



Technische Universität München  
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt  
Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation  
Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

# Analyse des Datenaustausches zwischen dem Modellierungs- und AVA-Prozess auf Basis von Building Information Modeling

**Verena Hölzlwimmer**

Bachelor's Thesis

im Studiengang Bauingenieurwesen  
zur Erlangung des akademischen Grads eines  
Bachelor of Science (B. Sc.)

Autor: Verena Hölzlwimmer  
Matrikelnummer: 3637126  
Betreuer: Cornelius Preidel  
Ausgabedatum: 12.05.2015  
Abgabedatum: 16.09.2015

## I ABSTRACT

As a consequence of continuing technical developments, the proceedings of the building industry are going through a fundamental change. It is due to this fact that construction planning has been digitalized almost completely throughout the last decades. With the help of computer based planning instruments and building information modelling (*BIM*), a method which has become quite well known, it has been possible to decrease working time and effort as well as costs.

Open formats for the exchange of data play a major role in this, as they enable a complex and extensive solution that is accessible for everyone. Also the integration of processes of announcement, contracting and accounting into the *BIM*-method is of growing importance in order to be able to optimize the construction progress in terms of expense budgeting and sequence of operation.

In the thesis at hand the *BIM*-method is defined clearly and its introduction in Germany is outlined concisely. Afterwards the *AVA*-processes and the legal background shall be explained. A foundation for further analysis is created by the following presentation of the possible ways of realizations of the *AVA*-processes concerning the *BIM*-method.

Subsequently a data analysis explains the reasons for the avoidance of open interfaces when dealing with the transfer of *BIM*-data to *AVA*-software solutions.

In conclusion the theoretical results will be put into practice to make them even clearer.

## II KURZZUSAMMENFASSUNG

Die Prozesse der Baubranche unterliegen aufgrund der technischen Weiterentwicklung einem grundlegenden Wandel. In den letzten Jahrzehnten verlagerte sich somit die Bauplanung fast vollständig in die digitale Bearbeitung. Mithilfe von computergestützten Planungsinstrumenten und durch die immer bekannter werdende Arbeitsmethode Building Information Modeling (*BIM*) ist es möglich, wesentliche Ersparnisse hinsichtlich Zeit, Kosten und Arbeitsaufwand zu erzielen.

Hierbei stehen offene Datenaustauschformate im Mittelpunkt, da somit eine komplexe, vollständige und für jedermann zugängliche Gesamtlösung geschaffen werden kann. Um den Bauablauf hinsichtlich Kostenkalkulation und Arbeitsabläufen zu optimieren, rückt die Einführung der Prozesse der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (*AVA*) in die *BIM*-Methode immer mehr in den Mittelpunkt.

In der vorliegenden Arbeit wird die Arbeitsmethode *BIM* klar definiert, sowie deren Einbindung in Deutschland kurz dargestellt. Daraufhin werden die *AVA*-Prozesse, sowie die rechtlichen Hintergründe speziell in Deutschland erläutert. Mit der Vorstellung von Arbeitsmethoden zur Umsetzung der *AVA*-Prozesse hinsichtlich der *BIM*-Methode wird die Grundlage für die weiteren Untersuchungen geschaffen.

Durch eine Datenanalyse wird anschließend geklärt, weshalb die Übergabe der *BIM*-Daten an *AVA*-Softwarelösungen nicht auf offene Schnittstellen zurückgegriffen wird.

Abschließend verdeutlicht eine praktische Umsetzung diese Erkenntnisse.

## III INHALTSVERZEICHNIS

I Abstract .....	2
II Kurzzusammenfassung .....	3
III Inhaltsverzeichnis .....	4
1. Einleitung .....	5
1.1. Motivation .....	5
1.2. Ausgangspunkt .....	5
1.3. Ziel der Arbeit .....	6
1.4. Vorgehen .....	6
2. Building Information Modeling – BIM .....	8
2.1. Begriffsdefinition .....	8
2.2. BIM – Einführung in Deutschland .....	8
2.3. Der BIM - Prozess .....	9
2.4. Chancen und Risiken .....	11
3. AVA Prozess Im Bauwesen .....	13
3.1. Ausschreibung - Vergabe - Abrechnung .....	13
3.2. Rechtliche Hintergründe .....	15
3.3. State of The Art .....	17
3.3.1. Entwicklung zur computergestützten AVA .....	17
3.3.2. Unterschiedliche Philosophien verschiedener Software-Lösungen .....	18
4. Datenaustauschformate für 5D BIM .....	22
4.1. Industry Foundation Classes .....	22
4.2. Construction Process Integration .....	23
5. Datenauswertungen .....	24
5.1. IFC und CPI allgemein .....	24
5.2. Datenimport - CPI und IFC im Vergleich .....	35
6. Zusammenfassung .....	43
A Abkürzungsverzeichnis .....	44
C Literaturverzeichnis .....	45
D Abbildungsverzeichnis .....	47

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. MOTIVATION

Im Bereich der Bauplanung erlebt die Baubranche aufgrund des technischen Fortschritts eine rasante Entwicklung vom Zeichenbrett bis hin zur computergestützten Gebäudemodellierung. Als Grundlage der Digitalisierung dienen sogenannte *Computer Aided Design*<sup>1</sup>-Programme, deren Ursprung 1963 in der Entwicklung eines Sketchpad-Programms von Ivan Sutherland liegt. 1980 wurden diese zum ersten Mal im Bereich der Architektur verwendet. In diesen Anfangsstadien sah man die Software grundsätzlich noch als Unterstützung und Vereinfachung der reinen Zeichentätigkeit, wohingegen heute mithilfe von digitalen Gebäudemodellen viele weitere Bereiche der Bauplanung abgedeckt werden können (Hemmerling, et al., 2010 S. 14 f.). In nur rund 40 Jahren wurden die Möglichkeiten der Planung so um ein Vielfaches erweitert und der Prozess des Bauentwurfs vereinfacht.

Im Rahmen des *Building Information Modeling (BIM)* können Informationen unter anderem aus der Statik, der Gebäudetechnik oder aber auch aus Programmen zur Verwirklichung von Prozessen der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung<sup>2</sup> in einem Model zusammengeführt werden, welches allen Projektbeteiligten zur Verfügung steht und welches als Grundlage für alle weiteren Bauausführungen dient. Aufgrund der Komplexität des Bauprojekts entstehen im Digitalen, sowie in der realen Ausführung viele Schnittstellen, über die ein reibungsloser Datenaustausch möglich sein soll. Jedoch stellt die Kommunikation zwischen den verschiedenen Programmen auch heute noch eine Schwachstelle dar, was nicht zuletzt auch der Vielfalt der eingesetzten Software geschuldet ist. Der Informationsgehalt eines digitalen Gebäudemodells trägt einen wesentlichen Anteil zur Qualität der Bauplanung bei und daher liegt es nahe, im Hinblick auf die Standardisierung der Bauprozesse und der Einführung von *BIM* auch ein Augenmerk auf bestehende Schnittstellen und den hier entstehenden Arbeitsaufwand zu legen.

## 1.2. AUSGANGSPUNKT

Die ersten *CAD*-Programme, die im Bauwesen Anwendung fanden, beschränkten sich auf die zwei-dimensionale Abbildung von Grundrissen, Plänen und Schnitten. Diese zeichenorientierte Arbeitsweise ermöglicht es zwar, im Vergleich zum Zeichenbrett, schneller die geforderten Baupläne zu erhalten. Dennoch lassen sich noch viele Fehlerquellen finden, wie zum Beispiel Inkonsistenzen zwischen den einzelnen

---

<sup>1</sup> kurz: CAD

<sup>2</sup> kurz: AVA

Grundrissen, da eine ganzheitliche Betrachtung fehlt. Durch die Beschreibung der Bauteile über die X-, Y- und Z-Koordinaten lassen sich in der weiteren Entwicklung bereits einfache dreidimensionale Objekte erstellen, welche jedoch nur rein geometrische Informationen widerspiegeln (Hemmerling, et al., 2010).

Ein weiterer Entwicklungsschritt erfolgte mit der Einführung von drei-dimensionalen *Computer Aided Architectural Design*, kurz *CAAD*, Systemen, welche objektorientiert arbeiten. Im Vordergrund steht hier nicht mehr die Erstellung einzelner Zeichnungen, sondern die Anfertigung eines Gebäudemodells. Hierzu dienen vordefinierte Bauteile, wie zum Beispiel Wände, Stützen oder Decken, denen zusätzlich auch nichtgrafische Eigenschaften wie Materialität hinzugefügt werden können. Ein wesentliches Problem stellt jedoch die Weitergabe der Gebäudedaten an weiterführende Software dar. Viele Informationen gehen deswegen verloren, weil der Austausch nicht auf digitaler Basis erfolgen kann. Aus diesem Grund wird in den letzten Jahren *BIM* immer aktueller. Hier soll ein ganzheitliches Gebäudemodell entstehen, welches sämtliche im Bauprozess notwendigen Informationen zusammenführt und für jeden Beteiligten frei zu Verfügung steht (Donath, 2008).

Insbesondere die Weiterverarbeitung der Daten aus dem *BIM*-Gebäudemodell in *AVA*-Programmen wurde an diese Neuerungen noch nicht ausreichend angepasst, bzw. erforscht. Hier müssen viele Informationen, die bereits in der *CAD*-Software teilweise automatisch erzeugt wurden, manuell neu erstellt werden. Dies steigert den Arbeitsaufwand erheblich, die Produktivität sinkt. Hinzu kommt die Fehleranfälligkeit dieser neu eingegebenen Daten (Borrmann, et al., 2015).

### **1.3. ZIEL DER ARBEIT**

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, am Beispiel eines in Nemetschek Allplan erstellten Modells, den Datenaustausch zwischen dem Modellierungs- und *AVA*-Prozess zu analysieren. Anhand von genaueren Untersuchungen soll herausgefunden werden, welche Informationen für die Weiterbearbeitung in *AVA*-Programmen notwendig sind. Anschließend soll die spezifische Datenübergabe dargestellt werden und ein Vergleich zum Austausch über die offene Schnittstelle gezogen werden.

### **1.4. VORGEHEN**

Zunächst soll die *BIM*-Methode im Allgemeinen genauer beschrieben werden, um den Begriff einheitlich zu definieren und um dessen Bedeutung klar zu stellen. Im Anbetracht der neuen Erkenntnisse wird die Relevanz der Zusammenführung von *BIM*-Daten mit den Prozessen der *AVA* deutlich. Um die Einbindung des *BIM* Gebäudemodells in *AVA*-Programme nachzuvollziehen, soll zuerst der Ausschreibungs-, Vergabe- und

Abrechnungsvorgang erläutert werden. Hier fällt der Schwerpunkt überwiegend auf die AVA-Prozesse in Deutschland. In diesem Zusammenhang werden auch rechtliche Hintergründe geklärt. Es wird deutlich, dass der Einbezug von computergestützten AVA-Lösungen wesentliche Vorteile für die Prozessabwicklung bringt. Um einen umfassenden Überblick über vorhandene Methoden zu erhalten, werden zwei prägnante Software-Lösungen vorgestellt, in welchen eine Einbindung der Gebäudedaten aus der *BIM*-Methode bereits Anwendung findet.

Diese Übergabe erfolgt jedoch nicht über die offenen Standards zum Datenaustausch. Die folgenden Untersuchungen sollen den Grund dafür klären. Hierzu sollen die Exportdateien der Standarddateien und der verwendeten Formate genauer betrachtet werden. Es wird deren Aufbau, Inhalt und Art der Beschreibung der Bauteile miteinander verglichen. Im darauffolgenden Schritt erfolgt die Anwendung in der Praxis. Hier soll der Informationsbruch durch die Datenübergabe anhand konkreter Zahlen verdeutlicht werden.

## 2. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

In vielen deutschen Büros rückt der Begriff *BIM* immer mehr in den Mittelpunkt, doch nicht jeder versteht zwangsläufig dasselbe darunter. Aus diesem Grund soll *BIM* zuerst allgemein abgegrenzt werden, um anschließend den Prozess, sowie Chancen und Risiken zu erläutern.

### 2.1. BEGRIFFSDEFINITION

Eine konkrete Festlegung des Begriffs liefert der Fachausschuss des National Institute for Building Science (NBIS), das National Building Information Model Standard Project Committee (*NBIMS*). Dieser klärt in den Vereinigten Staaten Fragen im Bereich *BIM* und Standardisierung und formuliert folgende Begriffsdefinition (NBIMS, 2015):

„Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.“

Building Information Modeling, kurz *BIM*, bedeutet also eine Zusammenführung aller projektrelevanten Kennwerte in eine zentrale Datenbank, das *BIM*-Modell, auf das alle Projektbeteiligten Zugriff erhalten. Dadurch kann der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes von der ersten Planung über den Neubau und Betrieb bis hin zum Rückbau, dargestellt und visualisiert werden (NBIMS, 2015).

Im *BIM*-Kompendium von Allplan wird der Begriff *BIM* darüber hinaus mit einer integrativen Arbeitsweise zur Modellierung eines digitalen Abbilds eines Gebäudes in Verbindung gebracht (Niedermaier, et al., 2014).

Auch Fridrich (2014) und Muzvimwe (2011) beschreiben *BIM* als eine Arbeitsmethode und nicht als neuartige Software. Diese neue Denkweise kann jedoch nur durch die Weiterentwicklung relevanter Software und Technologien überhaupt erst umgesetzt werden.

### 2.2. BIM – EINFÜHRUNG IN DEUTSCHLAND

Im Vergleich zum Ausland befindet sich die *BIM*-Methode in Deutschland noch im Anfangsstadium der Einführung (Schoch, 2015). Nur Wenige nutzen bereits die Vorteile der Softwarevernetzung. Building Information Modeling erlangt hierzulande dennoch große Aufmerksamkeit und soll immer mehr in deutschen Büros Anwendung finden. Schoch (2015) vertritt jedoch die Meinung, dass zur sicheren Einführung verbindliche Richtlinien benötigt werden, auf die man sich im Bauprozess stützen kann.



Solche Rahmenbedingungen fordern auch die Autoren des „BIM-Leitfaden für Deutschland“. Dieser Leitfaden ist „ein Ratgeber für alle Interessenten der BIM-Methode in Deutschland und [...] ist demnach eine unverbindliche Empfehlung“ (Egger, et al., 2013).

Als Vorbild sollen Richtlinien dienen, die in außereuropäischen oder europäischen Ländern erstellt wurden. Sie stellen eine „konkrete Hilfestellung bei der Erstellung, Nutzung und dem Austausch der Bauwerksmodelle“ dar. (Egger, et al., 2013)

„In jüngerer Zeit konnten aber verstärkt Aktivitäten in dieser Richtung verzeichnet werden. [...] Die jüngsten Entwicklungen lassen eine umfassende Einführung von BIM in Deutschland für die nahe Zukunft erwarten.“ (Borrmann, et al., 2015) Dies würde es vielen Büros erleichtern, sich in die *BIM*-Thematik einzuarbeiten und die großen Vorteile daraus zu schöpfen.

### 2.3. DER BIM - PROZESS

Durch die neue Arbeitsweise *BIM* wird, wie in Abschnitt 2.1 bereits erläutert, ein einheitliches Modell eines Gebäudes erstellt. Dieses Abbild besteht aus Objekten, denen bestimmte Informationen angeheftet werden, um die projektrelevanten Kennwerte zur Planung, Ausführung und Nutzung zusammenzutragen. Nicht zwingend müssen diese Objekte geometrischer Natur sein. Im Modellierungsprozess werden so auch Räume oder Bauwerksstrukturen definiert, nach denen die verschiedenen Teilzeichnungen hierarchisch angeordnet werden und die den stockwerksgetreuen Aufbau eines Gebäudes widerspiegeln. Die Gruppe der geometrischen Objekte bilden drei-dimensionale Bauteile wie zum Beispiel Wände, Decken oder Elemente aus der Haustechnik. Zur Erstellung der Bauteile wird das entsprechende Objekt aus vorgefertigten Bibliotheken ausgewählt und durch das Einfügen in das Gebäudemodell automatisch mit den entsprechenden Attributen wie Geometrie oder Materialität belegt. Diese Eigenschaften können jederzeit manuell für einzelne Elemente, als auch für alle Repräsentanten des Objekttyps geändert werden (Niedermaier, et al., 2014).

Die Bibliotheken enthalten sogenannte Klassen, in denen die unterschiedlichen Bauteile mithilfe von Attributen wie Geometrie, Material oder Wechselwirkungen zu anderen Elementen abstrakt beschrieben sind. Die Attribute spiegeln die Eigenschaften der Bauteile wieder und dienen zur besseren Vorstellung als Platzhalter für spätere Wertebelegungen. Durch die Zuweisung von Informationen beim Erstellen eines Elements entsteht eine konkrete Ausprägung der Klasse, ein Bauteil (Borrmann, 2012 S. 34).

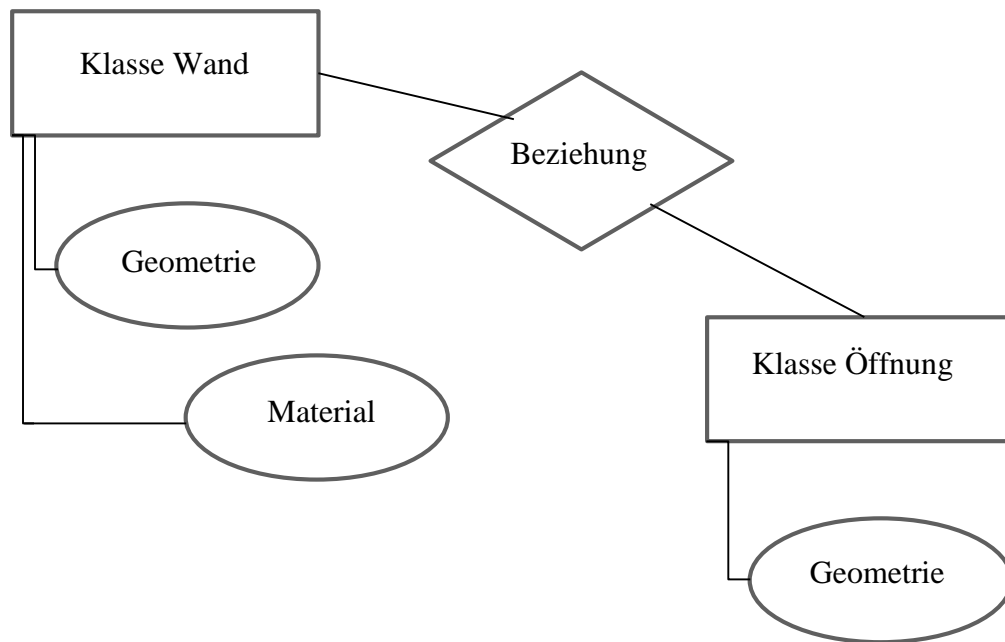


Abbildung 1: Bauteilbeschreibung in BIM-Bibliotheken

Diese Methode bezeichnet Hemmerling (2010) „als objektorientierte Arbeitsweise, da über die grafisch-geometrischen Informationen hinaus auch nichtgrafische Informationen mit einbezogen werden.“

Aus dieser Arbeitsmethodik heraus entsteht ein Datenmodell mit geometrischen und alphanumerischen Kennwerten, welches allen Beteiligten über Schnittstellen zur Verfügung steht und in welchem alle Änderungen und Erweiterungen aus weiterführenden Teilbereichen der Bauplanung, wie zum Beispiel aus der Statik oder der Technischen Gebäudeausrüstung, gespeichert werden können. Die Objekte werden hierbei durch spezifische Attribute wie der Druckfestigkeit oder Durchbiegungen (Statik) erweitert (Niedermaier, et al., 2014).

Allein durch die große Anzahl der Prozessbeteiligten entstehen hierbei viele Schnittstellen, über die ein reibungsloser Datentransfer ohne Informationsbrüche möglich sein soll. Da die eingesetzten Software-Lösungen aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche gewöhnlich von unterschiedlichen Herstellern stammen, stellt der Informationsaustausch noch immer eine Schwachstelle der einzelnen Prozesse dar, da auf diesem Wege viele, bereits eingegebene Informationen verloren gehen, welche dann erneut digitalisiert werden müssen (Borrmann, 2012).

Um dieser Fehleranfälligkeit zu entgegnen, wurde ein offenes, herstellerneutrales Datenschema geschaffen, welches den Informationsaustausch zwischen Produkten verschiedener Hersteller problemlos und vollständig ermöglichen soll. So basiert das „BIM-Modell auf einem offene[n] Dateiformat, das nach einem genau vordefinierten Standard aus vorgegebenen Elementen mit einheitlicher Struktur aufgebaut ist: IFC, die

Industry Foundation Classes“ (Niedermaier, et al., 2014). Die oben genannten Bauteilkataloge richten sich demnach in ihrem Aufbau nach diesen gegliederten Vorlagen und können somit in verschiedene Software-Lösungen übertragen werden, welche dieses offene Dateiformat unterstützen.

Im Bereich der *AVA* entstanden durch die effiziente Einbindung der Gebäudedaten multidimensionale Modellierungen, wie zum Beispiel das 5-dimensionale *BIM*. Dies beinhaltet die drei-dimensionale, objektorientierte Planung inklusive den Faktoren Zeit und Kosten. Dadurch ist es möglich, den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes nachzubilden und ganzheitliche Kostenkalkulationen, Bauablaufpläne u.v.m. zu generieren (Muzvimwe, 2011).

## 2.4. CHANCEN UND RISIKEN

Der Druck auf die Baubranche, Kosten zu reduzieren, schneller und sicherer zu bauen oder komplexere Systeme umzusetzen, wurde in den letzten Jahren durch den größer werdenden Wettbewerb und der steigenden Globalisierung immer stärker. Mit der Anwendung von *BIM* ist es möglich, diesen Forderungen entgegen zu kommen (Eastman, 2011).

Nachfolgend wird dargelegt, welche Vor- aber auch Nachteile eine *BIM*-Implementierung mit sich bringt.

Ein wesentlicher Vorteil, der sich aus der Nutzung der *BIM*-Technologie ergibt, ist zum einen die Erstellung einer Gesamtlösung. Es arbeiten also alle Projektbeteiligten an einem zentralen Modell und die erstellten Daten können konsequent weiter genutzt. Dadurch wird die Effizienz der Bauplanung gesteigert und Kosten sowie Zeit können eingespart werden. Zum anderen entsteht ein in sich konsistentes Modell, aus dem jederzeit alle Pläne abgeleitet werden können. Dieses reduziert die Anzahl der Baumängel um Einiges, da bei einem zwei-dimensionalen Bauentwurf Inkonsistenzen oft erst während der Ausführung deutlich werden. Änderungen am Modell werden automatisch auf alle weiteren Anwendungen übertragen. So wird die Gefahr von verloren gegangenen Daten beim Austausch minimiert und die Planungssicherheit erhöht. Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, dass zu jedem Zeitpunkt der Planung Mengen- und Kostenermittlungen aus dem Modell gewonnen werden können. Somit ist der Planungs- und Ausführungsprozess übersichtlicher und genauer kalkulierbar, da man bereits in den frühen Planungsstadien Fehler oder Probleme erkennen kann (Eastman, 2011).

Natürlich entstehen bei einer Einführung neuer Arbeitsweisen auch gewisse Nachteile, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. So kostet der große Einarbeitungsaufwand, der dadurch entsteht, Zeit und Personal (Eastman, 2011).

Speziell in Deutschland fehlt vielen Fachkräften ein umfassendes Wissen über *BIM*, um die Arbeitsmethode im vollen Umfang umsetzen zu können. Eine weitere „Gefahr“ ergibt sich für Deutschland, indem sich Leistung und Honorierung nicht mehr abdecken. Dies liegt daran, dass sich der Grad der Vorplanung erhöht und somit nicht mehr mit den Leistungsphasen der *HOAI* übereinstimmt (Schoch, 2015).

Zusammenfassend beinhaltet die Methode des Building Information Modeling einen neuen Denkansatz in der Bauplanung, weg vom Arbeiten in Teilbereichen hin zur Planung in einem dynamischen Gebäudemodell (Muzvimwe, 2011). Dadurch werden Inkonsistenzen zwischen den einzelnen Planungsschritten minimiert und die Produktivität erheblich gesteigert. Durch mehrdimensionale Modellierungen entstehen neue Arten der Gebäudesimulation und –präsentation. Offene Dateiformate erweitern die Interoperabilität zwischen verschiedenen Anwendern und so erlebt das Bauwesen die gewünschte Produktivitätssteigerung, Kostenminimierung und Planungssicherheit (Eastman, 2011).

Um die Einbindung der 3D-Daten in *AVA*-Prozessen nachvollziehen zu können, soll vorerst der Prozess der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung in Deutschland genauer beleuchtet werden.

### 3. AVA PROZESS IM BAUWESEN

#### 3.1. AUSSCHREIBUNG - VERGABE - ABRECHNUNG

Der Teilprozess AVA setzt im Bauwesen bei einem fortgeschrittenen Planungsniveau des jeweiligen Projekts ein und erstreckt sich über den gesamten Fertigungsablauf bis hin zur Abnahme des Gebäudes, wie in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

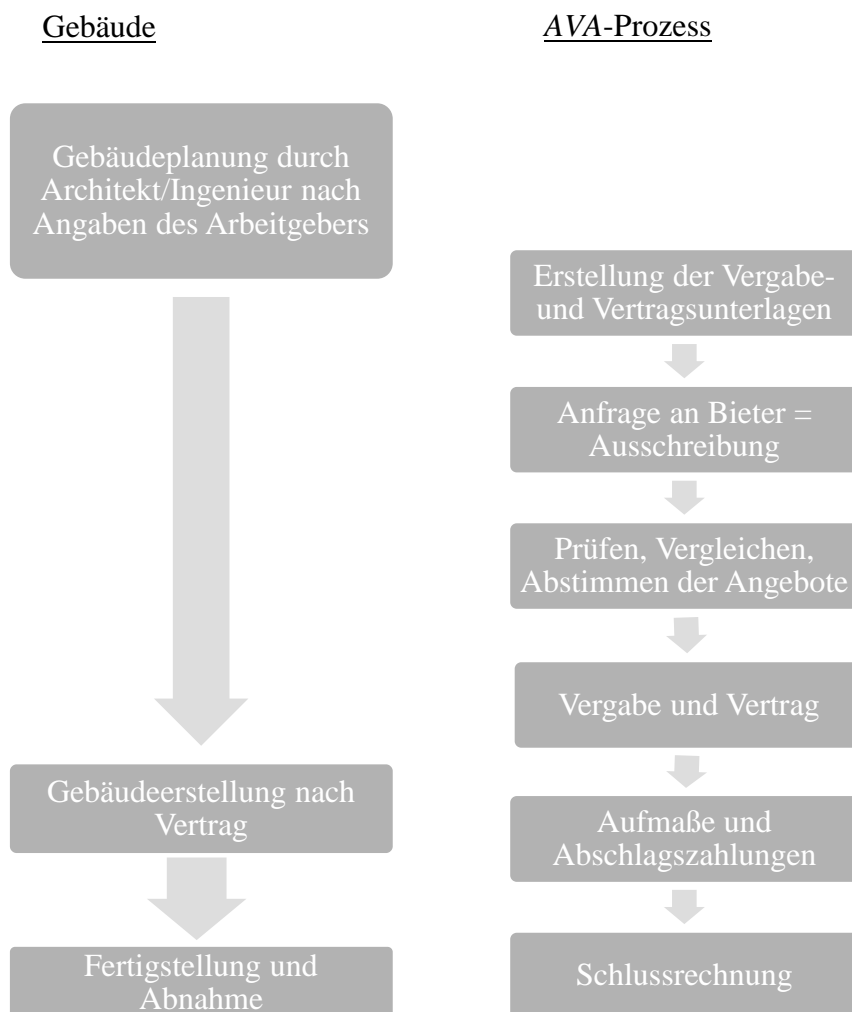


Abbildung 2: parallele Abläufe im Bauwesen

Im Anschluss an die Ausführungsplanung der Architekten oder Ingenieure kann mit der Bauausführung begonnen werden kann. Da jedoch Architektur- oder Ingenieurbüros meist keine ausführende Tätigkeiten anbieten, soll dieser Bereich oft an Bauunternehmen fremdvergeben und vom planenden Architekt bzw. Ingenieur begleitet werden.

Dazu werden die zu erbringenden Leistungen und Erwartungen auf Grundlage der vorhandenen Planung an potentielle Kunden in Form von Vergabe- und Vertragsunterlagen weitergegeben (Rösel, et al., 2014). „Man bezeichnet dieses Verfahren zur Erlangung von Angeboten als Ausschreibung.“ (Rösel, et al., 2014)

Die Vergabe- und Vertragsunterlagen sollen darüber informieren, was Gegenstand des Angebots sein soll und bilden die Grundlage für den späteren Vertrag. Somit erschließt es sich, dass sämtliche baurelevanten Randbedingungen, zum Beispiel durch eine korrekte Leistungsbeschreibung<sup>3</sup>, geregelt sein müssen. Hier werden die geforderten Leistungen genau beschrieben und mit den benötigten Mengen versehen. Die dazu benötigten Kennwerte können aus den vorhandenen Planungsunterlagen entnommen werden. Um unabsehbare Risiken zu vermeiden, wurden in der *VOB* verbindliche Hinweise erstellt, welche Angaben zu den zu beschreibenden Leistungen beinhalten (Rösel, et al., 2014).

Ein Ausschnitt aus der *VOB* – Teil C zeigt, dass diese Hinweise die geforderten Beschreibungen jedoch nur oberflächlich abdecken.

## „0.2 Angaben zur Ausführung

**0.2.1** Vorhergesehene Arbeitsabschnitte, Arbeitsunterbrechungen und Arbeitsbeschränkungen nach Art, Ort und Zeit sowie Abhängigkeit von Leistungen anderer.“ (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2012)

Diese wenig detaillierten Hinweise bergen die Gefahr, lange und missverständliche Texte zu entwerfen. Um dies zu umgehen, wurde das „Standardleistungsbuch-Bau – *StLB-Bau* Dynamische Baudaten“ entworfen. Mit dieser Art Datenbank ist es möglich, durch vordefinierte Textbausteine klare und stimmige Leistungsbeschreibungen zu entwerfen, die den Regelungen der *VOB* entsprechen (*STLB-Bau*, 2013).

In der *HOAI* – Anlage 10 werden unter anderem die Leistungsphasen zur Mitwirkung bei der Vergabe beschrieben. Hier werden die Schritte zwischen Ausschreibung und Vertrag, also der Vergabe, besonders deutlich. Nach Erhalt der Angebote sollen diese geprüft, verglichen und eventuell preislich abgestimmt werden. Anschließend wird der Auftrag erteilt (*HOAI*, 2013).

Nach Abschluss des Vertrags beginnt der Bau des Objektes. Hier ist es wichtig, begleitend Aufmaße zu nehmen und diese in Abrechnungszeichnungen einzutragen (Rösel, et al., 2014).

Die Aufmaße spiegeln den Ist-Zustand des Gebäudes wieder und sollten optimaler Weise mit den zuvor ermittelten Maßen und Mengen übereinstimmen. Da ein Bauwerk jedoch nicht serienförmig hergestellt wird, kann davon nicht immer ausgegangen werden.

---

<sup>3</sup> für weitere Bestandteile der Vergabe- und Vertragsunterlagen vgl. *VOB/B* §1

Auf Grundlage des Vertrags und der Aufmaße erfolgt die Abrechnung. Der Arbeitnehmer stellt in regelmäßigen Abständen Abschlagsrechnungen und eine Schlussrechnung bei Fertigstellung des Bauwerks. Nach Prüfung der Rechnungen durch den Arbeitgeber, bzw. den planenden Architekten oder Ingenieur, erfolgt die Zahlung (Rösel, et al., 2014).

### 3.2. RECHTLICHE HINTERGRÜNDE

Der Prozess der *AVA* ist in Deutschland durch Gesetze und Verordnungen geregelt, damit eine sachgemäße und korrekte Vergabe und Abrechnung stattfinden kann. Allgemein sind die rechtlichen Bedingungen überwiegend im *BGB* und in der *VOB* festgesetzt.

Bei Vergabe der Bauleistung entsteht laut *BGB* ein Werkvertrag zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer. Dieser besteht bei der Herstellung eines Werkes oder der Herbeiführung eines Erfolges. Bauverträge werden grundsätzlich als Werkverträge festgelegt (Köhler, 2014).

Da Bauverträge jedoch über einen längeren Zeitraum gültig sind und das beschriebene hergestellte Werk viel komplexer ist als im *BGB* vorgesehen (Köhler, 2014), wurde die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, kurz *VOB*, eingeführt. Ihre Einhaltung ist keine rechtliche Verpflichtung, sie sollte dem Abkommen jedoch zugrunde liegen. Falls die dreiteilige Vertragsordnung Bestandteil des Vertrages ist, so gelten bei öffentlichen Bauherren alle drei Teile, bei privaten meist nur Teil B und C. Andernfalls greift das *BGB* (Rösel, et al., 2014).

Die *VOB* ist in folgende Teile gegliedert:

„*VOB* Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, Fassung 2012.

*VOB* Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, Fassung 2012.

*VOB* Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (*ATV*). Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art, DIN 18299 – Ausgabe 2012-09“ (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2012)

Weiter zu nennen ist der Inhalt der *VOB* – Teil C, oder auch *ATV*. Sie führt unter anderem Hinweise zur Aufstellung von Leistungsbeschreibungen, Angaben und Normen zu den gebräuchlichsten Stoffen und Bauteilen, sowie Richtlinien zur Mengenverrechnung und zum Aufmaß auf. Hier wird unter anderem geregelt, bis zu welcher Größe Öffnungen berücksichtigt werden müssen (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2012).

Folgende Grafik veranschaulicht die Geltungsbereiche der Teile der *VOB* innerhalb des *AVA* – Prozesses.

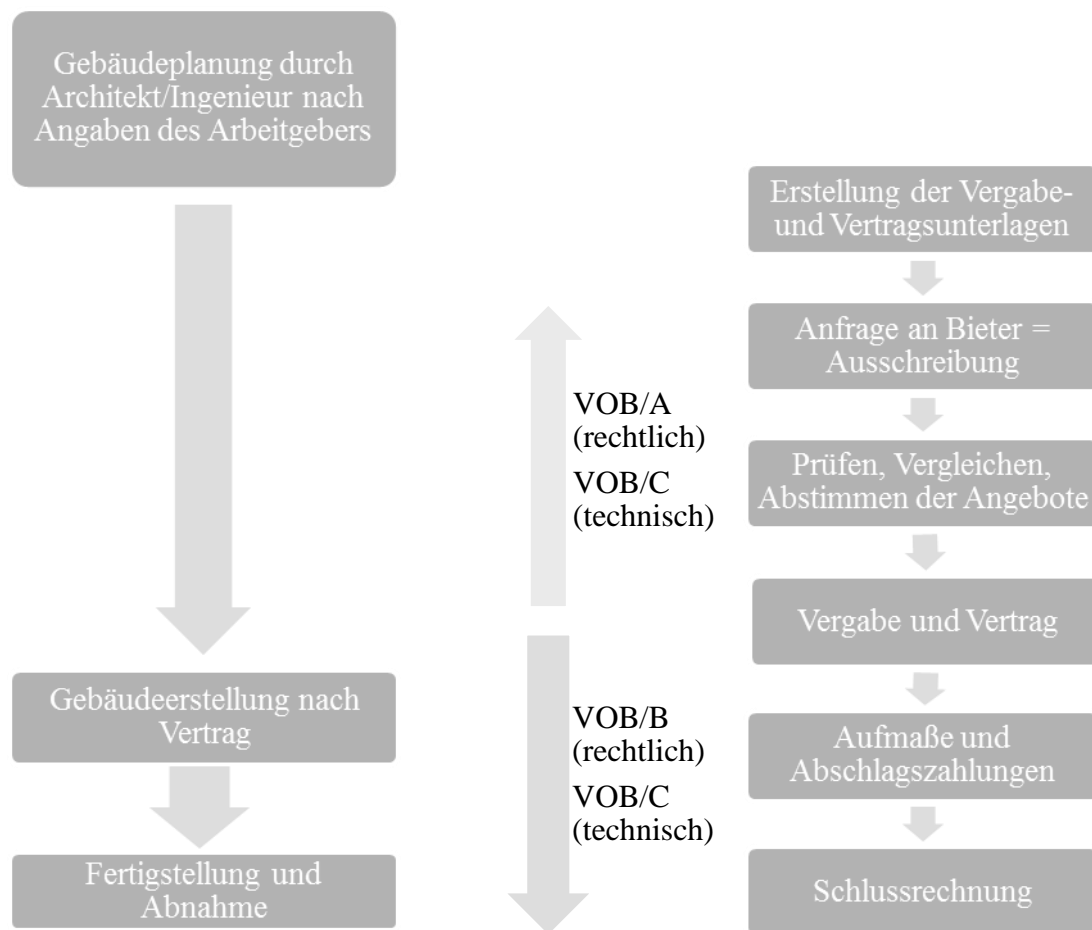


Abbildung 3: Wirkungsfelder der VOB

Durch die Benutzung von elektronischen Datenverarbeitungssystemen bei der Bauabrechnung entstehen neue Anwendungsfelder, die ebenfalls entsprechend geregelt werden müssen. Hier finden unter anderem die *REB*, die Regelungen für die elektronische Bauabrechnung, Anwendung. Sie klären die Fragestellung, wie zum Beispiel „eine Mengenermittlung erzeugt werden [muss], dass sie jeder ‚digital bearbeiten‘ kann.“ (Veenhuis, 2014) Hierzu enthalten die *REB*-Verfahrensbeschreibungen Regelungen für den digitalen Austausch von Mengenermittlungen, um diesen zu vereinheitlichen und zu standardisieren. Außerdem beinhaltet die „*REB*-Verfahrensbeschreibung 23.003“ eine Formelsammlung aus 26 Formeln, anhand derer die Mengenermittlung für Flächen und Rauminhalte erfolgt. Die Baukörper werden so durch möglichst einfache Figuren zusammengesetzt und beschrieben und die Massenberechnung kann immer dem gleichen Schema durch Anwendung der Formeln erfolgen (Veenhuis, 2014).

Zum Austausch von Leistungsverzeichnissen wurden die *GAEB*-Beschreibungen ins Leben gerufen. *GAEB* steht für „Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen“ und beschreibt den elektronischen Datenaustausch, sowie den Ausschuss, welcher Leistungsbeschreibungen nach *VOB* erstellt und somit eine gemeinsame Sprache



entwickelt (Veenhuis, 2015). Das bereits oben genannte *StLB-Bau* ist unter anderem Teil der Arbeit der *GAEB* (Rösel, et al., 2014).

Aufgrund der wachsenden Digitalisierung entwickelte der TÜV-SÜD das Zertifikat „Softwarefunktionalität“. Speziell für die *AVA*-Prozesse im Bauwesen werden somit die grafische Mengenermittlung und die korrekte Berechnung nach *VOB* verschiedener *CAD*-Programme nach Standards wie der ISO/EC 12119 geprüft. Nur die Software-Lösung Allplan der Firma Nemetschek erhielt bislang in der Baubranche dieses Zertifikat (Sternheimer, 2014).

### 3.3. STATE OF THE ART

#### 3.3.1. Entwicklung zur computergestützten *AVA*

Ebenso wie die Entwicklung *BIM*-fähiger *CAD*-Programme unterliegt die Art der Ausführung von *AVA*-Prozessen einem rasanten Wandel. Mit der Einführung von Personal Computer haben sich viele Bereiche der *AVA* von der händischen Bearbeitung ins Digitale verlegt. Dadurch fanden Textverarbeitungssysteme oder Tabellenkalkulationsprogramme immer mehr Anwendung. Ende der achtziger Jahre kamen dann die ersten *AVA*-Programme auf den Markt und wurden bis heute zu Projektmanagement-Systemen erweitert. Grundlegende Normen wie die *VOB* bilden die Basis für solche Software-Lösungen (Rösel, et al., 2014).

Die Einführung der computergestützten *AVA* hat die Fehleranfälligkeit, die häufig bei der Mengenermittlung aufgetreten ist, grundlegend reduziert. Durch die digitale Einbindung der *StLB-Bau* oder durch Baudaten verschiedener Hersteller wird die Leistungsbeschreibung deutlich vereinfacht und beschleunigt (Rösel, et al., 2014). Solche Baudaten stammen von Herstellern wie *sirAdos* oder *Heinze* und beinhalten Ausschreibungstexte mit aktuellen Baupreisen zur Ausschreibung und verlässlichen Kalkulationsanteilen (*sirAdos*, 2015). Des Weiteren ist es ohne Probleme möglich, Soll-/Ist-Übersichten, Raumbücher oder Kostenkalkulationen schnell und detailgetreu zu erstellen (Rösel, et al., 2014).

Mit der parallelen Entwicklung zum Building Information Modeling entstand der Anspruch, die 3D-Daten aus *BIM* in *AVA*-Prozesse zu integrieren. So entwickelte sich zum Beispiel das so genannte *5D-BIM*. Hier werden die drei-dimensionalen Gebäudedaten mit Materialien, Personal oder Maschinen durch Leistungsbeschreibungen erweitert und daraus Kostenkalkulationen abgeleitet. Mit der Einbeziehung der Zeit ist es unter anderem möglich, Bauablaufpläne modellbasiert zu erstellen und die Ressourcen übersichtlich zu verwalten. Änderungen im *BIM*-Modell können aufgrund der

eindeutigen ID-Zuweisung der Bauteile in den AVA-Prozessen jederzeit aktualisiert werden (RIB, 2015).

Wie bereits in **Abbildung 2** dargestellt, basiert die AVA auf vorangegangenen Planungen. Somit ist es für die Prozesse notwendig, das 3-dimensionale *BIM*-Modell in die 5D-*BIM*-fähigen Programme zu importieren. Vor allem die Geometrie der Bauteile, die Bauteiltypen, das Material und bestimmte Bauteilparameter dienen als Ausgangslage für die AVA (RIB, 2015). Inwieweit diese dann von der Software weiterverwendet werden variiert von Hersteller zu Hersteller.

Ein Mittelmaß bilden Programme, die die Mengenermittlungen direkt aus dem importierten *CAD*-Modell abgreifen. Die Ausstattungen der Bauteile mit Baustoffen, Personal oder Maschinen erfolgt dann in den Leistungsbeschreibungen mithilfe von grafischen Benutzeroberflächen in der AVA-Softwarelösung (Rösel, et al., 2014).

Besonders hinsichtlich der Mengenermittlungen sollen im nächsten Schritt zwei unterschiedliche Vorgehensweisen erläutert werden.

### 3.3.2. Unterschiedliche Philosophien verschiedener Software-Lösungen

Während die Mengenbeziehung aus dem *BIM*-Modell und die darauffolgende Ausstattung ein integriertes Planen ermöglicht, haben sich aufgrund der Vielzahl von Software-Anbietern in diesem Bereich zwei Extreme herausgebildet. Zum einen ist hier das herstellerinterne Verfahren „DesignToCost“ zu nennen, zum anderen die Weiterverarbeitung durch das 5D-*BIM*-fähige AVA-Programm RIBiTWO. Beide unterscheiden sich im Wesentlichen in der Art der Mengenermittlung und der Ausstattung.

Zuerst erfolgt die Modellierung des Bauwerks in einem *BIM*-fähigen *CAD*-Programm. Unter Berücksichtigung der im fünften Kapitel folgenden Untersuchungen wird hier als Beispiel Nemetschek Allplan herangezogen. Das Grundprinzip bleibt jedoch für jeden Hersteller gleich.

Wie aus Kapitel 2.4. zu entnehmen ist, werden bei der Erstellung von Objekten diese automatisch sinnvoll mit Attributen belegt und können manuell geändert werden. Bei Allplan 2015 erfolgt dies hauptsächlich über die Materialwahl in den DEMO Baugruppen(*BCM*). Diese Daten bilden die Basic-Gruppe der *IBD* und werden unterteilt in Erdarbeiten, Rohbau, Ausbau und Technische Anlagen. Unter diesen Übergruppen ist dann die Art des Bauobjektes zu wählen, also entweder Wände, Decken etc., und anschließend das verwendete Material, wie zum Beispiel „Stahlbeton“ oder „Mauerwerk“. Anschließend wird dann eine weitere Unterspezifikation vorgenommen. Bei Verwendung des Materials Stahlbeton stehen hier zum Beispiel „Beton“ oder „Wandschalung“ zur Verfügung. Diesen Materialien sind Mengenformeln nach *REB* zur

VOB-konformen Mengenermittlung, Abrechnungseinheiten, Materialkennwerte nach VOB - Teil C und ein dynamischer Einheitspreis hinterlegt. Eine genauere, baustoffspezifischere Festlegung (zum Beispiel die Betonart) ist mit Allplan 2015 jedoch nicht möglich.

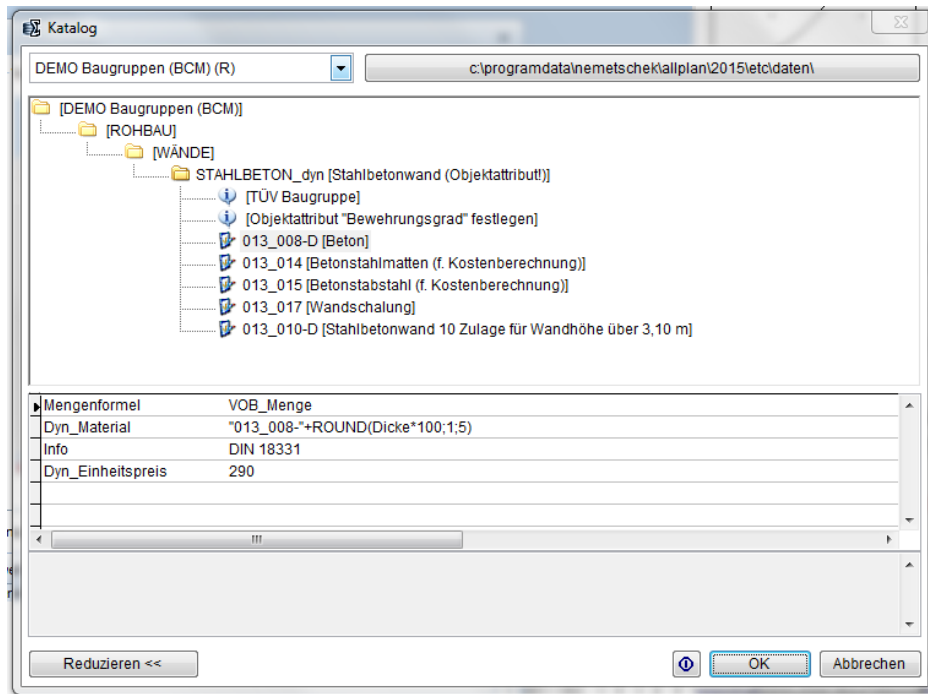


Abbildung 4: DEMO Baugruppen in Allplan 2015

Dank der Assistenten in Allplan, in denen gängige Bauteile wie zum Beispiel mehrschalige Wände bereits vorliegen, erfolgt die Attributbelegung voll automatisch und ohne Mehraufwand bei der Modellierung. Der Ausbau der Räume, also die Festlegung individueller Fußbodenaufbauten oder Wandbeläge, erfolgt mit der Funktion der Raumerzeugung. Somit können zu jedem Zeitpunkt der Planung Auswertungen, sogenannte Reports, erstellt werden, die unter anderem Mengenermittlungen geordnet nach Materialien, Wohnflächenlisten oder Gewerkelisten enthalten.

Das Prinzip dieser Attributvorbelegung ist bei beiden Verfahren identisch. Die Lösung „DesignToCost“ von Nemetschek Allplan, die das Zusammenspiel des CAD-Programms Allplan, den IBD Planungsdaten und dem Projektmanagement-System NEVARIS beschreibt, bezieht jedoch nicht nur die IBD Basic-Daten, sondern den gesamten Bauteilkatalog, wie zum Beispiel „IBD Planungsdaten Hochbau“, mit ein. Hier kann zum Beispiel die genaue Art des verwendeten Mauerwerks festgelegt werden, wodurch das Modell bereits im Entwurf alle für die Ausschreibung notwendigen Informationen enthält. Ebenso sind zum Beispiel Leistungsspektrum und Preise sinnvoll hinterlegt. Mit der Übergabe dieser Daten an das BCM-Programm NEVARIS von Nemetschek können automatisch ohne manuelle Handhabung Positionen der Leistungsverzeichnisse erzeugt und fehlende Positionen ganz einfach ergänzt werden. Die Baukosten können so zu jedem

Planungsstand präzise ermittelt werden (Nevaris, 2015). Durch dynamische Verknüpfungen greifen die herstellerinternen Software-Lösungen optimal ineinander und die Mengenansätze können zur Nachvollziehbarkeit am Allplan-Modell visualisiert werden (Allplan, 2015). Dies wird durch eine objektorientierte Schnittstelle, der *NOI*, ermöglicht, die speziell von Nemetschek entwickelt wurde (von Both, 2007).

RIBiTWO behandelt die Daten aus dem Gebäude-Modell jedoch ganz anders. Zunächst wird im 5D-Projektmanagement-System ein *LV* manuell mit freien Texten oder vordefinierten Textbausteinen der *StLB-Bau* oder Baudaten von Herstellern wie sirAdos oder Heinze erstellt. Alternativ kann ein bestehendes Leistungsverzeichnis importiert werden. Über sogenannte 3D-CAD-iTWO-Plugins, wie zum Beispiel von Allplan 2015, können Bauteilinformationen qualitätsgesichert in das Ausstattungsdokument übergeben werden. Dies erfolgt über das *CPI* Austauschformat. Im 3D-Modell-Viewer erfolgt anschließend die Kontrolle, ob das Bauwerk korrekt übergeben wurde. Ist dies erfolgt, werden den jeweiligen Positionen des Leistungsverzeichnisses, die unter anderem Baustoffe und Leistungsspektren beschreiben, Formeln zur Mengenermittlung der jeweils betroffenen Bauteile nach *REB* zugeordnet. Hier kann zusätzlich die Berechnung nach *VOB* festgelegt werden. So wird zum Beispiel der Position „Beton für Geschosdecken“ des Gewerks Betonarbeiten die Mengenformel zur Volumenberechnung zugeordnet. In der anschließenden Bemusterung werden die zugehörigen Bauteile modellorientiert ausgewählt und manuell den entsprechenden Positionen des Leistungsverzeichnisses zugeordnet. Daraufhin startet das Programm die Mengenermittlung (RIB, 2015).

Die unterschiedlichen Vorgehensweisen sollen an einem konkreten Beispiel deutlicher gemacht werden. Erwünscht wird eine *LV*-Position des Gewerks Mauerarbeiten:

## „1. Mauerarbeiten

### 1.1 Tragende Aussenwände

#### 1.1.10 [...]

##### **Mauerwerk Außenwand HLzB SFK12 RDK1,6 D 30 cm**

Mauerwerk der Außenwand, Mauerziegel, DIN 105-100 oder nach Zulassung, HLzB, Festigkeitsklasse 12, Rohdichteklasse 1,6, Mauerwerksdicke 30 cm, Mauermörtel MG II a DIN V 18580, Höhe bis 2,75 m.

[Menge ME] 9,206 m<sup>2</sup>“ (Rösel, et al., 2014)

Bei der Arbeitsmethode DesignToCost werden mithilfe der Assistenten die entsprechenden Wände bereits im *CAD*-Modell mit den gewünschten Eigenschaften belegt. Es werden also tragende Wände mit einer Stärke von 30 cm gezeichnet und das entsprechende Material zugeordnet. Das Gewerk, Einheitspreis und Abrechnungsmenge

werden aufgrund des Aufbaus des *BCM* Bauteilkatalogs automatisch definiert und können auf Wunsch geändert werden. Ein Export in NEVARIS ermöglicht eine automatische *LV*-Erstellung. Bei RIBi TWO erfolgt diese Materialspezifikation nicht, da in den *BCM* Demobaugruppen nur der Überbegriff Mauerwerk, und keine Unterspezifikation wie Hochlochziegel Festigkeitsklasse 12 gegeben ist. Somit müssen den Bauteilen im *AVA*-Programm durch Ausstattung und Bemusterung die entsprechenden *LV*-Positionen mit Material- und Kostenangaben zugeordnet werden.

Im herstellerinternen Verfahren wird also durch die Integration der *IBD*-Planungsdaten die Ausstattung direkt im Modell vorgenommen und durch das Ineinandergreifen der Programme eine automatische *LV*-Erstellung, sowie Mengen- und Kostenberechnung ermöglicht. Die Mengenermittlung von Allplan ist TÜV-geprüft und garantiert somit eine *VOB*-konforme, korrekte Berechnung. Jedoch kann diese Koppelung nur mit Allplan, den *IBD*-Planungsdaten und NEVARIS erfolgen.

Das System von RIBi TWO verwendet nur das geometrische Abbild des Gebäudes. Die Ausstattung der Bauteile, also die Zuordnung von Preisen, Materialien, Stundenwerten und *LV*-Positionen zu den Bauteilen, erfolgt dann im *AVA*-Programm. Des Weiteren wird hier eine erneute Mengenermittlung durchgeführt, die jedoch nicht TÜV-zertifiziert wurde. Diese *AVA*-Lösung ist also herstellerunabhängig einzusetzen und kann mit den meisten *CAD*-Programmen kombiniert werden.

Beide *AVA*-Lösungen garantieren Fehlerminimierungen, Kosten- und Zeitersparnisse, sowie eine effizientere Projektabwicklung (Allplan, 2015; RIB, 2015).

Die herstellerinterne Systemlösung ermöglicht im Vergleich zur herstellerübergreifenden durch automatisierte *LV*-Erstellung und Massenermittlung wesentliche Arbeitersparnisse. Dennoch erfährt dieses System Grenzen, da ein Anbieter nie alle Softwarebereiche der Bauplanung abdecken kann (Rösel, et al., 2014). Für die nachfolgenden Untersuchungen betrachten wir deshalb den Datenaustausch aus *BIM* zwischen zwei unterschiedlichen Herstellern, in diesem Falle Nemetschek Allplan und RIBi TWO. Dieses erfolgt über sogenannte *CPI* Daten. In diesem Kontext soll auch der Datenaustausch über den offenen Standard *IFC* genauer erläutert werden.

## 4. DATENAUSTAUSCHFORMATE FÜR 5D BIM

### 4.1. INDUSTRY FOUNDATION CLASSES

Um die vielen herstellerabhängigen Schnittstellen, die durch den notwendigen Austausch mit unterschiedlichen Anwendersoftware-Lösungen bei der Arbeitsmethode *BIM* entstehen, und den damit verbundenen Datenverlust zu umgehen, wurde 1996 die *IAI* ins Leben gerufen. 2008 änderte die *IAI* ihren Namen zu *buildingSMART*. Sie verfolgt das Ziel, offene Standards als Interoperabilitätslösung für verschiedene Softwareanwendungen zu entwickeln. Somit entstanden die *IFC* als standardisierter Datenaustausch in Building Information Modeling (*buildingSMART*, 2014).

Die aktuelle Version stellt die *IFC4* dar. *IFC* stellt einen eigenen offiziellen ISO-Standard – ISO 16739:2013 dar (*buildingSMART*, 2014). Viele Hersteller unterstützen bisher jedoch nur die Version 2x3; zum Beispiel Allplan oder Autodesk. Dies gewährleistet, dass jede Anwendersoftware mit einer *IFC*-Schnittstelle die Datei lesen kann, da *IFC4* zwar bereits veröffentlicht wurde, jedoch noch nicht dem Praxisstandard entspricht (Niedermaier, et al., 2014).

Durch *IFC* können alle bauwerksspezifischen Informationen der objektorientierten Modellierung übergeben werden. Es können also sowohl geometrische, als auch nicht-grafische Parameter transferiert werden. Die Gliederung der Exportdaten basiert auf *STEP*, einer Vorgabe für den Aufbau von Daten nach der ISO 10303. Das verwendete Datenschema entspricht EXPRESS. Die Exportdatei mit der Endung „.ifc“, das sogenannte „STEP-File“, ist in der ISO 10303-21 festgelegt (Liebich, 2009). Der detaillierte Aufbau der *IFC*-Daten soll jedoch im fünften Kapitel genauer betrachtet werden.

Grundsätzlich müssen für den Austausch über *IFC* bestimmte Rahmenbedingungen bei der Modellierung beachtet werden. Wichtig ist, als Grundlage eine Bauwerksstruktur anzulegen, in der dann die Teilbilder der einzelnen Geschosse gespeichert werden. Des Weiteren werden nur 3D-Objekte, die über die jeweiligen Funktionen erstellt wurden, übergeben (Niedermaier, et al., 2014).

Speziell für unsere Untersuchungen des Datenaustausches in RIBiTwo ist festzustellen, dass die Übergabe der Modellinformationen durch *IFC* nicht qualitätsgesichert ist (RIB, 2015). Da *IFC* als offene Standardschnittstelle gelten soll, um den Datenaustausch zwischen den verschiedensten Software-Applikationen zu ermöglichen, stellt sich die Frage, ob *IFC* für den Datenaustausch in AVA-Programme geeignet ist, oder ob die, für die Mengenermittlung speziell in Deutschland notwendigen detaillierten Informationen die des *IFC* Standards übersteigen. Dies soll im 5. Kapitel genauer durchleuchtet werden.

## 4.2. CONSTRUCTION PROCESS INTEGRATION

Die RIB Software AG entwickelte mit iTWO eine 5D-BIM-fähige Software für das Projektmanagement von Bauwerken. Mit der Erweiterung der importierten dreidimensionalen Daten einer CAD-Software durch Kosten, sowie Zeit- und Vorgangskomponenten entsteht eine neue Technologie, die „Construction Process Integration“, kurz *CPI*. Wie der Name bereits verrät, werden hier Bauprozesse über die Lebensdauer eines Gebäudes hinweg zusammengeführt. Dies bezeichnet man auch als mehrdimensionales Bauprojektmanagement (RIB, 2015).

Nachfolgende Grafik verdeutlicht die Bauprozessintegration.

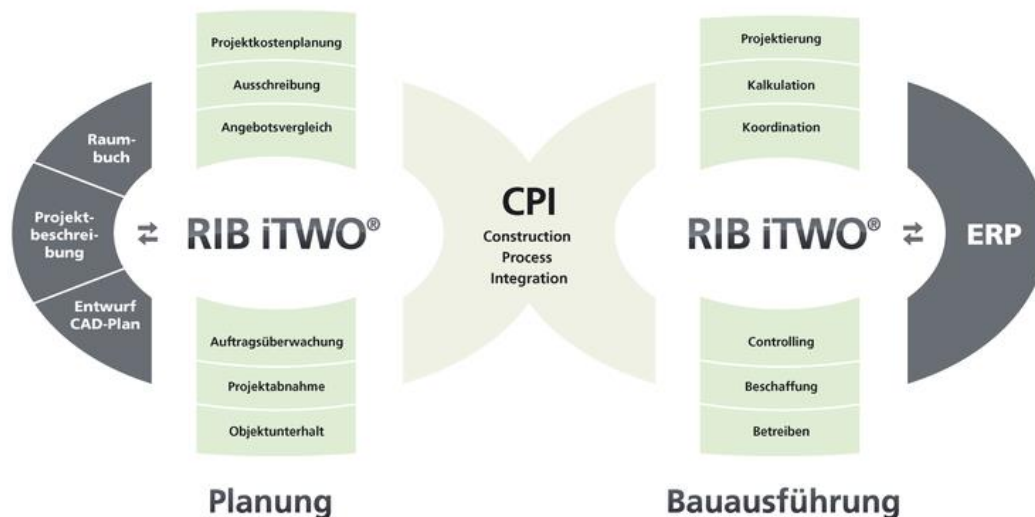


Abbildung 5: Construction Process Integration (RIB, 2015)

Der Import der hierfür benötigten Gebäudemolldaten aus den CAD-Programmen erfolgt durch sogenannte *CPI*-Daten über das Austauschformat *CPIxml*. Durch 3D-CAD-iTWO-Plugins wird eine qualitätsgesicherte und detaillierte Übergabe ermöglicht. Solche Plugins sind zum Beispiel für Allplan 2015 oder Autodesk Revit erhältlich. Die *CPI*-Daten enthalten Bauteile, Bauteiltypen, Material und Bauteilparameter (RIB, 2015).

Wie genau *CPIxml* aufgebaut ist, soll im Folgenden Kapitel geklärt werden. Ebenso soll festgestellt werden, inwieweit sich dieses Format vom Ursprungsformat *IFC* unterscheidet, und weshalb durch *IFC* kein qualitätsgesicherter Austausch in RIBiTWO möglich ist. Dies wird insbesondere unter dem Aspekt der Standardisierung des Datenaustausches interessant. Es stellt sich die Frage, warum Daten, die im *IFC*-Format aufgebaut sind (Bauteile im 3D-Modell), nicht auch durch dieses Format ausgetauscht werden. Die angestrebte Offenheit der Daten geht durch die herstellerepezifischen Plugins in iTWO verloren.

## 5. DATENAUSWERTUNGEN

### 5.1. IFC UND CPI ALLGEMEIN

Um die Unterschiede zwischen *CPIxml* und *IFC* auszumachen und eventuelle Rückschlüsse zu ziehen, soll zunächst das Datenformat *IFC* untersucht werden.

Wie bereits erwähnt, wird als Standardaustauschformat die Datei mit der Endung “.ifc“ erstellt. Dieses „STEP-File“ wird auch IFC-SPF genannt, kurz für STEP Physical File, und steht in den folgenden Untersuchungen im Mittelpunkt (buildingSMART, 2014). Die zusätzlichen Formate wie „ifcXML“ oder „ifcZIP“ werden vernachlässigt, da zum Beispiel „ifcXML“ speziell für Programme entwickelt wurde, die keine *IFC*-Schnittstelle enthalten (Niedermaier, et al., 2014). Da dies bei iTWO nicht der Fall ist, werden diese beiden Formate in den Hintergrund gestellt.

Um den Aufbau der *IFC*-Datei nach der ISO 10303-21 nachzuvollziehen, soll vorerst nur ein Bauteil übergeben werden. Hier wurde in Allplan eine Bauwerksstruktur erstellt, die die räumlichen Strukturebenen des Gebäudes nachbildet. Dies erfolgt in einer Baumstruktur, mit der ersten Strukturstufe „Neues Projekt“. Darunter wurde anschließend die Ebene „Gebäude“ implementiert, welche wiederum in Geschosse unterteilt wird. In diese Stufen können dann Teilbilder eingefügt werden, in denen Grundrisse oder ähnliches gezeichnet werden. Mithilfe der Assistenten wurde anschließend eine zweischalige Wand mit einer Dicke von 36 cm in der Strukturstufe Erdgeschoss erstellt. Die erste Schicht besteht aus Stahlbeton und ist 24 cm dick. Der zweiten, 12 cm dicken Schicht wurde das Material Wärmedämmung zugeordnet. Die Zuweisung von Material, Gewerk oder Abrechnungsart erfolgte automatisch, da markante Parameter bereits in den Bibliotheken vordefiniert wurden.

Bauwerksstruktur	Höhe unten	Höhe oben
Neues Projekt		
Gebäude	-	-
1		
2		
Kellergeschoss	-2.900	-0.400
11		
12		
Erdgeschoss	-0.200	2.300
21		
22		
1. Obergeschoss	2.500	5.000
2. Obergeschoss	5.200	7.700

Abbildung 6: Bauwerksstruktur in Allplan 2015



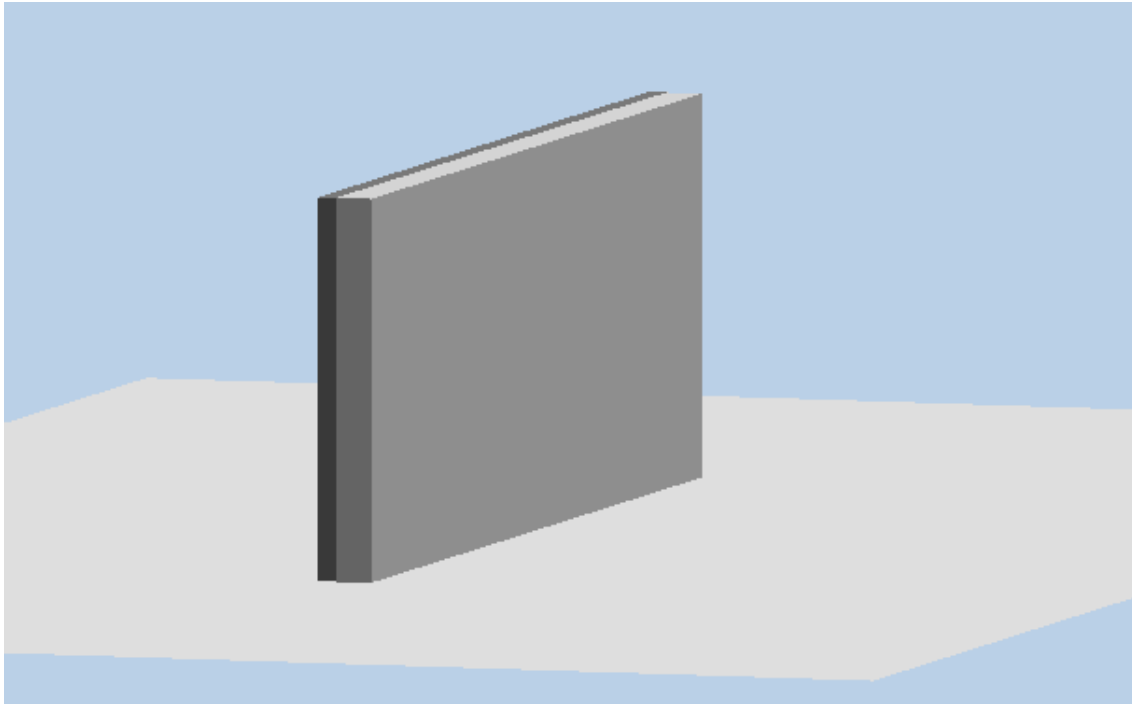


Abbildung 7: zeichnerische Darstellung der zweischichtigen Wand in Allplan 2015

Die zur Bauteilbeschreibung notwendigen Eigenschaften, wie zum Beispiel Geometriewerte werden mithilfe der grafischen Benutzeroberfläche belegt. Zusätzliche Parameter, wie Angaben über die statische Tragfähigkeit, sollen vorab zur Beschreibung des allgemeinen Aufbaus noch nicht beachtet werden. Im späteren Verlauf sollen diese jedoch berücksichtigt werden.

Bei der Erstellung des *IFC*-SPF im 2x3 Release sind nach dem Nemetschek Leitfaden *IFC 2x3* (von Both, 2007) in der Regel die Bauteiltypen der Allplanfunktionen übertragbar. Ein Auszug soll einen groben Überblick gewährleisten:

- IfcSpace: Raum
- IfcWallStandardCase: Gerade Wand
- IfcColumn: Stütze
- IfcDoor: Tür
- IfcFooting: Fundament

Der Einfachheit halber wird vorerst nur das Bauteil „IfcWallStandardCase“ übergeben. Hier wird eine Wand beschrieben, die entlang des Zeichnungspfades eine konstante Dicke aufweist (buildingSMART, 2007).

Die „.ifc“-Datei ist nach ISO 10303-21 in 2 Teile unterteilt; dem Abschnitt „header“ und dem Abschnitt „data“. Durch die ISO 10303-21 wird hier lediglich der Aufbau der Datei beschrieben, der Inhalt ist jedoch nach dem EXPRESS-Schema aufgebaut. Beide Teile beginnen mit „HEADER;/DATA;“ und enden mit „ENDSEC;“. Der Abschnitt *header* ist der erste Teil des STEP-Files und beinhaltet unter anderem Angaben über die verwendete

IFC-Version, Datum und Zeit des Exports und optional Name und Firma der Datei (Liebich, 2009). Speziell in diesem Beispiel sind diese Inhalte wie folgt aufgebaut:

```

HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('IFC2x3 Coordination View'),'2;1');
FILE_NAME('C:\\Users\\Verena\\Desktop\\BA.ifc',
'2015-08-17T10:27:29',
('),
('Nemetschek AG','Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany'),
'The EXPRESS Data Manager Version 5.02.0100.02 : 29 May 2013',
'Allplan 2015.1 13.04.2015 - 10:04:25,');
FILE_SCHEMA(('IFC2X3'));
ENDSEC;

```

-> Speicherort der Datei  
Erstellungsdatum  
Benutzer  
Firma  
IFC Prozessor  
Ursprungs-Software-Lösung  
IFC-Version

Im Abschnitt *data* werden alle Daten zur Beschreibung des *BIM*-Modells aufgeführt, also alle geometrischen und nicht-grafischen Informationen von Bauteilen und deren Beziehungen. Jede Instanz hat eine eigene *STEP*-ID und wird definiert über dessen Name und Attribute (Liebich, 2009). Auch dies soll durch ein Beispiel verdeutlicht werden.

```

DATA;
...
#57= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#58,#60,#62);
#58= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,-200.));
#60= IFCDIRECTION((0.,0.,1.));
#62= IFCDIRECTION((1.,0.,0.));
...
#243=
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('NOI_UUID',$,IFCDESCRIPTIVEMEASURE(
'210b17be-6ae8-41a7-8171-ae0cffa7c989--5'),$);
#244= IFCCOMPLEXPROPERTY('Object Layer Attributes #2','Layer #2',
'Layer #2',(#241,#242,#243));
#249= IFCPROPERTYSET('1BcnfmQVvBQOTPIkhSzzKb',#4,'Allplan Attributes',$,
(#223,#227,#228,#234,#244));
...
ENDSEC;

```

Die Datenmodelliersprache EXPRESS beschreibt die Instanzen mit ihren Attributen und Beziehungen durch ein sogenanntes Entity-Relationship-Modell, kurz ER-Modell (Liebich, 2009). Ein solches ER-Modell besteht aus verschiedenen Entitäten, die durch

Attribute beschrieben und durch Relationen in Beziehung gesetzt werden. Beispiele für Entitäten bilden die Bauteile in Allplan.

Wie ein solches Bauteil in der *data* section im *IFC STEP*-File mit EXPRESS beschrieben wird, soll im Folgenden erläutert werden.

Allgemein ist *IFC* in vier Stufen aufgebaut, welche hierarchisch aufeinander aufgebaut sind und von unten nach oben immer spezifischer für die verschiedenen Anwendungsbereiche werden. In der unteren Stufe werden grundlegende Objektklassen beschrieben, die unabhängig vom Anwendungsbereich von hierarchisch höheren Klassen benutzt werden können. Unter dem Überbegriff „Quantity Resource“ findet man hier zum Beispiel Entitäten wie „IfcQuantityLength“. Diese Objektklasse beschreibt in ihrer grundlegenden Form die Maßeinheit Länge (buildingSMART, 2007).

Die nächste, auf Stufe 1 aufbauende Ebene ist aus dem sogenannten Kernel und seinen Erweiterungen aufgebaut. Diese Stufe enthält anwendungsunabhängige Objektklassen, die mehrere, grundlegende Entitäten aus Stufe 1 zusammenführen oder Relationen zwischen Entitäten ausbilden. Hier sind als Beispiel „IfcPropertySet“ oder „IfcRelDefinesByProperties“ zu nennen. In den Erweiterungen des Kerns finden sich Entitäten, die in weit gefächerten Anwendungsbereichen verwendet werden, also Control Extensions, Process Extensions oder Product Extensions. In der zuletzt genannten Erweiterung finden sich zum Beispiel Entitäten wie „IfcElementQuantity“, die speziell Produkte beschreiben. „IfcElementQuantity“ führt Entitäten aus Stufe 1 zusammen, durch die Mengen von Bauteilen beschrieben werden können (buildingSMART, 2007).

Hierarchisch höher liegt Stufe 3, auf welcher Schemata definiert werden, die von mehreren Anwendungsbereichen der Bauplanung verwendet werden können. Hier finden sich zum Beispiel unter „Shared Building Elements“ Objektklassen wie „IfcWallStandardCase“, welche sich auf die Entitäten aus dem Kernel und den Product Extensions beziehen. Diese kann von verschiedenen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel der Architektur oder Elektrotechnik, genutzt werden (buildingSMART, 2007).

In der vierten Stufe sind Spezifizierungen für verschiedene Anwendungsbereiche platziert. Hier gibt es neun verschiedene Sektionen, darunter „Architektur“ oder „Elektrotechnik“, für die die Datenübergabe per *IFC* angepasst wurde. Der Anwendungsbereich der AVA ist hier nicht explizit aufgeführt (buildingSMART, 2007). Da die Mengenermittlung für die Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung jedoch sehr genau und zuverlässig sein und speziell in Deutschland vielen rechtlichen Besonderheiten (wie das Aufmaß nach *VOB/C*) folgen muss, könnte das ein Grund sein, warum die Daten nach iTWO nicht per *IFC*, sondern mit *CPI* Daten übergeben werden. Möglicherweise sind diese Daten speziell für die Anforderungen für Prozesse der AVA besser geeignet. Diese Vermutungen sollen in den folgenden Schritten untermauert werden.

Der Aufbau der *IFC* ist auch bei der exportierten Wand zu erkennen. Das *IFC SPF* beginnt in der data section mit der allgemeinen Beschreibung des Projekts und der geometrischen Lage der Wand. Mit der Position #187 ist die Wand durch die Objektklasse „IfcWallStandardCase“ aufgeführt.

#187=

```
IFCWALLSTANDARDCASE('0ukAnGXer4TA$vdPuQDno6',#4,'',$,$,#74,#76,$);
```

#74 und #76 beschreiben die geometrische Lage des Objekts über Anfangs- und Endkoordinaten, sowie Richtungsvektoren durch „IfcLocalPlacement“ und „IfcShapeRepresentation“.

Die Attribute der Entität, wie zum Beispiel Mengen oder nicht-geometrische Eigenschaften und Funktionen, werden durch allgemeinere, nicht so bauteilspezifischen Objektklassen aus den unteren Stufen beschrieben und in Relation mit der Wand gesetzt. „IfcElementQuantity“ führt somit alle Mengenangaben der Wand zusammen und steht durch „IfcRelDefinesByProperties“ in Beziehung mit dem Bauteil (buildingSMART, 2007).

#214=

```
IFCELEMENTQUANTITY('3eOAHwzNb9U9b27I9Npb8r',#4,'WallQuantities',$,$,#203,#205,#206,#207,#208,#209,#210,#211,#212,#213));
```

#219=

```
IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('00ccEqHuvB$esc_UF9XVEZ',#4,$,$,(#187),#214);
```

Die Eigenschaften der Entität „IfcElementQuantity“ werden wiederum durch Entitäten der ersten Stufe beschrieben, welche allgemein Längen, Volumen oder Flächen berechnen (buildingSMART, 2007).

#212= IFCQUANTITYAREA('GrossFootprintArea',\$,#30,2.5527);

#213= IFCQUANTITYLENGTH('NominalHeight',\$,#24,2.5);

#214=

```
IFCELEMENTQUANTITY('3eOAHwzNb9U9b27I9Npb8r',#4,'WallQuantities',$,$,#203,#205,#206,#207,#208,#209,#210,#211,#212,#213));
```

Hier werden jedoch nur die Massen der gesamten Wand ermittelt, jedoch nicht separat für die einzelnen Schichten.

Diese Unterteilung erfolgt erst mit der Objektklasse „IfcMaterialLayerSet“ und steht durch „IfcRelAssociatesMaterial“ mit dem Bauteil in Verbindung (buildingSMART, 2007).

#125=

```
IFCRELASSOCIATESMATERIAL('2nMI dp6K99auZF$hRR5tNk',#4,$,$,(#187),#185);
```

```
#126= IFCMATERIALLAYERSET((#131,#155),$);
```

...

```
#185= IFCMATERIALLAYERSETUSAGE(#126,.AXIS2.,POSITIVE.,-120.);
```

#131 enthält hierbei Angaben zur ersten Bauteilschicht, wie Dicke und Material, #155 zur zweiten Bauteilschicht.

```
#128= IFCMATERIAL('k.Ausw.D\X2\00E4\X0\mmung');           Wärmedämmung
```

```
#131= IFCMATERIALLAYER(#128,120.,$);                       Dicke = 120 mm
```

```
#154= IFCMATERIAL('WA-STB\');                               Stahlbeton
```

```
#155= IFCMATERIALLAYER(#154,240.,$);                       Dicke = 240 mm
```

Das Prinzip dieser Zuordnungen ist auch auf die nicht-grafischen Eigenschaften anzuwenden. Hier steht „IfcPropertySet“ durch „IfcRelDefinesByProperties“ mit dem Bauteil in Verbindung (buildingSMART, 2007)

```
#249= IFCPROPERTYSET('1BcnfmQVvBQOTPIkhSzzKb',#4,'Allplan Attributes',$,
(#223,#227,#228,#234,#244));
```

```
#251=
```

```
IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('0QmxzFwBn7dPB12INKAjGp',#4,$,$,(#187),
#249);
```

#234 beschreibt hier die Eigenschaften wie Gewerk oder Einheit der ersten Wandschicht, #244 führt die Attribute der zweiten Schicht zusammen. #223, #227, und #228 betrifft die Wand in ihrer Gesamtheit.

```
#241= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Einheit',$,IFCDESCRIPTIVEMEASURE(
'm\X2\00B2\X0\'),$);
```

```
#242= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('Gewerk',$,IFCDESCRIPTIVEMEASURE(
'Betonarbeiten'),$);
```

```
#243=
```

```
IFCPROPERTYSINGLEVALUE('NOI_UUID',$,IFCDESCRIPTIVEMEASURE(
'210b17be-6ae8-41a7-8171-ae0cffa7c989--5'),$);
```

```
#244= IFCCOMPLEXPROPERTY('Object Layer Attributes #2','Layer #2',
'Layer #2',(#241,#242,#243));
```

Durch die Beschreibungen der „IfcWallStandardCase“ und der Hierarchie des *IFC*-Files von buildingSMART (2007) war es möglich, ein *ER*-Diagramm aufzustellen, in dem der Aufbau von *IFC* in hierarchisch aufeinander aufbauenden Ebenen noch deutlicher wird.

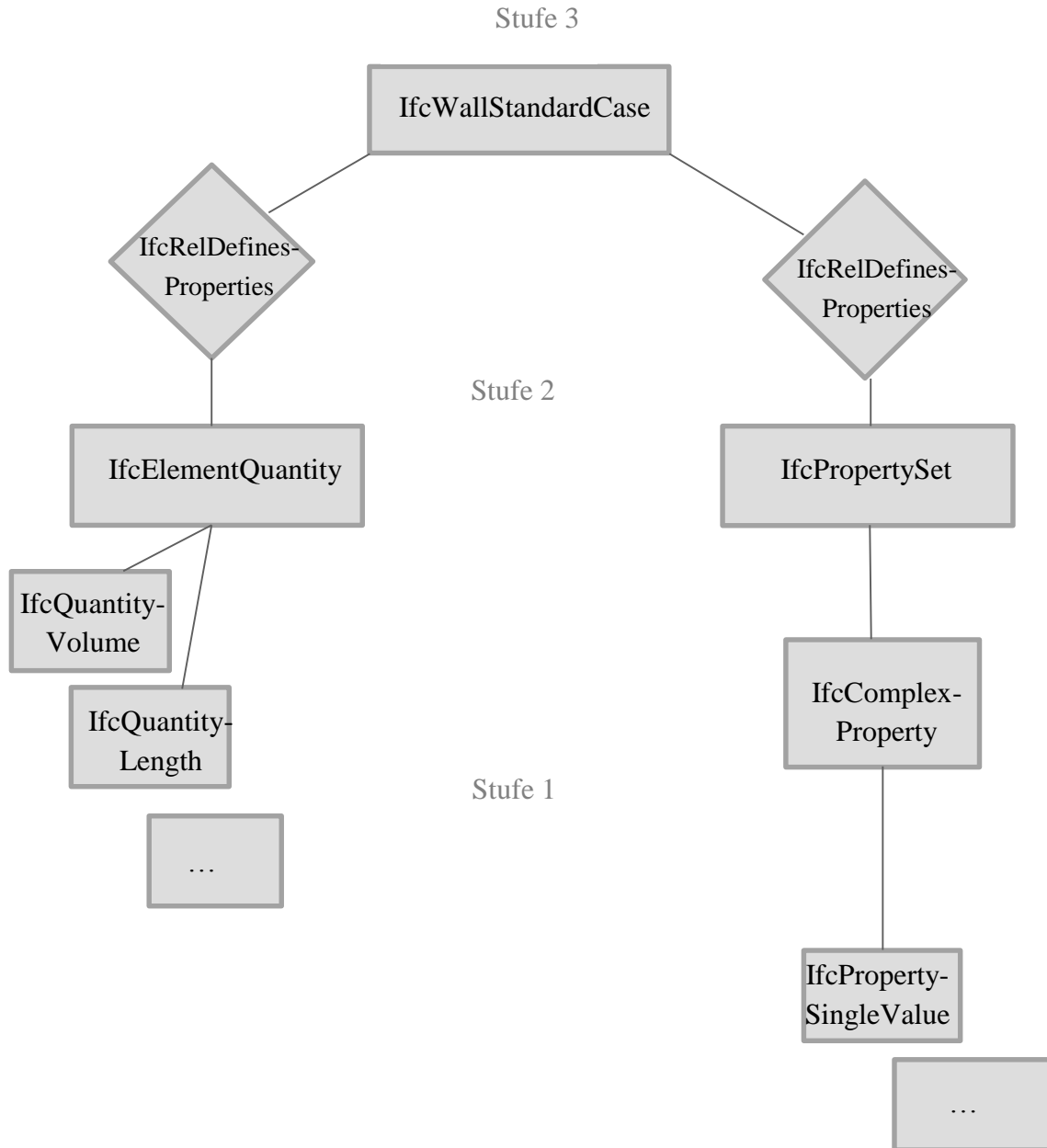


Abbildung 8: ER-Diagramm einer Wand

CPI-Daten

Der Datenaustausch mit *CPI*-Daten hingegen erfolgt über eine *XML*-Datei, die zur Beschreibung der Bauteile *XML*-Schemata verwendet. Dies wird durch folgende Zeilen am Anfang des *XML*-Dokuments kenntlich gemacht:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<objects xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="CPI-Objects.xsd" projectID="da993d7f-310c-4f71-
bc4c-ef1d1e328579"
```

Durch „noNamespaceSchemaLocation“ wird einem Element ohne Namensraum die Adresse eines vorhandenen *XML*-Schemas zugeordnet. Als beispielhaftes Schema ist „CPI-Objects.xsd“ zu nennen, welches Bauteilelemente abstrakt beschreibt. Die Schemata sind ähnlich wie vordefinierte, abstrakte Klassen, deren Eigenschaften dann im *XML*-Dokument konkret belegt werden (Thompson, et al., 2004).

Ein Beispiel soll dies veranschaulichen.

```
<property refID="4" name="Geschoss" datatype="xs:string">Erdgeschoss</property>
```

Der Unterschied von *CPIxml* zur üblichen *XML*-Datei ist in der Spezialisierung auf Objekte der Baubranche zu erkennen. Hier müssen nämlich beispielsweise ganz andere Parameter beachtet werden.

Anschließend an den Einbezug des *XML*-Schemas folgen, ähnlich wie bei der *IFC*-Datei, allgemeine Angaben, wie das Erstellungsdatum oder die Ursprungssoftware.

```
createdBy="[unknown][2015-1-7]"           Ersteller
sourceApp="Allplan2015.0"                 Ursprungssoftware
sourceFormat="ndw"                         Ursprungsformat
created="2015-08-17T08:20:48"              Erstellungsdatum
cpiversion="1.4">                          Version
```

Der Inhalt der *XML*-Datei für das Bauteil Wand baut sich aus 3 Teilen auf:

```
<content version="1.2">
  <section name="objectSection" />         Öffnet Abschnitt „Inhalt“
  <section name="topologySection" />
  <section name="objectDataSection" />
</content>
                                           Schließt Abschnitt „Inhalt“
```

Inhaltlich ähneln sich *CPI* und *IFC* durch ihr Merkmal, die Elemente anhand deren Attribute zu beschreiben, sie unterscheiden sich aber grundlegend in der Gliederung der

Daten und der verwendeten Sprache. Die ID-Zuweisung erfolgt somit in *IFC* direkt an der jeweiligen Entität (#214=IFCELEMENTQUANTITY ('3eOAHwzNb9U9b27I9Npb8r'[...])), im *XML*-Dokument hingegen werden Konstanten angelegt, welchen jeweils eine ID zugeordnet werden. Diese Konstanten repräsentieren anschließend ein bestimmtes Bauteil. Dadurch ist es möglich, Bezüge zwischen Eigenschaften und den jeweiligen Bauteilen zu erschaffen. Zum Beispiel steht in unserem Fall die Konstante "5" für die Lage Stahlbetonwand aus der mehrschichtigen Wand.

```
<property refID="5" name="Material" datatype="xs:string">WA-STB\</property>
```

In der *objectSection* wird zuerst das Material beschrieben, das zur Darstellung in der Modellansicht in iTWO benötigt wird. iTWO unterscheidet die unterschiedlichen Bauteile nur durch verschieden Farben (RIB, 2015), weswegen lediglich hierfür darstellungsrelevante Informationen übergeben werden.

Anschließend folgt mit „rootcontainer“ die Festlegung der Lage der Wand in der Bauwerksstruktur. Dies erfolgt durch Verschachtelung von IDs. Da jede ID ein Element aus dem Modell repräsentiert, kann somit die Wand genau beschrieben werden.

...

```
<container ID="9" name="Erdgeschoss">
  <container ID="8">
    <container ID="4" name="Gesamtwand" composite="true">
      <object3D ID="6" name="Wand" matID="11" />
      <object3D ID="5" name="Wand" matID="10" />
    </container>
  </container>
</container>
```

...

In *IFC* erfolgt dies über den Ausdruck „IfcBuildingStorey“, der die Koordinaten der Wand mit dem Geschoss in Verbindung bringt.

Der Abschnitt *objectSection* in der *XML*-Datei beinhaltet außerdem die *propertySection*. Hier werden speziell im Fall der exportierten mehrschichtigen Wand die Eigenschaften, wie Geschoss, Dicke, Fläche, Nettovolumen oder Gewerk, der Gesamtwand und der jeweiligen Schichten, gekennzeichnet durch die jeweiligen Konstanten, übergeben.

```
<property refID="5" name="Länge" datatype="xs:double" unit="m">7.09083
  </property>
<property refID="5" name="Material" datatype="xs:string">WA-STB\</property>
```



In *IFC* erfolgt diese Übergabe getrennt nach Mengen und nicht-grafischen Attributen, wobei die Massen für die gesamte Wand ermittelt werden und die Dicken der einzelnen Schichten mit der Materialübergabe spezifiziert werden.

In der *topologySection* der *XML* wird die Höhe der Bauteilschichten definiert. Dazu wird zuerst die Referenzhöhe durch die z-Koordinaten definiert und diese dann den Elementen zugeordnet.

```
<hRef ID="1" z="-0.2" />
<hRef ID="2" z="2.3" />
<hRefRel refID="5" hRefL="1" hRefU="2" />
<hRefRel refID="6" hRefL="1" hRefU="2" />
```

Die *objectDataSection* übergibt anschließend die dreidimensionalen geometrischen Daten der einzelnen Bauteilschichten. Dazu wird jeder geometrischen Ecke der Wand ein Punkt zugeordnet und dieser mit x-, y- und z-Koordinaten beschrieben.

```
<data3D refID="5">
  <p nr="0" x="1.071563" y="1.42875" z="-0.2" />           0 = A
  <p nr="1" x="-6.019271" y="1.42875" z="-0.2" />       1 = B
  <p nr="2" x="-6.019271" y="1.42875" z="2.3" />        2 = C
  <p nr="3" x="1.071563" y="1.42875" z="2.3" />         3 = D
  <p nr="4" x="-6.019271" y="1.66875" z="-0.2" />     4 = E
  <p nr="5" x="1.071563" y="1.66875" z="-0.2" />       5 = F
  <p nr="6" x="1.071563" y="1.66875" z="2.3" />        6 = G
  <p nr="7" x="-6.019271" y="1.66875" z="2.3" />       7 = H
```

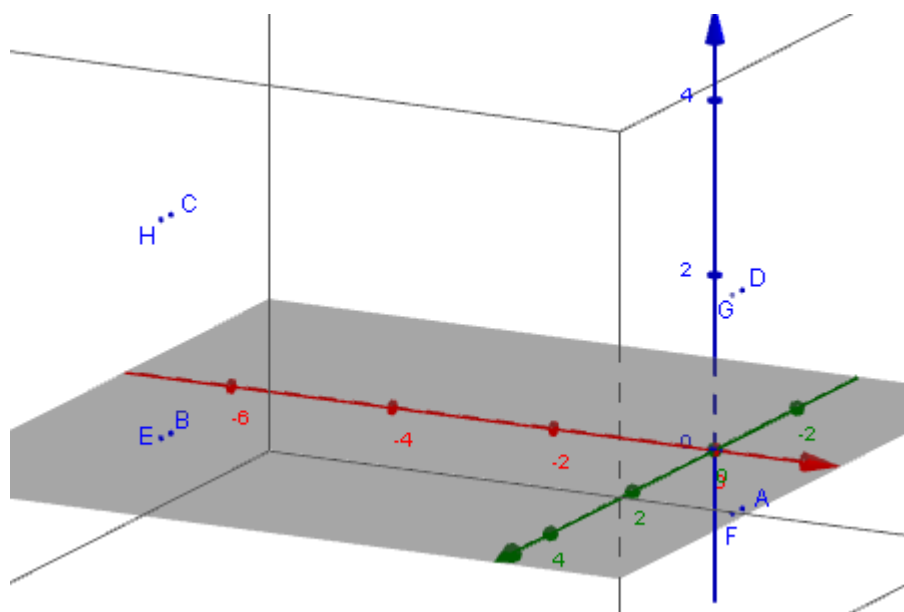


Abbildung 9: Visualisierung der Eckpunkte in GeoGebra

Durch verschiedene Punktkombinationen werden dann die Außenflächen definiert.

```
<pl length="5" points="4 7 6 5 4">
  <tess>
    <t p1="5" p2="4" p3="6" />
    <t p1="7" p2="6" p3="4" />
  </tess>
</pl>
```

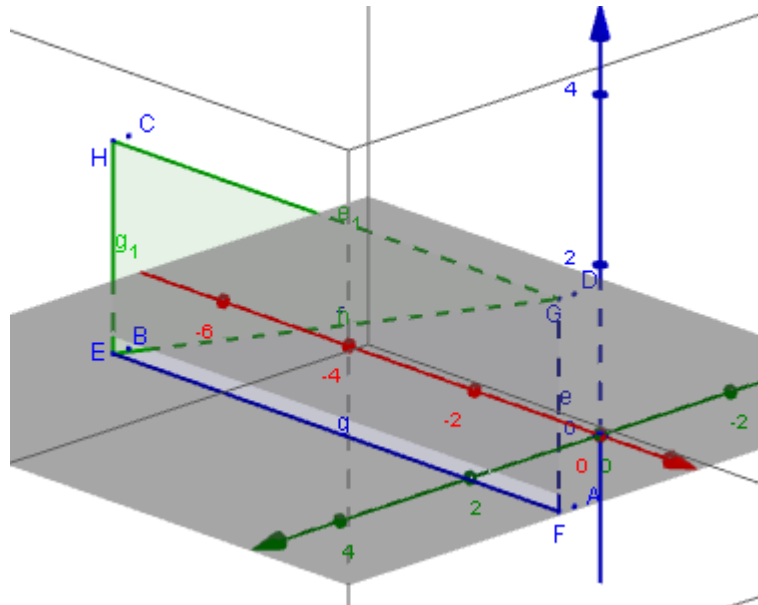


Abbildung 10: Visualisierung der Außenflächen in GeoGebra

Im Vergleich dazu werden in *IFC* lediglich die Koordinaten der Anfangspunkte, sowie die Vektoren der Grundlinie und der repräsentierende Körper übertragen. Die *CPI*-Daten sind somit im Hinblick auf die Geometrie viel genauer, aber auch sperriger und größer. Dies ist schon allein daran erkennbar, dass die *CPI*-Dateigröße der gleichen Wand um 2KB größer ist. Die detailliertere Übergabe der Geometriekennwerte könnte dazu führen, dass die Übergabe mit *IFC* nicht qualitätsgesichert ablaufen kann, da nicht garantiert werden kann, dass alle Informationen sachgemäß überliefert werden.

Speziell für Mengenermittlung im Bereich der *AVA* ist eine detailgetreue Übergabe der Gebäudedaten sehr wichtig. Inwieweit sich die Ungenauigkeiten der *IFC*-Geometrie in den Berechnungen kenntlich machen, soll im Folgenden ermittelt werden. Hierzu sollen Massen mit den aus Allplan exportierten Daten berechnet werden und somit anhand konkreter Zahlen ein Vergleich von *CPI* und *IFC* ermöglicht werden.

## 5.2. DATENIMPORT - CPI UND IFC IM VERGLEICH

Wie bereits erwähnt, soll anschließend an die Analyse der Exportdateien eine Übergabe an eine *BIM*-fähige Anwendersoftware erfolgen, mit welcher die übergebenen Modelle ausgewertet werden können. Speziell unter dem Aspekt des Schwerpunkts der vorliegenden Arbeit soll sich hier auf die Mengenermittlung konzentriert werden. Diese erfolgt anhand der *CPI*-Daten, sowie durch den Import der *IFC*-Datei. Um die Richtigkeit der ermittelten Mengen und eventuelle Informationsverluste bei der Übergabe festzustellen, wird die Reportfunktion von Allplan herangezogen. Hiermit werden Mengen TÜV-zertifiziert ermittelt, bevor die Informationen an andere Software-Lösungen übergeben wurden (Allplan, 2015). Von deren Richtigkeit ist somit auszugehen und der Allplan-Report dient als Referenzdatei zum Mengenvergleich.

Da im Sinne dieser Arbeit lediglich die Mengenermittlung der übergebenen Daten dargestellt werden soll, fiel die Wahl der Software auf „ceapoint desite MD“. Diese steht als Testversion kostenlos zur Verfügung und ermöglicht einen *BIM*-Import durch *CPI*- und *IFC*-Daten (ceapoint). Die Mengenermittlung erfolgt im Vergleich zu RiBiTWO etwas anders, die Art der Datenübergabe und die Fähigkeit, die importierten Daten zu analysieren und auszuwerten ist jedoch gleich, weswegen die Ergebnisse der Untersuchungen ebenso auf iTWO anzuwenden sind.

Die „ceapoint aec technologies GmbH“ ist ein Softwareunternehmen aus Essen, das sich auf Produkte für die Umsetzung der *BIM*-Methode spezialisiert hat. Das Flaggschiff des Unternehmens ist die Anwendung „ceapoint desite MD“, mit der sich importierte Gebäudemodelle visualisieren und analysieren lassen. Somit ist es möglich, einfache Mengenberechnungen auf Grundlage des importierten Gebäudemodells durchzuführen. Hier wird jedoch deutlich, dass eine *VOB*-konforme Berechnung, wie es für eine Mengenermittlung in Deutschland notwendig ist, nicht möglich ist. Dies soll jedoch kein Problem in den folgenden Untersuchungen darstellen (ceapoint).

Um die Datenübergabe so praxisnah wie möglich zu halten, wurde in Allplan 2015 ein Gebäudedatenmodell eines fiktiven Einfamilienhauses erstellt. Dies stellt die Realität genauer dar, als die Übergabe einer einzelnen Wand.



Abbildung 11: Rendering des Einfamilienhauses, Vorderseite



Abbildung 12: Rendering des Einfamilienhauses, Rückseite

In den folgenden Schritten wird dieses gesamte Gebäude an „ceapoint desite MD“ übergeben, zuerst per *CPI* und anschließend durch *IFC*. Mit der Auswertung eines konkreten Bauteiltyps des Gebäudes sollen eventuelle, durch die Schnittstelle entstandene Informationsbrüche explizit analysiert werden. Dies erfolgt durch den Vergleich von den im Anwenderprogramm ermittelten Mengen mit dem Massenreport aus Allplan 2015.

Um die Unterschiede in den Berechnungen genau auszumachen, soll zuerst nur ein bestimmter Bauteiltyp massentechnisch ausgewertet werden. Hier fiel die Wahl auf das Element Wand. Dieses umfasst in diesem Fall mehrschalige Außenwände aus Stahlbeton

mit Außenwanddämmung, Innenwände aus Ziegel, Mauerwerkswände als Außenwände und deren Öffnungen. Bei der Mengenermittlung werden die Öffnungen jedoch „übermessen“.

Vorab erfolgt die Mengenermittlung in Allplan mithilfe der Reportfunktion. Mit ihr ist es möglich, verschiedene Auswertungen aus dem Gebäudemodell zu erhalten (Allplan, 2015). Für einen umfassenden Überblick über alle vorhandenen Massen im Modell, wurde der Report „Nevaris-Mengen“ ausgegeben. Hier sind alle Bauteile des Gebäudes und deren ermittelten Mengen in m<sup>2</sup> aufgeführt. Des Weiteren ist es möglich, anhand von Grafiken der einzelnen Bauteile die Mengenermittlung nachzuvollziehen.

Diese Berechnungen sind TÜV-zertifiziert, es erfolgt also eine korrekte Massenauswertung nach *VOB* (Sternheimer, 2014). Aus diesem Anlass dienen die ermittelten Werte als Referenz für unsere Untersuchungen.

Nun betrachten wir die übergebenen Daten in „ceapoint desite MD“. Da der Datenaustausch über die *CPIxml*-Schnittstelle in *RIBiTWO* qualitätsgesichert ist und somit als Standard für die Übermittlung zwischen *CAD*- und *AVA*-Software gilt [ (RIB, 2015), werden diese Daten zuerst analysiert. Nach Import des Modells in „ceapoint desite MD“ sollen zuerst nur die Bauteiltypen Wände und Gesamtwände dargestellt werden. Es zeigt sich folgendes Bild:

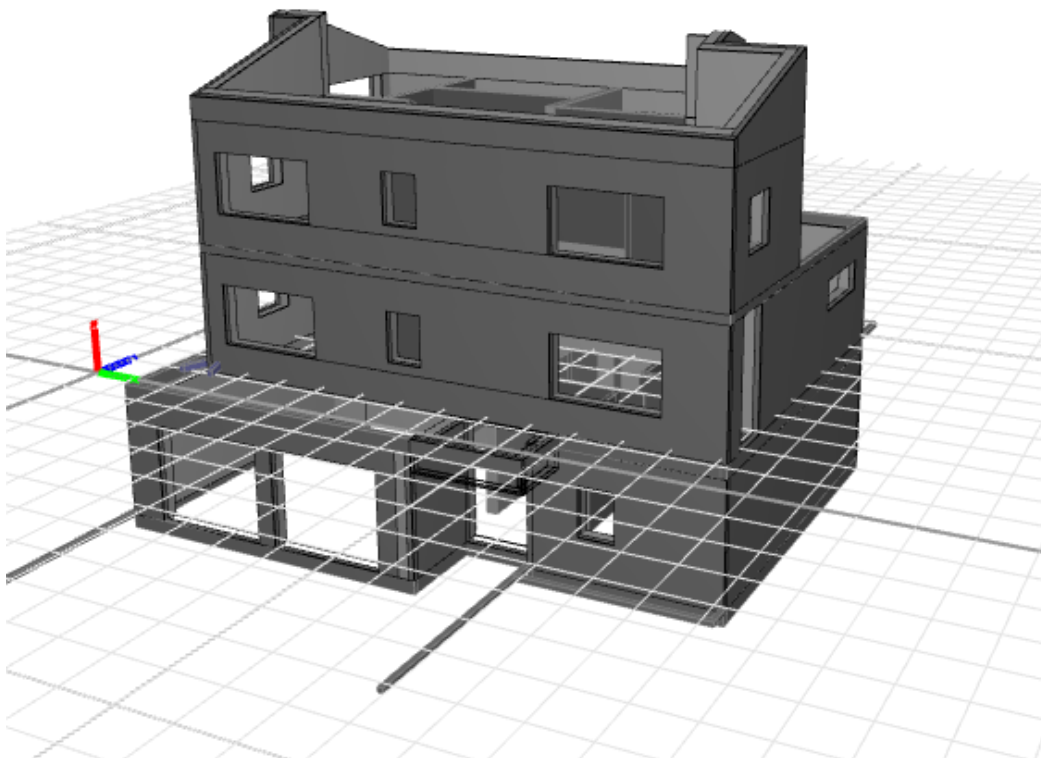


Abbildung 13: Wände der CPI-Datei im Modell-Viewer von ceapoint desite MD

Anschließend erfolgt die Mengenermittlung dieser Elemente. Hier wird vorrangig nach Nettovolumen und Fläche ausgewertet. Es ergeben sich folgende Daten:

/nemObjectType/Material			Nettovolumen		Fläche	
<b>Wand</b>			<b>154,331</b>	<b>Σ</b>	<b>1.077,111</b>	<b>Σ</b>
1.	Mauerwerk	8	0,201	Σ	1,759	Σ
2.	k.Ausw.Dämmung	64	44,637	Σ	438,212	Σ
3.	WA-STB\	47	94,014	Σ	475,745	Σ
4.	WI-ZIEGEL\	26	15,478	Σ	161,395	Σ

Abbildung 14: Report „Wand“ aus ceapoint desite MD

Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden nachfolgend die Daten aus dem Allplan-Report angeführt.

HT-SL1-OL\		1,000 St
Mauerwerk	Mauerwerkswand	1,764 m2
QS-F04\		7,000 St
Rail_Group		2,000 St
Rail_Path		2,000 St
TI-SCHIEBE-VW-HZ\		3,000 St
WA-STB\		418,390 m2
WI-ZIEGEL\		158,315 m2
k.Ausw.Dämmung		380,856 m2

Nemetschek AG 1/2  
 Konrad-Zuse-Platz 1, 81829 Munich / Germany

Abbildung 15: Ausschnitt des Reports „Nevaris Mengen“ aus Allplan 2015

Zur besseren Übersichtlichkeit werden alle Größen in Tabellenform angegeben:

MATERIAL	FLÄCHE [m²]	
	Allplan-Report	ceapoint desite MD CPI
Mauerwerk	1,764	1,759
WA-STB\	418,390	475,745
WI-ZIEGEL\	158,315	161,395
k.Ausw.Dämmung	380,856	438,212

Es wird deutlich, dass zwischen den einzelnen Auswertungen Differenzen vorliegen. Dies liegt jedoch nicht an etwaigen Informationsbrüchen zwischen den Software-Programmen, sondern daran, dass die Mengen in Allplan VOB-konform ausgewertet werden (Sternheimer, 2014), in „ceapoint desite MD“ werden Öffnungen übermessen. VOB-konform bedeutet, dass Öffnungen bestimmter Größe abgezogen werden müssen (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2012).

Die unterschiedliche Ermittlung der Massen wird deutlich, wenn man die einzelnen Positionen aus dem Allplan-Report näher betrachtet. Als Beispiel soll das Material Stahlbeton näher durchleuchtet werden. Hier werden Öffnungen größer 2,5 m<sup>2</sup> abgezogen. Bei Addition der Teilelemente, ohne diese Öffnungen abzuziehen, erhält man die in „ceapoint desite MD“ ermittelten Werte. Das gleiche Verfahren ist bei den anderen Materialien anzuwenden.

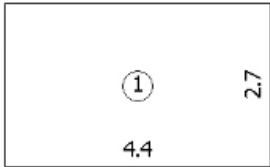

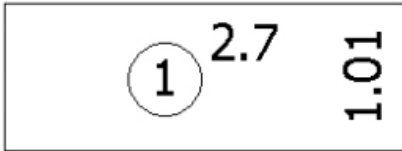

WA-STB\			418,390 m2
0031FeT0000000515	Fenstertüröffnung		-11,880 m2
0031FeT0659221721	Fenstertüröffnung	1.67 	-4,509 m2
0041FeT0659217318	Fenstertüröffnung		-2,727 m2
0041FeT0659223513	Fensteröffnung		-3,220 m2

Abbildung 16: Auszug aus Allplan Report, Abzüge der Öffnungen der Stahlbetonwand

Beim Import der *IFC*-Datei und Aussortierung nach Wänden, erhält man folgendes Bild:

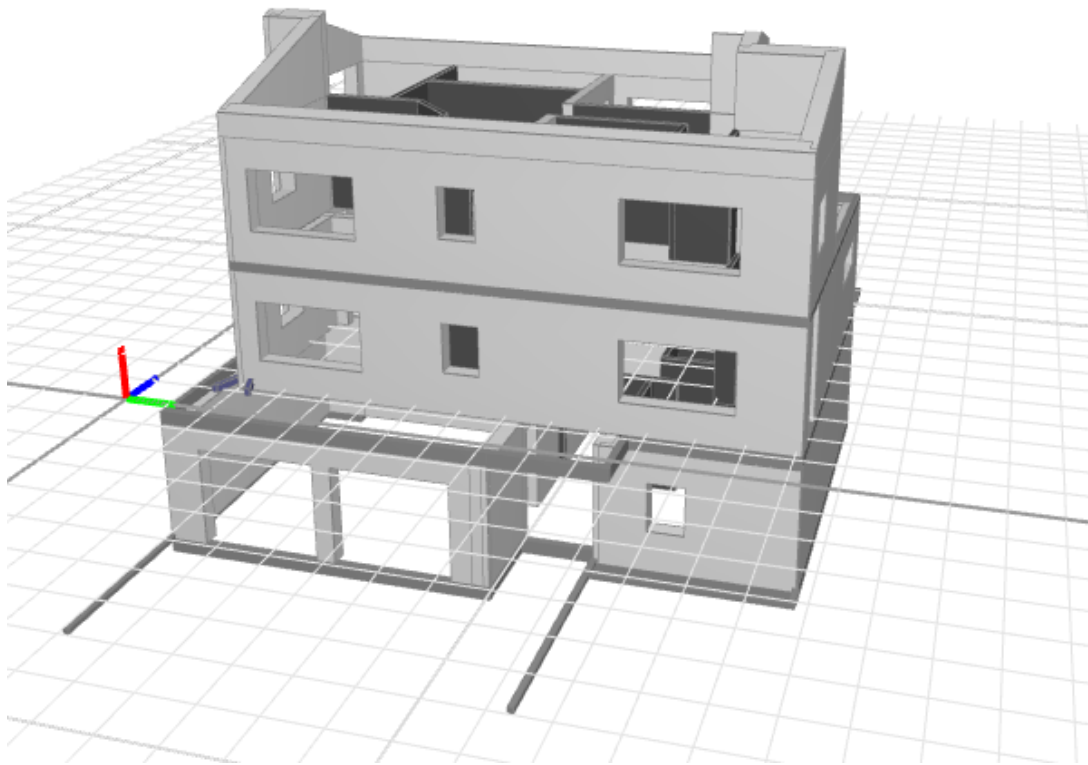


Abbildung 17: Wände der IFC-Datei im Modellviewer von ceapoint desite MD

Hier lässt sich im Vergleich mit dem Datenimport *CPI* kein wesentlicher Unterschied erkennen, die Darstellung ist gleich.

Bei der Auswertung der Daten ergeben sich folgende Kennwerte:

/ifcType/ifcMaterial		WallQuantities:NetSideArea			WallQuantities:GrossSideArea	
IfcWallStandardCase		240,622	Σ	285,214	Σ	
1.	Mauerwerk	8	1,764	Σ	1,759	Σ
2.	k.Ausw.Dämmung	26	36,884	Σ	36,884	Σ
3.	k.Ausw.Dämmung;WA-STB\	40	0,000	Σ	0,000	Σ
4.	WA-STB\	9	67,389	Σ	85,176	Σ
5.	WI-ZIEGEL\	26	134,585	Σ	161,395	Σ

Abbildung 18: Report „IfcWallStandardCase“ aus ceapoint desite MD



Zum optimalen Vergleich werden hier die Daten aus allen 3 Anwendungen herangezogen.

MATERIAL	FLÄCHE [m <sup>2</sup> ]		
	Allplan Report	ceapoint desite MD IFC	ceapoint desite MD CPI
Mauerwerk	1,764	1,759	1,759
WA-STB\	418,390	85,176	475,545
WI-ZIEGEL\	158,315	161,395	161,395
k.Ausw.Dämmung	380,856	36,884	438,212
k.Ausw.Dämmung;WA-STB\	-	0,000	-

Wie zu erkennen ist, stimmen *IFC* und *CPI* in nur 2 Punkten überein, dem Mauerwerk und der Innenwand Ziegel. In *IFC* war zudem eine Auswertung nach der Nettofläche möglich. Hier werden jedoch alle Öffnungen abgezogen, ohne Beachtung der *VOB*. Dies ist in der Position „WI-ZIEGEL“ nachzuvollziehen. Die Daten aus „ceapoint desite MD“ ergeben sowohl bei *IFC*, als auch bei *CPI* 161,395 m<sup>2</sup>, nach *VOB* aus dem Allplan Report ergibt sich eine Fläche von 158,315 m<sup>2</sup>. Die Nettofläche der in „ceapoint desite MD“ importierten *IFC*-Daten beträgt jedoch weit weniger, also 134,585 m<sup>2</sup>.

Wesentliche Unterschiede, die nicht auf die *VOB*-konforme Berechnung zurückzuführen sind, ergeben sich bei den mehrschichtigen Wandarten aus Stahlbeton inklusive Außenwanddämmung. Hier ist durch die *IFC*-Daten eine um einiges geringere Fläche ermittelt worden. Des Weiteren wurde noch eine separate Position „k.Ausw.Dämmung;WA-STB\“ aufgeführt, welche mit 0 m<sup>2</sup> verrechnet wurde.

Die Übergabe der Informationen über *IFC* ist also hinsichtlich der Darstellung des Gebäudemodells in der Anwendersoftware vollkommen ausreichend. Wenn es jedoch darum geht, exakte Mengen aus dem importierten Modell zu erlangen, zeigen sich grundlegende Schwierigkeiten. So lassen sich zum Beispiel mehrschichtige Wandbauteile nicht exakt analysieren. Dies hat seinen Ursprung in der, im Vergleich zu den *CPI*-Daten, ungenauen geometrischen Beschreibung der einzelnen Bauteile. Wie im vorangegangenen Kapitel genauer beschrieben, wird eine mehrschichtige Wand in der *IFC*-Datei nur durch die Materialbeschreibung in ihre einzelnen Schichten unterteilt. Diese Bauteilbeschreibung kann ein Anwenderprogramm zur Mengenermittlung offensichtlich nicht genau genug auswerten, was dann zu Fehlern in der Massenberechnung führt.

Doch speziell im Bereich der AVA ist eine korrekte Auswertung der übergebenen Informationen von großer Wichtigkeit, da die Mengenermittlung Ausgangslage für alle weiteren Prozesse ist. Durch die Weiterverwendung von *IFC*-Daten entsteht jedoch eine große Fehleranfälligkeit. Dies ist ein Grund, weshalb die Datenübergabe per *IFC* im Vergleich zu *CPI* nicht qualitätsgesichert ablaufen kann. Daraus lässt sich schließen, dass die *CPI*-Daten eine bessere Grundlage zur Mengenermittlung bilden und speziell für AVA-Prozesse anzuwenden sind. Dies ist vergleichbar mit Spezifizierungen der vierten Stufe der *IFC*-Daten, die für explizite Anwendungsbereiche entwickelt wurden, worunter AVA jedoch nicht fällt. Zwar ist die Massenermittlung in Allplan TÜV gesichert, wenn diese jedoch nicht speziell übergeben wird kann sie auch nicht korrekt ablaufen. Aus diesem Grund muss in AVA-Anwenderprogrammen eine erneute Mengenermittlung erfolgen. Um einen offenen Standard zu bilden, sollte somit eine Weiterentwicklung der *IFC*-Daten in Anbetracht der Bedingungen zur Mengenermittlung erfolgen.

Hier stellt sich jedoch ein großes Problem dar. Die AVA-Standards sind von Land zu Land unterschiedlich und es gelten verschiedene Gesetze und Regelungen, wie zum Beispiel die *VOB* in Deutschland. Es ist somit äußerst kompliziert, all diesen Forderungen gerecht zu werden, sodass eine sichere Mengenermittlung unabhängig von den rechtlichen Rahmenbedingungen gegeben ist. (Zhiliang, et al., 2010)

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Einführung des Begriffs der *BIM*-Methode wird in der vorliegenden Arbeit die Relevanz von offenen Schnittstellen in der digitalen Bauplanung deutlich. Des Weiteren sollen weitgehend alle Prozesse des Bauens zusammengeführt werden, wodurch der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes abgebildet werden kann. Auch hier spiegelt sich die Wichtigkeit von offenen Austauschstandards wieder. Sie gewährleisten Effektivität in Planung und Ausführung, sowie Zeit- und Kostenersparnisse.

In der vorliegenden Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Weiterverarbeitung des *BIM*-Modells in *AVA*-Programmen. Durch die Analyse von *AVA*-Prozessen wurde klar, dass das wesentliche Bindeglied zur Einbeziehung der Gebäudedaten die Mengenermittlung darstellt. Somit werden aus dem *BIM*-Modell vorrangig geometrische Informationen abgeleitet. Natürlich gibt es auch weiter entwickelte Systeme, welche auch nicht-grafische Daten aus dem *BIM*-Modell effektiv weiterverwenden. Solche Software-Lösungen sind jedoch vorrangig herstellerabhängig und unterstützen somit nicht die angestrebte Offenheit zwischen den Anwenderprogrammen.

Die Mengenermittlung unterliegt von Land zu Land verschiedenen Randbedingungen. Besonders in Deutschland gibt es detaillierte Regelungen zur Berechnung der Massen. Um diesen Forderungen mit der Verwendung der *BIM*-Methode gerecht zu werden, ist es wichtig, die Daten aus dem Gebäudemodell ohne Informationsbrüche zu übergeben. Vorrangig wird hierfür die Datenübergabe über *CPI*-Daten abgehandelt. Diese beschreiben die Geometrie des Gebäudes und Beziehungen zwischen Bauteilen sehr genau. Somit ist nicht nur eine exakte Abbildung des Gebäudes im *AVA*-Programm möglich, es können auf diese Grundlage hin auch exakte Mengenermittlungen erfolgen.

Durch die Übergabe mit der offenen Schnittstelle *IFC* hingegen ist zwar eine genaue Abbildung des Gebäudes möglich, die Massenberechnung ist jedoch fehleranfällig. Dies liegt daran, dass die Bauteile in ihrer Geometrie nicht ausreichend genau dargestellt werden und somit bei der Übergabe in die Anwendersoftware wichtige Informationen verloren gehen.

Die *CPI*-Daten sind somit speziell zur Datenübergabe in *AVA*-Programme einzusetzen. Doch nicht jede Software-Lösung ist auf diesen Import ausgerichtet. Im Anbetracht der Wichtigkeit von offenen Schnittstellen soll daher die Standardschnittstelle *IFC* um den Anwendungsbereich *AVA* erweitert werden. Da jedoch nicht in jedem Land gleiche Bedingungen zur Mengenermittlung herrschen, bedarf dies noch weiteren Forschungen.

## A ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AVA	Ausschreibung Vergabe Abrechnung
ATV	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen
BCM	Building Cost Management
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BIM	Building Information Model(ing)
CAAD	Computer Aided Architectural Design
CAD	Computer Aided Design
CPI	Construction Process Integration
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
HOAI	Honorarordnung für Ingenieure
IAI	International Alliance for Interoperability
IBD	Intelligente Baudaten
IFC	Industry Foundation Classes
LV	Leistungsverzeichnis
NBIMS	National Building Information Model Standard Project Committee
NOI	Nemetschek Object Interface
REB	Regelungen für die elektronische Bauabrechnung
SPF	STEP Physikal File
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
StLB-Bau	Standardleistungsbuch-Bau
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
XML	Extensible Markup Language

## C LITERATURVERZEICHNIS

**Allplan, Nemetschek. 2015.** [Online] 2015. [Zitat vom: 22. August 2015.] <http://www.allplan.com/de.html>.

**Borrmann, André. 2012.** *Computerorientierte Methoden Teil I*. [Skript] Technische Universität München : Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation, Oktober 2012.

**Borrmann, André, et al. 2015.** *Building Information Modeling*. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2015.

**buildingSMART. 2014.** buildingSMART. [Online] 2014. [Zitat vom: 28. August 2015.] <http://www.buildingsmart.org/>.

—. **2007.** Technical Corrigendum 1. *buildingSMART*. [Online] 2007. [Zitat vom: 31. August 2015.] <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/>.

**ceapoint. ceapoint. aec technologies GmbH.** [Online] [Zitat vom: 10. September 2015.] <http://www.ceapoint.com/>.

**DIN Deutsches Institut für Normung e.V. 2012.** *VOB Gesamtausgabe 2012: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (DIN 1960), Teil B (DIN 1961), Teil C (ATV)*. Berlin : s.n., 2012.

**Donath, Dirk. 2008.** *Bauaufnahme und Planung im Bestand*. Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2008.

**Eastman, Charles M. 2011.** *BIM Handbook*. Hoboken NJ : Wiley, 2011.

**Egger, Martin, et al. 2013.** Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. *BIM-Leitfaden für Deutschland*. [Online] 30. November 2013. [Zitat vom: 6. August 2015.] [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/3Rahmenbedingungen/2013/BIMLeitfaden/Endbericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/3Rahmenbedingungen/2013/BIMLeitfaden/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2).

**Fridrich, Jan und Kubecka, Karel. 2014.** *BIM - The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education*. [ePaper] Ostrava : Elsevier, 2014.

**Hemmerling, Marco und Tiggemann, Anke. 2010.** *Digitales Entwerfen*. Paderborn : Fink, 2010.

**HOAI. 2013.** *Anlage 10 (zu §§ 34 Absatz 4 und 35 Absatz 7)*. 2013.

**Köhler, Helmut. 2014.** *Bürgerliches Gesetzbuch*. München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 2014.

**Liebich, Thomas. 2009.** *IFC 2x Edition 3*. 2009.

- Muzvimwe, Max. 2011.** Faithful + Gould. *5D BIM explained*. [Online] 20. September 2011. [Zitat vom: 20. August 2015.] <https://www.fgould.com/uk-europe/articles/5d-bim-explained/>.
- NBIMS. 2015.** National BIM Standard. *What is a BIM?* [Online] 2015. [Zitat vom: 19. August 2015.] <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>.
- Nevaris. 2015.** Nevaris Nemetschek. [Online] 2015. [Zitat vom: 15. September 2015.] <https://www.nevaris.com/>.
- Niedermaier, Anke und Bäck, Robert. 2014.** Allplan\_BIM\_Kompendium. [Online] Dezember 2014. [Zitat vom: 22. April 2015.] <http://www.allplan.com/de/links/bim-leitfaden.html>.
- RIB. 2015.** RIBiTWO. [Online] 2015. [Zitat vom: 15. September 2015.] <http://www.rib-software.com/de/landingpage/rib-itwo.html>.
- . **2015.** RIBiTWO 5D. [Online] 2015. [Zitat vom: 23. August 2015.] <http://www.rib-software.com/de/loesungen/architektur-und-bauplanung/itwo-5d.html>.
- Rösel, Wolfgang und Busch, Antonius. 2014.** *AVA Handbuch*. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014.
- Schoch, Odilo. 2015.** german-architects. *BIM - was ist? was kommt?* [Online] 21. Januar 2015. [Zitat vom: 20. August 2015.] [http://www.german-architects.com/pages/hauptbeitrag/1504\\_Bim-was-ist-was-kommt](http://www.german-architects.com/pages/hauptbeitrag/1504_Bim-was-ist-was-kommt).
- sirAdos. 2015.** sirAdos Baudaten. [Online] 2015. [Zitat vom: 23. August 2015.] <https://www.sirados.de/>.
- Sternheimer, Svenia. 2014.** Allplan. *Nemetschek*. [Online] 2014. [Zitat vom: 15. September 2015.] <http://www.allplan.com/de/mehr/presse/pressemitteilungen/news-detail/nemetschek-allplan-erhaelt-tuev-sued-zertifikat-in-kombination-mit-ava-software-nevaris.html>.
- STLB-Bau. 2013.** *Anwenderhandbuch*. 2013.
- Thompson, Henry, et al. 2004.** W3C. *XML Schema Part 1*. [Online] 28. Oktober 2004. [Zitat vom: 01. September 2015.] <http://www.w3.org/TR/xmlschema-1/#schema-loc>.
- Veenhuis, Wilhelm. 2015.** *Das Freie GAEB Buch*. Bonn : s.n., 2015.
- . **2014.** *Das Freie REB Buch*. Bonn : s.n., 2014.
- von Both, Petra. 2007.** *Nemetschek Leitfaden IFC 2x3*. München : s.n., 2007.
- Zhiliang, Ma, et al. 2010.** *Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China*. [ePaper] Beijing : Elsevier, 2010.

## D ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1: Bauteilbeschreibung in BIM-Bibliotheken</b> .....	10
<b>Abbildung 2: parallele Abläufe im Bauwesen</b> .....	13
<b>Abbildung 3: Wirkungsfelder der VOB</b> .....	16
<b>Abbildung 4: DEMO Baugruppen in Allplan 2015</b> .....	19
<b>Abbildung 5: Construction Process Integration (RIB, 2015)</b> .....	23
<b>Abbildung 6: Bauwerksstruktur in Allplan 2015</b> .....	24
<b>Abbildung 7: zeichnerische Darstellung der zweischichtigen Wand in Allplan 2015</b> .....	25
<b>Abbildung 8: ER-Diagramm einer Wand</b> .....	30
<b>Abbildung 9: Visualisierung der Eckpunkte in GeoGebra</b> .....	33
<b>Abbildung 10: Visualisierung der Außenflächen in GeoGebra</b> .....	34
<b>Abbildung 11: Rendering des Einfamilienhauses, Vorderseite</b> .....	36
<b>Abbildung 12: Rendering des Einfamilienhauses, Rückseite</b> .....	36
<b>Abbildung 13: Wände der CPI-Datei im Modell-Viewer von ceapoint desite MD</b> .	37
<b>Abbildung 14: Report „Wand“ aus ceapoint desite MD</b> .....	38
<b>Abbildung 15: Ausschnitt des Reports „Nevaris Mengen“ aus Allplan 2015</b> .....	38
<b>Abbildung 16: Auszug aus Allplan Report, Abzüge der Öffnungen der Stahlbetonwand</b> .....	39
<b>Abbildung 17: Wände der IFC-Datei im Modellviewer von ceapoint desite MD</b> ...	40
<b>Abbildung 18: Report „IfcWallStandardCase“ aus ceapoint desite MD</b> .....	40