

H T
W B
G I

Hochschule Konstanz
Fakultät Bauingenieurwesen

Masterthesis

**Erarbeitung einer BIM-gestützten Entscheidungsgrundlage zur
modellbasierten Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung**

Verfasser: Hannes Sauter

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Datum: 31.01.2022

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Michael Max Bühler

Abstract

A proactive transparency promotion at interfaces in construction processes is becoming increasingly important in connection with productivity losses in the construction industry. In the context of the present work, a decision-making basis is being developed that can provide a technical recommendation for action in order to implement model-based quantity takeoff in bid processing. The aim is the use of external models from the tendering phase.

In the first step, the work provides a basic understanding of the topic of tender processing and model-based quantity takeoff. This information is necessary in order to analyze the process of bid processing at Ed. Züblin AG with qualitative empirical research in the form of guideline-supported expert interviews in the further procedure and to derive requirements for the associated bid costing. In the further procedure, these requirements are brought into a context that is transparent for the model-based quantity takeoff. This context consists of newly developed parameters. Based on these parameters, a model can be tested for its quality. The knowledge gained from this defines the basis for the development of the automated decision basis.

The decision basis promotes information transparency for participants at the interface of bid processing. Planners, clients, cost estimators or BIM managers can use it to assess whether existing models can be used for model-based quantity takeoff in this phase or what the recommended technical procedure is.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	iv
Abkürzungsverzeichnis.....	vi
Tabellenverzeichnis.....	vii
1 Einleitung	1
1.1 Hinführung zum Thema und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung.....	3
1.3 Aufbau der Arbeit	5
1.4 Firmenvorstellung: Ed. Züblin AG	7
2 Ausschreibung und Angebotsbearbeitung	8
2.1 Angebotsbearbeitung.....	8
2.1.1 Zeitliche Einordnung.....	9
2.1.2 Angebotsendsumme	10
2.2 Angebotskalkulation	11
2.2.1 Baubetriebliche Grundlagen.....	11
2.2.2 Relevanz der Menge in der Angebotskalkulation	12
3 Modellbasierte Mengenermittlung	15
3.1 Einordnung: Building Information Modelling.....	15
3.1.1 Begriffsabgrenzung.....	15
3.1.2 Grundlagen zu BIM	18
3.1.3 Exkurs: BIM im internationalen Vergleich	19
3.2 Prüfungskriterien.....	22
3.2.1 Intelligenz	22
3.2.2 Einziger Wahrheitspunkt (Single source of truth)	23
3.2.3 Zweck.....	23
3.2.4 Informationsexistenz	24
3.2.5 Geometrie.....	24
3.2.6 Eigenschaften	24
3.3 Technischer Ablauf bei der modellbasierten Mengenermittlung.....	26
4 Angebotsbearbeitung bei der Ed. Züblin AG	28
4.1 Prozessanalyse.....	28
4.1.1 Ziel der Analyse.....	28
4.1.2 Auswahl der Forschungsmethode	29
4.1.3 Auswahl der Interviewpartner	29

4.1.4	Konstruktion eines Interviewleitfadens	30
4.1.5	Auswertung der Experteninterviews.....	32
4.2	Mengenzuordnung bei Züblin	35
4.2.1	Relevanz der Informationen des Architektenentwurfs auf die Angebotskalkulation	35
4.2.2	Identifikation der Zuordnungsparameter	37
4.2.3	Priorisierung der Zuordnungsparameter.....	40
4.2.4	Zwischenfazit	42
5	Erarbeitung einer Methodik für die Handlungsempfehlung	43
5.1	Modellanalyse	43
5.1.1	Fallbeispiel: Vorstellung des Projektes und Modelles.....	43
5.1.2	Vorgehensweise bei der Analyse.....	44
5.1.3	Analyse.....	46
5.1.4	Erkenntnisse aus der Modellanalyse.....	52
5.2	Methodenentwicklung	56
5.2.1	Anforderungen an ein BIM-Modell	57
5.2.2	Informationsexistenz	57
5.2.3	Geometrie.....	58
5.2.4	Eigenschaften	59
5.2.5	Gewichtung der Kriterien	59
5.2.6	Auswahl der Handlungsmöglichkeiten	60
5.2.7	Festlegung der Grenzwerte	61
5.2.8	Erstellung der Entscheidungsgrundlage	63
6	Fazit	65
7	Ausblick.....	68
8	Literaturverzeichnis	69
	Anhänge	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Produktivität im produzierenden Gewerbe	1
Abbildung 2: Eigene Darstellung: Aufbau der Arbeit.....	6
Abbildung 3: Eigene Darstellung: Einordnung der Angebotsbearbeitung in Leistungsphasen.....	9
Abbildung 4: Eigene Darstellung: Bestandteile Kalkulation	10
Abbildung 5: Eigene Darstellung: Kalkulationsarten	11
Abbildung 6: Ausschnitt Angebotskalkulation.....	13
Abbildung 7: Eigene Darstellung: Informationsanforderungen Angebotskalkulation	14
Abbildung 8: Matrix der BIM-Methodik	17
Abbildung 9: Eigene Darstellung: BIM Vergleich International	20
Abbildung 10: Eigene Darstellung: Prüfkriterien BIM-Modell.....	22
Abbildung 11: Eigene Darstellung: Prüfkriterien Qualität	23
Abbildung 12: Eigene Darstellung: Prüfung: BIM-basierte Mengenermittlung	25
Abbildung 13: Eigene Darstellung: Modellbasierte Mengenermittlung	26
Abbildung 14: Eigene Darstellung: Vorgehen Prozessanalyse	28
Abbildung 15: Eigene Darstellung: Relevante Gewerke	36
Abbildung 16: Eigene Darstellung: Ausschnitt Analyse Angebotskalkulation	37
Abbildung 17: Eigene Darstellung: Rührteiganalogie	38
Abbildung 18: Eigene Darstellung: Zuordnungsparameter	40
Abbildung 19: Eigene Darstellung: Sensitivitätsanalyse als Tornado Chart	41
Abbildung 20: MFH-Foldhouse	44
Abbildung 21: Eigene Darstellung: Vorgehensweise Modellanalyse	45
Abbildung 22: Eigene Darstellung: Tornado Chart: Ausgewählte Gewerke.....	46
Abbildung 23: Balkon.....	47
Abbildung 24: Bodenbelag.....	48
Abbildung 25: Bodenplatte/Rohdecke	49
Abbildung 26: Geometrie Rohdecke.....	50
Abbildung 27: Rohwand.....	50
Abbildung 28: Tür.....	51
Abbildung 29: Fenster.....	52
Abbildung 30: Eigene Darstellung: Abfrage Anforderungen	57
Abbildung 31: Eigene Darstellung: Abfrage Zuordnungsparameter	58
Abbildung 32: Eigene Darstellung: Abfrage Geometrie	58
Abbildung 33: Eigene Darstellung: Abfrage Eigenschaften	59
Abbildung 34: Eigene Darstellung: Priorisierung der Bewertungskriterien	60
Abbildung 35: Eigene Darstellung: Evaluierung der Worst-Case Anforderungen...	61

Abbildung 36: Eigene Darstellung: Entscheidungsgrundlage der Handlungsmöglichkeiten	62
Abbildung 37: Eigene Darstellung: Bewertung des Fallbeispiels.....	62
Abbildung 38: Eigene Darstellung: Entscheidungsgrundlage	63
Abbildung 39: Eigene Darstellung: Handlungsempfehlung	64
Abbildung 40: Eigene Darstellung: Varianten der Kalkulationsbasis.....	75

Abkürzungsverzeichnis

AGK	Allgemeine Geschäftskosten
AVOR	Arbeitsvorbereitung
EKT	Einzelkosten der Teilleistungen
EP	Einheitspreise
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
KPI	Key Performance Index
LoD	Level of Detail (Detaillierungsgrad)
LV	Leistungsverzeichnis
NBIMS	National Institute of Building Sciences
NRM	New Rules of Measurement
W&G	Wagnis und Gewinn
2D	Zweidimensional

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verschiedene Dimensionen von BIM	18
Tabelle 3: Eigene Darstellung: Liste notwendiger Komponenten	26
Tabelle 4: Eigene Darstellung: Aspekte des Leitfadens	31
Tabelle 5: Eigene Darstellung: Vergleich der Standorte	32
Tabelle 5: Eigene Darstellung: Übersicht Qualitätsprüfung	53

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit behandelt das Thema der modellbasierten Mengenermittlung in der baubetrieblichen Phase der Angebotsbearbeitung. Die Erarbeitung einer prozessorientierten Lösung wurde dabei in Kooperation mit der Ed. Züblin AG durchgeführt.

1.1 Hinführung zum Thema und Problemstellung

„The illiterate of the 21st century will not be those who cannot read and write but those who cannot learn, unlearn, and relearn“ Alvin Toffle¹

In einem starken Wettbewerbsumfeld wie dem der Baubranche, die durch hohe Marktsättigung und geringen Gewinnmargen geprägt ist, gewinnt digitales und innovatives Neudenken immer mehr an Bedeutung.²

Umwelteinflüsse, wie das Klimaschutzgesetz und die damit einhergehende CO₂-Steuer verstärken den Bedarf nach effizienteren Lösungen. Abbildung 1 zeigt deutlich, dass die Arbeitsproduktivität der Baubranche im Vergleich zum produzierenden Gewerbe um mehr als 30 Indexpunkte zurückgefallen ist. Diese Tatsache hebt die Handlungsnotwendigkeit in jeglichen Bereichen der Baubranche hervor.

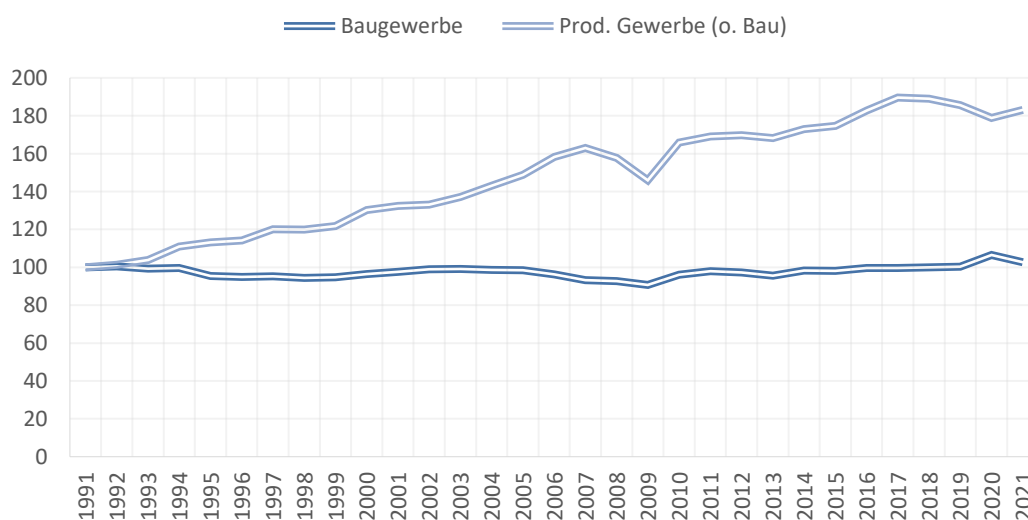


Abbildung 1: Entwicklung der Produktivität im produzierenden Gewerbe³

¹ Bühler (2019/2020).

² Vgl. Schreyer 2016, S.9

³ Vgl. Statistisches Bundesamt 2022.

Aufgrund der genannten Faktoren, Produktivitätsverlust und der daraus resultierenden Kosten ergibt sich ein immer größerer Wettbewerbsdruck. Es werden schnellere, präzisere und technisch hochwertigere Methoden benötigt, um bei dem erwähnten Wettbewerbsdruck erfolgreich partizipieren zu können. Dies kann unter anderem durch digitale Lösungen gefördert werden. Eine McKinsey-Studie von 2018 zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen Produktivität und Digitalisierung.⁴ Daher kann durch Implementierungen von digitalen Möglichkeiten von einer Produktivitätssteigerung ausgegangen werden.

Eine Lösung, die die Schnittstelle Produktivität und Digitalisierung greifbar machen kann, ist die Methodik Building Information Modeling (*BIM*). BIM steht unter anderem für die Idee der Nutzung digitaler Gebäudemodelle als Informations- und Arbeitsgrundlage über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.⁵ Mithilfe des Ansatzes BIM können beispielsweise Mengen schneller, präziser und nachhaltiger ermittelt und damit die Qualität von Kalkulationen gesteigert werden.⁶

In der Praxis werden diese Modelle von Bauunternehmen bereits intern nach Auftragserhalt erstellt und für digitale Lösungen während der Bau- und Projektphase verwendet. Zu diesem Zeitpunkt ist die Angebotsbearbeitung aber bereits abgeschlossen und die Potentiale von BIM können daher nicht genutzt werden.⁷

Die dafür notwendigen Mengen werden deshalb schon in der Angebotsbearbeitung benötigt und dafür händisch ermittelt.⁸ Da allerdings noch kein Auftrag für ein entsprechendes Projekt besteht, ist es notwendig, die Mengen schnell und mit geringem Aufwand zu ermitteln.

Dabei existieren meist schon digitale Gebäudemodelle der externen Architekten. Diese werden zum aktuellen Zeitpunkt aber nicht für die Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung verwendet. Ursachen dafür sind der Implementierungsaufwand und ein Informationsdefizit für die BIM-Methodik in den Schnittstellen. Dieses

⁴ Vgl. Remes et al., (2018).

⁵ Vgl. Borrmann et al., 2015, S. 4

⁶ Vgl. ebd.

⁷ Vgl. Leimböck et al., (2015).

⁸ Vgl. Schwerdtner, P., 2018, S. 224

Informationsdefizit führt zu intransparenten Schnittstellen, die für fehlendes Verständnis in den beteiligten Abteilungen sorgen. Im BIM Management können dadurch die Anforderungen der Angebotsbearbeitung unzureichend identifiziert werden.

In diesem Zusammenhang beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Thematik, ob die modellbasierte Mengenermittlung technisch in der Angebotsbearbeitung realisiert und der Frage wie eine Handlungsempfehlung für beteiligte Schnittstellen gegeben werden kann.

1.2 Zielsetzung

Aus der definierten Problemstellung lässt sich das Ziel der Arbeit ableiten. Zunächst soll die Transparenz in der Angebotsbearbeitung gefördert werden, um diese dann im nächsten Schritt in Zusammenhang zur modellbasierten Mengenermittlung zu bringen.

Auf Basis dieser Erkenntnisse ist das Hauptziel der Masterthesis die Entwicklung einer Methode, mit der die Verwendung von externen Architektur-3D-Modellen für die modellbasierte Mengenermittlung der Angebotsbearbeitung geprüft werden kann. Aus diesen Erkenntnissen soll eine Entscheidungsgrundlage definiert werden, die eine Handlungsempfehlung für das weitere Vorgehen ausspricht. Diese kann die Schnittstelle zwischen Angebotsbearbeitung und BIM transparent gestalten. Wichtig zu erwähnen ist dabei, dass BIM eine unterstützende Funktion einnimmt, um die Methodenentwicklung zu realisieren.

Neben der Berücksichtigung relevanter theoretischer Aspekte, wird der Fokus daher auch auf eine Anwendung in der Praxis gelegt. Konkret ist das Ziel der vorliegenden Thesis, folgende Forschungsfrage zu beantworten:

Wie kann entschieden werden, welches Vorgehen für eine modellbasierte Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung technisch betrachtet empfohlen wird?

Für eine präzisere Abgrenzung der Thematik und zur Strukturierung der Arbeit lässt sich diese Hauptforschungsfrage in drei Unterforschungsfragen gliedern:

-
- a. Welche grundlegenden Informationen sind für die Konzeption einer Methode zur modellbasierten Mengenermittlung von externen Architekturmodellen in der Angebotskalkulation nötig?*

Zur Beantwortung dieser Frage werden auf Basis einer Literaturrecherche die relevanten Grundlagen erläutert und in Bezug zu den folgenden Fragen gestellt.

- b. Was sind die essentiellen Unterschiede bei der Angebotsbearbeitung der Ed. Züblin AG an unterschiedlichen Standorten und können dank diesen Informationen Rückschlüsse auf die Anforderungen der Angebotskalkulation an die modellbasierte Mengenermittlung gezogen werden?*

Zur Beantwortung dieser Frage wird auf Grundlage einer Literaturrecherche eine qualitative Forschung bei der Ed. Züblin AG durchgeführt, um einen Überblick über die Angebotsbearbeitung zu erhalten. Daraus sollen mögliche Vorteile einer modellbasierten Mengenermittlung identifiziert und mithilfe einer beispielhaften Angebotskalkulation aus Singen entsprechende relevante Anforderungen an eine modellbasierte Angebotsbearbeitung definiert werden.

- c. Sind die angebotskalkulationsrelevanten Informationen in einem bereits vorliegenden Modell vorhanden und abrufbar?*

Abschließend wird für die Beantwortung der dritten Frage ein exemplarisches Modell der Architekten aus der Ausschreibung auf die notwendigen Informationen analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Analyse sollen bei der Beantwortung der Hauptforschungsfrage helfen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Wie Abbildung 2 zeigt, ist die vorliegende Arbeit in fünf übergeordnete Kapitel unterteilt. Diese bestehen aus der Einleitung, den relevanten Grundlagen, der Analyse des IST-Zustands, der Methodenentwicklung und dem abschließenden Teil. Das zweite und dritte Kapitel liefert die relevanten Grundlagen, die für das Verständnis der Thematik benötigt werden. Dabei wird besonders auf die Angebotserstellung und die modellbasierte Mengenermittlung eingegangen.

Im vierten Kapitel wird dieses Verständnis dann durch die Prozessanalyse bei der Ed. Züblin AG vertieft und die ersten Ergebnisse erarbeitet. Dabei wird auf Grundlage der Literaturrecherche eine qualitative Forschung bei der Ed. Züblin AG durchgeführt, um einen Überblick über die Angebotsbearbeitung zu erhalten. Außerdem wird eine exemplarische Angebotskalkulation analysiert, um daraus Anforderungen an eine modellbasierte Mengenermittlung abzuleiten.

Kapitel 5 nutzt diese Ergebnisse dann, um das exemplarische Modell auf seine Qualität zu prüfen. Der Fokus der Analyse des Modells liegt dabei darin, zu prüfen, ob die geforderten Informationen im Modell vorhanden sind, um daraus Schlüsse für das weitere Vorgehen zu ziehen.

Mit diesen Informationen wird eine Methode entwickelt, die auf Basis von vorliegenden Modellen in der Ausschreibungsphase eine Abfrage durchführt und daraus eine technische Handlungsempfehlung ausspricht.

Daraufhin folgen abschließend die Erläuterung der Erkenntnisse, das Fazit und ein kurzer Ausblick in die Zukunft.

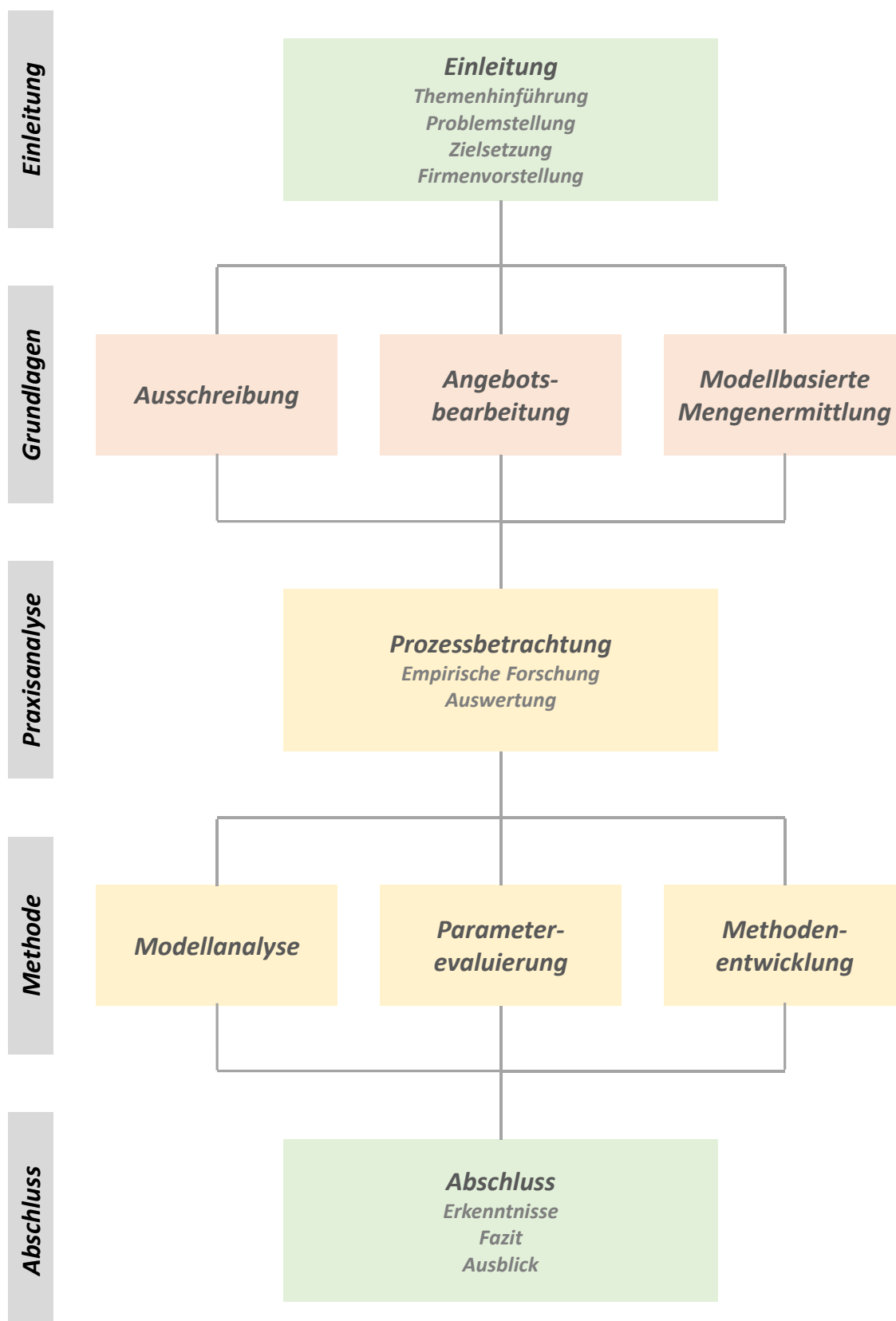


Abbildung 2: Eigene Darstellung: Aufbau der Arbeit

1.4 Firmenvorstellung: Ed. Züblin AG

Die Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Ed. Züblin AG erstellt. Die Ed. Züblin ist eines der führenden Bauunternehmen im deutschen Hoch- und Ingenieurbau. Seit Gründung 1898 ist die Mitarbeiterzahl auf 13.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gestiegen.

In interdisziplinären Teams werden Projekte von Planungsbeginn bis zur Fertigstellung realisiert. Die Kompetenzen reichen von schlüsselfertigem Hoch-, Industrie- oder Wohnungsbau bis hin zum Tunnel- oder Autobahnviadukt im Ingenieurbau.

Der Standort Singen, der sich der Direktion Stuttgart zuteilen lässt, agiert dabei auf mittelständischem Niveau und realisiert in der Region Bodensee unterschiedliche Hochbauprojekte.⁹

⁹ Vgl. Anhang 1.

2 Ausschreibung und Angebotsbearbeitung

In diesem Kapitel wird das Thema der modellbasierten Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung im theoretischen Kontext eingeordnet. Für den klassischen Generalunternehmer beginnt die Phase eines Bauprojekts mit der Ausschreibung. Der Auftraggeber nutzt das Mittel der Ausschreibung, um den, nach seiner Ansicht, qualifiziertesten Auftragnehmer für sein Bauvorhaben zu finden. Aufgrund der Tatsache, dass es sehr viele Wettbewerber auf dem Markt gibt, hat er die Möglichkeit zwischen mehreren Auftragnehmern den qualifiziertesten auszuwählen.¹⁰ Nach Girmscheid ist das qualifizierteste Bauunternehmen das „kostengünstigste und leistungsfähigste“¹¹.

2.1 Angebotsbearbeitung

Auf Grundlage der Ausschreibung, kann sich das jeweilige Bauunternehmen auf den Auftrag bewerben. Für diese Bewerbung ist eine Angebotsbearbeitung notwendig.¹² Die entsprechende zeitliche Einordnung lässt sich im folgenden Kapitel veranschaulichen.

¹⁰ Vgl. Friedrichsen / Ahting (2021), S. 37.

¹¹ Vgl. Girmscheid (2015), S. 19.

¹² Vgl. Motzko u. a. (2013), S. 65.

2.1.1 Zeitliche Einordnung

	Leistungsphase HOAI	Prozent	Leistungspflicht
Planungsphase	LPH1 Grundlagenermittlung	3%	Klären der Aufgabenstellung und des Leistungsumfangs
	LPH2 Vorplanung	7%	Zielkatalog, Planungskonzept, Kostenschätzung
	LPH3 Entwurfsplanung	11%	System-, und Integrationsplanung, Kostenberechnung
	LPH4 Genehmigungsplanung	6%	Zusammenstellen und Einreichen der Unterlagen für den Bauantrag
	LPH5 Ausführungsplanung	25%	Erstellen der ausführungsfähigen Planunterlagen
	LPH6 Vorbereitung der Vergabe	10%	Mengenermittlung und Erstellen von Leistungsverzeichnissen
	LPH7 Mitwirkung bei der Vergabe	4%	Einholen, Prüfen und Werten von Angeboten, Kostenanschlag
Ausführungsphase	LPH8 Objektüberwachung	31%	Überwachen und begleiten der Bauausführung, Kostenfeststellung
	LPH9 Objektbetreuung und Dokumentation	3%	Betreuung des fertigen Objekts während der Mängelverjährungsfristen

Angebotsbearbeitung durch den Generalunternehmer

Abbildung 3: Eigene Darstellung: Einordnung der Angebotsbearbeitung in Leistungsphasen¹³

Nachdem die Ausschreibung akquiriert wurde, muss das Angebot erstellt werden.¹⁴

Arbeitet ein Bauunternehmen in dieser Phase nicht präzise genug, kommt es zu „relativ geringe[n] Erfolgsquoten von Angebotsabgaben“, weil sich nach Girmscheid der kostengünstigste meist durchsetzt.¹⁵ Grund für hohe Kosten aufgrund unpräziser Schätzungen sind hohe Risikozuschläge, die die Angebotsendsumme erhöhen.¹⁶

¹³ Vgl. HOAI.

¹⁴ Vgl. Girmscheid (2015), S. 32.

¹⁵ Vgl. Ebd., S. 9.

¹⁶ Vgl. Sommer, S. 37.

2.1.2 Angebotsendsumme

Ziel einer Angebotsbearbeitung stellt die Angebotsendsumme dar, weil der Auftraggeber daran die Kosten der konkurrierenden Bauunternehmen vergleichen kann. Nachdem die Ausschreibung mit der Leistungsbeschreibung des Auftraggebers (s. *Kapitel 2.1*) erhalten wurde, wird auf dieser Grundlage der Gesamtangebotsendpreis berechnet.¹⁷

Die einzelnen Bestandteile davon zeigt Abbildung 4.

1.	Einzelkosten der Teilleistungen
1.1	Lohnkosten
1.2	Kosten der Baustoffe und des Fertigungsmaterials
1.3	Kosten des Rüst-, Schal- und verbaumaterials
1.4	Gerätekosten
1.5	Kosten der Nachunternehmerleistung
+ 2.	Gemeinkosten der Baustelle
=	Herstellkosten
+	Allgemeine Geschäftskosten
= 3.	Selbstkosten
+	Wagnis und Gewinn
= 4.	Angebotsendsumme ohne Umsatzsteuer
+	Umsatzsteuer
= 5.	Angebotsendsumme mit Umsatzsteuer

Abbildung 4: Eigene Darstellung: Bestandteile Kalkulation¹⁸

Einzelkosten der Teilleistungen (EKT): „Die Einzelkosten der Teilleistungen sind Kosten, die direkt und verursachungsgerecht für einzelne Teilleistungen [...] abgebildet werden.“¹⁹

Gemeinkosten der Baustelle: Werden direkt durch die Baustelle verursacht, sind aber nur durch Umlagen einzelnen Positionen zurechenbar.

Allgemeine Geschäftskosten (AGK): Verwaltungsgemeinkosten werden durch die Verwaltung des Bauunternehmens verursacht und dann umgelegt.

¹⁷ Vgl. Leimböck u.a. (2015), S. 2.

¹⁸ Vgl. Ebd.

¹⁹ Vgl. Fischer / Maronde / Schwiers (2007), S. 41.

Wagnis und Gewinn (W&G): Dieser Faktor stellt den Allgemeinzuschlag für das Risiko und den entsprechenden Gewinn dar.²⁰

Der Begriff der Angebotsbearbeitung beschreibt die Erstellung der Angebotsendsumme. Dabei ist besonders der Bereich der EKT relevant für die Thematik der modellbasierten Mengenermittlung und Angebotskalkulation.

2.2 Angebotskalkulation

Nachdem 2.1 die Rolle und den Inhalt der Angebotsbearbeitung definierte, liefert das vorliegende Kapitel die notwendigen Informationen, um den Begriff ‚Angebotskalkulation‘ greifbar zu machen. Allgemein lässt sich einleitend definieren, dass nach Leimböck die Kalkulation die Grundlage eines jeden Wirtschaftlichkeitsvergleichs darstellt.²¹

2.2.1 Baubetriebliche Grundlagen

Die Angebotskalkulation stellt die Grundlage für alle weiteren Kalkulationen bei einer aufkommenden Auftragsvergabe dar. In Abbildung 5 wurden die unterschiedlichen Kalkulationsarten über die Projektzeit visualisiert.

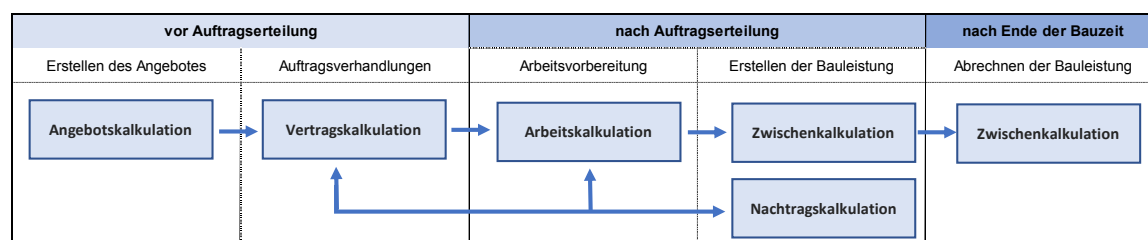


Abbildung 5: Eigene Darstellung: Kalkulationsarten²²

Die Visualisierung zeigt den Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Kalkulationen und die daraus resultierende Relevanz der ersten Angebotskalkulation. Wenn die Angebotskalkulation prozessorientiert durchgeführt wird, kann sie für alle zukünftigen Kalkulationen verwendet werden. Sie berechnet sich auf Basis der in Kapitel 2.1 beschriebenen Ausschreibung.²³

²⁰ Vgl. Kessel u.a. (2015), S. 240.

²¹ Vgl. Leimböck u.a. (2015), S. 1.

²² Vgl. Ebd., S. 3.

²³ Vgl. Berner / Kochendörfer / Schach (2007), S. 113.

Zu diesem Zeitpunkt ist der Kalkulator durch die Festlegung des Gesamtpreises des Angebots nahezu allein für den Erfolg des Unternehmens verantwortlich. Dieser lässt sich durch folgende Faktoren definieren:

- Gewinnmaximierung
- Kundenakquisition
- Kundenzufriedenheit mit dem Ziel von weiteren Aufträgen²⁴

Aus diesen Faktoren lässt sich schließen, dass die Qualität der Angebotskalkulation direkt mit dem Unternehmenserfolg korreliert und eine falsche oder fehlerhafte Berechnung des Angebotsendpreises damit faktisch enorme Auswirkungen auf die Zukunft des Unternehmens haben kann.²⁵ Damit lässt sich als Ziel der Angebotskalkulation die Gewährleistung einer möglichst hohen Erlösmarge durch Auslastung der vorhandenen Ressourcen definieren.²⁶

Nach Motzko u. a. hat die Angebotskalkulation baubetrieblich betrachtet die Aufgabe, die Kosten den „Kostenträgern [...] verursachungsgerecht zuzuordnen“²⁷ und damit den erwähnten Erfolg zu sichern.

2.2.2 Relevanz der Menge in der Angebotskalkulation

Unabhängig davon, ob die Beschreibung der Leistung funktional oder in Form eines Leistungsverzeichnisses (LV) ist (s. *Anhang 2*), muss für die Berechnung des Angebots ein LV mit Teilleistungen und Positionen erstellt werden.²⁸ Für die Angebotskalkulation bedeutet das die Unvermeidbarkeit eines guten Leistungsverzeichnisses. Damit können Materialkosten, Arbeitsleistungen und die notwendigen Geräte ermittelt werden.²⁹

Die einzelnen Teilleistungen werden in der Regel nach Erfahrungs- und Referenzwerten in Positionen aufgelistet.³⁰ Die entsprechend notwendige Menge der jeweiligen Leistung

²⁴ Vgl. Motzko et al. (2013), S. 5.

²⁵ Vgl. Leimböck et al. (2015), S. 190.

²⁶ Vgl. Girmscheid (2015), S. 9.

²⁷ Vgl. Motzko et al. (2013), S. 149.

²⁸ Vgl. Berner / Kochendörfer / Schach (2007), S. 114 ff.; Vgl. Girmscheid (2015), S. 9.

²⁹ Vgl. Girmscheid (2015), S. 9.

³⁰ Vgl. Ebd., S. 82.

wird in den Positionen der Leistungsbeschreibung beschrieben. Abbildung 6 zeigt einen exemplarischen Ausschnitt der Positionen von Ortbetonwänden.

Der Preis der jeweiligen Position setzt sich aus der Menge und den zugehörigen Kosten je Mengeneinheit zusammen. Dabei wird zum Beispiel das Volumen des Betons in „m³“, die Fläche der Dachziegel in „m²“ oder die Anzahl der auszuführenden Fenster in Stückzahlen angegeben. Wenn die Mengen ermittelt wurden bildet das Produkt aus **Menge** und Einheitspreis (**EP**) die **EKT** der jeweiligen Position (s. *Abbildung 6*).³¹

Dies macht die Menge zu einem relevanten Faktor bei der Berechnung des Angebotsendpreises.

1.5.50.4.	Wände	Menge	EP	EKT
1.5.50.4.10.	Ortbeton der Aussenwände aus Stahlbeton C 20/25 , Dicke bis 20 cm	479,713 m3	142,00	68.117,33
1.5.50.4.20.	Schalung der Beton-Aussenwände doppelhäufig, bis 3,50 m Höhe,	4.797,130 M2	46,60	223.546,26
1.5.50.4.30.	Ortbeton der Innenwände aus Stahlbeton C 20/25 Dicke bis 25 cm	848,753 m3	142,00	120.519,53
1.5.50.4.40.	Schalung der Beton-Innenwände doppelhäufig, bis 3,50 m Höhe,	6.790,040 m2	47,60	323.205,90

Abbildung 6: Ausschnitt Angebotskalkulation

Die EP's der entsprechenden Mengeneinheiten sind abhängig von Risiko, Zugänglichkeit, Schwierigkeit und vielen weiteren Faktoren. Die Kosten je Einheit werden vom Angebotskalkulator nach Erfahrung angenommen und ermittelt.

Abbildung 7 veranschaulicht den Einfluss von unterschiedlichen Faktoren auf die Angebotsendsumme. Die Menge stellt also nur einen Teil der Einflussfaktoren auf die Angebotsendsumme dar.

Dabei ist jedoch zu erwähnen, dass 50-80% der Zeit in einer Angebotskalkulation mit Mengenermittlung verbracht werden.³² Diese Tatsache hebt die Relevanz einer Effizienzsteigerung in der Mengenermittlung hervor.

³¹ Vgl. Leimböck u.a. (2015), S. 19.

³² Vgl. Varma u.a. (2016), S. 3.

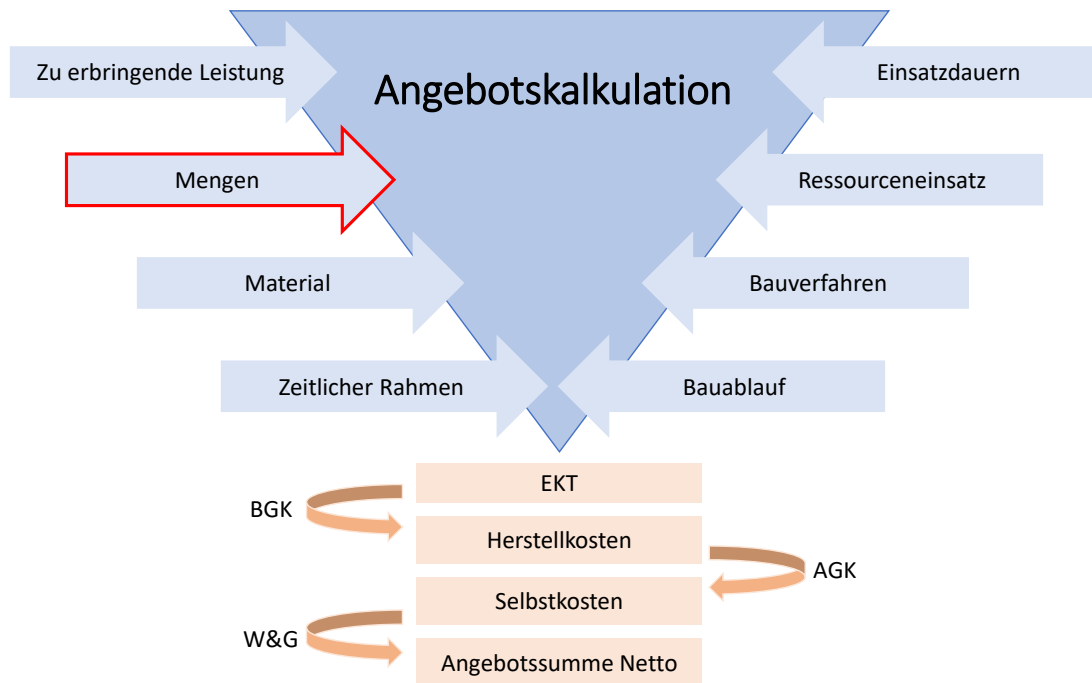


Abbildung 7: Eigene Darstellung: Informationsanforderungen Angebotskalkulation³³

³³ Vgl. Gralla (2011).

3 Modellbasierte Mengenermittlung

In den folgenden Kapiteln werden die relevanten theoretischen Grundlagen zur modellbasierte Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung erarbeitet.

Die modellbasierte Mengenermittlung stellt im Vergleich zur konventionellen Methodik über 2D-Plandokumente die Grundlage für eine schnelle, präzise und nachvollziehbare Kalkulation und damit ein gutes Angebot.³⁴ Neben geometrischen Informationen können weitere kalkulationsrelevante Attribute ausgewertet werden, sofern sie den jeweiligen Bauteilen zugeordnet wurden.³⁵

3.1 Einordnung: Building Information Modelling

Die modellbasierte Mengenermittlung lässt sich dem Feld von Building Information Modelling (BIM) einordnen. Der Begriff kann gem. Literatur folgendermaßen verstanden werden.

3.1.1 Begriffsabgrenzung

“BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility”³⁶

Dieses Zitat vom National BIM Standard (NBIMS) aus den USA ist eine von vielen BIM-Definitionen. Im Allgemeinen gibt die BIM-Methodik Spielraum für zwei unterschiedliche Definitionen:

1. *BIM als Technologie*³⁷
2. *BIM als Entwicklung*³⁸

Im Rahmen der Arbeit wird die Methode BIM als eine Technologie verstanden, die das Potenzial besitzt, viele Probleme der Bauwirtschaft zu lösen und für eine digitale Entwicklung zu sorgen. Die Zeit- und Kostenersparnisse, die die Technologien bieten, ermöglichen es den Beteiligten, sich auf die Kerngeschäfte zu fokussieren.

³⁴ Vgl. Varma / Manideep / Asadi (2016), S. 707.

³⁵ Vgl. Schreyer / Marcus (2016), S. 25.

³⁶ Vgl. Wijayakumar (2013) u.a., S. 71.

³⁷ Vgl. Eastman u.a. (2011).

³⁸ Vgl. Stange (2020), S. 162.

Die automatisierten Ergebnisse sollten dafür den Anforderungen der jeweiligen Fachleute entsprechen, um die erwähnten Ersparnisse bieten zu können.³⁹

Nach dem National Institute of Building Sciences (*NBIMS*) ist BIM eine Methode, die sowohl die physikalischen als auch die funktionalen Eigenschaften eines Gebäudes abbilden kann.⁴⁰ BIM erweitert dadurch geometrische Funktionen von Modellen um weitere Informationen, die technische, wirtschaftliche und zeitliche Informationen enthalten können. Dazu gehören u.a. Materialien, Kosten- und Terminstrukturen.

Im Allgemeinen beschreibt der Begriff den Vorgang zur Erstellung, Änderung und Verwaltung des gesamten baubetrieblichen Prozesses mit digitalen Werkzeugen und einem digitalen Modell.⁴¹ Eastman et al. definieren BIM-Werkzeuge als aufgabenspezifische Anwendungen, die bestimmte Ergebnisse liefern. Dazu gehören z. B. Pläne, Kostenschätzungen, Visualisierungen, usw.⁴²

Die Form dieser Ergebnisse ist individuell vom Zweck abhängig. Sie können in Form von Berichten oder Zeichnungen ausgewertet werden. In einigen Fällen wird das Ergebnis auch in andere Werkzeuganwendungen exportiert, z. B. bei der Mengenermittlung für die Angebotsbearbeitung in eine Kalkulationssoftware.⁴³

Spezifiziert heißt das, die Methode lässt sich auf unterschiedliche Arten in jeder Phase des Lebenszyklus eines Gebäudes anwenden - vom Entwurf bis zum Betrieb. Teilweise wird auch der Rückbau in Zusammenhang mit der BIM-Methodik gebracht.⁴⁴

Die Kombination aus den Anwendungsgebieten im Lebenszyklus, den möglichen Ergebnissen und den unterschiedlichen Projektbeteiligten bildet zusammen eine Matrix, in der sich die BIM Methodik anwenden lässt (s. Abbildung 8).

³⁹ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 70.

⁴⁰ Vgl. van Treeck u.a. (2016), S. 15.; Alshabab u.a., S. 125.

⁴¹ Vgl. Borrmann u.a. (2015), S. 4.

⁴² Vgl. Eastman u.a. (2011).

⁴³ Vgl. Wijayakumar u.a.(2013), S. 72.

⁴⁴ Vgl. Borrmann u.a. (2015), S. 6.

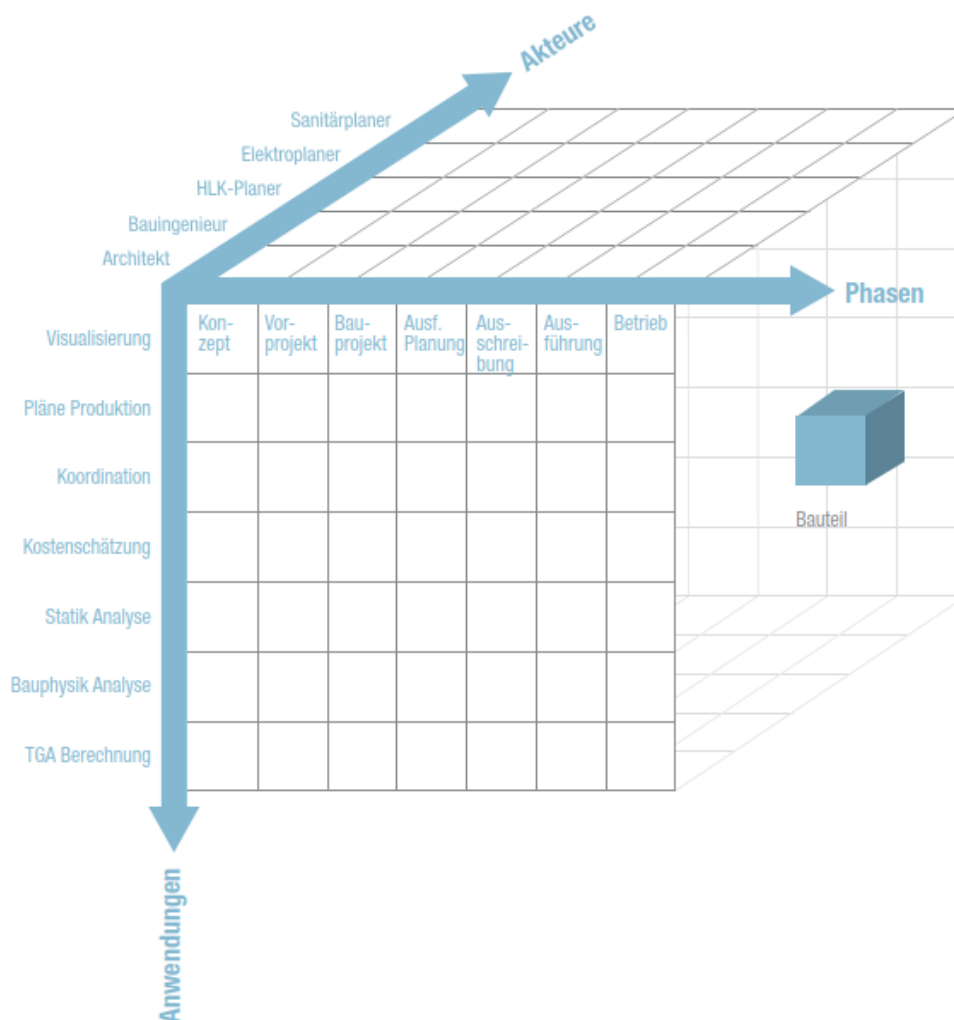


Abbildung 8: Matrix der BIM-Methodik⁴⁵

Zusammenfassend lässt sich aus der Matrix ableiten, dass das Einsatzgebiet und Begriffsverständnis von BIM breit aufgestellt ist und die modellbasierte Mengenermittlung für die Angebotsbearbeitung nur einen Aspekt der Anwendungsgebiete einnimmt. Um den Begriff BIM spezifischer auf die vorliegende Forschungsfrage auszurichten, werden nun die technischen Grundlagen der Methodik definiert, um im Anschluss die modellbasierte Mengenermittlung der Methodik einzuordnen.

⁴⁵ Vgl. Baldwin / M. (2018).

3.1.2 Grundlagen zu BIM

Die BIM-Methodik kann in folgenden Dimensionen eingeordnet werden.

3D	Gebäudemodell
4D	Bauzeit
5D	Baukosten
6D	Lebenszyklus
7D	Betriebskosten
8D	Sicherheitskosten

Tabelle 1: Verschiedene Dimensionen von BIM⁴⁶

Für die modellbasierte Mengenermittlung ist lediglich das Gebäudemodell (3D) relevant, da sich darin alle notwendigen Informationen für eine Mengenermittlung zuordnen lassen. Dabei kann die Qualität eines Modells folgendermaßen unterschieden werden:

Level 0: kein BIM, bis kleine CAD-Zeichnungen, Austausch von gedruckten Plänen

Level 1: Bereits geometrische Modelle & Dateibasierter Austausch, keine Plattform

Level 2: Projektplattform, Geometrische Modelle für bestimmte Disziplinen und Informationen in Objektbibliotheken (Enthält bereits 4D + 5D).

Level 3: Interoperable Modelle und Cloud-basierte Verwaltung über gesamten Lebenszyklus.⁴⁷

Bei dieser Einordnung bedeutet ein höheres Level jedoch nicht direkt, dass es besser für den Prozess ist. Mehr Details bedeuten mehr Elemente, mehr Eigenschaften und mehr Verknüpfungen, Beziehungen und Beschränkungen zwischen Modellelementen und Kostenelementen. Die Festlegung von Detaillierungsgraden (Levels of Detail, LOD) für jede Phase ist daher eine gute Möglichkeit, um sicherzustellen, dass nur die unbedingt erforderlichen Daten eingegeben werden. Ein höherer Detaillierungsgrad führt zu genaueren und zuverlässigeren Mengenermittlungen.

Allerdings führt er auch dazu, dass die Mengenermittlung und der Schätzungsprozess negativ beeinträchtigt wird, weil mehr Zeit für die Modellierung der Elemente, die

⁴⁶ Vgl. Stange (2020).

⁴⁷ Vgl. van Treeck u.a. (2016), S. 29.; Borrmann u.a. (2015), S. 9 f.

Parametrisierung der Mengenermittlung und die Erstellung der Verknüpfungen zur Schätzung aufgewandt wird.⁴⁸ Wenn das Modell allerdings auf den Zweck der Mengenermittlung ausgerichtet wurde, bietet die modellbasierte Mengenermittlung einige Vorteile, darunter:

- Erhöhte Detaillierung bei den meisten Messungen (Fehleranfälligkeit unter 1 %)
- Direkte Verknüpfung der aus dem Modell extrahierten Größen mit Planungssoftware
- Vergleich von Messungen in unterschiedlichen Leistungsphasen
- Möglichkeit der Extraktion von Teil- oder Gesamtgrößen, die sich auf einen bestimmten räumlichen Bereich
- Möglichkeit der Gewinnung von indirekten Informationen, wie z.B. die Anzahl der Öffnungen oder die Anzahl der Balken mit einem bestimmten Materialeigenschaft⁴⁹

Diese genannten Vorteile sind in der Theorie abrufbar. Ob dies allerdings bei der vorliegenden Fragestellung realisierbar ist, wird im Fallbeispiel beantwortet.

Es ist oft nicht nötig, bestimmte Bauteile detailliert zu modellieren, weil sie auch von anderen Flächen abgeleitet werden können. Als Beispiel kann hier die Malerfläche genannt werden. Diese modellbasiert darzustellen führt zu einem hohen zeitlichen Aufwand, obwohl der Nutzen davon nicht höher ist. Auf diese Zusammenhänge wird im Folgenden noch näher eingegangen.

3.1.3 Exkurs: BIM im internationalen Vergleich

Um die Thematik der modellbasierten Mengenermittlung im internationalen Vergleich einzuordnen, wird das vorliegende Kapitel die unterschiedlichen Anwendungsgebiete und Reifegradstufen von BIM in Bezug zur Realität setzen. Außerdem soll damit die Grundlage geschaffen werden, um im Ausblick den Entwicklungsstand des Ergebnisses im internationalen Kontext einordnen zu können. Des Weiteren können aus dem Status Quo internationaler Vorbilder Schlüsse für die Methodenentwicklung gezogen werden.

⁴⁸ Vgl. Monteiro / Martins (2013), S. 240.

⁴⁹ Vgl. Ebd., S. 14.

Für die Erarbeitung dieser Zwecke wurden in Abbildung 9 die Kontinente und ihre BIM-Reifegrade verglichen. Wenn man die Etablierung und Nutzung von BIM im internationalen Vergleich betrachtet, ist klar zu erkennen, dass Südamerika mit 100% Level 2 am weitesten entwickelt ist. Außerdem zeigt die Visualisierung, dass Level 3 bisher kaum angewandt wird.⁵⁰

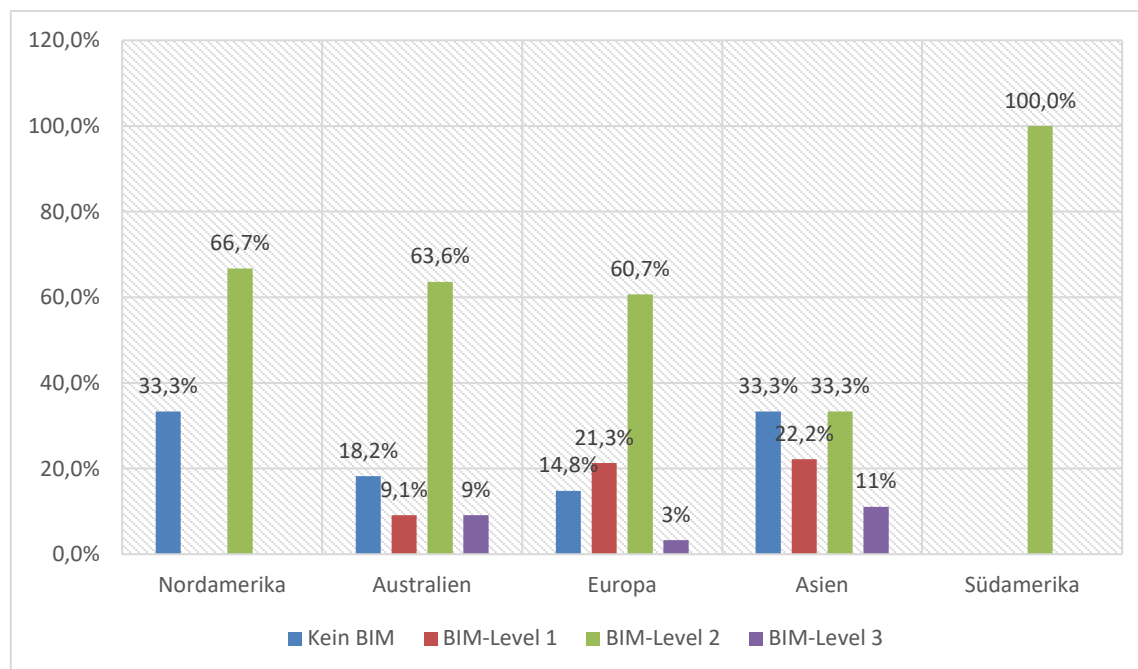


Abbildung 9: Eigene Darstellung: BIM Vergleich International⁵¹

Eine detaillierte Betrachtung zeigt allerdings, dass Großbritannien bei der Implementierung von BIM-Technologien weit vorne liegt. 80% der Bauunternehmen auf der Insel nutzen BIM Level 2. Deutschland ist im Gegensatz dazu mit 70% und Level 1 etwas abgeschlagen. Die Ursache für solche Unterschiede sind fehlende Standardisierungen und staatliche Vorgaben.⁵² Diese Richtlinien sind im Ausland vorhanden, was auch die Fortschrittlichkeitsvorsprünge in anderen Ländern erklärt.⁵³ In Ländern wie Australien, Finnland, Singapur, Großbritannien oder den USA werden BIM-Projekte durch politische Vorgaben gefördert.

⁵⁰ Vgl. Stange (2020), S. 518.

⁵¹ Vgl. ebd., S. 518.

⁵² Vgl. Pistora (2021).

⁵³ Vgl. Egger u.a. (2013), S. 24.

In Großbritannien zum Beispiel ist seit 2016 BIM Level 2 bei öffentlichen Bauvorhaben Pflicht. Singapur fordert bereits seit über 10 Jahren digitale Einreichung der Bauunterlagen.⁵⁴

Auch in Portugal wurde mit dem Tool ProNIC ein Standardklassifizierungssystem entwickelt, das alle bestehenden lokalen Spezifikationen in einem einzigen Projektstrukturplan zusammenfasst. Es handelt sich um eine webbasierte Plattform, die textbasierte Spezifikationen wie Leistungsverzeichnisse, technische Spezifikationen und monatliche Messberichte erstellt. Der Projektstrukturplan besteht in der Regel aus einer Reihe von zunehmend detaillierten Ebenen und verschiedenen Bereichen. Jedes Element des Projektstrukturplans ist durch einen spezifischen Code identifizierbar.⁵⁵

Durch solche Anforderungen werden Bauunternehmen zur Digitalisierung verpflichtet und mittel-, bis langfristig die Wettbewerbsfähigkeit des Landes gesichert. Großbritannien konnte mit seinen digitalen Entwicklungen die Kosten um 15-20% reduzieren.⁵⁶

Sri Lanka definiert diese Anforderungen zum Beispiel als Hardware-, Software- und Knowhow-Verbesserungen. Zur Hardware gehören Systemanforderungen für die Implementierung, zur Software die BIM-Plattformen und andere BIM-Softwaretools und zum Knowhow die Fachleute der Bauindustrie, die in ihren jeweiligen Arbeitsbereichen über Kenntnisse über BIM-Werkzeuge verfügen müssen. Abgesehen davon ist die Kompetenz und die Lust etwas zu ändern von allen beteiligten Fachleuten die letzte Voraussetzung für den Erfolg.⁵⁷

⁵⁴ Vgl. van Treeck u.a. (2016), S. 31.

⁵⁵ Vgl. Monteiro / Martins (2013), S. 240.

⁵⁶ Vgl. van Treeck u.a. (2016), S. 31.

⁵⁷ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 78.

3.2 Prüfungskriterien

Grundbedingung für einen automatisierten regelbasierten Mengermittlungsprozess ist ein System, das die gewünschte Struktur in Form eines Klassifizierungssystems besitzt.⁵⁸

Die Prüfung des entsprechenden Systems kann nach folgendem Prinzip ablaufen.

Im ersten Schritt muss geprüft werden, ob es sich bei dem Modell, um ein Gebäudemodell handelt, das der BIM-Methodik entspricht. Ein solches zeichnet sich folgendermaßen aus:

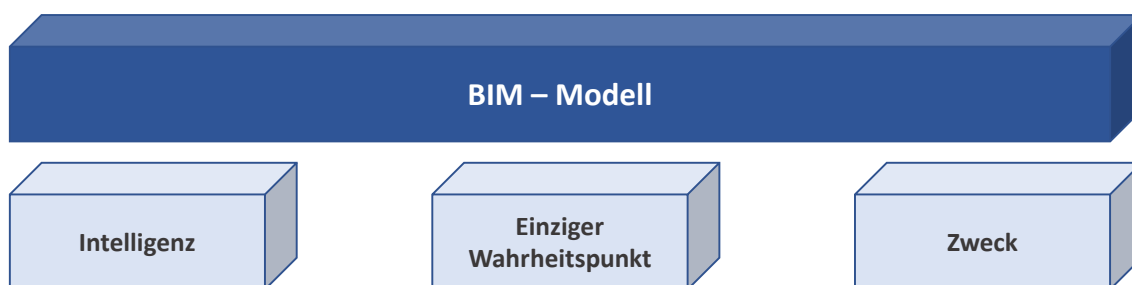


Abbildung 10: Eigene Darstellung: Prüfungskriterien BIM-Modell⁵⁹

Die Existenz folgender Kriterien bestätigen dabei, dass es sich bei dem Modell um ein BIM-Modell handelt.

3.2.1 Intelligenz

Mit Intelligenz werden Gebäudekomponenten definiert, die durch Objekte dargestellt werden, die "wissen" was sie sind und die sowohl mit Datenattributen, grafischen und parametrischen Regeln verknüpft werden können.

Auf diese Art "weiß" eine Tür, dass sie eine Tür ist und dass sie z.B. nur an einer Wand und nicht an einem Dach angebracht werden kann. Diese Objekte werden durch Zuordnung von Eigenschaften zu architektonischen Bauteilen, wie zum Beispiel Decken, Wände oder Fenster. Das Kernmerkmal der Methode sind dabei parametrische Objekte.⁶⁰ Jedes Objekt hat einzigartige Konfigurationen, die dem Modell als Eigenschaften hinzugefügt werden.

⁵⁸ Vgl. Monteiro / Martins (2013), S. 240.

⁵⁹ Vgl. Husin u.a. (2019), S. 988.

⁶⁰ Vgl. Stange (2020). S. 168

Das Modell kann diese Eigenschaften nutzen, um die Interaktion und Einschränkungen zwischen den verschiedenen Elementen zu verwalten und zu regeln.⁶¹

3.2.2 Einziger Wahrheitspunkt (Single source of truth)

Konsistente und nicht redundante Daten: Eine vorgenommene Änderung im Modell wird jeder Ansicht dargestellt. Damit ist gemeint, dass sich eine exemplarische Änderung des Fensters im Grundriss auch auf die Visualisierung im Gebäudemodell auswirkt.

Für die entsprechende Datenverwaltung bedeutet das, jede Information ist nur einmal in der Datenbank vorhanden.⁶²

3.2.3 Zweck

Bauteile enthalten Daten, die ihr Verhalten beschreiben, für Analysen und Arbeitsabläufe, z. B. Spezifikationen, Mengenermittlungen und Energiesimulationen⁶³

Nachdem mit diesen Kriterien bestätigt werden kann, dass es sich um ein BIM-Modell handelt, beginnt die Qualitätsprüfung. Bei dieser wird analysiert, ob das vorhandene Modell die parametrischen Anforderungen des jeweiligen Anwendungsbereichs erfüllt.

Folgende Kriterien bestätigen dabei die nötige Qualität:

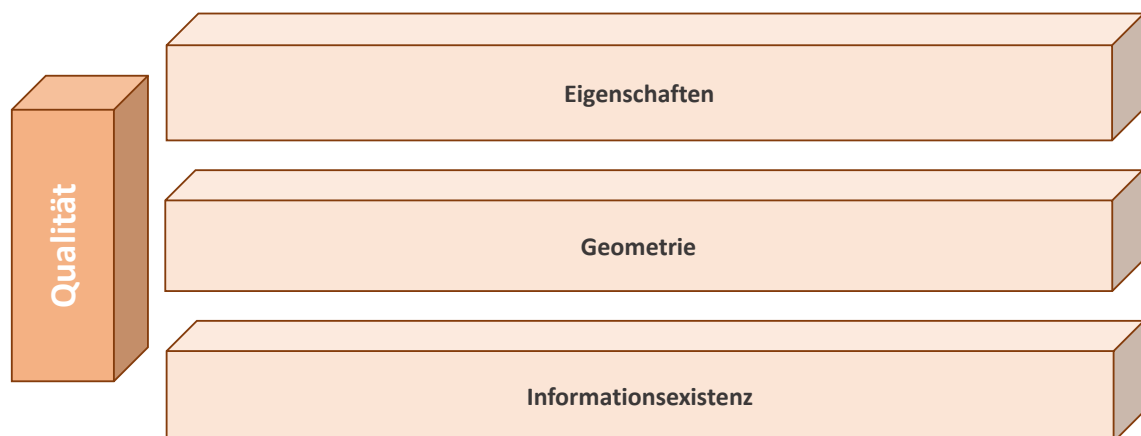


Abbildung 11: Eigene Darstellung: Prüfkriterien Qualität⁶⁴

⁶¹ Vgl. Monteiro / Martins (2013), S. 240.

⁶² Vgl. Hijazi u. a. (2019), S. 385.

⁶³ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 73.

⁶⁴ Vgl. Husin u.a. (2019), S. 988.

3.2.4 Informationsexistenz

Die Grundvoraussetzung für eine Mengenermittlung stellt die Existenz jeweiliger Informationen dar. Welche Bauteile und Informationen im Modell hinterlegt wurden, ist vom Detaillierungsgrad abhängig. Falls eine Information oder ein Bauteil im Modell nicht existiert, kann auch keine Menge davon ermittelt.⁶⁵

3.2.5 Geometrie

Geometrische Überschneidungen, bzgl. der Lage der Bauteile, können zu Fehlern in der modellbasierten Mengenermittlung führen. Wenn beispielsweise eine Stütze durch eine Decke geht und diese nicht ausgeschnitten wurde können fehlerhafte doppelte Mengen ermittelt werden, weil die entsprechenden Bauteile doppelt gezählt wurden. Dies macht die Mengenermittlung unpräzise. Unpräzise Mengenermittlungen können wiederum für eine fehlerhafte Angebotsendsumme sorgen.

3.2.6 Eigenschaften

Es sollen keine Bauteile einzeln analysiert werden, sondern Suchkriterien definiert werden, nach denen regelbasiert gesucht werden kann. Mit bestimmten Softwares kann das Modell dann auf Einhaltung der Informationsanforderung geprüft werden.

Daher werden nicht die einzelnen Elemente analysiert, sondern die Suchkriterien definiert. Dazu gehören Zuordnungseigenschaften wie zum Beispiel die Qualitätsgüte, Geschosse und Materialien.⁶⁶ Es werden damit also geometrische Definitionen mit Daten und Regeln verbunden.

Mit diesen Abhängigkeiten können beispielsweise Bezüge zwischen Objekten hergestellt und Bauteile auf unterschiedlichen Ebenen verwaltet werden. Dazu gehören Eigenschaften und Attribute, wie zum Beispiel das Material.⁶⁷ Diese Parametrisierung der Eigenschaften stellt die Verbindung zur BIM-Methodik her.⁶⁸

⁶⁵ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 77.

⁶⁶ Vgl. Alshabab u.a. (2017), S. 5.

⁶⁷ Vgl. Stange (2020), S. 168.

⁶⁸ Vgl. Alshabab u.a. (2017), S. 125.; Monteiro / Martins (2013), S. 239.

Nur wenn diese Anforderungen erfüllt sind, kann eine parametrische Mengenermittlung durchgeführt werden. Das geprüfte Modell besitzt dabei ein Industry Foundation Classes (IFC) – Format. Das technische Verständnis für das Format ist allerdings für die Fragestellungen nicht essenziell.

Der Aspekt der Eigenschaften ist für die Prozessanalyse in Kapitel 4.1 relevant, weil dabei die genauen Anforderungen der Eigenschaften von der Angebotskalkulation an die einzelnen Bauteile definiert werden.⁶⁹

Nachdem die Kriterien bestätigt werden können, kann im Anschluss die modellbasierte Mengenermittlung durchgeführt werden. Abbildung 12 fasst den Prüfungsablauf mit anschließender modellbasierter Mengenermittlung zusammen.

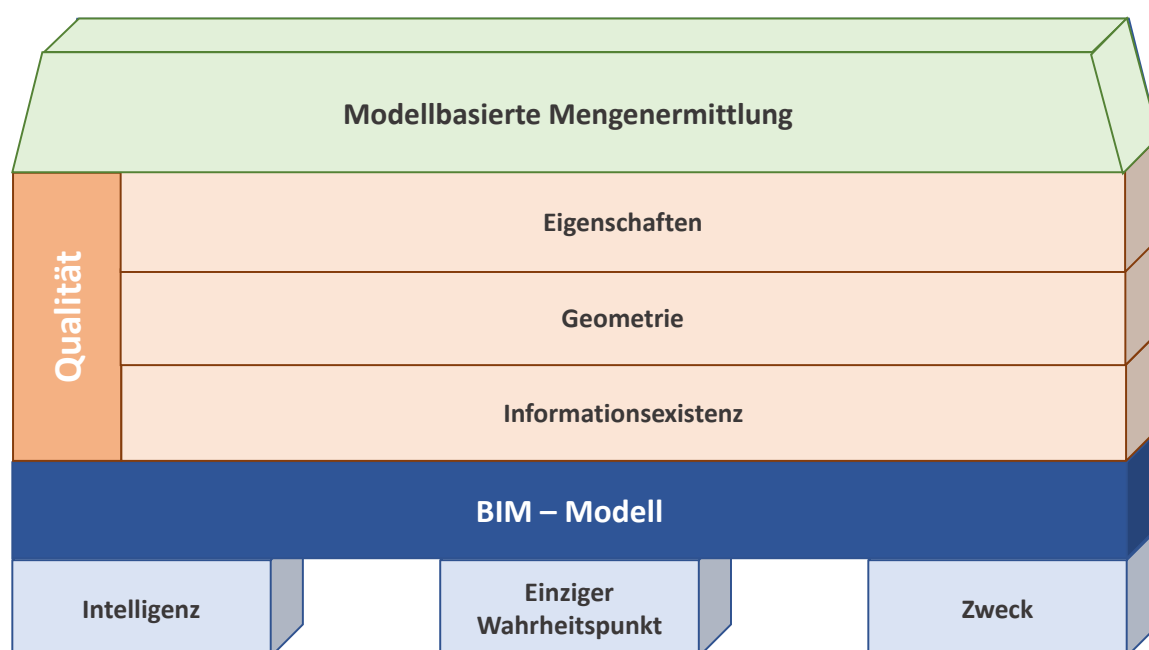


Abbildung 12: Eigene Darstellung: Prüfung: BIM-basierte Mengenermittlung⁷⁰

⁶⁹ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 77.

⁷⁰ Vgl. Husin u.a. (2019), S. 988.

3.3 Technischer Ablauf bei der modellbasierten Mengenermittlung

Bei der modellbasierten Mengenermittlung wird im Anschluss dann je nach erforderlichen Informationen unterschiedlich vorgegangen.

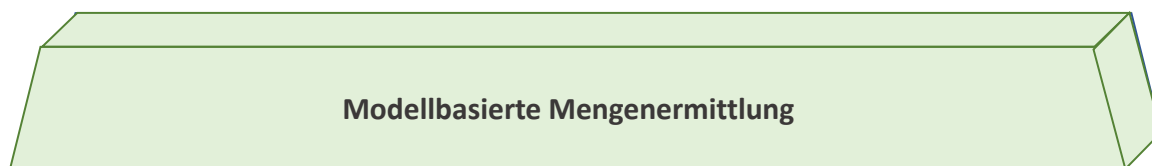


Abbildung 13: Eigene Darstellung: Modellbasierte Mengenermittlung

Für den Export von Informationen bedeutet dies, dass die Komponenten, die explizit dargestellt sind, auf zwei Arten verarbeitet werden müssen. Einige Bauteile wie Türen und Fenster müssen nur gezählt werden. Dies erfordert eine einfache Abfrage in der Datenbank. Andere Bauteile müssen identifiziert, ihre Länge, Fläche oder ihr Volumen bestimmt und dann zur Ausgabe aggregiert werden. Diskrete Massivbauteile wie Bodenbeläge und Betonwände fallen unter diese Kategorie.

Das Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS) veröffentlichte eine Liste der Mengeneigenschaften, die ein Modell für eine modellbasierte Mengenermittlung enthalten sollte. Dazu gehören:

Eigenschaften	Einheit
Items	Anzahl
Linear	Länge
Oberflächen	Fläche
Masse	Volumen
Gewicht	Tonnen

Tabelle 2: Eigene Darstellung: Liste notwendiger Komponenten⁷¹

Eine Betonwand kann beispielsweise in Kubikmeter Volumen und in Quadratmeter Fläche angegeben werden. Es gibt Messregeln, Erfassungsregeln und Definitionsregeln, die durch die maßgeblichen Anforderungen an die jeweilige Mengenermittlung gebildet werden.⁷² Diese Informationen der Eigenschaften haben hohe Priorität, weil sie in Form von Anforderungen für die modellbasierte Mengenermittlung definiert werden müssen.

⁷¹ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 77.

⁷² Vgl. Ebd., S. 72.

Durch die Förderung des Verständnisses für die Funktionsweise der modellbasierten Mengenermittlung ist die Grundlage für eine anschließende Analyse des Angebotskalkulationsprozesses geschaffen. Mit diesem Verständnis kann bei der Prozessanalyse der Fokus auf Kernaspekte der Mengenermittlung gelegt werden. Dazu gehören die Entscheidungskriterien bei der Mengenzuordnung und die Vorteile einer modellbasierten Angebotsbearbeitung.

4 Angebotsbearbeitung bei der Ed. Züblin AG

Nachdem alle relevanten theoretischen Grundlagen der Angebotsbearbeitung und der modellbasierten Mengenermittlung erläutert wurden, folgt nun die Analyse des Kalkulationsprozesses der Ed. Züblin AG. Bevor das Modell geprüft werden kann, muss der Frage nachgegangen werden, wofür und welche Mengeninformationen die Angebotskalkulation bei Züblin benötigt. Diese Mengeninformationen stellen die Anforderungen an die modellbasierte Mengenermittlung dar. Außerdem kann die Darstellung des Status Quo an verschiedenen Standorten Grundlage für wirtschaftliche Entscheidungen sein, weil daraus mögliche Vorteile von bestimmten Vorgehensweisen in der Angebotsbearbeitung identifiziert werden können.

4.1 Prozessanalyse

In diesem Abschnitt wird die Herangehensweise für die Erfassung des Status Quo des Angebotskalkulationsprozesses bei Züblin erläutert. Dazu wird zunächst das Ziel der Analyse definiert, im Anschluss die Wahl der Methodik begründet, dann das Vorgehen während der Analyse beschrieben und abschließend das Ergebnis ausgewertet.

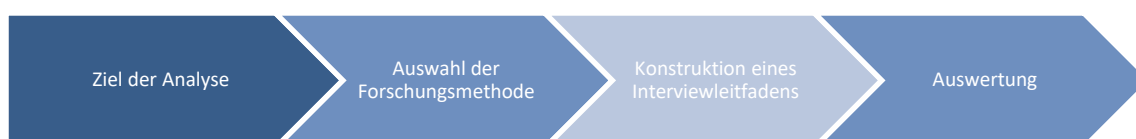


Abbildung 14: Eigene Darstellung: Vorgehen Prozessanalyse

4.1.1 Ziel der Analyse

Im Allgemeinen dient die Analyse der Angebotsbearbeitung zwei Aspekten. Zum einen können damit Verbesserungspotentiale bei der Mengenermittlung in der Angebotskalkulation in Singen identifiziert und zum anderen Anforderungen an eine modellbasierte Mengenermittlung definiert werden.

Schlussfolgernd daraus ist das leitfadengestützte Experteninterview die beste Möglichkeit, qualitative Informationen über den Kalkulationsprozess im Unternehmen zu erfassen.⁷³ Ziel von Experteninterviews ist es, schnell und vollständige Informationen zu erfassen, für die es keine anderen Möglichkeiten gibt.

4.1.2 Auswahl der Forschungsmethode

Um eine wissenschaftlich korrekte empirisch qualitative Analyse durchzuführen, muss im Vorfeld der aktuelle Stand der Forschung und die relevanten Wissensaspekte, die dazu publiziert wurden, definiert werden. Dies dient auch dazu, dem Interviewenden das nötige Wissen zu vermitteln, damit er sich als Co-Experte fachlich mit dem Thema auseinandersetzen kann.⁷⁴ Diese Voraussetzung wurde mit der Vermittlung der Grundlagen zur Angebotsbearbeitung und der modellbasierten Mengenermittlung bestätigt.

4.1.3 Auswahl der Interviewpartner

Um für die Experteninterviews die richtigen Interviewpartner auszuwählen, müssen Experten identifiziert werden, die über das nötige Wissen verfügen und bereit sind, dieses zu teilen.⁷⁵ Dieses Wissen beruht in der Regel auf Fakten oder Erfahrung der Experten.⁷⁶ Bevor entschieden werden kann, wer für die Rolle des Experten in Frage kommt, sollte im Vorfeld der Begriff abgegrenzt werden. Ein Experte definiert sich dadurch, dass er über Wissen verfügt, das "an eine Funktion oder Berufsrolle gebunden" ist.⁷⁷

Für die vorliegende Fragestellung werden als Experten die Berufsrolle der Angebotsbearbeitung gewählt, da sie über die größte Informationsmenge im entsprechenden Bereich verfügen.

⁷³ Vgl. Kaiser (2021), S. 93.

⁷⁴ Vgl. Gläser u.a. (2009), S. 74; Kaiser (2021), S. 66 f.

⁷⁵ Vgl. Kaiser (2021), S. 99.

⁷⁶ Vgl. Baur / Blasius (2014), S. 561.

⁷⁷ Vgl. Kaiser (2021), S. 41.

Die Interviews werden mit Experten der Standorte Singen, Langenargen und einer Abteilung in Stuttgart durchgeführt. Ziel davon ist die Identifikation von persönlichen und standortbezogenen Unterschieden in der Bearbeitung von Angeboten.⁷⁸

4.1.4 Konstruktion eines Interviewleitfadens

Nachdem die Experten ausgewählt sind, wird ein Leitfaden erstellt, um die Vergleichbarkeit zwischen den Standorten sicherzustellen und die nötigen Informationen zu erhalten.⁷⁹

Konkret soll die zweite Unterforschungsfrage als Grundlage für die empirische Forschung dienen:⁸⁰

Wie läuft der Prozess der Angebotskalkulation an verschiedenen Standorten der Ed. Züblin AG ab und können dank diesen Informationen Rückschlüsse auf die Anforderungen der Angebotskalkulation an die Mengenermittlung gezogen werden?

Daher ist eine Struktur besonders wichtig, die spezifische Informationen über die gewählten Kategorien herleiten kann. Dabei ist diese offen genug, um Spielraum für weitere neue Erkenntnisse zu bieten.⁸¹ Vor Beginn der Experteninterviews sollen die Befragten über das Ziel der Forschung informiert werden, was aus ethischen Gründen erforderlich ist.⁸² Das Interview soll entsprechende Informationen über folgende Aspekte liefern:

Vergleichbarkeit: Die Vergleichbarkeit ist notwendig, um erhaltene Informationen für Rückschlüsse auf den Standort Singen zu nutzen. Wenn sie nicht gegeben ist, kann mit den Informationen kein Mehrwert generiert und die Erkenntnisse nicht verwendet werden.

Ressourcen: Informationen über die Ressourcen an den Standorten vermitteln ein Verständnis darüber, ob dem Standort Singen noch zusätzliche Aufgaben zugewiesen

⁷⁸ Vgl. Gläser u.a. (2009), S. 117.

⁷⁹ Vgl. Baur / Blasius (2014), S. 560.

⁸⁰ Vgl. Gläser u.a. (2009), S. 62.

⁸¹ Vgl. Ebd., S. 36.; Baur / Blasius (2014), S. 562.

⁸² Vgl. Baur / Blasius (2014), S. 539.

werden können. Zu entsprechenden Aufgaben gehören zum Beispiel die modellbasierte Mengenermittlung, weil sie zunächst einen erheblichen Mehraufwand darstellt.

Diese Information kann zukünftig relevant sein, wenn die betrachteten technischen Aspekte der vorliegenden Arbeit auch wirtschaftlich geprüft werden sollen.

Effizienz: Die Effizienz soll einen Eindruck über mögliche Vorteile an den anderen Standorten geben. Die Erkenntnisse darüber können Verbesserungspotentiale aufzeigen.

Status Quo BIM-Reifegrad: Der Aspekt des BIM-Reifegrads soll Erkenntnisse über die Unterschiede bei der modellbasierten Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung liefern.

Planungssicherheit: Der Aspekt der Planungssicherheit ist relevant, weil damit die Endgültigkeit der Mengeninformationen aus der Ausschreibung überprüft werden kann. Nachträgliche Änderungen sind modellbasiert schneller integriert, da sie automatisiert durchgeführt werden können. Für die Endgültigkeit von Planinformationen muss die Genehmigungsplanung abgeschlossen und der Bauantrag bereits eingereicht sein (s. *Kapitel 2.1.1*).

Die Aspekte sind direkt voneinander abhängig und nur ein Gesamteindruck über die Angebotsbearbeitung vermittelt das nötige Verständnis für die Beantwortung der Forschungsfrage.

Tabelle 3 zeigt die Kategorien, die Ausdruck über die entsprechenden Aspekte geben sollen. Der zugehörige Leitfaden kann im Anhang eingesehen werden.

Vergleichbarkeit:	Hauptkategorie, Bauvolumen, Aufteilung Roh- und Ausbau
Verfügbare Ressourcen:	Beteiligte
Effizienz:	Dauer und Erfolgsquote der Angebotsbearbeitung
Status Quo BIM-Reifegrad:	Mengenquellen, Verwendung externer Architektenmodelle
Planungssicherheit	Zeitpunkt der Angebotsbearbeitung

Tabelle 3: Eigene Darstellung: Aspekte des Leitfadens

4.1.5 Auswertung der Experteninterviews

Für die Auswertung von Experteninterviews sind nach Kaiser das Gedächtnisprotokoll und die Transkription möglich. In der vorliegenden Arbeit wurde die Transkription ausgewählt, weil nur dann alle Ergebnisse behalten und vollständig nachvollzogen werden können.⁸³ Die Ergebnisse aus den Interviews werden im folgenden Kapitel verarbeitet und ausgewertet. Die Transkriptionen können im Anhang eingesehen werden.

Im Folgenden können die relevanten Aspekte des Status Quo bei der Angebotsbearbeitung zwischen den Standorten Singen, Langenargen und Stuttgart identifiziert werden, um Unterschiede und mögliche Verbesserungspotentiale durch die modellbasierte Mengenermittlung zu erkennen. Der Ablauf der Angebotsbearbeitung kann unter Anhang 4 eingesehen werden. Aus dem Standortvergleich kann der Entscheidungsprozess für die Zuordnung der einzelnen Kalkulationspositionen nachvollzogen werden.




Vergleich Angebotsbearbeitung	SINGEN 	LANGENARGEN 	STUTTGART 
Hauptkategorie	Wohnungs- & Industriebau	Wohnungs- & Industriebau	Wohnungs- & Industriebau
Bauvolumen			
Beteiligte			
Aufteilung Roh- & Ausbau	Nein	Teilweise	Ja
Dauer je Angebot			
Erfolgsquote			
Zeitpunkt der Bearbeitung	Nach Bauantrag	Nach Bauantrag	Nach Bauantrag
Modellbasierte Mengenermittlung	0%	40%	100%
Verwendung externer Architekten-Modelle	Nein	Nein	Nein
Hilfsunterlagen zur modellbasierten Mengenermittlung	Nein	Nein	Ja

Tabelle 4: Eigene Darstellung: Vergleich der Standorte⁸⁴

⁸³ Vgl. Kaiser (2021), S. 109.

⁸⁴ Vgl. Anhang 6/7/8.

1. Hauptkategorie

Bei der Hauptkategorie, die bei der Angebotsbearbeitung im Fokus stehen, gibt es keine verwertbaren Unterschiede. In Singen und Stuttgart liegt der Anteil von Wohnungs- und Industriebau bei jeweils 50%. In Langenargen besitzt der Wohnungsbau mit ca. 80 % eine größere Bedeutung. Diese Anteile dienen als Orientierung, weil sie jährlich variieren.

2. Bauvolumen

Das Bauvolumen der Standorte zeigt Unterschiede bei den Projektgrößen. Während in

[REDACTED]

Diese Zahlen sind relevant, weil der Kalkulationsaufwand nur in geringem Maße mit dem Bauvolumen korreliert. Dies liegt an dem Aspekt, dass beispielsweise gleichartige Geschosse im Wohnungsbau für die Mengenermittlung nur einmal berechnet werden müssen und dadurch der Aufwand je Projekt reduziert wird.

3. Beteiligte

Die Zahlen der Beteiligten an einer Angebotsbearbeitung birgt einen Mehrwert, weil man daraus Schlüsse auf Spezialisierungen ziehen kann. In Singen wird die Angebotsbearbeitung von einer Person durchgeführt, während es in Stuttgart eine ganze Fachabteilung mit [REDACTED]xperten für den Bereich der Angebotsbearbeitung gibt. Dies ist allerdings aufgrund der unterschiedlichen Standortgrößen nicht anders möglich. Der Hauptsitz in Stuttgart besitzt mehr Möglichkeiten, aber auch mehr Schnittstellen.

4. Aufteilung Roh- & Ausbau

Die Aufteilung der Gewerke Roh- und Ausbau helfen den Bearbeitenden sich zu spezialisieren und den Fokus auf ihr Gebiet zu legen. Bei Auslastungsdifferenzen können die Ressourcen dann immer noch allokiert werden.

5. Dauer je Angebot

[REDACTED]

⁸⁵ Vgl. Anhang 6/7/8.

6. Erfolgsquote



7. Zeitpunkt der Bearbeitung

Der Zeitpunkt der Bearbeitung zeigt einen wichtigen Aspekt. Anders als in der Literatur dargestellt (s. *Kapitel 2.1*) liegt an allen Standorten der Zeitpunkt der Angebotsbearbeitung vor dem des Bauantrags. Wenn der Bauantrag noch nicht vorliegt, können jegliche Änderungen vorgenommen werden. Die Änderungen führen zu Anpassungen in der Angebotsbearbeitung. Durch eine modellbasierte Mengenermittlung können die Änderungen, ohne besonders großen Aufwand, direkt in die Angebotsbearbeitung übernommen werden.

8. Mengenquellen

In Singen wird in der Angebotsphase aktuell 0% der Mengen modellbasiert ermittelt. In Stuttgart sind es 100%. Dabei wird jedes Gebäude auf Basis der Pläne nachmodelliert und im Anschluss können dann die Mengen aus dem entsprechenden Modell automatisch identifiziert werden. Dies zeigt das Verbesserungspotential in Bezug auf die modellbasierte Mengenermittlung am Standort Singen.

9. Verwendung externer Architektenmodelle

Dieser Punkt schließt direkt an den Abschnitt der Mengenquellen an. Aktuell werden keine Modelle aus der Entwurfsphase der Architekten verwendet. Diese Erkenntnis verdeutlicht die Relevanz der vorliegenden Arbeit. Durch eine Verwendung der modellbasierten Mengenermittlung mithilfe externer Architekturmodelle für die Angebotsbearbeitung könnten ohne zeitlichen Mehraufwand Mengen automatisch ermittelt werden. Da die Ressourcen in Singen begrenzt sind, stellt diese Möglichkeit eine Alternative zur klassischen Modellierung in Stuttgart dar.

Nachdem nun alle zu beachtenden Aspekte der Angebotsbearbeitung analysiert wurden, kann auf dieser Basis mit dem Kapitel „Mengenzuordnung bei Züblin“ die Grundlage für eine modellbasierte Mengenermittlung geschaffen werden.⁸⁶

⁸⁶ Vgl. Anhang 6/7/8.

4.2 Mengenzuordnung bei Züblin

In diesem Abschnitt wird die Mengenzuordnung in der Angebotskalkulation bei Züblin detailliert betrachtet. Dies dient dem Zweck die Anforderungen an eine modellbasierte Mengenermittlung zu definieren, weil diese aufgrund der begrenzten Zeit nicht durch die Experteninterviews identifiziert werden konnten.

Für die Betrachtung wurde als Fallbeispiel eine bereits bearbeitete Angebotskalkulation analysiert. Durch die Analyse können Schnittstellen zwischen Kalkulationspositionen erkannt werden.

4.2.1 Relevanz der Informationen des Architektenentwurfs auf die Angebotskalkulation

In der Angebotsbearbeitung bei der ED. Züblin AG werden Positionen auf zwei unterschiedliche Weisen kalkuliert. Der Großteil der EKT's wird vom Kalkulator auf Basis der Architektenentwürfe bestimmt.

Die Kosten für die Haustechnik werden am Standort Singen mit Hilfe von Angeboten der Nachunternehmer oder Pauschalen kalkuliert. Aus diesem Grund sind sie für das weitere Vorgehen irrelevant. Die Gründe sind unter anderem, dass die Planung der Haustechnik-Gewerke in der Angebotsphase mangelhaft sind. Dies liegt daran, dass die Information dazu nicht auf den Architektenentwürfen basieren, sondern auf den Schätzungen von anderen Fachplanern.

Aus dieser Annahme ergibt sich Abbildung 15. Der relevante Anteil zeigt die Menge, die auf Basis der Entwurfsinformationen von Architekten kalkuliert wurde.

Außerdem visualisiert die Grafik die zugehörigen Gewerke und ihren Anteil an den Gesamtkosten. Die Anteile basieren auf der erwähnten analysierten Angebotskalkulation und können daher bei anderen Angeboten leicht variieren. Der relevante Teil stellt den Anteil dar, der in den folgenden Schritten betrachtet wird. Dafür wurde jeder EKT aus der beispielhaften Kalkulation betrachtet und geprüft, woher die Mengeninformationen stammen.

Die Grafik verdeutlicht die Relevanz der Untersuchung, weil die Informationen des Architekten 80% der Gesamtkosten beeinflussen (s. *Abbildung 15*).

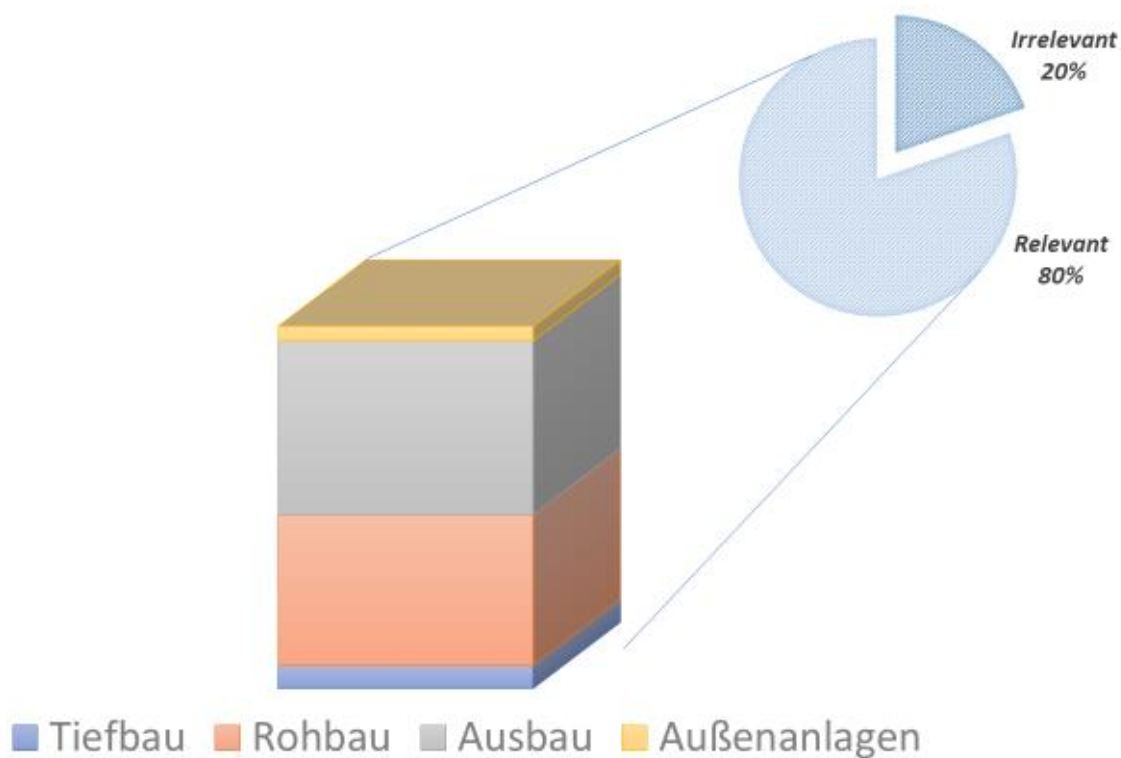


Abbildung 15: Eigene Darstellung: Relevante Gewerke⁸⁷

Nachdem die Visualisierung bestätigt, dass der Einfluss des Entwurfs der Architekten eine nicht marginale Rolle in der Angebotskalkulation spielt, wird im Anschluss geprüft, wie die Mengen aus dem Architektenentwurf in Kalkulationspositionen zugeordnet werden.

Um in der Angebotsbearbeitung die Mengen aus den Entwurfsplänen den 680 unterschiedlichen Kalkulationspositionen (s. Kapitel 2.2.2) aus dem Fallbeispiel zuzuordnen, werden bestimmte Mengen benötigt. Abbildung 16 zeigt ein Beispiel. Die vorliegenden Positionen der Rohbetonwände, der Schalung und der Zulage haben auf den ersten Blick wenig Gemeinsamkeiten. Dabei beruhen alle Mengen auf den Eigenschaften der Rohwand und werden von der Angebotsbearbeitung auf ihrer Basis zugeordnet.

⁸⁷ Vgl. Anhang 10.

05.50.04.	Wände					
05.50.04.0010.	Ortbeton der Aussenwand aus Stahlbeton C 20/25 , Dicke = 25 cm				0,5316%	Rohwand
05.50.04.0020.	Schalung der Aussenwand, doppelhäufig, bis 3,50 m Höhe				0,9561%	Rohwand
05.50.04.0021.	Ortbeton der Aussenwand aus Stahlbeton C 20/25 , Dicke = 25 cm Rampe				0,0544%	Rohwand
05.50.04.0022.	Schalung der Aussenwand, doppelhäufig, bis 4,50 m Höhe Rampe				0,1073%	Rohwand
05.50.04.0030.	Ortbeton der Aufzugsschachtwand aus Stahlbeton C 20/25 , Dicke bis 20 cm,				0,1485%	Rohwand
05.50.04.0040.	Schalung der Aufzugs-Schachtwand, doppelhäufig, bis 3,50 m Höhe, gesamt				0,4872%	Rohwand
05.50.04.0050.	Ortbeton der Hebeschachtwand aus Stahlbeton C 20/25 , Dicke bis 20 cm,				0,0029%	Rohwand
05.50.04.0060.	Schalung der Hebe-Schachtwand, doppelhäufig, bis 1,50 m Höhe, gesamt				0,0075%	Rohwand
05.50.04.0070.	Ortbeton der Innenwand aus Stahlbeton C 20/25 . Dicke bis 20 cm Bereich				0,2376%	Rohwand
05.50.04.0080.	Schalung der Innenwand, doppelhäufig, bis 3,50 m Höhe				0,4689%	Rohwand
05.50.04.0090.	Zulage zur Wandschalung für im Grundriss gekrümmte Schalung				0,0437%	Rohwand
05.50.04.0091.	Zulage zur Wandschalung für Schalungsart III : glatt Rampe				0,0292%	Rohwand
05.50.04.0100.	Ortbeton der Aussenwand Aussentreppe aus Stahlbeton C 20/25 , Dicke = 25				0,0076%	Rohwand
05.50.04.0110.	Schalung der Wand-Aussentreppe, doppelhäufig, bis 3,50 m Höhe				0,0208%	Rohwand
05.50.04.0120.	Zulage zur Beton-Pos. für Festigkeitsklasse C 30/37 anstatt C 20/25				0,0499%	Rohwand

Abbildung 16: Eigene Darstellung: Ausschnitt Analyse Angebotskalkulation⁸⁸

So kann mit diesen wenigen Bauteilen und ihren entsprechenden Mengen und Eigenschaften der Großteil der Mengen von einzelnen EKT's bestimmt werden. Die wichtigen Bauteile werden im Folgenden als Zuordnungsparameter bezeichnet. Sie stehen dafür, dass die Zuordnung der vielen unterschiedlichen EKT Positionen auf der Angabe von wenigen Informationen basiert.

4.2.2 Identifikation der Zuordnungsparameter

Um die in Kapitel 3.1 erläuterten Vorteile von BIM prozessorientiert nutzbar zu machen ist es wichtig, dass die Anforderungen anwendungsbezogen zu definieren. Dabei sind Kriterien wie Transparenz, Wiederverwendbarkeit, hoher Einfluss auf die Kosten, der Aufwand und eine geringe Fehleranfälligkeit zu beachten.

Die Zuordnungsparameter werden nach diesen Kriterien definiert. Sie lassen sich mit dem Prinzip eines Grundrezeptes für beispielsweise einen Rührteig erläutern. Ein einzelnes Rezept kann für unterschiedliche Kuchenarten verwendet werden. So kann aus dem Rührteig zum Beispiel ein Marmor-, Banen-, Apfel- oder Kirschkuchen zubereitet werden (s. *Abbildung 17*).

⁸⁸ Vgl. Anhang 10.

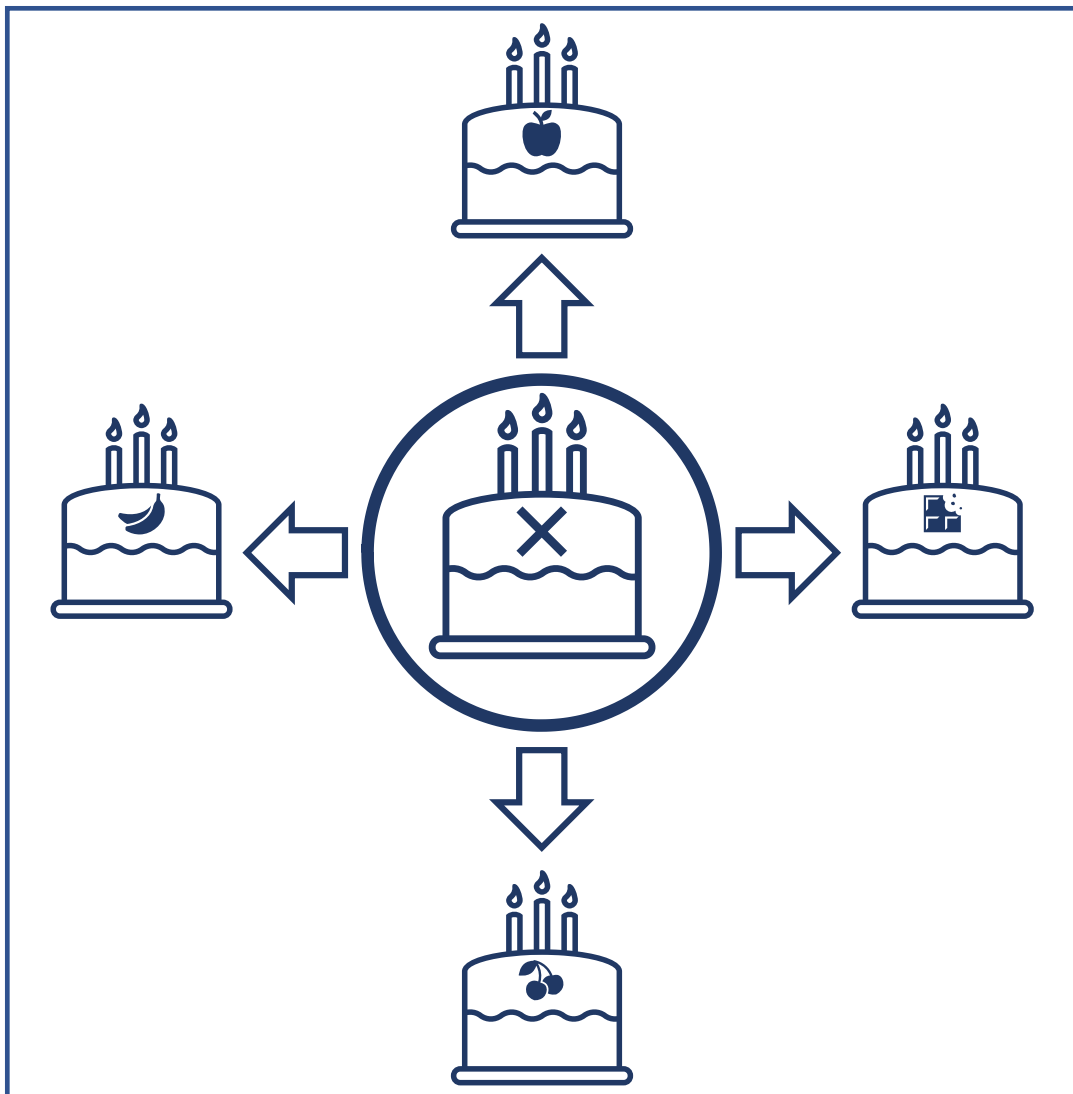


Abbildung 17: Eigene Darstellung: Rührteiganalogie

Diese Analogie kann auf die Thematik der Zuordnungsparameter und auf die vorliegende Fragestellung angewandt werden.

Die erstellte Theorie lautet:

Die Identifikation von wenigen Zuordnungsparametern hilft dabei, universell die Mengen der Kalkulationspositionen an jeglichen zukünftigen Projekten von Wohngebäuden zuzuordnen. Egal ob Beton-, Holz- oder Stahlbau.

Dazu gehört beispielsweise die rohe Wandhöhe, die einen Einfluss auf die Kosten der Schalung hat, weil ab einer bestimmten Höhe der Aufwand steigt. Des Weiteren wird die Wandhöhe aber auch für die Betonier- und Putzarbeiten verwendet.

Genau dieses Erkenntnis bildet die Qualitätsanforderungen, die für die parametrische modellbasierte Mengenermittlung benötigt werden. Sie stellen die Informationen und

Eigenschaften dar, die vorliegende Modelle enthalten müssen um für die Angebotsbearbeitung verwendbar sind. Aus diesem Grund bietet das vorliegende Kapitel die Grundlage für die Modellanalyse.

Die erwähnten Zuordnungsparameter werden auf Basis des Fallbeispiels identifiziert.

Berücksichtigt werden nur Positionen, deren Informationen am Standort Singen auf Basis der Architekturpläne direkt oder indirekt exportiert werden können. Indirekt bedeutet dies, dass die Information über eine andere Position ohne Eigeninterpretation abgeleitet werden kann. Beispielsweise werden die Bewehrungspositionen von den Betonvolumen abgeleitet.

Bei den Zuordnungsparametern besteht allerdings kein Anspruch auf Vollständigkeit, weil die Erfassung der Information einen hohen zeitlichen Aufwand in der Angebotsbearbeitung benötigt und diese bei der Analyse aufgrund der entsprechenden Auslastung der Bearbeitenden nicht bereitgestellt werden konnte. Für die Bearbeitung der Thematik sind die gegebenen Informationen jedoch mehr als ausreichend. Folgende Zuordnungsparameter und ihre jeweilig notwendigen Eigenschaften für die modellbasierte Mengenermittlung werden auf Basis der beispielhaften Angebotskalkulation eines Wohngebäudes identifiziert. Für die Identifikation wurden die Positionen und ihre jeweilig notwendigen Informationen analysiert. Auf Basis dieser Analyse konnten folgende Parameter und ihre zugehörigen Informationen identifiziert werden.

Zuordnungsparameter	Relevante Eigenschaften
Individuelle Annahme	-
Attika	Länge, Umfang
Aussparungen	Fläche, Anzahl, Geschoss
Balkon	Anzahl, Fläche, Breite, Umfang, Geschoss
Baugrube	Volumen, Fläche
Wand-, Bodenbelag	Nutzung, Material, Fläche, Umfang, Typ, Geschoss
Beton	Volumen
Blechabdeckung	Länge
Bodenplatte/Rohdecke	Volumen, Fläche, Dicke, Umfang, Material, Güte, Geschalte Fläche, Geschoss
Dach	Fläche, Dicke, Umfang, Geschoss
Fundament	Volumen, Material, Güte, Geschalte Fläche, Typ
Fassade	Fläche, Typ, Material
Fenster	Fläche, Anzahl, Breite, Typ, Material, Güte, Geschoss
Konsole	Volumen, Dicke, Material, Güte, Geschalte Fläche
Laibungen	Länge, Geschoss
Lichtkuppeln	Anzahl, Länge, Breite
Nutzungsart	Fläche, Umfang, Typ
Rohpodest	Volumen, Fläche, Länge, Dicke, Material
Rohstütze	Volumen, Fläche, Länge, Breite, Höhe, Material, Typ, Geschalte Fläche
Rohtrappe	Anzahl, Länge, Breite, Typ, Material, Geschoss
Rohwand	Volumen, Fläche, Länge, Höhe, Dicke, Material, Güte, Geschalte Fläche, Geschoss
Türen	Flächen, Anzahl, Länge, Breite, Höhe, Nutzung, Typ, Material, Güte, Geschoss
Wände	Volumen, Fläche, Länge, Höhe, Dicke, Typ, Geschoss
Wandputz	Fläche
Wohnungen	Anzahl, Fläche

Abbildung 18: Eigene Darstellung: Zuordnungsparameter⁸⁹

Der einzige Parameter, dessen Mengen nicht ohne erfahrene Angebotskalkulator ermittelt werden kann, ist der der individuellen Annahme. Dieser Parameter enthält Positionen, die nicht ohne Fachwissen zugeordnet werden können.

Mit Identifikation der Zuordnungsparameter sind die minimalen Anforderungen der Angebotsbearbeitung an die modellbasierte Mengenermittlung definiert. Im Folgenden Kapitel wird nun geprüft, welche Priorität den Mengen dieser Zuordnungsparameter zuzuordnen ist.

4.2.3 Priorisierung der Zuordnungsparameter

Nachdem die Zuordnungsparameter identifiziert wurden, stellt sich jetzt die Frage, welche dieser Parameter den größten Einfluss auf den Angebotsendpreis haben. Die Antwort auf diese Frage liefert eine Sensitivitätsanalyse. Mit ihrer Hilfe kann der Einfluss einer entsprechenden Mengenänderung des jeweiligen Parameters auf die Gesamtkosten identifiziert werden. Die Kosten je Mengeneinheit stagnieren gemäß

⁸⁹ Vgl. Anhang 8.

Ceteris paribus. Dafür wurden die Zuordnungsparameter analysiert, dessen Gesamtkosten über 10.000,- Euro lagen.

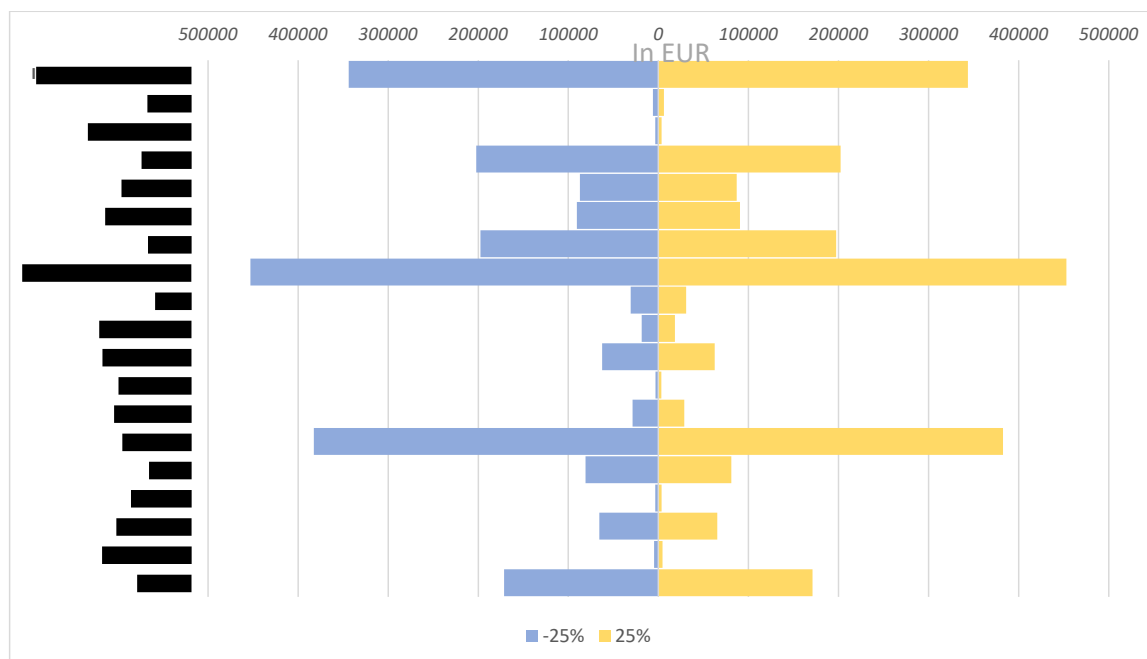


Abbildung 19: Eigene Darstellung: Sensitivitätsanalyse als Tornado Chart⁹⁰

Die Analyse des Beispielprojektes zeigt, dass die größten Einflüsse die Mengenänderungen der individuellen Annahmen, Bodenplatten/Rohdecken und Rohwände auf die Gesamtkosten haben. Die betrachteten Gesamtkosten ohne jegliche Mengenänderungen betragen dabei ca. ■■■ Millionen Euro. Besonders auffällig ist, dass eine Mengenänderung von 25% in den meisten Fällen Kostenänderungen von 2,5% hervorheben. Dies lässt darauf schließen, dass eine präzise Mengenermittlung bei vielen Gewerken nicht die Relevanz besitzt, die ihr beigemessen wird.

Mithilfe dieser Informationen ist klar, welche Zuordnungsparameter bei der Methodenentwicklung oberste Priorität haben sollten. Dadurch, dass die individuellen Annahmen aufgrund ihrer Intransparenz ausgeschlossen werden müssen, bleiben als größte Faktoren nur die Bodenplatte/Rohdecke, die Rohwand und der Beton. Sie sind auch direkt voneinander abhängig, weil sie alle zum Gewerk Rohbau gehören.

Zu beachten ist dabei allerdings, dass die Einflüsse der Zuordnungsparameter projektabhängig variieren, weil es abhängig von weiteren Faktoren wie Baustil, Schwierigkeit, Standort, usw. ist. Die Tendenz ist allerdings klar. Aus den Mengen des

⁹⁰ Vgl. Anhang 8.

Rohbaus und den zugehörigen Eigenschaften (s. *Kapitel 0*) können die kosteneinflussreichsten Mengen exportiert werden.

4.2.4 Zwischenfazit

Mit Identifikation und Priorisierung der Zuordnungsparameter kann das Kapitel der Prozessanalyse abgeschlossen und außerdem ein erstes Zwischenfazit gezogen werden. Darin soll vor allem die zweite Unterforschungsfrage beantwortet werden:

Wie läuft der Prozess der Angebotsbearbeitung bei der Ed. Züblin AG zum aktuellen Zeitpunkt an unterschiedlichen Standorten ab und können dank diesen Informationen Rückschlüsse auf die Anforderungen der Angebotskalkulation an die modellbasierte Mengenermittlung gezogen werden?

Mit der qualitativen Analyse der Experteninterviews konnten die relevanten Unterschiede zwischen den Standorten herausgearbeitet werden. Damit war es möglich den ersten Teil der Frage zu beantworten.

Durch die weitere Analyse einer Angebotskalkulation konnte das Verständnis für die Verteilung und Zuordnung der Mengen gefördert werden. Damit wurden die Zuordnungsparameter und ihre zugehörigen Eigenschaften identifiziert, mit deren Hilfe man die Basis für eine modellbasierte Mengenermittlung schaffen konnte. Sie sind die Antwort auf den zweiten Teil der Frage, weil sie die Anforderungen der Angebotskalkulation an die modellbasierte Mengenermittlung definieren.

Haupterkennnis aus der Analyse war damit, dass es nicht die einzelnen Kalkulationspositionen sind, die für das BIM-Management interessant sind. Der relevante Aspekt sind die Faktoren, die für die Zuordnung der Mengen sorgen. Diese Zuordnung zu verstehen und daraus die Entscheidungsfindung eines Kalkulators zu identifizieren, ist ein viel relevanterer Punkt. Durch dieses Verständnis können Gemeinsamkeiten zwischen Positionen erkannt werden, die sonst aus der Perspektive eines BIM-Managers verborgen bleiben. Ein Beispiel ist, dass die Nutzungsfläche stark mit dem Bodenbelag korreliert. Mit dieser Erkenntnis kann eine Methode entwickelt werden, die nachhaltig den Prozess verbessert.

Eine weitere Erkenntnis aus der Analyse der Zuordnungsparameter ist der geringe Kosteneinfluss von gewissen Bauteilen auf die Gesamtkosten haben.

5 Erarbeitung einer Methodik für die Handlungsempfehlung

Das vorliegende Kapitel dient der Beantwortung der Hauptforschungsfrage. Auf Basis der Erkenntnisse einer Modellanalyse wird eine Entscheidungsgrundlage entwickelt, die eine Handlungsempfehlung zum weiteren Vorgehen geben kann.

5.1 Modellanalyse

In diesem Kapitel wird die im Voraus erarbeitete Vorgehensweise zur Prüfung an einem Fallbeispiel betrachtet. Ziel davon ist die Erfassung der zu erwartenden Qualität eines externen Modells in der Angebotsbearbeitung. Dies ist nötig, weil die entsprechenden Modelle nie betrachtet wurden und daher nicht transparent ist, inwiefern sie verwendbar sind.

5.1.1 Fallbeispiel: Vorstellung des Projektes und Modelles

Bei dem Projekt, dessen Modell auf seine Qualität geprüft wird, handelt es sich um die Ausschreibung des „MFH-Foldhouse“. Das Angebot für das „MFH-Foldhouse“ wurde bereits abgegeben und beträgt 7,7 Millionen Euro netto. Es handelt sich dabei um zwei Neubauten in Radolfzell mit insgesamt 40 Wohneinheiten.



Abbildung 20: MFH-Foldhouse

Für die Modellanalyse wurde das Modell einer dieser zwei Neubauten betrachtet.

5.1.2 Vorgehensweise bei der Analyse

Die Prozessbetrachtung in Kapitel 4 hat gezeigt, dass sich der Ansatz einer parametrischen modellbasierten Mengenermittlung unter Berücksichtigung von Zuordnungsparametern am besten für den geplanten Anwendungszweck der modellbasierten Mengenermittlung für die Angebotsbearbeitung eignet. In diesem Abschnitt wird geprüft, ob diese Anforderungen vom vorliegenden Modell erfüllt werden. Dafür wird das aus der Literatur abgeleitete und weiterentwickelte Prinzip der Modellprüfung für die Mengenermittlung verwendet. (s. *Abbildung 12*)

Zunächst wird das Modell auf die Anforderungen an ein BIM-Modell geprüft, um dann im Anschluss jeden einzelnen Zuordnungsparameter individuell nach den Qualitätskriterien zu prüfen.

Die Relevanz der Qualitätskriterien nimmt dabei hierarchisch ab. Die Informationsexistenz bildet die Basis, um dann Geometrie und im Anschluss die unterschiedlichen Eigenschaften zu prüfen.

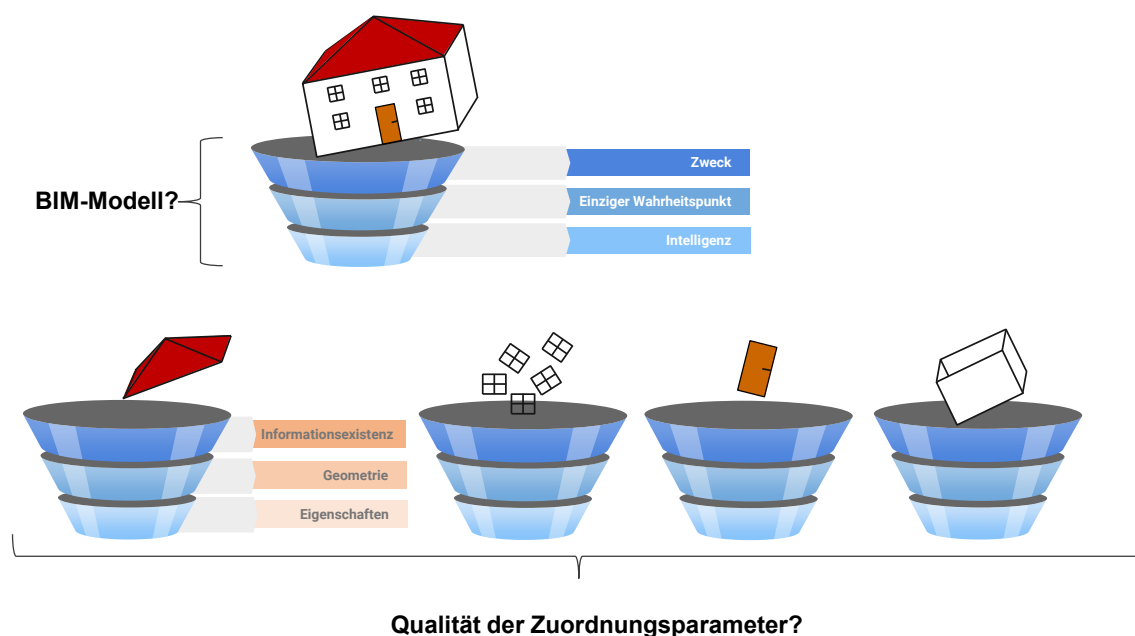


Abbildung 21: Eigene Darstellung: Vorgehensweise Modellanalyse

Aufgrund der Unsicherheit und der geringen Erfolgsquote in der Angebotsbearbeitung sollte die modellbasierte Mengenermittlung in einem effizienten Kosten/Nutzen Verhältnis stehen, um das entsprechend beste prozessorientierte Ergebnis zu erhalten. Das bedeutet für die Modellanalyse, mit wenig Aufwand den größten Einfluss auf die Kosten zu bewirken.⁹¹

Aus diesem Grund wurde bei der Prüfung des Modells der Fokus auf die Zuordnungsparameter gelegt, die bei Mengenänderungen einen Einfluss von über 50.000 Euro auf die Gesamtkosten haben. Folgende Parameter wurden daher betrachtet (s. *Abbildung 22*)

⁹¹ Vgl. Borrmann u.a. (2015), S. 55.

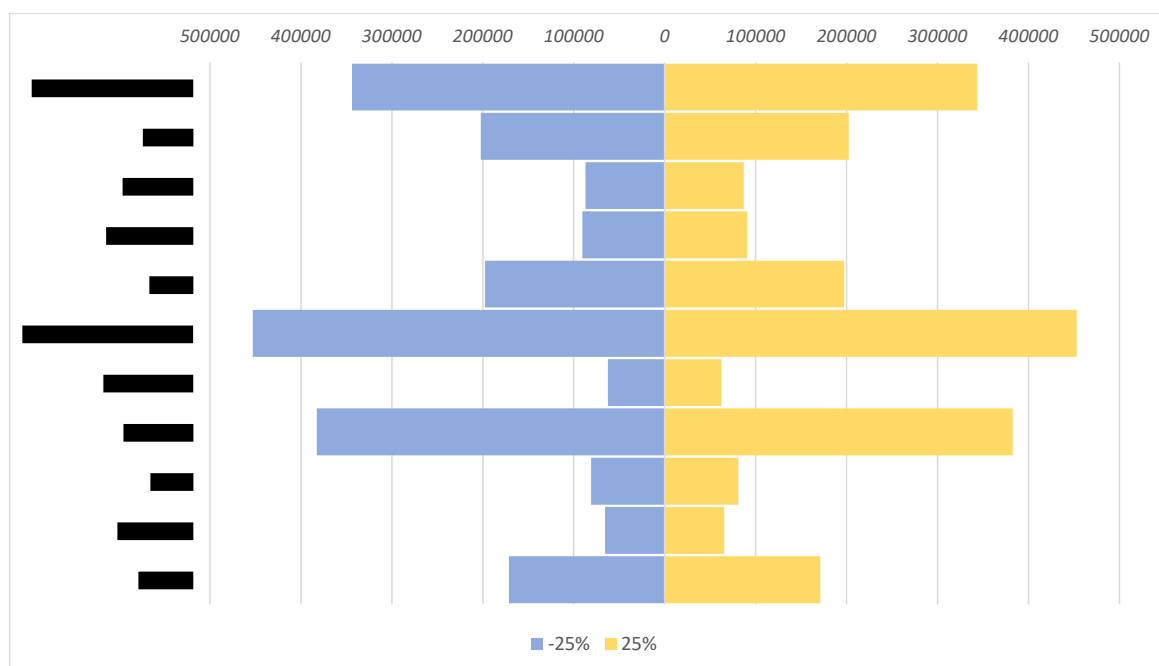


Abbildung 22: Eigene Darstellung: Tornado Chart: Ausgewählte Gewerke

5.1.3 Analyse

Die Analyse des Modells läuft nach den Schritten gem. Kapitel 5.1.2 ab.

Grundsätzlich entspricht das Modell den Anforderungen an ein BIM-Modell:

Intelligenz: Modellierete Bauteile wurden mit Attributen ausgestattet.

Einziges Wahrheitspunkt (Single Source of Truth): Änderungen sind in jeder Ansicht sichtbar und die Informationen nur einmal in der Datenbank vorhanden.

Zweck: Jedes Bauteil enthält gewisse Daten, die ihren Zweck erfüllen. Dazu gehören z. B. Bemaßungen oder andere Bezeichnungen. Ob dies allerdings für den Zweck der Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung ausreicht, wird mit der Qualitätsprüfung der folgenden Zuordnungsparameter analysiert.

1. Individuelle Annahme

Die Mengen der Individuellen Annahme sind weder in Plänen noch in jeglichen Modellen vorhanden. Sie bilden sich aus der erfahrungsbasierten Interpretation des Angebotskalkulators und können daher nicht modellbasiert ermittelt werden

2. Balkone

Die Balkone sind im vorliegenden Modell vorhanden und dadurch kann die **Informationsexistenz** bestätigt werden. Auch die Ansprüche an die **Geometrie** sind erfüllt. Bei den relevanten **Eigenschaften** sind mit Ausnahme der Güte alle Informationen vorhanden. Dadurch kann der Zuordnungsparameter „Balkone“ sehr gut für die modellbasierte Mengenermittlung verwendet werden.

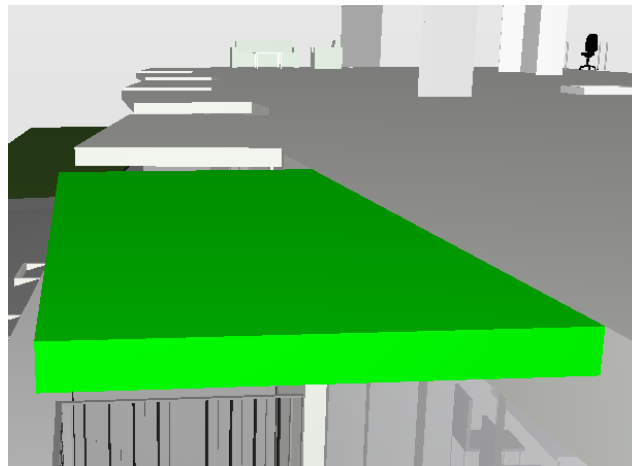


Abbildung 23: Balkon

3. Baugrube

Die Baugrube wurde von den Architekten nicht modelliert und die **Informationsexistenz** kann daher nicht bestätigt werden. Sie kann in diesem Beispiel nur mithilfe von Annahmen und einer Grundstücksanalyse berechnet werden.

4. Bodenbelag

Auch zum Bodenbelag **existieren keine Informationen**. Der Boden wird durch die Rohdecke/Bodenplatte dargestellt.

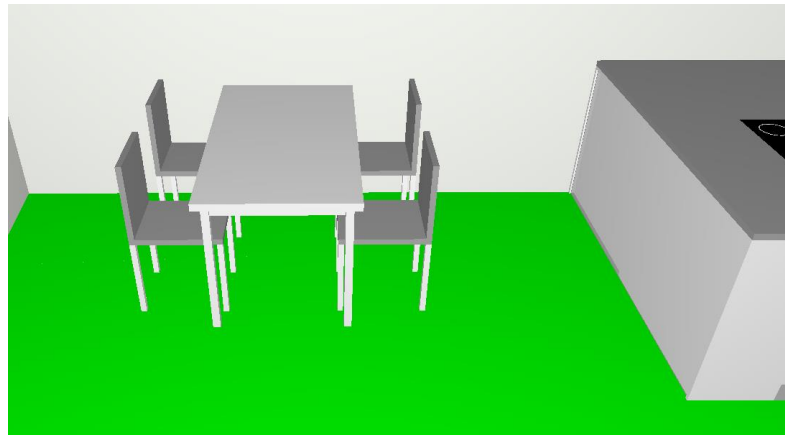


Abbildung 24: Bodenbelag

5. Beton

Die Betonbauteile stellen einen hohen Anteil dar, weil von ihnen die Stahlkosten abgeleitet werden. Dies erfolgt mithilfe der Anteile an den jeweiligen Betonbauteilen.

Beton wird beim vorliegenden Modell nicht ausgewiesen und die **Informationsexistenz** kann daher nicht bestätigt werden. Es könnte aber von den Bauteilen, die üblicherweise aus Beton bestehen, abgeleitet werden. Dazu würde zum Beispiel der Zuordnungsparameter Bodenplatte/Rohdecke gehören. Dadurch, dass Beton nicht parametrisiert wurde, ist auch die **Geometrie** nicht zu prüfen.

Die entsprechende Ableitung stellt sich jedoch als besonders schwierig dar, weil die Bauteile keinen detaillierten Aufbauten besitzen. Das heißt, es kann nicht betrachtet werden, welcher Anteil der Wand aus Beton besteht.

Die **Eigenschaften** von Beton können im Modell nicht bestimmt werden, weil sie nicht modelliert wurden. Die notwendige Eigenschaft ‚Volumen‘ ist vorhanden.

6. Bodenplatte/Rohdecke

Der Zuordnungsparameter Bodenplatten/Rohdecke ist der größte Kostentreiber der Angebotsbearbeitung (s. *Abbildung 22*). Daher stellt die Prüfung seiner Qualität oberster Priorität dar.

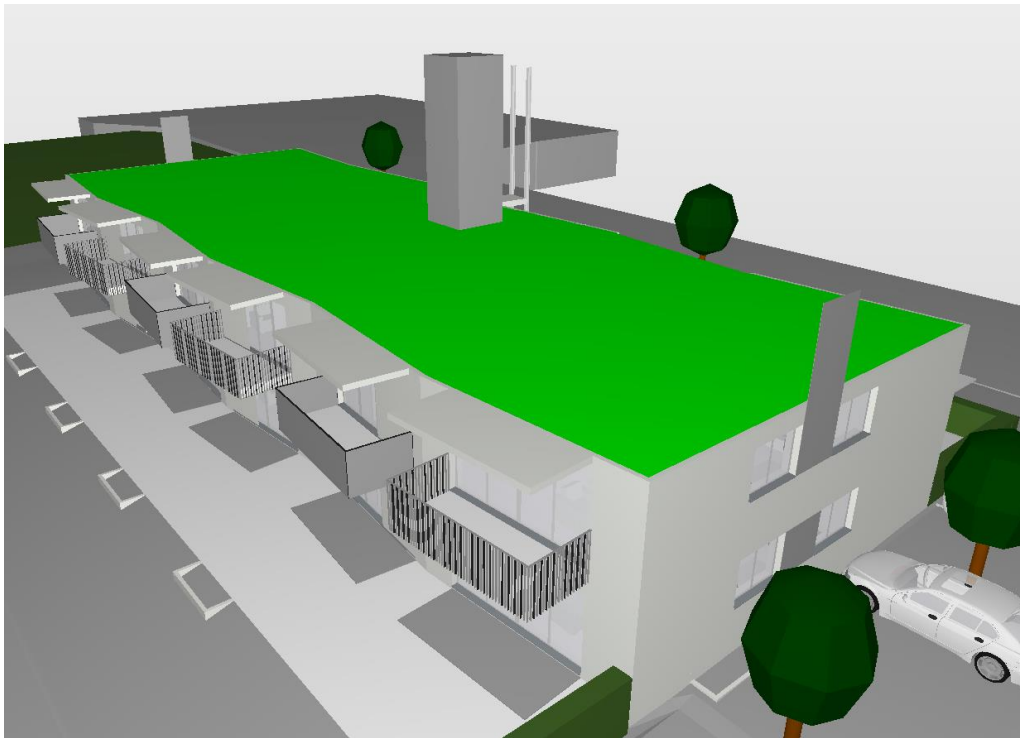


Abbildung 25: Bodenplatte/Rohdecke

Die Bodenplatten und Rohdecken sind im Modell alle modelliert. Es kann auch davon ausgegangen werden, dass dies bei anderen Modellen der Fall ist, weil sie die Basis für weitere Modellierungen bilden (**Informationsexistenz**).

Die **Geometrie** ist gut genug, um aussagekräftig für die Mengenermittlung zu sein. Es sind jedoch Fehler zu erkennen. Beispielsweise verläuft die Rohdecke nicht bis zur Außenkante, sondern schließt an die Wand an. Dies ist nicht realitätsnah, weil in der Praxis die Rohdecke über die Wand betoniert wird.

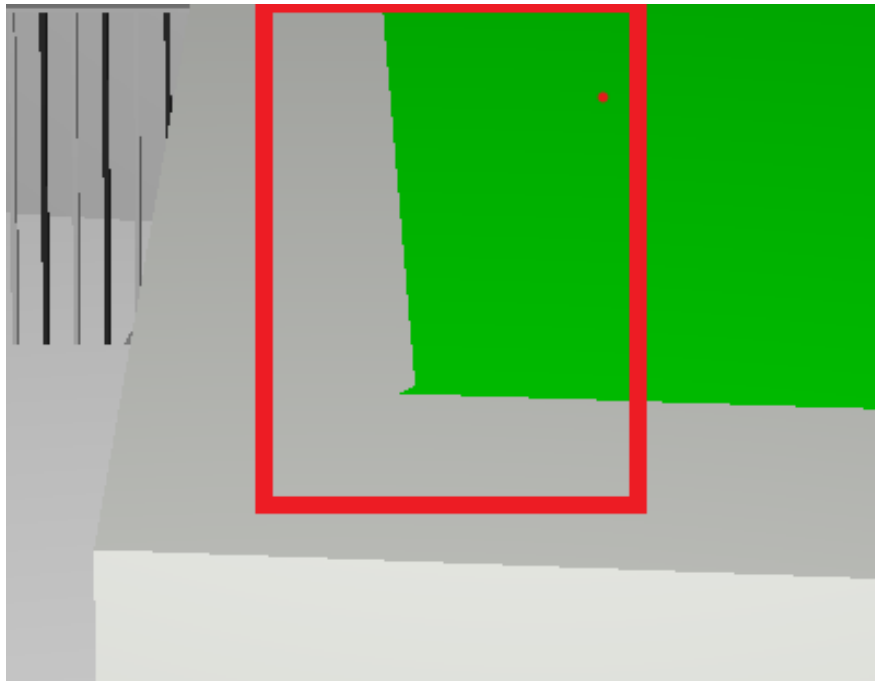


Abbildung 26: Geometrie Rohdecke

Es sind fünf der acht notwendigen **Eigenschaften** hinterlegt. Es fehlen die Eigenschaften Material, Güte und geschalte Fläche. Die geschalte Fläche könnte ein erfahrener Angebotskalkulator aus der Gesamtfläche ableiten.

7. Nutzungsart

Die **Informationsexistenz** der Nutzungsart wurde modelliert. Die **Geometrieanforderungen** sind auch erfüllt und die relevanten **Eigenschaften** modelliert. Das heißt, die Nutzungsart kann verwendet werden.

8. Rohwand

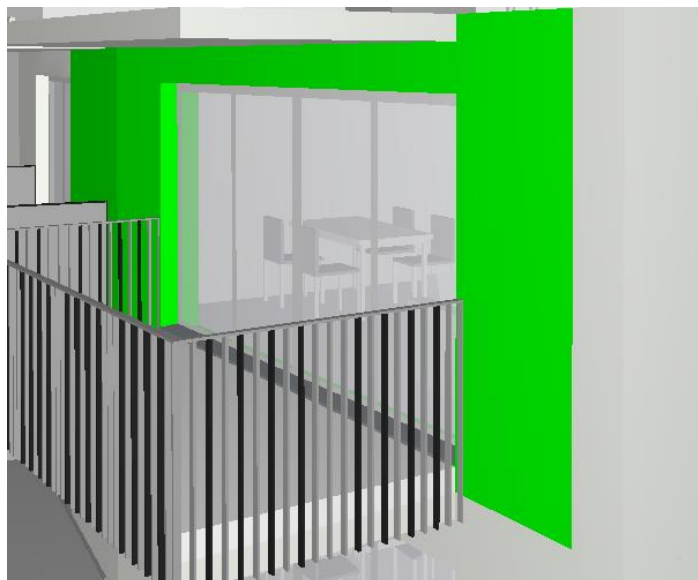


Abbildung 27: Rohwand

Informationsexistenzenz

Die Wände **existieren** im Modell. Die **Geometrie** lässt allerdings Probleme erkennen. Bei den Wänden wird kein Wandaufbau unterschieden. Es wird lediglich Außen- und Innenwand unterschieden. Dies bedeutet, dass Wände nur anhand ihrer Gesamtdicke unterschieden werden können. Dies ist daher allerdings nicht besonders aussagekräftig, weil es keine Informationen über die Wandanteile bietet. Es kann zum Beispiel nicht zwischen Beton und Wanddämmung unterschieden werden. Die **Eigenschaften** des Parameters Rohwand sind soweit vorhanden, dass sie teilweise verwendet werden könnte. Es können Volumen, Fläche, Länge, Höhe, Dicke und Geschoss als Filter verwendet werden. Dadurch, dass die Geometrie allerdings nicht passt, sind diese Informationen nutzlos.

9. Türen

Die Türen sind vorhanden (**Informationsexistenzenz**).

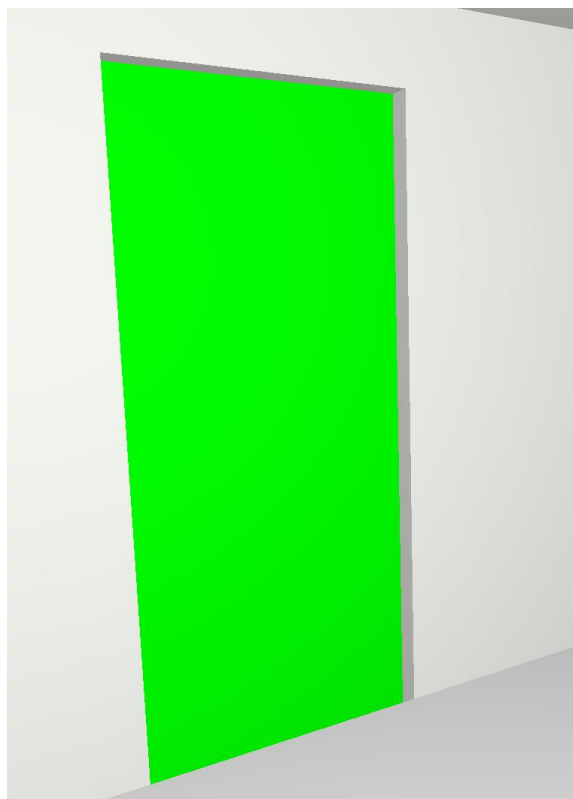


Abbildung 28: Tür

Die **Geometrie** der Türen ist realistisch genug für eine Mengenermittlung. Es sind einige notwendige **Eigenschaften** der Türen vorhanden, es fehlen allerdings das Material, die Güte und der Typ der Türen. Die Terrassentüren sind als Fenster hinterlegt.

10. Fenster

Die Fenster sind alle vorhanden (**Informationsexistenz**)

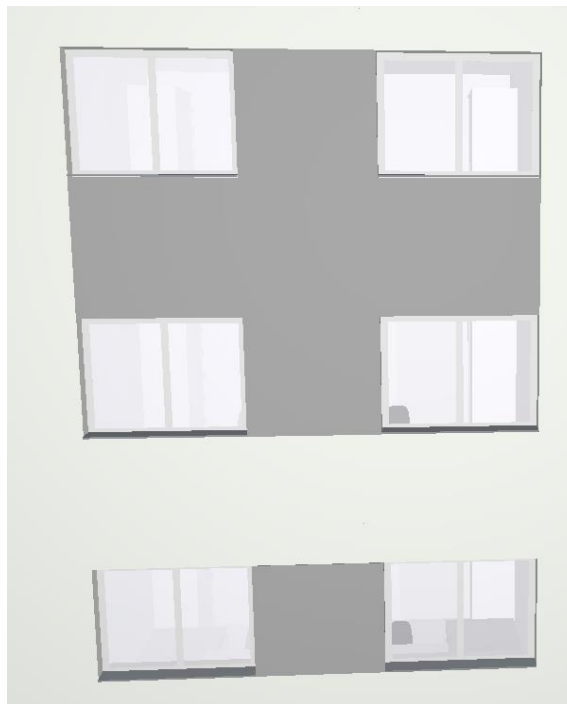


Abbildung 29: Fenster

Die Fenster befinden sich in einer **geometrisch** realistischen Lage. Die **Eigenschaften** der Fenster sind nur teilweise vorhanden. Die Fensterbauteile besitzen die notwendigen Bemaßungen. Es fehlen jedoch Informationen über Material und Fenstertyp. Diese Informationen können jedoch durch Interpretation nachgetragen auf Basis der anderen Eigenschaften nachgetragen werden.

11. Wandputz

Die Informationen des Wandputzes **existieren nicht**.

5.1.4 Erkenntnisse aus der Modellanalyse

Zunächst fasst Tabelle 5 die erarbeiteten Ergebnisse aus der Modellanalyse übersichtlich zusammen.

	Informationsexistenz	Geometrie	Eigenschaften													Typ			
			Volumen	Fläche	Breite	Länge	Höhe	Dicke	Umfang	Material	Güte	Geschaltete Fläche	Geschoss	Anzahl					
Individuelle Annahme																			
Balkon	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓					✓		✓	
Baugrube																			
Bodenbelag																			
Beton																			
Bodenplatte/Rohdecke	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓					✓			
Nutzungsart																			
Rohwand	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Türen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Fenster	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Wandputz																			

Tabelle 5: Eigene Darstellung: Übersicht Qualitätsprüfung

Mit der Modellanalyse konnte die letzte Unterforschungsfrage beantwortet werden:

Sind die angebotskalkulationsrelevanten Informationen in einem entsprechenden Modell vorhanden und abrufbar?

Zur Durchführung der Analyse des Fallbeispiels wurde die erarbeitete Methode zur Qualitätsprüfung schrittweise angewendet. Mithilfe der Grundlagen und der Prozessanalyse der Angebotsbearbeitung konnten die notwendigen Daten für eine Modellanalyse zum Zweck der modellbasierten Mengenermittlung gesammelt werden. Zur Analyse der gesammelten Daten wurden die identifizierten Zuordnungsparameter individuell auf ihre Qualität im Modell geprüft. Dies erfolgte nach den Faktoren Existenz, Geometrie und der jeweiligen Eigenschaften.

Die Ergebnisse des Fallbeispiels zeigen, dass das betrachtete Modell aus der Ausschreibungsphase weniger Informationen besitzt, als zunächst erwartet. Da Architekten des Bauherrn ihre individuellen Zwecke verfolgen, kommen sie zu unterschiedlichen Ansätzen für BIM. Für sie steht der Zweck der Planerstellung im Fokus. Das Ergebnis sind daher Modelle, die sich nicht in der Gesamtgeometrie oder dem Zweck des Entwurfs unterscheiden, sondern in der Art und Weise, wie die Informationen verarbeitet und organisiert sind.⁹² Die entsprechende Problematik liegt daher bei der Erstellung von Insellösungen, die nur einem bestimmten Zweck dienen.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass das Modell Informationen enthält, die mit geringem Durchführungsaufwand exportiert und einzeln verwendet werden können. Bei dieser Komplexität hilft das Prinzip der Zuordnungsparameter, die Anforderungen der Angebotsbearbeitung zu verstehen und die modellbasierte Mengenermittlung darin zu implementieren.

⁹² Vgl. Monteiro / Martins (2013), S. 241.

Auf Erkenntnisse über Herausforderungen und Einschränkungen bei der Mengenermittlung, die bei der Modellanalyse erkannt wurden, wird im Folgenden eingegangen:

1. *Entwurf nicht ausführungsgetreu*

Die Analyse des Fallbeispiels hat gezeigt, dass das Modell in der Entwurfsphase nicht die Detaillierung besitzt, um alle Zuordnungsparameter zu enthalten. Dies wirkt sich negativ auf eine mögliche modellbasierte Mengenermittlung aus.

2. *Beeinflussbarkeit der Modellerstellung*

Durch die Definition der Zuordnungsparameter wurden die Anforderungen für eine modellbasierte Angebotskalkulation definiert. Diese können jedoch nicht an die Architekten während der Ausschreibung weitergeben werden. Grund dafür ist die Tatsache, dass Züblin zu diesem Zeitpunkt als Bewerber agiert und keinen Einfluss auf die Modellqualität besitzt.

3. *Hoher Aufwand der Nachbearbeitung*

Es wäre theoretisch möglich, das Modell nachträglich zu bearbeiten. Dies heißt, das vorhandene Modell wird in einer Software überarbeitet, um dem Zweck der modellbasierten Mengenermittlung zu entsprechen. Die Nachbearbeitung würde auch den zukünftigen Prozess nach Auftragsvergabe weiterbringen.⁹³ Eine weitere Möglichkeit wäre eine Neumodellierung des Modells mit dem Zweck der modellbasierten Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung.

Zusammenfassend lässt sich die letzte Unterforschungsfrage also folgendermaßen beantworten: Die relevanten Informationen, in Form der definierten Zuordnungsparameter, sind teilweise vorhanden und abrufbar. Besonders detaillierte Eigenschaften, wie zum Beispiel Material und Güte, fehlen.

⁹³ Vgl. Borrmann u.a. (2015), S. 59.

5.2 Methodenentwicklung

Die Modellanalyse konnte aufzeigen, dass ein externes Modell in der Ausschreibungsphase nicht zwangsweise die Anforderungen an eine modellbasierte Mengenermittlung erfüllt. Das geprüfte Modell kann so nicht verwendet werden und müsste für den vorgesehenen Zweck der modellbasierten Mengenermittlung nachbearbeitet oder neu aufgebaut werden.

Das folgende Kapitel soll den Entscheidungsprozess der Angebotsbearbeitung in Singen vereinfachen, in dem es die Grundlage für eine Handlung bietet, wie mit vorliegenden externen Modellen umgegangen werden soll und eine Handlungsmöglichkeit nach den technischen Kriterien empfiehlt. Ziel der Entwicklung ist eine Exceltabelle, die eine Abfrage von Informationen durchführt und aus diesen Ergebnissen eine Handlungsempfehlung ausspricht.

Grundlage für eine entsprechende fundierte Entscheidung ist das Festlegen von Kriterien, nach denen eine Bewertung der externen Modelle durchgeführt werden kann.⁹⁴

Die Kriterien leiten sich aus den Grundlagen in Kapitel 3.2 und dem Vorgehen in der Modellanalyse (s. *Kapitel 5.1.2*) ab. Sie definieren die relevanten Aspekte der modellbasierten Mengenermittlung.

Es wird bei jedem Kriterium zwischen erfüllt (3 Punkte), teilweise erfüllt (2 Punkte) und nicht erfüllt (1 Punkt) unterschieden. Die Punktvergabe des jeweiligen Kriteriums läuft wie folgt ab.

⁹⁴ Vgl. Horváth / Ronald (1997), S.128 ff. ; Herbst (2014), S.25 ff.

5.2.1 Anforderungen an ein BIM-Modell

Wie Kapitel 5.1.2 zeigt werden beim ersten Prüfungsvorgang die Anforderungen an ein BIM-Modell geprüft. Dabei sollen allerdings nur die Kriterien Intelligenz und Single Source of Truth erfüllt sein, weil das Kriterium Zweck aufgrund der baubetrieblichen Phase der Ausschreibung nie erfüllt sein kann, da der Zweck zu diesem Zeitpunkt die Erstellung der Entwurfspläne und nicht eine Mengenermittlung ist.

- **Erfüllt (3):** Es sind sowohl Intelligenz, Single Source of Truth als auch Zweck erfüllt.
- **Teilweise erfüllt (2):** Es sind nur Intelligenz und Single Source of Truth erfüllt.
- **Nicht erfüllt (1):** Es ist nur eines oder kein Kriterium erfüllt.

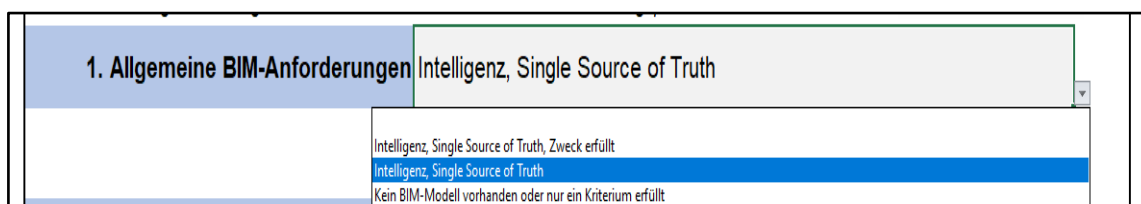


Abbildung 30: Eigene Darstellung: Abfrage Anforderungen

5.2.2 Informationsexistenz

Wie die Modellanalyse gezeigt hat, ist die erste Voraussetzung für eine modellbasierte Mengenermittlung, dass die entsprechenden Bauteile oder in diesem Fall Zuordnungsparameter grundsätzlich modelliert wurden. Bei der Bewertung der Informationsexistenz wird zwischen folgenden Bewertungen unterschieden.

- **Erfüllt (3):** Alle Zuordnungsparameter mit Ausnahme dem der „individuellen Annahme“ sind modelliert.
- **Teilweise erfüllt (2):** Die kostenrelevantesten Zuordnungsparameter sind modelliert. Dazu gehören Bodenplatte/Rohdecke, Wände, Beton und Rohbalkon.
- **Nicht erfüllt (1):** Die Zuordnungsparameter sind nicht modelliert.

In der Abfrage der Entscheidungsgrundlage wird die Existenz jedes Zuordnungsparameter einzeln abgefragt und die Punktzahl aus der entsprechenden Auswahl automatisch berechnet.

2. Informationsexistenz des jeweiligen Zuordnungsparameters	
a Bodenplatte/Rohdecke:	Ja
b Wände:	Nein
c Beton:	Nein
d Rohbalkon:	Ja
e Attika:	Ja
f Aussparungen:	Ja
g Baugrube:	Ja
h Wand-, Bodenbelag:	Ja
i Blechabdeckung:	Ja
j Dach:	Ja
k Fundament:	Ja
l Fassade:	Ja
m Fenster:	Ja
n Konsole:	Ja
o Laibungen:	Ja
p Lichtkuppeln:	Ja
q Nutzungsart:	Ja
r Rohpodest:	Ja
s Rohstütze:	Ja
t Rohtrappe:	Ja
u Türen:	Ja
v Wandputz:	Ja
w Wohnungen:	Nein

Abbildung 31: Eigene Darstellung: Abfrage Zuordnungsparameter

5.2.3 Geometrie

Die Bewertung der Geometrie erfolgt folgendermaßen:

- **Erfüllt (3):** Es sind keine Kollisionen zwischen einzelnen Bauteilen vorhanden.
- **Teilweise erfüllt (2):** Es sind teilweise Kollisionen im Modell vorhanden aber eine modellbasierte Mengenermittlung kann trotz dieser Kollisionen durchgeführt werden.
- **Nicht erfüllt (1):** Die Anzahl der Kollisionen zwischen einzelnen Bauteilen ist so hoch, dass keine aussagekräftige Mengenermittlung möglich ist oder die Modellierung ist nicht realistisch.

3. Geometrie	
Wie viele Kollisionen sind vorhanden?	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> Es sind keine Kollisionen zwischen Bauteilen vorhanden </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; background-color: #0070c0; color: white; margin-top: 2px;"> Es sind keine Kollisionen zwischen Bauteilen vorhanden </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 2px;"> Es sind Kollisionen vorhanden, sie beeinflussen die Mengenermittlung nur marginal </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 2px;"> Es sind zu viele Kollisionen für eine realistische Mengenermittlung vorhanden </div>

Abbildung 32: Eigene Darstellung: Abfrage Geometrie

5.2.4 Eigenschaften

- **Erfüllt (3):** Alle notwendigen Eigenschaften der existierenden Zuordnungsparameter sind vorhanden.
- **Teilweise erfüllt (2):** Es sind nur Eigenschaften der RICS Liste vorhanden (s. *Kapitel 3.3*).
- **Nicht erfüllt (1):** Es sind keine Eigenschaften vorhanden.

4. Eigenschaften vorhanden?	
RICS-Liste: (Anzahl, Länge, Fläche, Volumen, Tonnen)	<input checked="" type="checkbox"/>
Geschoss	<input checked="" type="checkbox"/>
Materialien	<input type="checkbox"/>
Typ/Güte	<input type="checkbox"/>

Abbildung 33: Eigene Darstellung: Abfrage Eigenschaften

5.2.5 Gewichtung der Kriterien

Da die Kriterien unterschiedliche Einflüsse auf die Verwendbarkeit in der modellbasierte Mengenermittlung haben, muss die jeweilige Relevanz definiert werden. Eine mögliche Vorgehensweise zur Gewichtung von Bewertungskriterien ist ein paarweiser Vergleich.⁹⁵

Hier werden die Kriterien in einer Tabelle in Zeile und Spalte aufgelistet und im Anschluss können jeweils zwei Kriterien miteinander verglichen und abgewogen werden. Beim Abwägen werden 10 Punkte zwischen zwei Kriterien aufgeteilt und dabei erhält das wichtigere Kriterium mehr Punkte. Die Gesamtrelevanz lässt sich dann durch den relativen Anteil der zugesprochenen Punkte bewerten.⁹⁶

Das Ergebnis dieser Priorisierung kann in der folgenden Tabelle eingesehen werden.

⁹⁵ Vgl. Reischl., S. 34 ff.

⁹⁶ Vgl. Kühnapfel (2019), S. 15.

Priorisierung der Kriterien	Anforderungen BIM-Modell					Anteil
	Anforderungen BIM-Modell	Informationsexistenz	Geometrie	Eigenschaften	Σ	
Anforderungen BIM-Modell	7	7	9	23	38,3%	
Informationsexistenz	3	6	9	18	30,0%	
Geometrie	3	4	8	15	25,0%	
Eigenschaften	1	1	2	4	6,7%	
				60	100%	

Abbildung 34: Eigene Darstellung: Priorisierung der Bewertungskriterien⁹⁷

Wie in Abbildung 21 bereits visualisiert sind die Prüfung der Anforderungen an ein BIM-Modell die Grundvoraussetzung für das weitere Vorgehen.

5.2.6 Auswahl der Handlungsmöglichkeiten

Die Erkenntnisse aus der Modellanalyse zeigten die Relevanz von individuellen Entscheidungen abhängig von der Modellqualität. Aus diesem Grund werden im Anschluss die möglichen Handlungen abhängig von der Qualität definiert.

1. Verwendung des bestehenden Architekturmodells

Die aufwandsärmste Methode ist die Verwendung des bestehenden Modells. Aufgrund des geringen Aufwands ist dies auch die attraktivste Variante und Thema der vorliegenden Thesis. Dafür muss das Modell allerdings den erarbeiteten Qualitätsanforderungen entsprechen.

⁹⁷ Vgl. Ebd.

2. Zweckorientierte Neumodellierung

Wie bereits in Kapitel 3.1.2 beschrieben, kann ein Modell nach Level 1 dem entsprechenden Zweck der Mengenermittlung für die Angebotsbearbeitung entsprechen. Dafür muss ein Modell auf Basis der vorliegenden 2D-Pläne vollständig modelliert werden. Dies birgt einen erheblichen zeitlichen Aufwand.⁹⁸ Diese Möglichkeit wird in Stuttgart praktiziert, kann für Singen allerdings nur bei besonders schlecht bewerteter Modellqualität in Betracht gezogen werden.

3. Nachbearbeitung des bestehenden Architekturmodells

Eine weitere Möglichkeit der modellbasierten Mengermittlung ist die Verwendung des bestehenden Modells der Architekten aus der Ausschreibungsphase. Dafür kann das Modell mit unterschiedlichen Software-Tools nachbearbeitet werden.

5.2.7 Festlegung der Grenzwerte

Mithilfe der festgelegten Relevanz der jeweiligen Bewertungskriterien kann nun ein Minimal-Szenario für jede Handlungsmöglichkeit definiert werden. Dabei erhält jedes Kriterium das absolute Punktniveau, das für die jeweilige Handlungsmöglichkeit benötigt wird.

Abbildung 35 veranschaulicht das Prinzip.

		Worst-Case Anforderungen					
		Benutzen		Nachbearbeiten		Neumodellieren	
Priorisierung der Kriterien	Anteil	Punkte	Minimum Benutzen	Punkte	Minimum Benutzen	Punkte	Minimum Benutzen
Anforderungen BIM-Modell	38,3%	2	0,8	2	0,8	1	0,4
Informationsexistenz	30,0%	2	0,6	2	0,6	1	0,3
Geometrie	25,0%	2	0,5	1	0,3	1	0,3
Eigenschaften	6,7%	2	0,1	1	0,1	1	0,1
Gewichtete Gesamtpunktzahl	100%	2,0		1,7		1,0	

Abbildung 35: Eigene Darstellung: Evaluierung der Worst-Case Anforderungen

⁹⁸ Vgl. Wijayakumar u.a. (2013), S. 72.

Die gewichteten Gesamtpunkte des jeweiligen Worst-Cases der zugehörigen Handlungsmöglichkeiten ergeben die Grenzwerte. Ab diesen Grenzwerten wird sich für die nächste Handlungsmöglichkeit entschieden

Auf Basis dieser Grenzwerte ergibt sich folgende Abbildung.

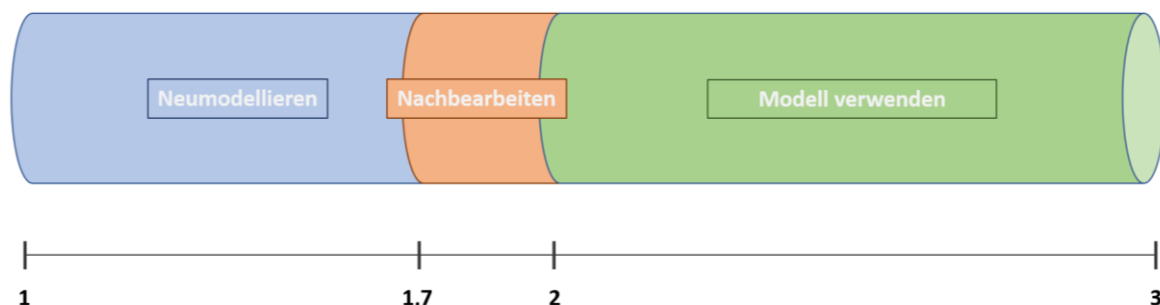


Abbildung 36: Eigene Darstellung: Entscheidungsgrundlage der Handlungsmöglichkeiten

Nachdem durch die Grenzwerte die Entscheidungsgrundlage für Handlungsempfehlungen definiert wurde kann anhand des Fallbeispiels aus der Modellanalyse eine exemplarische Entscheidungsmatrix erstellt werden.

Dabei wird das betrachtete Gebäudemodell auf Basis der vorliegenden Modellanalyse gemäß den definierten Bewertungskriterien folgendermaßen bewertet.

	Relevanz	Fallbeispiel	
		Punkte	Gewichtete Punktzahl
Anforderungen BIM-Modell	38,3%	2	0,8
Informationsexistenz	30,0%	1	0,3
Geometrie	25,0%	1	0,3
Eigenschaften	6,7%	2	0,1
Gesamt	100,0%		1,5
<i>Empfohlenes Vorgehen:</i>			Neumodellieren

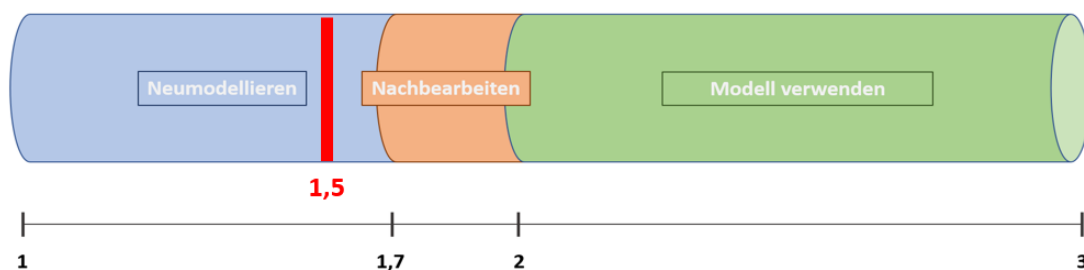


Abbildung 37: Eigene Darstellung: Bewertung des Fallbeispiels

Die Entscheidungsmatrix empfiehlt auf Basis der hergeleiteten Entscheidungskriterien die Neumodellierung. Ob sich dies allerdings in Bezug auf den Modellierungsaufwand und die Dauer der Angebotsbearbeitung wirtschaftlich lohnt, kann nicht geprüft werden. Fakt ist, dass am Standort Stuttgart, an dem Modelle neumodelliert werden, die Angebotsbearbeitung länger dauert. Die einzige Alternative ist die klassische Mengenermittlung, die in Singen aktuell noch den Status Quo darstellt.

5.2.8 Erstellung der Entscheidungsgrundlage

Auf Basis der dargelegten Entscheidungskriterien wird eine Excel-Datei erstellt, die als Entscheidungsgrundlage dient. Alle relevanten Entscheidungsfaktoren werden darin abgefragt und auf der priorisierten Bewertung eine Handlungsempfehlung automatisiert ausgesprochen.

1	2	3	4	5	6
Auswahlmöglichkeiten	Punkte	Anforderungen BIM-Modell	Informationsexistenz	Geometrie	Eigenschaften
		38,33%	30,00%	25,00%	6,67%
Erfüllt	3	Intelligenz, Single Source of Truth, Zweck erfüllt	Ja	Es sind keine Kollisionen zwischen Bauteilen vorhanden	Alle notwendigen Eigenschaften der existierenden Zuordnungsparameter sind vorhanden
Teilweise erfüllt	2	Intelligenz, Single Source of Truth	Nein	Es sind Kollisionen vorhanden, sie beeinflussen die Mengenermittlung nur marginal	Es sind nur Eigenschaften der RICS Liste vorhanden
Nicht erfüllt	1	Kein BIM-Modell vorhanden oder nur ein Kriterium erfüllt		Es sind zu viele Kollisionen für eine realistische Mengenermittlung vorhanden	Es sind keine Eigenschaften vorhanden

Abbildung 38: Eigene Darstellung: Entscheidungsgrundlage

Auf Basis der Entscheidungsgrundlage kann eine Oberfläche erstellt werden, die alle notwendigen Informationen abfragen kann. Diese Oberfläche zeigt Abbildung 39.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass die erstellte Handlungsempfehlung lediglich eine technische Empfehlung ausspricht. Wirtschaftliche Faktoren wie Zeit, personelle Ressourcen oder Kosten werden dabei nicht berücksichtigt. Außerdem wird in diesem Szenario nur der Anwendungsfall der vollständigen modellbasierten Mengenermittlung betrachtet. Eine anteilige Verwendung des Modells, beispielsweise für den Rohbau wird nicht betrachtet.


Handlungsempfehlung zur Nutzung der Modellbasierten Mengenermittlung in der Angebotskalkulation 	
<i>Prüfung des vorliegenden Architektenmodells aus der Ausschreibungsphase</i>	
1. Allgemeine BIM-Anforderungen:	Intelligenz, Single Source of Truth
2. Informationsexistenz des jeweiligen Zuordnungsparameters	
a Bodenplatte/Rohdecke:	<input type="text"/>
b Wände:	<input type="text"/>
c Beton:	<input type="text"/>
d Rohbalkon:	<input type="text"/>
e Attika:	<input type="text" value="Ja"/>
f Aussparungen:	<input type="text" value="Ja"/>
g Baugrube:	<input type="text" value="Ja"/>
h Wand-, Bodenbelag:	<input type="text" value="Ja"/>
i Blechabdeckung:	<input type="text" value="Ja"/>
j Dach:	<input type="text" value="Ja"/>
k Fundament:	<input type="text" value="Ja"/>
l Fassade:	<input type="text" value="Ja"/>
m Fenster:	<input type="text" value="Ja"/>
n Konsole:	<input type="text" value="Ja"/>
o Laibungen:	<input type="text" value="Ja"/>
p Lichtkuppeln:	<input type="text" value="Ja"/>
q Nutzungsart:	<input type="text" value="Ja"/>
r Rohpodest:	<input type="text" value="Ja"/>
s Rohstütze:	<input type="text" value="Ja"/>
t Rohtrappe:	<input type="text" value="Ja"/>
u Türen:	<input type="text" value="Ja"/>
v Wandputz:	<input type="text" value="Ja"/>
w Wohnungen:	<input type="text" value="Nein"/>
3. Geometrie	
Wie viele Kollisionen sind vorhanden?	Es sind keine Kollisionen zwischen Bauteilen vorhanden
4. Eigenschaften vorhanden?	
RICS-Liste: (Anzahl, Länge, Fläche, Volumen, Tonnen)	<input checked="" type="checkbox" value="checked"/>
Geschoss	<input checked="" type="checkbox" value="checked"/>
Materialien	<input type="checkbox"/>
Typ/Güte	<input type="checkbox"/>
Empfohlenes Vorgehen:	Vorhandenes Modell nachbearbeiten

Abbildung 39: Eigene Darstellung: Handlungsempfehlung

6 Fazit

Mithilfe der vorliegenden Masterthesis sollte eine Antwort auf die folgende Forschungsfrage gefunden werden:

Wie kann entschieden werden, welches Vorgehen für eine modellbasierte Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung technisch betrachtet empfohlen wird?

Um diese Forschungsfrage zu beantworten, war es das Ziel der Arbeit eine Entscheidungsgrundlage zu entwickeln, die eine Handlungsempfehlung ausspricht.

Im ersten Schritt wurde identifiziert, welche Anforderungen an die modellbasierte Mengenermittlung durch die Angebotsbearbeitung gefordert sind und welche Prozesse bereits an anderen Standorten den Status Quo darstellen.

Außerdem sollte anhand eines Fallbeispiels analysiert werden, welche Modellqualität in der Ausschreibungsphase zu erwarten ist und welche Erkenntnisse aus dieser Analyse abgeleitet werden können. Mithilfe dieser Analyse konnten Kriterien und Bewertungsgrenzen festgelegt werden, die für eine Handlungsempfehlung benötigt werden.

In einem ersten Schritt wurden die relevanten Grundlagen zur Ausschreibung, Angebotsbearbeitung und modellbasierten Mengenermittlung aus der Literatur vorgestellt und daraus relevante Aspekte für die vorliegende Fragestellung erarbeitet. Dabei wird geprüft, ob das Modell die Kriterien an ein BIM-Modell erfüllt. Im zweiten Schritt werden dann Prüfkriterien abgefragt, die einen Ausdruck über die Möglichkeit einer modellbasierten Mengenermittlung im Anwendungsgebiet der Angebotsbearbeitung geben.

Auf Basis der Grundlagen konnte eine qualitative Analyse der Angebotsbearbeitung bei der Ed. Züblin AG entwickelt werden. Mithilfe der Herleitung von Informationen durch Experteninterviews konnte das Verständnis für den Prozess, die Standortunterschiede und die Rolle der modellbasierten Mengenermittlung erarbeitet werden. Speziell der Standortvergleich lieferte Erkenntnisse über modellbasierte Mengenermittlungen in der Angebotsbearbeitung und die zu beachtenden Aspekte. Diese Ergebnisse lieferten Antworten zu der zweiten Unterforschungsfrage:

Was sind die essentiellen Unterschiede bei der Angebotsbearbeitung der Ed. Züblin AG an unterschiedlichen Standorten und können dank diesen Informationen Rückschlüsse auf die Anforderungen der Angebotskalkulation an die modellbasierte Mengenermittlung gezogen werden?

Mithilfe der Analyse des Kalkulationsprozesses und einer beispielhaften Angebotskalkulation eines Projektes bei der Ed. Züblin AG wurde außerdem ein Ansatz herausgearbeitet und die Kategorie der Zuordnungsparameter entwickelt, identifiziert und priorisiert. Dieses Prinzip soll die Weiterverwendungsmöglichkeiten der Zuordnungsparameter verdeutlichen. Andernfalls hätte jede Menge der 680 Positionen aus dem Fallbeispiel individuell ermittelt werden müssen.

Durch die Zuordnungsparameter kann die Zuordnung der Mengen in der Angebotsbearbeitung für BIM-Manager und andere Beteiligte transparent gemacht werden. Das Prinzip der Transparenzförderung an Schnittstellen ist dabei eine hervorzuhebende Erkenntnis.

Wichtige Kriterien bei der Identifikation der Zuordnungsparameter waren dabei, dass eine Mengenermittlung mit geringem Aufwand und anhand weniger bauteilspezifischen Informationen durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund wurde eine Sensitivitätsanalyse in Form eines Tornado-Charts durchgeführt, die den Einfluss von Mengenänderungen des jeweiligen Zuordnungsparameters auf die Gesamtkosten darstellt. Aufbauend auf diesen Informationen konnten relevante Zuordnungsparameter als Anforderungen an die Modelle identifiziert werden.

Das Ergebnis der Modellanalyse des Fallbeispiels hat gezeigt, dass teilweise eine modellbasierte Mengenermittlung anhand weniger Parameter und mit geringem Durchführungsaufwand möglich ist. Zusätzlich lieferte die Analyse Ergebnisse über fehlende Informationen. So ist die Verfügbarkeit und Qualität der Daten, die zur Herleitung der Mengen benötigt werden, ausschlaggebend für eine modellbasierte Mengenermittlung in der Angebotsbearbeitung.

Die aus diesen Erkenntnissen entwickelte Entscheidungsgrundlage hilft dabei, zukünftige Modelle auf das weitere Vorgehen zu prüfen. Dabei können Beteiligte mit einem geringen technischen Erfahrungsstand in den Bereichen der modellbasierten

Mengenermittlung und Angebotsbearbeitung schnell prüfen, welche Möglichkeit bzgl. BIM sie in der Angebotsbearbeitung haben.

Das Ergebnis der Abfrage stellt eine Handlungsempfehlung dar, wie mit einem vorliegenden Modell aus der Ausschreibung vorgegangen werden kann. Dabei wird zwischen verwendbar, nachzubearbeiten und neumodellieren unterschieden. Die Entscheidung beruht auf den erläuterten Kriterien.

Abschließend soll an dieser Stelle ein kurzer Ausblick über die zukünftige Entwicklung der Thematik gegeben werden.

7 Ausblick

In der Literatur wird in Bezug auf Kostenabschätzungen häufig auf die Möglichkeitsvielfalt verwiesen, die der Einsatz von BIM mit sich bringt. Zukünftig ist deshalb auch eine breitere Anwendung dieser Ansätze in der Praxis zu erwarten. Auch die Anwendung einer modellbasierten Mengenermittlung, wie sie in dieser Arbeit beschrieben ist, wird in der Praxis immer häufiger eingesetzt. Bei der Berücksichtigung von wirtschaftlichen Faktoren können die erfassten Kategorien aus dem Standortvergleich Abhilfe schaffen, in dem sie einen Überblick über Potential und Ressourcen liefern.

Wie auch der Exkurs in den internationalen Kontext gezeigt hat, ist es wichtig, dass Standardisierungen bei BIM-Abläufen helfen.

Für die Ed. Züblin AG in Singen heißt das, es können Anforderungen für jeden Anwendungsfall definiert werden, um so langfristig einen vernetzten BIM-basierten Prozess zu etablieren. Der Fokus sollte darauf liegen, Lösungen zu entwickeln, die einen Mehrwert für den Gesamtprozess, also die Begleitung aller baubetrieblicher Leistungsphasen liefern. Für die Angebotsbearbeitung können auf Basis der Zuordnungsparameter nun relevante Informationen vereinfacht abgerufen und dem Kalkulator vorgelegt werden.

8 Literaturverzeichnis

Alshabab / Shick / Vysotskiy / A.E.: BIM-Based Quantity Takeoff (2017), in: Construction of Unique Buildings and Structures.

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

Baldwin, Mark (2018): Der BIM-Manager. Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement, Berlin.

Baur, Nina / Blasius, Jörg (Hrsg.) (2014): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung, Wiesbaden.

Berner, Fritz / Kochendörfer, Bernd / Schach, Rainer (2007): Baubetriebswirtschaft. 1. Aufl., Wiesbaden.

Borrmann, André / König, Markus / Koch, Christian / Beetz, Jakob (2015): Building Information Modeling, Wiesbaden.

Bühler, Michael (2019/2020): Shaping the Future of the Engineering Profession. A necessary breakthrough in mindset and culture to future-proof our industry, in: VDI Bautechnik.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2020): Langfristige Strukturentwicklungen im Baugewerbe., in: Die Bautätigkeit in Deutschland, Bonn.

Eastman, Charles / Teicholz, P. / Sacks R. / Liston (2011): BIM handbook. a guide to building information modeling for owners, managers, designers. 2. Aufl., New Jersey.

Egger Martin / Hausknecht, Kerstin / Liebich, Thomas / Przybylo (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland, in: ZukunftBAU.

Fischer, Peter / Maronde, Michael / Schwiers, Jan A. (2007): Das Auftragsrisiko im Griff. Ein Leitfaden zur Risikoanalyse für Bauunternehmer ; mit 8 Tabellen. 1. Aufl., Wiesbaden.

Friedrichsen, Stefanie / Ahting, Steffen (2021): Investition und Finanzierung im Bauunternehmen, Wiesbaden.

-
- Girmscheid, Gerhard (2015): Angebots- und Ausführungsmanagement-prozessorientiert, Berlin, Heidelberg.
- Girmscheid, Gerhard / Motzko, Christoph (2013): Kalkulation, Preisbildung und Controlling in der Bauwirtschaft, Berlin, Heidelberg.
- Gläser / Jochen / Laudel / Grit (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen.
- Gralla, Mike (2011): Bauprozessmanagement, Köln.
- Herbst, Philippe: Methode und Anwendung eines parametrisches Kostenmodells zur frühzeitigen Vorhersage der Produktentstehungskosten, Paderborn.
- Horváth, Péter / Ronald, Kai (1997): Vergleichende Betrachtung der bekanntesten Kalkulationsmethoden für das kostengünstige Konstruieren, Wiesbaden.
- Husin, Albert Eddy / Setyawan, TriLeksana / Mediyanto, Hari / Kussumardianadewi, Bernadette Detty / Husin, Michael Kelvin Husin (2019): Key Success Factors Implementing BIM Based Quantity Take-off in Fit-Out Office Work using Relative Importance Index.
- Kaiser, Robert (2021): Qualitative Experteninterviews. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung. 2. Aufl., Wiesbaden.
- Kessel, Tanja / Gawlitta, Marcel / Hilbig, Corinna / Walther, Martina (2015): Aspekte der Baubetriebslehre in Forschung und Praxis, Wiesbaden.
- Kühnapfel, Jörg B (2019): Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb, Wiesbaden.
- Leimböck / Egon / Klaus / Ulf Rüdiger / Hölkermann / Oliver (2015): Baukalkulation und Projektcontrolling. unter Berücksichtigung der KLR Bau und der VOB, Berlin, Heidelberg.
- Monteiro, André / Martins Joao Pocas (2013): A survey on modelin guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design, in: Automation in Construction.
- Pistora, Rudi (2021): BIM-Nutzung im Ländervergleich. Wer führt bei der Implementierung in Europa?, in: Allgemeine Bauzeitung.

Reischl, Christian (2001): Simulation von Produktkosten in der Entwicklungsphase, München.

Remes, Jana / Manyika / Bughin /Wotzel / Mischke / Krishnan (2018): Solving the productivity puzzle, in: McKinsey Global Institute.

Schreyer / Marcus (2016): BIM - Einstieg kompakt für Bauunternehmer. BIM Methoden in der Bauausführung, Berlin.

Sommer, Hans (2016): Projektmanagement im Hochbau. 4. Aufl., Berlin, Heidelberg.

Stange, Matthias (2020): Building Information Modelling im Planungs- und Bauprozess, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2022): Arbeitsproduktivität je Stunde nach Wirtschaftsbereichen, Wiesbaden.

Van Treeck, Christoph / Elixmann, Robert / Rudat, Klaus / Hiller, Sven / Herkel, Sebastian / Berger, Markus (Hrsg.) (2016): Gebäude. Technik. Digital. Building Information Modeling. 1. Aufl., Berlin, Heidelberg.

Varma, A. / Manideep, T. / Asadi, SS. (2016): A critical comparison of quantity estimation traditional method vs plan. A case study, in: International Journal of Civil Engineering and Technology.

Wijayakumar / Mayouran / Jayasena / Himel Suranga (2013): Automation of BIM Quantity Take-off to suit QS's Requirements., Colombo, Sri Lanka.

Anhänge

- A. Anhang 1: Auszug Unternehmensbroschüre**
- B. Anhang 2: Ausschreibungsarten**
- C. Anhang 3: Ablauf Angebotskalkulation Singen**
- D. Anhang 4: Ablauf Angebotsbearbeitung Singen**
- E. Anhang 5: Leitfaden Experteninterviews**
- F. Anhang 6: Transkript Singen**
- G. Anhang 7: Transkript Langenargen**
- H. Anhang 8: Transkript Stuttgart**
- I. Anhang 9: Auszug Solibri Prüfregelein**
- J. Anhang 10: Positionsanalyse**

A: Anhang 1: Auszug Unternehmensbroschüre

Wir nehmen Bauaufgaben als Ganzes in den Blick.

Video:
ZÜBLIN Unternehmensfilm



ZÜBLIN ist seit fast 120 Jahren im Geschäft. Gerade deshalb treibt uns die Frage um: Was müssen wir in Zukunft können, um Bauwerke optimal zu errichten? Ob Digitalisierung oder neue ökologische und gesellschaftliche Anforderungen: im Kompetenzverbund mit STRABAG nehmen wir Bauaufgaben als Ganzes in den Blick.

Seit der Gründung im Jahr 1898 durch den Schweizer Ingenieur Eduard Züblin überzeugt das Unternehmen durch seine Innovationskraft, die sich in intelligenten Konstruktionen, neuen Baustoffen und fortschrittlichen Fertigungsmethoden niederschlägt. So sind wir zur Nummer eins im deutschen Hoch- und Ingenieurbau aufgestiegen.

Unseren Erfolg verdanken wir dem Ideenreichtum und Engagement von rund 14.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die als ein großes Team auch komplexe Bauvorhaben durch perfekte Abläufe termingerecht und zum besten Preis realisieren.

Dabei setzt ZÜBLIN auf konstruktive und partnerschaftliche Zusammenarbeit, exzellentes Ingenieurwissen und die Digitalisierung von Bauprozessen. In interdisziplinären Forschungsteams fließt das Wissen hochqualifizierter Fachleute zusammen und verbindet sich zu Gesamtleistungen, die durch Wirtschaftlichkeit, höchste Qualität und Umweltbewusstsein Maßstäbe setzen.



1+ 2 ZÜBLIN-Haus, Stuttgart;
© Tom Philipp / 3 Z1up-Projektzone
ZÜBLIN-Haus, Stuttgart / 4 Z-zwo,
Stuttgart / 5 Z3, Stuttgart



B: Anhang 2: Ausschreibungsarten

Nach VOB, Teil A können dabei allerdings folgende zwei unterschiedliche Arten der Ausschreibung unterschieden werden:

- **Die funktionale Leistungsbeschreibung⁹⁹**

Eine funktionale Leistungsbeschreibung oder Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm enthält alle relevanten Informationen, die für die Ausführung der Bauleistung nötig sind. Dazu gehören Entwurfspläne, Anforderungen an die unterschiedlichen Leistungen und eine Beschreibung der Aufgabe. Ziel dabei ist, dass das Bauunternehmen die „technisch, wirtschaftlich und gestalterisch und funktionsgerechteste Lösung selbst wählen kann.“¹⁰⁰

- **Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV)¹⁰¹**

Beim LV wird, im Gegensatz zur funktionalen Leistungsbeschreibung die auszuführende Bauleistung genaustens in Teilleistungen gegliedert. In Tabellenform wird dabei spaltenweise

- 1 Position
- 2 Beschreibung der Leistung
- 3 Voraussichtliche Menge der jeweiligen Teilleistung
- 4 Der Einheitspreis
- 5 Der Gesamtpreis

aufgeführt.¹⁰² Nach Girmscheid und Schwerdtner lassen sich nachfolgende Schritte der Angebotsbearbeitung definieren:

- Akquisition
- Entscheidung über Angebotsbearbeitung
- Vertragsprüfung
- Angebotskalkulation
- Angebotseinreichung
- Vergabeverhandlungen
- Auftragserteilung^{103 104}

⁹⁹ Vgl. VOB/A.

¹⁰⁰ Leimböck u.a. (2015), S. 29.; Vgl. Girmscheid / Motzko (2013), S. 29.

¹⁰¹ Vgl. VOB/A.

¹⁰² Vgl. Girmscheid / Motzko (2013), S. 29.

¹⁰³ Vgl. Girmscheid (2015), S. 51 ff.; Schwerdtner (2018), S. 225.

¹⁰⁴ Vgl. Schwerdtner (2018), S. 225.

C: Anhang 3: Unterschied zwischen Architektenmodell und Architektenentwurf

Nachdem in Kapitel 2.2.2 die Notwendigkeit der Mengen für eine vollständige Angebotskalkulation beschrieben wurde, soll das vorliegende Kapitel das Verständnis für die möglichen Quellen dieser Mengen liefern. Es gibt unterschiedliche Arten, wie die Mengen für die Angebotskalkulation entstehen, also auf welcher Basis die Mengenermittlung durchgeführt werden kann. Dies ist abhängig vom Inhalt der Ausschreibungsunterlagen. Der basiert auf der Arbeit der Planung des Bauherrn durch die Architekten. Diese können die Unterlagen auf unterschiedliche Weisen erstellen. Abbildung 40 zeigt dies anschaulich.

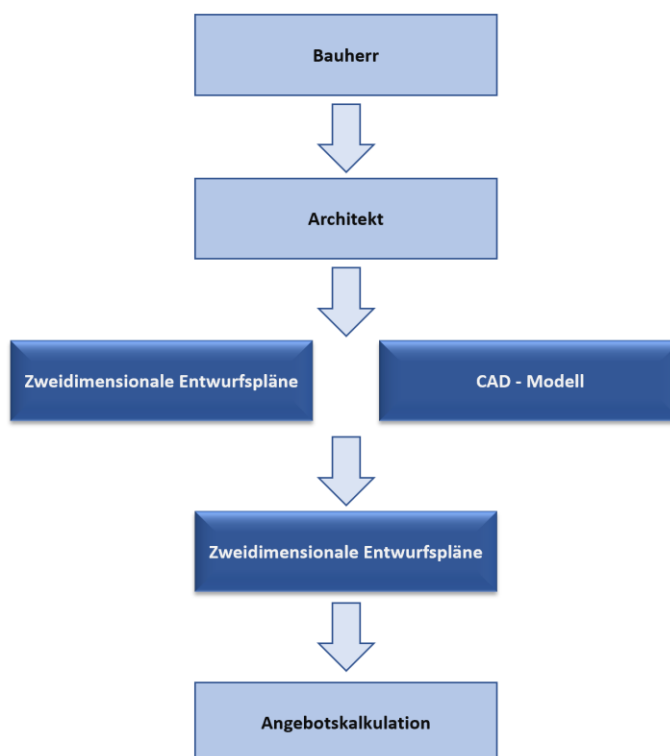


Abbildung 40: Eigene Darstellung: Varianten der Kalkulationsbasis¹⁰⁵

Es gibt zwei Alternativen, wie die Entwürfe von den Architekten erstellt werden können.

- Der konventionelle Weg über die Erstellung von zweidimensionalen Plänen (2D)
- Die modernere Alternative ist das Erstellen eines CAD-Modells und das Exportieren der zugehörigen Pläne aus dem entsprechenden Modell. ArchiCAD

¹⁰⁵ Vgl. Schwerdtner (2018), S. 224.

und Revit Architecture sind dabei die beiden am weitesten verbreiteten BIM-Werkzeuge für die Architekturplanung.¹⁰⁶

Tabelle 6 zeigt die wesentlichen Aufwandsunterschiede zwischen den beiden Möglichkeiten, wenn beide Arten den Ansprüchen entsprechend erstellt wurden. Die Angaben dienen dem Verständnis und sind keine quantitativ belegten Werte.

Thema	2D-Pläne	Modell
Erstellung	Hoch	Mittel
Änderung	Hoch	Gering
KnowHow	Gering	Hoch
Verknüpfung von Bauteilen	-	Gering
Kollisionserkennung	.	Gering
Mengenermittlung	Hoch	Gering
Mehrmaliger Export von Plänen	Hoch	Gering

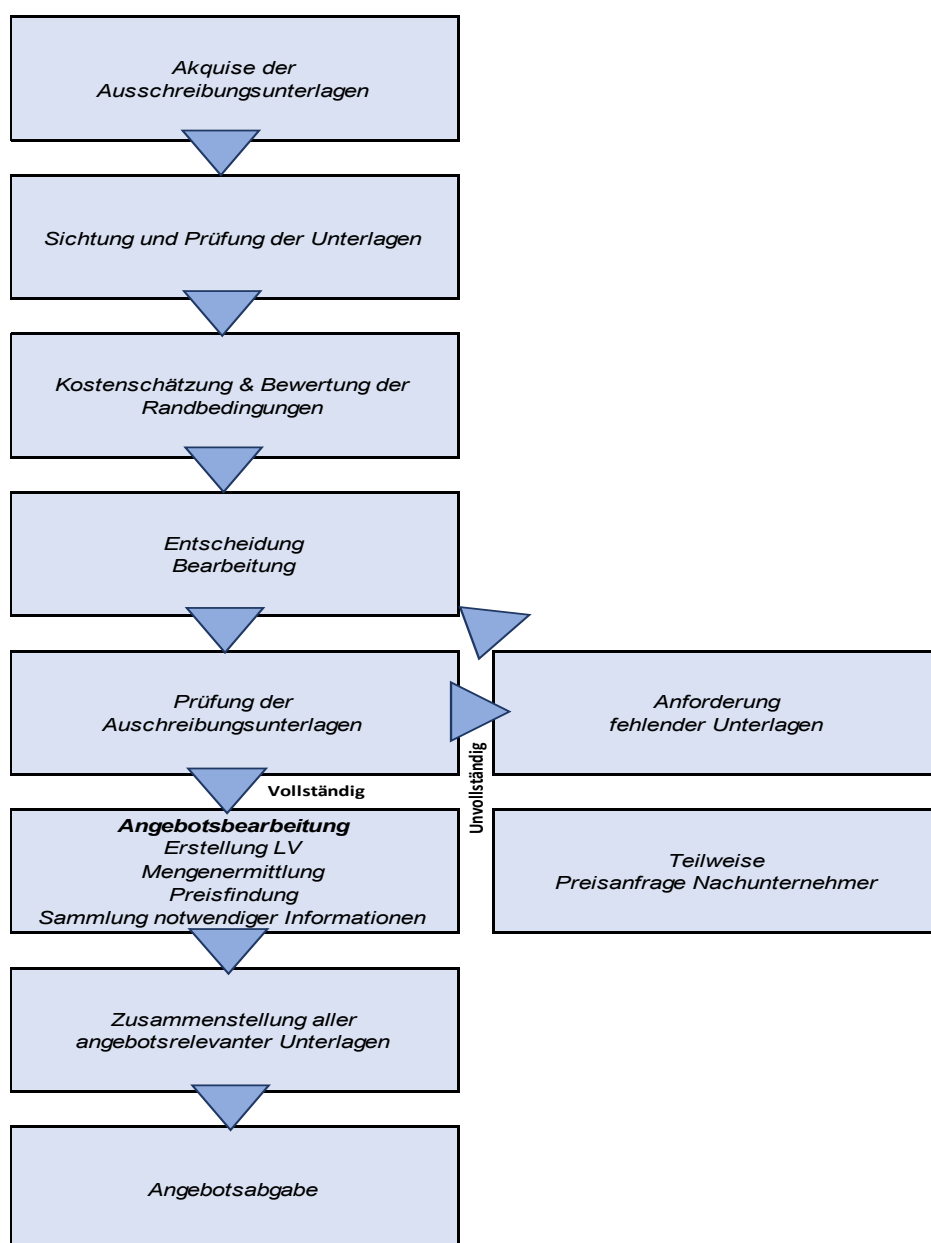
Tabelle 6: Eigene Darstellung: Aufwandsvergleich 2D und CAD¹⁰⁷

¹⁰⁶ Vgl. Monteiro / Martins (2013), S. 242.

¹⁰⁷ Vgl. Stange (2020), S. 165.; Monteiro / Martins (2013), S. 238.; Stange (2020), S. 169.; Wijayakumar u.a. (2013), S. 70.

D: Anhang 4: Ablauf Angebotsbearbeitung Singen

Im Folgenden K wird der Ablauf der Angebotsbearbeitung bei Züblin in Singen abgebildet. Ziel davon ist das Verständnis für den Ablauf zu fördern und daraus abzuleiten, wann die Mengen benötigt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Rolle der Menge nur ein einzelner Aspekt im Ablauf der Mengermittlung darstellt. Wichtig sind auch Faktoren, wie Einheitspreise, die Marktlage und die Anforderungen durch den Bauherrn. Diese Erkenntnis kann relevant sein, weil die Mengenermittlung weder unter- noch überschätzt werden sollte.



E: Anhang 5: Leitfaden Experteninterviews

Leitfaden Experteninterview Kalkulation

Ziele:

- Analyse des IST-Zustands der Angebotskalkulation bei der Ed. Züblin AG in Singen, Langenargen und Stuttgart
- Abbildung des Kalkulationsprozesses und Vergleich der verschiedenen Standorte
- Sammeln von Informationen zum Zwecke der Verwendung von Modellen in Singen
- Bestimmung relevantester Informationen für die Kalkulation (Auf welcher Basis wird in der Angebotsphase hauptsächlich kalkuliert, um die wichtigsten Mengen auszuwählen)

Einstieg

1. Hallo Danke, dass sie sich Zeit nehmen
2. Es geht darum den Angebotskalkulationsprozess zu verstehen und die Unterschiede zwischen den Standorten herauszuarbeiten und um die modellbasierte Mengenermittlung
3. Kurze Beschreibung des Ablaufs
 - Ablauf der Kalkulation
 - Inhalt Kalkulation
 - Mengenermittlung
 - Erfahrungen mit der modellbasierten Mengenermittlung
4. Einwilligungserklärung

Hauptteil

Ablauf Angebotskalkulation

- Projektgrößen allgemein, Bausumme und was für Projekte?
- Wie ist der klassische Ablauf in der Angebotsbearbeitung?
 - o Wer besorgt bei Ihnen die Ausschreibung?
 - o Angebotsbearbeitung immer nach Bauantrag?
 - o Wer entscheidet über die Angebotsbearbeitung und nach welchen Kriterien? (Selektion)
 - o Was erhalten Sie aus der Ausschreibung? Öfter fkt. Oder LV?
 - o Ist der Bauantrag zum Zeitpunkt der Ausschreibung schon eingereicht?
 - o Nach Literatur ist es:
 - Akquisition
 - Entscheidung über Angebotsbearbeitung
 - Vertragsprüfung
 - Angebotskalkulation
 - Angebotsseinreichung
 - Vergabeverhandlungen
 - Auftragserteilung
- Gibt eine nachträgliche Kontrolle der Angebotskalkulation im Laufe des Projektes? Falls ja, wann und wie läuft diese ab? Wird dies bei der nächsten Angebotsbearbeitung miteinbezogen?

Inhalt Angebotskalkulation

- Struktur
- Bestandteile? LV, Mengen, Einheitspreise
- Erhalten Sie Teile der Kosten für die EKT von anderen Quellen wie zum Beispiel der AVOR oder alles wird selbst festgelegt? In Singen zum Beispiel nur Haustechnik extern
- Größter zeitlicher Aufwand welche Positionen? Mengenermittlung, Kostenkennwerte,
- Erfolgsquote? Wie viele bearbeitete Angebote werden erhalten?

Mengenermittlung

- Quellen der Mengenermittlung? Mengen selbst ermitteln oder von jemand anderem?
- Meistens Pläne oder wissen Sie auch von Modellen? Werden welche modelliert? Wann wird nachmodelliert?
- Welche Mengen werden am öftesten gebraucht und können mehrmals verwendet werden?
- Welche Software wird verwendet? Wer macht das?
- Durchschnittliche Projektgrößen
- Bei welchen Gewerken oder Positionen brauchen Sie am meisten Zeit?

Erfahrungen mit modellbasierter Mengenermittlung

Rückblick

Kurze Zusammenfassung des Gesagten

Erneuter Dank für die Zeit

F: Anhang 6: Transkript Singen

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

G: Anhang 7: Transkript Langenargen

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

H: Anhang 8: Transkript Stuttgart

[Redacted text block containing multiple lines of blacked-out content]

[REDACTED]

I: Anhang 9: Auszug Solibri Prüfregeln

REGELBASIERTE MODELLPRÜFUNG

ZIELSETZUNG

- **VERBESSERUNG DER PLANUNGSQUALITÄT**
- **EINSPARUNG VON ZEITLICHEN RESSOURCEN**
- **STEIGERUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT FÜR DIE S+D PLANUNG**
- **STEIGERUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT VON BRANDSCHUTZABSCHOTTUNGEN**
- **EINHALTUNG BAURECHTLICHER VORGABEN AUS DER MLAR**
- **PRÜFUNG DER MODELLE AUF:**



J: Anhang 10: Positionsanalyse



Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Textpassagen, die wörtlich oder dem Sinn nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Konstanz, 28.01.2022

