

Diploma Thesis

Model-based quantity take-off Method comparison and workflow analysis

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

DIPLOMARBEIT

Modellbasierte Mengenermittlung Methodenvergleich und Workflow-Analyse

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

von

David Stumpauer, BSc

Matr.Nr.: 09871445

unter der Anleitung von

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

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

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

Wien, im März 2020

Der größte Feind der Qualität ist die Eile.

~ Henry Ford

Im Moment kommen nur die Härtesten durch.

~ Sabine Seidler

Vorwort

Vor der wissenschaftlichen Arbeit in den folgenden Kapiteln möchte ich mich an dieser Stelle bei allen Personen in meinem Umfeld bedanken, welche meinen Weg während meines Studiums an der Technischen Universität Wien begleitet haben.

Insbesondere gilt mein Dank meiner Betreuerin Dipl.-Ing.ⁱⁿ Melanie Piskernik, welche mich bei jeder meiner Fragen mehr als unterstützt hat, sowie bei Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger, welcher mir das Verfassen dieser Diplomarbeit in seinem Forschungsbereich am Institut für Interdisziplinäres Bauprojektmanagement ermöglicht hat. Im Zusammenhang mit der Diplomarbeit bedanke ich mich herzlich bei Dipl.-Ing. Frank Mettendorff, BIM-Manager beim Pilotprojekt ABM Bruck/Leitha, für die angenehmen, geduldigen Gespräche im Rahmen meiner Forschungsarbeit.

Ich möchte mich aber auch bei all jenen bedanken, welche mich überhaupt erst auf die Idee gebracht haben, das Studium des Bauingenieurwesens zu absolvieren. Besonders mein Klassenvorstand während meiner Ausbildung an der HTBLuVA Mödling, Dipl.-Ing.ⁱⁿ Martina Scheirer-Weindorfer, hat mich darin bestärkt, diesen Weg einzuschlagen.

Während des Großteils meines Studiums war ich bei der Pörner Ingenieurgesellschaft angestellt. Hier möchte ich mich stellvertretend für das gesamte Unternehmen beim Leiter der bautechnischen Abteilung, Dipl.-Ing. Thomas Olbrich, sowie beim Projektleiter des Shell-Teams, Michael Mazzucato, bedanken, die es mir in idealer Art und Weise ermöglicht haben, Studium und praktische Erfahrung miteinander zu verbinden.

Das Studium parallel zu meinem zeit- und kostenintensiven Hobby – dem Reitsport – zu absolvieren, wäre ohne die Unterstützung meiner Eltern, Heidrun und Martin, niemals möglich gewesen. Deren Geduld und Glaube an mich waren geradezu unerschöpflich. Dafür bedanke ich mich von ganzem Herzen.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Freundin Alexandra bedanken, welche die meiste Zeit des Studiums an meiner Seite war und dabei wohl am nächsten die Höhen und Tiefen meines Studienalltags miterleben musste.

Genderhinweis:

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

Kurzfassung

Schlagworte: BIM, Abrechnungsprozess, Abrechnungsmodell, modellbasierte Abrechnungsmengenermittlung, digitale Leistungsfeststellung

Die Digitalisierung von Prozessen im Bauwesen schreitet stetig voran. Den Stand der Technik bildet hierbei die Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM). Während in der Planungsphase BIM bereits vielfach Anwendung findet, werden die Möglichkeiten zur Automatisierung und Optimierung der Prozesse in der Bauausführung noch nicht voll ausgeschöpft. Besonders bei den zeit- und humanressourcenintensiven Routinetätigkeiten im Rahmen der Abrechnung besteht Potential zur Vereinfachung der Abläufe mithilfe von Bauwerksmodellen. Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit zwei Themenkomplexen im Zusammenhang mit der modellbasierten Ermittlung von Abrechnungsmengen.

Die Basis der Diplomarbeit bilden eine umfassende Literaturrecherche zu den wesentlichen Grundlagen des Themenbereichs der Diplomarbeit, sowie ein BIM-Pilotprojekt der ASFINAG. Anhand des Abrechnungsmodells des Pilotprojekts wird im ersten Teil der Diplomarbeit eine Vergleichsrechnung zwischen der Mengenermittlung nach Netto-Methode und jener nach den aktuellen Werkvertragsnormen für ausgewählte Leistungen mit der Software RIB iTWO 5D durchgeführt. Die Abweichungen zwischen den Methoden werden aufgezeigt und die Gründe dafür werden analysiert. Aus dieser Analyse und aus den Prozessschritten zur modellbasierten Ermittlung der Abrechnungsmengen können Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Anforderungen ein Abrechnungsmodell erfüllen muss, um effizientes Arbeiten zu ermöglichen.

Im zweiten Teil werden Workflows zur modellbasierten Ermittlung von Abrechnungsmengen erstellt und analysiert. Es wird die Prozessdarstellungsmethode BPMN 2.0 erläutert und für die Erarbeitung der Workflows angewandt. Ein erster Arbeitsablauf wird auf Basis der verwendeten digitalen Hilfsmittel und Vorgänge beim Pilotprojekt erstellt. Alternativ dazu wird ein Arbeitsablauf unter Verwendung der Software RIB iTWO 5D entworfen. Die beiden beschriebenen Workflows verfolgen unterschiedliche Ansätze hinsichtlich der Integration des Abrechnungsmodells in den Prozess. Die Ansätze werden erläutert und in Verbindung mit dem Mengenermittlungsprozess wissenschaftlich analysiert.

Abstract

Keywords: BIM, billing process, billing model, model-based accounting and quantity determination, digital assessment

The digitization of processes in the construction industry is developing steadily. The state of art is Building Information Modeling (BIM). While BIM is already widely used in the planning phase, the possibilities for automating and optimizing processes in construction are not yet fully exploited. There is potential for simplifying processes with the help of building models, especially in the time and human resource-intensive routine activities involved in billing. This thesis discusses two thematic complexes in connection with the model-based determination of billing quantities.

The basis of the thesis is a comprehensive literature search on the essential fundamentals of the subject are, as well as a BIM pilot project of the ASFINAG. Based on the billing model of the pilot project, in the first part of this thesis a comparison calculation between the quantity determination according to the net method and that according to the current work contract standards for selected services is carried out with the software RIB iTWO 5D. The deviations between the methods are shown and the reasons for them are analyzed. From this analysis and from the process steps for the model-based determination of the billing quantities, knowledge can be gained about which requirements a billing model has to meet in order to enable efficient work.

In the second part, workflows for the model-based determination of billing quantities are created and analyzed. The process presentation method BPMN 2.0 is explained and used for the development of the workflows. An initial workflow is created based on the digital tools and processes used in the aforementioned pilot project. Alternatively, a workflow is designed using RIB iTWO 5D software. The two workflows described follow different approaches regarding the integration of the accounting model in the process. The approaches are explained and scientifically analyzed in connection with the quantity determination process.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	III
KURZFASSUNG	IV
ABSTRACT	V
INHALTSVERZEICHNIS	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
1 EINLEITUNG	1
1.1 Motivation	1
1.2 Forschungsfragen	2
1.3 Forschungsmethodik	3
1.4 Forschungsabgrenzung	4
1.5 Begriffe und Definitionen	4
2 GRUNDLAGEN	9
2.1 Building Information Modeling	9
2.1.1 Definition	9
2.1.2 Teilmodelle	10
2.1.3 Dimensionen	12
2.1.4 Klassifizierung	13
2.1.5 Software-Werkzeuge	15
2.2 Mengenansätze und Methoden der Leistungsfeststellung	17
2.2.1 Mengenansätze	17
2.2.2 Methoden der Leistungsfeststellung	19
2.2.3 Leistungsmengen und Abrechnungsmengen	21
2.3 Projektbeteiligte und BIM	22
2.3.1 Bauherr	22
2.3.2 Planer	23
2.3.3 Auftragnehmer	23
2.3.4 Örtliche Bauaufsicht – Bauüberwachung	24
2.3.5 Neue Aufgabenfelder im BIM-Prozess	24
2.4 Pilotprojekt	26
2.4.1 Projektziele	26

2.4.2	Verwendete Software.....	28
2.4.3	Leistungsverzeichnis.....	29
2.4.4	Modell.....	30
3	MODELLBASIERTER MENGENVERGLEICH.....	32
3.1	Grundlagen zur Mengenermittlung.....	32
3.2	Einlesen des Modells mit dem BIM-Qualifier.....	34
3.2.1	Qualitätsprüfung.....	34
3.2.2	Verbesserung der Datenqualität.....	37
3.2.3	CPI-Analyser.....	39
3.2.4	Bauteiltyp-Zuordnung mit dem CPI-Analyser.....	40
3.2.5	Schnittprüfung.....	41
3.2.6	Freigabe und CPI-Datenübergabe.....	41
3.3	Mengenermittlungsprozess mit iTWO.....	42
3.4	Mengenermittlung.....	45
3.4.1	Ermittlung der Netto-Methode.....	46
3.4.2	Modellbasierte konventionelle Mengenermittlung.....	47
3.4.3	Betrachtete Bauteile und Zuordnung zu Leistungspositionen.....	49
3.4.4	Schlussfolgerungen und Fazit.....	53
4	MODELLBASIERTE WORKFLOWS ZUR ABRECHNUNG.....	59
4.1	Business Process Management Notation 2.0.....	59
4.1.1	Symbolik.....	60
4.1.2	BPMN-Framework.....	63
4.2	Übergang zum BIM-Abrechnungsprozess.....	64
4.3	Prozessgrenzen und Prozessbeteiligte.....	67
4.3.1	Eingangs- und Ausgangsgrößen.....	67
4.3.2	Prozessabgrenzung.....	68
4.3.3	Involvierte Stellen, Start- und Endereignisse.....	70
4.4	Aufgaben im digitalen Leistungsfeststellungsprozess.....	71
4.4.1	Aufgaben der Baustelle.....	71
4.4.2	Aufgaben der Abrechnung.....	72
4.5	Workflow.....	73
4.5.1	Workflow beim Pilotprojekt.....	73
4.5.2	Workflow unter Verwendung von RIB iTWO.....	77
4.5.3	Schlussfolgerungen.....	82

4.5.4	Zukünftige Integration der örtlichen Bauaufsicht.....	85
5	FORSCHUNGSERGEBNIS	89
5.1	Themenkomplex 1: Modellbasierter Mengenvergleich	89
5.2	Themenkomplex 2: Modellbasierte Workflows zur Abrechnung	91
5.3	Resümee und Ausblick.....	94
6	VERZEICHNISSE	96
6.1	Literaturverzeichnis	96
6.2	Abbildungsverzeichnis.....	99
6.3	Tabellenverzeichnis.....	100
A.	ANHANG	101
A.1	Tabellarische Aufstellung der Ergebnisse zu Kapitel 3.4.4.....	101
A.2	QTO-Formeln	102

Abkürzungsverzeichnis

3D	Dreidimensional
4D	Vierdimensional
5D	Fünfdimensional
Abb.	Abbildung
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
ASFINAG	Autobahn- und Schnellstraßenfinanzierungsaktiengesellschaft
AVA	Ausschreibung-Vergabe-Abrechnung
AVVA	Ausschreibung-Vergabe-Vertrag-Abrechnung
BAP	BIM-Ausführungsplan
BIM	Building Information Modeling
BCF	BIM Collaboration Format
BPD	Business Prozess Diagramm (engl. Prozessablaufdiagramm)
CAD	Computer Aided Design
HKLS	Heizung-Klima-Lüftung-Sanitär
IFC	Industrial Foundation Classes
LB-H	Leistungsbeschreibung Hochbau
LV	Leistungsverzeichnis
MKF	Mehrkostenforderung
MS	Microsoft
ÖBA	Örtliche Bauaufsicht
ÖN	Österreichische Norm (ÖNORM)
QTO	Quantity take off (engl. Mengenermittlung)
S.	Seite
TGA	Technische Gebäudeausstattung
udgl.	und dergleichen

1 Einleitung

Im ersten Abschnitt der vorliegenden Diplomarbeit werden zunächst die persönliche Motivation des Autors dargelegt sowie die konkreten Forschungsfragen formuliert. Es wird erläutert, mit welcher Methodik an die Beantwortung der Forschungsfragen herangegangen wird. Ebenfalls Teil dieses Kapitels ist eine klare Abgrenzung zwischen den Forschungsinhalten und jenen Themen, welche explizit nicht Teil der wissenschaftlichen Betrachtung dieser Arbeit sind. Des Weiteren werden Begriffe und Definitionen gegeben, welche zum Verständnis der weiteren Kapitel als notwendig erachtet werden.

1.1 Motivation

„Digitalisierung“ von Prozessen ist heute eines der großen Zukunftsthemen. Der Begriff hat sich dabei im Laufe der Zeit verändert:

„Im ursprünglichen Sinne versteht man unter Digitalisierung das Erstellen digitaler Repräsentationen von physischen Objekten. Ausgehend von dieser Bedeutung und der anfänglichen Digitalisierung von Licht- und Tonsignalen wird in der Wissenschaft unter Digitalisierung nunmehr die Veränderung von Abläufen und Prozessen bedingt durch den Einsatz digitaler Technologien verstanden. Digitalisierung stellt sich als ein Querschnittsthema dar, welches sowohl verschiedene Disziplinen der Politik, der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Wissenschaft umspannt.“ [20, S. 14]

„Die stationäre Industrie und der Anlagenbau sind auf Grund ihrer Rahmenbedingungen (z. B. hohe Stückzahlen, hoher Vorfertigungsgrad, klar beschreibbare Produktionsketten, bessere Planbarkeit und vielfach wiederholte Routineabläufe) Vorreiter bei der Digitalisierung von Produktionsketten“. [18, S. 8]

Selbst im Bauwesen ist ein Vorbeikommen an einer digitalen Erfassung und Optimierung von Prozessabläufen kaum möglich. Obwohl mit jedem Neubau ein Prototyp des Bauwerks geschaffen wird, ist es möglich, das Bauen auf standardisierbare Abläufe herunterzubrechen und eindeutig beschreibbare Bauteile zu verwenden. Dies stellt eine Voraussetzung für die Prozessdigitalisierung dar. Ziel ist *„eine durchgängige Prozesskette und damit mehr Transparenz und Wirtschaftlichkeit“.* [24, S. 14]

Während gerade in der Planung die Modellierung von Bauwerken in 3D-Modellen schon recht weit verbreitet ist, stellt sich in der daran anschließenden Bauausführung oftmals die Frage, wie die bereits digital erfassten Informationen in diesen Prozessschritten sinnvoll verwertet werden können. In der Leistungsfeststellung und Abrechnung könnten diese Daten zur Vereinfachung von Routineabläufe genutzt und Prozesse automatisiert werden.

Oft stoßen hierbei theoretische Überlegungen an die Grenzen des praktisch Machbaren in der Baustellenpraxis.

An diesem Punkt setzt die vorliegende Diplomarbeit an. Es soll anhand eines realen Projekts erforscht werden, wie digitale Tools ausgehend von einem BIM-Modell in der Leistungsfeststellung und Abrechnungsmengenermittlung angewendet werden können. Für die Betrachtungen im Rahmen der Diplomarbeit wird das Modell eines BIM-Pilotprojekts der ASFINAG herangezogen.

Das persönliche Interesse des Autors an dem Themengebiet wurde dabei im Laufe des Masterstudiums in den Vorlesungen und Seminaren im Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement geweckt. Dabei entstand für den Autor der Eindruck, dass im Stadium der Bauplanung mit BIM-Werkzeugen schon viele Möglichkeiten zur Generierung von Bauwerksdaten vorhanden wären, diese in der Bauausführung aber (noch) nicht zielgerichtet weiterverwendet werden. Da dieses Thema aber sicherlich in naher Zukunft von immer größerer Bedeutung werden wird, befasst sich der Autor intensiv mit dem Thema BIM in der Bauausführung, insbesondere zur Leistungsfeststellung und Abrechnungsmengenermittlung.

1.2 Forschungsfragen

Ausgehend von der Motivation des Autors werden im Folgenden die konkreten Forschungsfragen formuliert, die im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden. Die Fragen gliedern sich dabei in zwei Themenkomplexe. Im ersten Schritt werden zwei Methoden der Mengenermittlung verglichen, welche durch die modellbasierte Arbeitsweise ermöglicht werden. Darauf aufbauend werden zwei Workflows zur modellbasierten Ermittlung der Abrechnungsmengen miteinander verglichen. Der erste Workflow ist dabei durch das begleitete Pilotprojekt vorgegeben. Auf Basis der Erkenntnisse aus dem ersten Themenkomplex wird ein zweiter Workflow unter Verwendung der Software RIB iTWO 5D entworfen.

1. Themenkomplex: Methodenvergleich der modellbasierten Mengenermittlung
 - Wie groß ist die Differenz zwischen der nach der Netto-Methode und nach der konventionellen Methodik (nach Werkvertragsnormen) ermittelten Mengen?
 - Wie muss das Bauwerksmodell aufbereitet sein, um daraus sinnvoll Mengen ausgeben zu können?

2. Themenkomplex: Modellbasierte Ermittlung der abrechenbaren Mengen unter Berücksichtigung des Pilotprojektes und Verwendung von RIB iTWO 5D
- Wie können entsprechende Workflows zur Ermittlung von abrechenbaren Mengen unter Verwendung digitaler Tools gestaltet sein?
 - Welche Anforderungen werden an die Eingangs- und Ausgangsgrößen dieser Workflows gestellt?
 - Welche Aufgaben müssen in die digitalen Workflows integriert sein, um abrechenbare Mengen ermitteln zu können?
 - Worin liegen die prinzipiellen Unterschiede der Workflows?

1.3 Forschungsmethodik

Im Folgenden wird erläutert, wie die Beantwortung der zuvor in Kapitel 1.2 definierten Forschungsfragen konkret durchgeführt werden soll.

In einem ersten Schritt werden Grundlagen erhoben, welche zur Beantwortung der Forschungsfragen im Vorhinein erörtert werden müssen. Dazu werden entsprechende einschlägige Literatur sowie Normen und Richtlinien herangezogen. Das Pilotprojekt wird näher beschrieben. Die verwendeten Softwareprogramme und deren Zusammenhänge werden ebenso erläutert. Dazu wird einerseits auf Herstellerangaben zurückgegriffen, andererseits auf die Erfahrung des Autors bei der Anwendung der Programme.

Nach der Grundlagenerhebung wird mit der Software RIB iTWO 5D eine Vergleichsrechnung zwischen der Methode der Netto-Mengenermittlung und der konventionellen Methode unter Anwendung der Aufmaßregeln nach Werkvertragsnormen durchgeführt. Diese Berechnung wird auf Basis des Abrechnungsmodells des Pilotprojekts der ASFINAG durchgeführt. Diesem zur Verfügung gestellten Modell werden alle benötigten Daten entnommen. Es dient als Referenz zur anschließenden Beschreibung, wie das Modell für die Anwendung von iTWO erstellt werden sollte. Zu diesem Zweck wird das Einlesen des Modells in die Software ausführlich beschrieben. So können Schwierigkeiten aufgezeigt und anschließend analysiert werden. Die Vergleichsrechnung wird für die Stahlbetonarbeiten eines Bauabschnitts erstellt. Dies ist darin begründet, dass hier die Modellierung zum Zeitpunkt der Erstellung der Diplomarbeit in ausreichender Tiefe vorhanden war. Die Rohbauarbeiten der Stahlbetonbauarbeiten eignen sich für Vergleiche besonders, da sich hier die Gründe für Abweichungen nachvollziehbar darstellen lassen.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen des zweiten Themenkomplexes werden zwei Workflows für den Teilprozess „Ermittlung der Abrechnungsmengen“ grafisch dargestellt und beschrieben. Der erste Workflow soll dabei die im Pilotprojekt verwendete Methodik

widerspiegeln. Diese wurde anhand des BIM-Ausführungsplans, durch Analyse von Zwischenpräsentationen und Interviews mit dem verantwortlichen BIM-Manager ermittelt. Im zweiten Schritt wird ein Workflow unter Verwendung der Software RIB iTWO 5D erstellt. Dieser Prozessablauf wird auf Basis der Erkenntnisse mit dem Programm aus dem ersten Kapitel gewonnen.

1.4 Forschungsabgrenzung

Die vorliegende Diplomarbeit wird begleitend zu einem Pilotprojekt erstellt, aus welchem die Eingangsdaten der betrachteten Prozesse, sowie das Arbeitsergebnis des Prozesses abgeleitet werden. Unter anderen projektspezifischen Rahmenbedingungen können naturgemäß andere Beziehungen im Mengenermittlungsprozess entstehen.

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl an Softwarelösungen, die in den Leistungserfassungs- und Abrechnungsprozess – oder Teilprozessen davon – integriert werden können. Allerdings soll im Zuge dieser Arbeit lediglich der digitale Mengenermittlungsprozess des Pilotprojekts erfasst und mit einem Workflow unter Anwendung der Softwarelösung RIB iTWO 5D verglichen werden. Andere Softwareprodukte werden nicht betrachtet. Des Weiteren wird in dieser Arbeit nur so weit auf die Software selbst eingegangen, als dies zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendig ist. Im Mittelpunkt stehen die Prozesse.

Zur Beschreibung des Mengenermittlungsprozesses wird der Einheitspreisvertrag des Pilotprojekts herangezogen. Andere Vertragsarten werden in der vorliegenden Diplomarbeit nicht behandelt. Es werden Mustervergleichsrechnungen an ausgewählten Positionen der Stahlbetonarbeiten zum Vergleich der Mengenermittlung nach Netto-Methode und konventionell nach Werkvertragsnorm angestellt. Besonderheiten anderer Positionen und Leistungsgruppen werden daher nicht abgebildet.

Bei der Entwicklung der Workflows in Forschungskomplex 2 wird von der Ermittlung und dem Vergleich des zeitlichen Aufwands der jeweiligen Arbeitsabläufe abgesehen. Für eine fundierte Aussage zu dieser Thematik wäre eine begleitende Aufzeichnung während der tatsächlichen Ausführung notwendig.

1.5 Begriffe und Definitionen

Abrechnungsmenge

Als Abrechnungsmenge wird jener Teil der Leistungsmenge bezeichnet, welcher in die Rechnung der laufenden Rechnungsperiode aufgenommen wird. Über den Umfang der Abrechnungsmenge muss zwischen AN und AG (vertreten durch die ÖBA) einvernehmen hergestellt sein, bevor sie abgerechnet werden kann.

AsBuilt-Modell

As built = engl. „wie gebaut“: In dieses Modell wird die nachgeführte Bestandsplanung eingearbeitet. [27, S. 16]

Aufzahlungsposition

Als Aufzahlungsposition werden Positionen in Leistungsverzeichnissen bezeichnet, welche auf einer anderen (Haupt-)Position aufbauen. [6]

Baustein

Als *Baustein* wird im Zusammenhang mit Softwareprogrammen in dieser Diplomarbeit eine Software-Untergliederung oder ein Teilsystem einer Software verstanden.

Bauteiltyp

„*Bezeichnung zur Zusammenfassung gleichartiger Bauteile zu einem Bauteiltyp (auch Konstruktionstyp genannt).*“ [8] Eine Beispiel hierfür wäre „Wand“, „Stütze“ oder „Träger“

BIM Collaboration Format (BCF)

Das Open BIM Collaboration Format ist eine Datenschnittstelle zum vereinfachten Austausch von Informationen während des Arbeitsprozesses zwischen verschiedenen Softwareprodukten basierend auf dem IFC-Austauschformat. Es ermöglicht eine modellbasierte Kommunikation zwischen verschiedenen Anwendern und informiert über Status, Ort, Blickrichtung, Bauteil, Bemerkung, Anwender und Zeitpunkt im IFC Datenmodell. [7]

Brutto-Methode

Als „Brutto-Methode“ wird in der Mengenermittlung von Flächen oder Volumen das Vernachlässigen von Abzugskörper in Basiskörpern bei der Ermittlung verstanden. Der Begriff wird in Kapitel 2.2.1 näher erläutert.

.dwg-Datei

Dateiformat für Zeichendateien von AutoCAD. [3]

Einheitspreisvertrag

Beim Einheitspreisvertrag wird auf Grundlage der Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis für jede Position des LV ein Einheitspreis kalkuliert. Anhand der tatsächlich erbrachten Menge multipliziert mit den jeweiligen Einheitspreisen ergibt sich die Abrechnungssumme der Position. [26]

Geteilte Positionen

„Die *Geteilte Position*“ beschreibt gleichartige Leistungen, die sich z.B. nur durch verschiedene Ausführungsstärken unterscheiden. Sie bestehen aus einem 6-stelligen Grundtext, der für alle nachfolgenden Positionen gleich gilt und einem 7-stelligen Folgetext, der das Besondere in der Ausführung beschreibt. In der 7. Stelle weisen diese Positionen einen Buchstaben (A, B, C, ...) auf.“ [10, S. 27]

Industrial Foundation Classes (IFC)

Das IFC-Datenschema ist ein computer-interpretierbares Schema, „das für den Austausch und die Weitergabe von strukturierten Bauwerksinformationen unter den verschiedenen, im Bauwesen und im Facility Management verwendeten Software-Anwendungen verwendet wird.“ [50, S. 5] Dieses offene Schnittstellenformat ist in der ÖNORM ISO 16739 „Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement“ international als Stand der Technik geregelt.

Konventionelle Mengenermittlung

Als „konventionelle Mengenermittlung“ wird in dieser Diplomarbeit die heute oftmals angewendete Mengenermittlung unter Verwendung der Abrechnungsregeln der jeweiligen Werkvertragsnormen bezeichnet.

Leistungsphase

Die Einordnung des Prozesses in den zeitlichen Projektablauf erfolgt gemäß der Einteilung in Leistungsphasen entsprechend dem „Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen – Band 1“ der Wirtschaftskammer Österreich. [57, S. 11]

Leistung, Leistungsfeststellung

Im Sinne dieser Diplomarbeit wird unter *Leistung* die Bauleistung gemäß einem Leistungsverzeichnis verstanden. Der Begriff „Leistungsfeststellung“ meint in diesem Zusammenhang die Ermittlung der fertiggestellten und damit abrechenbaren Mengen der jeweiligen LV-Positionen.

Leistungsmenge

Die im Zuge der Leistungsfeststellung ermittelten Mengen werden als „Leistungsmenge“ bezeichnet. Diese Menge ist nicht automatisch die Abrechnungsmenge.

Merkmal

„Kennzeichnende Größe, mit deren Hilfe Aussagen über Eigenschaften von Bauelementen gewonnen werden.“ [13, S. 34] Ein Merkmal ist eine nicht-geometrische Eigenschaft eines Bauteils. In der deutschen Literatur wird der Begriff „Attribut“ gleichbedeutend verwendet.

Mobil

Relevante Bedeutung für die vorliegende Diplomarbeit: „auf Mobiltelefone und andere transportable Endgeräte bezogen, durch sie erfolgend, für sie entwickelt oder geeignet“. [11]

Natives Umfeld

Ein natives Umfeld ist eine (Software-) Umgebung, in der Modelldaten in ihrem nativen Format erstellt und bearbeitet werden. Ein natives Format ist wiederum jenes Datenverarbeitungsformat, in dem ein Urheber ein Modell erstellt und modifiziert. Um in einem nativen Umfeld arbeiten zu können, müssen sich alle Projektbeteiligten auf eine gemeinsame Software einigen oder sie wird vom Auftraggeber vorgegeben. [5]

Netto-Methode

Bei der Mengenermittlung von Flächen oder Volumen nach der „Netto-Methode“ werden sämtliche Abzugsflächen den Basiskörpern abgezogen. Der Begriff wird in Kapitel 2.2.1 näher erläutert. In ÖNORM A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM“ wird diese Methode als „Mengenermittlung nach tatsächlichen Größen“ bezeichnet. [47, S. 8]

QTO-Formel

Als „QTO-Formel“ wird in der Software iTWO die Berechnungsbedingung für die Mengenabfrage aus der gewünschten Auswahlgruppe bezeichnet. QTO steht dabei für die englische Bezeichnung für Mengenermittlung (**Q**uantity **t**ake **o**ff).

RIB iTWO 5D

Innerhalb der Softwarefamilie „iTWO“ des Herstellers RIB gibt es mittlerweile eine Vielzahl an Lösungen für unterschiedliche Zwecke. In der vorliegenden Diplomarbeit wurde ausschließlich mit dem Programm RIB iTWO 5D gearbeitet. Oftmals wird zur besseren Lesbarkeit des Textes lediglich die Bezeichnung „iTWO“ verwendet.

Tool

Als „Tool“ (dt. Werkzeug) werden in dieser Diplomarbeit Softwareprogramme oder technische Hilfsmittel wie Tablets oder Mobiltelefone verstanden. Je nach zu lösender Aufgabe werden verschiedene Programme bzw. Programmteile verwendet und miteinander kombiniert. Softwareprogramme und zugehörige Hardware sind die „Werkzeuge“ für die Arbeitsweise BIM.

Widget

Als „Widget“ wird in den Benutzerhandbüchern der Software RIB iTWO 5D ein Teilbereich auf der Benutzeroberfläche bezeichnet.

2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden wesentliche Grundlagen zur Bearbeitung der Forschungsfragen erläutert. Ausgangspunkt ist Building Information Modeling, kurz als BIM bezeichnet. Es gibt eine Reihe von Definitionen für diese „...Arbeitsmethode im Bauwesen“ [12, S. 18]. In diesem Kapitel wird erläutert, welche Aspekte in dieser Arbeitsmethode zur Beantwortung der Forschungsfragen relevant sind.

Eine weitere Grundlage der vorliegenden Arbeit bildet die Leistungsfeststellung auf Baustellen. Sie ist die Basis für die Ermittlung der abrechenbaren Mengen. Es wird beschrieben, wie Leistungsfeststellung in der Baupraxis erfolgt. Im Vergleich dazu wird erläutert, was in der Literatur unter digitaler und mobiler Leistungsfeststellung verstanden wird.

Der Beschreibung des Pilotprojekts wird ein eigenes Kapitel der Grundlagenerhebung gewidmet. Die Projektziele und die Projektorganisation zu kennen ist die Grundlage, um den Workflow des Mengenermittlungsprozesses beschreiben und projektspezifische Besonderheiten erkennen zu können. Nur so kann ein aussagekräftiger Vergleich mit dem alternativen Workflow unter Verwendung der Software RIB iTWO 5D erfolgen.

Darüber hinaus werden in diesem Kapitel die verwendeten Softwareprogramme erläutert.

2.1 Building Information Modeling

Ausgehend von der Definition des „Building Information Modeling“ werden in diesem Kapitel einzelne, für die vorliegende Diplomarbeit relevante Begriffe und Teilaspekte der Arbeitsweise BIM erläutert.

2.1.1 Definition

Für BIM sind in der Literatur mehrere Definitionen zu finden. Das österreichische Normungsinstitut Austrian Standards definiert BIM wie folgt:

„Unter Building Information Modeling (BIM) oder Gebäudedatenmodellierung versteht man die optimierte Planung und Ausführung von Gebäuden mit Hilfe entsprechender Software. BIM ist ein intelligentes digitales Gebäudemodell, das es allen Projektbeteiligten - vom Architekten und Bauherrn über den Haustechniker bis hin zum Facility Manager - ermöglicht, gemeinsam an diesem integralen Modell zu arbeiten und dieses zu realisieren.“ [2]

Eine anschaulichere Definition kann Unterlagen der österreichischen Wirtschaftskammer entnommen werden:

„Unter Building Information Modeling wird in der Baubranche eine innovative Arbeitsmethode im Planungs-, Abwicklungs- und Betreiberprozess verstanden, welche auf elektronischen Gebäudemodellen basiert. Das Bauwerk wird vor der Realisierung digital als Modell im Rechner gebaut – „build digitally first“. Die neue Arbeitsweise erfordert neben einer Software vor allem auch eine Anpassung von internen Prozessen und ermöglicht einen gesamtheitlichen Ansatz. Diese Modelle enthalten nicht nur rein geometrische Daten für eine dreidimensionale Darstellung oder die Ermittlung von Massen, wie aus CAD-Systemen bereits bekannt, sondern darüber hinaus werden alphanumerische Daten zu den einzelnen Bauteilen wie Materialeigenschaften, Kosten, Termine und dergleichen in das Modell integriert.“ [17, S. 4]

Aus dieser Definition ist gut ableitbar, worum es bei BIM geht. Über eine reine 3D-Modellierung hinausgehend, werden die einzelnen Körper mit zusätzlichen Informationen versehen. Dies können Materialkennwerte, wie beispielsweise die Betongüte oder der Wärmedurchgangskoeffizient sein, welche zur späteren Energieausweiserstellung auf Basis des BIM-Modells dienen. Aber auch zeitliche Aspekte oder Informationen betreffend die Kosten können mit den Körpern oder Bauteilen verknüpft werden.

Für diese Verknüpfung der 3D-Geometrie mit weiterführenden Informationen steht in der Abkürzung BIM der Buchstabe *I*. In der herkömmlichen Planung sind diese Informationen zwar vorhanden, jedoch nicht in einer zentralen, für alle Projektbeteiligten zugänglichen Datei bzw. einem zentralen Modell gesammelt. [23, S. 48]

2.1.2 Teilmodelle

„Das eine gemeinsame Bauwerksmodell, an dem alle Projektbeteiligten gleichzeitig arbeiten, gibt es nicht.“ [25, S. 54]

Arbeiten mit der Arbeitsmethode BIM heißt nicht, dass alle Projektbeteiligten an einem Modell bzw. einer Datei arbeiten. Vielmehr erstellen die einzelnen Fachplaner jeweils eigene Teilmodelle, die zu bestimmten Zeitpunkten in ein Gesamtmodell, dem so genannten „Projektmodell“ oder „Koordinationsmodell“, zusammengeführt werden. [47, S. 5 und 12, S. 68]

„So werden zu definierten Zeitpunkten der Planung die Modelle der jeweiligen Fachdisziplinen (Architektur, Tragwerksplanung, TGA) nach einem Qualitätscheck in einem Koordinationsmodell zusammengefasst. Diese Zusammenfassung dient der Projektkoordination, der Kollisionsüberprüfung sämtlicher Gewerke, sowie Regelüberprüfungen über die einzelnen Fachmodelle hinaus und gemeinsamen Auswertungen. Durch das Koordinierungsmodell können bereits frühzeitig interdisziplinäre Fehler entdeckt und korrigiert werden, die in der konventionellen Planungsmethode erst auf der Baustelle auffallen würden.“ [12, S. 68]

Das sogenannte Architekturmodell nimmt während aller Projektphasen eine zentrale Rolle ein. Es dient in der Entwurfsphase zur visuellen Darstellung des Bauprogramms. Während der Ideenfindung kann es bereits zum leichteren Verständnis beitragen. In den weiteren Phasen ist es das wichtigste Referenzmodell für die weiteren Fachplaner. Daher ist es von großer Bedeutung, dass das Architekturmodell von Anfang an korrekt modelliert und aufgebaut ist. Vom Architekturmodell ausgehend werden die jeweiligen Fachmodelle, wie etwa das Tragwerksmodell, TGA-Modell oder das Fassadenmodell, mit den jeweils notwendigen Besonderheiten erstellt. All diese Modelle werden zu bestimmten, vorher definierten Zeitpunkten im bereits beschriebenen Koordinationsmodell zusammengefasst. [23, S. 115f, S. 122ff]

In Abb. 2.1 sind die Erstellung der Fachmodelle durch die jeweilige Fachdisziplin und das Zusammenführen in das Koordinationsmodell grafisch veranschaulicht. Das Architekturmodell als Basismodell für die jeweiligen Fachmodelle ist in der Abbildung nicht dargestellt. Die in der Abbildung beschriebenen Rollen „BIM-Konstrukteur“, „BIM-Koordinator“ und „BIM-Gesamtkoordinator“ werden in Kapitel 2.3.5: „Neue Aufgabenfelder im BIM-Prozess“ näher beschrieben.

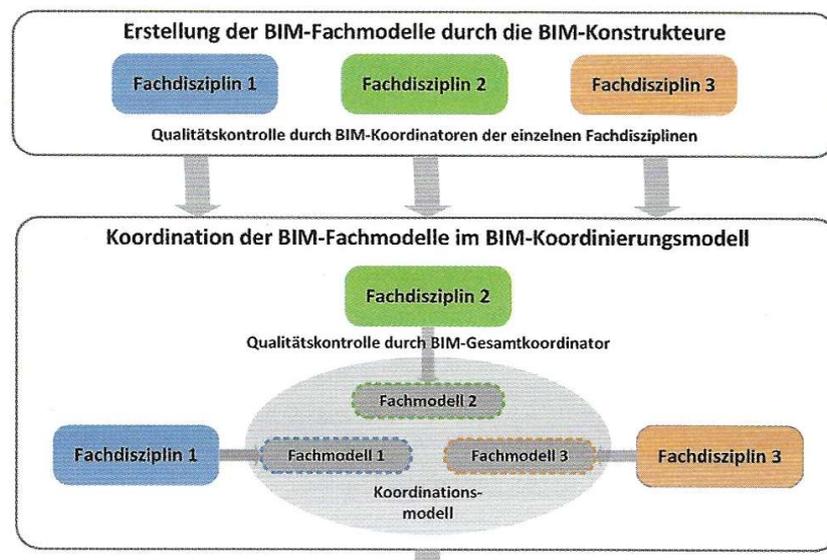


Abb. 2.1: Zusammenführung von Fachmodellen im Koordinierungsmodell [23, S. 132]

Baufirmen arbeiten bereits in der Angebotsphase mit Modellen. Ausgehend von einem Ausschreibungsmodell der ausschreibenden Stelle oder sonstigen Planunterlagen wird ein Angebotsmodell erstellt. Mit verhältnismäßig geringem Aufwand lassen sich die Mengen für die Angebotskalkulation ermitteln. Es kann direkt eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden. [23, S. 130f]

Mit der Auftragserteilung wird das Ausschreibungsmodell, ergänzt mit im Vergabeverfahren festgelegten Punkten, zum Vertragsmodell. Es wird zu diesem Zeitpunkt „eingefroren“.

Nach diesem Modell wird das Bauwerk ausgeführt. Das Modell ist in seiner Modellierungstiefe als Ausführungsmodell aufgebaut. [32]

Ein weiteres Teilmodell kann ein Mengenermittlungsmodell für die Abrechnung darstellen, welches wiederum ein Teilmodell des Ausführungsmodells sein kann. In diesem Modell werden alle Informationen zu den abzurechnenden oder bereits abgerechneten Mengen gesammelt. Dies ermöglicht zu jedem Zeitpunkt eine genaue Kosten- und Terminverfolgung über einen modellgestützten Soll-/Ist-Vergleich. [32]

2.1.3 Dimensionen

Wie bereits in Kapitel 2.1.1 beschrieben, geht BIM über eine reine räumlich-dreidimensionale Darstellung des Bauvorhabens hinaus. Durch das Hinzufügen von Merkmalen werden die (geometrischen) Bauteilinformationen um weitere Eigenschaften erweitert. [4, S. 67] Somit erhält das Modell mehr als drei Dimensionen.

„In der vierten Dimension kommen die zeitliche Aufwendung, Termine und Bauzeiten hinzu und in der fünften Dimension wird das Bauwerksmodell um die Kosten ergänzt.“ [4, S. 23]

Die ÖNORM A 6241-2 kennt darüber hinaus eine sechste Dimension, in welcher die Bauwerksinformationen hinsichtlich ihrer *„umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Qualität unter Berücksichtigung der technischen Eigenschaften und Funktionalität“* [47, S. 8] bewertet und beschrieben werden. Baier [4, S. 23] führt die Dimensionen bereits weiter, indem er das Facility Management nach Abschluss der Bauphase als siebende Dimension im BIM-Prozess definiert. Die im Modell gesammelten Informationen sollen der Instandhaltung während des Lebenszyklus des Gebäudes dienen. In Abb. 2.2 ist die Informationserweiterung je Dimension grafisch veranschaulicht.



Abb. 2.2: Dimensionen von BIM [4, S. 23]

Für die folgenden Kapitel ist insbesondere die fünfte Dimension als Verknüpfung des 3D-Modells mit der monetären Bewertung von Bauteilen oder Mengen von Interesse.

„Bei Vernetzung der 3D-Geometrie mit den Strukturen der Leistungsbeschreibung (...) zu einem integrierten 5D-Modell ergeben sich alternative Möglichkeiten der modellbasierten Leistungsdokumentation (...).“ [56, S. 46]

Auf Basis einer modellbasierten Leistungsdokumentation kann die Abrechnung (teil-)automatisiert erfolgen. Für die Abrechnung ist die vorhergehende Leistungsfeststellung von zentraler Bedeutung.

Die Leistungsfeststellung¹ ist Grundlage für die Berechnung der Baumassen, welche wiederum die Grundlage für die Erstellung von Teil- und Schlussrechnungen bildet. Die Art und der Umfang der Feststellung werden vertraglich festgelegt. [45, S. 33]

In Kapitel 2.2.2 werden die Begriffe „konventionelle Leistungsfeststellung“ und „digitale Leistungsfeststellung“ erläutert.

2.1.4 Klassifizierung

Der Umfang im Einsatz der BIM-Methodik lässt sich nach Baier [4, S. 24f] durch die verwendeten Schnittstellen (software-herstellerspezifisch oder offen) und durch die „Verknüpfungstiefe“ der einzelnen Fachmodelle bzw. Modelle in den jeweiligen Leistungsphasen beschreiben. Der Umfang der BIM-Anwendung wird durch die Begriffe *little closed BIM*, *little open BIM*, *big closed BIM* und *big open BIM* beschrieben. In Abb. 2.3 wird grafisch veranschaulicht, wie diese Klassifizierung mit der verwendeten Software und den Fachdisziplinen zusammenhängt.

¹ Anstelle des Begriffs „Leistungsfeststellung“ ist auch der Begriff „Ausmaßfeststellung“ oder „Aufmaßfeststellung“ gebräuchlich.

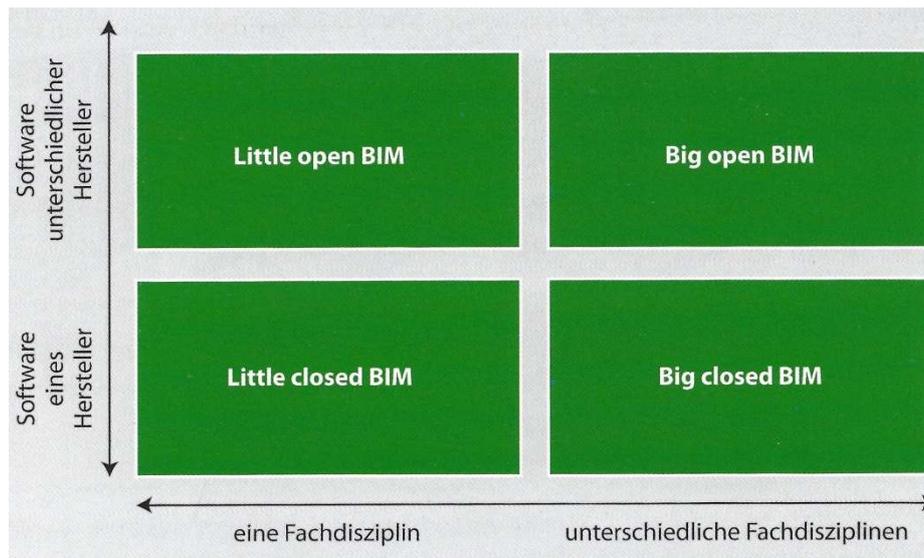


Abb. 2.3: BIM-Anwendungskombinationen [4, S. 25]

Little closed BIM beschreibt dabei die Verwendung von mehreren isolierten Bauwerksinformationsmodellen. Ein Modell kann eine Fachdisziplin oder auch nur eine Leistungsphase abdecken. Ein Informationsaustausch zwischen den jeweiligen Modellen findet nicht statt. Die Softwarelösung eines einzelnen Herstellers wird verwendet.

Als *Little open BIM* wird eine Verwendungsform bezeichnet, bei der wiederum mehrere, voneinander unabhängige BIM-Modelle je Fachdisziplin oder Leistungsphase erstellt werden. Allerdings wird hier unterschiedliche Software angewendet. Als offenes Datenaustauschformat steht IFC zur Verfügung. So können hier Informationen ausgetauscht werden.

Im BIM-Umfang *Big closed BIM* werden von jeder Fachdisziplin isolierte Modelle erstellt, die in regelmäßigen Abständen zum Koordinationsmodell zusammengeführt werden. Es kommt eine homogene Software-Umgebung zum Einsatz, welche interne Schnittstellen verwendet.

Open big BIM bezeichnet das flexibelste Umfeld. Ein Modell wird interdisziplinär und leistungsphasenübergreifend von allen Projektbeteiligten verwendet. Alle Informationen werden in einem einzigen Modell zusammengeführt und aus diesem entnommen. Das Software-Umfeld ist heterogen, der Informationsaustausch erfolgt in der Regel über das offene IFC-Format. Somit stehen allen Projektbeteiligten unabhängig von ihrer Software alle projektspezifischen Informationen zur Verfügung.

2.1.5 Software-Werkzeuge

Die vielfältigen Softwareprodukte im Zusammenhang mit BIM können in unterschiedliche Kategorien nach deren Einsatzbereich und Wirkungsweise eingeteilt werden. Für die vorliegende Diplomarbeit sind folgende Softwaregruppen wesentlich:

- Autorensoftware
- Prüfsoftware
- Auswertungssoftware [14, S. 55]

Der Zusammenhang zwischen den Werkzeugen der jeweiligen Kategorien ist in Abb. 2.4 dargestellt.

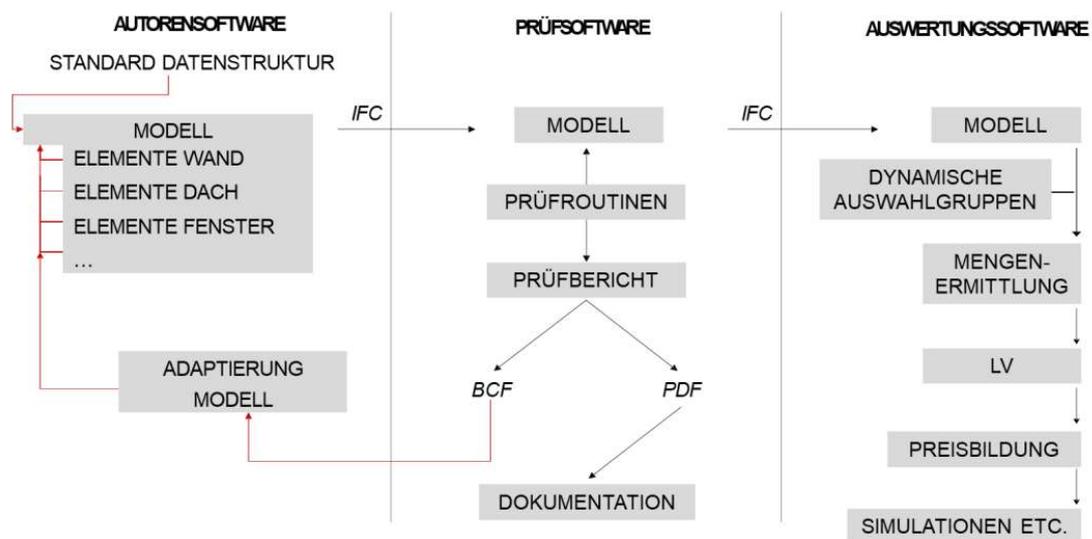


Abb. 2.4: BIM-Anwendungskombinationen [52, S. 14]

Die Produkte für Autorensoftware dienen zur Erstellung der erforderlichen Modelle. Zu dieser Kategorie zählen beispielsweise Allplan, ArchiCAD oder Autodesk Revit².

Die Modelle werden per IFC der Kontrolle durch Prüfsoftwareprodukte, wie z.B. Solibri oder Navisworks, zugeführt. Nach festgelegten Prüfroutinen werden die Modelle hinsichtlich Kollisionen und Übereinstimmung mit allgemeinen oder projektspezifischen BIM-Regeln überprüft. Über das BCF-Format können leicht Anweisungen für Adaptierungen am Modell in die Autorensoftware übernommen werden.

Nach positiver Prüfung wird das Modell per IFC an die jeweilige Auswertungssoftware übergeben. Programme dieser Kategorie können wiederum nach dem jeweiligen Zweck der Auswertung unterschieden werden. Zu Simulationssoftwareprodukten zählt beispielsweise ArchiPHYSIK. Mit diesem Produkt werden modellbasierte bauphysikalische Simulationen

² Die hier angegebenen Softwareprodukte sind lediglich eine Auswahl der am Markt verfügbaren Produkte.

und Berechnungen durchgeführt. Eine wesentliche Kategorie sind die Kalkulationssoftwareprodukte. In diese Kategorie zählen neben Nevaris oder ABK auch RIB iTWO 5D. [14, S. 55]

Das letztgenannte Programm spielt in der vorliegenden Diplomarbeit eine zentrale Rolle, weswegen es im Folgenden näher beschrieben wird.

RIB iTWO 5D

Die RIB Gruppe mit Sitz in Stuttgart bietet Softwarelösungen für das Bauwesen, den Anlagenbau und das Infrastrukturmanagement. Die Programme sind darauf ausgerichtet, den kompletten Projektzyklus durchgehend modellbasiert planen und steuern zu können. RIB versucht so die Effizienz der Projektbearbeitung zu verbessern, Kosten- und Terminrisiken zu minimieren und damit die Qualität des Bauens zu steigern. [44, S. 30]

Die Software iTWO ermöglicht eine modellbasierte visuelle Unterstützung des Planungs- und Bauprozesses. Auf Basis des eingefügten Modells kann (teil-)automatisch eine Mengenermittlung durchgeführt werden. Weiters sind Funktionen für die Bauablaufsimulation und die Kollisionskontrolle in das Programm integriert. iTWO erleichtert die Erstellung und grafische Veranschaulichung von Ausführungsvarianten sowie die Darstellung der Kostenvarianten. Darüber hinaus werden die Abrechnung und das Baustellencontrolling unterstützt. [4, S. 43]

iTWO ermöglicht neben der exakten „Nettomengen“-Abfrage die Integration der Mengenermittlungsregeln gemäß den jeweiligen Werkvertragsnormen. [38] Dabei ist zu beachten, dass sich die Abrechnungsregeln in den Normungen und Regelwerken verschiedener Länder unterscheiden. So entsprechen die Abrechnungsregeln für Betonarbeiten in der deutschen Norm DIN 18331 „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Betonarbeiten“ nicht dem österreichischen Gegenstück zu dieser Norm, der ÖNORM B 2211 „Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm“³.

Die Funktion der Mengenabfrage direkt aus dem importierten Autodesk Revit-Modell ist für die vorliegende Arbeit von wesentlicher Bedeutung. iTWO bietet gerade für ausführende Unternehmen vielfältige Möglichkeiten des Baustellencontrollings.

³ Die ÖNORM B 2211 wurde mit 15.11.2019 durch die ÖNORM B 2204: „Ausführung von Bauteilen – Werkvertragsnorm“ ersetzt.

2.2 Mengenansätze und Methoden der Leistungsfeststellung

Bei Einheitspreisverträgen wird einer definierten Leistungsposition ein Preis je Menge⁴ zugewiesen. Zur Abrechnung von Einheitspreisverträgen ist es notwendig, diese Abrechnungsmengen bzw. die abrechenbare Leistungsmenge zu ermitteln. Gemäß ÖNORM B 2110 „Allgemeine Vertragsbedingungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm“ sind alle vertragsgemäß erbrachten Leistungen bei Einheitspreisverträgen nach den Mengen der erbrachten Leistungen zu vereinbarten Preisen abzurechnen. [48, S. 29]

Voraussetzung für den Einheitspreisvertrag ist im Allgemeinen die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses. Dies geschieht häufig auf Basis einer standardisierten Leistungsbeschreibung. Die Anwendung einer standardisierten Leistungsbeschreibung ist zwar nicht zwingend notwendig, bietet jedoch viele Vorteile hinsichtlich der inhaltlichen Widerspruchsfreiheit des Vertrags. Gerade in Österreich ist die Formulierung von Bauverträgen auf Basis der Leistungsbeschreibung Hochbau weit verbreitet, sodass der Inhalt von Leistungspositionen den Projektbeteiligten im Bauwesen geläufig ist. Die Standardisierung ermöglicht sowohl auf Seiten des Auftragnehmers als auch des Auftraggebers schnelles und effizientes Arbeiten (EDV-gestützte Erstellung von Ausschreibungsunterlagen, Anwendung von Standardkalkulationen).

Im Gegensatz zum Einheitspreisvertrag steht der echte Pauschalpreisvertrag. Während bei Einheitspreisverträgen nach den tatsächlich verbauten Mengen abgerechnet wird, wird bei Pauschalpreisverträgen nach dem vereinbarten Leistungsumfang abgerechnet. [48, S. 29] Diese Abrechnungsart wird, ebenso wie alle anderen Arten von Leistungs- und Selbstkostenerstattungsverträgen, nicht näher betrachtet.

Im folgenden Kapitel werden zunächst unterschiedliche Mengenansätze erläutert, die in der konventionellen und digitalen Mengenermittlung bzw. Leistungsfeststellung Anwendung finden. Daran anschließend wird erläutert, was genau unter diesen unterschiedlichen Arten der Leistungsfeststellung verstanden wird. Abschließend wird beschrieben, wie aus den festgestellten Mengen die Abrechnungsmengen ermittelt werden.

2.2.1 Mengenansätze

Hinsichtlich der Berücksichtigung von Öffnungen, Wandschlitzern udgl. bei der Volumens- oder Flächenberechnung von Bauteilen können unterschiedliche Ansätze verfolgt werden. Es können Brutto- oder Nettomengen sowie Mengen unter Anwendung spezieller Abzugsbedingungen ermittelt werden. Diese unterschiedlichen Mengenansätze werden anhand

⁴ Die Menge können Stück, Längen-, Flächen- oder Volumeneinheiten sein.

des Beispiels in Abb. 2.5 erläutert. Dabei wird eine Decke mit zwei unterschiedlich großen Öffnungen symbolisch dargestellt. Die orange schraffierte Fläche⁵ repräsentiert das Ergebnis der Mengenermittlung nach der jeweiligen Methode.

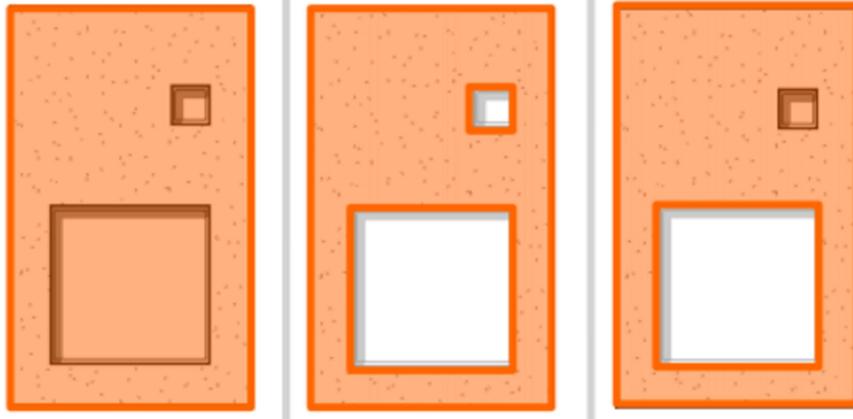


Abb. 2.5: Unterscheidung der Mengenansätze [39, S. 25]

Im linken Abschnitt von Abb. 2.5 ist die Brutto-Mengenermittlung veranschaulicht. Es wird die gesamte orange Fläche ohne Berücksichtigung der Öffnungen als Menge ausgegeben. Dieser Mengenansatz erfordert den geringsten Rechenaufwand, jedoch kann dieser Ansatz zu weit überschätzten Mengen führen, weil keine Abzugsflächen berücksichtigt werden.

Im mittleren Abschnitt der Abb. 2.5 ist die Ermittlung von Nettomengen dargestellt. Dabei werden sämtliche Öffnungsflächen von der Basisfläche abgezogen. Diese Ermittlungsmethode der Mengen führt zur genauesten Aussage der tatsächlich ausgeführten Mengen. Jedoch ist der händische Rechenaufwand, besonders bei vielen Abzugsflächen, erheblich größer und fehleranfälliger.

Im rechten Teil von Abb. 2.5 wird der Grundgedanke des Mengenansatzes nach Werkvertragsnormen veranschaulicht. Bei der heute vorherrschenden Form der Leistungsfeststellung werden die Abzugsflächen händisch aus den Abrechnungsplänen ermittelt. Um den Rechenaufwand auf ein vertretbares Maß zu beschränken, werden in den jeweiligen Werkvertragsnormen Abrechnungsregeln festgelegt. Diese definieren oftmals für die Ausmaße der Abzugsöffnungen Mindestabmessungen, bei deren Unterschreitung die Öffnungen durchgemessen⁶ werden. Damit wird bewusst eine Unschärfe in der Mengenermittlung in Kauf genommen.

⁵ Im beschriebenen Beispiel wird von Flächenwerten als Mengen gesprochen. Anstelle der Flächen könnten auch Volumen oder Längen betrachtet werden.

⁶ Unter „Durchmessen“ wird hier das Vernachlässigen der jeweiligen Öffnung in der Mengenermittlung gemeint.

2.2.2 Methoden der Leistungsfeststellung

Zur Abrechnung von Einheitspreisverträgen ist es notwendig, die Abrechnungsmengen bzw. die abrechenbare Leistung zu ermitteln. Gemäß ÖNORM B 2110 sind alle vertragsgemäß erbrachten Leistungen bei Einheitspreisverträgen nach den Mengen der erbrachten Leistungen zu vereinbarten Preisen abzurechnen. [48, S. 29]

„Die Mengen werden nach den diesbezüglichen Vereinbarungen oder nach den einschlägigen ÖNORMEN berechnet. Im Zweifel gilt eine Abrechnung nach Planmaß als vereinbart.“ [48, S.29]

Zur Ermittlung der Mengen stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung, die sich je nach Einsatz von digitalen Hilfsmitteln unterscheiden.

Konventionelle Leistungsfeststellung

Die heute vielfach angewandte Mengenermittlung unter Anwendung der Abrechnungsregeln der Werkvertragsnormen der Normenreihe B 22xx wird als *konventionelle Leistungsfeststellung* bezeichnet. Beispielsweise besagt die ÖNORM B 2211 in Bezug auf die Ausmaßfeststellung folgendes:

„Der Umfang der Leistung ist grundsätzlich nach den für die Ausführung maßgeblichen Plänen und dem Leistungsverzeichnis festzustellen. Sofern diese Unterlagen nicht vorhanden oder nicht ausreichend sind, hat die Ausmaßfeststellung aufgrund von Naturaufnahmen zu erfolgen. (...) Bei der Ausmaßfeststellung ist jede Wand oder Decke sowie jede Öffnung, Nische u. dgl. getrennt zu betrachten.“ [49, S. 14]

Die Werkvertragsnormen geben dabei Vereinfachungen vor, wie beispielsweise die folgende Regelung zeigt:

„Durchzumessen sind Öffnungen in der Schalung bis 0,5 m² Einzelausmaß.“ [49, S. 14]

Das bedeutet, dass Öffnungen bis zu 0,5 m² bei der Abrechnungsmenge mitgezählt werden. Ähnliche Vereinfachungen gibt es bei Wanddurchbrüchen etc. Dies führt zu einer wesentlichen Vereinfachung für den Abrechnungstechniker bei der konventionellen Abrechnung. Der Abzug einer jeden Öffnung oder jedes Wandschlitzes würde zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand im Abrechnungsprozess führen, dem keine adäquate Einsparung bei der abrechenbaren Menge gegenübersteht. Eine logische Konsequenz daraus ist, dass die real verbauten Mengen nicht exakt mit den abgerechneten Mengen übereinstimmen.

Ein Großteil der Abrechnungsmengen kann „am Schreibtisch“ nach Planmaßen ermittelt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die tatsächliche Bauausführung genau nach den jeweiligen Ausführungsunterlagen (Plänen, Detailskizzen, etc.) erfolgt ist. Dies muss auf der Baustelle laufend überprüft werden und ist eine der Rollen der örtlichen Bauaufsicht.

Die Abrechnungsregeln der Werkvertragsnormen gelten auch für die Ausmaßermittlung bei Abrechnung nach Naturmaßen.

Als weitere Informationsquelle zur Leistungsfeststellung können Bautagesberichte, Aufmaßblätter, Lieferscheine, Wiegescheine, geförderte Mengen, Mietrechnungen, Verbrauchsnachweise oder sonstige Prüfnachweise dienen. [55, S. 36]

Die Abrechnung selbst erfolgt nicht automatisch, auch wenn die Abrechnungspläne in digitaler Form (beispielsweise als .dwg-Datei) vorhanden sind. Die Mengen werden händisch aus den Plänen oder der Natur anhand der Abrechnungsregeln ermittelt. Alle relevanten Dokumente sind eigenständig und werden getrennt voneinander bearbeitet. [25, S. 18]

Es bestehen keine automatisierten Verknüpfungen zwischen den Abrechnungsplänen, den Aufmaßblättern und anderen Abrechnungsunterlagen.

Die so ermittelten Mengen entsprechen jenen im rechten Bildabschnitt von Abb. 2.5.

Digitale und mobile Leistungsfeststellung

Zusammengefasst wird unter *digitaler Leistungsfeststellung* die (teil-)automatisierte Mengenermittlung mit Hilfe eines digitalen Bauwerksmodells verstanden. *Mobile Leistungsfeststellung* stellt eine Steigerungsform dar, bei welcher die entsprechenden Informationen direkt vor Ort, also über *mobile* Endgeräte, in das Modell eingetragen werden.

Somit bildet die digitale Leistungsfeststellung die Grundlage für die zumindest teilweise Automatisierung des Abrechnungsprozesses. Durch den Eintrag einer entsprechenden Merkmalsausprägung im Modell können die abzurechnenden Mengen direkt ausgegeben werden. Die heutigen „händischen“ Schritte im Prozess entfallen. Jedoch erfolgen dabei alle Schritte noch immer im Baubüro. Die Information, dass eine Menge fertiggestellt wurde, muss manuell in das digitale System eingegeben werden.

Dieser Zwischenschritt kann durch die Anwendung mobiler Tools beseitigt werden. Der BIM-Prozess kann durchgängig über die gesamte Projektdauer geführt werden, wenn die mobile Bereitstellung der Modelldaten und deren Veränderung direkt auf der Baustelle ermöglicht wird. Das Umfeld einer Baustelle stellt hohe Anforderungen an die Hardware und die Netzinfrastruktur. Heute bieten jedoch beispielsweise Tablet-Computer bereits ausreichende Rechenleistung, um detaillierte Bauwerksmodelle direkt im Baufeld darstellen zu können. Die führenden Softwareunternehmen bieten mittlerweile Applikationen an, welche auf die Nutzung auf der Baustelle zugeschnitten sind und netzwerkunabhängig funktionieren. So kann an jedem Punkt der Baustelle das Koordinations- oder Projektmodell vor Ort um aktuelle Informationen ergänzt werden. Es können Bauteilen direkt Fotos oder Merkmale, wie beispielsweise die Fertigstellung, zugewiesen werden. Diese Informationen werden sofort für alle Projektbeteiligten im Projektmodell sichtbar und erleichtern den zeitlichen

und oft unbeliebten Datenverwaltungsaufwand erheblich. Des Weiteren trägt diese Vorgehensweise zur besseren Vernetzung zwischen Baustelle und Innendienst bei, da der Innendienst direkter in den Baustellenprozess eingebunden werden kann. Änderungen vor Ort können schneller dokumentiert und kommuniziert werden. [56, S. 43]

Voraussetzung für eine effektive Gestaltung dieser Vorgänge ist die Bereitstellung von entsprechender Netzwerkinfrastruktur mit ausreichender Bandbreite auf der Baustelle. Cloud-basierte Lösungen eröffnen eine weitere Möglichkeit zum Datenmanagement. [56, S. 44]

Das theoretische Potential der mobilen Leistungsfeststellung kann noch nicht vollständig ausgeschöpft werden. Wenngleich mehrere Softwarehersteller Anwendungen⁷ für diesen Zweck bereitstellen, so müssen diese Systeme noch auf den Baustellenalltag abgestimmt und entsprechend weiterentwickelt werden.

Der potenzielle Vorteil der digitalen und mobilen Leistungsfeststellung direkt im Projektmodell liegt in der Verknüpfung von 3D-Geometrie mit der Information „fertiggestellt und daher abrechenbar“. Anschließend können die abrechenbaren Ist-Mengen aus dem Projektmodell (teil-)automatisiert ausgelesen werden. In den Modelldarstellungen sind die abrechenbaren Mengen auch grafisch darstellbar.

„Dadurch wird die Leistung detaillierter feststellbar, zum Vorteil beider Seiten. Der Bauherr erhält somit eine visuell prüfbare Dokumentation, so dass den in Rechnung gestellten Kosten eine entsprechende Leistung gegenübersteht. Das Bauunternehmen kann die erbrachten Leistungen transparent darstellen, verringert damit das Konfliktpotential mit dem Bauherrn und kann in der Konsequenz die Liquidität der Baustelle verbessern.“ [56, S. 46]

Direkt dem Modell entnommene Mengen entsprechen meist den Netto-Mengen gemäß Kapitel 2.2.1. Wenn Werkvertragsregelungen angewendet werden sollen, so müssen diese Abrechnungsregeln in die Auswertungssoftware integriert werden. Wenn nach tatsächlichen Größen abgerechnet werden soll, so ist dies bei Vertragsabschluss gesondert zu vereinbaren. [47, S. 8] Dieser Weg wird durch ÖNORM A 6241-2: „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM“ ermöglicht.

2.2.3 Leistungsmengen und Abrechnungsmengen

Die im Zuge der Leistungsfeststellung ermittelten Mengen werden als Leistungsmengen bezeichnet. Diese Werte werden jedoch nicht direkt als Abrechnungsmenge in die jeweilige (Teil-)Rechnung übernommen.

⁷ Beispiele für diese Anwendungen sind Autodesk BIM 360 Field und RIB iTWO SiteControl.

Die ermittelten Leistungsmengen je Rechnungslegungsperiode müssen vor deren Übernahme in die Rechnung von der örtlichen Bauaufsicht überprüft werden. Es muss hinsichtlich der Mengen zum Einvernehmen zwischen AN und AG, vertreten durch die ÖBA kommen. Wenn bei strittigen Punkten in der Mengenermittlung keine Einigung hinsichtlich der Mengen erzielt werden können und beispielsweise zusätzliche Daten zum Mengennachweis erhoben werden müssen, so kann die Abrechnung einer bereits fertiggestellten Leistung in die nächste Abrechnungsperiode verschoben werden. Somit ergibt sich eine Differenz zwischen Leistungsmengen und den Abrechnungsmengen, welche in die jeweilige (Teil-)Rechnung übernommen werden.

2.3 Projektbeteiligte und BIM

In einem Bauprojekt sind eine Vielzahl an Projektbeteiligten eingebunden. Die Anwendung von BIM im Planungs- und Ausführungsprozess erfordert Änderungen der Arbeitsweisen der einzelnen Akteure. Dadurch entstehen neue Aufgabenfelder. Im Folgenden werden die wesentlichen Anforderungen erläutert.

2.3.1 Bauherr

Der Bauherr als Auftraggeber legt die Anforderungen an das Produkt „Bauwerk“ fest. Die heutige Praxis ist oftmals so, dass bei Planungsbeginn noch nicht alle Rahmenbedingungen feststehen.

Um Bauwerksmodelle in ausreichender Qualität schaffen zu können, ist eine disziplinierte Vorbereitungsphase notwendig. Die Anforderungen an das Bauwerk und Raumprogramm müssen frühzeitig festgelegt werden. [12, S. 37]

Die Mitwirkung des Bauherrn kann durch visuelle Darstellungen erleichtert werden. Auch von Nicht-Fachleuten kann der aktuelle Planungsstand besser nachvollzogen werden. Konsequenzen von Planungsänderungen sind direkt erkennbar. So kann schon in frühen Planungsphasen eine fundierte Bauherrenentscheidung herbeigeführt werden. Missverständnisse können leichter vermieden werden. [23, S. 60 f.]

Der Bauherr muss bereits zu Beginn festlegen, welche BIM-Ziele er umsetzen möchte. Unter BIM-Zielen in diesem Zusammenhang ist gemeint, welche Planungsschritte unter Verwendung des zu erstellenden Modells abgewickelt werden sollen. Dies wären beispielsweise Energieberechnungen, die Ableitung des Tragwerksmodells, die Übernahme des Raummodells für die TGA-Planung oder auch das Heranziehen des Modells für die Bauausführung bis hin zur Abrechnung. Darauf basiert der Aufbau der Projekthierarchie und damit Art und Anzahl der notwendigen zu koordinierenden Teilmodelle sowie der Detaillierungsgrad der Modellerstellung. [12, S. 37 und S. 70]

2.3.2 Planer

Der Planer nimmt eine zentrale Rolle im BIM-Prozess ein. Er legt die Basis für die weiteren Projektphasen. Viele Entscheidungen, die heute erst im Laufe der Planung oder erst begleitend zur Ausführung getroffen werden, verlagern sich an den Projektbeginn. Es muss vom Auftraggeber definiert werden, welche BIM-Ziele verfolgt werden. Es sollte erst mit der Modellerstellung begonnen werden, wenn diese Ziele definiert sind. An der Zielsetzung orientiert sich die Modellierungstiefe. Im Zuge der Planung werden eine Vielzahl an Informationen in das Modell bzw. die Teilmodelle eingepflegt. Die Konsequenz daraus ist, dass sich der Planungsaufwand stark an den Beginn der Planungsphase verschiebt. Allerdings können so spätere Probleme in der Ausführung – beispielsweise durch vorhergehende Kollisionsprüfungen – vermieden werden. BIM erfordert eine engere Zusammenarbeit der Fachdisziplinen in der Planungsphase. Die Qualität bei der Modellerstellung ist wesentlich für den Aufwand der nachfolgenden Prozessschritte. [12, S. 38f]

Hinsichtlich der Verantwortlichkeiten bei der Koordination der einzelnen Fachmodelle muss unterschieden werden, ob ein Generalplaner oder mehrere Fachplaner von Einzelgewerken mit der Planung beauftragt sind. Während die Abstimmung der einzelnen Fachplanungen bei einem Generalplaner innerhalb seiner Organisation erfolgt, muss bei einer Einzelgewerkeplanung festgelegt werden, wer die Teilmodelle koordiniert und auch die Verantwortung dafür trägt. Die Gesamtkoordination muss dabei nicht zwingend von einem der Fachplaner durchgeführt werden. Sie kann auch durch externe Projektbeteiligte durchgeführt werden.

2.3.3 Auftragnehmer

Bei einer entsprechend hochwertigen BIM-Planung können Bauunternehmen und alle anderen Gewerke, wie beispielsweise HKLS-Unternehmen oder Elektrotechnikunternehmen, einen hohen Nutzen aus den Datenmodellen ziehen. Die Mengenermittlung für die Angebotserstellung kann teilautomatisiert und damit schneller erfolgen. Durch die Visualisierung bekommt der Bauunternehmer schneller einen Überblick über die geforderten Leistungen. Die „händische“ Mengenermittlung auf Basis von 2D-Plänen entfällt. Außerdem wird von einer besser abgestimmten Planung zwischen den einzelnen Fachplanern profitiert. Die Bauunternehmen lassen die Zeit- und Kostenkomponenten in das Modell mit einfließen. Sofern vertraglich vereinbart, können Änderungen direkt während der Bauausführung in das Modell integriert werden, sodass der Bauherr am Ende das Modell „as built“ zur weiteren Verwendung erhält. Das Modell kann beispielsweise für das Facility Management herangezogen werden. [12, S. 39ff]

2.3.4 Örtliche Bauaufsicht – Bauüberwachung

„Die Örtliche Bauaufsicht umfasst die Leistungen der Bauüberwachung & Koordination, Termin- & Kostenverfolgung, Qualitätskontrolle, Rechnungsprüfung, Bearbeitung von Mehr- & Minderkostenforderungen, Übernahme & Abnahmen, Mängelfeststellung & -bearbeitung sowie die Dokumentation in den Phasen der Ausführungsvorbereitung, der Ausführung und des Projektabschlusses.“ [58, S. 3]

Bei diesem Aufgabenfeld können die in einem Modell zusammengetragenen Informationen erheblich unterstützen. Die Verknüpfung aller Fachmodelle mit den zeit- und kostenbezogenen Informationen erleichtert eine nachvollziehbare Darstellung von Abweichungen. Die Aufgaben wie die Termin- und Kostenüberwachung, Überprüfung von Mehr- und Minderkostenforderungen bis hin zur Mängelfeststellung können modellbasiert durchgeführt werden. [58, S. 6ff]

2.3.5 Neue Aufgabenfelder im BIM-Prozess

Ein wesentliches Ziel von BIM ist es, alle Informationen im Koordinationsmodell zusammenzufügen und allen Projektbeteiligten zugänglich zu machen. Dies erfordert jedoch erhöhte Aufmerksamkeit bezüglich der Daten-Kompatibilität, Ordnung und Einhaltung projektinterner Regeln. Die verschiedenen Fachplaner haben unterschiedliche Sichtweisen, Planungs- und Berechnungswerkzeuge, welche aufeinander abgestimmt werden müssen. Rechte und Pflichten müssen benannt und alle Beteiligten sowohl inhaltlich als auch terminlich aufeinander abgestimmt werden. Um all dies sicherzustellen, müssen neue Instanzen⁸ eingesetzt werden. [4, S. 49ff]

In Abb. 2.6 werden die Zusammenhänge diese neuen Instanzen dargestellt. Auf Ebene der einzelnen Gewerke bzw. Fachplaner ist eine verantwortliche Person zu benennen, die für die korrekte BIM-Einzelgewerkeplanung verantwortlich ist. Diese Person wird in Abb. 2.6 als BIM-Modeller⁹ bezeichnet. Diese Einzelgewerkeplanung wird durch eine übergeordnete Stelle abgestimmt, den BIM-Koordinator. Auf Seiten der Projektleitung bzw. des Bauherrn steht der BIM-Manager.

⁸ Die neuen Instanzen werden in der Literatur oftmals unterschiedlich benannt.

⁹ Der BIM-Modeller wird häufig auch als BIM-Konstrukteur bezeichnet.

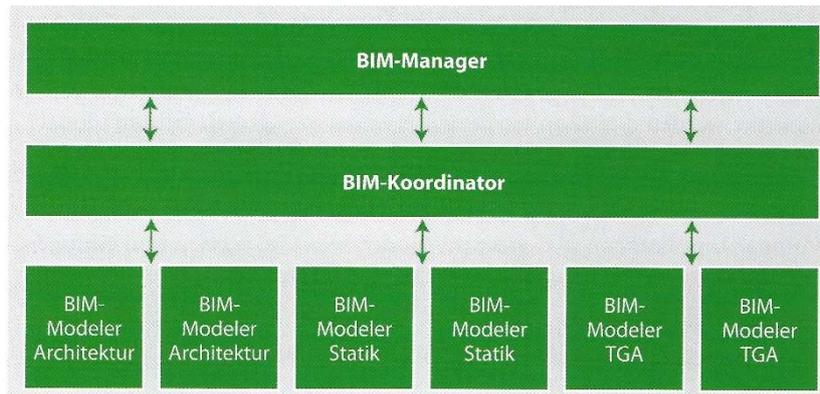


Abb. 2.6: Dreistufiges BIM-Instanzensystem nach Baier [4, S. 52]

Eine mögliche Aufgabenzuordnung wird nun anhand der Bezeichnungen von Baier erläutert [4, S. 51ff]. Eine vertragliche Vereinbarung der Rechte und Pflichten ist unerlässlich.

BIM-Modeller

Aufgabe des BIM-Modellers ist das Erstellen von BIM-konformen Bauwerksmodellen durch Einpflegen von Informationen bzw. Merkmalen. Dies erfordert ein erhöhtes Maß an Kenntnissen über Bauteileigenschaften, Baukonstruktionen und statische Zusammenhänge, sowie insbesondere deren Zusammenhang untereinander. Er erstellt in seinem Gewerk die Einzelgewerkeplanung. [4, S. 51ff]

Mehrere BIM-Modeller können auch innerhalb der Gewerke durch einen BIM-Fachkoordinator abgestimmt werden. Im Instanzenzug steht untersteht er dem BIM-Koordinator. [37, S. 5]

BIM-Koordinator

Der BIM-Koordinator¹⁰ führt die Einzelplanungen im Koordinationsmodell zusammen. Er sorgt für die Einhaltung der Modellierungsrichtlinien, sowie für die strukturierte Ablage aller Informationen. Er hält durch enge Zusammenarbeit und Kommunikation mit allen Fachgruppen die Qualitätsstandards aufrecht. Nach dem Zusammenführen und der Kollisionskontrolle, was in seine Zuständigkeit fällt, erfolgt in Abstimmung mit dem BIM-Manager die Freigabe des Koordinationsmodells. [4, S. 51f]

Der BIM-Koordinator muss die notwendige fachliche Kompetenz haben, um die modellbasierte Arbeitsweise aller beteiligten Organisationen zur Erreichung der im BAP festgelegten Ziele zu steuern und zu koordinieren. [37, S. 4]

¹⁰ Diese Instanz wird in der Literatur oftmals auch als BIM-Gesamtkoordinator bezeichnet. Insbesondere dann, wenn ihm nicht die BIM-Modeller direkt unterstellt sind, sondern BIM-Fachkoordinatoren.

BIM-Manager

Der BIM-Manager legt Zugriffsrechte, Verantwortlichkeiten und Handlungsanweisungen fest. Ihm kommt eine administrative Rolle zu. Das Einpflegen von Informationen Dritter liegt ebenfalls in seinem Verantwortungsbereich. Der BIM-Manager kann als Ergänzung des Projektleiters gesehen werden. [4, S. 53f]

Aufgrund seiner Verantwortlichkeit muss der BIM-Manager die Kompetenz haben, alle vertraglichen und organisatorischen Aufgaben in der digitalen Projektabwicklung erfüllen zu können. [37, S. 3]

In jedem Fall sollten die Rollen und Verantwortlichkeiten im Vorhinein klar definiert werden. Diese können von Projekt zu Projekt unterschiedlich sein und sind nicht zuletzt vom Projektumfang und dem damit verbundenen koordinativen Aufwand abhängig.

2.4 Pilotprojekt

Beim vom Autor betrachteten Pilotprojekt handelt es sich um den Neubau der ASFINAG Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha in Niederösterreich. Die Autobahnmeistereistandorte Schwechat und Parndorf werden dabei zusammengelegt. Die Gesamtfläche des neuen Areals beträgt 27.000 m², wobei diverse Hallen, Büros und befestigte Flächen mit der gesamten zugehörigen Infrastruktur neu errichtet werden. [1]

Das Projekt wird grundsätzlich konventionell geplant und abgewickelt. Es wird ergänzend ein BIM-Modell erstellt, welches jedoch einen für die Projektbeteiligten unverbindlichen Charakter aufweist. Anhand des Modells sollen Potentiale und Anwendungsfälle von BIM auf der Baustelle erprobt werden. [27, 28] Die Ziele dieses Pilotprojekts werden im BIM-Ausführungsplan formuliert.

2.4.1 Projektziele

Durch diese parallele Planung werden Prozesse unter Verwendung von BIM einem Praxistest unterzogen. Konkret sollen entsprechend dem BIM-Ausführungsplan für die Baustelle folgende Ziele erreicht werden: [27, S. 3]

1. Verbesserung der Planung – weniger Fehler in der Bauabwicklung
2. Genauere Mengen – höhere Kostensicherheit
3. Visualisierung
4. Kollisionsprüfung
5. Vorteile für die künftigen Ausschreibungen im Hochbau gewinnen
6. Know-How-Gewinn
7. Schnittstellen sowohl zum Unternehmer als auch zum Planer effizienter gestalten.

Eine Verbesserung der Planung soll durch Verwendung eines zentralen Modells als „single source of truth“¹¹ erreicht werden. Das Zentralmodell wurde einer gewerkeinternen, als auch einer gewerkeübergreifenden Kollisionskontrolle durch das Programm Navisworks unterzogen. Festgestellte Konflikte können somit direkt behoben werden. Über die verwendete Kommunikationsplattform wird die Behebung der Kollisionen für alle nachvollziehbar und automatisch dokumentiert. Außerdem wird der Bauzeitplan in das Modell integriert, wodurch der Bauablauf simuliert werden kann. Mit einer entsprechend detailreiche Modellierung kann eine präzise Mengenermittlung durchgeführt werden. Durch Verknüpfung der modellbasiert ermittelten Mengen mit den Einheitspreisen sollen etwa 40 % der Baukosten BIM-gestützt überprüft werden. Weiters soll in diesem Projekt die „BIM-Kommunikation“ getestet werden. Es werden verschiedene technische Möglichkeiten in das Projekt eingebunden, um potenziellen Mehrwert, aber auch Nachteile für künftige Projekte zu ermitteln. [27, S. 3f]

Im Pilotprojekt werden monatlich Abrechnungsmappen erstellt. In diesen Mappen werden die abgerechneten Positionen modellgestützt grafisch dargestellt und sind somit klar nachvollziehbar. Diese Mappen dienen als Besprechungsgrundlage für die regelmäßigen Koordinationsbesprechungen, in welchen die Erkenntnisse aus dem begleitenden BIM-Prozess besprochen werden. In Abb. 2.7 und Abb. 2.8 ist ein Auszug aus einer solchen Abrechnungsmappe dargestellt. Der Abrechnungsstatus der links oben angeführten Positionen ist in den Modelldarstellungen grafisch dargestellt. Bauteile in blauer Farbe werden aktuell abgerechnet. Bauteile in Rot wurden im laufenden Monat fertiggestellt. Bereits abgerechnete Bauteile werden in grünen Gitternetzlinien dargestellt (in Abb. 2.8 beispielsweise die Liftgrube), während unfertige Bauteile mit grauen Linien lediglich angedeutet werden. Eine weitere Kategorie bilden Bauteile, die bereits vor dem laufenden Monat fertiggestellt wurden. Solche Bauteile sind in Abb. 2.8 nicht vorhanden. Unter den jeweiligen Positionen in Abb. 2.7 sind Informationen darüber zu finden, ob die modellgestützte Mengenermittlung der konventionellen Mengenermittlung entspricht, oder nicht. Hier entsprechen alle Abrechnungsmengen aus dem Modell den Abrechnungsmengen laut den Aufmaßblättern.

¹¹ Wörtlich: engl. *Einzig Quelle der Wahrheit*. In diesem Zusammenhang ist darunter das Zentralmodell als einzige Datenquelle für alle Vorgänge zu verstehen.

01 02 07 01 07 E - Beton Fundamentplatte - 2018-11							
4D.Angerechnet	4D.Fertiggestellt	Volumen	5D.Einheitspreis.Volumen	Los	3D.Bauteil	5D.Bauteil	5D.Bauteil.Beschreibung
2018-11	2018-11	114,74 m³	€93,49	01	02	07 01 07 E	Beton Fundamentplatte C25/30 b.30cm

≈ Abrechnungsmengen lt. Aufmaßblätter

01 02 07 01 02 A - Sauberkeitsschicht C12/15 - 2018-11							
4D.Angerechnet	4D.Fertiggestellt	Volumen	5D.Einheitspreis.Volumen	Los	3D.Bauteil	5D.Bauteil	5D.Bauteil.Beschreibung
2018-11	2018-11	23,82 m³	€109,70	01	02	07 01 02 A / 03 02 21 A	Sauberkeitsschicht C12/15 / Feinplanum

≈ Abrechnungsmengen lt. Aufmaßblätter

01 02 07 01 50 A - XPS unter Fundament - 2018-11							
4D.Abgerechnet	4D.Fertiggestellt	Fläche	5D.Einheitspreis.Fläche	Los	3D.Bauteil	5D.Bauteil	5D.Bauteil.Beschreibung
2018-11	2018-11	303,15 m²	€15,40	01	02	07 01 50 A	XPS G 50 unter STB-Fundament 100mm / PE-Folie 0,2mm

≈ Abrechnungsmengen lt. Aufmaßblätter

Abb. 2.7: Auszug aus einer Abrechnungsmappe des Pilotprojektes - Mengentabelle [34]

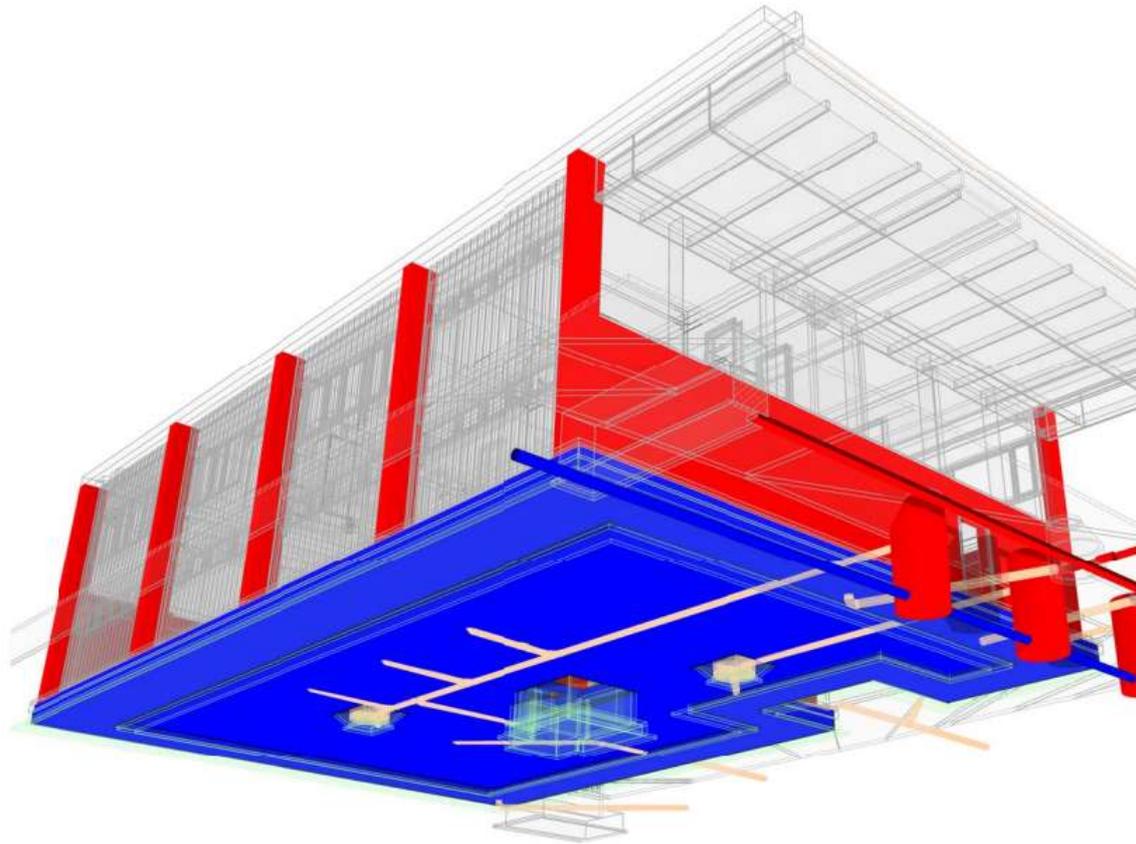


Abb. 2.8: Auszug aus einer Abrechnungsmappe des Pilotprojektes – Grafische Darstellung der Mengen [34]

2.4.2 Verwendete Software

Das Projekt wurde mit einem Softwareumfeld im Sinne von Big-Closed-BIM umgesetzt. So können unterschiedliche Anwendungsfälle getestet werden, ohne mögliche Probleme mit

den Schnittstellen zwischen den verschiedenen Programmen berücksichtigen zu müssen. [31]

Es kommt das native Umfeld von Autodesk zum Einsatz. Das BIM-Modell bzw. alle BIM-Teilmodelle werden mit Autodesk Revit erstellt. Über diese Modelle werden danach die Massenermittlung sowie 4D- und 5D-Eingaben abgewickelt. In Autodesk Navisworks wird die Kollisionskontrolle, die 4D-Auswertung und die Bauablaufsimulation durchgeführt, indem der MS-Projekt-Terminplan mit dem Autodesk-Revit-Modell zusammengeführt wird. Zur mobilen Bereitstellung der Modelldaten kommt Autodesk BIM 360 zum Einsatz. So können BIM-Planer und Mitarbeiter auf der Baustelle stets aktuelle Modelldaten abrufen. Des Weiteren kommt MS Excel zum Einsatz. Die Massenauszüge¹² werden aus Autodesk Revit in das Tabellenkalkulationsprogramm exportiert und von dort in die AVA-Software Auer Success übernommen. [27, S. 20f]

Damit wird die Auswertung nicht mit einer BIM-Auswertungssoftware gemäß Abb. 2.4 durchgeführt, sondern direkt auf Basis des Revit-Modells.

2.4.3 Leistungsverzeichnis

Der Mengenermittlung bzw. Abrechnung liegt ein Leistungsverzeichnis zugrunde, welches entsprechend der „Standardleistungsbeschreibung Hochbau“ erstellt wurde. Aufgrund des großen Umfangs des Bauvorhabens wurde das LV über der Ebene der Obergruppen in neun Gruppen gegliedert:

- 01-Gemeinkosten
- 02-Bürogebäude
- 03-Hallen
- 04-Flugdach
- 05-Infrastruktur und Außenanlagen
- 06-Kanalanlagen
- 07-Retentionsbecken
- 08-Wasserhaltung Baugrube
- 09-Regie

So ist beispielsweise die Position *03 07 01 02A Sauberkeitsschicht C12/15* in mehreren Gruppen enthalten. Diese Unterteilung findet sich im Modell als Merkmal wieder.

¹² Die Massenauszüge je LV-Position werden durch Anlegen von Bauteillisten mit Ausgabe der Geometrieinformationen und bestimmter Merkmale der entsprechenden Bauteile erstellt.

Im Merkmal „Bauteil“ ist angegeben, zu welcher Gruppe im Leistungsverzeichnis das jeweilige Objekt zuzuordnen ist. So lässt sich nach Sauberkeitsschichten im Abschnitt „02-Bürogebäude“ oder im Abschnitt „03-Hallen“ differenziert filtern.

2.4.4 Modell

Teilmodelle und grundlegende Anforderungen

Es wird ein eigenes Teilmodell für Hochbau, Tragwerksplanung und Siedlungswasserbau sowie jeweils ein weiteres Teilmodell für HKLS und Elektrotechnik erstellt. All diese Teilmodelle werden im Koordinationsmodell zusammengeführt und auf Kollisionen geprüft. Das Modell muss in einer für die Mengenermittlung ausreichenden Tiefe und Qualität erstellt werden, welche wiederum in Abstimmung mit den ausgeschriebenen Positionen erfolgen muss. Aufgrund der Kleinteiligkeit der Ausschreibung stellt dies erhöhte Anforderungen an die Modellbildung dar. Untergeordnete Komponenten, wie beispielsweise Erdung und Blitzschutz, wurden in der Modellbildung nicht berücksichtigt. Diese Elemente werden eventuell in der AsBuilt-Planung nachträglich ergänzt. Das Modell wurde während der gesamten Bauphase nachgezogen, da kleinere Anpassungen auf der Baustelle unvermeidlich sind. [27, 28]

Modellaufbau und Merkmale zur Mengenerfassung

Das Modell zur Mengenermittlung dient der Abrechnung. Daher wurden mehrere spezielle Merkmale hinzugefügt. Diese Merkmale dienen zum Filtern der Mengen, um sie anschließend den entsprechenden Positionen im Leistungsverzeichnis zuordnen zu können. Die Merkmalsausprägungen wurden nach und nach eingetragen. Folgende Merkmale wurden für die Erstellung der Mengenerfassung hinzugefügt:

- 3D.Bauteil:
Zuordnung entsprechend der Gruppe des LV.
- 4D.Bauteil
Dieses Merkmal ist zur Verknüpfung der Bauteile mit dem Bauzeitplan notwendig.
- 4D.Fertiggestellt:
Hier wird der Monat der Fertigstellung des Bauteils eingetragen. Somit wird das Ende des Leistungszeitraums definiert.
- 4D.Abgerechnet:
Hier wird der Monat der Abrechnung des Bauteils eingetragen. Die Unterscheidung in „Fertiggestellt“ und „Abgerechnet“ ist deshalb von Bedeutung, weil Bauteile innerhalb derselben Position gemeinsam abgerechnet werden könnten, auch wenn sie

zu unterschiedlichen Zeitpunkten fertiggestellt wurden. Zur zeitlichen Bauablaufverfolgung (entsprechend der vierten BIM-Dimension) ist diese Unterscheidung ebenfalls wichtig. So kann zu jedem Zeitpunkt die reale Fertigstellung (der reale Bauablauf) unabhängig von den abgerechneten Bauteilen dargestellt werden.

- 5D.Bauteil:
Zugehörige Leistungsposition je Bauteil
- 5D.Bauteil.Beschreibung:
Positionstitel der zugehörigen Leistungsposition je Bauteil

In Abb. 2.9 ist ein Schnitt durch das Modell mit der zugehörigen Eigenschaftenpalette aus Autodesk Revit abgebildet. Das ausgewählte Bauteil ist in Blau hervorgehoben. Die zuvor beschriebenen Merkmale sind, mit Ausnahme der Merkmale „4D.Fertiggestellt“ und „4D.Abgerechnet“, links in der Maske der Eigenschaften zu finden (innerhalb des rot umrandeten Vierecks). Die beiden nicht dargestellten Merkmale sind an anderer Stelle in dieser Liste angeführt.

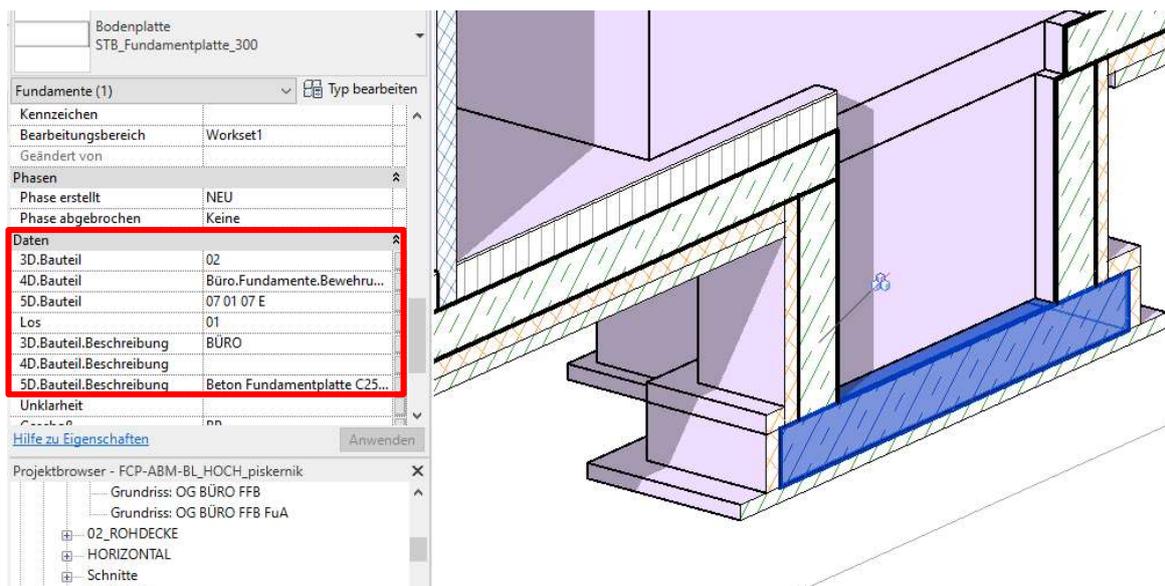


Abb. 2.9: Schnitt durch das Abrechnungsmodell in Autodesk Revit

Über diesen Informationen können die Bauteile zu den jeweiligen Positionen des LV zugeordnet werden und die Summen der Abrechnungsmengen (Volumen, Flächen, etc.) aus dem Modell ermittelt werden. Diese Informationen werden in den Abrechnungsmappen ausgegeben, siehe Abb. 2.7.

3 Modellbasierter Mengenvergleich

In diesem Kapitel werden die Mengenermittlung nach Werkvertragsnorm und nach der Netto-Methode einander gegenübergestellt. Beide Mengenermittlungsverfahren werden in der Software RIB iTWO 5D erstellt. Als Basis dient das Modell des ASFINAG-Pilotprojektes mit Stand 30.06.2019. Die Mengen im Pilotprojekt wurden aufgrund der Closed-BIM-Methodik direkt aus der Autorensoftware ausgegeben. Das Modell wurde für diesen Zweck aufgebaut. In der vorliegenden Diplomarbeit sollte jedoch die Auswertung in der Kalkulationssoftware RIB iTWO 5D getestet werden. Dazu wurde das Modell in iTWO eingelesen. Dabei ist zu beachten, dass der Zwischenschritt der Modellprüfung in einer Prüfsoftware entfallen ist.

In diesem Kapitel wird das Einlesen des Modells in das Programm beschrieben, woraus sich Anforderungen an das Basismodell ableiten lassen. Es wird die Leistungsgruppe „*Beton- und Stahlbetonarbeiten*“ betrachtet. Diese Gruppe wurde gewählt, weil Abweichungen im Mengenvergleich klar erkennbar sind. Weiters wurden Bauteile dieser Leistungsgruppe konsequent nachmodelliert, d.h. alle Durchbrüche sind im Modell enthalten. Außerdem sind bei den Betonvolumina und den Schalungsflächen große Mengen zu erwarten, sodass kleine absolute Mengenabweichungen einen nachvollziehbaren Einfluss auf das Ergebnis haben.

3.1 Grundlagen zur Mengenermittlung

Um eine Mengenermittlung für die Zuordnung zu Positionen eines Leistungsverzeichnisses in RIB iTWO 5D erstellen zu können, bedarf es mehrerer Grundlagen. Diese Grundlagen können je nach konkreter Situation unterschiedlich sein. Je nachdem welche Arbeitsschritte mit iTWO abgewickelt werden sollen, bedarf es anderer Ausgangsdaten.

In der folgenden Betrachtung geht es um die Ermittlung von Mengen, welche in weiterer Folge den Positionen eines vorher definierten Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden sollen. Die Mengen werden mit zwei unterschiedlichen Berechnungsmethoden ermittelt. Die Ergebnisse werden gegenübergestellt.

Modell

Zentrale Grundlage jeder Betrachtung mit RIB iTWO bildet das BIM-Modell. Im vorliegenden Fall wird ein Modell verwendet, das mit der Software Autodesk Revit erstellt wurde.

Das BIM-Modell kann mit anderen BIM-Planungsprogrammen erstellt werden. Es werden 3D-CAD-Plug-Ins für die Anwendungen diverser Software-Anbieter seitens RIB zur Verfügung gestellt. Auch der IFC und 3D-DWG-Standard werden unterstützt. Die Ausgabe aus

den Plug-Ins erfolgt über das *.cpixml*-Ausgabeformat. [54] Das CPI-Format ermöglicht es, die Geometrie-Informationen mit alphanumerischen Informationen sowie Zeit und Kosten zu kombinieren. [4, S. 48]

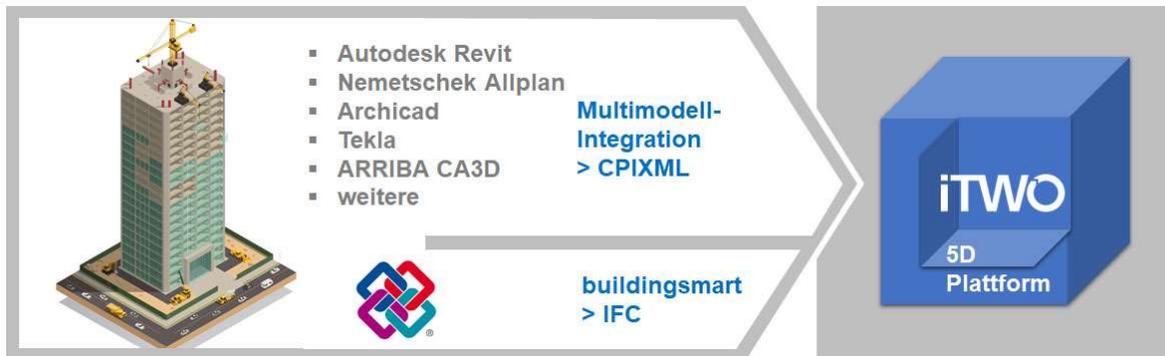


Abb. 3.1: Modellintegration in iTWO [54]

Die so erstellte Ausgabedatei kann im BIM-Qualifier¹³ eingelesen werden. Im Zuge des Einlesevorgangs wird das Modell einer Qualitätsprüfung unterzogen. Bei dieser Qualitätsprüfung können fehlerhafte Bauteilzuordnungen behoben werden, Geometrien korrigiert oder Vereinfachungen für eine bessere Handhabung des Modells durchgeführt werden. [42, S. 8]

Leistungsverzeichnis

Um den über das Modell ermittelten Mengen Leistungspositionen zuordnen zu können, muss ein Leistungsverzeichnis in iTWO integriert werden. Innerhalb des Programms kann ein LV aus dem Modell auf Basis der Standardpositionen der LB-H erstellt werden.

Im vorliegenden Fall jedoch wurde das Leistungsverzeichnis nicht mit iTWO selbst erstellt. Es wurde das LV des Pilotprojekts, welches mit der AVVA-Software Auer Success erzeugt wurde, direkt übernommen.

iTWO ermöglicht das Einlesen genormter Leistungsverzeichnisdatenträger. Der elektronische Austausch von Leistungsbeschreibungsdaten in Österreich ist in der ÖNORM A 2063 „Austausch von Leistungsbeschreibungs-, Elementkatalogs-, Ausschreibungs-, Angebots-, Auftrags- und Abrechnungsdaten in elektronischer Form“ geregelt. Daten werden im sogenannten *.nlv*-Format ausgetauscht. [46, S. 32]

Die Positionen des Leistungsverzeichnisses können direkt in iTWO übernommen werden.

¹³ Mit dem Softwarebaustein „BIM-Qualifier“ werden Modelldaten in RIB iTWO 5D importiert. Der BIM-Qualifier enthält Prüf- und Korrekturmöglichkeiten, bevor innerhalb von iTWO auf Basis der Importdaten weitergearbeitet wird. [42, S. 8]

3.2 Einlesen des Modells mit dem BIM-Qualifier

Nach dem Anlegen eines Projekts müssen zunächst alle notwendigen Daten eingelesen werden. Dies ist einerseits die *.cpixml*-Datei aus dem Modell des Pilotprojekts, andererseits das Leistungsverzeichnis des Projekts. Zunächst wird das Einlesen des Modells betrachtet.

In Abb. 3.2 ist die Einordnung des Modellimports mit dem BIM-Qualifier im iTWO-Gesamtprozess grafisch dargestellt (im roten Kasten hervorgehoben). Sämtliche in Kapitel 3.2 beschriebenen Schritte sind Unterprozesse des BIM-Qualifiers.

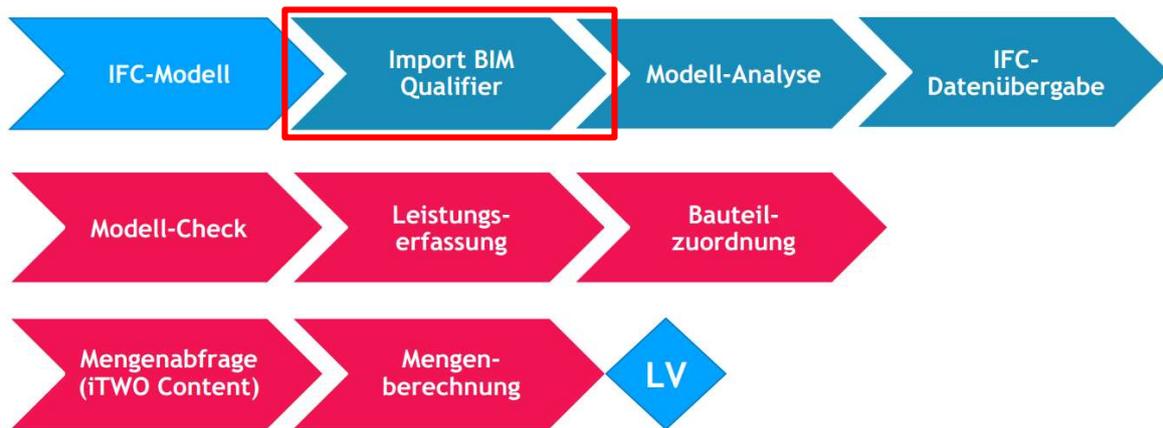


Abb. 3.2: Einordnung des BIM-Qualifiers im iTWO-Gesamtprozess [52, S. 17]

Bevor die Mengen aus dem Modell mit Hilfe von iTWO ermittelt werden können, werden mithilfe des Bausteins BIM-Qualifier Optimierungspotential am Ausgangsmodell aufgezeigt. Einfache Korrekturen können direkt im Softwarebaustein durchgeführt werden. Es wird jedoch empfohlen, aufgrund der in Kapitel 3.2.6 erläuterten Gründe die Korrekturen im Ausgangsmodell durchzuführen. Die notwendigen Schritte im BIM-Qualifier werden im Folgenden erläutert.

3.2.1 Qualitätsprüfung

Beim Importieren der *.cpixml*-Datei wird das Modell einer Qualitätsprüfung unterzogen und der Qualitätsstatus grafisch dargestellt. Die Datenprüfung des Modells wird in drei Kategorien ausgewertet:

- Datenqualität
- Leistung
- Information

In die Kategorie *Datenqualität* fallen Fehler, die aus Überschneidungen, falscher Skalierung oder Fehler bei der Raumflächenermittlung entstehen. Je nachdem, wie schwerwiegend die Fehler sind, werden sie in die Unterkategorien *Rot*, *Gelb* und *Grün* eingeteilt. [42, S. 25]

Ein Beispiel einer Überschneidung, welche zu geringerer Datenqualität führt ist in Abb. 3.3 dargestellt. Die Ausnehmung des Fundamentsockels eines Lagersilos (in Gelb dargestellt) aus der darunterliegenden Betonfahrbahn (in Grau dargestellt) wurde nicht modelliert. Somit kommt es zu einer Überschneidung der Körper „Fahrbahn“ und „Fundamentsockel“. Daraus ergibt sich eine inkorrekte Ermittlung der tatsächlichen Betonmenge der Fahrbahnplatte, da der volle Körper in die Mengenermittlung eingeht.

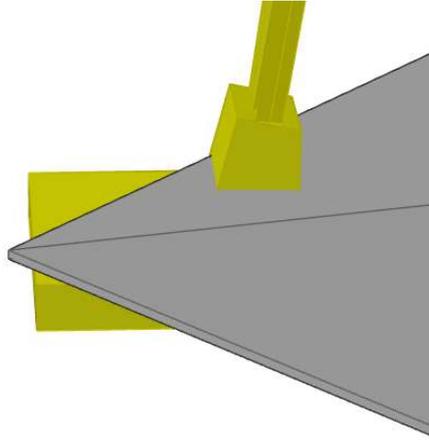


Abb. 3.3: Überschneidung eines Fundamentsockels mit der Fahrbahnplatte im Modell.

In der Kategorie *Leistung* werden Meldungen zu geometrisch komplexen Objekten aufgelistet, welche die Leistung des iTWO-Prozesses durch erhöhten Rechenaufwand verlangsamen können. Ein Beispiel hierfür ist die Annäherung von runden Bauteilen durch Polylinien. Je detaillierter die Rundung angenähert werden soll, desto größer ist der Berechnungsaufwand für das Programm. Andere komplexe Strukturen, wie hoch detailliert modellierte Einrichtung, haben denselben Effekt. Wenn sie nicht zur Mengenermittlung nötig oder diskret zu ermitteln sind, so können sie qualitativ vereinfacht werden. Auch hier wird wiederum in die Unterkategorien *Rot*, *Gelb* und *Grün* eingeteilt. [42, S. 25f]

Die Kategorie *Information* fließt nicht in die Bewertungsskala der Datenqualität mit ein. Hier erhält der Nutzer Informationen, die für den weiteren Prozess hilfreich sein können. Dies wäre beispielsweise die Anzahl der Objekte, welche keinem Bauteiltyp zugeordnet sind. Diese können händisch zugewiesen werden. [42, S. 26]

In Abb. 3.4 ist das Widget „Datenprüfung“ mit dem Ergebnis der ersten Qualitätsprüfung nach dem Einlesen des Modells des Pilotprojekts dargestellt. Unter der Bezeichnung „Widget Datenprüfung“ ist in der Software iTWO die Darstellung der grafischen Auswertung der Datenprüfung zu verstehen. [42, S. 24]

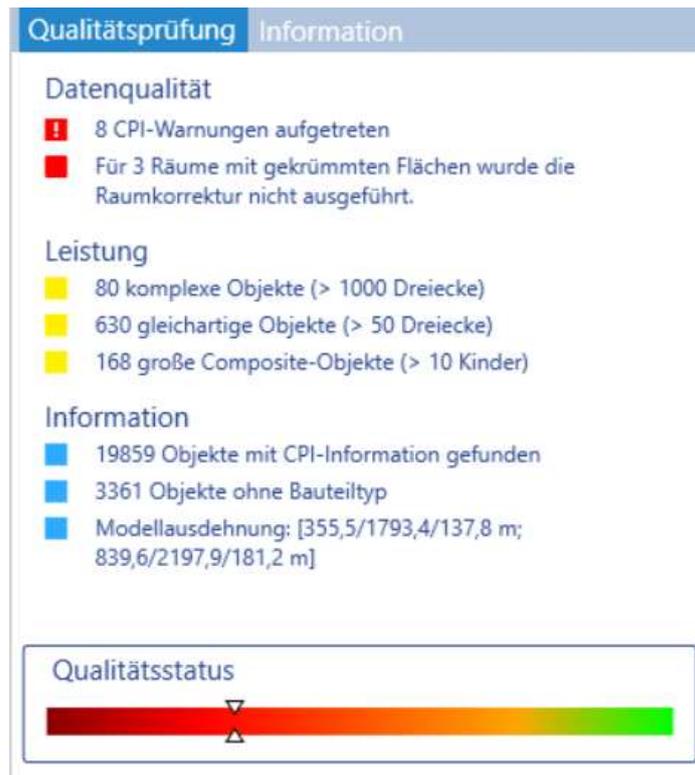


Abb. 3.4: Ergebnis der ersten Qualitätsprüfung der Pilotprojekt-Modelldaten

Es ist zu sehen, dass im ersten Schritt einige Korrekturen vorzunehmen sind. Diese können entweder im ursprünglichen Revit-Modell durchgeführt werden oder direkt mithilfe des BIM-Qualifiers. Für das vorliegende konkrete Projekt wurde aufgrund der geringen Anzahl an CPI-Warnungen¹⁴ die zweite Möglichkeit gewählt. Außer zur Auswertung der Mengen wurde das Modell in der vorliegenden Arbeit nicht weiterverwendet. Daher wurde auf Änderungen des ursprünglichen Revit-Modells verzichtet.

In untenstehender Abb. 3.5 sind innerhalb des roten Kastens die Möglichkeiten dargestellt, welche innerhalb des BIM-Qualifiers zur Verbesserung der Modellqualität angeboten werden. Die Modell-Übersicht bietet einen Überblick über das gesamte Modell. Fehlerhafte Bauteile werden grafisch hervorgehoben. Hinter der Bezeichnung „CPI-Analyser“ verbirgt sich die Anpassung der Bauteiltypenzuordnung bzw. die Analyse und Qualifizierung der CAD-Attribute. [42, S. 74]

¹⁴ Als „CPI-Warnung“ bezeichnet die Software iTWO die Meldung von Fehlern in der Kategorie „Datenqualität“.

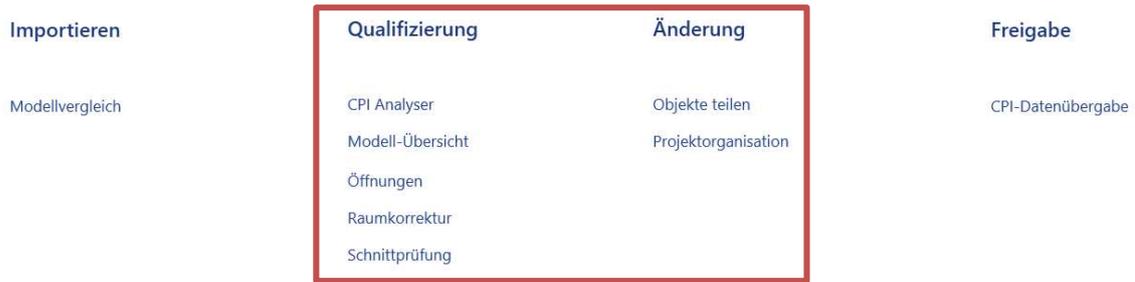


Abb. 3.5: Desktop des BIM Qualifiers mit Hervorhebung der Korrekturoptionen

3.2.2 Verbesserung der Datenqualität

In einem nächsten Schritt werden die Meldungen zur Datenqualität abgearbeitet. Im Beispielprojekt sind überlappende Öffnungen an mehreren Positionen aufgetreten. Durch derartige Fehler kann es zu Problemen in der Bruttomengenermittlung kommen. Durch das Setzen von entsprechenden Bauteileigenschaftsfiltern können Konfliktstellen grafisch hervorgehoben werden. Dies erleichtert die Entscheidungsfindung zur weiteren Vorgehensweise.

Im konkreten Fall wurde eine in einer Zwischenwand geführte Innentür fehlerhaft modelliert. Es wurde einerseits die Durchgangslichte selbst als Öffnungsobjekt (das orange Objekt in Abb. 3.7) modelliert, andererseits wurde ebenfalls der Verschieberegion der Schiebetür (das gelbe Objekt in Abb. 3.7) als Öffnungsobjekt eingegeben. Die so entstandene Überlappung führt zur Meldung „CPI-Warnung“ in der Qualitätsprüfung.

In Abb. 3.6 sind die beiden überlappenden Öffnungsobjekte in das umgebende Referenzobjekt, die Trockenbauwand, eingebettet dargestellt. Hier ist zu erkennen, wie das Öffnungsobjekt des Verschieberegions als „Wandschlitz“ in den Körper der Trockenbauwand eingreift.

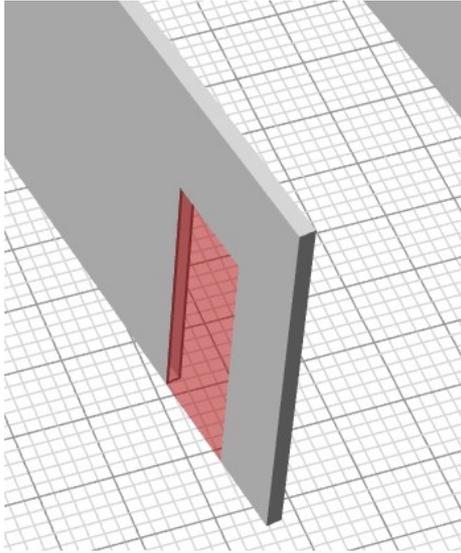


Abb. 3.6: Darstellung der Überlappung mit dem eingblendeten umgebenden Referenzobjekt

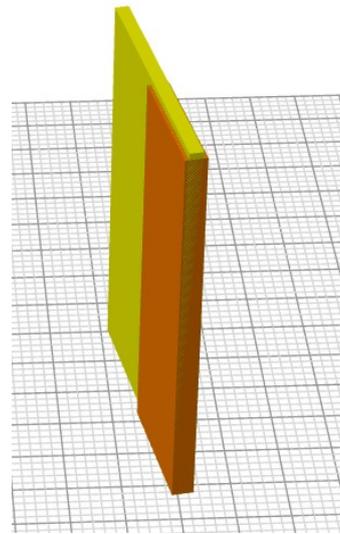


Abb. 3.7: Überlappende Öffnungsobjekte

Es wurde nun die Modellierung der „Wandschlitz“ als Öffnungen entfernt, da diese in die Trockenbauwände verfahrbare Türen ohnehin als eigene Positionen im LV enthalten sind und nach „Stück Tür“ abgerechnet werden können. Es kann das Herstellen der entsprechenden Öffnung in der Wand direkt einer Türöffnung zugewiesen werden. Daher kann die Modellierung der „Wandschlitz“ entfallen. Abhängig vom Leistungsverzeichnis kann hier eine andere Lösung zweckmäßig sein.

Eine weitere Meldung im Rahmen der Datenüberprüfung stellt ein Problem mit gekrümmten Räumen fest. Zur korrekten Berechnung der Mengen sollte der Prozess „Raumkorrektur“ durchgeführt werden. Dabei werden gekrümmte Raumflächen, beispielsweise von runden Räumen, an die raumbegrenzenden Bauteile angepasst. Manche geometrischen Fehler können nicht korrigiert werden. RIB empfiehlt, das CAD-Modell an den entsprechenden Stellen nachzubearbeiten. [42, S. 25 und S. 59]

Im Beispielprojekt konnten alle Räume erfolgreich korrigiert werden.

Durch diese wenigen Schritte konnte der Qualitätsstatus erheblich verbessert werden und liegt nun auf einem für die nächsten Schritte akzeptablen Niveau. In Abb. 3.8 ist das Widget „Datenprüfung“ mit der grafischen Darstellung des Qualitätsstatus nach den Verbesserungen dargestellt. Der Status ist jetzt im grünen Bereich. Die roten Meldungen im Abschnitt für Datenqualität sind nicht mehr vorhanden. Stattdessen ist hier die grün kategorisierte Meldung zu finden, dass alle Vorbedingungen erfüllt sind.

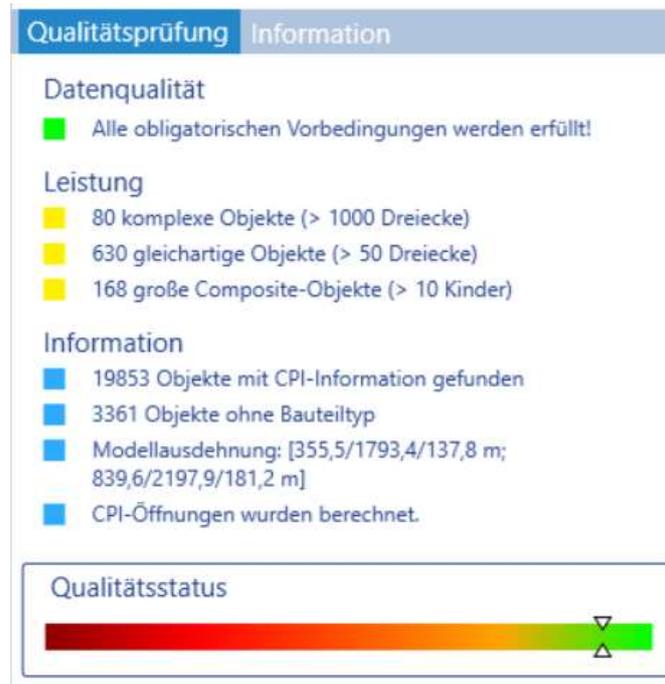


Abb. 3.8: Modellqualität nach Verbesserung

Die Prozesse „Schnittprüfung“ und „Objekte teilen“ wurden vorerst nicht ausgeführt. Sie werden an geeigneter Stelle in Kapitel 3.4.3 erläutert. Der Prozessschritt Objekte teilen wurde erst im Laufe der weiteren Bearbeitung relevant und wird daher an entsprechender Stelle beschrieben.

Bevor das Modell nun für die Mengenermittlung herangezogen werden kann, ist es sinnvoll, nicht definierten Bauteilen Informationen hinzuzufügen oder Merkmalsausprägungen abzuändern. Dies passiert mit dem Modul „CPI-Analyser“ des BIM-Qualifiers.

3.2.3 CPI-Analyser

Der Teilprozess „CPI-Analyser“ dient zur Analyse und Qualifikation der Bauteile auf Basis der eingegebenen Merkmale im CAD-Programm. Es können nicht mehr benötigte Objekte gelöscht, falsche Bauteiltyp-Zuweisungen richtiggestellt sowie Geometrien korrigiert und Vereinfachungen durchgeführt werden. [42, S. 74]

Für die folgenden Schritte sind insbesondere die Merkmale und deren Ausprägungen sowie die Bauteiltyp-Zuordnung von besonderem Interesse. Sie bildet die Basis für die Filterung nach Bauteilen und darauf aufbauend für die Zuordnung zu den entsprechenden Leistungspositionen des Leistungsverzeichnisses. Für eine automatische Mengenermittlung ist die Definition von Bauteiltypen, deren Materialien etc. unerlässlich. Andernfalls kommt es zu einer fehlerhaften Berechnung. Beispielsweise muss einem Wandbauteil der Bauteiltyp *Wand* zugeordnet sein. Sollten im CAD-Modell Bauteile keinem oder dem falschen Bauteiltyp zugeordnet worden sein, so kann dies hier korrigiert werden.

Dem Widget „Datenprüfung“, dargestellt in Abb. 3.9, kann im Bereich für Informationen (im roten Kasten) entnommen werden, wie viele Bauteile ohne Bauteiltypzuordnung im Modell enthalten sind. Es ist zu sehen, dass 3.361 Objekte keinem Bauteiltypen zugewiesen sind. Dies kann beispielsweise dadurch passieren, dass die Bauteile in der Autorensoftware nicht automatisch klassifiziert werden. Dies ist bei einigen Bauteil-Unterkategorien in der Software Autodesk Revit. [30] Diese Objekte müssen nun manuell einem Bauteiltyp zugeordnet werden, bevor mit der eigentlichen Mengenermittlung begonnen werden kann. Im Zuge der Zuordnung kann es passieren, dass neue geometrische Fehler auftreten, welche neuerlich zu einer Reduktion der Modellqualität führen können.

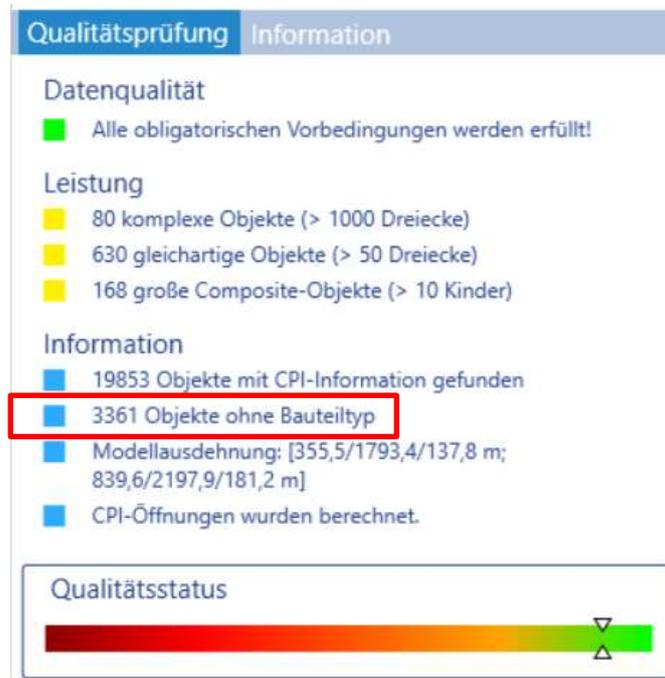


Abb. 3.9: Anzahl der Objekte ohne Bauteiltyp

3.2.4 Bauteiltyp-Zuordnung mit dem CPI-Analyser

Da die korrekte Zuordnung der Bauteiltypen einen zentralen Punkt beim Einlesen der Modelldatei bildet, wird diesem Vorgang ein eigenes Kapitel gewidmet. Es wurden besonders die Stahlbetonzuweisungen betrachtet, da diese im Anschluss untersucht werden.

Für die spätere Mengenabfrage ist es wichtig, die Geometriedefinitionen von iTWO zu kennen und wie der zugewiesene Bauteiltyp die Geometriedefinitionen beeinflusst. Diese Informationen sind sehr detailliert im Benutzerhandbuch beschrieben. Eine wesentliche Unterscheidung zwischen dem Bauteiltyp „Attribut-Objekt“ und allen anderen Bauteiltypen darf nicht übersehen werden: Bei der Mengenabfrage von Attribut-Objekten kann lediglich deren Anzahl zurückgegeben werden, während von allen anderen Bauteiltypen das Volumen, Oberflächen etc. entsprechend den Geometrieinformationen ermittelt werden können. [41, S. 20ff]

Dieser Sachverhalt ist in der Bauteiltyp-Zuordnung für die spätere Mengenermittlung im Pilotprojekt von Bedeutung. Er hat einen Einfluss bei der Abrechnung von Fertigteilenelementen. Fertigteilenelemente werden je nach Fertigteiltyp in Stück abgerechnet. Daher können Fertigteile als „Attribut-Objekt“ definiert werden. Die eigentliche Geometrie der Fertigteile ist für die Abrechnung, zumindest im betrachteten Projekt, nicht von Bedeutung.

3.2.5 Schnittprüfung

Abschließend wird der Teilprozess „Schnittprüfung“ durchgeführt. Es wurden keine Kollisionen im Sinne von „bautechnisch nicht umsetzbar“¹⁵ gefunden. Jedoch können manche Überlappungen Ungenauigkeiten in der Mengenabfrage verursachen.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der Konflikte hat die Wahl der Überschneidungstoleranz. Bei der Wahl von 0,5 mm Toleranz wurden 2.359 Objektüberschneidungen gefunden. Mit einer Toleranz von 20 mm waren es noch 1.809 Objektüberschneidungen. Als „Extremwertbetrachtung“ wurde eine Toleranz von 500 mm eingegeben. Selbst bei dieser großen Toleranz wurden rund 400 Objektüberschneidungen festgestellt.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass beispielsweise die Durchdringung von Stützen durch die Fahrbahnplatte nicht mitmodelliert wurde. Auch Durchdringungen durch die Asphaltfahrbahn wurden nicht als Durchbruch modelliert. Hier ist im Einzelfall zu entscheiden, ob die Modellierung derartiger Details einen wesentlichen Einfluss auf die Mengenermittlung haben kann oder nicht.

Im vorliegenden Fall wurde ohne Bearbeitung der Objektüberschneidungen fortgefahren, weil die betroffenen Bauteile nicht die betrachteten LV-Positionen betreffen.

3.2.6 Freigabe und CPI-Datenübergabe

Nach Abschluss aller vorher beschriebenen Schritte kann das Modell für die Mengenermittlung und die daraus folgende Abrechnung herangezogen werden. Die Schritte im BIM-Qualifier sind iterativ. Es kann notwendig sein, das Ausgangsmodell nochmals zu verändern, bevor es erneut eingelesen wird. Vor allem bei geometrischen Unregelmäßigkeiten ist eine Änderung des Modells anzuraten. Änderungen an der Geometrie, die in iTWO im Zuge der Arbeitsschritte mit dem BIM-Qualifier durchgeführt wurden, können nicht wieder in das Abrechnungsmodell rückgeführt werden.

¹⁵ Damit wären Situationen gemeint, in welcher Lüftungskanäle ohne Wanddurchbrüche durch das Bauteil *Wand* geführt werden. In diesem Fall ist immer eine Kollision vorhanden, egal, wie groß die Überschneidungstoleranz gewählt wird.

Dadurch besteht die Gefahr, dass Informationen verloren gehen. Weiters könnten Unregelmäßigkeiten entdeckt werden, welche einen Einfluss auf andere Gewerke haben.

3.3 Mengenermittlungsprozess mit iTWO

Nachdem das Modell mit dem BIM-Qualifier freigegeben und das Leistungsverzeichnis eingelesen wurde, kann mit der eigentlichen Mengenermittlung und der Zuordnung der Mengen zu entsprechenden Leistungspositionen begonnen werden. Zuerst wird die grundsätzliche Vorgehensweise mit iTWO beschrieben. Danach werden auf die Besonderheiten der Netto-Mengenermittlung und der konventionellen Mengenermittlung eingegangen. Es wird im Folgenden nur die Obergruppe *Beton- und Stahlbetonarbeiten* für die Mengenbetrachtungen herangezogen.

Grundsätzliche Vorgehensweise in RIB iTWO

Die Mengenermittlung wird im Dokument „Ausstattung“ durchgeführt. In diesem Prozessschritt werden die Daten aus dem CAD-Modell mit dem LV verknüpft.

Zunächst werden Teilleistungen angelegt. Diese entsprechen den Positionen des LV, welches als .onlv-Datenträger eingelesen wurde. Den Teilleistungspositionen steht das über den BIM-Qualifier eingelesene Modell mit all seinen Informationen gegenüber. Aus dem Modell müssen nun Mengen ausgelesen werden, die den Teilleistungen zugeordnet werden. Dies wird in zwei Prozessschritten durchgeführt, deren Zusammenhang in Abb. 3.10 dargestellt ist.

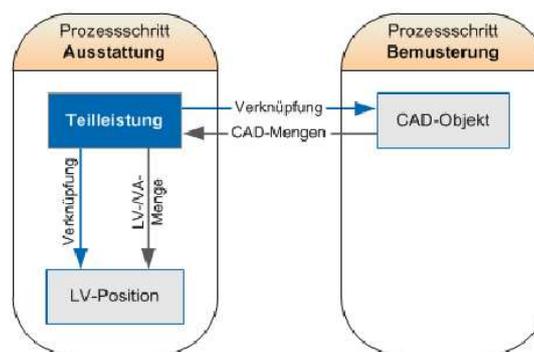


Abb. 3.10: Zusammenhang der Prozessschritte Ausstattung und Bemusterung [40, S.22]

Prozessschritt Bemusterung

Unter Bemusterung wird die Zuweisung von CAD-Objekten zu Teilleistungen verstanden. Hier stehen dem Nutzer mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Einerseits ist eine manuelle Zuordnung möglich, andererseits kann die Verknüpfung automatisch über sogenannte Auswahlgruppen erfolgen. Bei der Verwendung von Auswahlgruppen werden die Bauteile unter Einsatz von entsprechenden Filtern den Gruppen zugewiesen. Eine nachträgliche manuelle

Ergänzung ist möglich. Der Vorteil bei der Verwendung von Auswahlgruppen besteht darin, dass bei der nachträglichen Änderung des Modells die Mengen automatisch aktualisiert werden, wenn Bauteile innerhalb der Filter verändert werden. [40, S. 72f]

Eine weitere Möglichkeit der Bemusterung ist über sogenannte „Match-Keys“ möglich. Bei dieser Arbeitsweise werden frei definierbare Nummernschlüssel sowohl bestimmten Leistungspositionen als auch CAD-Objekten über die Beifügung des Schlüssels als freies Merkmal zugewiesen. Beim Einlesen des CAD-Modells werden die CAD-Objekte automatisch der Leistungsposition mit derselben Schlüsselnummer zugewiesen. [40, S. 78] Die Bemusterung über Match-Keys erfordert im Vorfeld die Ausarbeitung eines Systems für die Schlüsselnummern und den Eintrag der entsprechenden Nummern im CAD-Modell. Da die Anwendung von RIB iTWO 5D im Pilotprojekt nicht vorgesehen ist, wurden diese Schritte nicht gesetzt. Daher wird die Bemusterung über Match-Keys nicht weiter beschrieben.

Bei der Mengenermittlung für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde die Bemusterung über Auswahlgruppen durchgeführt. Es wurden dabei unterschiedliche Filter angewendet. Die Auswahlgruppen wurden so gestaltet, dass sie Objekte auf der LV-Ebene *Leistungsposition* widerspiegeln. Falls die Position geteilt ist, so wird die weitere Unterscheidung erst bei der Erstellung der QTO-Formeln berücksichtigt. Ein Beispiel ist in Abb. 3.11 gegeben. Der Grundtext ist in Blau dargestellt. Die zugehörigen Positionen, für welche dieser Grundtext gilt, sind in roter Schrift dargestellt.

070201	Wände aus Beton (Wand). Im Positionsstichwort sind die Dicke und die Festigkeitsklasse des Betons angegeben. Bauteilhöhe über Null bis 3,2 m.	
070201E	Beton Wand b.20cm C20/25 b.3,2m	m ³
070201F	Beton Wand ü.20-30cm C20/25 b.3,2m	m ³
070201G	Beton Wand ü.30cm C20/25 b.3,2m	m ³

Abb. 3.11: Beispiel für eine geteilte Position, entsprechend LB-H 21 [36, S. 8]

Als Auswahlgruppe wurden aus dem Modell alle Bauteile gefiltert, welche Betonwände bis 3,20 m Höhe symbolisieren. Dies entspricht nun der gemeinsamen Beschreibung der geteilten Position (in obenstehender Abbildung in blauer Schrift dargestellt). Die Unterscheidung je nach Wandstärke wird erst über die Berechnungsbedingungen in den QTO-Formeln getroffen.

Dieses System wurde gewählt, da die Filterung für die so definierten Auswahlgruppen auf mehrere Arten erfolgen kann. Der Filter für diese Position kann im Allgemeinen über den Bauteiltyp (hier „Wall“) und das Material (hier „Beton“) erfolgen. Im Pilotprojekt konnte die Filterung auch über die Merkmale zur Abrechnung erfolgen.

In einigen Fällen wurde die Auswahlgruppe direkt auf die Ebene der Position selbst gelegt (z.B. 02070201A – Sauberkeitsschicht C12/15). Diese Art der Gruppendifinition wurde dann gewählt, wenn im Modell bereits das Merkmal 5D.Bauteil eingetragen wurde und keine andere Möglichkeit der Filterung zur Erstellung von automatischen Auswahlgruppen gegeben war. Hier ist die Leistungsposition entsprechend dem LV bereits im Modell hinterlegt und kann direkt herausgefiltert werden. Auch wenn in diesem Fall eine automatische Auswahlgruppe erstellt wurde, so entspricht die Vorgehensweise einer händischen Bemusterung. Es wurde nach einem manuell eingetragenen Merkmal gefiltert und nicht nach einem Bauteiltypen oder nach geometrischen Eigenschaften, die automatisch im CAD-Programm den Objekten hinterlegt werden. Bei der oben angeführten Position war beispielsweise dem Bauteil keine Materialqualität hinterlegt. Gleichzeitig war der Bauteiltyp für Fundamente festgelegt. Innerhalb des Bauteiltyps „Foundation“ war keine andere Möglichkeit zur Unterscheidung zwischen Fundament und Sauberkeitsschicht gegeben. Aus diesem Grund wurde für diese Position und vergleichbare Fälle die Auswahlgruppe auf die Ebene der nachfolgenden LV-Position zur Grundposition gelegt.

Prozessschritt Ausstattung und QTO-Formeln

Nach der Erstellung der Auswahlgruppen werden im Prozessschritt „Ausstattung“ die Gruppen den Leistungspositionen zugeordnet. Bei der Gruppenerstellung ist zu berücksichtigen, dass sinnvollerweise jeder Teilleistung nur eine Auswahlgruppe zugeordnet werden sollte. Es ist allerdings grundsätzlich möglich, mehrere Auswahlgruppen einer Teilleistung zuzuordnen. Dies kann beispielsweise notwendig sein, wenn für eine Aufzählungsposition Mengen aus unterschiedlichen Auswahlgruppen benötigt werden.

Über die Definition der QTO-Formeln wird die gewünschte Menge für die jeweilige Position aus der hinterlegten Auswahlgruppe berechnet. Die Mengenabfrage kann als eine Art Filter verstanden werden. Es werden Mengen ausgegeben, welche über einen oder mehrere Parameter weiter eingeschränkt werden können. Die möglichen Filter werden „Parameterschlüssel“ genannt, welche gewisse „Parameter“ in gewissen „Parameterausprägungen“ ausgeben. [40, S. 42f]

Mit nachstehender Abb. 3.12 werden diese Begriffe näher erläutert.

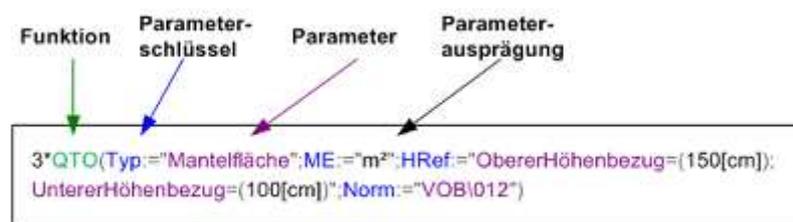


Abb. 3.12: Beispiel für eine QTO-Formel mit Bezeichnung der Komponenten [40, S. 44]

Jede QTO-Formel beginnt mit der Eingabe der Funktion >QTO< (in Abb. 3.12 in grüner Schrift hervorgehoben). Daran anschließend wird in einer Klammer die eigentliche Mengenabfrage definiert. In Abb. 3.12 ist der Parameterschlüssel in blauer Schrift dargestellt, der gewählte Parameter in violetter Schrift und die Parameterausprägung in schwarzer Schrift. Der Parameterschlüssel „Typ“ muss dabei in jeder Mengenabfrage enthalten sein. [40, S. 44]. QTO-Formeln können über mathematische Grundrechnungsarten¹⁶ miteinander kombiniert werden oder mit Faktoren versehen werden. Die QTO-Formel in Abb. 3.12 wird beispielsweise mit dem Faktor 3 multipliziert.

Auf diese Art und Weise können aus den zu Auswahlgruppen zusammengefassten Bauteilen Informationen wie deren Volumen, die Mantelfläche, Oberfläche, Bodenfläche etc. ermittelt werden. Die Geometrie- und Befehlsdefinitionen sind dem entsprechenden Benutzerhandbuch zu entnehmen und werden hier nicht näher erläutert.

Für die Mengenermittlung zur Beantwortung der Forschungsfrage sind vor allem die Berechnung der Betonvolumina und die Schalungsflächen von Bedeutung. Außerdem ist es mit Hilfe der QTO-Formeln möglich, Öffnungen mit Flächen oder Volumina unterhalb einer definierten Grenze zu übermessen. Diese Funktion ist für die Mengenermittlung nach Werkvertragsnorm in Kapitel 3.4.2 unerlässlich.

3.4 Mengenermittlung

Nach der Erläuterung der Prozessschritte zur Mengenermittlung der Auswertungssoftware iTWO wird nun die Ermittlung der Mengen selbst beschrieben. Es wurde dabei die Leistungsgruppe 07 „Beton- und Stahlbetonarbeiten“ betrachtet. Innerhalb der LG 07 wurden die Betonvolumina und Schalungsflächen ermittelt. Diese Unterleistungsgruppen wurden ausgewählt, da aufgrund der großen Flächen bzw. Volumina Abweichungen klar zu erkennen sind und nachvollzogen werden können. Im zur Verfügung gestellten Modellstand war die Modellierung der Durchbrüche in den betrachteten Bauteilen bereits abgeschlossen.

In den folgenden Unterkapiteln werden im ersten Schritt die beiden betrachteten Mengenermittlungsmethoden erläutert. Dabei wird zunächst auf die Ermittlung von Mengen nach der Netto-Methode eingegangen, bevor daran anschließend die konventionelle Mengenermittlung unter Berücksichtigung der Regelungen in den Werkvertragsnormen erläutert wird. Im zweiten Schritt werden die für den Mengenvergleich herangezogenen Bauteile und deren Zuordnung zu Leistungspositionen erläutert. Mittels der Software iTWO wurden die Mengen der betrachteten Bauteile nach den zwei beschriebenen Methoden ermittelt.

¹⁶ Als mathematische Grundrechnungsarten gelten die Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division.

Das Ergebnis des Mengenvergleichs wird im letzten Abschnitt dieses Unterkapitels dargestellt und die daraus ableitbaren Erkenntnisse beschrieben.

3.4.1 Ermittlung der Netto-Methode

Ermittlung der Mengen nach der Netto-Methode bedeutet, dass die tatsächlichen Größen erfasst werden. Vereinfachungen, wie es die Werkvertragsnormen vorsehen, kommen dabei nicht zur Anwendung. Bei der konventionellen Mengenermittlung stellt dies einen äußerst großen Aufwand dar. Bei der Verwendung von CAD-Modellen ist eine Netto-Mengenermittlung jedoch naheliegender. Im Idealfall sind alle Öffnungen und Schlitze im Modell vorhanden – auch jene, welche bei der Mengenermittlung nach Werkvertragsnorm nicht berücksichtigt werden. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende Modellierungstiefe und Modellqualität. Diese Methode fällt daher unter *digitale* Mengenermittlung.

Die Möglichkeit, diese Mengenermittlungsmethode anzuwenden, ist bereits in der Normung verankert. Die ÖNORM A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2“ definiert hierzu folgendes:

„Die Ermittlung der Kosten und deren Zuweisung zu tatsächlichen Leistungen hat unter Verwendung der für Österreich anzuwendenden Standardisierten Leistungsbeschreibungen gemäß ÖNORM A 2063 zu erfolgen. Für Leistungen, die nicht in den Standardisierten Leistungsbeschreibungen zu finden sind, sind freiformulierte Positionen gemäß ÖNORM A 2063 zu ergänzen.“

Aufgrund der andauernden Übereinstimmung des Projektmodells mit dem tatsächlich ausgeführten Bauwerk (das As-built-Modell), der Durchgängigkeit und Transparenz der Prozesse sowie der Auswertungsmöglichkeiten, darf auf annähernde Mengenermittlungsverfahren, wie in den Werkvertragsnormen der einzelnen Gewerke beschrieben, verzichtet und die ermittelten Mengen nach tatsächlichen Größen abgerechnet werden. Dies ist jedenfalls gesondert zu vereinbaren.“ [47, S. 8]

In RIB iTWO ist die Ermittlung der Nettomengen ohne großen Aufwand möglich. Die QTO-Formeln sind vergleichsweise einfach gestaltet.

Bei der Ermittlung der Betonvolumina werden die modellierten Öffnungen direkt abgezogen. Die Abrechnungsmenge ergibt sich aus der Addition aller Betonkörpervolumen je Ausstattungsgruppe.

Die Ermittlung der Schalungsflächen erfordert eine genauere Betrachtung. Grundsätzlich ergibt sich die Schalungsfläche aus der Mantelfläche der Körper. Jedoch muss hier darauf geachtet werden, dass Flächen, welche direkt an andere Rohbaubetonkörper angebunden sind (beispielsweise Stirnflächen von Innenwänden an Außenwände) nicht in Rechnung

gestellt werden. Hier kommt es auf die Modellierung der Objekte an, ob derartige Flächen vorhanden sind. Es gibt eine Vielzahl an unterschiedlichen Möglichkeiten. Daher ist es für den Ersteller der Formeln wichtig, vor der Mengenermittlung das Modell genau zu studieren, sofern er es nicht selbst (richtig) modelliert hat.

3.4.2 Modellbasierte konventionelle Mengenermittlung

Zur Ermittlung der Mengen entsprechend der konventionellen Mengenermittlung unter Verwendung von Werkvertragsnormen werden nun die QTO-Formeln angepasst. Es können den Formeln Bedingungen hinzugefügt werden, welche die normativen Regelungen widerspiegeln. Die Werkvertragsnorm für die hier betrachteten Beton- und Stahlbetonarbeiten ist die ÖNORM B 2211 „Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten – Werkvertragsnorm“.

Die Regelungen zur Ausmaßfeststellung werden in Kapitel 5.5. der ÖNORM B 2211 beschrieben. Dabei wird folgendes definiert: [49, S. 14ff]

„Ausmaßfeststellung

[...]

Flächenmaß

Schalung

Für die Ausmaßfeststellung der Schalungsflächen gelten folgende Vereinfachungen:

- *Schalungen sind in der Abwicklung der geschalteten Flächen zu messen.*
- *Durchzumessen sind Öffnungen in der Schalung bis 0,5 m² Einzelausmaß.*

Beton

Die Ausmaßfeststellung erfolgt nach dem Flächenmaß der Ansichtsfläche, getrennt nach Dicke.

Nach Flächenmaß werden festgestellt:

1) Wände

Die Wandhöhe ist von Oberkante Rohdecke oder von Oberkante Fundament bis Unterkante Unterzug (Balken) bzw. Unterkante Platte zu messen. Etwaige Abschrägungen im Querschnitt sind nicht abzuziehen. Im Bereich von Rosten, die im Zuge der Stahlbetondecke hergestellt werden, ist sie bis Unterkante Rost zu messen. Werden die Decken nachträglich zwischen die Wände eingebaut, ist die Wandhöhe von Oberkante Rohdecke oder von Oberkante Fundament in ihrer tatsächlichen Höhe zu messen; allfällige Aussparungen in den Wänden für Deckenaufleger sind nicht abzuziehen.

Bei Kreuzungen von Wänden ist die dickere Wand durchzumessen.

Gekrümmte Wände sind in ihrer größten Abwicklung zu messen.

2) Decken, Platten, Unterlagsbeton

Geneigt liegende, geknickte oder gekrümmte Flächen sind in ihrer größten Abwicklung zu messen. Auflagerschrägen (Vouten von Deckenplatten) sind nicht gesondert zu messen.

Durchzumessen sind Öffnungen, Aussparungen und Bauteile bis 0,50 m² Einzelausmaß.

[...]

Beton

Für die Ausmaßfeststellung der Betonmenge gelten folgende Vereinfachungen:

- 1) *Nicht abzuziehen sind Nischen bis 0,10 m³ Einzelgröße sowie Schlitze u. dgl. bis 0,01 m³ je m Länge.*
- 2) *Nicht abzuziehen sind Öffnungen und Aussparungen bis 0,50 m² Einzelausmaß. Für Öffnungen mit äußeren Leibungen (Gewände) gilt die Architekturlichte; für Öffnungen ohne Gewände und für Öffnungen ohne Stock gelten die Rohbau-Lichtmaße; für Öffnungen mit Türen, Fenstern u. dgl. gilt die Stocklichte. Bei der Berechnung der Fläche bogenförmiger Abschlüsse als Rechteck sind als Höhe zwei Drittel ihrer Stichhöhe zugrunde zu legen.*
- 3) *Nicht abzuziehen sind Einbindungen von Werkstücken, Fertigteilen (z. B. Überlagen) und Rohren sowie einbindende Betonbauteile mit anderer Betongüte, wenn die durch diese Bauteile verdrängte Betonmenge 0,10 m³ je Stück oder 0,01 m³ je m Länge Einzelausmaß nicht überschreitet.*

[...]

- 7) *Stützen sind in ihrer planmäßigen Höhe zu messen. Wenn sie im Zuge der Betonierung von Stahlbetondecken ausgeführt werden, sind sie von Oberkante Fundament oder Oberkante Rohdecke bis Unterkante Unterzug (Balken) bzw. Platte zu messen.*
- 8) *Wände, Balken, Unterzüge, Stützen sind getrennt zu messen.*

[...]

Stück

Einfach gestaltete Bauteile sowie Zubehör für die Spannbewehrung werden in Stück festgestellt.“

Es wurden nur jene Abschnitte aus ÖNORM B 2211 zitiert, welche später in der Mengenbetrachtung zur Anwendung kommen können. Diese Regelungen werden in die Mengenermittlung mit iTWO eingearbeitet.

3.4.3 Betrachtete Bauteile und Zuordnung zu Leistungspositionen

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Stahlbetonbauteile (Oberleistungsgruppe 07) im Bürogebäude des Pilotprojekts herangezogen. Innerhalb dieser Gruppe wurden die Unterleistungsgruppen Flachgründungen und Bodenkonstruktionen (UL 01), Wände/Balken/Stützen (UL 02) sowie Decken (UL 03) betrachtet. Je Unterleistungsgruppen wurden die Positionen für Betonvolumina, Schalungsflächen und Anzahl von Öffnungen für die Vergleichsrechnung herangezogen. Diese Positionen wurden ausgewählt, da sich dort der Unterschied bei verschiedenen Mengenberechnungsansätzen am nachvollziehbarsten darstellen lässt.

Für die Ermittlung der Mengen der Unterleistungsgruppe 01 wurden Elemente des Bauteiltyps „Foundation“ und „Slab“ herangezogen und in entsprechende Auswahlgruppen zugewiesen. Die Negativelemente je Bauteil (Bauteiltyp „Opening“) wurden ebenfalls in die jeweiligen Auswahlgruppen eingefügt. So können deren Informationen leicht in die Berechnung der Werkvertragsmethode übernommen werden. Die Erstellung der Auswahlgruppen wird in Kapitel 3.3 beschrieben. In nachstehender Abb. 3.13 werden die ausgewählten Objekte dargestellt:

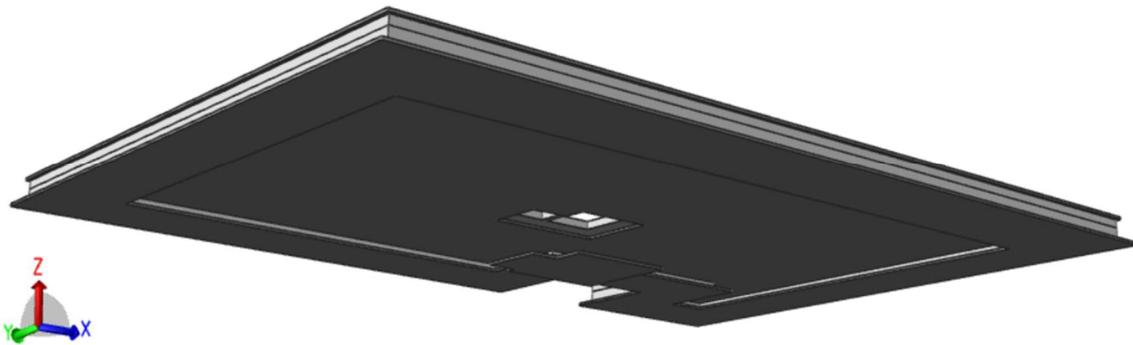


Abb. 3.13: Elemente der Unterleistungsgruppe 01, Untersicht

Die Elemente wurden anschließend im Modul „Ausstattung“ den jeweiligen Leistungspositionen zugeordnet. Es wird zwischen der Sauberkeitsschicht, Streifenfundamenten und Fundamentplatten¹⁷ unterschieden.

In der Unterleistungsgruppe 02 werden Wände, Stützen, Brüstungen und Unterzüge betrachtet. Daher wurden Elemente des Bauteiltyps „Wall“, „Beam“ und „Column“ sowie die zugehörigen „Openings“ zu entsprechenden Auswahlgruppen zusammengefasst. Die ausgewählten Elemente der Unterleistungsgruppe 02 sind in Abb. 3.14 dargestellt.

¹⁷ Die Sauberkeitsschicht und die Fundamentplatte sind dem Bauteiltyp ‚Slab‘ zugeordnet, die Streifenfundamente dem Bauteiltyp ‚Foundation‘.

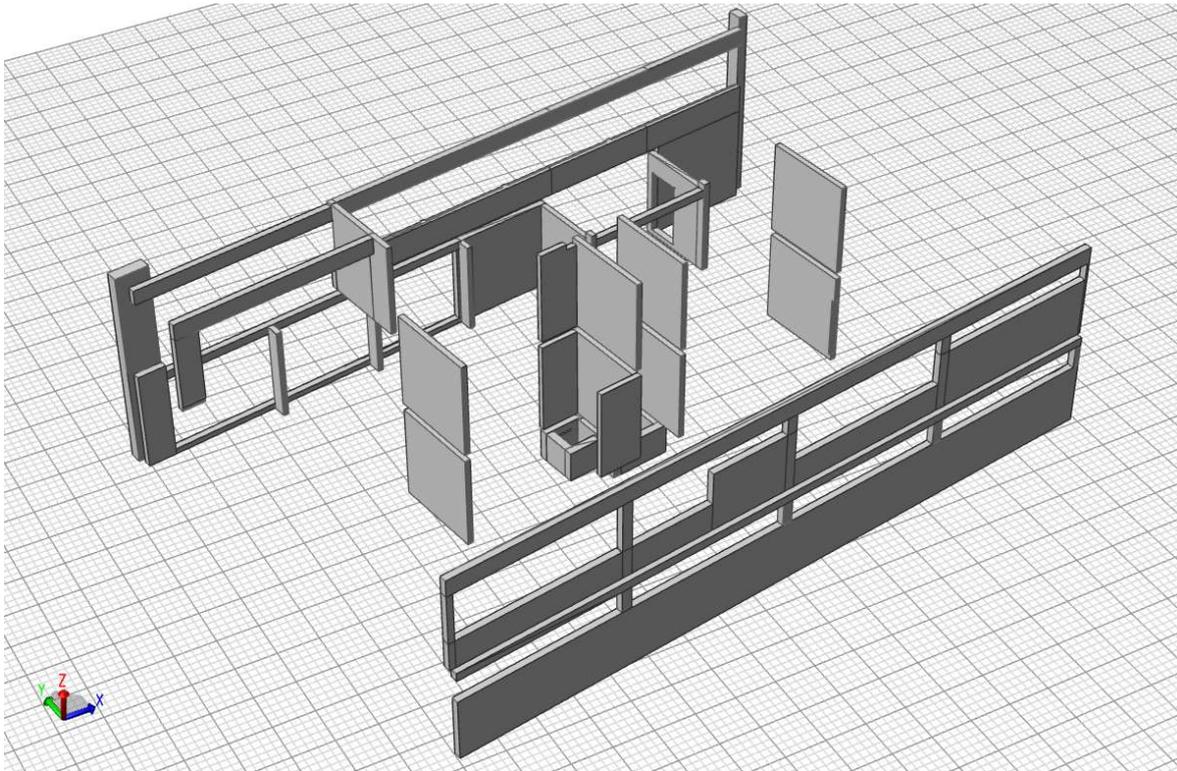


Abb. 3.14: Elemente der Unterleistungsgruppe 02

Bei der Zuordnung zu Leistungspositionen ist es erforderlich, gemäß dem Leistungsverzeichnis Bauteile unterschiedlicher Höhen und Bauteildicken unterschiedlichen Positionen zuzuordnen. Um nur eine Auswahlgruppe einer Leistungspositionen zuzuweisen, wurde diese Unterscheidung durch geeignete Auswahlgruppenfilter sichergestellt. Die gewählte Systematik und Vorgehensweise zur Erstellung der Auswahlgruppen unter Berücksichtigung von geteilten Positionen wurde in Kapitel 3.3 bereits beschrieben. Für die Auswahl der Bauteile innerhalb der QTO-Formeln bei geteilten Positionen kann entweder auf geometrische Informationen wie die Breite oder Höhe zurückgegriffen werden oder auf entsprechende Merkmale. Im verwendeten Modell sind die Revit-Wand-Objekte vom Ersteller¹⁸ entsprechend ihrem Material und der Wanddicke benannt worden. Somit konnte mittels des Merkmals „RevitObjectType“ eine Auswahl zur Berechnung getroffen werden. Wände mit der Stärke bis 20 cm konnten mittels der Merkmalsausprägung *RevitObjectType = STB_200* identifiziert werden. Dasselbe Ergebnis kann mit der Abfrage nach Bauteilen mit einer Dicke kleiner gleich 20 cm erreicht werden.

Die Modellierung muss jedenfalls auf die Abrechnung und damit auf das Leistungsverzeichnis abgestimmt sein. Bei den gelb hervorgehobenen Wandelementen in Abb. 3.15 war das nicht der Fall und führte daher bei der Mengenermittlung mit Revit im Pilotprojekt zu Konflikten zwischen Planung und Abrechnung.

¹⁸ Das Modell wurde vom BIM-Planer *FCP Fritsch, Chiari und Partner* erstellt.

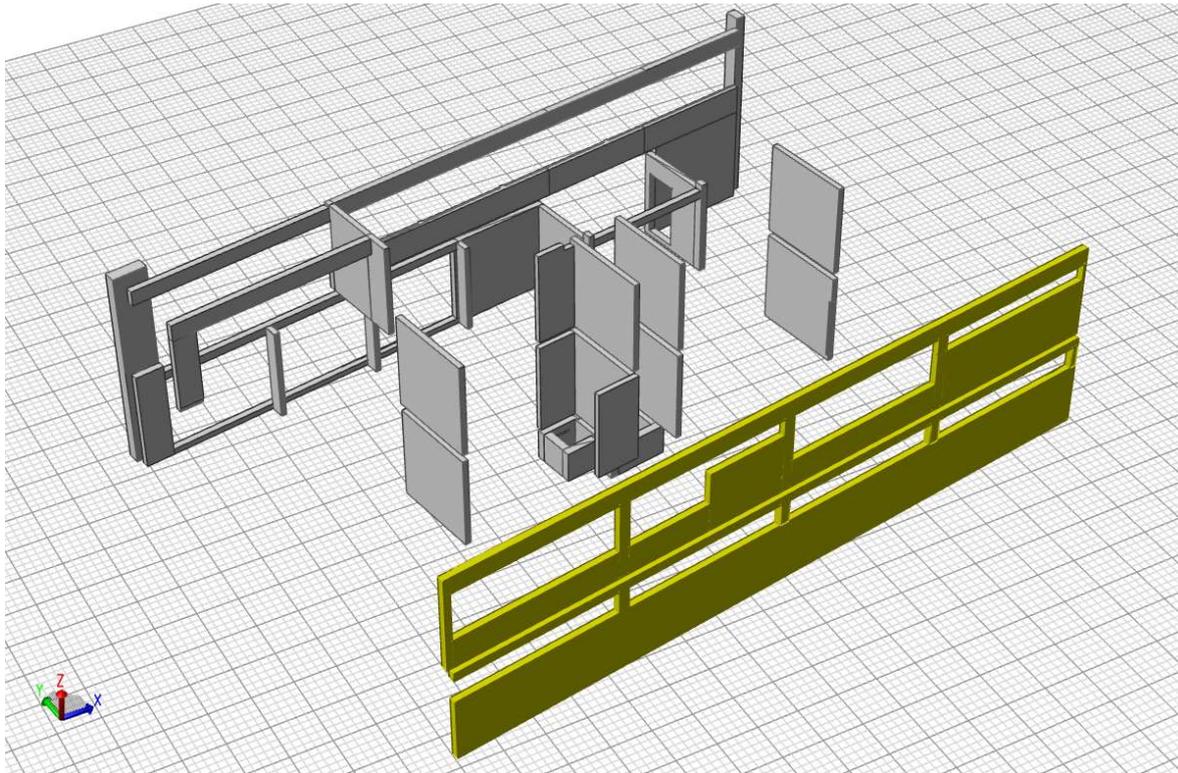


Abb. 3.15: Hervorhebung der problematischen Wandelemente

In der Planungsphase wurde dieses Bauteil als einzelne Wandscheibe mit Öffnungselementen für die Fenster bzw. Fensterbänder modelliert. In der Abrechnung wird dieses Objekt jedoch mittels sechs Positionen abgerechnet. [29, S. 76f] Diese Aufteilung ist in Abb. 3.16 dargestellt.

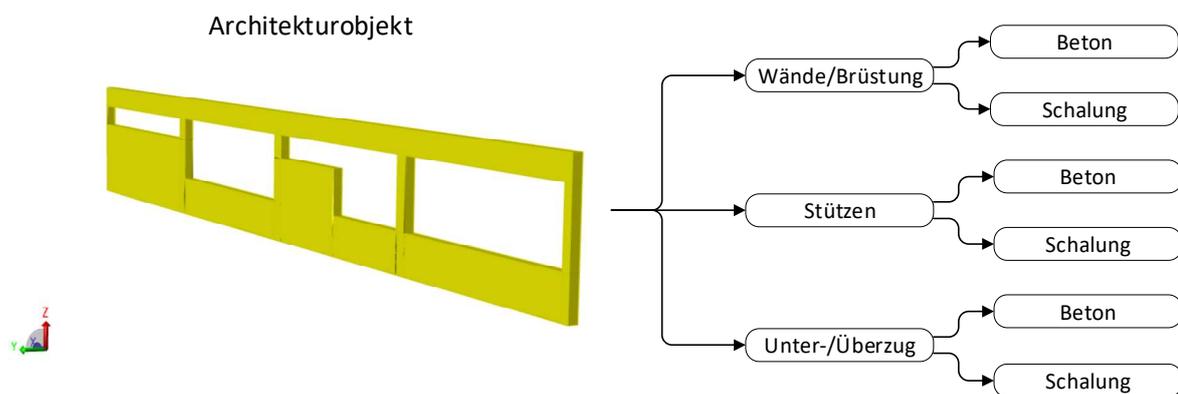


Abb. 3.16: Aufteilung des Wandobjektes auf verschiedene Leistungspositionen

Die Wandscheibe muss zur Zuweisung zu Positionen im Leistungsverzeichnis in Wände bzw. Brüstungen, Stützen sowie Unter- und Überzüge unterteilt werden.

Um diese Zuordnung abzubilden muss das Modell geändert werden. iTWO ermöglicht einen weiteren Weg. Im Modul „BIM-Qualifier“ können Objekte geteilt werden. Diese Variante wird für die weiteren Betrachtungen gewählt, um die Aufteilung der Mengen entsprechend

dem Leistungsverzeichnis durchzuführen. Dazu sind jedoch eine Vielzahl an Bearbeitungsschritten und Vereinfachungen notwendig. iTWO ermöglicht das Teilen von Bauteilen durch horizontale oder vertikale Ebenen. Die Teilungsebene bezieht sich immer auf das Ausgangsobjekt. Geteilte Objekte können nicht beliebig zu neuen Bauteilen zusammengefasst werden. Daraus ergibt sich jedoch ein kleinteiliges Teilungsmuster, welches Abb. 3.17 entnommen werden kann. Die Bauteilgrenzen sind dabei durch die dünnen schwarzen Linien dargestellt.

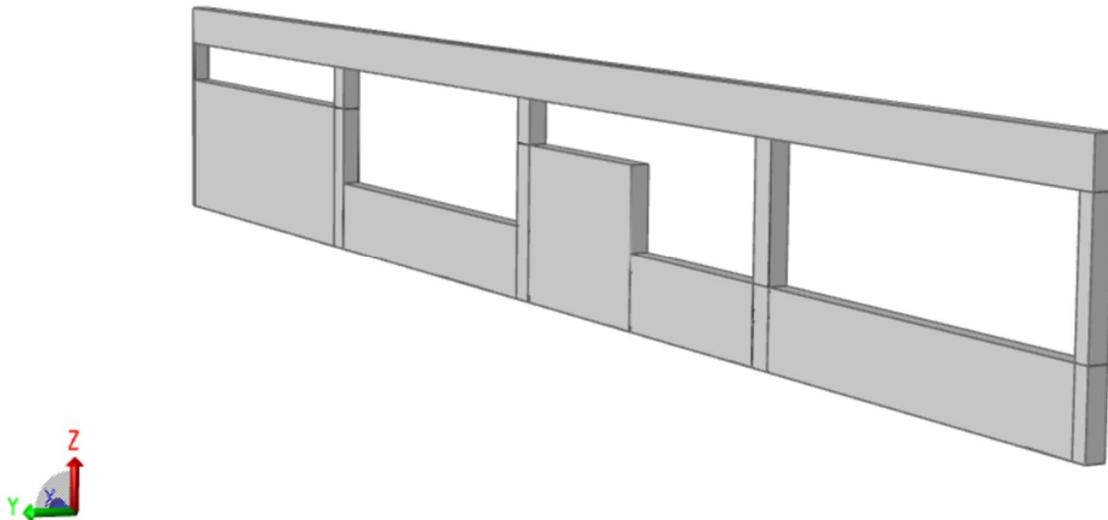


Abb. 3.17: Geteiltes Wandobjekt

Aus den oben beschriebenen Umständen folgt die Tatsache, dass nun mehrere neu geschaffene Bauteile einem Wandbauteil zugeordnet sind. Der Nachteil besteht darin, dass der Bauteiltyp nicht verändert werden kann. Damit bleibt der neu geschaffene Unterzug der Bauteiltyp „Wall“, obwohl er nun eigentlich als „Beam“ gelten sollte. Dies muss später bei der Erstellung der Auswahlgruppen berücksichtigt werden. Die Unterscheidung kann entweder über das Erstellen eines neuen Merkmals im BIM-Qualifier oder durch Änderung der Bezeichnung im Ausstattungsmodul getroffen werden. Dabei ist das Anlegen eines neuen Merkmals zu bevorzugen, da bei einem Neu-Einspielen des Modells die selbst gewählten Bauteilbezeichnungen verloren gehen. Der unter dem Blickwinkel der Mengenermittlung wesentlichste Nachteil der Objektteilung besteht darin, dass die geteilten Objekte nun keine „intelligenten Kontaktflächen“¹⁹ zueinander mehr aufweisen. Somit gestaltet sich insbesondere die Auswahl der Schalungsflächen als äußerst aufwendig und ist kaum mehr automatisiert ausführbar. Für die Berechnungen im Rahmen des Mengenvergleichs wurde deshalb

¹⁹ Eine „intelligente Kontaktfläche“ erkennt, dass sie an ein anderes Bauteil angrenzt.

die Stirnabschalung der Wandflächen vernachlässigt. Auf die Mengenbetrachtung hat dies keinen Einfluss, da in den Stirnflächen keine Abzugsflächen für Öffnungen enthalten sind.

In den Wandelementen waren in Summe sechs Öffnungen modelliert. Dies resultiert aus der Bauweise des Gebäudes. Alle nicht zur Tragfähigkeit des Gebäudes notwendigen Wände wurden in Leichtbauweise aus Gipskartonständerwänden hergestellt. Öffnungen und Durchbrüche wurden daher so weit wie möglich nicht in den tragenden Wänden, sondern in den Trockenbauwänden hergestellt.

Diese Situation stellt sich in den Deckenplatten naturgemäß anders dar. Jede Verbindung zwischen den Geschossen muss durch eine Öffnung in den Decken geführt werden. In folgender Abb. 3.18 sind die Decken mit ihren Durchbrüchen dargestellt:

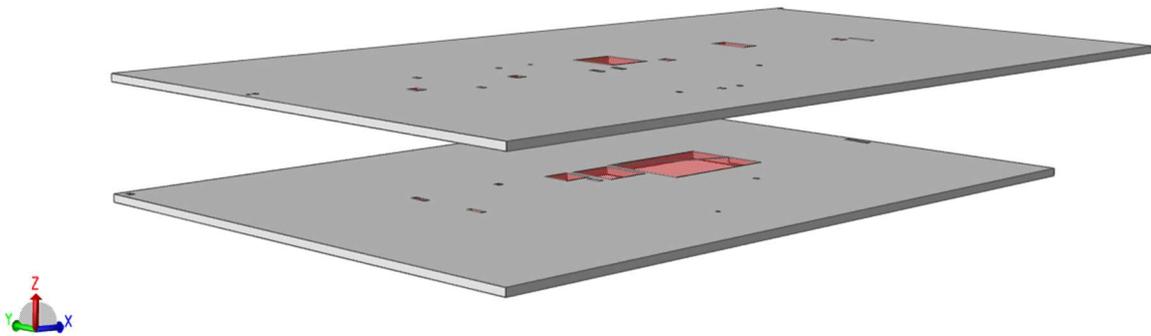


Abb. 3.18: Deckenscheiben mit ihren Durchbrüchen

Die Durchbrüche, modelliert als Negativobjekte, sind in roter Farbe hervorgehoben. Die obere Decke in Abb. 3.18 ist dabei die tragende Ebene des Dachaufbaus. Die untere Scheibe bildet die Geschossdecke zwischen Erdgeschoss und erstem Obergeschoss.

3.4.4 Schlussfolgerungen

Durch zweimalige Berechnung mit unterschiedlichen QTO-Formeln konnten nun die Massen nach der Nettomethode und unter Berücksichtigung der Werkvertragsnormen errechnet und gegenübergestellt werden. Die Formeln und Berechnungsergebnisse sind in Anhang A2 zusammengestellt. Das Ausmaß und die Gründe für die Abweichungen werden im ersten Teil dieses Kapitels dargestellt. Daran anschließend werden Anforderungen an das Modell formuliert, welche als Voraussetzung bzw. Erleichterung der modellbasierten Mengenermittlung erachtet werden.

Gegenüberstellung der Mengenermittlungsverfahren

Für den Vergleich der beiden Mengenermittlungsmethoden wurden in iTWO zwei Projektvarianten angelegt. Beide basieren auf demselben Modell. In beiden Varianten wurden dieselben Auswahlgruppen verwendet und dieselbe Zuordnung der Gruppen zu Leistungspositionen angewendet. Um in iTWO die Mengenermittlung nach Nettomethode oder nach Werkvertragsnormen abzubilden, müssen die QTO-Formeln unterschiedlich formuliert werden.

Für die Ermittlung der Netto-Mengen aus einem Modell ist im Vergleich zur konventionellen Mengenermittlungsmethodik von Hand kein großer Aufwand erforderlich. Wie in Kapitel 3.4.1 erläutert, sind dies die Mengen nach Abzug aller Öffnungen. Dies entspricht dem verbleibenden Betonvolumen oder der verbleibenden Schalungsfläche. Es müssen keine Flächen hinzugezählt oder abgezogen werden.

Für die Abbildung der Werkvertragsnormen ist ein erhöhter Aufwand bei der Erstellung der QTO-Formeln notwendig. Es müssen die Berechnungsregeln der Normen in die Gesamtberechnung integriert werden. Die Regeln für Beton- und Stahlbetonbauteile sind in Kapitel 3.4.2 angeführt. Ausgehend von den Bruttomengen der Bauteile müssen nun gewisse Öffnungen entsprechend dieser Regeln abgezogen werden. Die Abzugsbedingungen werden über Filterung nach Merkmalsausprägungen oder Definition von Schranken für bestimmte Geometrieigenschaften der Öffnungsobjekte formuliert. Ein Beispiel für die unterschiedliche Formulierung der QTO-Formeln nach der Netto-Methode und nach konventioneller Werkvertragsnormen ist in Tab. 3.1 für die Leistungsposition 0102070302C: *Beton C25/30 Decke/Kragplatte bis 25cm über 3,20m* dargestellt.

Tab. 3.1: Vergleich der QTO-Formulierungen bei unterschiedlicher Abrechnungsmethodik

Berechnung nach Netto-Methode	
Bezeichnung	Mengenabfrage
Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	QTO(Typ:="Volumen")
Berechnung nach Werkvertragsnorm	
Bezeichnung	Mengenabfrage
Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3,2m:	QTO(Typ:="Volumen";Norm:="Brutto"; Bauteil:="Bauteiltyp =='Slab")-QTO(Typ:="Volumen";Bauteil:=" "Bauteiltyp =='Opening' ;Attribut{cpiOpeningMaxFaceArea} >=0,500")

Zunächst wird in Tab. 3.1 die Formulierung der QTO-Mengenabfrage nach der Netto-Methode dargestellt. Es ist zu sehen, dass dabei nur nach der Ausgabe des Volumens der Betonplatte gefragt wird. Alle Abzüge für Durchbrüche sind dabei berücksichtigt. Im unteren Teil der Tabelle ist die QTO-Formel für die Mengenabfrage unter Berücksichtigung der Werkvertragsnormen angeführt. Dabei werden vom Brutto-Volumen der Deckenplatte nur jene Öffnungen in Abzug gebracht, die eine Fläche größer gleich 0,50 m² aufweisen. Das ist die Abzugsbedingung für Durchbrüche in Betonplatten gemäß ÖNORM B 2211. Dabei

ist zu erkennen, dass die Aufstellung der QTO-Formeln unter Berücksichtigung der Regeln für die Ausmaßfeststellung gemäß Werkvertragsnorm einen deutlich höheren Aufwand dargestellt als die Aufstellung der Formeln für die Berechnung nach der Netto-Methode.

Dieser Vergleich wurde nun für alle Positionen der betrachteten Leistungsgruppen erstellt. Die Ergebnisse sind in Anhang tabellarisch angeführt. In Tab. 3.2 sind die mittleren relativen Abweichungen der Betonvolumina und Schalungsflächen wurden dargestellt.

Tab. 3.2: Darstellung der relativen mittleren Abweichung zwischen den Methoden

	Menge Netto	Menge Werkvertrag	Relative mittlere Abweichung von Werkvertragsmenge
Summe Beton [m ³]	292,268	292,870	0,21 %
Summe Schalung [m ²]	1551,439	1557,658	0,40 %

Die Summen der Betonvolumina bzw. Schalungsflächen resultieren aus allen Positionen, bei welchen Abweichungen zwischen Netto- und konventioneller Mengenermittlung festgestellt wurden. Es ist zu erkennen, dass sowohl bei den Volumina als auch bei den Flächen im konkreten Fall sehr geringe Abweichungen (weniger als 0,5 %) festgestellt wurden. Die wesentlichen Differenzen wurden dabei in den Deckenbauteilen festgestellt.

Die Gründe hierfür liegen in der Bauweise des Gebäudes. In den Wandelementen waren in Summe sechs Öffnungen modelliert. Alle nicht zur Tragfähigkeit des Gebäudes notwendigen Wände wurden in Leichtbauweise aus Gipskartonständerwänden hergestellt. Öffnungen und Durchbrüche wurden daher so weit wie möglich nicht in den tragenden Wänden, sondern in den Trockenbauwänden hergestellt. Diese Situation stellt sich in den Deckenplatten naturgemäß anders dar. Jede Verbindung zwischen den Geschoßen muss durch eine Öffnung in den Decken geführt werden.

Je nach Detaillierungsgrad bzw. Aufwendung bei der Modellierung der Durchbrüche kann dieses Ergebnis bei anderen Projekten naturgemäß anders ausfallen. Wie in Kapitel 3.4.3 beschrieben, hat die Bauweise des Gebäudes einen Einfluss auf das Ergebnis. Beim betrachteten Modell ist aufgefallen, dass keine Durchbrüche in der Bodenplatte, beispielsweise für Kanalrohre, vorgesehen waren. Auch diese wären in Abzug zu bringen. Dazu hätten sie allerdings entsprechend modelliert werden müssen. Dies war jedoch im Pilotprojekt, für welches das betrachtete Modell erstellt wurde, von Beginn an keine Anforderung.

Anforderungen an das Modell

Aus den in den vorigen Unterkapiteln gewonnenen Erkenntnissen lassen sich einige Anforderungen an das Modell bzw. an die Modellierung gewinnen. Wie obenstehend erläutert, spielt die Modellierungstiefe eine wesentliche Rolle. Je präziser alle Öffnungen, Schlitze und Durchdringungen modelliert werden, umso genauer ist das Ergebnis nach Nettomethode. Wenn nur die wesentlichsten Öffnungen im Modell abgebildet werden, so ergeben

sich kaum Unterschiede zwischen den Berechnungsergebnissen der Mengenermittlungsverfahren. Es ist nur mit größeren Abweichungen zwischen Netto-Methode und konventioneller Mengenermittlung zu rechnen, wenn insbesondere jene Durchbrüche, Wandschlitze etc. konsequent modelliert werden, die unterhalb der Grenzen der Vereinfachungen gemäß den Werkvertragsnormen liegen und damit bei der konventionellen Mengenermittlung unberücksichtigt bleiben.

Bei der Anwendung von Verträgen auf Basis der heute gebräuchlichen Standardleistungsbeschreibungen, muss das Modell entsprechend der Abrechnungsregeln modelliert sein. Andernfalls ist es nur mit sehr großem Aufwand möglich, die entsprechenden Geometrien aus dem Modell auszugeben. Ein Beispiel für die entstehenden Schwierigkeiten ist die in Kapitel 3.4.3 beschriebene Situation mit dem Wandbauteil, welches gemäß Standardleistungsbeschreibung in sechs Positionen abgerechnet werden muss.

Die Wahl der Merkmale und deren Ausprägungen müssen ebenfalls auf die abzurechnenden Leistungspositionen abgestimmt sein. Dazu ist ein Mindestmaß an Information je Bauteil erforderlich, um es später aus den Auswahlgruppen herausfiltern zu können. Hierzu hat die Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis digitalisiertes Bauen im Hauptverband der deutschen Bauindustrie e.V. ein Positionspapier herausgebracht, in welchem die Mindestanforderung an die zu erstellenden Merkmale zusammengefasst sind. [53]

Dabei werden für das Bauteil „Wand“ die in Abbildung Abb. 3.19 angeführten Merkmale vorgeschlagen.

1.2	Wände		
	Bauteiltyp (bei IFC im „Reference“ anzugeben)	x	Wand
	Vereinbarte Klassifizierung	x	z.B. nach Uniclass
	Dicke [m]	x	z.B. 0,3
	Material	x	z.B. Stahlbeton
	Konstruktion tragend	x	1=ja, 0=nein
	Bewehrungsgrad [t/m²]	x	z.B. 0,100
	Rohdichte [kg/dm³]	x	z.B. 2,0 (Mauerwerk)
	Feuerwiderstandsklasse	x	z.B. F90
	Expositionsklasse	x	z.B. XC3
	Druckfestigkeit	x	z.B. C30_37
	Fertigungsart		z.B. Ortbeton
	Sichtqualität	x	z.B. SB3
	Verbau	x	1 = ja, 0 = nein
	WU	x	1 = ja, 0 = nein
	Geschoss	x	z.B. 1.0G
	Außenbauteil	x	1=ja, 0=nein
Raumbegrenzung		1=ja, 0=nein	
Vorgangscod			
Kalkulationscode			

Abb. 3.19: Attribute²⁰ für Wände [53, S. 18]

Auch wenn das Dokument aus Deutschland stammt, so lässt sich der Vorschlag für Einheitspreisverträge auf Basis der österreichischen LB-H gut anwenden.

²⁰ In der österreichischen Normung wird der Begriff „Merkmal“ anstelle von „Attribut“ verwendet. [47, S. 5] Da jedoch die Abbildung einem Dokument mit Bezug auf die deutsche Normung entnommen wurde, wird hier der Begriff aus dem Originaldokument beibehalten.

Sind die in Abb. 3.19 definierten Merkmale in einem Modell vorhanden, kann eine standardisierte Auswahlgruppe zur Abrechnung der LV-Position *Beton Wand bis 20cm, C25/30 über 3,20m* erstellt werden. Um diese LV-Position erheben zu können, muss dem Bauteil in jedem Fall der Bauteiltyp (bei IFC im „Reference“ angegeben) zugewiesen werden. In diesem Fall ist dies „Wand“. Außerdem muss das Material „Beton“ zugewiesen sein. Mit diesen beiden Merkmalsausprägungen lassen sich alle Betonwände zusammenfassen. Mittels der QTO-Formeln kann nun für die Position über die Abfrage der Geometrie und des Merkmals „Druckfestigkeit“ die richtige Menge ermittelt werden.

Diese Systematisierung spiegelt die Struktur der Standardleistungsbeschreibung wider. So können Auswahlgruppen auf Positionsebene erstellt werden. Die benötigten Teilmengen bei geteilten Positionen werden aus der Auswahlgruppe automatisch in den QTO-Formeln ausgewählt.

Fazit

Aus den notwendigen Schritten rund um die Mengenermittlung mit iTWO und dem Vergleich zwischen Netto- und konventioneller Mengenermittlungsmethode lassen sich mehrere Erkenntnisse gewinnen.

Der Mengenvergleich auf Basis des Abrechnungsmodells aus dem Pilotprojekt der ASFINAG zeigt nur sehr geringe Mengendifferenzen zwischen den untersuchten Methoden. Nach Betrachtung der Gründe dafür zeigt sich, dass sich der größte Nutzen der Nettomethode bei exakter Modellierung aller Öffnungen, Schlitze, Wanddurchbrüche, Einbauten etc. erreichen lässt. Wesentliche Abzugsobjekte²¹ werden nicht nur bei der Netto-Methode, sondern auch von den Werkvertragsregelungen berücksichtigt. Auch eine größere Anzahl an kleinen Durchbrüchen, wie beispielsweise in der Deckenplatte, verändern das Mengenergebnis nicht wesentlich, wie Tab. 3.2 entnommen werden kann. Wie groß dabei die mengenmäßige Differenz im Allgemeinen ist, lässt sich jedoch nicht definieren. Dies kommt neben der Modellierungstiefe auch auf die Bauweise an. Im konkreten Beispiel waren nur die tragenden Bauteile als Stahlbetonbauteile konzipiert. Andere Bauteile waren nicht Teil der Betrachtung. Es darf nicht unberücksichtigt bleiben, dass eine derart exakte Modellierung zu einem hohen Aufwand bei der Modellerstellung führt. Es sollte im Vorfeld festgelegt werden, welche Modellierungstiefe das Ausführungs- und Abrechnungsmodell aufweisen soll. Der BIM-Ausführungsplan ist die für derartige Festlegungen geeignet.

²¹ Sämtliche Flächen oder Volumen, die aus den Basiskörpern abgezogen werden, wie z.B. Öffnungen, Schlitze, Wanddurchbrüche, Einbauten, etc.

Um einen möglichst großen Nutzen aus einer exakten Modellierung zu ziehen, sollten die ermittelten Mengen aus dem Bauwerksmodell nicht ausschließlich für die Abrechnung herangezogen werden. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht beispielsweise bei der Bestellung von Beton. Durch die exakte Kenntnis des benötigten Volumens²² werden zu große Liefermengen vermieden. Die Verwendung der Modelldaten ermöglicht zielgerichtete, ressourcenschonende Bestellungen und birgt damit Potential zur Kostenreduktion.

Die Ableitung von Nettomengen aus dem Modell ist ohne großen Aufwand möglich. Wenn jedoch die Abrechnungsregeln nach Werkvertragsnormen angewendet werden sollen, müssen diese Regeln ins Auswertungsprogramm integriert werden. Im Falle der Anwendung von RIB iTWO 5D erfordert dies die Erstellung von QTO-Formeln, welche die Mengen unter Berücksichtigung der Abrechnungsregeln ausgeben. Daraus resultiert ein hoher Aufwand bei der Erstellung der Formeln und geht weiters zu Lasten der Nachvollziehbarkeit. Wenn in einem Projekt modellbasiert abgerechnet werden soll, kann die Nettomethode gemäß ÖNORM A 6241-2 angewendet werden, wenn dies vereinbart wurde. [47, S. 8] Diese Vereinbarung erleichtert die modellbasierte Mengenermittlung erheblich.

Bei der Anwendung von Einheitspreisverträgen muss das Bauwerksmodell derart aufbereitet sein, dass den Bauteilen jeweils die vertragsgemäßen Leistungspositionen zugeordnet werden können. Dies war beim betrachteten Pilotprojekt der Fall. Die Modellierung muss dabei nicht nur der LV-Struktur innerhalb der Leistungsgruppen²³ entsprechen, die Bauteile müssen auch nach deren Aufbau unterteilt werden. Beispielsweise müssen Außenwände im Modell aus unterschiedlichen Schichten für Wärmedämmung, tragende Ebene, etc. bestehen, um diese Mengen richtig abrechnen zu können.

All diese Anforderungen müssen in die Modellierung des Ausführungsmodells einfließen. Daher müssen in der Projekterstellung und -abwicklung Entscheidungen hinsichtlich der Materialwahl oder Detailausführung wesentlich früher getroffen werden. Im Idealfall entspricht das Modell bereits vor Beginn der Ausführung exakt dem späteren Bauwerk (das Modell ist sein digitaler Zwilling).

²² Ein Zuschlag für ablaufbedingte Verluste muss dennoch berücksichtigt werden.

²³ Damit ist die Unterscheidung in Wände, Stützen, Brüstungen, Überzüge, Unterzüge, Wandsockel, etc. gemeint.

4 Modellbasierte Workflows zur Abrechnung

In diesem Kapitel werden zwei Workflows zur digitalen, modellbasierten Ermittlung von Abrechnungsmengen entwickelt. Die beiden Arbeitsabläufe verfolgen verschiedene Konzepte hinsichtlich der Einbindung des Modells in den Prozess. Es wird gezeigt, dass unterschiedliche digitale Wege zur Ermittlung der Abrechnungsmengen gewählt werden können.

In einem ersten Schritt wird der Prozess unter Verwendung der Tools des Pilotprojekts betrachtet. Im zweiten Schritt wird ein Workflow unter Anwendung von RIB iTWO, aufbauend auf den vorhergehenden Kapiteln, entworfen. Anschließend werden beide Arbeitsabläufe miteinander verglichen. Vor der Beschreibung der Prozesse, werden die Prozessgrenzen, die gemeinsamen Eingangsgrößen, der benötigte Output sowie die involvierten Stellen erläutert.

Zu Beginn wird die verwendete Darstellungsmethode für Prozessflüsse erläutert, mittels welcher anschließend der digitale modellbasierte Abrechnungsmengenermittlungsprozess abgebildet wird.

4.1 Business Process Management Notation 2.0

Zur Darstellung der beiden nachfolgenden Workflows in den folgenden Kapiteln wird die Business Process Management Notation in der Version 2.0 verwendet. In diesem Kapitel wird erläutert, wozu BPMN dient. Daran anschließend werden die verwendeten Elemente dieser Prozessdarstellungsmethode erläutert. Ziel dieses Kapitels ist es, das Verständnis für die anschließende Darstellung der Workflows zu schaffen.

Die englische Bezeichnung „Business Prozess Management“ kann als Synonym für Prozessmanagement ganz allgemein verstanden werden. Als „Prozess“ wird dabei eine automatische oder nicht-automatische Aneinanderreihung von Tätigkeiten/Aktivitäten/Aufgaben definiert, um ein oder mehrere Ziele zu erreichen. Häufig steht dabei die Wertgenerierung von Unternehmen über die Schaffung von Kundennutzen im Mittelpunkt. Die Ausgangspunkte sind meist die Verbesserung von bestehenden Prozessen (mit IT-Unterstützung), die Dokumentation von bestehenden Prozessen oder die Einführung von neuen Prozessen. [15, S. 1f]

Das Ziel der Standardisierung der Prozessdarstellung ist es, eine einheitliche, grafische Prozessnotation bereitzustellen, welche zur Prozessautomatisierung herangezogen werden kann. So stellt BPMN eine Reihe von Symbolen mit einer bestimmten Bedeutung und Regeln bereit, wie diese Symbole verbunden werden können. Mit diesen Symbolen und Kombinationsregelungen können nun Prozesse grafisch eindeutig dargestellt werden. [15, S. 8ff]

Aufgrund der weiten Verbreitung dieser Darstellungsart werden die Workflows mittels BPMN 2.0 Symbolik dargestellt.

4.1.1 Symbolik

Zur Erstellung des Business Process Diagramms (BPD) kommen verschiedene Symbole zum Einsatz. Im Folgenden werden jedoch nur jene Symbole beschreiben, welche für die Darstellung der Prozesse im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit benötigt werden. Diese Symbole sind in die Kategorien *Fluss-Objekte*, *verbindende Objekte*, *Artefakte* und *Teilnehmer* eingeteilt. Die Kategorisierung ist Abb. 4.1 dargestellt.

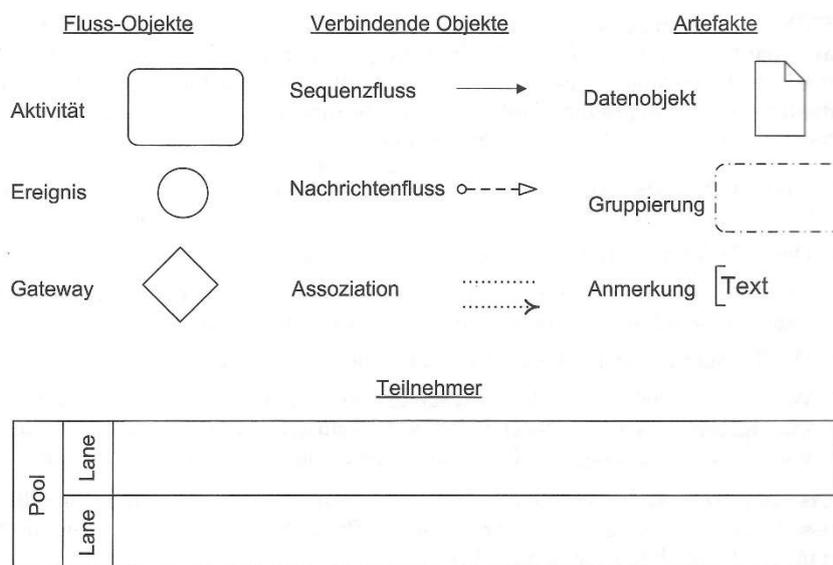


Abb. 4.1: Kategorisierung der BPMN-Kernelemente [15, S. 21]

Teilnehmer – Pools und Lanes

Mit Lanes werden Zuständigkeiten dargestellt. Es wird definiert, *wer* für die Erledigung der Aufgaben verantwortlich ist. Lanes müssen dabei nicht zwingend Personen sein, sondern können bestimmte Stellen und Rollen in der Betriebsorganisation sein, wie beispielsweise „Sachbearbeiter Buchhaltung“ oder „Datenschutzbeauftragter“. Zuordnungen entsprechend allgemeineren Rollen wie „Kunde“, nach Abteilungen oder IT-Anwendungen sind zulässig. So können unterschiedliche Sichtweisen auf den Prozess berücksichtigt werden. [15, S. 44f]

Pools wiederum bilden die übergeordnete Einheit zu Lanes. Ein Pool bildet gleichsam die Prozessgrenze. Über diese Prozessgrenze hinaus dürfen nur Nachrichtenflüsse führen. Die Sequenzflüsse müssen innerhalb der Pools verbleiben. Die Instanz „Pool“ verteilt die Aufgaben an seine untergeordneten „Lanes“. [15, S. 95f]

Flussobjekte – Aktivität

Eine Aktivität oder Aufgabe beschreibt, was innerhalb eines Prozesses getan werden muss, um zu das Prozessziel zu erreichen. Die Beschreibung der Aufgabe sollte dabei immer im Format „Objekt+Verb“ beschrieben sein. Ein Beispiel wäre „Lebensmittel einkaufen“. [15, S. 25f]

Flussobjekte – Ereignisse

Ereignisse beschreiben besondere Punkte im BPD. Neben der Einteilung in eingetretene und ausgelöste Ereignisse ist vor allem die Einteilung in Start-, Zwischen- und Endereignisse von Bedeutung. Diese Einteilung wird im Folgenden beschrieben [15, S. 48ff]:

Startereignisse kennzeichnen dabei den Beginn eines Prozesses. Das Ereignis hat daher keine eingehenden Pfade, sondern lediglich einen ausgehenden. Das Eintreten des Prozessstarts kann aus mehreren Gründen erfolgen, welche sich in unterschiedlichen Ereignistypen mit jeweils eigener Symbolik widerspiegeln. Das Startereignis kann beispielsweise der Erhalt einer Nachricht sein, es kann zeitlich bedingt sein oder ohne Definition dargestellt werden. Die entsprechenden Symbole gemäß Abb. 4.2 definiert.



Abb. 4.2: Darstellung unterschiedlicher Startereignistypen

Als *Zwischenereignisse* sind Stellen im Prozess bezeichnet, die nach Ausführung einer Aufgabe eintreten müssen, bevor die nächste Aufgabe begonnen werden kann. Es können mehrere Zwischenereignisse parallel gesetzt werden, die wiederum durch Gateways verbunden sind. Die entsprechenden Symbole gemäß BPMN-Standard sind in Abb. 4.3 dargestellt.



Abb. 4.3: Darstellung unterschiedlicher Zwischenereignistypen

Endereignisse kennzeichnen das Ende von Prozessen. Sie besitzen nur eingehende Flüsse, aber keine ausgehenden. Sie werden wie folgt gekennzeichnet:

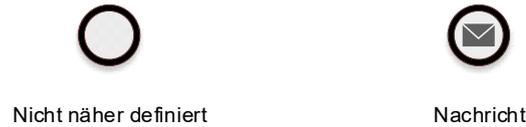


Abb. 4.4: Darstellung unterschiedlicher Endereignistypen

Flussobjekte – Gateways

Mit der Verwendung von Gateways kann beschrieben werden, unter welchen Umständen gewisse Prozesspfade durchlaufen werden. Die drei häufigsten sind in Abb. 4.5 dargestellt.



Abb. 4.5: Gateways

Datenbasierte exklusive Gateways führen zu einer Entweder-Oder-Entscheidung. Sie müssen daher mit einer konkreten Frage ausgestattet werden. Die Antwortmöglichkeiten müssen sich gegenseitig ausschließen. Je Antwort wird ein ausgehender Pfad modelliert.

Datenbasierte inklusive Gateways beschreiben Und-Oder-Situationen. Auch hier muss eine Frage formuliert und je Antwortmöglichkeit ein weiterführender Pfad definiert werden. Jedoch kann hier nicht nur ein Weg gewählt werden, sondern ein oder mehrere Wege können weiterverfolgt werden.

Parallele Gateways beschreiben, dass an einem gewissen Punkt zwei oder mehr Aufgabenpfade nebeneinander laufen *müssen*. Alle drei Gateways können sowohl verzweigend als auch zusammenführend wirken.

Eine weitere Gateway-Art ist das komplexe Gateway. Dieser Typ wird angewendet, wenn die drei vorhergehend beschriebenen Typen kein Ergebnis brächten. Komplexe Gateways müssen allerdings mit einer Anmerkung versehen sein, welche die Funktionsbedingung beschreibt. [15, S. 27ff]

Verbindende Objekte

Durch Sequenz- und Nachrichtenflüsse wird die Informationsweitergabe dargestellt. Sequenzflüsse sind nur innerhalb von Pools zulässig und beschreiben dabei die zeitlich-logische Aneinanderreihung von Flusselementen. Nachrichtenflüsse beschreiben die Informationsflüsse zu prozessexternen Einheiten, also zu anderen Pools. Assoziationen binden zusätzliche Informationen an Flusselemente, die in Form von Artefakten oder Texten bereitgestellt werden. [15, 22]

Die Darstellung der verbindenden Objekte gemäß BPMN 2.0 ist in Abb. 4.1 zu sehen.

Artefakte

Im Zentrum der Prozessdarstellung mit BPMN steht die logische Aneinanderreihung von Aufgaben, Gateways und Ereignissen. Über Artefakte können dem Prozess weitere Informationen hinzugefügt werden. Sie haben aber keinen Einfluss auf den Ablauf.

Datenobjekte sind Elemente wie Informationen oder Dokumente, die im Prozessdiagramm entstehen oder verwendet werden. Dabei spielt ihre physische Form keine Rolle. Datenobjekte werden über Assoziationen an die Elemente des Diagramms geknüpft. Die Objekte können neben ihrer Bezeichnung mit einem Status wie ‚zu prüfen‘, ‚geprüft‘ oder ‚freigegeben‘ versehen werden. Mittels *Gruppierungen* dürfen mehrere Diagrammelemente zwecks besseren Verständnisses zusammengefasst werden. *Anmerkungen* dienen zum Einfügen von ergänzenden Hinweisen an Elemente.

In BPMN 2.0 dürfen zum besseren Verständnis auch eigene Artefakte verwendet werden. So können Prozessdarstellungen individualisiert werden. [15, 22]

4.1.2 BPMN-Framework

Durch die Einordnung des Prozesses in das BPMN-Framework wird entschieden, welche BPMN-Symbole und -Konstrukte angewendet werden dürfen und welche Vereinfachungen zulässig sind. Bei der Anwendung von BPMN wird zwischen strategischen und operativen Prozessmodellen unterschieden. Strategische Prozessmodelle sollen den Prozessteilnehmern eine grundsätzliche Darstellung des Prozesses liefern. Der Prozess wird dabei anhand weniger Schritte skizziert, um ein schnelles Verständnis des groben Ablaufs ohne spezielle BPMN-Vorkenntnisse zu erreichen. In operativen Prozessmodellen werden die Details der tatsächlichen Abwicklung betrachtet. Es werden menschliche und/oder technische Prozessflüsse dargestellt, wobei diese beiden Arten an Flüssen in Interaktion stehen können. [16, S. 20f]

Abb. 4.6 verdeutlicht diese Zusammenhänge.

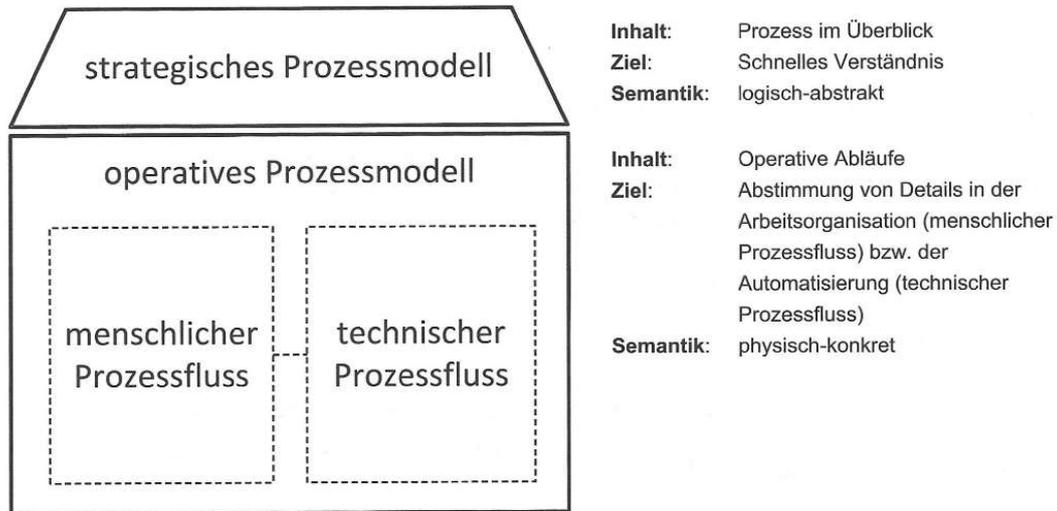


Abb. 4.6: BPMB-Framework [16, S. 21]

Die Betrachtungen im Rahmen dieser Diplomarbeit sind als menschlicher Prozessfluss im Rahmen eines operativen Prozessmodells einzuordnen. Menschliche Flüsse zeichnen sich dadurch aus, dass bestimmte zu erfüllende Aufgaben festgelegt und aneinandergereiht werden. Die genaue technische Umsetzung (beispielsweise „Starten Sie Software A“, „danach rufen Sie Befehl²⁴ 25a auf“, usw.) ist nicht Teil der Betrachtung. Dies wäre als technischer Prozessfluss zu charakterisieren.

Derartige Prozessdarstellungen sollen den Prozessteilnehmern ermöglichen, sich bei der täglichen Arbeit an ihnen zu orientieren. Für den Teilnehmer ist dabei nur die jeweils eigene Lane von Interesse. Die Darstellung dient dazu, den Prozess über alle Teilnehmer hinweg zu bewerten und zu verbessern. Letztendlich wird auf Basis menschlicher, operativer Prozessflüsse die technische Umsetzung in Form von technischen Flüssen erstellt. [16, S. 139f]

4.2 Übergang zum BIM-Abrechnungsprozess

Bevor die modellbasierten Workflows zur Abrechnungsmengenermittlung entworfen und die Prozessbestandteile erläutert werden, wird im Folgenden zunächst der Übergang vom heute üblichen konventionellen Abrechnungsprozess hin zum modellbasierten Arbeitsablauf anhand von exemplarischen, allgemeinen Workflow-Darstellungen gezeigt. Die theoretisch erwartbaren Effekte werden erläutert. Die Workflows wurden in Anlehnung an Prozessdarstellungen aus Unterlagen des Pilotprojekts erstellt.

²⁴ Befehl im Sinne der Steuerung von Computerprogrammen.

Konventionelle Abrechnung

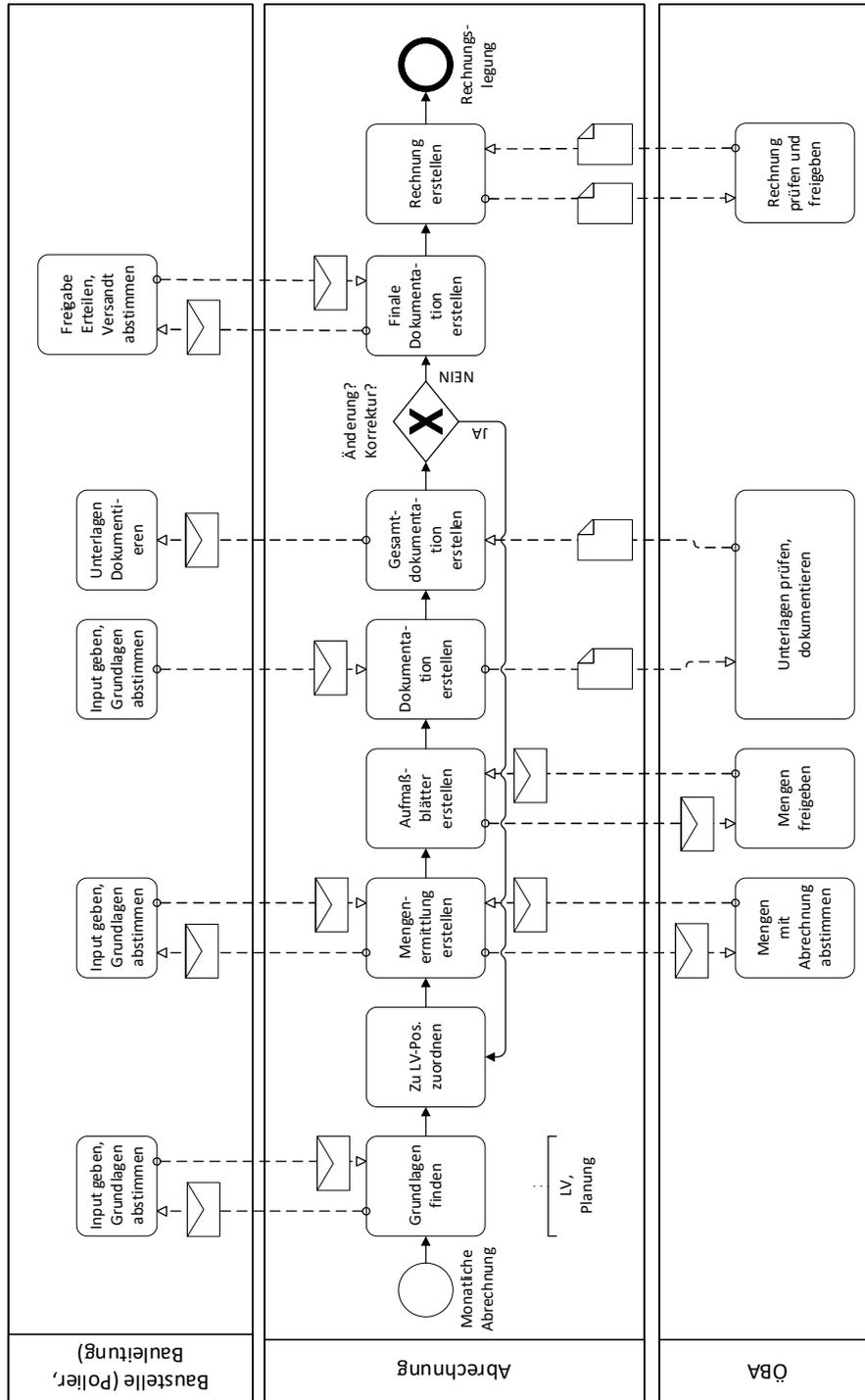


Abb. 4.7: Vereinfachte Darstellung des konventionellen Abrechnungswflows, nach [29, S. 61]

Die Abb. 4.7 zeigt eine allgemeine Prozessdarstellung des heute üblichen Abrechnungsprozesses. Die Abrechnung bildet dabei den Mittelpunkt. Zur Erstellung der Unterlagen zur Rechnungslegung am Ende des Prozesses sind eine Vielzahl an separaten Aufgaben zu bearbeiten. Es werden laufend Berechnungen und Dokumente, wie die Mengenermittlung, Aufmaßblätter und später eine entsprechende Dokumentation, erstellt, die jeweils entweder innerhalb des Unternehmens mit der Baustelle abgestimmt werden müssen oder durch die örtliche Bauaufsicht geprüft und freigegeben werden müssen. Nachdem über mehrere

Schritte und Prüfzyklen Einvernehmen über die abzurechnenden Mengen hergestellt wurde, wird die auf Basis dieser Mengen erstellte Rechnung nochmals von der örtlichen Bauaufsicht geprüft und danach zur Zahlung freigegeben.

Modellbasierte Abrechnung

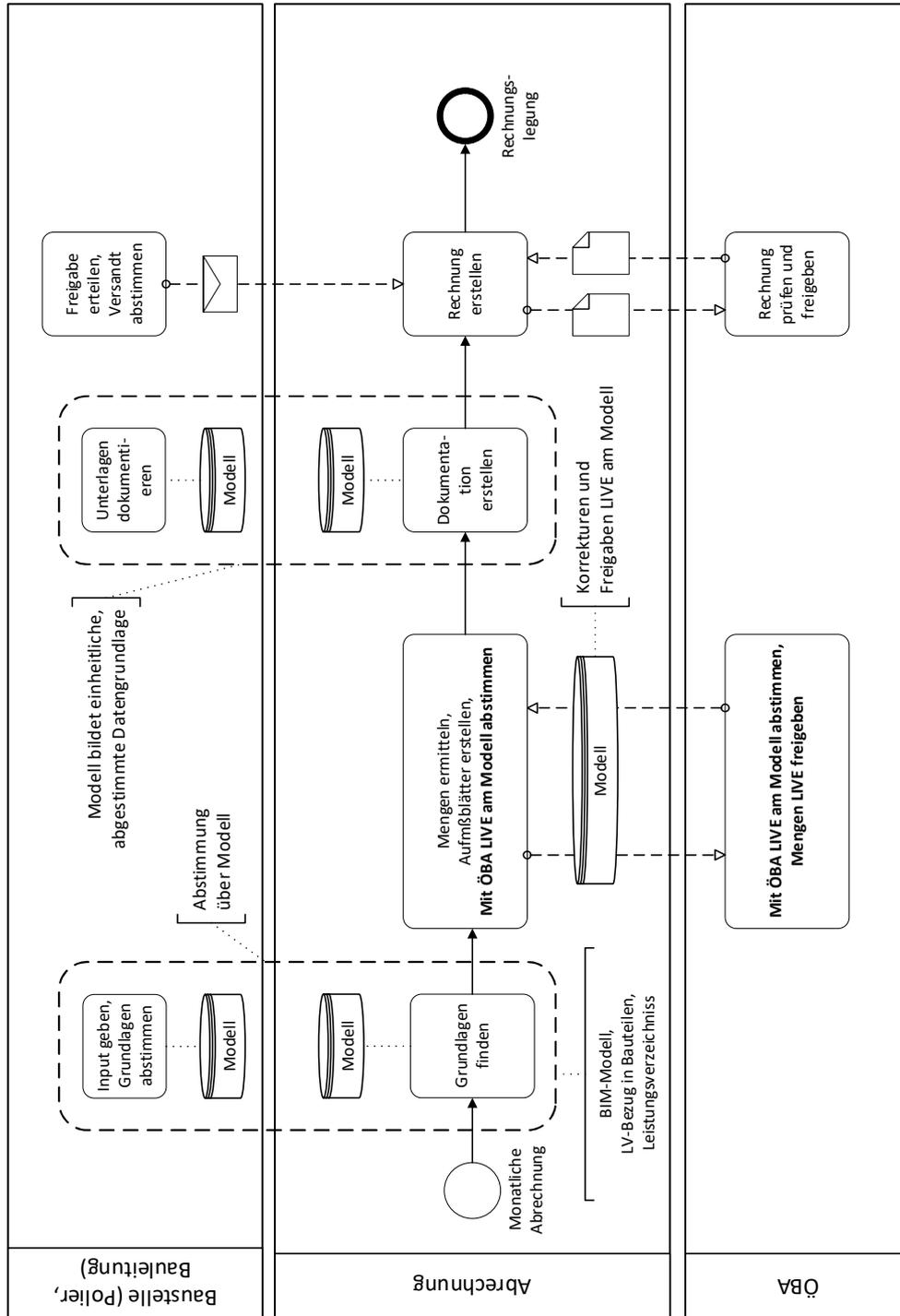


Abb. 4.8: Vereinfachte Darstellung des BIM-Abrechnungsworkflows, nach [29, S. 69]

Wenn die Abrechnung modellbasiert abgewickelt wird, entsteht unter optimalen Rahmenbedingungen ein Workflow, wie er in Abb. 4.8 dargestellt ist. Der wesentliche Unterschied zum konventionellen Arbeitsablauf besteht darin, dass die Prüfzyklen zur Ermittlung der

Abrechnungsmengen durch eine Live-Abstimmung am Modell entfallen. Am Ende des Prozesses wird lediglich die Rechnung von der ÖBA separat geprüft. Der Input der Baustelle wird ebenso über das Modell in den Prozess eingebracht.

Die Verringerung der Anzahl an Prüfzyklen, an welchen die Teilnehmer unabhängig voneinander agieren, führt zu einem geringeren Zeitaufwand und einem geringeren Maß an Bürokratie, da weniger Dokumente „im Kreis geschickt“ werden. Die Fehleranfälligkeit wird dadurch reduziert. Da alle Prozessteilnehmer direkt über das Modell involviert sind, steigt die Transparenz. Der hier eingesparte Aufwand verschiebt sich jedoch zur Planung, da das BIM-Modell als Prozessgrundlage in einer für diese Verwendung geeigneten Art und Weise aufgesetzt werden muss. [29, S. 69; 32]

Der Workflow zwischen Baustelle und Abrechnung zur Ermittlung der Abrechnungsmengen bildet den Kern der Betrachtungen in den folgenden Kapiteln.

4.3 Prozessgrenzen und Prozessbeteiligte

Als modellbasierte Ermittlung der Abrechnungsmengen im Sinne dieser Diplomarbeit wird die digitale Ermittlung der abrechenbaren Mengen unter Verwendung eines BIM-Modells verstanden. In der konventionellen Aufmaßermittlung werden die Mengen aus Abrechnungsplänen „per Hand“ ermittelt, welche auf der fortgeführten Ausführungsplanung²⁵ und/oder auf Naturaufnahmen basieren. In dieser Arbeit steht allerdings die digitale Leistungsfeststellung im Mittelpunkt. Daher werden die Prozesse aus dem Blickwinkel der modellbasierten IST-Mengenermittlung betrachtet.

4.3.1 Eingangs- und Ausgangsgrößen

Die Ermittlung der Abrechnungsmengen stellt einen Teilprozess der Abrechnung von Bauleistungen dar. Die abrechenbaren Mengen bilden zusammen mit dem Vertragsleistungsverzeichnis und seinen Einheitspreisen die jeweilige Rechnungssumme. Daraus lässt sich bereits die erste Eingangsgröße ableiten.

Eingangsgrößen

Eine wesentliche Grundlage für die Mengenermittlung ist das Leistungsverzeichnis, bestehend aus seinen Ober- und Unterleistungsgruppen sowie seinen Positionen als kleinster Einheit. Für jede Position müssen die in den Positionstexten definierten Mengen ermittelt werden. Die Mengen werden dabei dem Ausführungsmodell, erweitert um Merkmale für die

²⁵ Mit *fortgeführter Ausführungsplanung* sind dabei die laufenden Ergänzungen und Änderungen, handschriftliche Eintragungen, gemeint, die durch Anpassungen an die örtlichen Gegebenheiten auf der Baustelle notwendig werden.

Abrechnung, entnommen. Das Abrechnungsmodell, als Pendant zu den Abrechnungsplänen in der konventionellen Mengenermittlung, ist damit die zweite wesentliche Eingangsgröße im Abrechnungsprozess.

Das Abrechnungsmodell ist ein um entsprechende Informationen erweitertes Ausführungsmodell. Bereits zum Zeitpunkt der Ausschreibung ist ein Modell vorhanden, welches als Ausschreibungsmodell bezeichnet wird. Im Laufe der Bauausführung wird dieses Modell jedoch weitergeführt, um ausführungsbedingte Änderungen laufend für alle Projektbeteiligten übersichtlich zu dokumentieren. Dieses weitergeführte Modell ist für die Abrechnung wesentlich, da die tatsächlich ausgeführten Mengen abgerechnet werden. Daher muss das Abrechnungsmodell, wenn die Abrechnungsmengen dem Modell entnommen werden, genau die reale Ausführung widerspiegeln.

Als weitere Eingangsgröße ist die Information darüber notwendig, welche Bauteile fertiggestellt sind. Schließlich kann nur tatsächlich ausgeführte Leistung geprüft und in Rechnung gestellt werden. Diese Meldung kann auf unterschiedliche Weise in den Prozess eingebracht werden. Die Information kann mit herkömmlicher Methodik (Fotodokumentation der fertiggestellten Bauteile, etc.) erhoben werden. Die Meldung der Fertigstellung wird durch händische Eingabe in den digitalen Prozess eingebracht. Eine weitere Möglichkeit besteht in der mobilen Leistungserfassung, wobei die Fertigstellung digital über geeignete Tools (Mobiltelefone oder Tablets mit entsprechender Software) direkt in den Mengenermittlungsprozess eingebracht werden.

Ausgangsgrößen

Den Eingangsgrößen stehen als Ausgangsgrößen am Ende des Prozesses die abrechenbaren Mengen gegenüber. Abrechenbare Mengen können mit der nächsten Teilrechnung in Rechnung gestellt werden. Bevor die Mengen in die Rechnung aufgenommen werden, muss in weiterer Folge darüber mit dem Bauherrn oder dessen Vertreter, der örtlichen Bauaufsicht, einvernehmen hergestellt werden.

4.3.2 Prozessabgrenzung

Die Eingangs- und Ausgangsinformationen des Leistungsfeststellungsprozesses bilden gleichermaßen die Prozessgrenzen im zeitlichen Fortlauf der Abrechnungen. In Abb. 4.9 ist neben den Kernprozessen sowie den Eingangs- und Ausgangsgrößen die Prozessabgrenzung, repräsentiert durch die blau-strichlierte Linie, abgebildet.

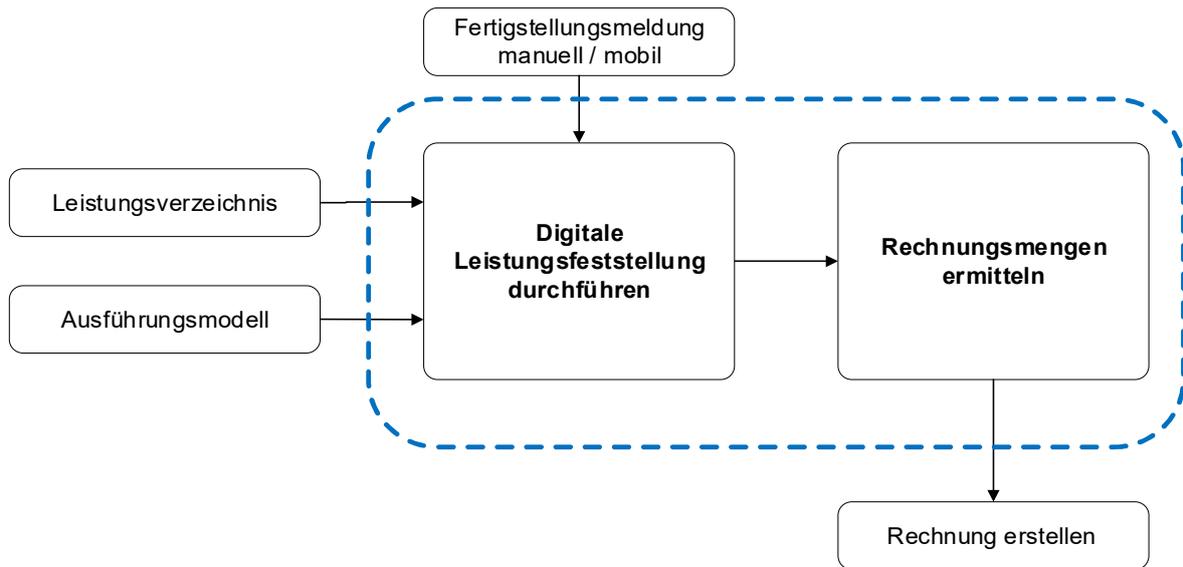


Abb. 4.9: Darstellung der Eingangs- und Ausgangsgrößen, sowie die Prozessabgrenzung der modellbasierten Abrechnungsmengenermittlung

Eine enge Abstimmung zwischen den Eingangsgrößen *Leistungsverzeichnis* und *Ausführungsmodell* ist unbedingt erforderlich. Die Abstimmung ist bereits ab Beginn der Erstellung des Leistungsverzeichnisses und Ausführungsmodells erforderlich. LV und Modell fließen je nach gewähltem Prozess an unterschiedlichen Punkten ein.

Es muss vor der Fertigstellungsmeldung von Bauteilen die Möglichkeit der Integration von ausführungsbedingten Änderungen am Eingangsmodell vorgesehen werden. Wie oder von wem diese Änderungen durchgeführt werden, ist für die Leistungsfeststellung nicht von Bedeutung. Als ausführungsbedingte Änderungen sind dabei Korrekturen wie neue Durchbrüche, Optimierungen der Materialwahl, etc. zu verstehen. Größere Änderungen können dazu führen, dass der Prozess mit einem neuen Ausgangsmodell beginnen muss. Die Entscheidungskette für derartige Änderungen wird im Folgenden nicht behandelt. Bei der Erhebung der fertiggestellten Leistungen muss entschieden werden, ob derartige Anpassungen am Abrechnungsmodell zu berücksichtigen sind.

Die Feststellung, ob ein Bauteil fertiggestellt wurde, kann auf unterschiedliche Art und Weise in den digitalen Prozess eingebracht werden. Die Information kann entweder manuell oder automatisiert über mobile Endgeräte und entsprechenden Applikationen eingegeben werden. Wie die Fertigstellungsmeldung erfolgt, ist für die anschließende Mengenermittlung nicht von Bedeutung.

Die Kontrolle des Aufmaßes, als Leistung der örtlichen Bauaufsicht [58, S. 7], wird in der Prozessbetrachtung nicht berücksichtigt. Dies ist damit begründet, dass im Pilotprojekt der ASFINAG die Integration der ÖBA in den modellbasierten Abrechnungsprozess nicht betrachtet wurde. Die Mengenermittlung der Software RIB iTWO ist nicht auf die Überprüfung

durch Dritte ausgelegt. Wie diese Rolle der ÖBA in den digitalen Abrechnungsmengenermittlung integriert werden könnte, ist in Kapitel 4.5.4 auf Basis der Erkenntnisse der Analyse der Workflows erläutert.

Die Rechnungsprüfung, ebenfalls im Leistungsumfang der ÖBA enthalten [58, S. 7], wird nicht näher betrachtet. Die Rechnungslegung folgt der Abrechnungsmengenermittlung nach und liegt damit außerhalb der in Kapitel 4.3.2 beschriebenen Prozessgrenzen. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 4.9 grafisch veranschaulicht.

4.3.3 Involvierte Stellen, Start- und Endereignisse

In den Abrechnungsprozess sind mehrere Aufgaben eingebunden. Diese lassen sich in die Aufgabengebiete *Baustelle* und *Abrechnung* zusammenfassen. Diese Aufgaben können in unterschiedlicher Konstellation in Bauprojekten auftreten. Baustelle und Abrechnung sind in der Regel in einem (ausführenden) Unternehmen angesiedelt. Dieser Auftragnehmer stellt daher den übergeordneten Pool dar. Je nach Projektorganisation können weitere Beteiligte, wie beispielsweise Subunternehmer, in den Abrechnungsprozess eingebunden sein. Diese externen Unternehmer wären in einem anderen Pool angesiedelt. Die beiden angeführten Rollen treten jedoch im Allgemeinen in jedem Projekt auf. Sie bilden daher das Grundgerüst für die Prozessdiagramme. Jede der Rollen wird innerhalb des Pools „Auftragnehmer“ in einer eigenen Lane abgebildet. Die Abgrenzung der jeweiligen Lanes, charakterisiert durch die jeweiligen Start- und Endereignisse, werden im Folgenden beschrieben.

Baustelle

In der Lane „Baustelle“ werden Aufgaben zusammengefasst, die direkt durch die Bautätigkeiten ausgelöst werden. Hier werden die Bauteile vom Plan oder Modell in die Realität umgesetzt. Nach deren Fertigstellung werden sie der Mengenermittlung und damit der Abrechnung zugeführt.

Ausgangspunkt für den Prozess ist die Notwendigkeit für die Erhebung fertiggestellter Leistungen. Diese kann periodisch durch die Festlegung von Berichtszeiträumen oder laufend erfolgen. Jedenfalls muss der Prozess in ausreichender zeitlicher Entfernung vor der geplanten Rechnungslegung beginnen.

Auf den Baustellen sind oftmals aufgrund der örtlichen Gegebenheiten Anpassungen der Planung erforderlich. Hiermit sind keine Planungsänderungen im Sinne von Leistungsänderungen²⁶ gemeint. Eine solche Anpassung kann beispielsweise das Herstellen eines zusätzlichen Wanddurchbruchs sein. Ob solche Anpassungen in das Modell eingearbeitet

²⁶ Eine Leistungsänderung ist eine vom Auftraggeber angeordnete Leistungsabweichung, wie beispielsweise eine Qualitätsänderung. [48, S. 9]

werden müssen, ist bei der Erhebung der fertiggestellten Leistung zu entscheiden. Falls es notwendig ist, werden vor der digitalen Leistungsfeststellung die Änderungen in das Modell eingearbeitet. Da diese Entscheidung vor Ort getroffen werden muss, wird diese Tätigkeit ebenfalls der Lane „Baustelle“ zugeordnet.

Abrechnung

Die Lane „Abrechnung“ umfasst alle Tätigkeiten, welche nach der Fertigstellung zur Rechnungslegung führen. Die Festlegung, welche der fertiggestellten Mengen in der betrachteten Periode zur Abrechnung kommen sollen, steht dabei am Beginn des Teilprozesses. Die Abrechnung steht in engem Informationsaustausch mit der Baustelle. Der Prozess wird durch die periodische Rechnungsmengenermittlung ausgelöst. Diese kann beispielsweise monatlich erfolgen. Dieser Fall führt dazu, dass monatlich die abrechenbaren Mengen ermittelt werden müssen. Am Ende des Prozesses stehen die abrechenbaren Leistungen.

4.4 Aufgaben im digitalen Leistungsfeststellungsprozess

Zwischen den nun definierten Start- und Endereignissen der jeweiligen Prozessteilnehmer sind nun mehrere Aufgaben zu erfüllen. Sie sind unabhängig vom gewählten Workflow zu sehen. Je nach Workflow werden die Aufgaben jedoch mit verschiedenen Tools gelöst. Aus den jeweiligen Stärken und Schwächen der Tools ergeben sich Vor- und Nachteile bei der Erfüllung der Aufgaben.

4.4.1 Aufgaben der Baustelle

Auf der Baustelle müssen für die Mengenermittlung zwei wesentliche Aufgaben erfüllt werden:

1. Ausführungsänderungen müssen in das Modell eingearbeitet werden.
2. Die Bauteilfertigstellungen müssen digital im Modell erfasst werden.

Das Abrechnungsmodell ist die Basis für die Abrechnung. Es muss auf der Baustelle ständig fortlaufend weiterentwickelt werden. Dabei ist es unerheblich, von wem die Änderungen modelliert werden. Dies ist von der Projektorganisation abhängig. Eine Möglichkeit ist, dass das ausführende Unternehmen selbst über entsprechend geschultes Personal verfügt und das Modell selbstständig weiterführt. Auf diese Art können die Kommunikationswege kurzgehalten werden. Bei großen Baustellen kann es sinnvoll sein, einen BIM-Konstrukteur²⁷ direkt vor Ort einzusetzen. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende Hardwareinfrastruktur, um dem Zeichner ein ordentliches Arbeitsumfeld zur Verfügung zu stellen. Eine

²⁷ Die Rolle des BIM-Konstrukteurs oder BIM-Modellers kann Kapitel 2.3.5 entnommen werden.

andere Möglichkeit ist das Weiterführen des Modells durch den Planer, der auch das Ausschreibungsmodell erstellt hat. Dies erfordert eine gute Kommunikation zwischen der Baustelle und dem Planer. In jedem Fall muss die Rollenverteilung im Vorhinein klar definiert und vertraglich geregelt sein.

Die Änderungen am Modell müssen nachweislich an alle Projektbeteiligten kommuniziert werden. Dies kann in der einfachsten Form über fortgeschriebene Listen erfolgen. Die Information bzw. Dokumentation kann über das BFC-Format erfolgen. So sind diese Änderungen direkt im Modell ersichtlich. [33] Die Übereinstimmung der geplanten Änderungen mit den einvernehmlich, beispielsweise in Baubesprechungen, festgelegten Maßnahmen sollte durch die örtliche Bauaufsicht überwacht werden.

Das so laufend weiterentwickelte Modell muss um die digitale Information der fertiggestellten Bauteile erweitert werden. Die Fertigstellung der Leistung ist die Voraussetzung für die Abrechnung derselben. Unfertige Leistung darf nicht abgerechnet werden. Die digitale Fertigstellung kann „von Hand“ in den Prozess eingebracht werden oder mobil erfolgen. Beim manuellen Eintrag werden die Informationen über fertiggestellte Leistungen wie im konventionellen Prozess durch Begehungen und Fotodokumentationen gewonnen und anschließend im Büro in das jeweilige Programm eingegeben. Bei der mobilen Leistungsfeststellung erfolgt der Eintrag direkt auf der Baustelle.

4.4.2 Aufgaben der Abrechnung

Der Abrechnung obliegt es nun festzulegen, welche der fertiggestellten Leistungen im betrachteten Abrechnungszeitraum abgerechnet werden sollen. Es gibt verschiedene Gründe, warum bereits fertige Bauteile noch nicht in der laufenden Periode der Rechnung hinzugefügt werden sollen. Der Grund für derartige Abrechnungsverschiebungen sind häufig vertragliche Regelungen, die Uneinigkeiten über die genauen Abrechnungsmodalitäten für bestimmte Bauteile oder strategische Entscheidungen. [33]

Ein Beispiel für die Verschiebung der Abrechnung von Leistungen in die nächste Abrechnungsperiode kann bei den Betonarbeiten gefunden werden. Die bereits eingebaute Bewehrung wird erst nach der Betonage zusammen mit dem Beton abgerechnet. Wenn die Betonage in jener den Bewehrungsarbeiten nachfolgenden Rechnungsperiode ausgeführt und abgerechnet wird, so verschiebt sich auch die Vergütung der Bewehrung.

Nun müssen die abzurechnenden Mengen derart ausgegeben werden, dass sie mit den Einheitspreisen verknüpft werden können. Je nach verwendetem Softwaretool gestaltet sich dieser Schritt in der Abwicklung anders. Das Endergebnis ist jedoch dasselbe.

Mit der Ausgabe der Rechnungsmengen ist der Workflow abgeschlossen. Es kann die Rechnung für den betrachteten Leistungszeitraum erstellt werden.

4.5 Workflow

Nach der Definition der involvierten Stellen, der Start- und Endereignisse und der Aufgaben innerhalb der Prozesse ist nun die Frage, wie diese einzelnen Teile miteinander verbunden werden. In diesem Kapitel werden zwei verschiedene digitale Workflows zur Ermittlung von abrechenbaren Mengen beschrieben. Die Prozesse unterscheiden sich in erster Linie durch die verwendeten Softwaretools. Im Folgenden wird erläutert, welche Aufgaben welche Werkzeuge erfordern und wie diese zur Erfüllung der Aufgaben und damit zur Ermittlung der Ausgangsgrößen eingesetzt werden müssen. Die beiden Workflows stellen jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Eingangsgrößen, welche zu Beginn erläutert werden.

4.5.1 Workflow beim Pilotprojekt

Im Workflow zur digitalen Leistungsfeststellung im Pilotprojekt steht das Revit-Modell im Mittelpunkt. Alle Mengen wurden im Modell ermittelt und direkt aus dem Modell ausgegeben. Dieser Workflow kann als „Revit-händisch“ bezeichnet werden, da viele Prozessschritte manuell durchgeführt werden müssen. [29, S. 80] Dies stellt jedoch zusätzliche Anforderungen an das Modell in Zusammenhang mit dem Leistungsverzeichnis dar.

Anforderungen an das Modell und das Leistungsverzeichnis

Den Bauteilen müssen innerhalb des Modells mehrere abrechnungsspezifische Merkmale zugewiesen werden. Durch diese Informationen kann das reine Ausführungsmodell als Abrechnungsmodell genutzt werden. Je nach Projektorganisation kann es auch mehrere Abrechnungsmodelle, entsprechend der jeweiligen Teilmodelle, geben. So könnte beispielsweise ein Teil-Abrechnungsmodell für die Haustechnik und eines für Bauleistungen angelegt werden. Den Bauteilen müssen die Informationen „fertiggestellt“ und „abgerechnet“ zugewiesen werden. Diese Informationen sind meistens als Datum (Monat und Jahr) angegeben. Die verantwortliche Person für das Modell muss sicherstellen, dass die Informationen konsequent entsprechend der festgelegten Methodik eingegeben werden.

Bei Verwendung von Leistungsverzeichnissen im Rahmen eines Einheitspreisvertrags sollten sich die Leistungspositionen als Merkmalsausprägung im Modell wiederfinden. So kann nach gleichen Positionen gefiltert werden. Es ist hier eine hohe Modellierungstiefe und Modellierungsdisziplin gefordert. Abweichungen von der festgelegten Art und Weise des Eintrags der Merkmale führt zwangsläufig zu Fehlern in der späteren Mengenermittlung. Hier kommt den BIM-Managern eine wesentliche Rolle zu.

Aus dieser Anforderung heraus ist zu sehen, dass die Modellierung auf die geometrischen Festlegungen der Leistungspositionen abgestimmt sein muss. Andernfalls ist mit erheblichen Problemen bei der Ermittlung der richtigen Mengen je Position zu rechnen, wie es bei dem in Kapitel 3.4.3 bzw. mit Abb. 3.15 beschriebenen Wandelement der Fall war.

Beschreibung des Workflows

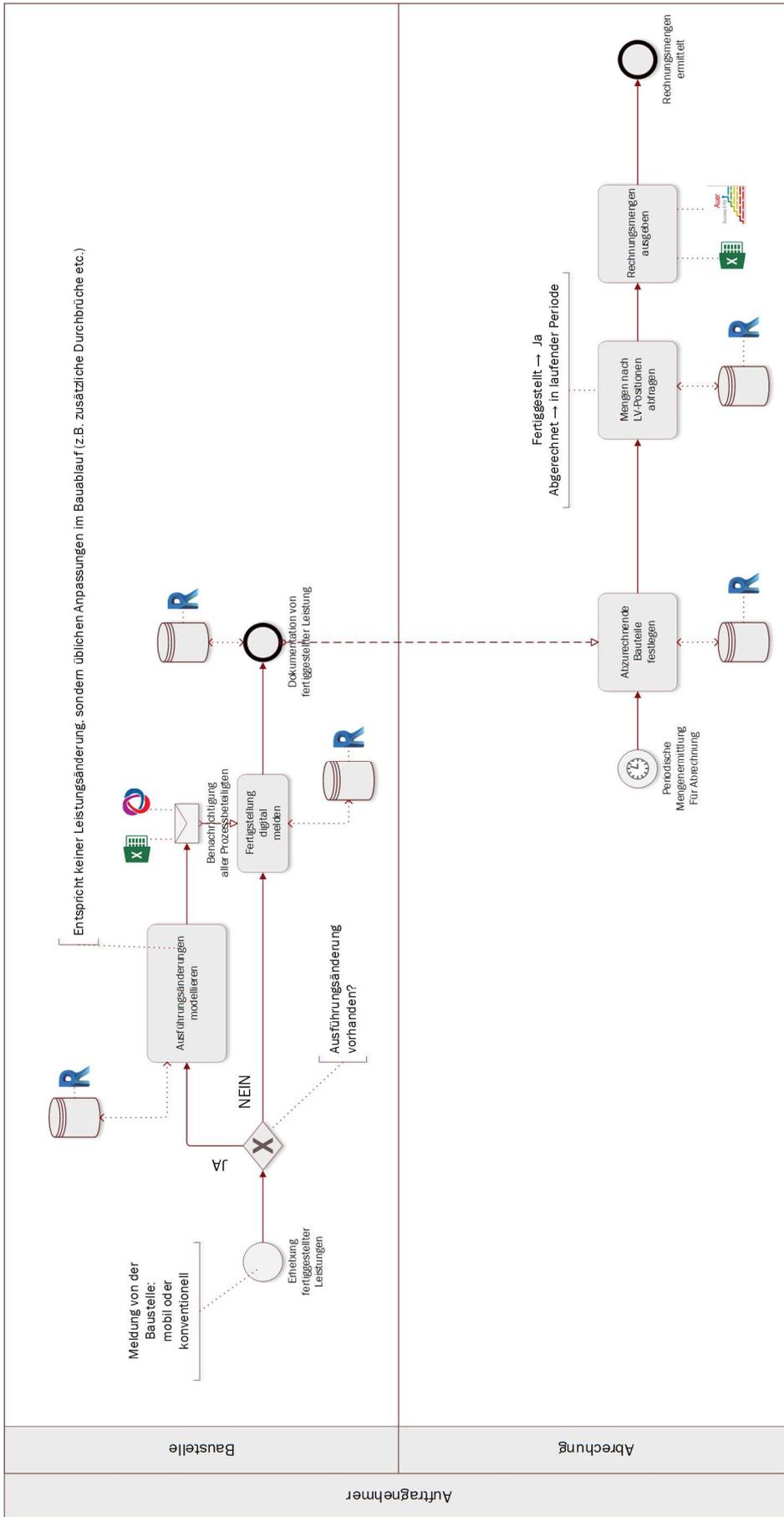


Abb. 4.10: Grafische Darstellung des Workflows mit der Methodik ‚Revit-händisch‘

In Abb. 4.10 ist der Workflow mit der Methodik „Revit-händisch“ grafisch dargestellt. Bei dieser Arbeitsmethode steht ein zentrales Revit-Modell mit den zu Beginn von Kapitel 4.5.1 beschriebenen Voraussetzungen im Mittelpunkt. Die Aufgaben der Baustelle werden kontinuierlich ausgeführt. Wenn Bauteile fertiggestellt sind, wird dies in das Modell eingetragen. Die Information im Merkmal „Fertiggestellt“ ist dabei das Datum bzw. Monat der Fertigstellung. Dieser Eintrag ist mit Grundkenntnissen der Software leicht durchzuführen. Optimalerweise werden die Merkmalsausprägungen direkt von Mitarbeitern der Baustelle vor Ort eingetragen. Wenn der Eintrag der Merkmalsausprägung direkt auf der Baustelle über mobile Endgeräte wie Tablets oder Smartphones durchgeführt wird, so wird von *mobiler* Leistungserfassung gesprochen. Im Falle der Nutzung der Softwareumgebung von Autodesk stehen hier die Tools von BIM360 (Field und Glue) zur Verfügung, um eine mobile Erfassung durchzuführen. Nun kann jeder im Modell auf diese Information zugreifen. Über Filter mit und/oder-Abfragen können fertiggestellte Bauteile leicht gefunden und zusammen ausgewählt werden.

Im Falle von Ausführungsänderungen im Sinne von Optimierungen auf der Baustelle werden diese Änderungen in das Modell eingearbeitet. Diese Anpassungen können gesammelt zu definierten Zeitpunkten oder in regelmäßigen Zeitabständen, beispielsweise wöchentlich, erfolgen. Bevor die periodische Mengenermittlung zum Zwecke der Rechnungslegung erfolgt, müssen alle Änderungen der laufenden Periode jedenfalls eingearbeitet sein. Wer diese Änderungen konkret durchführt, hängt von der Projektorganisation und dem Knowhow der Beteiligten ab. Wesentlich ist in die nachvollziehbare Kommunikation der Änderungen an alle Beteiligten. Neu hinzugefügte Bauteile unterliegen ebenfalls den definierten Modellierungsregeln. Je nach Projektumfang können hier unterschiedliche Tools genutzt werden. Die Baustelle arbeitet für die nachfolgenden Schritte alle Informationen in das Revit-Abrechnungsmodell ein.

Die Organe der Lane „Abrechnung“ werden in definierten, periodischen Zeitabständen tätig. Aus dem Revit-Modell können die fertiggestellten Bauteile leicht herausgefiltert werden. Es wird zuerst entschieden, welche der fertigen Leistungen nun abgerechnet werden sollen. In den Bauteileigenschaften jener Bauteile, welche im laufenden Abrechnungszeitraum abgerechnet werden sollen, wird nun der entsprechende Monat im *Abgerechnet*-Merkmal eingetragen.

Die Mengenausgabe erfolgt in der Autorensoftware Revit über die Erstellung von Bauteillisten. Es wird je Leistungsposition eine Bauteilliste erstellt. Durch Filterung nach der Ausprägung des *Abgerechnet*-Merkmals mit Eintrag für die gewünschte Rechnungsperiode können die Bauteile für den laufenden Abrechnungszeitraum gefunden werden. Aus jedem in der Bauteilliste erfassten Element können geometrische Informationen wie

Längen, Flächen und Volumen ausgelesen und zusammengefasst werden. Die Bauteillisten können wie in Abb. 4.11 dargestellt aufgebaut sein.

01 03 16 16 11 I + 16 16 12 E - Hohlwand d=40cm - 2019-01							
4D.Abgerechnet	4D.Fertiggestellt	Länge	Fläche	Los	3D.Bauteil	5D.Bauteil	5D.Bauteil.Beschreibung
2019-01	2018-12	2,289	9,15	01	03	16 16 11 I / 16 16 12 E	Hohlwand d=40cm C25/30 B5 XPS 10,0cm
2019-01	2018-12	2,980	6,76	01	03	16 16 11 I / 16 16 12 E	Hohlwand d=40cm C25/30 B5 XPS 10,0cm
2019-01	2018-12	3,040	12,14	01	03	16 16 11 I / 16 16 12 E	Hohlwand d=40cm C25/30 B5 XPS 10,0cm
2019-01	2018-12	3,040	12,14	01	03	16 16 11 I / 16 16 12 E	Hohlwand d=40cm C25/30 B5 XPS 10,0cm
2019-01	2018-12	3,040	12,14	01	03	16 16 11 I / 16 16 12 E	Hohlwand d=40cm C25/30 B5 XPS 10,0cm
2019-01	2018-12	2,364	9,45	01	03	16 16 11 I / 16 16 12 E	Hohlwand d=40cm C25/30 B5 XPS 10,0cm

Abb. 4.11: Auszug aus einer Abrechnungsmappe [35, S. 4]

Die Einheiten je Bauteil werden direkt in Revit aufsummiert. Welche geometrische Größe ermittelt wird, hängt von der geforderten Einheit im Leistungsverzeichnis ab. Somit wurden Rechnungsmengen ermittelt. Zur Rechnungslegung ist noch die Verknüpfung mit den Einheitspreisen des Einheitspreisvertrags notwendig.

In diesem Workflow ist hierzu ein „Umweg“ notwendig. Die Bauteillisten können nicht direkt in AVVA-Programme wie AUER oder ABK ausgegeben werden. Die Listen werden zunächst in eine Microsoft-Excel-Datei ausgegeben. Diese kann wiederum in die AVVA-Programme eingelesen und dort mit den Einheitspreisen verknüpft werden.

4.5.2 Workflow unter Verwendung von RIB iTWO

Auf Basis der Erkenntnisse aus Kapitel 3 wurde ein alternativer Workflow unter Verwendung der Software RIB iTWO entwickelt. Dieser Prozess stellt eine von vielen weiteren Möglichkeiten der digitalen Leistungsfeststellung dar.

Anforderungen an das Modell und das Leistungsverzeichnis

Das Modell kann mit unterschiedlichen Autorensoftwareprogrammen erstellt werden (siehe Kapitel 3.1). Da die Erstellung von Auswahlgruppen auf der Filterung nach bestimmten Merkmalsausprägungen basiert ist es wesentlich, dass entsprechende Informationen in allen Bauteilen vorhanden sind. Im Falle der Anwendung eines Einheitspreisvertrags auf Basis der LB-H müssen entsprechende Merkmale im Modell den Bauteilen hinterlegt sein. Die Anforderungen an das Modell, um es problemlos in iTWO verwenden zu können, wurden in Kapitel 3.4.4 erläutert.

Mit den Anforderungen an das Modell gehen die Anforderungen an das Leistungsverzeichnis, auch bei der Verwendung von iTWO, Hand in Hand. Beide müssen aufeinander abgestimmt sein. Dies gilt unabhängig davon, ob das LV direkt in iTWO oder einer anderen AVVA-Software, wie beispielsweise ABK oder Auer, erstellt wurde.

Vorarbeiten zur periodischen Mengenermittlung

In einem ersten Schritt muss das Leistungsverzeichnis und das Modell in iTWO importiert werden. Das Einlesen des Modells wurde bereits in Kapitel 3.2 beschrieben. Die Ursachen der von iTWO beim Einlesen der Daten ausgegebenen Warnungen sollten im Modell selbst korrigiert werden. Dies ist bei der Qualitätsprüfung erkennbar.

Um die Mengen automatisiert aus einem nach definierten Regeln erstellten Modell auslesen zu können, sind im Vorfeld definierte dynamische Auswahlgruppen erforderlich. Die Definition der Gruppe muss derart gewählt sein, dass aus dem Modell die richtigen Bauteile herausgefiltert werden. Modell und Auswahlgruppen müssen also aufeinander abgestimmt sein. Die Mengen werden über die QTO-Formeln aus den Auswahlgruppen ermittelt. Bei häufiger Anwendung von iTWO entsteht eine „Formelsammlung“ an QTO-Formeln, auf welche in späteren Projekten zurückgegriffen werden kann.

Es muss sichergestellt sein, dass die Zuordnung zu Auswahlgruppen – und damit die Zuordnung zu LV-Positionen – keinen manuellen Eingriff erfordert. So kann gewährleistet werden, dass im Falle von Modelländerungen bei einem Neu-Einlesen des Modells, die Mengen automatisiert angepasst werden. Die Zuordnung kann über die Multimodellvisualisierung überprüft werden. So wird sichergestellt, dass alle Bauteile bemustert wurden.

Ermittlung von Rechnungsmengen in iTWO

Im Folgenden werden zunächst anhand des iTWO-Benutzerhandbuchs für Controlling und einer Trainingsunterlage des 5D-Instituts die notwendigen Schritte im Programm erläutert.

Das zentrale Modul bei der Ermittlung der Rechnungsmengen in iTWO ist das Modul *LE/RE-Mengen*. Dabei wird in zwei Mengenansätze unterschieden:

1. Leistungsmengen: Die *Leistungsmengen* entsprechen den erbrachten Leistungen und damit der digitalen Leistungsfeststellung. Es gibt mehrere Möglichkeiten diese Menge zu ermitteln. Für die spätere Betrachtung des Workflows wird die Ermittlung der LE-Mengen direkt im LE/RE-Modul durchgeführt. Alternativ können die Leistungsmengen über das Anlegen eines sogenannten Vorgangmodells ermittelt werden, was an dieser Stelle jedoch nicht betrachtet wird. Die LE-Mengen können für jedes Objekt einzeln angegeben werden oder über Zuweisung eines prozentueller Fertigstellungsgrads je LV-Position ermittelt werden.
2. Rechnungsmengen: Als *Rechnungsmengen* werden wiederum jene Mengen bezeichnet, welche in die Rechnung übernommen werden sollen.

Die Mengenerfassung wird über Berichts- und Abrechnungszeiträume in einen zeitlichen Kontext gesetzt. Als Berichtszeitraum (BZ) wird der Zeitraum zwischen zwei Stichtagen definiert, an welchem der Leistungsstand der Baustelle festgestellt wird. Dieser Zeitraum ist

mit den LE-Mengen verknüpft. Als Abrechnungszeitraum (AZ) wird jene Zeitspanne verstanden, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abrechnungen mit dem Auftraggeber liegt. Sie ist der maßgebende Zeitraum für die Verwaltung der RE-Mengen.

Die Dauer und besonders die jeweiligen Enddaten von Berichts- und Abrechnungszeiträumen sollten aufeinander abgestimmt sein. Mehrere BZ können zusammen einem AZ zugeordnet werden. [43]

Aus den umfangreichen Möglichkeiten zum Baustellencontrolling, welche RIB iTWO 5D bietet, ergeben sich mehrere Wege, wie die Rechnungsmengen ermittelt werden können. Gerade die Leistungsmengenermittlung ist derart gestaltet, dass sich daraus Optimierungen für zukünftige Kalkulationen oder Prognosen für den weiteren Bauablauf ableiten lassen. iTWO ermöglicht im Controlling die Berücksichtigung der zeitlichen Komponente (4D-BIM), welche in der vorliegenden Diplomarbeit nicht berücksichtigt wird.

Beschreibung des Workflows

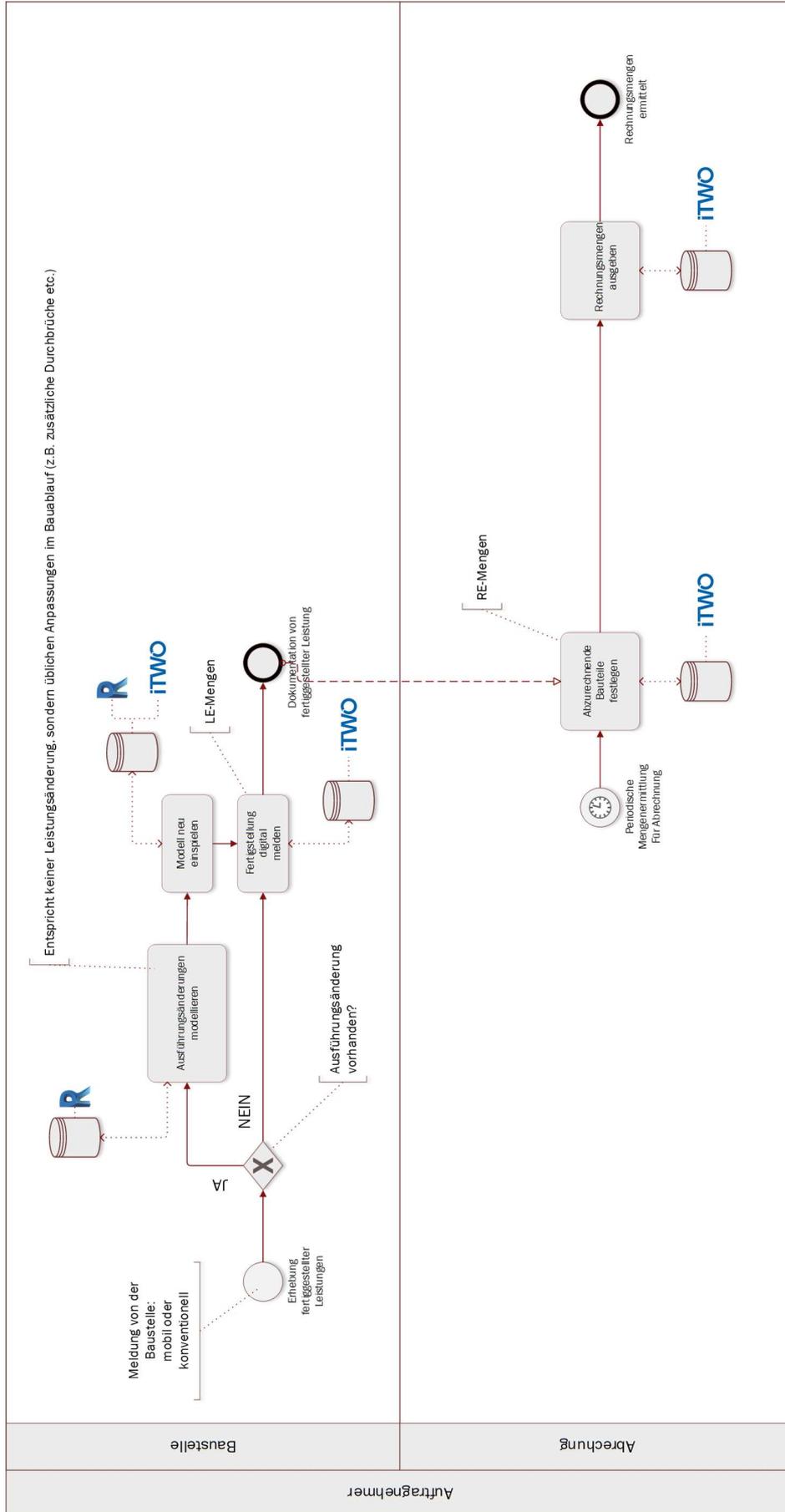


Abb. 4.12: Grafische Darstellung des Workflows unter Verwendung von RIB iTWO

In Abb. 4.12 ist der Workflow unter Verwendung von RIB iTWO 5D dargestellt. Es werden alle Aufgaben zur Mengenermittlung im LE/RE-Modul durchgeführt. Sowohl die Teilnehmer der Lane „Baustelle“ als auch jene der „Abrechnung“ haben Zugriff auf das LE/RE-Dokument.

Nach der Fertigstellung von Bauteilen wird dies von den Beteiligten des Aufgabenbereichs „Baustelle“ in das LE/RE-Modul eingetragen. Wenn keine Ausführungsänderungen im Sinne der beschriebenen Rahmenbedingungen (keine Leistungsänderung, sondern Anpassungen im Baufortschritt) berücksichtigt werden müssen, kann direkt zur digitalen Leistungsfeststellung übergegangen werden. Diese Aufgabe wird in der Software durch die Eingabe der fertiggestellten Menge als Leistungsmenge realisiert. Wie oft dieser Eintrag durchgeführt wird bzw. werden muss wird durch die Definition des Berichtszeitraumes bestimmt. So wird der Leistungsfortschritt über die Fortdauer der Bauarbeiten dokumentiert. Der Eintrag kann durch Festlegung von prozentuellem Fertigstellungsgrad oder durch Übernahme der Objektgeometrie für jedes Bauteil übernommen werden.

Wenn es zu Ausführungsänderungen gekommen ist, so sollte diese in der Autorensoftware nachmodelliert, und an alle Projektbeteiligten kommuniziert werden. Das koordinierte Ausführungsmodell²⁸ bildet den Projektstand zentral für alle („single source of truth“) ab. Daher sollten Modellierungen und Anpassungen abseits des Koordinationsmodells vermieden werden, auch wenn iTWO derartige Möglichkeiten bietet. Wenn die oben beschriebenen Vorarbeiten (richtige Modellierung gemäß Modellierungsstandard und fehlerfreie Definition der dynamische Auswahlgruppen) korrekt ausgeführt wurden, ändern sich die Mengen ohne weiteren manuellen Eingriff. Nun können die richtiggestellte Bauteile der digitalen Leistungserfassung zugeführt werden.

Beim Einlesen eines geänderten Modells werden die Unterschiede zwischen dem bestehenden und dem neuen Modell im BIM-Qualifier angezeigt. Dabei gilt es aber zu berücksichtigen, dass iTWO die Objekt-ID zum Vergleichen heranzieht und nicht die geometrische Definition von Bauteilen. Es ist daher zu überprüfen, ob sich bestehende Objekt-IDs nicht verändert haben. Beispielsweise führt das Löschen eines Objekts und identisches Neu-Modellieren zu einer neuen Objekt-ID, was wiederum im BIM-Qualifier angezeigt wird. Bei der Nutzung der direkten Schnittstellen der Modellierungsprogramme erfolgt das Importieren von geänderten Modellen meist ohne Probleme. [21, S. 22f]

Nach dem periodischen Eintrag entsprechend der definierten Berichtszeiträume in das LE/RE-Dokument beginnen die Aufgaben der Lane „Abrechnung“. Vom Aufgabeninhaber

²⁸ Mit koordiniertes Ausführungsmodell ist das Koordinationsmodell in der Ausführungsphase gemeint. Es zeigt die Zusammenführung aller Teilmodelle, verwaltet vom BIM-Manager.

wird definiert, welche Mengen als Rechnungsmengen (RE-Menge) der Rechnung hinterlegt werden. Dies kann entweder direkt die LE-Menge sein oder bewusst davon abweichend definiert werden. Somit ist es in iTWO möglich, gewisse Positionen erst in einem späteren Abrechnungszeitraum abzurechnen. Die Rechnungsmenge ist an den Abrechnungszeitraum geknüpft. Am Ende eines Abrechnungszeitraumes kommen die für den Zeitraum definierten RE-Mengen zur Abrechnung.

4.5.3 Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Workflows betrachtet. Der Vergleich ist als wertungsfreie Analyse zu sehen, da sich Vor- und Nachteile der jeweiligen Methodik nicht zuletzt aus der Projektorganisation ergeben. Erst aus der Organisation des Projekts und dessen Voraussetzungen oder aufgrund früherer Erfahrungswerte der Projektbeteiligten resultieren für und wider der jeweiligen Arbeitsabläufe. Im Folgenden wird der Workflow im Pilotprojekt als „Revit-händisch“ und jener unter Verwendung von RIB iTWO als „iTWO“ bezeichnet.

Bevor mit der Analyse der Workflows begonnen wird, sind in Tab. 4.1 die verwendeten Softwaretools je Aufgabe gegenübergestellt. Dabei ist zu erkennen, dass im Prozess „Revit-händisch“ bis zum Ende des Workflows nahezu ausschließlich mit der Autorensoftware Revit gearbeitet wird. Im Prozess „iTWO“ erfolgt die Bearbeitung der Fertigstellungsmeldung und aller nachfolgender Schritte in der Auswertungssoftware iTWO. Dieser Prozess läuft, Modelländerungen ausgenommen, unabhängig vom Abrechnungsmodell. Lediglich eine Aufgabe kann in diesem Workflow entfallen.

Tab. 4.1: Gegenüberstellung der verwendeten Softwaretools je Aufgabe in den Workflows

Aufgabe	Tool im Prozess "Revit-händisch"	Tool im Prozess mit "iTWO"
Ausführungsänderungen modellieren	Revit	Revit
Benachrichtigung aller Prozessteilnehmer	Excel, BCF	Revit und iTWO
Fertigstellung digital melden	Revit	iTWO
Dokumentation von fertiggestellten Leistungen	Revit	iTWO
Abzurechnende Bauteile festlegen	Revit	iTWO
Mengen nach LV-Position abfragen	Revit	entfällt
Rechnungsmengen ausgeben	Excel, Auer Success	iTWO

Es muss dem Prozessteilnehmern von Anfang an bewusst sein, wofür die jeweiligen Programme eigentlich gedacht sind. Revit ist als reine Autorensoftware konzipiert und damit grundsätzlich nicht für die Nutzung im beschriebenen Sinne ausgelegt. Durch die Möglichkeit der listenbasierten Mengenausgabe und der Definition nutzerspezifischer Merkmale können aus dem Programm die gewünschten Daten entnommen werden. iTWO wiederum ist als Auswertungssoftware konzipiert, wobei die Mengenermittlung für die Abrechnung an

sich einen sehr kleinen Teil des Leistungsumfangs darstellt. Theoretisch lässt sich der gesamte Ablauf von der Erstellung des Leistungsverzeichnisses, über die Angebotskalkulation bis zur Rechnungslegung mitsamt Baustellencontrolling in diesem Programm realisieren. Daher ist die Software nicht zwingend darauf ausgelegt, den betrachteten kleinen Teil am Gesamtprozess isoliert abzuwickeln. Es müssen zusätzlich zu Modell und Leistungsverzeichnis weitere Projektparameter vorab definiert werden (Zeiträume, Kalkulationen, Übernahme der Preise, etc.).

Der Workflow „Revit-händisch“ lässt sich mit derzeit auf dem Markt üblichen Programmen realisieren. Dies erfordert zwar einige manuelle Eingriffe in den Workflow, jedoch fallen umfangreiche Vorarbeiten weg. Zunächst müssen entsprechend formatierte Bauteillisten aus Revit generiert werden. Diese Listen werden anschließend über die Zwischenstation eines Tabellenkalkulationsprogramms ausgegeben und wiederum in eine AVA-Software eingelesen. Dort müssen die Mengenwerte mit den Preisen verknüpft werden. Im Modell müssen den Bauteilen lediglich zwei weitere Merkmale hinzugefügt werden.

Daraus lässt sich eine wesentliche Unterscheidung ableiten. Im Workflow „iTWO“ werden alle Schritte ab Einlesen des Modells und des Leistungsverzeichnisses im Laufe der Ermittlung der Abrechnungsmengen in einem Auswertungsprogramm ausgeführt. Die Rechnungserstellung im Nachgang an den betrachteten Prozess erfolgt weitgehend automatisiert auf Basis der definierten Rechnungszeiträume und Rechnungsmengen. Im Workflow „Revit-händisch“ ist zur Ausgabe der Mengen ein größerer Aufwand erforderlich. Allerdings hat der Nutzer in diesem Prozess ein höheres Maß an unmittelbarer Kontrolle.

Eine weitere Unterscheidung liegt darin, wo die Informationen über fertiggestellte und abrechenbare Bauteile gespeichert sind. Während im „Revit-händisch“-Workflow die Informationen direkt im Abrechnungsmodell eingetragen werden, werden sie bei der Verwendung von iTWO im LE/RE-Dokument des Programms gespeichert.

Daraus resultieren die unterschiedlichen Anforderungen an das Modell, welche bereits in Kapitel 4.5.1 und 4.5.2 beschrieben wurden. In beiden Workflows müssen die Modelle entsprechend der abzurechnenden Positionen modelliert werden (Modellierung von Stützen, Wänden, Unterzügen und Brüstungen). Jedoch kann das so erstellte Modell direkt in iTWO übernommen werden, während im Workflow „Revit-händisch“ Informationen aus dem LV in die Bauteileigenschaften erst eingearbeitet werden müssen. Die Differenzen in der Informationsbereitstellung hinsichtlich der Modellierung der Bauteilaufbauten müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Generell erfolgt im iTWO-Workflow eine „Trennung“ der Arbeitsschritte vom ursprünglichen Modell. Nach dem Einlesen über die .cpxml-Datei erfolgen alle weiteren Arbeitsschritte in

Modulen von iTWO. Diese beziehen sich zwar auf Bauteile und Objekte des Ausführungsmodells, führen aber nicht zu Änderungen oder zusätzlicher Information im Modell selbst. Aus diesem Grund ist die beschriebene konsequente Anwendung der dynamischen Auswahlgruppen wichtig, um bei Änderungen am Modell dieses automatisiert als neue Berechnungsgrundlage heranziehen zu können. Im Workflow Revit-händisch werden alle Informationen direkt in das (Abrechnungs-) Modell eingegeben, welches dadurch stärker in den Fokus rückt. Das Revit-Modell dient für die Belange der Baustelle und Abrechnung als zentrale Informationsquelle. Es werden keine abrechnungsrelevanten Daten abseits des Modells gespeichert.

Es lässt sich ableiten, dass die Wahl des Workflows wesentlich von den bereits implementierten Softwaretools abhängt.

Der Workflow „Revit-händisch“ erscheint besonders bei der Einführung der modellbasierten Abrechnung als weniger aufwändig. Es ist lediglich eine Erweiterung der Merkmale erforderlich. Alle weiteren Schritte lassen sich mit bereits heute „üblichen“ Programmen realisieren. Allerdings geht dies zu Lasten der Automatisierung des Prozesses, bedingt durch mehrere manuelle Eingriffe der Teilnehmer des Aufgabenbereichs „Abrechnung“. Es ist jedoch möglich, durch die Erstellung von Makros in den jeweiligen Programmen den Prozess weiter zu vereinfachen und so das Potential für Rechenfehler oder Irrtümer zu minimieren. [32] Trotz der geringen Automatisierung ist der Workflow „Revit-händisch“ für bewusste Mengenmanipulationen wenig anfällig. Da die Mengen bei manueller Listenerstellung auf dem Modell basieren, müsste für eine Manipulation das Modell selbst verändert werden. Da auf das Modell mehrere Nutzer zugreifen, würde dieser Vorgang mit hoher Wahrscheinlichkeit auffallen. [32] Zusammenfassend bietet der Workflow „Revit-händisch“ einen schnellen und einfach zu realisierenden Einstieg in die modellbasierte Mengenermittlung.

Die Anwendung von iTWO erfordert aufgrund des weitreichenden Leistungsumfangs eine wesentlich längere Einarbeitungszeit. Wenn die Vorarbeiten, wie die Erstellung allgemein nutzbarer Auswahlgruppen und QTO-Formeln, ordentlich ausgeführt wurden und die Modelle entsprechend erstellt werden, ist ein zügiges und effektives Arbeiten mit iTWO möglich. Den größten Nutzen der Software erhält man jedoch dann, wenn alle Möglichkeiten, insbesondere die umfangreichen Baustellencontrolling-Tools und das 4D-Potential, ausgeschöpft werden. Im Idealfall wird iTWO in der Projektausführung von allen Beteiligten genutzt.

Beide Workflows haben gemeinsam, dass den BIM-Konstrukteuren ein hohes Maß an Verantwortung zukommt. War bisher die Planung und Ausschreibung oftmals zumindest personell, wen nicht sogar institutionell voneinander getrennt, so müssen diese Tätigkeiten in Zukunft näher zusammenrücken. Bei der Modellierung müssen bereits wesentliche Teile

der Ausschreibung in das Modell mit einfließen. Daher sind neben dem Knowhow der Anwendung der Zeichen- bzw. Modellierungsprogramme vertiefte Kenntnisse über den Aufbau von Leistungsverzeichnissen notwendig.

4.5.4 Zukünftige Integration der örtlichen Bauaufsicht

Die Kontrolle und Freigabe des Aufmaßes sind bei Anwendung der Arbeitsweise BIM nach wie vor Aufgaben der örtlichen Bauaufsicht. [58, S. 7] In den beiden oben beschriebenen Workflows wurden diese Aufgaben jedoch nicht betrachtet, da sie im Pilotprojekt nicht in den BIM-Ablauf eingebunden waren. In diesem Kapitel wird nun ein Beispiel erläutert, wie Kontrolle und Freigabe der abzurechnenden Mengen durch die ÖBA in den Workflow „Revit-händisch“ integriert werden könnte.

Beschreibung des Workflows

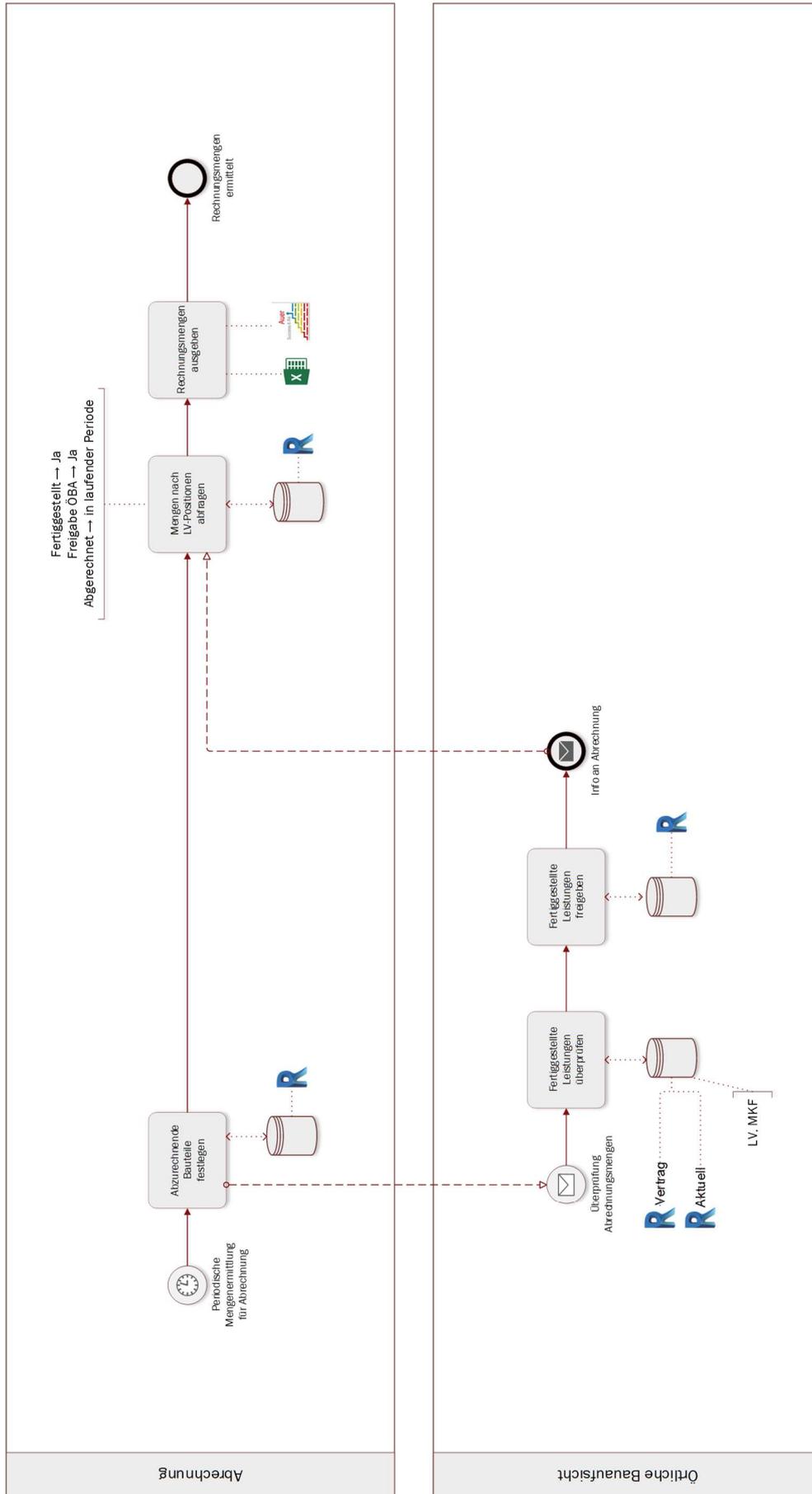


Abb. 4.13: Eine Möglichkeit der Integration der örtlichen Bauaufsicht in den Prozess „Revit-händisch“

In Abb. 4.13 wird eine Möglichkeit der Integration der örtlichen Bauaufsicht in den Workflow ‚Revit-händisch‘ dargestellt. Eine Kontrollfunktion im Sinne der ÖBA lässt sich in diesen Arbeitsablauf mit den bereits bekannten Mitteln einfach implementieren. Es muss im Abrechnungsmodell lediglich ein weiteres Merkmal eingefügt werden. Dieses Merkmal kann beispielsweise „ÖBA-geprüft und freigegeben“ genannt werden. Ein positiver Eintrag dort ist Voraussetzung für die Freigabe zur Abrechnung. In iTWO ist eine derartige Prüffunktion nicht vorgesehen bzw. ist sie nur auf umständliche Art und Weise mit nicht dafür vorgesehenen Funktionen umzusetzen.

Die örtliche Bauaufsicht kontrolliert vor der Erstellung der Rechnung die Ermittlung der Mengen, welche zur Abrechnung kommen sollen. [58, S. 7] Dabei werden die Ausschreibungspläne mit den Ausführungs- und Abrechnungsplänen verglichen, Naturaufnahmen durchgeführt und das Aufmaß auf Plausibilität der Mengenberechnung hin geprüft. Dieser Vorgang kann durch die Visualisierung der Änderungen, beispielsweise durch Überlagerung des Ausschreibungs- mit dem Abrechnungsmodell durchgeführt werden. Die Teilnehmer des Aufgabenpools „ÖBA“ müssen die Mengen nicht mehr händisch aus den Plänen ermitteln, sondern können sie direkt aus dem Modell entnehmen. Abweichungen werden dargestellt und können mit den ausführenden Unternehmen besprochen werden. Aus dem Modell ist klar ersichtlich, welche Bauteile bereits abgerechnet wurden und welche erst in der laufenden Rechnungsperiode überprüft werden müssen. Somit entfällt für die örtliche Bauaufsicht das zeit- und personalintensive Nachrechnen der Mengenermittlung. Dadurch können Aufgaben der ÖBA in den Mittelpunkt rücken, welche nicht in vergleichbar einfacher Weise automatisiert werden können. Beispielsweise lässt sich die Qualitätskontrolle oder die Bauüberwachung an sich nicht über Modelle vereinfachen, sondern erfordert die Aufmerksamkeit der örtlichen Bauaufsicht direkt vor Ort auf der Baustelle. [58, S. 6f]

Die örtliche Bauaufsicht erhält von der Abrechnung die Information darüber, dass abrechenbare Leistungen vorhanden sind und geprüft werden müssen. Welche Bauteile das sind, kann bereits aus dem Revit-Modell entnommen werden. Es sind jene mit dem Eintrag für die laufende Abrechnungsperiode im *Abgerechnet*-Merkmal. Diese Bauteile werden nun entsprechend dem Leistungsumfang der ÖBA geprüft. Nach positiver Prüfung wird im ÖBA-Merkmal die Freigabe ins Modell eingefügt. Wenn alle Bauteile der laufenden Periode überprüft worden sind, wird dies an die Abrechnung gemeldet. Nun können die Abrechnungsmengen aus dem Modell zur Rechnungslegung ausgegeben werden. Der Rechnung dürfen nur Mengen hinzugerechnet werden, welche von der örtlichen Bauaufsicht freigegeben wurden.

Wenn bei Bauteilen die Leistung seitens der ÖBA beanstandet wird, so muss hierfür ein eigener Prozess definiert werden. Wie dieser Prozess gestaltet wird, ist wesentlich vom

Aufbau der Projektorganisation abhängig. Daher ist er nicht Teil der Betrachtungen im Rahmen dieser Diplomarbeit.

Die Einbindung der örtlichen Bauaufsicht in den digitalen Mengenermittlungsprozess führt dazu, dass sie sich vermehrt auf nicht automatisierbare Aufgaben konzentrieren kann. Dies bedeutet keine Änderung des Leistungsbilds der örtlichen Bauaufsicht an sich. Sie wird auch in Zukunft eine wesentliche Prüffunktion innehaben. Jedoch können durch die Nutzung ohnehin vorhandener BIM-Daten Arbeitsabläufe vereinfacht werden. Im konkreten Anwendungsfall der Integration der ÖBA in den modellbasierten Abrechnungsprozess entfällt die aufwändige händische Aufmaßkontrolle. Sie kann im Modell überprüft werden. Dokumenten- bzw. Prüfkreisläufe können vereinfacht werden, indem die Abstimmung der Mengen zwischen Auftragnehmer und ÖBA direkt am Modell erfolgen kann, aus welchem unmittelbar die Abrechnungsmengen ausgegeben werden. Auf Basis dieser Abrechnungsmenge wird die Rechnung erstellt. Aufgrund des weitgehend automatisierten Prozesses werden Fehler minimiert und der Prüfungsaufwand entsprechend geringer. Somit erweitern sich die zeitlichen Ressourcen der ÖBA für die Überprüfung der Ausführungsqualität und anderer Aufgaben, welche menschliche Entscheidungen erfordern.

5 Forschungsergebnis

Die Betrachtungen in den voranstehenden Kapiteln führen zu den im folgenden Abschnitt 5 erläuterten Ergebnissen. Zunächst werden die Ausarbeitungen der beiden Themenkomplexe zusammengefasst. Darauf aufbauend werden die zu Beginn der Diplomarbeit formulierten Forschungsfragen beantwortet. Abschließend wird ein Ausblick auf Themen gegeben, welchen ausgehend von der vorliegenden Arbeit weitere Forschungsarbeit gewidmet werden sollte.

5.1 Themenkomplex 1:

Modellbasierter Mengenvergleich

Ziel des ersten Abschnitts der vorliegenden Diplomarbeit war der Vergleich der Abrechnungsmengen unter Verwendung unterschiedlicher Mengenermittlungsansätze. In Bauverträgen wird heute meist die Anwendung der Abrechnungsregeln nach den jeweiligen Werkvertragsnormen vereinbart. Diese Normen erlauben dem Abrechnungstechniker im konventionellen Abrechnungsprozess verschiedene Vereinfachungen. Bei der modellbasierten Abrechnung ist es jedoch aus Sicht des Autors einfacher nach der Nettomethode, sprich den tatsächlichen Mengen, abzurechnen. Es können dazu die abzurechnenden Mengen direkt aus dem Modell entnommen werden. Die Integration der Regelungen der Werkvertragsnormen in die modellbasierte Abrechnungsmethodik ist nur mit Verwendung geeigneter Auswertungsprogramme möglich. Die Möglichkeit modellbasiert nach der Nettomethode abzurechnen ist in Österreich bereits in ÖNORM A 6241-2 geregelt und zugelassen, sofern sie vertraglich vereinbart wird.

Auf Basis des Abrechnungsmodells eines BIM-Pilotprojekts der ASFINAG im Rahmen des Neubaus der Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha wurde eine Vergleichsrechnung dieser beiden Methoden durchgeführt. Dabei wurde die Software RIB iTWO 5D verwendet. In diesem Programm lassen sich die Abrechnungsregelungen der Werkvertragsnormen abbilden. Dabei wurden die Betonvolumina und die Schalungsflächen, sowie die zugehörige Anzahl an Öffnungen des Bauteils „Bürogebäude“ betrachtet. Diese Positionen wurden deshalb gewählt, da sich die Mengenermittlung dabei nachvollziehbar und überprüfbar gestalten lässt.

Vor Beginn der Vergleichsrechnung wurden die Grundlagen dafür – das Modell und das Leistungsverzeichnis des Pilotprojekts – näher betrachtet. Im Anschluss daran wurde das Modell in iTWO eingelesen und der Ablauf innerhalb der Software erläutert. Daraus konnten einige generelle Erkenntnisse zur modellbasierten Ermittlung der Abrechnungsmengen gewonnen werden. Dies fließt in die nachstehende Beantwortung der Forschungsfragen ein.

Nach diesen Vorarbeiten wurden sodann die Mengen nach der Nettomethode und unter Anwendung der Werkvertragsnormen ermittelt. Das Berechnungsergebnis bildet eine weitere Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfragen.

Die Erkenntnisse aus dem durchgeführten modellbasierten Mengenvergleich werden im Folgenden unter Bezug zu den Forschungsfragen erläutert.

- *Wie groß ist die Differenz zwischen der nach der Netto-Methode und nach der konventionellen Methodik (nach Werkvertragsnormen) ermittelten Mengen?*

Es hat sich anhand des vorliegenden Modells herausgestellt, dass die Abweichung zwischen den beiden Methoden im Zehntel-Prozent-Bereich liegt. Die relative mittlere Abweichung für das Betonvolumen beträgt 0,21%, jene für die Schalungsfläche 0,40%. Dabei sei allerdings festzuhalten, dass dieser Wert nur für die beschriebenen Rahmenbedingungen gilt und sich daraus kein allgemein gültiger Prozentsatz für die Abweichung ableiten lässt. Auf das Ergebnis hat sowohl die Bauweise als auch der Verwendungszweck des Gebäudes maßgeblichen Einfluss. Um eine allgemein gültige Abweichung zu ermitteln, müssten verschiedene Bauvorhaben untersucht und statistisch ausgewertet werden. Die ermittelte Abweichung kann allerdings sehr wohl als grober Richtwert für den Rohbau gesehen werden. Es ist anzumerken, dass das Modell nicht bis ins kleinste Detail modelliert wurde. Der größte Effekt bei der Mengenermittlung nach der Netto-Methode tritt jedoch ein, wenn sämtliche kleinen Öffnungen konsequent modelliert werden.

- *Wie muss das Bauwerksmodell aufbereitet sein, um daraus sinnvoll Massen ausgehen zu können?*

Das Modell muss entsprechend den abzurechnenden Mengen gemäß dem Leistungsverzeichnis aufgebaut sein. Das heißt, dass Brüstungen, Stützen, Öffnungen etc. jeweils als solche Bauteile modelliert bzw. mit entsprechenden Merkmalsausprägungen modelliert sein müssen. Andernfalls können die richtigen Mengen nur über Umwege oder gar nicht errechnet werden. Im Modell müssen auch die Aufbauten²⁹ der jeweiligen Bauteile abgebildet sein. Daher muss dem BIM-Konstrukteur das Leistungsverzeichnis vertraut sein. Idealerweise wird es zusammen mit dem Modell von einer Person bzw. in einem Projektteam erstellt. Zu Projektbeginn muss definiert sein, welche Prozessschritte modellbasiert durchgeführt werden sollen. Darauf aufbauend müssen erforderliche Modellierungsregeln und Merkmale für die Abrechnung definiert und im BIM-Ausführungsplan festgeschrieben werden. Das Modell muss von Beginn an entsprechend aufgesetzt werden.

²⁹ Unter Aufbau wird die Unterscheidung der Bauteilschichten in Wärmedämmung, tragende Ebene usw. verstanden.

5.2 Themenkomplex 2: Modellbasierte Workflows zur Abrechnung

Im zweiten Abschnitt der Diplomarbeit wurden zwei Workflows für die modellbasierte Ermittlung der Abrechnungsmengen erarbeitet. Der erste Workflow wurde unter Verwendung der im Pilotprojekt der ASFINAG angewandten Methodik erstellt. Dazu wurde ein alternativer Arbeitsablauf modelliert, welcher aufbauend auf den Erkenntnissen des ersten Abschnitts der Diplomarbeit die Verwendung von RIB iTWO 5D einbringt.

Die Prozessabbildungen wurden mit der standardisierten Darstellungsmethodik BPMN erstellt. Es ist zur Darstellung der Prozesse wesentlich, die Prozessgrenzen genau festzulegen. Die Wahl der Prozessgrenzen resultiert aus den vorhandenen Eingangsgrößen und den benötigten Ausgangsgrößen. Am Ende sollten dabei die abrechenbaren Mengen ausgegeben werden. Grundlage für den Prozess sind das Ausführungsmodell und das Vertragsleistungsverzeichnis. Sie werden ganz zu Beginn bei Prozessstart eingebracht und anschließend nur weiterentwickelt. Die Meldungen von der Baustelle, dass Leistungen fertiggestellt wurden und damit abrechenbar sind, ist eine weitere Eingangsgröße. Des Weiteren ist die Festlegung und Abgrenzung der involvierten Stellen wesentlicher Teil von Prozessbetrachtungen. Die örtliche Bauaufsicht ist grundsätzlich ein weiterer Teilnehmer im Abrechnungsprozess. Sie wurde allerdings hier nicht berücksichtigt, da sie im vom Autor betrachteten Pilotprojekt nicht in den BIM-Versuchsprozess mit eingebunden war und eine entsprechende Prüfinstanz in iTWO nicht vorgesehen ist.

Ziel des Abschnitts war es, denselben Prozess unter Verwendung unterschiedlicher Softwaretools abzubilden. Daher wurden übergeordnete Aufgaben formuliert, welche in beiden Prozessen vorkommen müssen. Es wurden den Aufgaben die jeweiligen Softwaretools zugeordnet und die Zusammenhänge erläutert. Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurde am Ende des Abschnitts eine Möglichkeit der Integration der örtlichen Bauaufsicht in den digitalen Prozess entwickelt.

Aus den vorhergehenden Definitionen und Festlegungen wurden modellbasierte Workflows zur Abrechnung entwickelt und beschrieben. Auf Basis der Arbeitsabläufe und deren Analyse können die Forschungsfragen wie folgt beantwortet werden:

- *Wie können entsprechende Workflows zur Ermittlung von abrechenbaren Mengen unter Verwendung digitaler Tools gestaltet sein?*

Die beiden auf Basis der Aufgabendefinition und Prozessabgrenzung entwickelten Prozessablaufdiagramme wurden entsprechend der BPMN grafisch dargestellt und verbal beschrieben. Abb. 4.10 ist der Workflow mit jener im Pilotprojekt der ASFINAG angewandten Methodik „Revit-händisch“ dargestellt. Abb. 4.12 zeigt alternativ dazu den Prozessablauf unter Verwendung der Software RIB iTWO 5D. Es ist wesentlich die Definitionen der Aufgaben zu kennen. In beiden Workflows werden zur Ermittlung der Abrechnungsmengen dieselben Aufgaben ausgeführt, jedoch dazu unterschiedliche Softwaretools herangezogen.

- *Welche Anforderungen werden an die Eingangs- und Ausgangsgrößen dieser Workflows gestellt?*

Die Anforderungen an die Eingangsgrößen lassen sich aus dem ersten Teil der Diplomarbeit ableiten. Als Vorleistungen sind ein Ausführungs- bzw. Abrechnungsmodell und ein Leistungsverzeichnis, welche gut aufeinander abgestimmt sein sollten, notwendig. Weiters ist als Eintrag in den Prozess die Meldung notwendig, welche Bauteile fertiggestellt sind. Diese Meldung kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Im Wesentlichen muss zwischen dem manuellen Eintrag in den digitalen Prozess und dem mobilen Eintrag unterschieden werden. Bei der manuellen Eingabe der Fertigstellung wird vom Nutzer im Büro die entsprechenden Informationen in das Modell eingepflegt. Bei der mobilen Leistungserfassung wird die Fertigstellung direkt auf der Baustelle über Smartphones oder Tablets in das Modell eingetragen. Dabei entfällt der Zwischenschritt des Informationsflusses vom Baufeld ins Büro.

- *Welche Aufgaben müssen in die Workflows integriert sein, um abrechenbare Mengen ermitteln zu können?*

Die Aufgaben wurden nach den involvierten Stellen aufgeteilt. Die Baustelle muss die Fertigstellung digital im Modell erfassen. Dies kann im (Bau-)Büro oder manuell erfolgen. Sollte es zu Ausführungsoptimierungen gekommen sein, die wiederum zu Modelländerungen führen, so muss diese Änderung von der Baustelle veranlasst werden. Das ist unabhängig davon, in welcher vertraglichen Verantwortung die Durchführung der Änderung liegt. Von wem die Modelländerung durchgeführt wird, muss zu Projektbeginn festgelegt werden.

Die Abrechnung legt fest, welche der fertiggestellten Mengen nun tatsächlich zur Abrechnung kommen. Auch das muss im Modell verankert sein, um anschließend die Abrechnungsmengen ausgeben zu können.

- *Worin liegen die prinzipiellen Unterschiede der Workflows?*

Die generelle Unterscheidung der beiden Prozesse liegt darin, wo die abrechnungsrelevanten Positionen hinterlegt sind. Beim Prozess „Revit-händisch“ wird die gesamte Mengenermittlung in Revit durchgeführt. Die Fertigstellungsmeldung und die Festlegung der Abrechnungspositionen erfolgen direkt im Modell. Da Revit nicht als AVA-Programm konzipiert ist, können die ermittelten Mengen nicht automatisiert mit dem Vertragsleistungsverzeichnis verknüpft werden. Beim Prozess mit iTWO wird nur zu Beginn das Modell und das Leistungsverzeichnis eingelesen. Das LV kann alternativ direkt mit iTWO erstellt werden. Alle Schritte, beginnend von der Mengenermittlung bis hin zur Rechnungslegung werden weitgehend automatisiert in iTWO abgewickelt. Werden in iTWO Anpassungen an den Bauteilen durchgeführt³⁰, so werden diese neuen Bauteilinformationen nicht in das Revit-Ausführungsmodell übertragen.

Um das Revit-Modell für die Abrechnung verwenden zu können müssen entsprechende Merkmale geschaffen und konsequent befüllt werden. Für die Verwendung von iTWO muss das Modell zwar nicht um Merkmale erweitert werden, jedoch sind innerhalb der Software umfangreiche Vorarbeiten notwendig, um zügig die Mengen ermitteln zu können. Dies betrifft insbesondere die Definition der Auswahlgruppen und der QTO-Formeln. Die Anforderungen an diese sind bereits im ersten Teil der Diplomarbeit in Abschnitt 3 analysiert worden.

In beiden Fällen muss jedoch das Modell entsprechend dem Leistungsverzeichnis modelliert sein.

Generell muss aus Sicht des Autors festgehalten werden, dass sowohl Revit als auch RIB iTWO nicht bzw. nicht ausschließlich für die Ermittlung der Abrechnungsmengen konzipiert sind. Autodesk Revit ist eigentlich eine Autorensoftware, mit welcher auch die Mengen ausgegeben werden können. RIB iTWO wiederum bietet einen wesentlich größeren Leistungsumfang. Dabei sind besonders die 4D-Komponenten und die Controllinginstrumente zu nennen.

³⁰ Ein Beispiel hierzu ist in Kapitel 3.4.3 gegeben.

5.3 Resümee und Ausblick

Die Forschungsergebnisse zusammenfassend kann gesagt werden, dass der BAP-gemäßen Modellierung große Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Das gilt insbesondere dann, wenn die Abrechnung modellbasiert abgewickelt werden soll. Wenn die heute übliche Praxis der Vertragsgestaltung von Bauverträgen, also die Formulierung von Einheitspreisverträgen basierend auf Standardleistungsbeschreibungen, beibehalten werden soll, so muss das Modell dementsprechend aufbereitet sein, um einen durchgängigen Prozess zu gewährleisten. Dies verlangt von den BIM-Konstrukteuren, dass sie sich vermehrt mit der Ausschreibung und den Leistungsverzeichnissen auseinandersetzen. Der Aufwand bei der Modellerstellung steigt damit. Dadurch verschiebt sich Planungsaufwand und die Herbeiführung von Bauherrenentscheidungen tendenziell zu früheren Projektphasen, als es heute mit konventionellen Planungsmethoden der Fall ist. Die genauen Anforderungen an das Bauwerk müssen schon bei der Modellerstellung definiert sein, um die Arbeitsmethodik BIM optimal über den gesamten Bauprozess anwenden zu können. Möglicherweise wäre es im Zusammenhang mit der Abrechnung sinnvoller, zu teilweise funktionalen Leistungsbeschreibungen überzugehen. Dabei werden die Anforderungen an die einzelnen Bauteile definiert. Die Anforderungen könnten beispielsweise anhand eines Leitfadens, ähnlich dem Positionspapier der Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis digitalisiertes Bauen im Hauptverband der deutschen Bauindustrie e.V., definiert werden. Dies könnte die modellbasierte Mengenermittlung an sich vereinfachen, allerdings ist auch in diesem Fall schon zu Beginn eine genaue Definition aller Anforderungen erforderlich.

In diesem Zusammenhang sei die derzeit in Entwicklung befindliche ÖNORM A 2063-2 erwähnt. Die heute verwendete ÖNORM A 2063 „regelt den Aufbau von Datenbeständen, die automationsunterstützt in den Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA) zwischen allen Beteiligten, wie LB-Herausgeber, EK-Herausgeber, Planer, Auftraggeber, Bieter oder Auftragnehmer, ausgetauscht werden.“ [46, S. 4] Im neuen zweiten Teil soll nun die Verbindung der Planungsmethode BIM mit dem bewährten und – in Österreich – hochstandardisierten AVVA-Prozessen normiert werden. Das System der eindeutig beschriebenen Leistungsinhalte je Position mit dem zugehörigen Nummernsystem der LB-H soll erhalten bleiben. Ziel ist es, die Informationen in den Modellen bzw. Bauteilen derart zu definieren, dass die Elemente automatisch mit den jeweiligen Positionen verknüpft werden kann. [19] Im Rahmen dieser Diplomarbeit hat sich gezeigt, dass eine derartige Normierung jedenfalls anzustreben ist. Die Potentiale und Auswirkungen einer Normierung des Zusammenspiels zwischen BIM-Planung und Anwendung von BIM im AVVA-Prozess sollten zukünftig wissenschaftlich untersucht werden.

Digitale Prozesse erfordern immer ein gewisses Maß an Standardisierung. Die heute angewandte Verknüpfung einer Positionsnummer mit einem umfangreichen, vordefinierten und inhaltlich abgestimmten Positionsinhalt ermöglicht effizientes EDV-gestütztes Arbeiten. Jedoch zeigt sich in der Praxis, dass sich die Leistungspositionen nicht ohne Einschränkungen den Bauteilen in digitalen Bauwerksmodellen zuordnen lassen. Daraus leitet sich die Frage ab, ob ein Übergang von standardisierten Leistungspositionen hin zu standardisierten Bauteilen sinnvoll ist oder ob eine gänzlich andere Methodik zielführend sein kann. Diese Fragestellung, im Zusammenhang mit allen davon betroffenen Teilbereichen wie beispielsweise rechtliche oder baupraktische Themen, birgt großes Forschungspotential für die nähere Zukunft.

Die Automatisierung der Mengenermittlung führt dazu, dass sich die Beteiligten vermehrt auf die wesentlichen Aufgaben konzentrieren können, bei denen menschliche Entscheidungen notwendig sind. Dies ist beispielsweise die Qualitätskontrolle durch die ÖBA auf der Baustelle. Jedoch muss auch in automatisierten Prozessen die Möglichkeit von Kontrollmechanismen vorgesehen werden. Die Integration der ÖBA in automatisierte Prozesse und das demzufolge – möglicherweise – geänderte Leistungsbild der örtlichen Bauaufsicht sollte Inhalt weiterer Forschungen sein.

Im Zusammenhang mit der Automatisierung von Prozessen wird oftmals die Frage aufgeworfen, ob dadurch Ressourcen optimiert werden können. In der vorliegenden Arbeit wurden unterschiedliche Methoden zur Mengenermittlung angewandt. Das Ziel weiterer Forschungen sollte sein, diese Methoden in Bezug zum jeweiligen zeitlichen Aufwand zu setzen, um hier Einsparungspotential aufzudecken.

Ein weiteres Forschungsfeld sollte der Mengenvergleich zwischen Nettomethode und Mengenermittlung nach Werkvertragsnorm in statistisch relevantem Maßstab sein. Nach der Ermittlung einer Größenordnung für den Rohbau in der vorliegenden Arbeit sollte erforscht werden, wie sich dieser Prozentsatz nach Analyse von Bauprojekten mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen verändert.

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- [1] ASFINAG: *Bauprojekte – A4 Ost Autobahn: Neuerrichtung der Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha*
<https://www.asfinag.at/verkehrssicherheit/bauen/bauprojekte/abm-bruck/>,
 Zugriff am 12.04.2019 um 17:41 Uhr
- [2] Austrian Standards: *Building Information Modeling*
<https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>, Zugriff am 08.05.2019, 19:25 Uhr
- [3] Autodesk: *Was ist DWG?*
<https://www.autodesk.de/products/dwg>, Zugriff am 08.05.2019 um 19:20 Uhr
- [4] Baier Ch. / Diaz J. / Franke L. / Herter L. / Potpara M. / Scharfenberg Ph. / Silbe K. / Wellensiek T: *BIM-Ratgeber für Bauunternehmer – Grundlagen, Potentiale, Erste Schritte*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co KG, Köln 2017, Silbe K./Diaz J. (Hrsg.)
- [5] Baldwin M.: *Der BIM-Manager, Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement*, Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.), Beuth Verlag GmbH, Berlin-Wien-Zürich 2018
- [6] Bammer M.: *Technische Begriffe für Juristen – Leistungsverzeichnis („LV“)*, Praktikerbeitrag in der Zeitschrift für Recht des Bauwesens, Ausgabe 2012/02
- [7] BuildingSMART Germany e.V.: *BIM-Knowhow – Standards*
<https://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards>, Zugriff am 19.10.2019 um 20:50 Uhr
- [8] BuildingSMART International: *IFC Specification Database – IFC4 Documentation*,
https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/, Zugriff am 24.03.2020 um 21:15 Uhr
- [9] Bormann A. / König M. / Koch Ch. / Beetz J.: *Building Information Modelling*. Bormann A. et al. (Hrsg.), Springer Fachmedien Verlag, Wiesbaden 2015
- [10] Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend – Sektion 3/Abteilung 5+11: *Die Bauausschreibung – Leitfaden für die Anwendung der StLB*, 3. Auflage, Mai 2013
- [11] Duden: *Bedeutung Mobilität*
<https://www.duden.de/rechtschreibung/mobil>, Zugriff am 09.07.2019 um 20:05 Uhr
- [12] Egger M. / Hausknecht K. / Liebich T. / Przybylo J.: *BIM-Leitfaden für Deutschland, Endbericht*, Forschungsprogramm ZukunftBAU (Hrsg.) im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung sowie des Bundesamts für Bauwesen und Raumentwicklung, 2013
- [13] Eichler Ch.: *BIM Leitfaden – Struktur und Funktion*, Mironde Verlag, 2016

- [14] Eichler Ch.: „*Digitalisierung der Bauplanung*“ in: Goger G. / Winkler L (Hrsg.): *Ta- gungsband – Kolloquium „Zukunftsfragen des Baubetriebs“ und Enquete der Plattform 4.0*, TU-MV Media Verlag GmbH, Wien
- [15] Freund J. / Rücker B. / Henninger Th.: *Praxishandbuch BPMN*, München/Wien, Carl Henser Verlag, 2010
- [16] Freund J. / Rücker B.: *Praxishandbuch BPMN*, Berlin, Carl Henser Verlag, 2017
- [17] Fröch G. / Gasteiger A. / Gasteiger T. / Rosenberger R.: *Building Information Mo- deling*, Wirtschaftskammer Österreich / Geschäftsstelle Bau (Hrsg.) Wien, Juni 2016
- [18] Goger G. / Reismann W.: *Roadmap Digitalisierung vom Planen, Bauen und Be- treiben in Österreich*, Wien, TU Media Verlag, April 2018
- [19] Goger G. / Ilg M. / Christalon H.: „*Strategien für eine radikale Digitalisierung von AVVA-Prozessen*“, erschienen in *BauAktuell*, Juli 2019
- [20] Goger G. / Piskernik M. / Urban H.: *Studie: Potentiale der Digitalisierung im Bau- wesen*, Technische Universität Wien / Institut für interdisziplinäres Bauprozess- management / Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, im Auf- trag des BM für Verkehr, Innovation und Technologie und der Wirtschaftskammer Österreich / Geschäftsstelle Bau, Wien, Stand 1.12.2017
- [21] Hacker D. / Sedlmair M.: *BIM-basierte Ausschreibung, Bericht – Advanced Topics in Building Information Modelling*, Arbeit am Lehrstuhl für computergestützte Mo- dellierung und Simulation sowie für Architekturinformatik, Technische Universität München, 2018
- [22] Harder A.: *Einführung in die Prozessdarstellung mit BPMN*, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2011
- [23] Hausknecht K. / Liebich Th.: *BIM-Kompendium, Building Information Modeling als neue Planungsmethode*, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2016
- [24] Hermann E.-M. / Westphal T. (Hrsg.): *BIM Building Information Modeling – Ma- nagement Band 2, Digitale Planungswerkzeuge in der interdisziplinären Anwen- dung*, München, Detail-Verlag, Dezember 2017
- [25] Horner Ch.: *BIM kompakt – Teilmodelle verstehen und nutzen*, Austrian Stan- dards Plus GmbH, 1. Auflage 2018
- [26] Leimböck E. / Klaus U. R. / Höckermann O.: *Baukalkulation und Projektcontrolling unter Berücksichtigung der KLR Bau und der VOB*, 12. Auflager, Vieweg+Teub- ner Verlag, 2011
- [27] Mettendorf F.: *BAP BIM Ausführungsplan, Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha*, FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH, Stand 23.07.2018 (Revision 06)
- [28] Mettendorff F. / Fuchs A.: *BIM@WORK ASFINAG – Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha, Erfahrungsbericht, Stand 10.01.2019*, Präsentationsfolien
- [29] Mettendorff F. / Piskernik M.: *Erfahrungsbericht + Feedback an AG Autobahn- meisterei Bruck an der Leitha*, Stand 16.07.2019, Präsentationsfolien

- [30] Mettendorff F.: *Antw: DA Stumpauer - Bauteiltypen*[E-Mail], mettendorff@fcp.at, 24.03.2020
- [31] Mettendorff F.: *Antw: Diplomarbeit ABM Bruck/Leitha* [E-Mail], mettendorff@fcp.at, 13.01.2020
- [32] Mettendorff F. (BIM-Gesamtkoordinator ASFINAG-Pilotprojekt): *Persönliches Gespräch (22.07.2019, 09:00 bis 11:00 MEZ+1, Büro FCP Wien)*
- [33] Mettendorff F. (BIM-Gesamtkoordinator ASFINAG-Pilotprojekt): *Persönliches Gespräch (16.08.2019, 08:00 bis 09:00 MEZ+1, Büro FCP Wien)*
- [34] o.V. *Abrechnungsmappe November 2018, ASFINAG Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha, FCP*
- [35] o.V. *Abrechnungsmappe Jänner 2019, ASFINAG Autobahnmeisterei Bruck an der Leitha, FCP*
- [36] o.V. Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort: *Leistungsbeschreibung Hochbau Leistungsgruppe (LG) 07 – Beton- und Stahlbetonabreiten, Version 021, 2018-12-31*
- [37] o.V. *Richtlinie – BIM in der Praxis – AIA*, Österreichische Bautechnik Vereinigung (Hrsg.), Wien, Juni 2019
- [38] o.V. *iTWO für AVA, Planung, Kostenmanagement – Modellbasierte Projektsteuerung*, RIB Software SE, Stuttgart
- [39] o.V. *iTWO CPI-Modell und Mengenabfragen in RIB iTWO*, RIB Software SE (Hrsg.), Stuttgart Jänner 2018
- [40] o.V. *iTWO Ausstattung Benutzerhandbuch*, RIB Software SE (Hrsg.), Stuttgart 2018
- [41] o.V. *iTWO Ausstattung – Geometrie-Parameter Benutzerhandbuch*, RIB Software SE (Hrsg.), Stuttgart 2018
- [42] o.V. *iTWO BIM Qualifier Benutzerhandbuch*, RIB Software SE (Hrsg.), Stuttgart 2018
- [43] o.V. *iTWO Controlling Benutzerhandbuch*, RIB Software SE (Hrsg.), Stuttgart 2018
- [44] o.V. *RIB Geschäftsbericht 2017*, Veröffentlicht von RIB Software SE, Vaihingerstraße 151, 10567 Stuttgart, Deutschland
- [45] Oberndorfer W. J. / Jodl H. G.: *Handwörterbuch der Bauwirtschaft: interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens*, Austrian Standard Institut (Hrsg.), Wien, 2010
- [46] ÖNORM A 2063: *Austausch von Leistungsbeschreibungs-, Elementkatalogs-, Ausschreibungs-, Angebots-, Auftrags-, und Abrechnungsdaten in elektronischer Form*, Ausgabe 2015-07-15
- [47] ÖNORM A 6241-2: *Digitale Bauwerksdokumentation, Teil 2: Building Information Modeling (BIM)- Level3-iBIM*, Ausgabe 2015-07-01

- [48] ÖNORM B 2110: *Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*, Ausgabe 2013-03-15
- [49] ÖNORM B 2211: *Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonarbeiten -Werkvertragsnorm*, Ausgabe 2009-06-01
- [50] ÖNORM ISO 16739: *Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement*, Ausgabe 2017-05-01
- [51] Pilling A.: *BIM – Das digitale Miteinander, Planen, Bauen und Betreiben in neuen Dimensionen*, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.), Beuth Verlag GmbH, 3. Auflage 2019
- [52] Piskernik M.: *Modul 3: Modellauswertung Teil 1*, 25.10.2019, Präsentationsfolien im Rahmen der BIM-Zert, TU Wien
- [53] Rambacher M. et al.: *Bim im Hochbau – Technisches Positionspapier*, Arbeitsgruppe Hochbau im Arbeitskreis digitalisiertes Bauen im hauptverband der deutschen Bauindustrie e.V. (Hrsg.), Berlin 2019
- [54] RIB: *Lösungen – CAD Integration im Hoch-, Straßen- und Tiefbau*
<https://www.rib-software.com/loesungen/cad-integration/>
Zugriff am 22.07.2019 um 11:30 Uhr
- [55] Schöwer R.: *Das Baustellenhandbuch für Aufmaß und Mengenermittlung*, 5. Auflage, Forum Verlag Herkert GmbH, 2017
- [56] Schreyer M.: *BIM – Einstieg kompakt für Bauunternehmer – BIM-Methoden in der Bauausführung*, Beuth Verlag GmbH, Jakob Przybylo (Hrsg.), Berlin 2016
- [57] Stempkowski R. / Waldauer E. / Huber Ch. / Rosenberger R.: *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen Band 1 – Grundlagen*, Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.), 3. Auflage, Wien 2018
- [58] Stempkowski Rainer / Waldauer Evelin / Huber Christoph / Rosenberger Robert: *Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen Band 3 – Örtliche Bauaufsicht*, Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.), 3. Auflage, Wien 2018

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Zusammenführung von Fachmodellen im Koordinierungsmodell [23, S. 132].....	11
Abb. 2.2: Dimensionen von BIM [4, S. 23].....	12
Abb. 2.3: BIM-Anwendungskombinationen [4, S. 25].....	14
Abb. 2.4: BIM-Anwendungskombinationen [52, S. 14].....	15
Abb. 2.5: Unterscheidung der Mengenansätze [39, S. 25]	18
Abb. 2.6: Dreistufiges BIM-Instanzensystem nach Baier [4, S. 52].....	25
Abb. 2.7: Auszug aus einer Abrechnungsmappe des Pilotprojektes - Mengentabelle [34].....	28
Abb. 2.8: Auszug aus einer Abrechnungsmappe des Pilotprojektes – Grafische Darstellung der Mengen [34].....	28
Abb. 2.9: Schnitt durch das Abrechnungsmodell in Autodesk Revit	31

Abb. 3.1: Modellintegration in iTWO [54].....	33
Abb. 3.2: Einordnung des BIM-Qualifiers im iTWO-Gesamtprozess [52, S. 17].....	34
Abb. 3.3: Überschneidung eines Fundamentsockels mit der Fahrbahnplatte im Modell.....	35
Abb. 3.4: Ergebnis der ersten Qualitätsprüfung der Pilotprojekt-Modelldaten.....	36
Abb. 3.5: Desktop des BIM Qualifiers mit Hervorhebung der Korrekturoptionen	37
Abb. 3.6: Darstellung der Überlappung mit dem eingeblendeten umgebenden Referenzobjekt	38
Abb. 3.7: Überlappende Öffnungsobjekte	38
Abb. 3.8: Modellqualität nach Verbesserung.....	39
Abb. 3.9: Anzahl der Objekte ohne Bauteiltyp.....	40
Abb. 3.10: Zusammenhang der Prozessschritte Ausstattung und Bemusterung [40, S.22]	42
Abb. 3.11: Beispiel für eine geteilte Position, entsprechend LB-H 21 [36, S. 8]	43
Abb. 3.12: Beispiel für eine QTO-Formel mit Bezeichnung der Komponenten [40, S. 44]	44
Abb. 3.13: Elemente der Unterleistungsgruppe 01, Untersicht.....	49
Abb. 3.14: Elemente der Unterleistungsgruppe 02	50
Abb. 3.15: Hervorhebung der problematischen Wandelemente	51
Abb. 3.16: Aufteilung des Wandobjektes auf verschiedene Leistungspositionen.....	51
Abb. 3.17: Geteiltes Wandobjekt	52
Abb. 3.18: Deckenscheiben mit ihren Durchbrüchen	53
Abb. 3.19: Attribute für Wände [53, S. 18].....	56
Abb. 4.1: Kategorisierung der BPMN-Kernelemente [15, S. 21]	60
Abb. 4.2: Darstellung unterschiedlicher Startereventstypen	61
Abb. 4.3: Darstellung unterschiedlicher Zwischenereignistypen.....	61
Abb. 4.4: Darstellung unterschiedlicher Endereignistypen.....	62
Abb. 4.5: Gateways.....	62
Abb. 4.6: BPMB-Framework [16, S. 21]	64
Abb. 4.7: Vereinfachte Darstellung des konventionellen Abrechnungsworkflows, nach [29, S. 61]	65
Abb. 4.8: Vereinfachte Darstellung des BIM-Abrechnungsworkflows, nach [29, S. 61]	66
Abb. 4.9: Darstellung der Eingangs- und Ausgangsgrößen, sowie die Prozessabgrenzung der modellbasierten Abrechnungsmengenermittlung	69
Abb. 4.10: Grafische Darstellung des Workflows mit der Methodik ‚Revit-händisch‘	75
Abb. 4.11: Auszug aus einer Abrechnungsmappe [35, S. 4]	77
Abb. 4.12: Grafische Darstellung des Workflows unter Verwendung von RIB iTWO	80
Abb. 4.13: Eine Möglichkeit der Integration der örtlichen Bauaufsicht in den Prozess „Revit-händisch“	86

6.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Vergleich der QTO-Formulierungen bei unterschiedlicher Abrechnungsmethodik	54
Tab. 3.2: Darstellung der relativen mittleren Abweichung zwischen den Methoden	55
Tab. 4.1: Gegenüberstellung der verwendeten Softwaretools je Aufgabe in den Workflows.....	82

A. Anhang

A.1 Tabellarische Aufstellung der Ergebnisse zu Kapitel 3.4.4

Massengegegenüberstellung									
Positionennummer	Positionstext	Menge		Abweichung?	Absolut	Menge		Relativ von Werkvertrag	
		Netto	Werkvertrag			Werkvertrag	Stk		
0102070102A	Sauberkeitsschicht C12/15	46,205 m³	46,205 m³			46,205 m³			
0102070105H	Beton Fundament C25/30 ü 0,5m³	51,192 m³	51,192 m³			51,192 m³			
0102070105S	Schalung Fundament	29,575 m²	29,575 m²			29,575 m²			
0102070107E	Beton Fundamentplatte C25/30 bis 30cm	114,857 m³	114,857 m³			114,857 m³			
0102070107S	Schalung Fundamentplatte	21,125 m²	21,125 m²			21,125 m²			
0102070148A	Öffnungen Fund./Bodenkonstruktion b 0,1m²	0,000 Stk	0,000 Stk			0,000 Stk			
0102070148B	Öffnungen Fund./Bodenkonstruktion ü 0,1m² -0,5m²	0,000 Stk	0,000 Stk			0,000 Stk			
0102070201I	Beton Wand ü. 20-30cm C25/30 b,3,20m	31,775 m³	31,791 m³	Ja	0,016 m³	31,791 m³		0,05 %	
0102070201S	Schalung bis 3,20m	249,728 m²	250,208 m²	Ja	0,48 m²	250,208 m²		0,19 %	
0102070203D	Beton Wand b 20cm C25/30 ü3,20m bis 4m	25,118 m³	25,247 m³	Ja	0,129 m³	25,247 m³		0,51 %	
0102070203E	Beton Wand ü. 20-30cm C25/30 ü3,20m bis 4m	9,261 m³	9,261 m³			9,261 m³			
0102070203S	Schalung ü 3,2m bis 4m	356,194 m²	360,301 m²	Ja	4,107 m²	360,301 m²		1,14 %	
0102070215C	Beton Stützen b 0,05m² C25/30 ü 3,2m bis 4m	0,000 m³	0,000 m³			0,000 m³			
0102070215D	Beton Stützen ü 0,05m² C25/30 ü 3,2m bis 4m	7,250 m³	7,250 m³			7,250 m³			
0102070215N	Beton Stützen rechteckig ü 3,20m bis 4m	63,856 m²	63,856 m²			63,856 m²			
0102070219D	Beton Balk/Rost ü. 20cm C25/30 ü.3.2m: 4m	11,561 m³	11,561 m³			11,561 m³			
0102070219S	Schalung Beton Balk/Rost ü.3.2m: 4m	116,555 m²	116,555 m²			116,555 m²			
0102070234C	Beton f. Wandsockel C25/30	0,575 m³	0,575 m³			0,575 m³			
0102070234S	Schalung f. Wandsockel	4,600 m²	4,600 m²			4,600 m²			
0102070248A	Öffnungen Wand/Balken b.0,1m2	4,000 Stk	4,000 Stk			4,000 Stk			
0102070248B	Öffnungen Wand/Balken ü.0,1-0,5m2	2,000 Stk	2,000 Stk			2,000 Stk			
0102070248C	Schlitzte Wand/Balken b.0,05m2	0,000 Stk	0,000 Stk			0,000 Stk			
0102070302C	Beton C25/30 D/Kragpl.b.25cm ü.3.2m: 4m	235,375 m³	235,832 m³	Ja	0,457 m³	235,832 m³		0,19 %	
0102070302S	Schalung D/Kragpl. Untersicht ü.3.2m: 4m	945,517 m²	947,149 m²	Ja	1,632 m²	947,149 m²		0,17 %	
0102070302T	Schalung D/Kragpl.Roste ü.3.2m: 3,4	57,002 m²	57,002 m²			57,002 m²			
0102070319C	Beton Platte Aufzugsschacht C25/30 b.25cm	1,155 m³	1,155 m³			1,155 m³			
0102070319S	Schalung Platte Aufzugsschacht	4,620 m²	4,620 m²			4,620 m²			
0102070348A	Öffnungen Decken/Stiegen b.0,1m2	14,000 Stk	14,000 Stk			14,000 Stk			
0102070348B	Öffnungen Decken/Stiegen ü.0,1-0,5m2	11,000 Stk	11,000 Stk			11,000 Stk			

A.2 QTO-Formeln

Im Folgenden sind die verwendeten QTO-Formeln tabellarisch dargestellt. Es wird jeweils eine Tabelle für die Positionen der Fundamente (ULG 01), eine für die Positionen der Wände/Brüstungen/Unterzüge/Stützen (ULG 02) und eine für die Positionen der Decken (ULG 03) dargestellt. Es werden je Position der Titel der Auswahlgruppe, die Positionsnummer, der Titel der Position, sowie jeweils die QTO-Formel für die Ermittlung nach der Netto-Methode und die Formeln für die Berücksichtigung der normativen Abrechnungsregeln dargestellt. Dabei wird die Netto-Methode als Berechnungstyp „1“ abgekürzt, die Berechnung nach Werkvertragsnormen als Typ „2“.

Fundamente		Position	Bezeichnung	Berechnungstyp	Mengenabfrage
Auswahlgruppe					
070102A_Sauberkeitsschicht	0102070102A	Sauberkeitsschicht C12/15		1	QTO(Typ:="Volumen")
				2	QTO(Typ:="Volumen")
070105H-S_Beton Fundament u0,5m3	0102070105H	Beton Fundament C25/30 ü.0,5m3: gem. Plan		1	QTO(Typ:="Volumen")
				2	QTO(Typ:="Volumen")
070105H-S_Beton Fundament u0,5m3	0102070105S	Schalung Fundament		1	QTO(Typ:="Mantelfläche")
				2	QTO(Typ:="Mantelfläche")
070107E+S_Beton Fundamentplatte b 30cm	0102070107E	Beton Fundamentplatte C25/30 b.30cm		1	QTO(Typ:="Volumen"; Bauteil:="HöheOptOBB <(0,30[m])")
				2	QTO(Typ:="Volumen"; Bauteil:="HöheOptOBB <(0,30[m])")
070107E+S_Beton Fundamentplatte b 30cm	0102070107S	Schalung Fundamentplatte		1	QTO(Typ:="Mantelfläche"; Bauteil:="HöheOptOBB <(0,30[m])")
				2	QTO(Typ:="Mantelfläche"; Bauteil:="HöheOptOBB <(0,30[m])")
070107E+S_Beton Fundamentplatte b 30cm	0102070148A	Öfnungen Fund/Bodenk.b.0,1m2		1	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="Bauteiltyp =='Slab'; Bauteiltyp =='Opening' "; SubBauteil:="Attribut(cplOpeningMaxFaceArea) <=0,100")
				2	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="Bauteiltyp =='Slab'; Bauteiltyp =='Opening' "; SubBauteil:="Attribut(cplOpeningMaxFaceArea) <=0,100")
070107E+S_Beton Fundamentplatte b 30cm	0102070148B	Öfnungen Fund/Bodenk.ü.0,1-0,5m2		1	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="Bauteiltyp =='Slab'; Bauteiltyp =='Opening' "; SubBauteil:="Attribut(cplOpeningMaxFaceArea) <=0,500 und Attribut(cplOpeningMaxFaceArea) >0,100")
				2	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="Bauteiltyp =='Slab'; Bauteiltyp =='Opening' "; SubBauteil:="Attribut(cplOpeningMaxFaceArea) <=0,500 und Attribut(cplOpeningMaxFaceArea) >0,100")

Decken		Position	Bezeichnung	Berechnungstyp	Mengenabfrage
Auswahlgruppe	070302C+S_BetonDecke b25cm ü3,20	0102070302C	Beton C25/30 D/Kragpl. b. 25cm ü. 3.2m: 4m	1	QTO(Typ:="Volumen") QTO(Typ:="Volumen"; Norm:="Brutto"; Bauteil:="BauteilTyp == Slab")-QTO(Typ:="Volumen"; Bauteil:="BauteilTyp == Opening"; Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) >=0,500")
	070302C+S_BetonDecke b25cm ü3,20	0102070302S	Schalung D/Kragpl. Untersicht ü. 3.2m: 4m	1	QTO(Typ:="Bodenfläche") QTO(Typ:="Bodenfläche"; Norm:="Brutto"; Bauteil:="BauteilTyp == Slab");QTO(Typ:="FlächeMax"; Bauteil:="BauteilTyp == Opening"; Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) >=0,500")
070302C+S_BetonDecke b25cm ü3,20	0102070302T	Schalung D/Kragpl. Roste ü. 3.2m: 3,4	1	QTO(Typ:="Mantelfläche")+QTO(Typ:="Mantelfläche"; Bauteil:="BauteilTyp == Opening"; Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) >=0,500")	
			2	QTO(Typ:="Mantelfläche")+QTO(Typ:="Mantelfläche"; Bauteil:="BauteilTyp == Opening"; Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) >=0,500")	
070319C+S_Platte Aufzugschacht	0102070319C	Beton Platte Aufzugschacht C25/30 b. 25cm	1	QTO(Typ:="Volumen")	
			2	QTO(Typ:="Volumen")	
070319C+S_Platte Aufzugschacht	0102070319S	Schalung Platte Aufzugschacht	1	QTO(Typ:="Bodenfläche")+QTO(Typ:="FlächeSeitenflächen")	
			2	QTO(Typ:="Bodenfläche")+QTO(Typ:="FlächeSeitenflächen")	
070302C+S_BetonDecke b25cm ü3,20	0102070348A	Öfnungen Decken/Stiegen b.0,1m2	1	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="BauteilTyp == Slab"; BauteilTyp == Opening"; SubBauteil:="Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea)<=(0,100 [m2])")	
			2	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="BauteilTyp == Slab"; BauteilTyp == Opening"; SubBauteil:="Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea)<=(0,100 [m2])")	
070302C+S_BetonDecke b25cm ü3,20	0102070348B	Öfnungen Decken/Stiegen ü.0,1-0,5m2	1	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="BauteilTyp == Slab"; BauteilTyp == Opening"; SubBauteil:="Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) <=0,500 und Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) > 0,100")	
			2	QTO(Typ:="Stückzahl"; Bauteil:="BauteilTyp == Slab"; BauteilTyp == Opening"; SubBauteil:="Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) <=0,500 und Attribut(cpiOpeningMaxFaceArea) > 0,100")	