Grundstückspreis

Quelle: eigene Abbildung

Eigenschaftensname: 0 GRD Berechnung Grund

Beschreibung: Berechnet den Grundstückspreis

Wertdefinition

Datentyp: Nummer

Standardwert: Optionen einstellen...

Nicht definiert
 Wert 0,00
 Berechnung

Reihenfolge

Gemessene Fläche / 1 m2 * 0 GRD

Abbildung 69: Berechnung Grundstückspreis

Quelle: eigene Abbildung

Am untenstehenden Beispiel wird ein Grundstückspreis über seine Fläche aus dem Modell ermittelt.

| | |
|--|-----------|
| Berechnete Fläche (NRF) | 1.634,8 |
| BWK €/m2 BGF KOSTENRAHMEN nach Flächenkategorie und Standard | 85 |
| 0 GRD | 350,00 |
| 0 GRD Berechnung Grund | 572168,36 |

Abbildung 70: Beispiel Berechnung Grundstückspreis

Quelle: eigene Abbildung

1 Aufschließung

Über anteiligen Prozentwert der BWK.

Wert 5,00

2 Bauwerk-Rohbau

Über anteiligen Prozentwert der BWK

Wert 45,00

3 Bauwerk-Technik

Über anteiligen Prozentwert der BWK

Wert 20,00

4 Bauwerk-Ausbau

Über anteiligen Prozentwert der BWK

Wert

5 Einrichtung

Direkteingabe. In diesem Fall 0, da keine Einrichtung berücksichtigt wird. Hier könnten große Positionen wie Küchen bereits erfasst werden.

6 Außenanlagen

Berechnung über die Außenfläche aus dem Modell multipliziert mit dem Kennwert der Erstellung der Außenflächen. Die eingestellte Qualität hat Einfluss.

Eigenschaftensname:

Beschreibung:

Wertdefinition

Datentyp:

Standardwert:

Nicht definiert
 Wert
 Berechnung

Reihenfolge

STRTONUM (BWK €/m2 BGF KOSTENZIEL nach Standard) * Gemessene Nettofläche / 1 m2

Abbildung 71: Berechnung Außenanlagen

Quelle: eigene Abbildung

| | |
|-------------------------------|-----------|
| Gestaltung Außenraum in €/m2 | 85 |
| Berechnete Fläche (NRF) | 1.275,3 |
| 6 AAN Berechnung Außenanlagen | 108400,19 |

Tabelle 13: Ermittlung Kostenbereich 6

Quelle: eigene Abbildung

7 Planungsleistungen

Über anteiligen Prozentwert der BWK

Wert

8 Projektnebenleistungen

Hierzu zählen z.B. Gebühren.

Über anteiligen Prozentwert der BWK

Wert

9 Reserven

Über anteiligen Prozentwert der BWK

Unter den Reserven sollten erfasst werden:

- 1.) Reserven für **nicht erfasste** Leistungen
Wenn der Entwurf noch nicht genau definiert ist und die Planung noch nicht abgeschlossen ist. Zählt als „Unvorhergesehenes“ und kann je nach Gewerk variieren. Die nicht erfassten Leistungen nehmen bis zum Planungsabschluss auf Null ab. Je nach Qualität der Entwurfspläne, kann der Zuschlag zwischen 5-10% betragen⁶⁴.
- 2.) Reserven für **nicht erfassbare** Leistungen
Das Projektrisiko ist bis zur Fertigstellung technisch oder wirtschaftlich nicht ermittelbar. Zählt als „Unvorhersehbares“ und nimmt ebenso bis zur Fertigstellung auf Null ab⁶⁴.

Für ein Umbauprojekt, bei dem keine Sondagen möglich sind, die Art und das Alter des Bauwerks jedoch Überraschungen erwarten lassen, kann ein Wert von bis zu 30% angesetzt werden. Der Zuschlag sollte nicht unter 10% liegen. Nach Abschluss der relevanten Maßnahmen wird er aufgelöst.

Meist ist der Zeitpunkt der Auflösung des Projektrisikos der Abschluss der Abbrucharbeiten, die Freilegung der statisch relevanten Bereiche und der Abschluss der Entfernung der zu erneuernden Oberflächen⁶⁴.

Bei Neubauten kann dieser Wert geringer sein.

Übersichtlicher können alle Prozentwerte in einer Tabelle direkt eingetragen werden. Die Kostengruppen 2, 3, 4 ergeben immer 100%.

| | |
|--------------|--------------|
| 1 AUF | 5,00 |
| 2 BWR | 45,00 |
| 3 BWT | 20,00 |
| 4 BWA | 35,00 |
| 7 PLL | 2,00 |
| 8 PNL | 3,00 |
| 9 RES | 4,00 |

Tabelle 14: Eingabe der Prozentwerte

Quelle: eigene Abbildung

⁶⁴ (Simlinger, 2020), Seite 48

Übersicht BWK nach Kostengruppen

| | |
|---|-----------|
| 0 GRD Berechnung Grund | 572168,36 |
| 1 AUF Berechnung Aufschließung | 97980,68 |
| 2 BWR Berechnung Bauwerk-Rohabu | 881826,29 |
| 3 BWT Berechnung Bauwerk-Technik | 391922,78 |
| 4 BWA Berechnung Bauwerk-Ausbau | 685864,90 |
| 5 EIR Eingabe Einrichtung | 0,00 |
| 6 AAN Berechnung Außenanlagen | 108400,19 |
| 7 PLL Berechnung Planungsleistungen | 391922,78 |
| 8 PNL Berechnung Projektnebenleistungen | 58788,42 |
| 9 RES Berechnung Reserven | 293942,08 |

Tabelle 15: Übersicht der Baugliederung 1. Ebene

Quelle: eigene Abbildung

Definieren der Schwankungsbreite in frühen Planungsphasen (z.B. $\pm 25\%$ in einer Eigenschaft) und Berechnen des oberen und unteren erwarteten Schwellenwerts.

Eigenschaftensname: Schwankungsbreite in % KOSTENRAHMEN

Beschreibung: in % im Kostenrahmen

Wertdefinition

Datentyp: Nummer

Standardwert: Optionen einstellen...

Nicht definiert

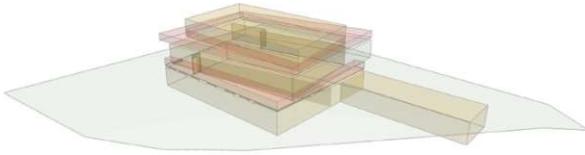
Wert: 25,00

Abbildung 72: Eingabe Schwankungsbreite

Quelle: eigene Abbildung

In einem Übersichtsblatt werden alle Ergebnisse dargestellt.

Übersicht 3D



Übersicht BWK nach Kostengruppen

| | |
|---|-----------|
| 0 GRD Berechnung Grund | 572168,36 |
| 1 AUF Berechnung Aufschließung | 97980,68 |
| 2 BWR Berechnung Bauwerk-Rohabu | 881826,29 |
| 3 BWT Berechnung Bauwerk-Technik | 391922,78 |
| 4 BWA Berechnung Bauwerk-Ausbau | 685864,90 |
| 5 EIR Eingabe Einrichtung | 0,00 |
| 6 AAN Berechnung Außenanlagen | 108400,19 |
| 7 PLL Berechnung Planungsleistungen | 391922,78 |
| 8 PNL Berechnung Projektnebenleistungen | 58788,42 |
| 9 RES Berechnung Reserven | 293942,08 |

Prozentanteile der KG an den BWK

| | |
|-------|-------|
| 1 AUF | 5,00 |
| 2 BWR | 45,00 |
| 3 BWT | 20,00 |
| 4 BWA | 35,00 |
| 7 PLL | 20,00 |
| 8 PNL | 3,00 |
| 9 RES | 15,00 |

Aus dem Modell errechnete KG

| | |
|--|-----------|
| Berechnete Fläche (NRF) | 1634,8 |
| BWK €/m ² BGF KOSTENRAHMEN nach Flächenkategorie und Standard | 85 |
| 0 GRD | 350,00 |
| 0 GRD Berechnung Grund | 572168,36 |
| Gestaltung Außenraum in €/m ² | 85 |
| Berechnete Fläche (NRF) | 1275,3 |
| 6 AAN Berechnung Außenanlagen | 108400,19 |

Kostenrahmen Bruttogrundfläche (BGF)

| Flächenkategorie | Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche |
|------------------|----------|-----------|------------------------------|
| A | | | |
| | UG | BGF A | 179,8 |
| | UG | BGF A | 180,0 |
| | EG | BGF A | 298,9 |
| | DG | BGF A | 277,5 |
| | | | 936,2 m² |
| B | | | |
| | UG | BGF B | 91,9 |
| | EG | BGF B | 120,2 |
| | | | 212,1 m² |
| C | | | |
| | EG | BGF C | 58,6 |
| | DG | BGF C | 164,2 |
| | | | 222,8 m² |
| | | | 1.371,1 m² |

Kostenrahmen BWK nach Flächenkategorie und Qualität

| Flächenkat. | Gebäudestandard | BWK €/m ² BGF | BWK (über BGF) |
|-------------|--------------------|--------------------------|-------------------|
| A | Keller und Garagen | 800 | 143973,27 |
| A | Wohnen - Mittel | 2000 | 359626,22 |
| A | Wohnen - Mittel | 2000 | 554912,30 |
| A | Wohnen - Mittel | 2000 | 597756,70 |
| | | | 1656268,49 |
| B | Keller und Garagen | 800 | 73489,42 |
| B | Keller und Garagen | 800 | 96145,22 |
| | | | 169634,64 |
| C | Terrassen | 600 | 35162,05 |
| C | Terrassen | 600 | 98548,81 |
| | | | 133710,86 |
| | | | 1959613,99 |

Abbildung 73: Übersichtsblatt

Quelle: eigene Abbildung

Nach DIN 276

Um eine genauere Unterteilung der Kosten bereits in frühen Planungsphasen auch gemäß DIN 276 realisieren zu können, wurden am folgenden Beispiel Eigenschaften für die Kennwerte der Gliederung erstellt.

Es wurden Prozentsätze laut BKI für die Kostengruppen ausgewählt. Diese können in der Auswertung direkt verändert werden.

| Kostengruppen der 1. Ebene Prozentsätze | |
|---|------|
| 100 Grundstück | 0,00 |
| 200 Vorbereitende Maßnahmen | 0,02 |
| 300 Bauwerk - Baukonstruktionen | 0,80 |
| 400 Bauwerk - technische Anlagen | 0,20 |
| 500 Außenanlagen und Freiflächen | 0,04 |
| 600 Ausstattung und Kunstwerke | 0,01 |
| 700 Baunebenkosten | 0,20 |
| 800 Finanzierung | 0,00 |

Tabelle 16: Auswertung der KG1

Quelle: eigene Abbildung

Die folgende Auswertung gibt die Kostengruppen der 1. Ebene nach DIN aus. Die Kostengruppen 300 + 400 sind vergleichbar mit den Kostengruppen 2-4 der ÖNORM B1801-1. Es handelt sich hier also um die BWK.

| KG Kostengruppen der 1. Ebene (in €) | |
|--------------------------------------|-------------|
| 100 Grundstück | 0,0 |
| 200 vorb. Maßnahmen | 40.256,1 |
| 300 Bauwerk - Baukonstruktionen | 1.610.241,3 |
| 400 Bauwerk - techn. Anlagen | 402.560,4 |
| 500 Außenanlagen und Freiflächen | 80.512,2 |
| 600 Ausstattung und Kunstwerke | 20.128,0 |
| 700 Baunebenkosten | 402.560,4 |
| 800 Finanzierung | 0,0 |

Tabelle 17: Erstellung der Kennwerte nach DIN 276

Quelle: eigene Abbildung

Analog dazu wurde für die Ermittlung nach 2. Ebene eine Auswertung erstellt.

| Kostengruppen der 2. Ebene (in €) | |
|--|-------------|
| 310 Baugruppe / Erdbau | 60.384,2 |
| 320 Gründung / Erdbau | 100.640,1 |
| 330 Außenwände / vertikal außen | 503.200,5 |
| 340 Innenwände / vertikal innen | 301.920,3 |
| 350 KG Decken / horizontal | 362.304,4 |
| 360 Dächer | 201.280,1 |
| 370 Infrastrukturanlagen | 0,0 |
| 380 Baukonstruktive Einbauten | 20.128,0 |
| 390 Sonst. Maßnahmen für Baukosnt. | 80.512,2 |
| 410 Abwasser, Wasser, Gasanlagen | 120.768,1 |
| 420 Wärmeversorgungsanlagen | 100.640,1 |
| 430 Raumluft Anlagen | 20.128,0 |
| 440 Elektrische Anlagen | 60.384,2 |
| 450 Kommunikationstechnische Anlagen | 20.128,0 |
| 460 Förderanlagen | 60.384,2 |
| 470 Nutzungsspez. Anlagen | 0,0 |
| 480 Gebäude- und Anlagenautomation | 0,0 |
| 490 Sonst. Maßnahmen f. techn. Anlagen | 0,0 |
| SUMME BWK nach KG 2. Ebene | 2.012.801,7 |

Tabelle 18: KG2 nach DIN 276

Quelle: eigene Abbildung

Effizienzkennzahlen

Mithilfe weiterer Eigenschaften werden Effizienzkennzahlen automatisch berechnet. In diesem Fall wurden die Kennzahlen nach BKL ausgegeben und mit diesen verglichen. Es ist ersichtlich, dass das Testobjekt gute Zielwerte erreicht. Obwohl diese Effizienzkennzahlen keine Kosten im engeren Sinn ausweisen, sind sie für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Projekts hilfreich.

In Wettbewerben kann mit dieser Methodik rasch eine grobe Einschätzung erfolgen. Dies ist somit auch in frühen Planungsphasen möglich, in denen sich das Projekt und die Kubatur noch stark im Fluss befinden.

Eine Bewertung und der Vergleich der Wirtschaftlichkeit von eingereichten Wettbewerbs-BIM-Modellen wäre mit diesem Tool für Wettbewerbsentscheidungen gut durchführbar.

Planungskennwerte zur Wirtschaftlichkeit

NUF / BGF (A) = 57 % (Zielwert: 60-70%)

TF / NUF = 6 % (Zielwert: 4-7%)

VF / NUF = 14 % (Zielwert: 20-40%)

NRF / NUF = 134 % (Zielwert: 125-145%)

KGF = 236 m²

KGF / NRF = 30 % (Zielwert: 19-28%)

BGF (A) / NUF = 130 % (Zielwert: 145-170%)

Tabelle 19: Planungskennwerte zur Wirtschaftlichkeit

Quelle: eigene Abbildung

Mithilfe von grafischen Überschreibungen wird eine visuelle Kontrolle des Wohnungsspiegels und der Flächenzuweisung ermöglicht.

Visuelle Kontrolle

Die korrekte Modellierung und stetige Weiterführung des Modells und vor allem der in den Berechnungen verwendeten Bauteile und Räume ist stets zu gewährleisten. Eine Rückverfolgung und eine visuelle Kontrolle der Flächen und Rauminhalte ist mittels 3D-Modell und dem damit verbundenen Grundriss jederzeit möglich. In der Tabelle kann die BGF ausgewählt und direkt im 3D-Modell oder im 2D-Plan angezeigt werden.

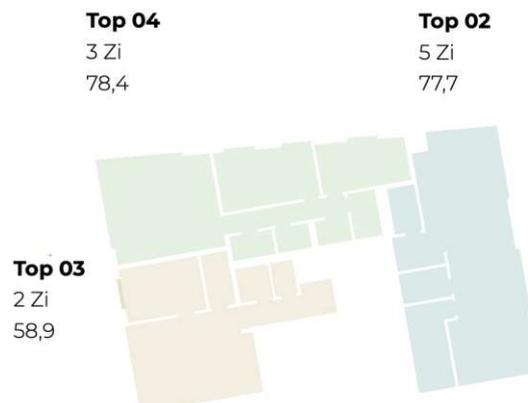


Abbildung 74: Kontrolle Wohnungsspiegel

Quelle: eigene Abbildung

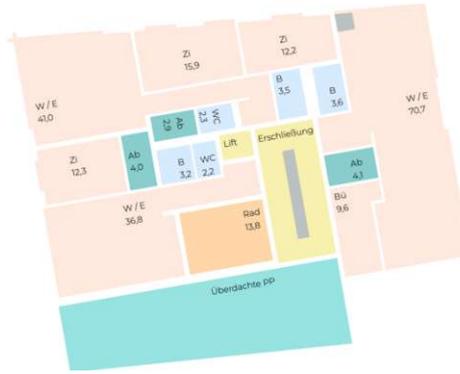


Abbildung 75: Kontrolle Flächenzuweisung

Quelle: eigene Abbildung

| Flächenkategorie | Kosten über BGF | | |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | A | B | C |
| BWK in €/m2 BGF | 1650,00 | 800,00 | 600,00 |
| Fläche in m2 | 1.027,7 | 229,4 | 222,8 |
| BWK Bauwerkskosten in € | 1.695.632,3 | 183.458,5 | 133.710,9 |
| BAK Baukosten in € | 1.814.326,6 | 196.300,6 | 143.070,6 |
| ERK Errichtungskosten in € | 2.153.453,1 | 232.992,3 | 169.812,8 |
| ERK MIN in € | 1.722.762,5 | 186.393,8 | 135.850,2 |
| ERK MAX in € | 2.584.143,7 | 279.590,8 | 203.775,4 |

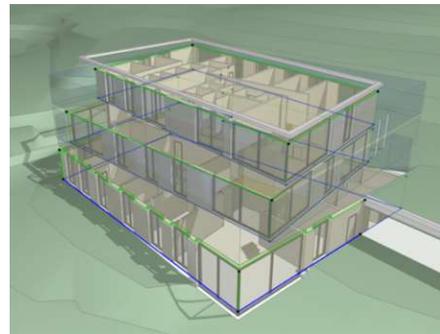


Abbildung 76: Rückverfolgung aus Tabelle in 3D

Quelle: eigene Abbildung

Bruttogrundfläche (BGF)

| Flächenkategorie | Geschoss | Raumnamen | Netto-Fläche |
|------------------|----------|-----------|-------------------|
| A | UG | BGF A | 451,3 |
| | EG | BGF A | 298,9 |
| | DG | BGF A | 277,5 |
| | | | 1.027,7 m² |

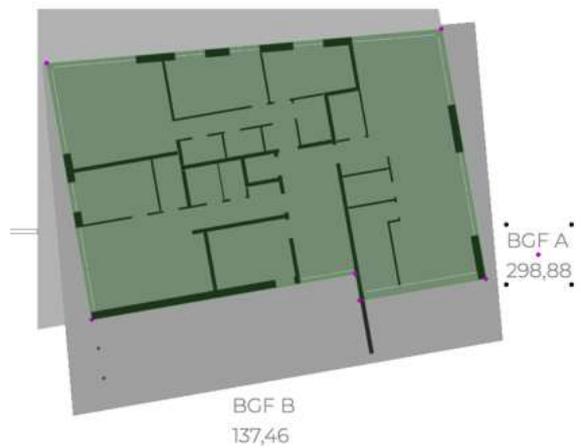


Abbildung 77: Rückverfolgung aus Tabelle in 2D

Quelle: eigene Abbildung

4.10.2. Auswertung über Nova AVA

Ähnlich der Arbeitsweise in der Entwicklungsphase (Kostenziel) wird ein IFC-File aus Archicad exportiert und in die AVA-Software Nova AVA eingespielt. Es werden die nun genauer definierten Flächen (BGF Kategorien: A,B,C, Keller, Garagen, etc.) erfasst und dort mit den Kennwerten multipliziert.

Der nun erstellte Kostenrahmen kann wieder als Vergleichskennwert für die späteren Phasen direkt in der Software abgespeichert werden und stellt den größten Vorteil gegenüber einer Auswertung in Archicad dar.

Die Zuweisung der Elementmengen ist analog wie im Kostenziel (siehe 4.9.2) umgesetzt worden.

Es wird ein Kostenrahmen anhand des 3D-Modells erstellt.



Abbildung 78: Erstellen eines Kostenrahmens

Quelle: eigene Abbildung

| | |
|--------------|--------------|
| Name | Kostenrahmen |
| Beschreibung | über Modell |
| ID | KV00014.01 |
| 3D-Modell | Kostenrahmen |
| Version | 1 |

Abbildung 79: Quellenzuweisung 3D-Modell

Quelle: eigene Abbildung

Das Gebäudemodell kann in Tabellenform nach seinem Aufbau nun dargestellt werden.

| KGR | Bezeichnung |
|--------------|--------------|
| | Netto |
| ▼ Gelände-1 | Testobjekt |
| ▼ Gebäude-1 | Gebäude |
| ▼ Geschoss-1 | UG |
| ▼ Räume | Räume |
| Raum-1 | <Raumnummer> |
| Raum-2 | <Raumnummer> |
| Raum-3 | <Raumnummer> |
| ▼ Geschoss-2 | EG |
| ▼ Räume | Räume |
| Raum-4 | <Raumnummer> |
| Raum-5 | <Raumnummer> |
| Raum-6 | <Raumnummer> |
| Raum-7 | <Raumnummer> |
| ▼ Geschoss-3 | DG |
| ▼ Räume | Räume |
| Raum-8 | <Raumnummer> |
| Raum-9 | <Raumnummer> |

Tabelle 20: Elemente in Tabellenform

Quelle: eigene Abbildung

Da das Testobjekt gemäß den Modellierungsrichtlinien und seiner späteren Ausführung modelliert wurde, sieht man, dass die Namen und der Aufbau in Tabellenform nicht für eine klare Zuweisung nutzbar sind. Die Eigenschaft der Flächenkategorie wird z.B. in dieser Darstellung nicht dargestellt.

Mithilfe von Eigenschafts-Filtern kann nach Eigenschaften in den Elementen gesucht werden und somit eine korrekte Auswahl der betreffenden Bauteile erfolgen.

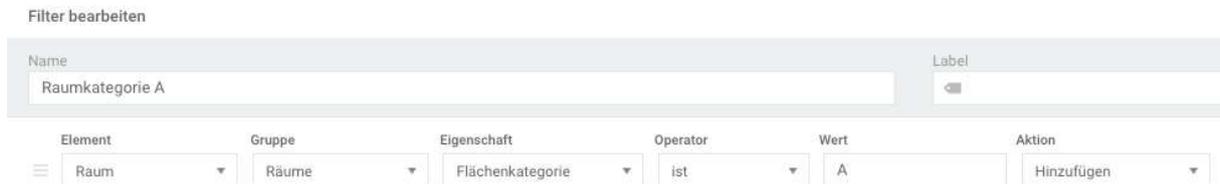


Abbildung 80: Erstellen eines Filters

Quelle: eigene Abbildung

Um sicherzustellen, dass die korrekten Elemente ausgewählt wurden, erfolgt eine visuelle Kontrolle im Modell.

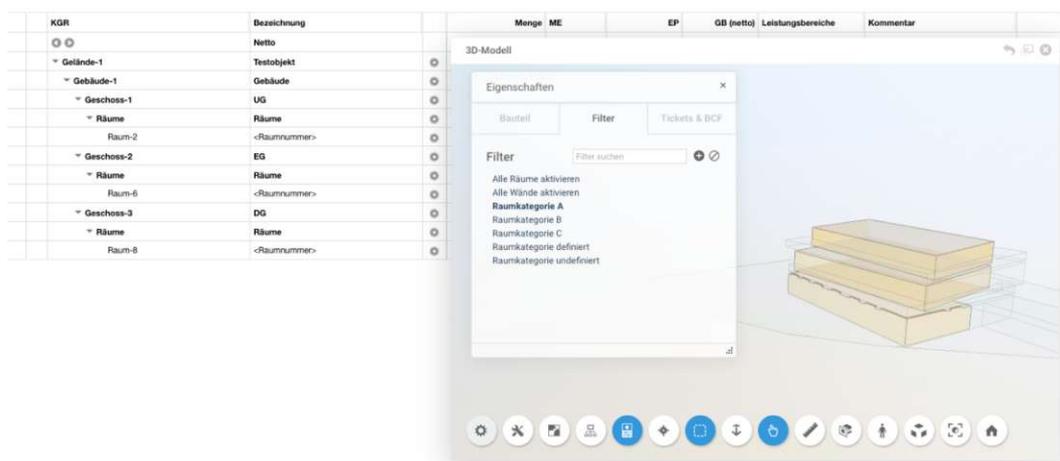


Abbildung 81: Visuelle Kontrolle der Auswahl im Modell

Quelle: eigene Abbildung

Nun wurden alle Räume der Flächenkategorie A gewählt und bemustert. Ein automatisches Bemustern mithilfe der Filter macht ein Benennen nach Kategorien der Räume in dieser Phase in der Authoring-Software überflüssig.

Bauteile gleichen Typs wurden synchronisiert. Alle weiteren Räume des Typs Flächenkategorie A können so in einem Schritt bemustert werden. Dies erfolgte nun analog zu allen Räumen.

4.10.3. Fazit und Vergleich

| Archicad | Nova AVA |
|-------------------------------------|---|
| + kein Programmwechsel nötig | + einfacher Umgang mit Varianten |
| + Änderungen werden live abgebildet | + Ergebnis später in Nova AVA verfügbar |
| + benutzerfreundlich durch Dropdown | |
| + Kennwerte zur Wirtschaftlichkeit | |
| - Zunehmende Komplexität | - Programmwechsel erforderlich |
| | - aufwendiger |

Tabelle 22: Vergleich

Quelle: eigene Abbildung

Fazit einer Auswertung in der Vorbereitungsphase

Alle Kostenbereiche lassen sich gut und rasch mit Archicad berechnen und Änderungen im Modell werden ohne Programmwechsel automatisiert in die Kostenrechnung übernommen. Eine rasche Erfassung der Mengen des im sich ständig verändernden Entwurfs ist gewährleistet.

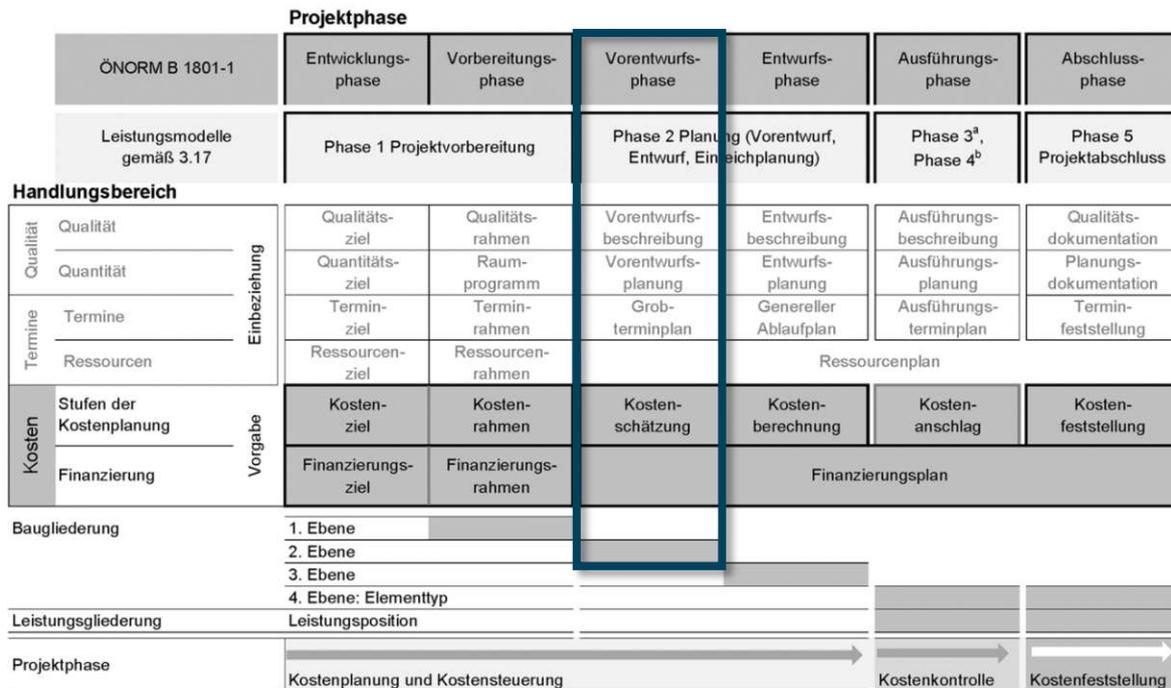
Eine Ermittlung aller weiteren Kostengliederungen mithilfe von berechneten Eigenschaften und die weitere Erfassung von Ausbaustandards, Qualitäten, etc. ist möglich, hat aber ihre Grenzen. Die Eigenschaften müssen immer direkten Bezug zu einem Element im Modell haben oder eigene Eigenschaften müssen erstellt werden, um Werte für eine Berechnung zu erhalten. Dies geht zu Lasten der Übersichtlichkeit. Besonders für ungeübte Anwender der Autorensoftware kann dies zur Verwirrung führen. Das Hinzufügen von Eigenschaften und das Erstellen von korrekten Auswertungen erfordert ein hohes Wissen des Anwenders. Wenn diese jedoch von z.B. einem BIM-Verantwortlichen in einer Vorlage erstellt wurden und übersichtlich angeordnet sind, kann jeder Anwender rasch die Kosten eines korrekt modellierten Modells erfassen.

Für Variantenvergleiche empfiehlt sich jedoch die Auswertung über Nova AVA (siehe 4.10.2). In Nova AVA kann ein neues Modell als Variante geladen werden und anhand dessen ein Kostenvergleich rasch erstellt werden. Alle Werte sind auch in späteren Phasen und im Kostencontrolling als Vergleich verfügbar (siehe 4.13).

4.11. Vorentwurfsphase

Ziel der Vorentwurfsphase: Kostenschätzung

Die Kostenschätzung wird durch eine Multiplikation der geplanten Flächen und/oder Rauminhalte mit deren Kostenkennwerten erstellt.



^a Phase 3: Ausführungsvorbereitung

^b Phase 4: Ausführung

Abbildung 83: Vorentwurfsphase

Quelle: Abb. Austrian Standards International. ÖNORM B 1801-1, Ausgabe 2021-02-01, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objektterrichtung, Bild 3 – Kostenplanung, Seite 9

Die Kostenschätzung wird lt. ÖNORM B 1801-1 auf Basis der Vorentwurfsplanung, der Anlagenbeschreibung und des Grobterminplanes erstellt. Vorgeschlagen wird eine elementweise Kostenermittlung, ohne dass die Elemente näher vertieft werden, wie dies z.B. für die DIN 276 geschah⁶⁵. Die Planunterlagen sind zu diesem Zeitpunkt, nach Ansicht einiger Kommentare zur DIN noch nicht detailliert genug, um Einzelleistungen zu erfassen. Die Gliederung der Kosten umfasst z.B.:

- Baukonstruktion (EP/m³ oder EP/m²)
- Installation (EP/m³ oder EP/m²)
- betriebstechnische Anlagen (EP/m³ oder EP/m²)
- besondere Bauausführungen (EP/m³ oder EP/m²)

Zur Berechnung der Gesamtkosten sind Richtwerte heranzuziehen, die aus dem Erfahrungsschatz des Planers gezogen werden. Es ist zum Zeitpunkt des Vorentwurfs bei der Entscheidung zur Weiterplanung eines Projektes mit etwa 25 – 15 % Unschärfe zu rechnen⁶⁵.

Aus dem oben zitierten Fachartikel lässt sich ablesen, dass zugunsten einer höheren Genauigkeit die elementbasierte Kostenermittlung zu gewissen Teilen vorgezogen werden sollte, auch wenn das die Norm noch nicht explizit verlangt.

⁶⁵ (Hans, 2009), Seite 11

Die Bandbreite der Kostenschätzung kann zur Projektentscheidung herangezogen werden:

- Die Kostenschätzung bewegt sich zwischen „Ziel“ und „Rentabilitätsgrenze“ eines Projektes.
- Erst wenn auch die Bandbreite unterhalb der Rentabilitätsgrenze liegt, ist eine Zusage des AGs zur Realisierung zu erwarten.
- Die Entscheidung hängt von den Risikovorgaben des Projekts ab.

Vorgabe

Kostenrahmen

Allgemeines

Laut Experteninterviews haben die folgenden Entscheidungen großen Einfluss auf die Kosten und sollten daher so früh wie möglich getroffen werden:

Den größten Kostentreiber stellt immer das Verhältnis Verkehrsfläche zur Nutzfläche dar. Weiters haben die Sanitärflächen großen Einfluss. Diese kosten bis zu 100% mehr als normale Wohnnutzflächen. Deswegen sollte bereits bekannt sein, wie viele Nasszellen es geben wird und diese mit höheren Benchmarks belegt werden⁶⁶.

Die gewählte Bauart, also Holz-, Ziegelmassiv-, Betonbau hat ebenso großen Einfluss. Eine weitere Unterscheidung sollte im Holzbau in Holzrahmen oder Holzmassiv getroffen werden. Fassadensysteme können von Dämmbeton bis zum klassischen Wärmedämmverbundsystem große Einflüsse auf die Kosten haben und sollten ebenso betrachtet werden⁶⁶.

Weitere Einflussfaktoren sind z.B. Oberflächenqualitäten (Verputz innen/außen, Boden, Wände, Decke), Schallschutzerfordernungen über Gesetz, Wärmeschutzerfordernungen über Gesetz, Materialqualitäten (Fenster, Türen), Abweichungen von Standardmaßen bei Einbauteilen (Fenster, Türen), Heizgeräte (klassische Heizkörper, Fußbodenheizung, Bauteilaktivierung, andere Heizmethoden)⁶⁶.

Die Haustechnik ist ebenfalls ein Einflussfaktor, wenn auch geringer bei Wohnbauten als bei jeglichen anderen Bauten. Regulär nimmt man 33% Rohbau, 33% Ausbau und 33% HKLSE an. Bei Wohnbauten mehr zugunsten des Ausbaus und des Rohbaus. Bei Sonderbauten mehr zugunsten Ausbau und HKLSE⁶⁶.

Die technische Gebäudeausstattung (TGA) wird in dieser Phase geschätzt. Es wurde ein Anteil von ca. 16% der BWK angenommen. Großgeräte, Speicher, Photovoltaik, Wärmepumpen sollten jedoch bereits direkt eingepreist werden, PV als m² Dachfläche + Leitungsführung, Fußboden, Lüftung, Elektro anhand ihrer Fläche⁶⁷.

Einbeziehung

Vorentwurfsbeschreibung, Vorentwurfsplanung, Grobterminplan, Ressourcenplan

Anzustrebende Schätzgenauigkeit

± 20%

Gliederung

Baugliederung 2. Ebene

⁶⁶ (anonym, 21)

⁶⁷ (Reiner, 2022)

Umsetzung

Durch die Vorziehung der elementbasierten Erfassung erster Bauteile ist auch die Steuerungsmöglichkeit der Bauart (Holzbau, Betonbau, Massivbau) gegeben. Die Auswahl erfolgt durch die Zuweisung der Kosten im Element.

Durch das Anlegen einer Variante kann ein einfacher Vergleich der verschiedenen Bauarten erfolgen. Da der **Rohbau** bereits in frühen Planungsphasen in seinen Massen bekannt ist, sollte dieser in seinen Elementen erfasst werden.

Ebenso können die **Fassaden** erfasst werden. Bei der Fassade wird mit Ansätzen (Fassadenfläche und Fassadenart) kalkuliert. Dies kann mit Vergleichsprojekten oder Datenbanken wie dem BKI geschehen.

- WDVS
- vorgehängte Fassade
- Fenster: groß, klein, Art der Fenster, 3-fach-Verglasung, Kunststoff, Holz-Alu, Metall

Besonderheiten, wie aufwendige **Gründungen**, Baugrubensicherungen und dergleichen sollten bereits bekannt sein, da diese großen Einfluss haben.

Die Kostengruppe 3 (Bauwerk-Technik) wird mit Referenzwerten über ihre Fläche (180€/m²) berechnet oder über einen prozentuellen Anteil an den BWK (16%)⁶⁸. Es sollten folgende TGA-Standards definiert sein:

- Art der Energieform (erneuerbar)
- Erdbohrungen
- Wärmepumpe
- PV
- Kühlung
- Kontrollierte Wohnraumlüftung

Für den **Innenausbau** sollten die Türen in ihrer Anzahl, gegliedert nach Leichtmetallrohrrahmen-, Stahltür- und Holztürelement nach Flügelanzahl und Brandschutzklasse erfasst werden. Für **Oberflächen** sollte früh zumindest für Verkehrsflächen eine Qualität bekannt sein (Fliesen zwischen 60 und 200€ am m² je nach Qualität und Größe). Die Anzahl und Qualität der Bäder hat großen Einfluss.

Ausstattungsgrad:

- gehobene Ausstattung (Holzfußböden, großformatige Keramikplatten,...)
- mittlerer Standard
- niedriger Standard

Gemeinkosten werden als Zuschläge abhängig von den Flächen berücksichtigt.

Der Kostenrahmen wird über die Norm hinaus bereits teils mithilfe der elementbasierten Kostenermittlung erstellt. Hierbei wird auf Gliederung 2. Ebene gearbeitet. Die Geometrien werden direkt aus dem BIM-Modell übernommen. Es werden Flächen ausgewertet und mit Referenzwerten multipliziert, jedoch werden bereits kostenintensive bzw. Elemente mit großem Einfluss auf die Gesamtkosten exakter erfasst. Die Kosten der bekannten Elemente müssen von den Flächenwerten wieder subtrahiert werden.

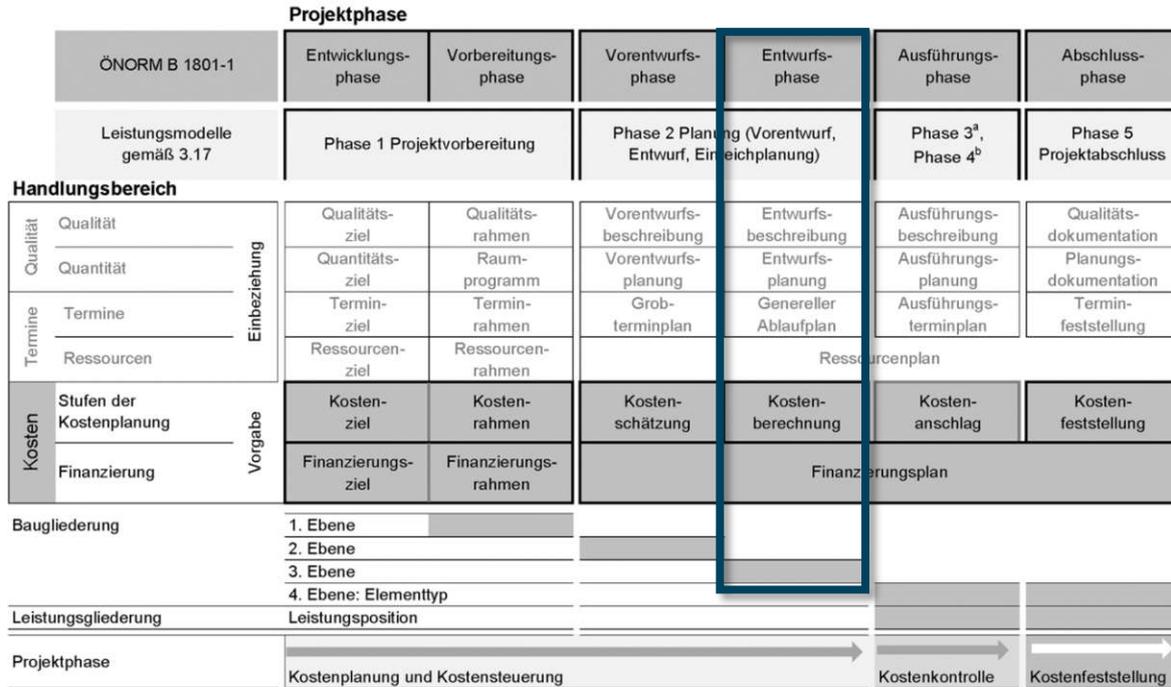
Da dieser Workflow ein Vorziehen der nächsten Phase (Entwurfsphase) darstellt, wird dieser im nächsten Kapitel genauer erläutert. Die Arbeitsweise bleibt die gleiche.

⁶⁸ (Reiner, 2022)

4.12. Entwurfsphase (einschließlich Genehmigungsverfahren)

Ziel der Entwurfsphase: Kostenberechnung

Die Ermittlung hat in der Entwurfsphase mit der Baugliederung zu erfolgen. Das bedeutet, dass durch eine Multiplikation der geplanten Elementmengen mit den Kostenkennwerten je Elementeinheit gerechnet wird.



^a Phase 3: Ausführungsvorbereitung

^b Phase 4: Ausführung

Abbildung 84: Entwurfsphase

Quelle: Abb. Austrian Standards International. ÖNORM B 1801-1, Ausgabe 2021-02-01, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objektterrichtung, Bild 3 – Kostenplanung, Seite 9

Die Kostenberechnung wird laut ÖNORM B 1801-1 auf Basis der Entwurfs- oder Einreichplanung, der Objektbeschreibung und des generellen Terminablaufplanes erstellt.

Kostenberechnungen werden als Abschluss der Entwurfsarbeit für das ganze Projekt aufgestellt. Einen qualifizierten Zusammenhang mit den Vergabepaketen der Ausschreibungen gibt es bei Anwendung der ÖNORM B 1801-1 (planungsorientiert) nicht. Die Extrapolation der Baumeisterarbeiten gelingt i.d.R. noch, problematisch ist der Ausbau. Dies ergibt einen Systembruch, da die Elemente oder auch die Positionen der Kostenplanung in der Regel in verschiedenen Gewerken ausgeschrieben und zu verschiedenen Zeitpunkten an verschiedene Auftragnehmer vergeben werden⁶⁹.

Die Kostenberechnung des freigegebenen Entwurfs sollte die Grundlage einer begleitenden Kostenkontrolle und Kostensteuerung sein. Die Führung einer Änderungsevidenz ab dem Entwurf ist empfehlenswert. Reserven sind gezielt aufzubauen und aufzulösen. Dabei ist das Projektisiko laufend zu kontrollieren⁷⁰.

⁶⁹ (Hans, 2009), Seite 2

⁷⁰ (Simlinger, 2020), Seite 229

Einbeziehung

Entwurfsbeschreibung, Entwurfsplanung, genereller Ablaufplan, Ressourcenplan

Gliederung

Baugliederung bzw. Leistungsgliederung 3. Ebene

Anzustrebende Schätzgenauigkeit

± 20% (Entwurf), ± 15% (Einreichung)

Umsetzung

Als Grundlage der elementbasierten Kostenermittlung wurden alle relevanten Bauteile einzeln erstellt, mit Eigenschaften versehen, geprüft und ausgewertet. Danach wurde ein Testobjekt mit allen vorher geprüften Bauteilen laut Modellierungsrichtlinie (siehe 4.5) erstellt. Da die Erfassung der Kosten in Archicad nun zu komplex wird, wird auf diese verzichtet und die Kosten mittels Nova AVA ermittelt.

Mit der Planungsmethode BIM werden in der Authoring-Software Archicad alle Bauwerksteile modelliert und als IFC exportiert. Als aktuelles Format wird hier IFC 4 gewählt. Anschließend werden diese Bauteile in der AVA-Software mit einem AVA-Element zusammengeführt. Diese AVA-Elemente sind mit Informationen zu ergänzen, damit eine korrekte Kostenermittlung laut ÖNORM B 1801-1 durchgeführt werden kann.

Als IFC-ID versteht man sogenannte IFC-Element-Instanzen. Diese müssen über den gesamten Planungsprozess hinweg gleichbleiben. Das Löschen von IFC-Elementen sollte somit vermieden werden. Man sollte die Elemente stattdessen abändern, da sonst etwaig bereits getätigte Kostenzuweisungen wieder verloren gehen.

Generell müssen alle IFC-Elemente nach ihrer entsprechenden Verwendung klassifiziert werden. Diese Klassifizierung wird seitens Archicad automatisch erstellt und ist in den meisten Fällen bei Verwendung des korrekten Werkzeugs richtig zugewiesen.

Die in IFC-Element-Instanzen enthaltenen Sachinformationen werden als Merkmale (Properties), die in definierten IFC Property Sets geordnet sind, exportiert und als Kennwerte bei Parametern in AVA-Element-Instanzen eingelesen⁷¹.

IFC-Übersetzer

Wo welcher Wert hingeschrieben wird, wird mittels der IFC-Übersetzer in Archicad definiert. Ein eigener Übersetzer für Nova AVA sorgt für eine korrekte Zuweisung.

⁷¹ (Standards, ÖNORM A 2063-1:2021-03, 2021), Seite 24

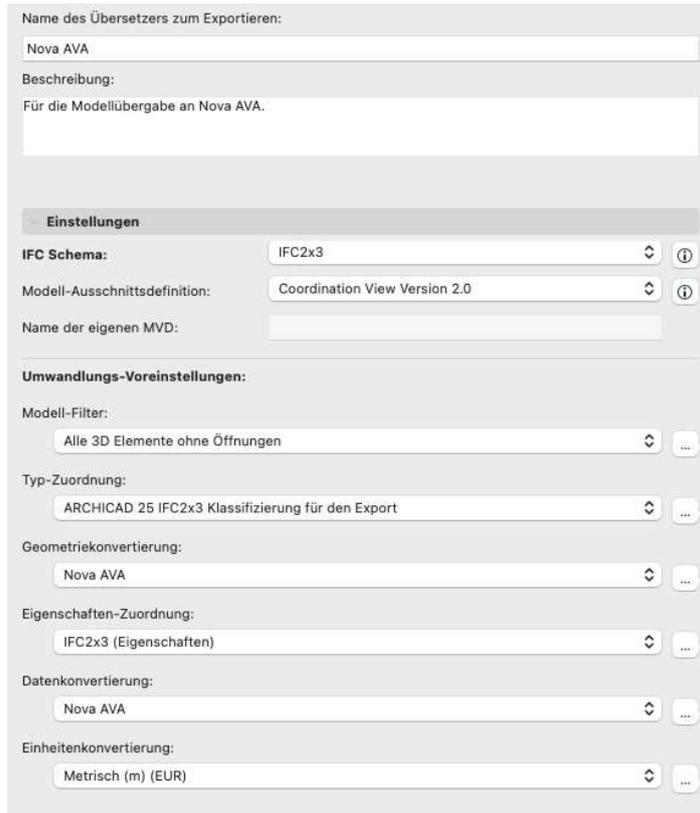


Abbildung 85: Übersetzer für Nova AVA

Quelle: eigene Abbildung

Der Übersetzer sorgt dafür, dass die Werte an die richtige Stelle geschrieben werden und die Geometrie korrekt ausgegeben wird. Untenstehendes Beispiel zeigt die Zuweisung der Archicad-Klassifizierung „Rohbaudecke“ auf den IFC-Typ und somit Standard „IfcSlab“.

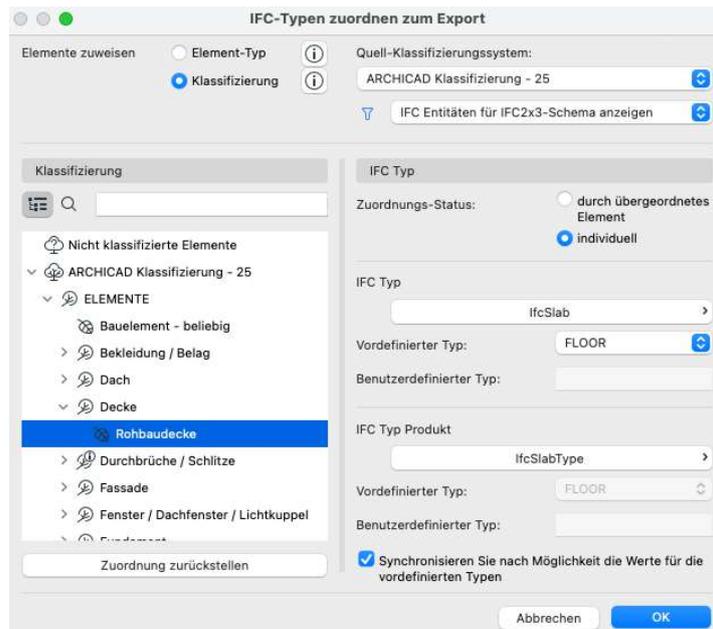


Abbildung 86: Zuweisung Rohdecke

Quelle: eigene Abbildung

Sogenannte IfcBuildingElementParts ermöglichen die Ausgabe und Verarbeitung mehrschichtiger Bauteile. Diese werden z.B. als Außenwandaufbau oder Fußbodenaufbau benötigt und reduzieren den Modellierungsaufwand.



Abbildung 87: Mehrschichtiges Bauteil in Archicad

Quelle: eigene Abbildung

Der Zugriff auf diese Schichten ermöglicht in der AVA-Software das Zuweisen von Eigenschaften auf die einzelnen Bestandteile des Bauteils. Dies ist nötig, um die korrekten Mengen der einzelnen Schichten ermitteln zu können.

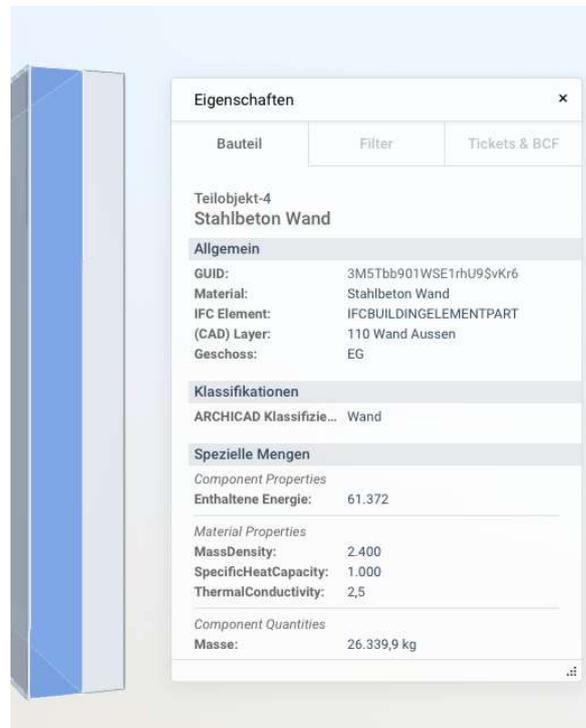


Abbildung 88: Mehrschichtiges Bauteil in Nova AVA

Quelle: eigene Abbildung

Das im Rahmen eines Experteninterviews erwähnte Problem, dass man momentan nicht in der Lage ist, Bauteilschichten an Schächten und Leitungen und deren Dämmung getrennt auszuwerten, kann so gelöst werden.

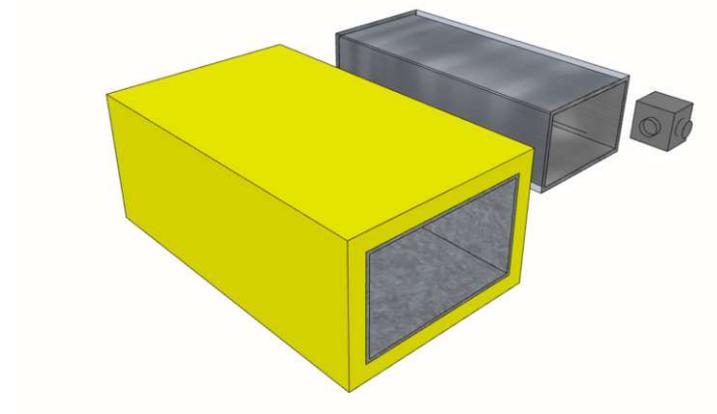


Abbildung 89: Haustechnikbauteile in Archicad modelliert

Quelle: eigene Abbildung

Testobjekt 1: Profilwerkzeug

Ein Schacht wurde mit dem Profilwerkzeug erstellt. Vorteil ist hier, dass die Schächte z.B. mit dem Träger-Werkzeug in der Geometriemethode Poly unkompliziert und frei modelliert werden können. Die Maße des Schachts und der Dämmung sind parametrisch veränderbar.

Bei einem Import in Solibri oder in Nova AVA sind die Schichtdicken und das Volumen der Dämmung abrufbar. Somit können diese bei einer Kostenzuweisung oder Ausschreibung getrennt abgegriffen werden.

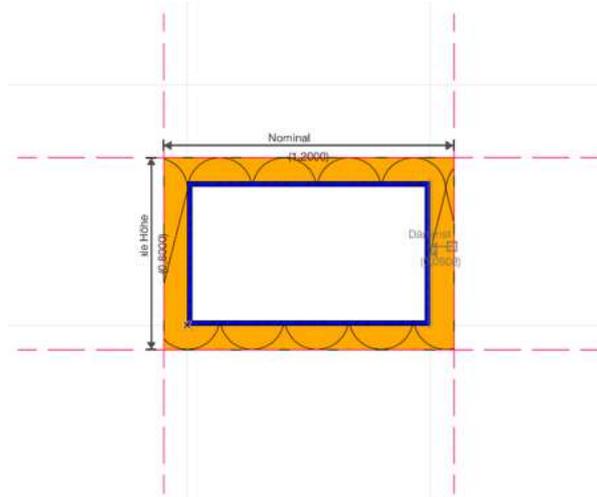


Abbildung 90: Schacht als Profil

Quelle: eigene Abbildung

| | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|----|---|-------|---|----------|------------|
| ▼ Verteilerelement-1 | Träger-003 | ⚙️ | ≡ | | | 0,00 € | 1.125,00 € |
| ▼ Teilobjekte | Teilobjekte | ⚙️ | ≡ | | | 0,00 € | 1.125,00 € |
| Teilobjekt-25 | Blech | ⚙️ | ≡ | 5,000 | m | 200,00 € | 1.000,00 € |
| Teilobjekt-26 | weich Glaswolle | ⚙️ | ≡ | 5,000 | m | 25,00 € | 125,00 € |

Abbildung 91: Schacht in Nova AVA

Quelle: eigene Abbildung

Testobjekt 2: HKLSE-Planungswerkzeug

Ein Schacht wurde mit dem HKLSE-Planungswerkzeug von Archicad erstellt. Hier kann die Dämmstärke parametrisch verändert werden.

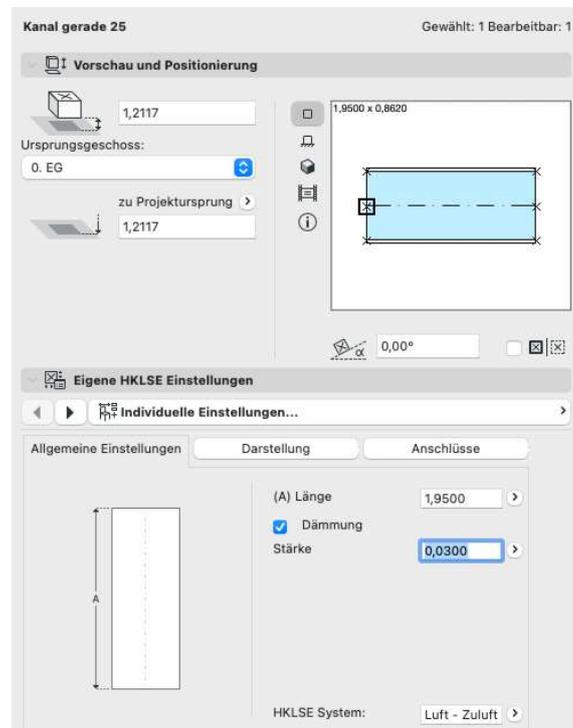


Abbildung 92: Schacht erstellt mit HKLSE-Werkzeug

Quelle: eigene Abbildung

Die Überprüfung in Solibri zeigt, dass die Dämmstärke als Wert abgelesen werden kann.

| Property | Value |
|----------------------------------|--------------|
| Wand-Stärke | 2 mm |
| Leitung 1 innere Anschlussbreite | 800 mm |
| Leitung 1 innere Anschlusshöhe | 500 mm |
| Leitung 2 innere Anschlussbreite | 800 mm |
| Leitung 2 innere Anschlusshöhe | 500 mm |
| Länge | 1,95 m |
| Obere Ebene | 0 mm |
| Stärke Dämmung | 30 mm |

Abbildung 93: Dämmstärke ablesen in Solibri

Quelle: eigene Abbildung

Das Volumen der Dämmung allein konnte jedoch weder in Solibri noch in Nova AVA abgegriffen werden. Ein Workaround über den Umfang multipliziert mit der Dämmstärke wäre jedoch möglich, ist aber sehr umständlich.

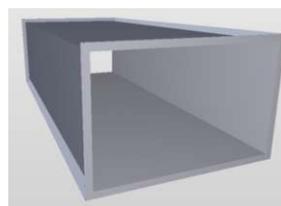


Abbildung 94: Schacht in Nova AVA

Quelle: eigene Abbildung

4.12.1. Import des Modells

Der Import des IFC-Modells des Testobjekts mit den Elementen wird in das Projekt im Format IFC4 vorgenommen.

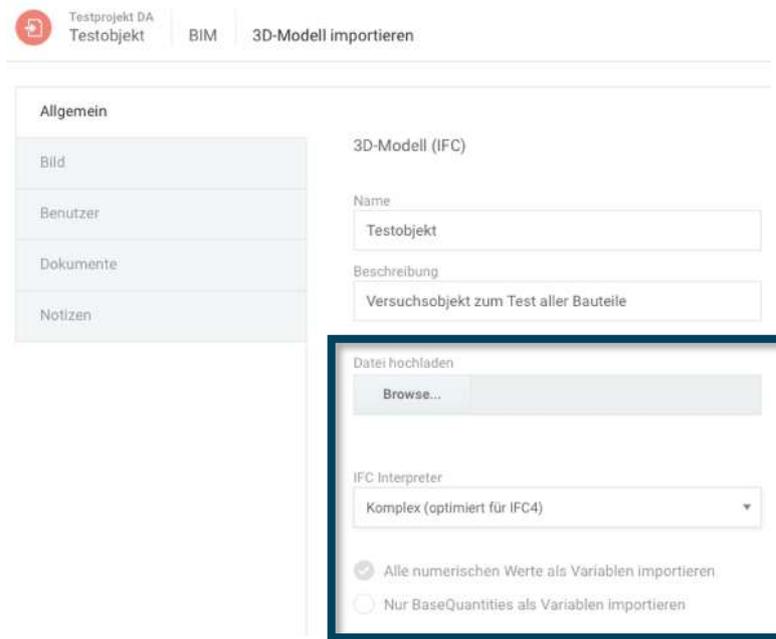


Abbildung 95: Import des IFC-Testobjekts

Quelle: eigene Abbildung

Nach erfolgreichem Import wird das Testobjekt im Viewer angezeigt.

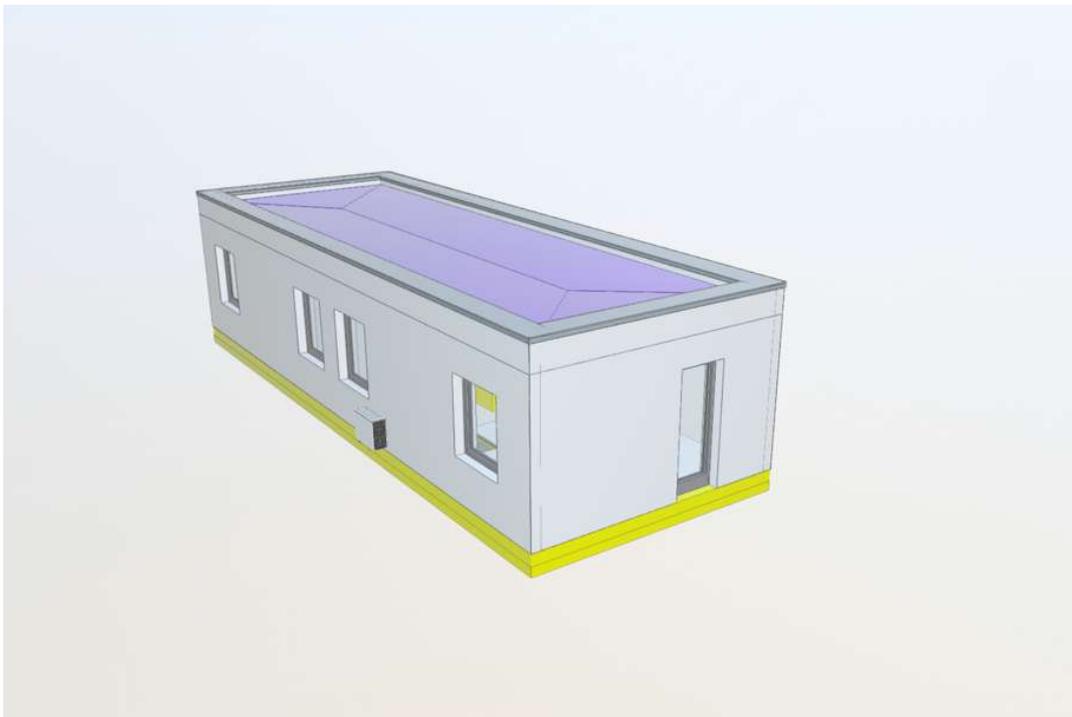


Abbildung 96: 3D-Viewer mit Testobjekt

Quelle: eigene Abbildung

4.12.2. Berechnung über Flächen

Um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Phasen auch mit dem reduzierten Testobjekt herstellen zu können, wurden die Kosten mittels Flächen analog zur Entwicklungsphase (siehe 4.9.1) für das Testobjekt ermittelt. Der hier ermittelte Wert ist weiters wichtig für die nachfolgenden Variantenvergleiche und Kostenkontrollen im Kapitel Kostenkontrolle und Kostensteuerung (siehe 4.13).

| KGR | Bezeichnung | Menge | ME | EP | GB (netto) |
|--------|-------------|--------|----|------------|--------------|
| ⊕ ⊖ | Netto | | | | 173.706,00 € |
| Raum-3 | 02 | 86,853 | m2 | 2.000,00 € | 173.706,00 € |

Abbildung 97: Berechnung der BWK über BGF

Quelle: eigene Abbildung

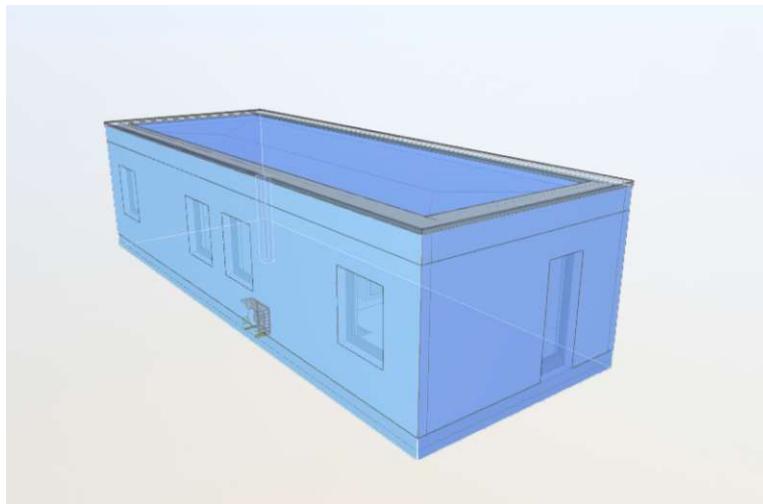


Abb. Testobjekt mit betreffender BGF, eigene Abbildung

Es wird nun ein neuer Kostenplan erstellt. Dieser hat als Grundlage das 3D-Modell. Mithilfe der Versionseinstellung können Stände des 3D-Modells verglichen werden und somit für jede Version bzw. Variante ein eigener Kostenplan erstellt werden und dieser mit den vorhergehenden Varianten verglichen werden.

Testprojekt DA
Testobjekt

Kostenplanung

Neue Kostenplanung anlegen

Allgemein

Bild

Benutzer

Dokumente

Sprache

Notizen

Name
neuer Kostenplan

Beschreibung
Test

Vorlage
Keine Vorlage gewählt

Kostenplanung basierend auf
3D-Modell

3D-Modell
Test neu - test neu

Version
2

Daten aus dieser Kostenplanung übernehmen
Keine

Abbildung 98: Erstellung eines neuen Kostenplans

Quelle: eigene Abbildung

Die Bearbeitungsmaske der ersten Kostenplanung zeigt die Struktur, wie sie aus der IFC-Datei übertragen wurde. Die Gliederung erfolgt über Geschosse, Bauteile werden in Teilobjekten dargestellt. Dies geht in eine Tiefe bis hin zu den einzelnen Bauteilschichten.

| KGR | Bezeichnung |
|----------------|--------------|
| Netto | Netto |
| ▼ Gelände-1 | Gelände |
| ▼ Gebäude-1 | Gebäude |
| ▼ Geschoss-1 | Fundament |
| ▼ Bekleidungen | Bekleidungen |
| Bekleidung-1 | Träger-002 |
| Bekleidung-2 | Träger-002 |
| Bekleidung-3 | Träger-002 |
| Bekleidung-4 | Träger-002 |
| Bekleidung-5 | Träger-002 |
| ▼ Fundamente | Fundamente |
| ▼ Fundament-1 | Wand-006 |
| ▼ Teilobjekte | Teilobjekte |
| Teilobj... | EPS hart |
| Teilobj... | Stahlbeton |

Tabelle 23: Erstellung eines neuen Kostenplans

Quelle: eigene Abbildung

Es besteht eine direkte Verbindung zwischen der Liste und dem 3D-Modell. Bei Aktivierung in der Liste wird folglich auch das Element in 3D aktiviert und ermöglicht so eine visuelle Kontrolle. Diese Liste stellt also nur ein tabellarisches Abbild eines 3D-Modells dar. Diese bidirektionale Verbindung zwischen 3D und Liste muss Ziel in BIM sein.

| KGR | Bezeichnung | Menge | ME | EP | GB (netto) | Kommentar | | | | |
|----------------|-----------------|---------------------------|----|----|-------------|-----------|--------|----|----------|------------|
| Netto | Netto | 3D-Modell - Kunstharzputz | | | | | | | | |
| ▼ Gelände-1 | Gelände | | | | | | | | | |
| ▼ Gebäude-1 | Gebäude | | | | | | | | | |
| ▶ Geschoss-1 | Fundament | | | | | | | | | |
| ▼ Geschoss-2 | EG | | | | | | | | | |
| ▶ Balken | Balken | | | | | | | | | |
| ▶ Bekleidungen | Bekleidungen | | | | | | | | | |
| ▶ Decken | Decken | | | | | | | | | |
| ▶ Fenster | Fenster | | | | | | | | | |
| ▶ Räume | Räume | | | | | | | | | |
| ▶ Stützen | Stützen | | | | | | | | | |
| ▼ Wände | Wände | | | | | | | | | |
| ▶ Wand-1 | Wand-004 | | | | | | | | | |
| ▶ Wand-2 | Wand-004 | | | | | | | | | |
| ▶ Wand-3 | Wand-001 | | | | | | | | | |
| ▶ Wand-4 | Wand-004 | | | | | | | | | |
| ▼ Teilobjekte | Teilobjekte | | | | | | | | | |
| Teilobjekt-17 | Gipsputz | | | | | | 13,555 | m2 | 49,00 € | 664,20 € |
| Teilobjekt-18 | Stahlbeton Wand | | | | | | 14,818 | m2 | 191,00 € | 2.830,24 € |
| Teilobjekt-19 | EPS hart | | | | | | 16,393 | m2 | 72,00 € | 1.180,30 € |
| Teilobjekt-20 | Kunstharzputz | | | | | | 17,653 | m2 | 49,00 € | 865,00 € |
| ▶ Wand-5 | Wand-004 | | | | 5.539,74 € | | | | | |
| ▼ Geschoss-3 | OG | | | | 21.612,58 € | | | | | |
| ▶ Bekleidungen | Bekleidungen | | | | 1.306,28 € | | | | | |
| ▶ Decken | Decken | | | | 9.109,70 € | | | | | |
| ▶ Wände | Wände | | | | 11.196,60 € | | | | | |

Abbildung 99: bidirektionale Verbindung Liste und 3D

Quelle: eigene Abbildung

4.12.3. Bemusterung mittels LVs

In der nachfolgenden Bemusterung werden die Bauteile mit Leistungen verknüpft, die erforderlich sind, um diese Bauteile auch tatsächlich herzustellen. Am Beispiel einer Wand wurde nachfolgend bemustert.

Zuweisung mit bereits erstellten Positionen aus Leistungsverzeichnissen.



Abbildung 100: Zuweisung LV

Quelle: eigene Abbildung

Über den Nova Smart Pool kann auf eine Wissensdatenbank (kollektives Wissen) zugegriffen werden. Hier können Positionen und deren Preise direkt übernommen werden. Auf Ausschreibungstexte kann zugegriffen und diese eingefügt werden. Sichtbar wird hier, dass auch eine modellbasierte Ausschreibung keine großen Hürden mehr darstellen würde.

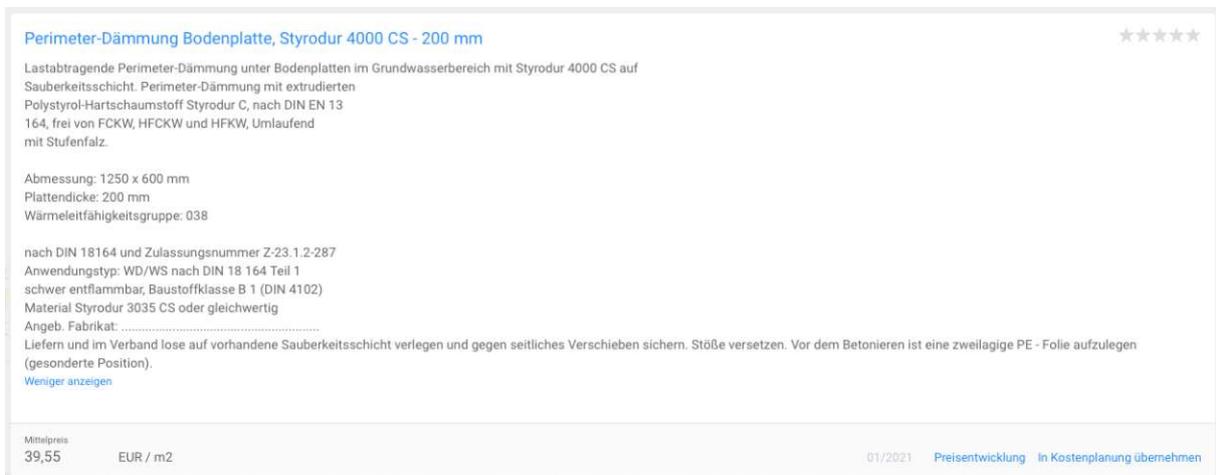


Abbildung 101: Zuweisung LV

Quelle: eigene Abbildung

Es kann durch diese Arbeitsweise bereits eine sehr detaillierte Zuweisung bis hin zu Ausschreibungstexten erfolgen. In einer frühen Planungsphase sind viele dieser Detailscheidungen jedoch noch nicht abschließend getroffen und der Detailgrad wäre zu hoch. Es wird aber sichtbar, dass Positionen aus LVs sehr leicht zugewiesen werden können. Die Werte müssen in jedem Fall auf Plausibilität geprüft werden.

4.12.4. Bemusterung mittels Kostenelemente

Die Geometrie wird direkt aus dem Modell übernommen. Dies stellt den korrekten Weg einer modellbasierten Kostenermittlung dar. Wichtig hierbei ist immer zu wissen, welche Werte was abbilden und ob diese korrekt sind. Dies sollte stets anhand von Testbauteilen (siehe 4.5, 4.12) geprüft werden.

| ▼ Wand-2 | | Wand-004 | | | 1.007.54 € | |
|----------------|-----------------|----------|--|--|---|-----------------------|
| ▶ Teilobjekte | Teilobjekte | | | | Mengenübernahme | |
| ▼ Wand-3 | Wand-004 | | | | Component Properties | |
| ▼ Teilobjekte | Teilobjekte | | | | Enthaltene Energie | 62.504,400 |
| Teilobj... | Kunstharzputz | | | | Material Properties | |
| Teilobj... | EPS hart | | | | MassDensity | 2.400,000 |
| Teilobj... | Stahlbeton Wand | | | | SpecificHeatCapacity | 1.000,000 |
| Teilobj... | Gipsputz | | | | ThermalConductivity | 2,500 |
| ▼ Wand-4 | Wand-001 | | | | Component Quantities | |
| ▶ Teilobjekte | Teilobjekte | | | | Masse | 26.825,900 kg |
| ▼ Geschoss-3 | OG | | | | Schichtdicke | 0,250 m |
| ▶ Bekleidungen | Bekleidungen | | | | Schicht/Komponente Breite (rechteckig) | 0,250 m |
| ▶ Decken | Decken | | | | Schicht/Komponente Höhe (rechteckig, brutto) | 2,900 m |
| ▶ Sparren | Sparren | | | | Schicht/Komponenten Oberflächenbereich (brutto) | 46,213 m ² |
| ▼ Wände | Wände | | | | Schicht/Komponenten Oberflächenbereich (netto) | 44,710 m ² |
| ▼ Wand-5 | Wand-002 | | | | Schicht/Komponenten Volumen (brutto) | 11,553 m ³ |
| ▶ Teilobjekte | Teilobjekte | | | | Schicht/Komponenten Volumen (konditional) | 11,178 m ³ |
| | | | | | Schicht/Komponenten Volumen (netto) | 11,178 m ³ |
| | | | | | Schicht/Komponente Querschnittsbereich | 0,725 m ² |

Abbildung 102: Auswahl der Werte aus dem Modell

Quelle: eigene Abbildung

Zur besseren visuellen Kontrolle kann hier das 3D-Modell eingeblendet werden. Generell sollte anhand des 3D-Modells bemustert werden, da die Liste nach den mit ihnen erstellten Werkzeugen aus Archicad aufgebaut ist und dies zu Verwirrung führen kann. Am Beispiel wurde der Bauteil Bodenplatte bemustert.

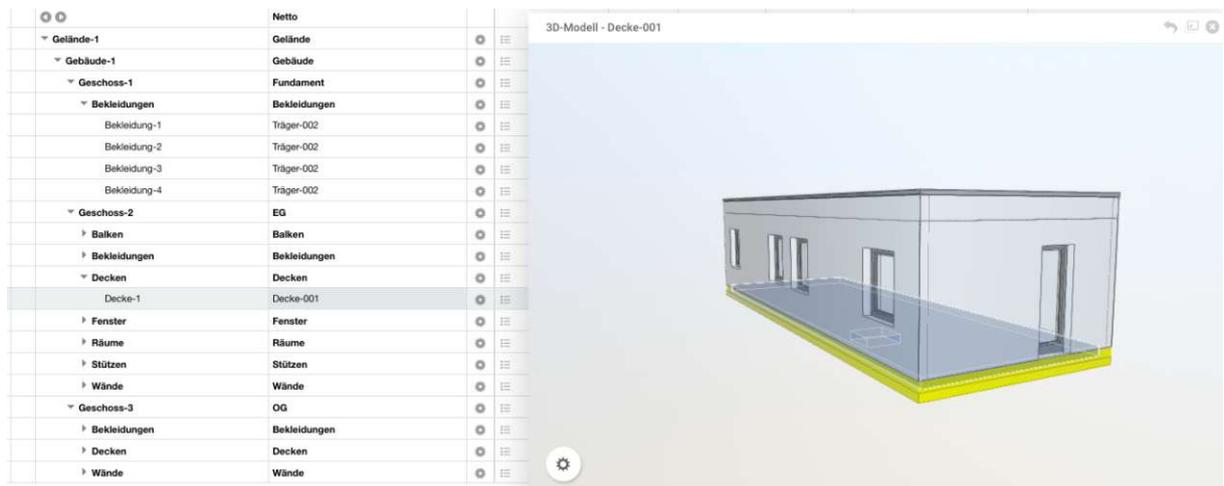


Abbildung 103: Auswahl des Bauteils

Quelle: eigene Abbildung

Mit Filtern wird nach im Modell hinterlegten Eigenschaften gesucht. So kann z.B. nach bereits in Archicad definierten Eigenschaften gesucht werden. Nachstehende Grafik zeigt, dass auch spezielle Mengen und eigens definierte Eigenschaften von Archicad übernommen werden und diese in Nova AVA verwendet werden können.

| Eigenschaften | |
|--|--------------------------------------|
| Bauteil | Filter |
| Bauteil: Decke-1 Filter: Decke-001 | |
| Allgemein | |
| GUID: | 090mhAusCjJ8CNw1A8T9w |
| Material: | Stahlbeton |
| Typ / Variante: | Stahlbeton 250 |
| Typ / Bezeichnung: | Stahlbeton 250 |
| Bemustert: | Nein |
| IFC Element: | IFCSLAB |
| IFC Element Typ: | IFCSLABTYPE |
| Kategorie: | BASESLAB |
| (CAD) Layer: | 210 Decke |
| Tag: | 09030ACA-E363-2D4C-8317-4BA04A21D27A |
| Geschoss: | EG |
| IsExternal: | true |
| LoadBearing: | true |
| Klassifikationen | |
| ARCHICAD Klassifizierung 25: | Bodenplatte / Flachgründung |
| Basismengen | |
| Spezielle Mengen | |
| <i>ArchiCAD Quantities</i> | |
| Abstand zu Ursprungsgeschoss: | -0,15 m |
| Dicke: | 0,25 m |
| Fläche: | 77,376 m2 |
| Grundriss-Durchbruch Umfang: | 4 m |
| Grundriss-Umfang: | 44,529 m |
| Höhe: | 0,25 m |
| Höhenangabe zum Projekt-Nullpunkt: | -0,15 m |
| Höhenwert Oberkante: | -0,15 m |
| Höhenwert Unterkante: | -0,4 m |
| Höhe zu 1. Referenzhöhe: | -0,15 m |
| Höhe zu 2. Referenzhöhe: | -0,15 m |
| Höhe zu Meereshöhe: | 156,53 m |
| Höhe zu verknüpftem/Ursprungsgeschoss: | -0,15 m |
| Kanten-Oberflächenbereich (netto): | 11,132 m2 |
| Löcher Oberflächenbereich: | 1 m2 |

Abbildung 104: Auszug aus wählbaren Eigenschaften

Quelle: eigene Abbildung

Filter bearbeiten

Name: Bodenplatte Label: <

| Element | Gruppe | Eigenschaft | Operator | Wert | Aktion |
|---------|------------------|--------------------------|----------|-------------|------------|
| Decke | Klassifikationen | ARCHICAD Klassifizier... | enthält | Bodenplatte | Hinzufügen |

| KGR | Bezeichnung | Menge | ME | EP | GB (netto) | Kommentar |
|------------|-------------|-------|----|----|------------|-----------|
| Netto | | | | | | |
| Gelände-1 | Gelände | | | | | |
| Gebäude-1 | Gebäude | | | | | |
| Geschoss-2 | EG | | | | | |
| Decken | Decken | | | | | |
| Decke-1 | Decke-001 | | | | | |

3D-Modell

Eigenschaften

Bauteil: Filter: Tickets & BCF

Filter: Filter suchen

- Alle Räume aktivieren
- Alle Wände aktivieren
- Bodenplatte**
- Raumkategorie A
- Raumkategorie B
- Raumkategorie C
- Raumkategorie definiert
- Raumkategorie undefiniert

Abbildung 105: Arbeiten mit Filtern

Quelle: eigene Abbildung

Erstellung eines Kostenelements

Nach erfolgter Bemusterung der einzelnen Bauteilschichten wird ein Bauteil als Kostenelement gespeichert und ist danach in weiteren Projekten oder für andere Bauteile verfügbar.

| Element | Einheit | Menge | Preis | Gesamt |
|---------------------------------------|---------|-----------|----------|-------------|
| Wand-4 | | | | 5.539,74 € |
| Teilobjekt | | | | 5.539,74 € |
| Teilot | | 13,555 m2 | 49,00 € | 664,20 € |
| Teilot | | 14,818 m2 | 191,00 € | 2.830,24 € |
| Teilot | | 16,393 m2 | 72,00 € | 1.180,30 € |
| Teilot | | 17,653 m2 | 49,00 € | 865,00 € |
| Wand-5 | | | | 5.539,74 € |
| Geschoss-3 | | | | 21.612,58 € |
| Bekleidungen | | | | 1.306,28 € |
| Decken | | | | 9.109,70 € |
| Wände | | | | 11.196,60 € |
| Positionen in Kostenelement speichern | | | | |

Abbildung 106: Bemustertes Element als Kostenelement speichern

Quelle: eigene Abbildung

Mithilfe des Einheitspreises wird der Wert berechnet. Mittels Mengenansatz werden die Leistungen des Bauteils berechnet. Es wird alles nach oben summiert.

Die einzelnen Bauteile und deren Bauteilschichten wurden mit Werten aus dem BKI bemustert. Da der BKI die MwSt. berücksichtigt, wurden die Werte um 19% (Deutschland) reduziert, mit dem Regionalfaktor für Österreich multipliziert und danach mit dem Baupreisindex der Statistik Austria an die derzeitige zu erwartenden Preise angepasst. Nachstehend sind einige Beispiele angeführt.

| Bauteil | | €/Einheit BKI inkl. MwSt. | €/Einheit ohne MwSt. | €/Einheit Q4/2021 |
|------------------------|---|---------------------------|----------------------|-------------------|
| Fundamentplatte | Ortbeton d=20-30cm, Schalung, Bewehrung | 110 € | 89 € | 105 € |
| Perimeterdämmung | d=50mm, Sauberkeitsschicht d=5cm | 40 € | 32 € | 38 € |
| Betonwände | Ortbeton, d=15-35cm, Schalung, Bewehrung | 200 € | 162 € | 191 € |
| Holzfenstertüren | einflügelig, Isolierverglasung, Beschläge | 370 € | 300 € | 354 € |
| Hebe-Schiebetür | mit Futter und wärmegeämmter Schwelle, Wärmeschutzglas | 450 € | 365 € | 430 € |
| Abdichtung, Perimeter | Abdichtung, Perimeterdämmung, Schutzschicht | 72 € | 58 € | 69 € |
| Wärmedämmung | aus Schaumglasplatten, d=280-360mm, vorgerichtet für Armierung und Deckputz | 75 € | 61 € | 72 € |
| Außenputz | zweilagig als Zementputz, Schutzschienen | 51 € | 41 € | 49 € |
| Innenputz | als Maschinenputz, Putzgrundvorbereitung, Schutzschienen | 26 € | 21 € | 25 € |
| Innenwand nichttragend | Holzständerwand mit Gipskarton oder Holzwerkstoffplatten, doppelt bepl | 68 € | 55 € | 65 € |
| Innenstütze | Betonstütze, Ortbeton 24x24 | 110 € | 89 € | 105 € |
| Decke | Deckenplatten, Ortbeton, d=25cm, Umterzüge, Schalung, Bewehrung | 140 € | 113 € | 134 € |
| Estrich | Zementestrich d=40-50cm | 50 € | 41 € | 48 € |
| Trittschall | Wärme- und Trittschalldämmplatte | 8 € | 6 € | 8 € |
| Parkettbelag | Eiche, schleifen, versiegeln, Sockelleisten | 100 € | 81 € | 96 € |
| Unterzug Stb 30/30 | | 130 € | 105 € | 124 € |
| Flachdach | Ortbeton Spannweiten 5-12m | 170 € | 138 € | 162 € |
| Blech Attika | | 50 € | 41 € | 48 € |

Tabelle 24: Kosten pro Einheit Umrechnungstabelle

Quelle: eigene Abbildung

Bauteile gleichen Typs synchronisieren

Wurde ein Bauteil korrekt bemustert, können mithilfe des Befehls „Bauteile gleichen Typs synchronisieren“ alle gleichen Bauteile automatisch bemustert werden.

Wählen Sie hier aus, wie die mit dem aktuellen Bauteil zu synchronisierenden Bauteile (Zielobjekte) ermittelt werden sollen. Dies kann auf Basis übereinstimmender Eigenschaften der Bauteile oder die Auswahl eines Filters erfolgen.

Zielobjekte finden

über Bauteil-Eigenschaften

über einen Filter

Eigenschaft zum Filtern auswählen

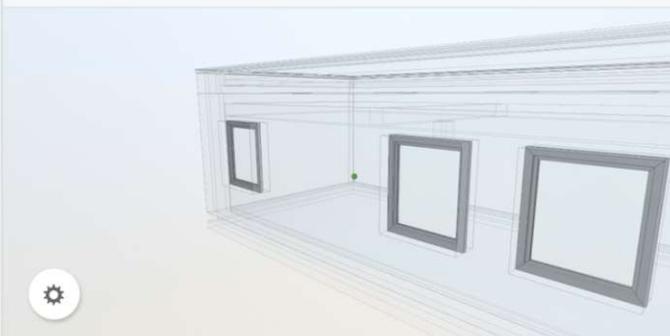
Eigenschaften nach denen gefiltert wird

Typ / Variante: WINDOW

Inhalte des aktuellen Bauteils den zu synchronisierenden Bauteilen hinzufügen (und nicht ersetzen)

Inhalte des aktuellen Bauteils nur auf bisher "unbemusterte" Bauteile anwenden

| <input type="checkbox"/> KGR | Bezeichnung | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Fenster-2 | Fenster-001 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Fenster-3 | Fenster-002 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Fenster-4 | Fenster-001 |



Weitere Optionen
Synchronisieren (3)
Abbrechen

Abbildung 107: Bauteile gleichen Typs (Fenster) synchronisieren

Quelle: eigene Abbildung

| ▼ Fenster | Fenster | | | | | | 4.081,62 € |
|-----------|-------------|---|---|-------|----|----------|------------|
| Fenster-1 | Fenster-001 | ⚙ | ☰ | 2,240 | m2 | 354,00 € | 792,96 € |
| Fenster-2 | Fenster-001 | ⚙ | ☰ | 2,240 | m2 | 354,00 € | 792,96 € |
| Fenster-3 | Fenster-002 | ⚙ | ☰ | 2,240 | m2 | 354,00 € | 792,96 € |
| Fenster-4 | Fenster-001 | ⚙ | ☰ | 2,240 | m2 | 354,00 € | 792,96 € |
| Fenster-5 | Fenster-001 | ⚙ | ☰ | 2,570 | m2 | 354,00 € | 909,78 € |

Abbildung 108: Bemusterte Fenster gleichen Typs

Quelle: eigene Abbildung

Automatisiert bemustern

Wenn Bauteile fertig bemustert sind, ist es möglich, die Werte zur Gänze automatisiert auf alle anderen Bauteile gleichen Typs zu übertragen.

Im Kostenelement wird definiert, welche Werte erfüllt sein müssen. Wenn z.B. im Bauteil der Wert Stahlbeton C20/25 gefunden wird und zusätzlich das IFC-Element IFCSLAB zutrifft, wird das Bauteil bemustert. Diese Sucheigenschaften können auf alle verfügbaren Eigenschaften erweitert werden.

Abbildung 109: zutreffende Eigenschaften

Quelle: eigene Abbildung

Über die Aktivierung einzelner oder mehrerer Kostenelemente kann man nun durch „Übernehmen“ eine Bemusterung durchführen. Im Hintergrund durchsucht das System die Bauteile auf ihre Eigenschaften und sucht Kostenelemente, die über gleiche Eigenschaften verfügen. Werden diese Übereinstimmungen gefunden, werden die Leistungspositionen aus dem Kostenelement automatisch bemustert.

| OZ | Kurztext | Menge | Einheit | EP |
|-------------------------------------|---|----------------------|---------|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Bodenplatte XPS 100 | Perimeterdämmung | AC22 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Dachaufbau begrünt A | Variante A (begrünt) | AC22 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Decke (Geschoss) STB ... | | AC22 | |
| | Boden Bodenpl. lösen laden transp. LKW AN ent.. | 101,284 | m3 | 66,150 |
| | Sauberkeitsschicht Kiessand D 10cm | 506,419 | m2 | 8,630 |
| | Trennlage PE-Folie | 506,419 | m2 | 2,140 |
| | Schalung Bodenpl. H 25-50cm | 81,027 | m2 | 44,690 |
| | Betonstahlmatte B500A Bodenpl. | 16,205 | t | 1.864,690 |
| | Ortbeton Bodenpl. Stahlbeton C20/25 D 40cm | 506,419 | m2 | 69,930 |

Übernehmen
 Auf unbemusterte Bauteile anwenden

Abbildung 110: Automatische Zuweisung

Quelle: eigene Abbildung

Wenn Varianten erstellt werden, kann hier als Beispiel der Bodenaufbau gegen ein anderes Kostenelement ersetzt werden. Diese neue Variante wird abgespeichert und grafisch und numerisch mit den vorhergehenden Varianten verglichen.

Im Sinne einer großteils automatisierten Kostenermittlung können mittels „Bauteile gleichen Typs synchronisieren“ wieder alle Bauteile mit den gleichen vorher zugewiesenen Eigenschaften, und somit auch Kosten, automatisiert übernommen werden.

Über „Kostenelemente zuweisen“ können automatisiert die vorher gespeicherten Kosten den Bauteilen zugeordnet werden. Dieser Filter bestimmt, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, dass die Eigenschaften zugewiesen werden. Dies wird auch grafisch angezeigt und kann dann zugewiesen werden. Man sieht immer, welche Bauteile vom Filter betroffen sind. Diese Funktion stellt die automatische Bemusterung von Bauteilen dar.

Wurde eine neue Variante ins Projekt geladen, kann mittels Filter, welcher auch im 3D verfügbar ist, nach noch nicht bemusterten Bauteilen gesucht werden. So wird eine vollständige Bemusterung erleichtert.

Erstellung eines Kostenplans

Bei einer Erstellung eines neuen Kostenplans werden die Kostengruppen nach ÖNORM B1801-1 angelegt. Optional kann die Gliederung auch nach DIN276 angelegt werden.

| | | | | | |
|-------|-----------------------------------|--------|---------|--|------------|
| ▼ 013 | Beton- und Stahlbetonarbeiten | | | | 3.292,62 € |
| | Stahlbeton Wand | 11,553 | 95,00 € | | 1.097,54 € |
| | Stahlbeton Wand | 11,553 | 95,00 € | | 1.097,54 € |
| | Stahlbeton Wand | 11,553 | 95,00 € | | 1.097,54 € |
| 014 | Natur- und Betonwerksteinarbeiten | | | | 0,00 € |
| 016 | Zimmer- und Holzbauarbeiten | | | | 0,00 € |
| 017 | Stahlbauarbeiten | | | | 0,00 € |

Tabelle 25: Kostengruppen nach ÖNORM B1801-1

Quelle: eigene Abbildung

| | |
|-------|-------------------------------|
| ▼ 120 | Grundstücksnebenkosten |
| 121 | Vermessungsgebühren |
| 122 | Gerichtsgebühren |
| 123 | Notariatsgebühren |
| 124 | Grunderwerbsteuer |
| 125 | Untersuchungen |
| 126 | Wertermittlungen |
| 127 | Genehmigungsgebühren |
| 128 | Bodenordnung |
| 129 | Sonstiges zur KG 120 |
| ▼ 130 | Rechte Dritter |
| 131 | Abfindungen |
| 132 | Ablösen dinglicher Rechte |
| 139 | Sonstiges zur KG 130 |

Tabelle 26: Gliederung nach DIN 276

Quelle: eigene Abbildung

Fertig bemustertes Testobjekt und dessen Kosten

Untenstehende Grafik zeigt eine Bemusterung, welche große Kostenpositionen bereits als Stückpreis zeigt. Elemente wurden nach ihrer Länge, Fläche oder Volumen bemustert. Restliche Positionen wurden mittels Flächenansatz über die BGF errechnet. Die BGF wird ebenfalls aus dem Modell abgegriffen und bleibt somit bei Änderungen aktuell.

| | | Netto | | | | 152.504,36 € | |
|---|--------------------|--|---|---|-----------|--------------|--------------------------------------|
| ▶ | Sonstiges | Sonstiges | ⚙ | ☰ | | 0,00 € | 4.000,00 € Lüftungstechnik |
| ▼ | Gelände-1 | Gelände | ⚙ | ☰ | | | 148.504,36 € |
| ▼ | Gebäude-1 | Gebäude | ⚙ | ☰ | | | 148.504,36 € |
| ▼ | Geschoss-1 | Fundament | ⚙ | ☰ | | | 706,02 € |
| ▶ | Bekleidungen | Bekleidungen | ⚙ | ☰ | | | 706,02 € Perimeterdämmung |
| ▼ | Geschoss-2 | EG | ⚙ | ☰ | | | 126.185,76 € |
| ▼ | Balken | Balken | ⚙ | ☰ | | | 586,13 € |
| | Balken-1 | Träger-003 | ⚙ | ☰ | 4,689 m2 | 125,00 € | 586,13 € |
| ▶ | Bekleidungen | Bekleidungen | ⚙ | ☰ | | | 13.526,11 € |
| ▶ | Decken | Decken | ⚙ | ☰ | | | 8.229,48 € |
| ▼ | Energieumwandler | Energieumwandler | ⚙ | ☰ | | | 25.000,00 € |
| | Energieumwandler-1 | Ausrüstung-002 | ⚙ | ☰ | 1,000 St | 25.000,00 € | 25.000,00 € Wärmepumpe |
| ▶ | Fenster | Fenster | ⚙ | ☰ | | | 4.081,62 € |
| ▶ | Rohrleitungsteile | Rohrleitungsteile | ⚙ | ☰ | | | 73,75 € |
| ▼ | Räume | Räume | ⚙ | ☰ | | | 29.186,35 € |
| ▶ | Raum-1 | 01 | ⚙ | ☰ | | | 3.505,73 € Kostenkennwerte auf Raum |
| ▶ | Raum-2 | 01 | ⚙ | ☰ | | | 1.535,48 € Kostenkennwerte auf Raum |
| ▼ | Raum-3 | 02 | ⚙ | ☰ | | | 24.145,14 € Kostenkennwerte über BGF |
| ☰ | | Hausstechnikanteil BGF | ⚙ | ☰ | 86,853 m2 | 200,00 € | 17.370,60 € |
| ☰ | | Sicherheit, Baustelleneinr. | ⚙ | ☰ | 86,853 m2 | 40,00 € | 3.474,12 € |
| ☰ | | Erdarbeiten, Drän, Versickerung, Entw. | ⚙ | ☰ | 86,853 m2 | 15,00 € | 1.302,80 € |
| ☰ | | Abdichtungsarbeiten | ⚙ | ☰ | 86,853 m2 | 8,00 € | 694,82 € |
| ☰ | | Reserven | ⚙ | ☰ | 86,853 m2 | 15,00 € | 1.302,80 € |

Tabelle 27: Bemusterung elementbasiert und flächenabhängig

Quelle: eigene Abbildung

Umgang mit Änderungen

Spätestens mit Abschluss der Entwurfsplanung sollten keine umfangreichen Änderungen am Projekt mehr folgen. Das Budget wird als Entscheidung des AG eingefroren. Danach werden Indices, Änderungen und Umbuchungen vergeben⁷².

Wenn es zur Prüfung von Varianten bzw. zu Änderungen kommt, sind diese klar zu definieren. Generell sollte hier mit Änderungsanträgen, welche in Protokollform abgelegt und bestätigt werden, gearbeitet werden. Nur dann kann gewährleistet werden, dass Teuerungen nachvollziehbar und auf exakte Änderungen zurückzuführen sind. Darin sollte mindestens Folgendes definiert und kommuniziert werden:

- Korrekte **Erfassung von Änderungen**: Beschreibung der zu ändernden Leistung unter Angabe der vorhandenen Plangrundlagen⁷³
- **Begründung** für die beabsichtigte Leistung, Angabe des Verursachers⁷³
- Bekanntgabe der **Auswirkungen hinsichtlich Kosten, Termine, Qualität** in der Herstellung⁷³
- **Priorität**: Angabe des gegebenen Zeitrahmens bis zur Entscheidung⁷³
- **Stellungnahmen** der Projektsteuerung, Planer und Bauaufsicht zu den vorliegenden Unterlagen als Entscheidungshilfe für den Bauherrn⁷³

⁷² (Hans, 2009), Seite 6

⁷³ (Simlinger, 2020), Seite 165, 166

- **Entscheidung des Bauherrn** aufgrund der vorliegenden Unterlagen samt Mitteilung der Entscheidung an die betroffenen Projektbeteiligten⁷⁴.

Wird nun ein neues BIM-Modell als Variante in Nova AVA geladen, kann ein neuer Kostenplan aus der neuen Variante erstellt werden. Wichtig ist hierbei anzugeben, dass die Kostenplanung aus der vorhergehenden Variante übernommen wird.

The screenshot shows a form with the following fields:

- Name:** Testobjekt mit neuen Elementen
- Beschreibung:** zusätzliche Elemente eingefügt
- Vorlage:** Keine Vorlage gewählt
- Kostenplanung basierend auf:** 3D-Modell
- 3D-Modell:** 3D Elemente - für Phase Entwurf ...
- Version:** 1
- Daten aus dieser Kostenplanung übernehmen:** Keine

Tabelle 28: Erstellen einer neuen Kostenplanung einer neuen Variante

Quelle: eigene Abbildung

Es wird ersichtlich, welche Positionen neu hinzugekommen sind (Preis 0) und noch bemustert werden müssen. Als Beispiel sind dies zusätzliche Haustechnikelemente. Der Bauteil „Energieumwandler“ kann als große Position direkt mit einem Preis versehen werden.

| KGR | Bezeichnung | Menge | ME | EP | GB (netto) |
|-----|-------------------|-------|----|--------|--------------|
| | Netto | | | | 129.733,96 € |
| ▶ | Sonstiges | | | 0,00 € | |
| ▼ | Gelände-1 | | | | 129.733,96 € |
| ▼ | Gebäude-1 | | | | 129.733,96 € |
| ▶ | Geschoss-1 | | | | 706,02 € |
| ▼ | Geschoss-2 | | | | 107.415,36 € |
| ▶ | Balken | | | | 586,13 € |
| ▶ | Bekleidungen | | | | 13.526,11 € |
| ▶ | Decken | | | | 8.229,48 € |
| ▶ | Energieumwandler | | | 0,00 € | |
| ▶ | Fenster | | | | 4.081,62 € |
| ▶ | Rohrleitungsteile | | | 0,00 € | |
| ▶ | Räume | | | | 36.814,70 € |
| ▶ | Sanitäranlagen | | | 0,00 € | |
| ▶ | Stützen | | | | 273,00 € |
| ▶ | Verteilerelemente | | | 0,00 € | |

Tabelle 29: Neue Positionen

Quelle: eigene Abbildung

⁷⁴ (Simlinger, 2020), Seite 166

4.13. Kostenkontrolle und Kostensteuerung

Laut ÖNORM B 1801-1 sind Planungs- und Errichtungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer resultierenden Kosten kontinuierlich zu bewerten. Wenn bei der Kostenkontrolle (Soll-Ist-Vergleich) Abweichungen festgestellt werden, sind diese zu benennen, insbesondere bei Risiken. Es ist dann zu entscheiden, ob die Planung und/oder Errichtung unverändert fortgesetzt wird oder ob zielgerichtete Maßnahmen zur Kostensteuerung ergriffen werden⁷⁵.

Kostensteuerung kann gemäß den folgenden Grundsätzen erfolgen:

- Die Kosten sind durch Anpassung von Qualität und/oder Quantität einzuhalten.
- Die Kosten sind bei definierter Qualität und/oder Quantität anzupassen.

Über Kostenanalysen können in Nova AVA die ermittelten Kosten verglichen werden. Als Beispiel wird hier der Vergleich des Kostenziels, welches anhand der BGF ermittelt wurde, mit der kombinierten Ermittlung aus Flächen und Elementen aus der Entwurfsphase gezeigt.

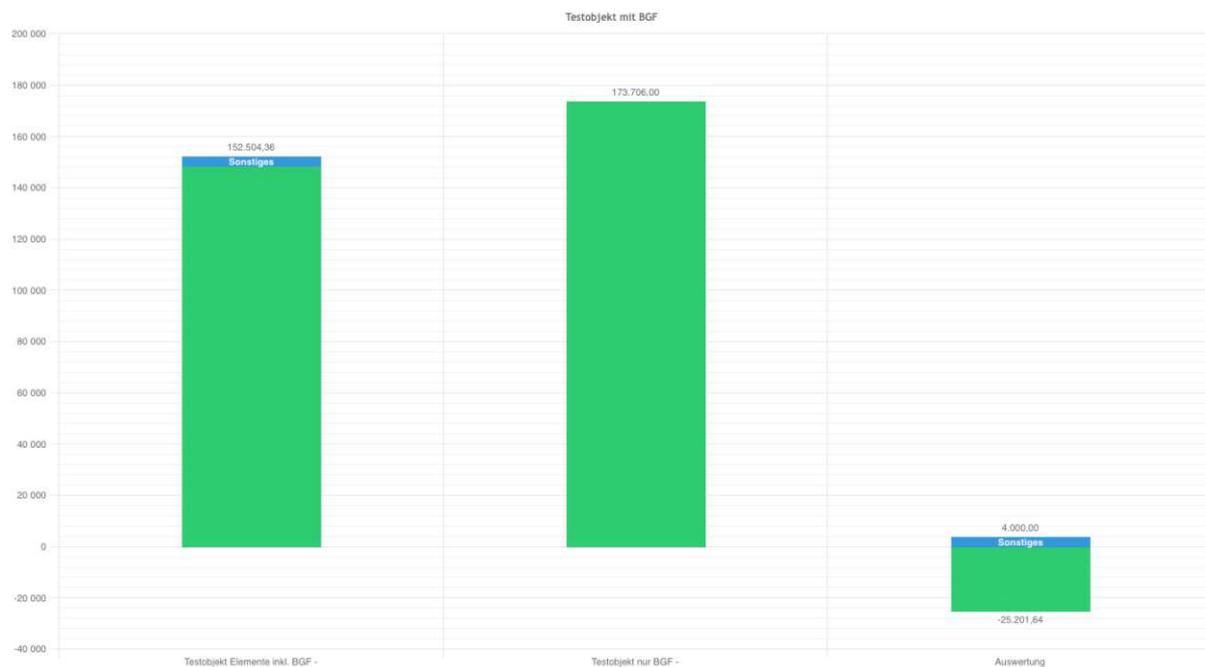


Tabelle 30: Vergleich der Kosten Ermittlung BGF und elementbasierte Ermittlung

Quelle: eigene Abbildung

Der grafische Vergleich zeigt, dass sich das Testobjekt in der Entwurfsphase (links) mit ausgewerteten Elementkosten als günstiger als in der Vorbereitungsphase (Mitte) darstellt. Dies kann erklärt werden, da in der Vorbereitungsphase mit sehr hohen BWK/m² gerechnet wurde, das Testobjekt in seiner genaueren Gliederung jedoch nur wenig teure Fensterflächen oder sonstige Elemente enthält, die diesem hohen Standard entsprechen würden. Die Auswertung (rechts) zeigt optional die Differenz der beiden Varianten.

⁷⁵ (International, ÖNORM B 1801-1 2021-02, 2021), Seite 11

Es wurde als Vergleich eine zweite Variante des Kostenplans erstellt, welche einen erhöhten Verglasungsanteil enthält. Die Fenster wurden durch eine raumhohe und großflächige Fensterfront ersetzt. Generell wurde die Qualität an den Standard des Objekts aus der Vorbereitungsphase angepasst. Die Grafik zeigt die in der Qualität erhöhte Variante (links), den Vergleich zur vorhergehenden Variante, und eine Auswertung der Differenz. In dieser ist zu sehen, dass die Kosten im Bereich Energiewandler, Fenster und Räume (Qualität) gestiegen sind.

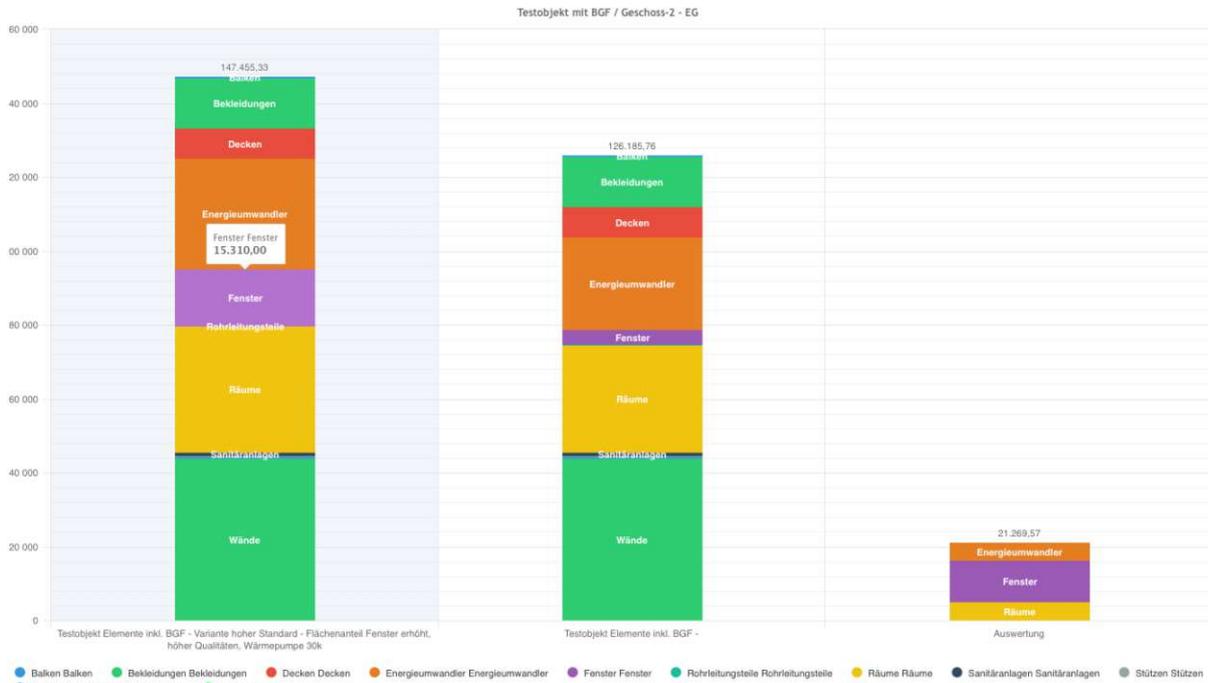


Tabelle 31: Vergleiche der Varianten

Quelle: eigene Abbildung

Der Vergleich der Varianten kann auch in Tabellenform ausgegeben werden. Jedes Bauteil kann im Vergleich mit seinem Vorgänger gezeigt werden und Änderungen, insbesondere Kostensteigerungen, gegenüber dem Auftraggeber argumentiert werden. Dies kann als Entscheidungshilfe dienen.

| ▼ Fenster | Fenster | | 15.310,00 € | 375,10% | 4.081,62 € | 100,00% | | -11.228,38 € |
|-----------|-------------|--|-------------|---------|------------|---------|--|--------------|
| Fenster-1 | Fenster-001 | | 7.500,00 € | 945,82% | 792,96 € | 100,00% | | -6.707,04 € |
| Fenster-2 | Fenster-001 | | 2.500,00 € | 315,27% | 792,96 € | 100,00% | | -1.707,04 € |
| Fenster-3 | Fenster-002 | | 1.770,00 € | 223,21% | 792,96 € | 100,00% | | -977,04 € |
| Fenster-4 | Fenster-001 | | 1.770,00 € | 223,21% | 792,96 € | 100,00% | | -977,04 € |
| Fenster-5 | Fenster-001 | | 1.770,00 € | 194,55% | 909,78 € | 100,00% | | -860,22 € |

Tabelle 32: Vergleiche der Varianten in Tabellenform

Quelle: eigene Abbildung

Nach der Anpassung der Qualität der Bauteile und Flächenkennwerte an die in der Entwicklungsphase definierten Werte, zeigt sich, dass es nur mehr eine geringe Differenz des ersten Kostenziels zur nun erstellten Kostenberechnung anhand ihrer Elemente gibt.

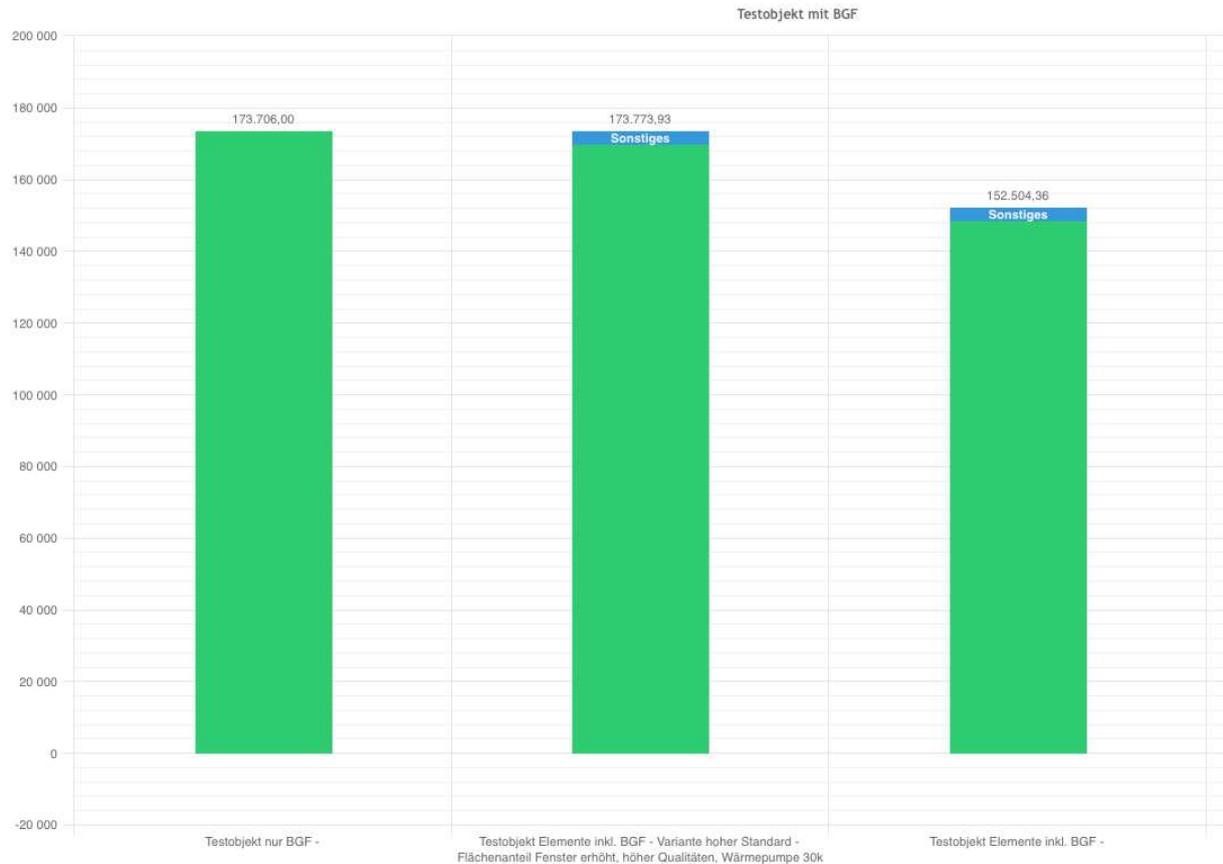


Tabelle 33: Vergleich der Varianten

Quelle: eigene Abbildung

Zusammenfassung

Im Bereich der Kostenplanung werden mithilfe des IFC-Modells Bauteile mit Leistungen verknüpft und bemustert. Dabei wird auf Mengenparameter zugegriffen. Bauteile mit gleichen Elementen werden synchronisiert bzw. über Kostenelemente bemustert. Verschiedene Varianten können tabellarisch und grafisch gegenübergestellt werden und als Entscheidungsgrundlage für Entwurfsentscheidungen dienen.

Der entwickelte Workflow erfüllt somit die Anforderungen des Kostenmanagements. Dieses setzt voraus, ein Instrumentarium anzuwenden, das sowohl bestehende und bekannte Kostenfaktoren berücksichtigt als auch zu erwartende bzw. zu befürchtende Prognosen und Trends einfließen lässt. Diese Daten werden in übersichtlicher und nachvollziehbarer Art dargestellt. Ziel einer Kostenkontrolle ist es, durch aktuelle und realitätsnahe Zahlen die Abweichungen vom Sollverlauf und damit eventuelle Probleme so früh wie möglich zu erkennen, um rechtzeitig Steuerungsmaßnahmen einleiten zu können⁷⁶.

⁷⁶ Vgl. (Hans, 2009), Seite 3

5. Resümee und Fazit

Die Grundlagenanalyse hat gezeigt, dass die Normen im deutschsprachigen Raum große Unterschiede aufweisen. Besonders zum Thema BIM gibt es teils noch wenig Rahmenbedingungen. Die im Speziellen in Österreich angewandten Normen sollten einer Anpassung unterzogen werden. Die normorientierte Kostenplanung sieht vor, dass zwischen Kostenrahmen, Kostenschätzung, Kostenberechnung und der anschließenden Kostenkontrolle ein Systemwechsel vorgenommen wird. Das ist der Grund, warum nicht alle Informationen, die man im jeweiligen Stadium der Kostenermittlung gewinnt, in das nächste Stadium ohne Schnittstellenverlust übernommen werden können. Dies erschwert die periodischen Vergleichsrechnungen zwischen Ist- und Soll-Kosten, die zur Verbesserung der Kostenkontrolle während der Planung und des Bauablaufes durchgeführt werden sollten, da keine direkten Vergleiche zwischen den Ansätzen der frühen Planungsphasen und einem abgerechneten Projekt möglich sind. Es gibt kaum zugängliche Nachschlagewerke abgerechneter Projekte in Österreich. Einen guten Anhaltspunkt bietet der BKI. Dieser aber nur grob über die Regionalfaktoren, welche in neueren Ausgaben nicht mehr für Österreich angeführt werden. Seitens Planungsbüros besteht eine große Scheu, solche Daten zur Verfügung zu stellen.

Im Laufe der Entwicklung des Workflows hat sich herausgestellt, dass die Erstellung von Leistungsverzeichnissen bis hin zur Ausschreibung in einem ähnlichen Vorgang weitergeführt werden könnte. Dies wurde nicht weiter betrachtet, da es den Rahmen der Arbeit gesprengt hätte. Es besteht hier jedoch großes Potenzial, da die Vorgehensweise immer mehr ausgereift scheint. Auch hier besteht seitens der Normierung Nachholbedarf. Wenn in BIM und somit mit Elementen geplant wird, muss auch so ausgeschrieben werden. Es sollte nicht dazu kommen, dass ein BIM-Modell mit seinen drei Dimensionen wieder auf einen Plan mit zwei Dimensionen reduziert wird und anschließend noch weiter in Form einer Ausschreibung in analoger Textform in ihrer Informationsdichte weiter komprimiert wird. Ziel muss es sein, die Kosten rein anhand des Modells zu ermitteln als auch mit dem Modell auszuschreiben. Hier fehlt momentan noch die normative Grundlage.

Die Experteninterviews haben aufgezeigt, dass die größten Nachteile an der BIM-Methodik der meist noch höhere finanzielle Aufwand, zusätzliches gut geschultes Personal zu finden, Abhängigkeit von der IT und die fehlende rechtliche Basis in Kombination mit fehlenden normativen Grundlagen ist. Weiters können hier das fehlende Interesse und die teils sehr konservative Denkweise im Bau- und Planungswesen genannt werden.

Generell kann man auch sagen, dass seitens der Bauherren der Einsatz von BIM gefordert werden müsste. Diese haben aber oft Bedenken, dass der Markt auf einige wenige, große Anbieter reduziert werden könnte. Für junge Büros, die sich von Anfang mit BIM beschäftigen, könnten sich hier jedoch Chancen auftun.

Die größten Vorteile von BIM sind in der Visualisierung, Effizienzsteigerung, Transparenz und Kollaboration zu sehen. BIM kann zur Vermarktung eines Produktes herangezogen werden, zur Veranschaulichung der Prozesse und zur Erhöhung des Verständnisses, auch von nichtkundigem Personal, beitragen.

Im Rahmen der Entwicklung des Workflows hat sich herausgestellt, dass die modellbasierte Kostenermittlung zu genaueren Prognosen führen kann. Es ist möglich, mit weniger Aufwand und vor allem schneller, Kosten zu erfassen. Eine Verringerung der Bandbreite von Kostenprognosen ist also möglich, wenn man Elemente bereits in einer frühen Phase genauer definiert, besonders jene, die hohe Kosten auslösen. Starke Preisschwankungen des Marktes werden nicht berücksichtigt.

Der größere zeitliche Aufwand bei der Erstellung präziser Kostenschätzungen im Vorentwurf und Entwurf ist wirtschaftlich sinnvoll, um nachträgliche Projektänderungen zur Einhaltung von Kostenvorgaben zu vermeiden. Der generell bekannte Trend, dass sich der Aufwand bei BIM schon in frühere Planungsphasen verschiebt, relativiert sich in einer besseren Planungs- und Kostensicherheit in späteren Planungsphasen.

Der Workflow hat gezeigt, dass in der Entwicklungs- und Vorbereitungsphase über Flächen in Archicad die Kosten rasch und auch sehr bedienerfreundlich ermittelt werden können und es hier noch wenig Sinn macht, das Modell in eine AVA-Software zu übertragen. Für eine spätere Vergleichsdarstellung aller Planungsphasen und deren Kosten sollte dies aber geschehen.

In der Vorentwurfsphase kam es bereits zum Vorziehen der in der Norm erst ab dem Entwurf vorgesehenen modellbasierten Kostenermittlung. Alle bereits bekannten großen Positionen sollten durch ihre Preise definiert werden und nur noch nicht näher bekannte Kosten über ihre Flächenansätze berücksichtigt werden. Eine genaue Kostenberechnung wird in der Entwurfs- und anschließenden Einreichplanung erstellt, die eine Kostengenauigkeit von $\pm 15\%$ erreichen sollte.

Gut visualisierbare Kostenvergleiche sind grafisch und in Tabellenform möglich. Der erstellte Workflow kann sowohl im Planungsprozess im Büro als auch gegenüber dem Auftraggeber oder Planungspartnern zur Entscheidungsfindung beitragen. Vor allem Änderungswünsche und deren Auswirkungen können klar dargestellt werden. Als Nachteil ist zu sehen, dass die Anwendung auf die Baugliederung nach ÖNORM B 1801-1 in Nova AVA nicht zum gewünschten Ergebnis geführt hat. Das Modell wird wie im BIM-Modell und seinem späteren realen Zwilling nach Geschossen und Bauteilen gezeigt und die Kosten auch so zugewiesen. Dies führt jedoch nicht zu einem falschen Ergebnis.

Die Forschungsfragen konnten somit beantwortet werden und der entwickelte Workflow ermöglicht eine einfache Ermittlung der Kosten in den Phasen Entwicklung bis Einreichung. Die Genauigkeit von Kostenprognosen kann erhöht werden. Dies jedoch nur, wenn in frühen Phasen detailliert genug geplant wird und vor allem das zugrunde liegende BIM-Modell korrekt modelliert wurde.

6. Anhang

6.1. Anhang 1: Experteninterviews

Experteninterviews

| Büro und Art | Architektur (AT) Büro 1 | Architektur (AT) Büro 2 | Architektur (AT) Büro 3 | Architektur (CH) Büro 4 | Softwarevertrieb | Bauträger | Fachplaner HKLSE | Fachplaner E |
|---|---|---|--|---|--|---------------------------|---|---|
| Datum | 18.11.21 | 11.11.21 | 12.11.21 | 11.11.21 | 17.11.21 | 16.11.21 | 18.11.21 | 18.11.21 |
| Gesprächspartner Position | Geschäftsführerin BIM-Manager:in | BIM Manager:in Kostenplaner:in | BIM Manager:in BIM Manager:in | Leiter:in Ausführungsplanung, Mitglied der Geschäftsleitung | Schulung, Consulting | Projekt- und Bauleiter:in | BIM-Manager:in TGA | BIM- und CAD-Manager:in Prokurist:in |
| Anzahl Mitarbeiter ca. | 1000 | 100 | 25 | 20 | 30 | k.A. | 100 | 10 |
| Wie viele Jahre beschäftigen Sie sich persönlich schon mit dem Thema BIM? | 13 | 2 | 12 | 4 | k.A. | k.A. | 3 | 6 |
| Seit wann ist BIM im Unternehmen implementiert (in Jahren) | 10 In allen Projekten | 2 Start war Projekt, in dem JFC vertraglich gefordert wurde seitdem BIM-Management vorhanden | 8 Anfangs closed BIM mit Statik und Haustechnik, dann alle Projekte in open BIM | 2 | k.A. | k.A. | k.A. | 4 |
| Arbeiten Sie mit der BIM-Methode? | JA | JA | JA | JA | JA | NEIN | JA | JA |
| Wenn JA | | | | | | | | |
| In welchen Bereichen spielt BIM in Ihrer Tätigkeit die größte Rolle? | In allen Bereichen und Standorten jedes Projekt wird in BIM umgesetzt | Zusammenarbeit mit öffentlichen Auftraggebern | Zusammenarbeit mit Statik in closed BIM | Vorbereitung von Ausschreibungsumterlagen (Mengen) Zusammenarbeiten mit z.B. Fertigteilwerken | In allen Bereichen, in denen Softwarelösungen angeboten werden | - | HKLS und Elektroplanung | Elektroplanung |
| Was ist die Kernaufgabe im Unternehmen? | Integrale Planung, Architektur, Statik, Haustechnik | Schulbau | parametrisches Entwerfen, daher starker Schwerpunkt in 3D-Modellierung | Wohnbau, Alterswohnen, Villenbau | Schulung, Vertrieb und Verkauf von Softwarelösungen | - | Fachplanung von Großprojekten aller Art | Elektroplanung von Projekten aller Art |

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|---|---|
| BIM im Alltag: Rollenverteilung? wer ist wofür zuständig? | BIM-Manager Pro Projekt-BIM-Verantwortlicher | Zwei Personen jeweils Halbzzeit Architekt und BIM-Manager Projektverantwortlicher BIM | Übergeordnet wird nur begleitet Jeder im Projekt ist selbst verantwortlich sehr stark projekt- und personenbezogene Arbeitsweise | k.A. | - | BIM – Etablierung und Aufgabe des BIM-Managers BIM – Manager für Elektro BIM Fachkoordinator für jedes Projekt, der Koordinationsitzungen führt. Dieser ist auch im Projekt und meist gleichzeitig Konstrukteur | BIM – Management Zwei Personen verantwortlich für Familienerstellung zusätzlich ein 4er Team, welches BIM beherrscht und in Planung anwendet Rest arbeitet konventionell |
| Welche Software wird hauptsächlich eingesetzt? A ... Authoring P ... Prüfsoftware T ... Hilfsmittel/Tools | REVIT (A) ITWO (T) | Archicad (A) Solibri (P) Excel (T) Simple BIM (T) | Archicad (A) Solibri (P) Excel (T) BIMx (T) | Archicad (A) Solibri (P) Excel (T) Building One (T) | - | REVIT (A) Trimble Nova (A) für Haustechnik besser geeignet als REVIT) Solibri (P) Navisworks (P) Excel (T) | REVIT (A) Autocad (A) |
| Arbeiten sie hauptsächlich mit closed oder open BIM? | Closed Da weniger Reibungsverluste Open BIM bei Bedarf | Closed Insbesondere mit Statik Little BIM teilweise freiwillig Open BIM bei Bedarf | Closed sehen Vorteil in closed BIM, da alle Beteiligten an einem Modell arbeiten | beides | - | beides | beides |
| Wenn open BIM | | | | | | | |
| mit welchen Planern? | Mit allen FP | open BIM bei Haustechnik und Elektro | - | k.A. | - | Mit allen FP und Architekten | Mit allen FP und Architekten |

| | | | | | | | | |
|---|--|--|--|------|--|--|--|---|
| wie viele Fachplaner bieten schon Leistungen in BIM an? (Schätzung) | 10% Bis zur Ausführung: 5% | 10% Eher Statik, Haustechnik | 40% Nur große Büros | k.A. | - | 50% Bessere Koordination | 50% Bessere Koordination | 50% 3. Dimension |
| Was sind die Vorteile, wenn Fachplaner BIM verwenden? | Kollisionen werden vermieden Bessere Reaktions- und Steuermöglichkeiten besseres Verständnis des Projekts Automatisierung | Alles wird viel offensichtlicher leichtere und bessere Kommunikation am Modell | Viel bessere Kommunikation ein Datenmodell als Quelle von Informationen | k.A. | - | Bessere Verständigung Jeder sieht die Probleme im 3D, also bessere Visualisierung | Weniger Konflikte und Kollisionen Dinge werden nicht so leicht vergessen | Man erkennt Kollisionen, die man im DWG nicht sehen würde Bessere Vorstellung des Gebäudes. Besonders bei komplexen Geometrien |
| Was sind die Nachteile, wenn Fachplaner BIM verwenden? | Noch zu wenig verbreitet | Alles muss eine gewisse Form haben Knowhow muss auf beiden Seiten da sein, sonst Probleme bei der Prüfung | Abstimmung der Software die ersten Abstimmungen sind generell schwer | k.A. | - | sperrig, aufwendig, dauert länger oft zu detailliert | Kommunikation scheint zwar besser, aber man muss miteinander kommunizieren, was sich verändert hat, sonst Probleme | Aus Sicht der Elektroplanung besonders in frühen Planungsphasen mehr Aufwand Honorierung nicht angemessen |
| Wenn NEIN | | | | | | | | |
| Wie wird in Ihrem Unternehmen sonst gearbeitet (kurzer Einblick) | - | - | - | - | Konventionell | - | - | - |
| Warum wird BIM nicht verwendet | - | - | - | - | Man sieht den Mehrwert nicht Wenig Erfahrung damit, aber gesamte Planung ist im 3D ein Mehraufwand und kann auch in der Vorplanung nicht effizient sein | - | - | - |
| Wird sich BIM durchsetzen? | JA | unklar | JA | JA | NEIN | JA | JA | JA |

Wenn JA

| Wann wird sich BIM in der Fläche durchsetzen? | < 10 Jahre | k.A. | Es wird sich durchsetzen müssen, da AG das Thema fordern | Auch die Bauweise hat Einfluss. Mehr Vorfertigung spricht für BIM | < 10 Jahre BIM ist erst der Anfang Wenn behördliche und normative Rahmenbedingungen geschaffen sind, führt kein Weg daran vorbei | < 5 Jahre Die Frage ist aber in welcher Tiefe Die Covid-Krise hat alles beschleunigt | k.A. | - | < 5 Jahre | < 10 Jahre Es wird aber immer parallele konventionelle Planung geben |
|---|------------|------|--|---|--|--|------|---|-----------|---|
|---|------------|------|--|---|--|--|------|---|-----------|---|

Wenn NEIN

| Warum wird sich BIM nicht durchsetzen? | - | Hängt davon ab, ob es angemessen bezahlt wird. Der Mehrwert ist noch nicht für alle gegeben | - | - | - | Die Frage ist aber in welcher Tiefe Die Covid-Krise hat alles beschleunigt | k.A. | - | < 5 Jahre | < 10 Jahre Es wird aber immer parallele konventionelle Planung geben |
|--|---|---|---|---|---|---|------|---|-----------|---|
|--|---|---|---|---|---|---|------|---|-----------|---|

Wo sehen Sie Gründe für den fehlenden Einsatz von BIM in Österreich

| konservatives Denken, Angst vor der Umstellung (5) | X | | | X | X | X | X | X | X | X |
|--|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| Fehlendes Interesse an der Thematik (1) | | X | | | | | | | | |
| Fehlendes Wissen zum Thema (1) | | | | | | | X | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|---|------|--|--|--|--|--|---|
| Planung über gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes (1) | x | | | | | | k.A. | | | | | | |
| Fehlerminimierung durch Kollisionskontrolle (2) | x | | | | | | k.A. | | | | | | x |
| Strukturierteres Arbeiten wird eingefordert (1) | | | | | | x | k.A. | | | | | | |
| Einfachere Mengenerfassung (1) | | | | | | | k.A. | | | | | | x |

Was sind die größten Nachteile der Arbeitsweise mit BIM?

| | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|---------------------------------|--|--|
| Viele Unternehmen noch nicht auf Stand der Technik | Noch nicht voll durchgesetzt | Leute müssen BIM verstehen, um mit BIM arbeiten zu können Junge Leute eignen sich Software rasch an, haben aber fehlendes Fachwissen am Bau | Der hohe Aufwand alles zu modellieren und mit Daten zu füllen | Die Grundlagen sind noch nicht klar definiert | Zu aufwendig und kostenintensiv | Größtes Problem momentan: eine ausführende Firma zu finden, die in BIM weiterarbeitet und nicht wieder 2D-Pläne zeichnet | Hoher Schulungsaufwand, wird nicht honoriert |
| Ab welcher Leistungs- bzw. Projektphase macht BIM Sinn? | Ab Projektstart im Wettbewerb und für die Kostenplanung Vorentwurf: 2 Entwurf: 2 Einreichung: 1 | Ab Vorentwurf | Ab Einreichung | Ab Projektstart | k.A. | Ab Vorentwurf Die Basis muss seitens Architektur stehen, dann möglichst früh zum Fachplaner | Ab Entwurf Im Vorentwurf eher nur Systemrisiko, da sich bis Entwurf noch einiges ändert |

| Wo wird es bereits verlangt? | Osterreich erst selten. Baueinreichung wird aber erprobt ein Büro unumgänglich? | Öffentliche AG | Wird kaum verlangt | Bei Großprojekten C.U., TU, öffentliche AG dort wo hoher Standardisierungsgrad möglich ist | k.A. | k.A. | Bei Großprojekten | Bei Großprojekten Bei manchen Architekturwettbewerben bereits jetzt gefordert |
|--|--|---|--|--|------|------|--|---|
| Gibt es eine Mindestgröße von Büros (Mitarbeiter, Infrastruktur) für die Einführung von BIM? | NEIN es ist nur ein Werkzeug. Einpersonenbüros schaffen es eventuell sogar größere Projekte umzusetzen als ohne den Einsatz von BIM | NEIN man braucht nur die Mitarbeiter mit dem nötigen Knowhow | NEIN Strukturen umbauen in großen Büros sogar schwieriger | NEIN | NEIN | k.A. | JA Ab 5 Personen sinnvoll bei Fachplanern | JA Ab 5 Personen sinnvoll konkret bei Elektroplanung |
| Sind Kosteneinsparungen mit BIM realistisch über das gesamte Projekt | JA 30% möglich | NEIN aber die Kostenwahrheit wird erhöht | JA Vorentwurf wird sogar aufwendiger | JA 2 – 3 % möglich | k.A. | NEIN | eher NEIN (bei HKLS und Elektro) | JA |
| Ist eine Einsparung in der Bauzeit durch BIM realistisch | k.A. | k.A. | k.A. | NEIN | k.A. | NEIN | JA | NEIN |

KOSTENPLANUNG

| | | | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---|---|-------------|-------------|---|---|
| <p>Wie werden Kosten (insbesondere in den frühen Planungsphasen) momentan erfasst?</p> | <p>Bereits in frühen Phasen nicht nur über Flächen und Benchmarks, sondern bereits kombiniert mit Elementen, denen Kosten bereits zugewiesen werden können</p> <p>So kann z.B. der Flächenbenchmark der Fassade auf die Fläche dieser erhöht werden, wenn die Fassade aufwendiger ist</p> <p>Haustechnik wird über Erfahrungswerte eingerechnet und Zentralen und Anlagen direkt über Kosten, da man hier bereits die Kosten kennt</p> <p>Mindestunterscheidung muss in frühen Phasen bereits beinhaltet: tragend, Ausbau, Fassade</p> <p>Benchmarks müssen immer in Kombination aus Zahlen aus dem Modell und einem Wissen, der die Ergebnisse prüft, kombiniert werden</p> | <p>Über Flächen nur grob</p> | <p>Aus Archicad werden Volumen und Flächen per Listen erfasst und exportiert</p> <p>Dann in Excel Berechnungen erstellt, bzw. eher Werte abgeschätzt</p> <p>Es gibt nichts automatisiertes</p> <p>Kostenfeststellungen werden extern gerechnet</p> <p>Über Volumen grob mit Vergleichen zu eigenen realisierten Projekten</p> <p>Abschätzungen basieren Großteils auf Erfahrungswerten</p> <p>Man muss immer Werte einfließen lassen können, deswegen oft grob gerundet</p> | <p>Alle Flächen werden aus Archicad per Listen erfasst und dann in Excel zusammengefasst</p> <p>In der Kostenschätzung wird bereits mit Massen gerechnet</p> <p>Flächen mit Referenzkosten dienen nur als Vergleich zu den aus den Massen berechneten Werten</p> <p>In Vorentwurf sind Pläne bereits detailliert, deswegen schon elementbasiert</p> | <p>k.A.</p> | <p>k.A.</p> | <p>Bis Entwurf und Ausschreibung mit Kennzahlen, die jedoch relativ genau sind</p> <p>Jedes Projekt unterscheidet sich in den Gesamtkosten z.B. der Kälte und Wärme. In Summe aber immer ähnlich</p> <p>Im Kostenanschlag wird jede Position mit Preisen von vergangenen Projekten gerechnet</p> <p>Kennwerte, Erfahrungen</p> <p>Momentaner Workflow: über Bauteillisten nach Gliederung in Excel, dann aber zweite Excel-Liste wo Bauteile schon mit Preisen hinterlegt sind</p> <p>Programm verknüpft diese beiden Listen. Wenn Werte drin dann zurück ins REVIT und dann ist alles im Modell</p> <p>Problem: wie und wie oft wartet man diese Preistabellen</p> | <p>Über Benchmarks hat aber nichts mit BIM-Modell zu tun</p> <p>Ab Entwurf 60-65% aus Modell (aber nur Stückliste), danach Schätzpreise für Stückzahlen</p> <p>Rest konventionell, da 30-40% Kabel und Rohre. Diese werden nicht modelliert</p> |
|--|--|------------------------------|---|---|-------------|-------------|---|---|

Wenn JA

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|-------------------------------------|------|---|--|---|
| Was sollte dieses Tool unbedingt können? | Möglichkeiten zum besseren Monitoring z.B. Varianten vergleichen können | Nachvollziehbarkeit der Werte und Visualisierung | Es muss immer noch die Möglichkeit geben, Variablen zu verändern, bzw. Erfahrungswerte einfließen lassen zu können | Einfache Schnittstelle zum Archicad | k.A. | - | Soll auch bei großen Projekten noch gut funktionieren Es muss die Möglichkeit bieten, selbst Aufschläge zuzuweisen, Kosten und Massenaufschläge Hohe Schätzgenauigkeit | Kabel und Rohre werden immer händisch abgeschätzt und müssen als Variable einfließen können |
|--|--|--|--|-------------------------------------|------|---|--|---|

Zukunft der Digitalisierung im Bauwesen und Wünsche

| | | | | | | | | |
|---|---|--|---|-----------------------------|------|---|---|---|
| Was sind Ihre Erwartungen an die Zukunft mit BIM? | Mehr Einsatz auf der Baustelle (nicht nur in der Planung) | Mehr Prüfprogramme und dass Bugs gefixt werden, insbesondere in Solibri | Landschaftsplanung hat Nachholbedarf | Bessere Richtlinien, Normen | k.A. | Es kann sich nur durchsetzen, wenn es auch einen Mehrwert bringt für alle Beteiligten | k.A. | Angemessene Honorierung der Leistung |
| Was wünschen Sie sich generell von der Digitalisierung im Bauwesen? | Digitale Einreichungen Offenlegen und Austausch von Wissen Die Ausbildung muss sich verbessern, die Universitäten müssen mehr interdisziplinär werden. Das Thema Kosten ist in der Ausbildung kein Thema Es braucht bessere und exakte Regeln und Standards (Normierung) | VR/AR-Brille, keine Pläne mehr, auch auf der Baustelle inkl. Soll-Ist-Vergleich Programme sollen für Bauende besser bedienbar werden der Nutzen muss offensichtlicher werden Verringerung der Datenflut Ein Ausdünnen auf wesentliche Dinge, die Mehrwert für die Planung schaffen | Mehr tun, weniger reden Wahrheitsgemäß er von der Situation berichten, nicht alles schönreden Fehler und Probleme eingestehen | k.A. | k.A. | k.A. | Dass mehr ausführende Unternehmen bei BIM und der Digitalisierung mitziehen | Videokonferenzen, Planungsbesprechungen sollten online gängiger werden, Reisezeiten und unnötige Stunden weiter reduziert werden Mehr Möglichkeiten in der Kommunikation nutzen Ausbau und weitere Verbesserung des BCF-Formats |

| | | | | | | | | |
|-------------------|--|---|--|--|--|--|---|--|
| Sonstiges, Zitate | BIM ist, nur ein Werkzeug und wir verwenden nur Bruchteile von diesem intelligenten Werkzeug | Statik und Architektur hat gleiche Geometrie, deswegen bietet sich closed BIM an Fertigteilebau ist teils teurer als vor Ort, aber schneller | Es wird immer Dinge geben, die man nicht ablesen kann aus dem Modell, es wird nie 100% automatisch funktionieren | Haftung ist ein großes Thema, wenn man Werte rausgibt Kennwerte, Neubaubaukostenrechner | In simpleBIM kann IFC bearbeitet werden, aber will man das eigentlich? Gespräch diente eher der Bestandsaufnahme seitens Softwarevertrieb und Tips und Tricks | Eher ablehnend gegenüber BIM, nur kurzes Gespräch, da sowieso nicht verwendet und der Glaube daran nicht vorhanden ist | Großes Thema sind Berechnung mit dem Modell (Heiz- und Kühllast) Probleme mit Datenaustausch, Archicad gibt bei jedem Export andere Daten aus Egal mit welchem Programm: Datenverlust auch beim Import Versuchen ABK nicht zu verwenden Problem: Lüftungskanal mit Isolierung kann nicht einzeln angezeigt werden | Im Vorentwurf wäre es gut, seitens Fachplaner das Projekt zum ersten Mal zu sehen Unrealistische Vorstellungen (LoD 500): bei z.B. Steckdose ein Wartungsintervall hinterlegen ist sinnlos, wird aber manchmal in dem Detailgrad verlangt |
|-------------------|--|---|--|--|--|--|---|--|

Brutto-Grundfläche (BGF)

Die Brutto-Grundfläche ist die aus der Ebenenfläche (EF) abzüglich der unverwendbaren Grundfläche (UGF) berechnete Fläche.

Ähnlich der ÖNORM B1800 wird in der Norm in überbaute Flächen und nicht überbaute Flächen unterschieden.

Überbaute Flächen

An der Außenseite des Gebäudes können Böden, Teil des Gebäudes sein, über denen sich ein weiteres Geschoss, Dach oder Vordach befindet. Derartige Flächen werden als „überbaute“ Flächen bezeichnet. Die überbaute Fläche ist die Fläche des Bodens, der mit Gebäuden in ihrem fertigen Zustand überbaut ist. Die überbaute Fläche wird ermittelt durch die vertikale Projektion der Außenmaße des Gebäudes auf den Boden. Eine Fläche ist eine überbaute Fläche, wenn sie durch einen Teil des Gebäudes überdeckt wird, der sich in der nächsthöheren Ebene befindet.

Nicht überbaute Flächen

Flächen, über denen sich kein Geschoss bzw. Dach befindet. Nicht überbaute Balkone sind zum Beispiel Teil der Konstruktion eines Gebäudes. Diese Balkone sind daher Teil der nicht überbauten Netto-Grundfläche. Untenstehende Skizze erläutert die Berechnung.



Legende
1. BGF
2. UGF
3. EF
4. NWF
5. überbaute Fläche
AMERS/DK Die Infos beziehen sich auf die Anwendung 01.5

Abbildung 11): Flächenkategorien

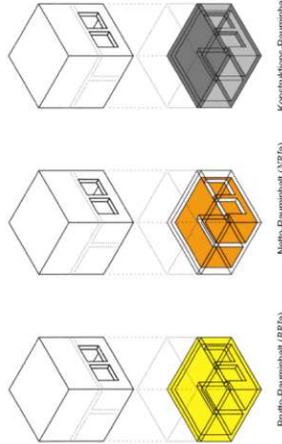
Quelle: EN 15221-6:2011, Bild B2. Beispiel für einen Balkon, Seite 51

Brutto-Grundfläche (BCF)

Die Ermittlung der BCF folgt somit den Berechnungsregeln der ÖNORM EN15221-6 und wird mit folgenden Skizzen in der Norm genauer erläutert:

Drei Bereiche der Raum- und Flächenermittlung (a,b,c)

Bereich a: überdeckt und allseitig in voller Höhe umschlossen (z.B. Innenräume) nach ÖNORM EN15221-6:2011, Abschnitt 5.1:



Brutto-Rauminhalt (BRZ)

Netto-Rauminhalt (NRZ)

Konstruktions-Rauminhalt (KRZ)

Abbildung 112: Bereiche der Raum- und Flächenermittlung

Quelle: ÖNORM B1800:2013, Bild 1, Seite 9

Bereich b: überdeckt, jedoch nicht allseitig in voller Höhe umschlossen (z.B. überdeckte Außenräume) nach ÖNORM EN 15221-6:2011

Brutto-Grundfläche (BGF)

Für die Ermittlung der BGF sind die äußeren Maße der Baukonstruktionen einschließlich Bekleidung anzusetzen. Grundflächen, die durch Brüstungen und Geländer begrenzt werden, sind bis zu den Außenkanten dieser Konstruktionen zu messen.

Die BGF schließt die Grundflächen von Installations- und Aufzugsschächten in jedem Geschoss ein, durch das sie führen.

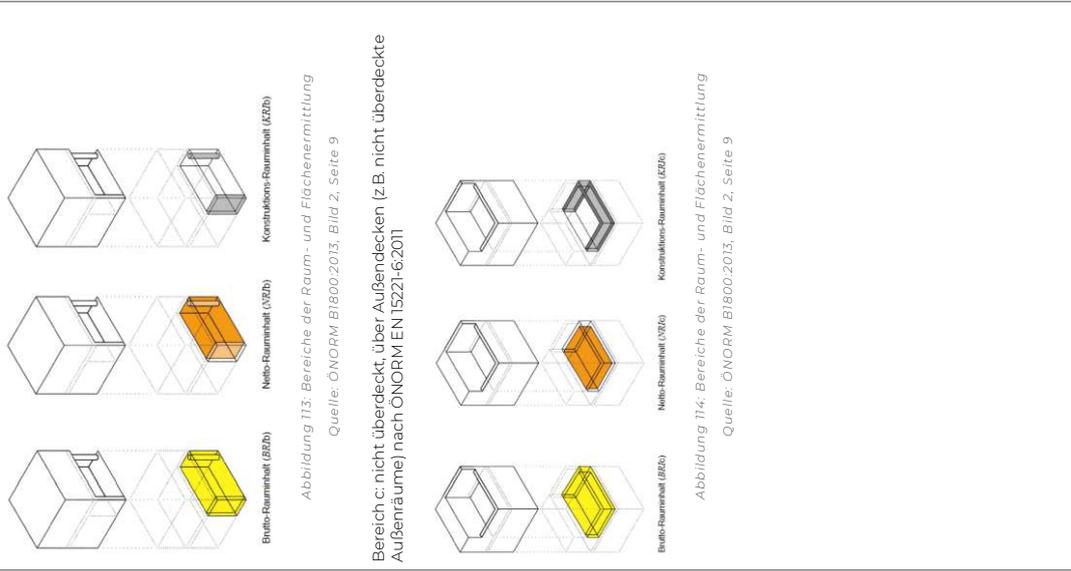
Bei der Ermittlung der BGF sind auch die Baukonstruktionen am Bauwerk (z.B. Terrassen, Treppen, Rampen, Höfe) zu berücksichtigen, die Nutzungen der Netto-Raumfläche (NRF) aufweisen und die unterbaut oder mit dem Bauwerk konstruktiv fest verbunden sind. Diese Grundflächen gehören zum Sonderfall der Raumumschließung (S). Diese Unterteilung ist vergleichbar mit den Bereichen a, b, c aus der ÖNORM B1800 bzw. der ÖNORM EN 15221-6, jedoch wird nur in zwei Bereichen unterschieden:

Regelfall der Raumumschließung (R)

Den Regelfall der Raumumschließung (R) stellen Bereiche des Bauwerks dar, die Nutzungen der Netto-Raumfläche (NRF) aufweisen und die bei allen Begrenzungsflächen des Raums vollständig umschlossen sind. Somit nicht nur Innenräume, sondern auch allseitig umschlossene Räume, die über Öffnungen mit dem Außenklima verbunden sind.

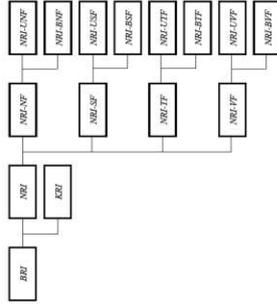
Sonderfall der Raumumschließung (S)

Stellt Bereiche des Bauwerks dar, die Nutzungen der Netto-Raumfläche (NRF) aufweisen und mit dem Bauwerk konstruktiv fest verbunden sind, jedoch nicht bei allen Begrenzungsflächen des Raums vollständig umschlossen sind (z.B. Loggien, Balkone, Dachterrassen, etc.)



Brutto-Rauminhalt (BR)

Der Brutto-Rauminhalt wird aus den Ebenenflächen (EF) und den jeweils zugehörigen Höhen berechnet. Für nicht überdeckte Bereiche (Bereich c) wird die Höhe der umschließenden Bauteile, z.B. Brüstungen, Geländer, gerechnet. Bei offenen Konstruktionen über nicht überdeckten Bereichen nach Bereich c, z.B. Pergolas, hohe Gitter sowie bei fehlenden Umschließungen, z.B. ebenerdige unterkellerte Terrassen oder bei hohlförmigen Dachterrassenflächen zwischen ein- oder mehrgeschoßigen Umschließungen, ist eine entsprechende Höhe anzunehmen (z.B. eine fiktive Brüstungshöhe). Raumhalte, die innerhalb der äußeren Begrenzungsflächen des Bauwerkes liegen, aber unzugänglich sind und von den Brutto-Grundflächen und den zugehörigen Höhen nicht erfasst werden, gehören zum Konstruktions- Rauminhalt (z.B. unzugängliche Zwischelhohlräume zwischen Dachtraufe und Dachausbaubereichen). Der Brutto-Rauminhalt darf auch ohne Unterteilung in einzelne Geschosse ermittelt werden.



Es bedeutet:

| | | | |
|---------------|--------------------------------|---------------|---|
| BR | Brutto-Rauminhalt | NR-LNF | Netto-Rauminhalt – Unbeschränkt |
| NR | Netto-Rauminhalt | NR-BNF | Netto-Rauminhalt – Beschränkt |
| KR | Konstruktions-Rauminhalt | KR-LNF | Konstruktions-Rauminhalt – Unbeschränkt |
| NR-LNF | Netto-Rauminhalt-Nutzfläche | NR-BNF | Netto-Rauminhalt – Beschränkt |
| NR-SF | Netto-Rauminhalt-Sanitärfläche | NR-LTF | Netto-Rauminhalt – Unbeschränkt |
| NR-TF | Netto-Rauminhalt-Technikfläche | NR-BTF | Netto-Rauminhalt – Beschränkt |
| NR-VF | Netto-Rauminhalt-Verkehrfläche | NR-LVF | Netto-Rauminhalt – Unbeschränkt |
| | | NR-BVF | Netto-Rauminhalt – Beschränkt |

Brutto-Rauminhalt (BR)

Wird von den äußeren Begrenzungsflächen des Bauwerks umschlossen, welche von den Gründungsflächen, den Außenwänden und den Dächern gebildet werden.

Der BR ist aus den BGF und den dazugehörigen Höhen zu ermitteln. Beim untersten Geschoss des Bauwerks werden alle darunterliegenden Dämmschichten und Konstruktionen miteingeschlossen.

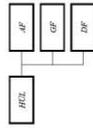
Bei Bauwerken mit nicht senkrechten oder waagrechten Flächen, bzw. bei gekrümmten Flächen ist der tatsächliche Rauminhalt zu ermitteln.

Für die Höhen von Raumhalten des Sonderfalls der Raumschließung sind bei nicht überdeckten, jedoch umschlossenen Bereichen die Höhen von den Oberkanten der Boden- oder Deckenbeläge bis zu den Oberkanten der Baukonstruktionen maßgebend.

Tabelle 39: Raumhalte
Quelle: ÖNORM B1800:2013, Bild 4.2, Seite 15: Raumhalte

Netto-Rauminhalt (NRI)

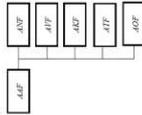
Der Netto-Rauminhalt wird aus den Netto-Raumflächenbereichen und den zugehörigen lichten Höhen berechnet. Diese Berechnung gilt für NettoRauminhalt-Nutzfläche (NRI-NF), NettoRauminhalt-Sanitärfläche (NRI-SF), NettoRauminhalt-Technikfläche (NRI-TF) und NettoRauminhalt-Verkehrsfäche (NRI-VF). Die Berechnung des Netto-Rauminhaltes bei Grundflächen, die eine Verbindung zwischen Geschossen herstellen, ist vereinfacht im Rahmen der geometrischen Regeln zulässig (z.B. geschoszübergreifende Ermittlung).



- Es bedeutet:
- NRI: Hüllfläche
 - AF: Außenwand und Außenoberfläche
 - GF: Aufbaugrundfläche
 - DV: Dachfläche

Tabelle 40: Übersicht Hüllflächen
Quelle: ÖNORM B1800:2013, Bild A.3, Seite 16: Übersicht Hüllflächen

A.5 Außenanlagenflächen



- Es bedeutet:
- AA: Außenanlagenfläche
 - ANF: Nutzfläche
 - ATF: Verkehrsfläche
 - AVF: Verkehrsfläche
 - ATV: Verkehrsfläche
 - ADV: Verkehrsfläche

Tabelle 41: Außenanlagenflächen
Quelle: ÖNORM B1800:2013, Bild A.4, Seite 16: Außenanlagenflächen

6.3. Literaturverzeichnis

Achammer, C. (2017). Die Zukunft des Bauens. *Nevaris Magazin*.

anonym. (11. 11 21). Architektur (AT) Büro 2. Interview.

architektenverein, s. i.-u. (04. 06 2021). *sia.ch*. Abgerufen am 02 2022 von <https://www.sia.ch/de/der-sia/kommissionen-fachraete/2051/>

Artmann, P. (2021). BIM und Berufshaftpflichtversicherung. *der plan*, 20.

Austrian Standards. (2021). Abgerufen am 09 2021 von https://shop.austrianstandards.at/action/de/public/details/545938/OENORM_A_6241-1_2015_07_01

Bauwirtschaft, M. (19. 01 2022). Berner, F., Kochendörfer B., & Schach, R. (2010). *Grundlagen der Baubetriebslehre 3, 2. Auflage*.

Blecken, U., & Hasselmann, W. (kein Datum). *Kosten im Hochbau, 1. Auflage*. Rudolf Müller.

Borrmann. (2015). *Building Information Modeling*. Springer - Verlag.

Build Informed. (2021). Abgerufen am 10 2021 von <https://www.buildinformed.com/log-lod-loi/>

Diesenberger, D. S. (2020). *ztsdr.com. DIN-Bauportal*. (2021). Abgerufen am 11 2021 von <https://www.dinbauportal.de/Public/BIM/DIN-EN-ISO-16739.aspx>

Gasteiger, A. (2015). *BIM in der Bauausführung- Diplomarbeit am Institut für Bauwirtschaft und Projektmanagement*. Innsbruck: Iniversität Innsbruck.

Hans, L. (2009). Kostenmanagement in Großprojekten. *4.PM-Bau Symposium*, 48.
Heinrich, J. (23. 09 2021). *planradar.com*. Abgerufen am 10 2021 von www.planradar.com/at/bim-europavergleich/

International, A. S. (2015). ÖNORM A 2063-2: 2021-03.

International, A. S. (2015). ÖNORM A 6241-1 2015. Austrian Standards.

International, A. S. (2015). ÖNORM A 6241-2: 2015. Austrian Standards.

International, A. S. (2019). ÖNORM A 7010-6: 2019, 3.1. Austrian Standards.

International, A. S. (2021). ÖNORM B 1801-1 2021-02. Austrian Standards.

Langwisch, O., & Scherder, H. (05. 07 2021). *bauprofessor.de*. Abgerufen am 10 2021 von <https://www.bauprofessor.de/bim-issue-management/>

Mathoi, T. Kostenplanung und -verfolgung im Hochbau. *Organisation und Kostencontrolling von Bauprojekten, 1. Auflage*, S.278f.

Mathoi, T. Kostenplanung- und Verfolgung im Hochbau. *Organisation und Kostencontrolling von Bauprojekten*.

nemetschek.com. (2021). Abgerufen am 01 2022 von www.nemetschek.com/de/marke/solibri/

Priebering, H. (2022). "Kostenobergrenze" bei Architekturwettbewerben. *der Plan*(55), 22.

Reiner, H. (01 2022). Interview.

Simlinger, B. (2020). Skript Termin- und Kostenplanung.

Standards, A. (2011). ÖNORM EN15221-6:2011 (D).

standards, a. (15. 03 2013). *austrian-standards.at*. Abgerufen am 09 2021 von https://effects.austrian-standards.at/action/de/private/details/694459/OENORM_A_2063-1_2021_03_15

Standards, A. (2021). ÖNORM A 2063-1:2021-03. Austrian Standards.
standards, a. (05. 03 2021). *austrian-standards.at*. Abgerufen am 09 2021 von https://effects.austrian-standards.at/action/de/private/details/694460/OENORM_A_2063-2_2021_03_15

tekla.com. (2021). Abgerufen am 11 2021 von <https://www.tekla.com/de/bimwissen/artikel-case-studies/bim-glossar>

VDI.de. (11. 02 2018). Abgerufen am 10 2021 von www.vdi.de/technik/fachthemen/bauen-undgebaedetechnik/fachbereiche/bautechnik/richtlinien/richtlinienreihe-vdi-2552-building-information-modeling/

6.4. Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Detaillierungsgrade nach LoD | 15 |
| Abbildung 2: Unterscheidung der Flächen nach Umbauung | 22 |
| Abbildung 3: Gegenüberstellung ÖNORM / DIN | 23 |
| Abbildung 4: Der Einsatz von BIM im Europavergleich | 27 |
| Abbildung 5: Der am weitest verbreitete BIM Level im Europavergleich | 27 |
| Abbildung 6: Vorschreibung von BIM | 29 |
| Abbildung 7: Behandelte Projektphasen | 34 |
| Abbildung 8: Gliederungssystem lt. ÖNORM | 35 |
| Abbildung 9: Baugliederung | 36 |
| Abbildung 10: Einflussmöglichkeiten des AG | 37 |
| Abbildung 11: Kostentrichter | 38 |
| Abbildung 12: Workflow | 39 |
| Abbildung 13: Referenzobjekt zur Ermittlung der Kosten über Flächen | 40 |
| Abbildung 14: Testbauteil Stütze mit Eigenschaften | 40 |
| Abbildung 15: Überprüfung der Eigenschaften in Nova AVA | 41 |
| Abbildung 16: Testobjekt mit Aufbauten | 41 |
| Abbildung 17: Projektlage und Nordrichtung | 42 |
| Abbildung 18: Geschosseinrichtungen | 43 |
| Abbildung 19: Raumstempel | 43 |
| Abbildung 20: Umsetzung im Testobjekt | 44 |
| Abbildung 21: Konstruktionsmethode | 44 |
| Abbildung 22: Fundamente | 45 |
| Abbildung 23: Umsetzung Fundament im Testobjekt | 45 |
| Abbildung 24: Außenwand, Sohlplatte | 46 |
| Abbildung 25: Umsetzung Außenwand, Sohlplatte | 46 |
| Abbildung 26: Fundamente | 47 |
| Abbildung 27: Träger, Fertigteile | 47 |
| Abbildung 28: Bodenaufbau | 48 |
| Abbildung 29: Fenster | 48 |
| Abbildung 30: Balkone | 49 |
| Abbildung 31: abgehängte Decke | 49 |
| Abbildung 32: abgehängte Decke | 50 |
| Abbildung 33: Dämmstreifen | 50 |
| Abbildung 34: Brandriegel | 51 |
| Abbildung 35: Auskragung | 51 |
| Abbildung 36: Innenwände | 52 |
| Abbildung 37: Flachdach mit Gefälle | 52 |
| Abbildung 38: Attika | 53 |
| Abbildung 39: Durchbrüche | 53 |
| Abbildung 40: Durchbrüche Wand | 54 |
| Abbildung 41: Überprüfung der Lage | 55 |
| Abbildung 42: Überprüfung Klassifizierung | 55 |
| Abbildung 43: Überprüfung tragend/nichttragend | 56 |
| Abbildung 44: Solibri Connection | 57 |
| Abbildung 45: Export des Ausschnitts | 57 |
| Abbildung 46: Modellcheck | 58 |
| Abbildung 47: Auswertung der Issues | 58 |
| Abbildung 48: Issue Meanings | 58 |
| Abbildung 49: Nova AVA | 59 |
| Abbildung 50 Projektphasen | 60 |
| Abbildung 51: Erstellung relevanter Flächen in Archicad | 63 |
| Abbildung 52: Auswählen des Standards | 63 |
| Abbildung 53: Zuweisung der Werte nach Kategorie | 64 |
| Abbildung 54: Zuweisung Qualität in Listen | 64 |
| Abbildung 55: Eingabe Schwankungsbreite | 66 |
| Abbildung 56: Berechnung Schwellenwert | 66 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 57: Übersichtsblatt | 67 |
| Abbildung 58: Auswählen der Basismenge aus dem Modell | 68 |
| Abbildung 59: Erstellen des Kostenziels | 68 |
| Abbildung 60: Vorbereitungsphase | 70 |
| Abbildung 61: Baugliederung 1. Ebene | 70 |
| Abbildung 62: Erstellung relevanter Flächen im Modell | 72 |
| Abbildung 63: Flächenkategorien A,B,C | 72 |
| Abbildung 64: Erstellung der Eigenschaft für die Zuweisung der BGF | 73 |
| Abbildung 65: Auswahl der Qualitäten | 74 |
| Abbildung 66: automatische Zuweisung des Kostenkennwerts | 74 |
| Abbildung 67: Erstellen einer berechneten Eigenschaft | 74 |
| Abbildung 68: Eingabe Grundstückspreis | 76 |
| Abbildung 69: Berechnung Grundstückspreis | 76 |
| Abbildung 70: Beispiel Berechnung Grundstückspreis | 76 |
| Abbildung 71: Berechnung Außenanlagen | 77 |
| Abbildung 72: Eingabe Schwankungsbreite | 79 |
| Abbildung 73: Übersichtsblatt | 80 |
| Abbildung 74: Kontrolle Wohnungsspiegel | 82 |
| Abbildung 75: Kontrolle Flächenzuweisung | 83 |
| Abbildung 76: Rückverfolgung aus Tabelle in 3D | 83 |
| Abbildung 77: Rückverfolgung aus Tabelle in 2D | 83 |
| Abbildung 78: Erstellen eines Kostenrahmens | 84 |
| Abbildung 79: Quellenzuweisung 3D-Modell | 84 |
| Abbildung 80: Erstellen eines Filters | 85 |
| Abbildung 81: Visuelle Kontrolle der Auswahl im Modell | 85 |
| Abbildung 82: Synchronisierung gleicher Elemente | 86 |
| Abbildung 83: Vorentwurfsphase | 88 |
| Abbildung 84: Entwurfsphase | 91 |
| Abbildung 85: Übersetzer für Nova AVA | 93 |
| Abbildung 86: Zuweisung Rohdecke | 93 |
| Abbildung 87: Mehrschichtiges Bauteil in Archicad | 94 |
| Abbildung 88: Mehrschichtiges Bauteil in Nova AVA | 94 |
| Abbildung 89: Haustechnikbauteile in Archicad modelliert | 95 |
| Abbildung 90: Schacht als Profil | 95 |
| Abbildung 91: Schacht in Nova AVA | 95 |
| Abbildung 92: Schacht erstellt mit HKLSE-Werkzeug | 96 |
| Abbildung 93: Dämmstärke ablesen in Solibri | 96 |
| Abbildung 94: Schacht in Nova AVA | 96 |
| Abbildung 95: Import des IFC-Testobjekts | 97 |
| Abbildung 96: 3D-Viewer mit Testobjekt | 97 |
| Abbildung 97: Berechnung der BWK über BGF | 98 |
| Abbildung 98: Erstellung eines neuen Kostenplans | 98 |
| Abbildung 99: bidirektionale Verbindung Liste und 3D | 99 |
| Abbildung 100: Zuweisung LV | 100 |
| Abbildung 101: Zuweisung LV | 100 |
| Abbildung 102: Auswahl der Werte aus dem Modell | 101 |
| Abbildung 103: Auswahl des Bauteils | 101 |
| Abbildung 104: Auszug aus wählbaren Eigenschaften | 102 |
| Abbildung 105: Arbeiten mit Filtern | 102 |
| Abbildung 106: Bemustertes Element als Kostenelement speichern | 103 |
| Abbildung 107: Bauteile gleichen Typs (Fenster) synchronisieren | 104 |
| Abbildung 108: Bemusterte Fenster gleichen Typs | 104 |
| Abbildung 109: zutreffende Eigenschaften | 105 |
| Abbildung 110: Automatische Zuweisung | 105 |
| Abbildung 111: Flächenkategorien | 126 |
| Abbildung 112: Bereiche der Raum- und Flächenermittlung | 126 |
| Abbildung 113: Bereiche der Raum- und Flächenermittlung | 127 |
| Abbildung 114: Bereiche der Raum- und Flächenermittlung | 127 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 1: Grundflächen | 22 |
| Tabelle 2: BWK oberirdisch | 64 |
| Tabelle 3: BWK unterirdisch | 64 |
| Tabelle 4: BWK gesamt | 65 |
| Tabelle 5: AAN | 65 |
| Tabelle 6: errechnete Werte aus dem Modell | 65 |
| Tabelle 7: Errechnete Werte über Prozentsätze | 66 |
| Tabelle 8: Auswertung der BAK, ERK und Schwankungsbreiten | 67 |
| Tabelle 9: Vergleich | 69 |
| Tabelle 10 Auswertung der BGF nach Kategorie | 73 |
| Tabelle 11: Bauwerkskosten nach Kategorie und Qualität | 75 |
| Tabelle 12: Errechnete Werte über Kostenbereiche | 75 |
| Tabelle 13: Ermittlung Kostenbereich 6 | 77 |
| Tabelle 14: Eingabe der Prozentwerte | 78 |
| Tabelle 15: Übersicht der Baugliederung 1. Ebene | 79 |
| Tabelle 16: Auswertung der KG1 | 81 |
| Tabelle 17: Erstellung der Kennwerte nach DIN 276 | 81 |
| Tabelle 18: KG2 nach DIN 276 | 81 |
| Tabelle 19: Planungskennwerte zur Wirtschaftlichkeit | 82 |
| Tabelle 20: Elemente in Tabellenform | 84 |
| Tabelle 21: Berechnung Bauwerkskosten aus Modell | 86 |
| Tabelle 22: Vergleich | 87 |
| Tabelle 23: Erstellung eines neuen Kostenplans | 99 |
| Tabelle 24: Kosten pro Einheit Umrechnungstabelle | 103 |
| Tabelle 25: Kostengruppen nach ÖNORM B1801-1 | 106 |
| Tabelle 26: Gliederung nach DIN 276 | 106 |
| Tabelle 27: Bemusterung elementbasiert und flächenabhängig | 107 |
| Tabelle 28: Erstellen einer neuen Kostenplanung einer neuen Variante | 108 |
| Tabelle 29: Neue Positionen | 108 |
| Tabelle 30: Vergleich der Kosten Ermittlung BGF und elementbasierte Ermittlung | 109 |
| Tabelle 31: Vergleiche der Varianten | 110 |
| Tabelle 32: Vergleiche der Varianten in Tabellenform | 110 |
| Tabelle 33: Vergleich der Varianten | 111 |
| Tabelle 34: Hierarchie der Grundflächen im Gebäude | 125 |
| Tabelle 35: Grundflächen lt. ÖNORM | 125 |
| Tabelle 36: Gliederung Grundflächen DIN 277 | 125 |
| Tabelle 37: Nettoraumflächen | 128 |
| Tabelle 38: Untergliederung der NUF lt. DIN 277 | 128 |
| Tabelle 39: Rauminhalte | 129 |
| Tabelle 40: Übersicht Hüllflächen | 130 |
| Tabelle 41: Außenanlagenflächen | 130 |