

Building Information Modeling

im Planungsprozess

Vanessa Manzke

Masterthesis

im Studiengang Bauingenieurwesen

zur Erlangung des akademischen Grades eines

Master of Engineering (M. Eng.)

Autor: Vanessa Manzke
Matrikel-Nr. 267584
1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Helmut Offermann
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Petra Mieth

Ausgabedatum: 10. Oktober 2016

Abgabedatum: 10. Januar 2017

Verfasser- und Veröffentlichungserklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften oder anderen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit für Veröffentlichungen, Ausstellungen und Wettbewerbe des Fachbereiches verwendet und Dritten zur Einsichtnahme vorgelegt werden kann.“

Lübeck, den 09.01.2017

Vanessa Manzke

.....
Vanessa Manzke

Danksagung

Während des Verfassens der Masterarbeit habe ich von verschiedenen Seiten Unterstützung in jeglicher Form erfahren, für die ich mich an dieser Stelle bedanke.

Vorrangig möchte ich mich bei Ihnen, Frau Prof. Dr.-Ing. Petra Mieth, für die Betreuung bedanken und dafür, dass Sie mich bei der Wahl meines Themas aktiv unterstützt haben. Building Information Modeling hat mich während des gesamten Studiums begleitet. Mein Interesse für dieses Themengebiet ist weiterhin groß und der Bezug zur Praxis hat die Bearbeitung meiner Masterthesis einen realen Aspekt gegeben. Dafür vielen Dank.

Vielen Dank auch an Herrn Prof. Dr.-Ing. Helmut Offermann für die Zweitkorrektur. Ihre Anregungen haben mich bei der Ausarbeitung meiner Masterthesis inspiriert.

Einen Dank möchte ich an das BIM Cluster Kiel aussprechen, insbesondere für die Möglichkeit dieser Umsetzung. Bedanken möchte ich mich insbesondere bei den an den Untersuchungen beteiligten Firmen des BIM Clusters Kiel.

Der Firma bbp: architekten bda für die Bereitstellung des Pilotprojektes. Mein besonderer Dank gilt hier Frau Farina Bülck, Herrn Björn Bergfeld und Herrn André Rossmann, die mir bei Fragen jederzeit zur Seite standen.

Der Firma oemig + partner, vor allem durch Herrn Bernd Stark und Herrn Florian Kettner, für die freundliche Unterstützung bei diesem Projekt und für die Hilfe bei Fragestellungen.

Der IPP Unternehmensgruppe, vertreten durch Frau Ina Lang, für die Mitarbeit an dem Pilotprojekt.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, auf deren Unterstützung ich während meines gesamten Studiums in jeder Hinsicht zählen durfte und die jederzeit für mich da waren.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	2
1.1.1 BIM als Basis der integralen Planung	2
1.1.2 Entwicklungsstand International	3
1.1.3 Entwicklungsstand Deutschland	4
1.2 Ziele und Abgrenzung der Arbeit	5
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 Building Information Modeling (BIM)	6
Teil I – Allgemeine Grundlagen	6
2.1 Historie von Building Information Modeling	6
2.2 Begriffserklärung von BIM	7
2.3 Ziele der BIM-Methode	9
2.4 Vorteile durch BIM	10
2.4.1 Risiken der BIM-Methode	13
Teil II – Technologische Grundlagen	15
2.5 BIM Arbeitsweise	15
2.5.1 Dimensionen von BIM	15
2.5.2 Kategorien von BIM	16
2.5.3 Entwicklungsstufen von BIM	18
2.6 Das BIM-Modell	20
2.6.1 Anforderungen an das Modell	21
2.6.2 Die fachspezifischen Bauwerksmodelle der Projektbeteiligten	23
2.6.3 BIM-Modellierungssoftware	24

2.6.4	Modellierungsregeln für den Aufbau eines BIM-Modells	25
2.6.5	BIM-Datenaustausch.....	27
2.7	Industry Foundation Classes (IFC)	28
2.7.1	Standards und Richtlinien	28
2.7.2	Begriffserklärung von IFC	29
2.7.3	Entwicklungsstand von IFC	30
2.7.4	Vorteile des IFC-Formates	31
2.7.5	Vorstellung des IFC-Modells	32
2.7.6	Aufbau und Struktur von IFC	33
2.7.7	Aufbau und Inhalte der IFC-Objekte	34
2.7.8	IFC Subset.....	36
2.7.9	IFC Property Sets (Psets)	37
2.8	Weitere BIM-Austauschformate	38
Teil III– Organisatorische Grundlagen		39
2.9	BIM-Zieldefinitionen	39
2.10	BIM-Projektentwicklungsplan	39
2.11	Rollen und Verantwortlichkeiten	40
2.11.1	BIM-Management	41
2.11.2	BIM-Gesamtkoordination	45
2.11.3	BIM-Koordination.....	45
2.12	Randbedingungen einer BIM-Einführung.....	46
3	Prozessanalyse der konventionellen Planung.....	47
3.1	Trennung von Planung und Ausführung	47
3.1.1	Der sequenzielle Planungsverlauf	49
3.1.2	Die Folgen der Trennung von Planung und Ausführung	50
3.2	Beteiligte am Planungs- und Bauprozess	51
3.3	Unternehmereinsatzformen	52
3.3.1	Projektentwicklung mit Einzelvergabe	52
3.3.2	Projektentwicklung mit zusammengefasster, gleichzeitiger Vergabe.....	53

3.4	Planungsprozess gemäß HOAI	55
3.4.1	Übersicht der Leistungsphasen nach HOAI	55
3.4.2	Leistungsphasen 1-7 nach HOAI	57
3.5	Detaillierungsgrad der konventionellen Planung	59
3.6	Der konventionelle Informationsaustausch der Beteiligten	60
3.6.1	Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis	60
3.6.2	Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm.....	61
3.7	Probleme der derzeitigen Praxis.....	62
4	Prozessanalyse bei der Planung mit BIM.....	63
4.1	Auswirkungen von BIM auf die HOAI.....	63
4.1.1	Konfliktpunkte bei der Anwendung von BIM in der HOAI	64
4.1.2	BIM als Besondere Leistung in der HOAI.....	65
4.1.3	Integration von BIM in die HOAI-Leistungsphasen.....	66
4.1.4	BIM-Chancen in der Planungsphase	68
4.2	BIM-Prozesse	70
4.2.1	BIM-Referenzprozess	70
4.2.2	BIM-Workflows und BIM-Anwendungsfälle	76
4.3	Detaillierungsgrade bei der Planung mit BIM	77
5	Vergleich der Planungsprozessabläufe.....	81
5.1	Vergleich von 2D zu BIM (5D)	82
5.2	Fertigstellungsgrad, Detaillierungsgrad, Informationsgrad.....	85
5.3	Auswirkungen von BIM auf den Planungsprozess	88
5.3.1	Motivation und Mehrwert für die Projektbeteiligten	88
5.3.2	Aufwandsverschiebung durch den Einsatz der BIM-Methode	91
5.3.3	Veränderung der Leistungsbeschreibung	93
5.3.4	Anpassung der Vertragsgestaltung.....	94
5.4	Potentiale der Planung mit BIM.....	96
5.5	Einfluss von BIM auf die Hauptzielgrößen im Bauwesen	98
5.5.1	Kosten	98

5.5.2	Termine	99
5.5.3	Qualität.....	99
6	Anwendung von BIM in der Planung am Praxisbeispiel	100
6.1	Vorstellung des Pilotprojektes	101
6.2	Ziel der Untersuchungen	102
6.3	Ablauf der Untersuchungen	102
6.4	Fehler innerhalb eines BIM-Gebäudemodells.....	103
6.5	Solibri Model Checker	104
6.6	Analyse des IFC-Datenaustausches	104
6.6.1	Das Architekturmodell	105
6.6.2	Architekturmodellüberprüfung	106
6.6.3	Das Tragwerksmodell	108
6.6.4	Kollisionsprüfung des Koordinationsmodells	109
6.6.5	Informationsverluste beim IFC-Datenaustausch.....	111
6.7	Ergebnisanalyse	112
7	Anforderungen für die Anwendung von BIM in Planungsprozessen	114
7.1	Technische Anforderungen	114
7.2	Organisatorischen Anforderungen	115
8	Fazit.....	116
	Literaturverzeichnis	VI
	Anlagenverzeichnis.....	IX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Building Information Modeling beruht auf der durchgängigen Nutzung und verlustfreien Weitergabe eines digitalen Gebäudemodells über den gesamten Lebenszyklus	7
Abbildung 2: Links: Traditioneller Informationsaustausch zwischen den Beteiligten, rechts: Informationsaustausch bei BIM	9
Abbildung 3: Optionen der BIM Anwendung.....	16
Abbildung 4: Die BIM Maturity Ramp der britischen BIM Task Group definiert vier verschiedene Reifegradstufen.	18
Abbildung 5: BIM als gemeinsames Modell im Mittelpunkt	20
Abbildung 6: Entwicklungsschritte des IFC Modells	30
Abbildung 7: Aufbau des IFC-Objektes	33
Abbildung 8: Umfang und Verweise eines BIM-Projektentwicklungsplan (Quelle: AEC3).....	40
Abbildung 9: BIM-Projektorganigramm.....	41
Abbildung 10: Theoretische Projektentwicklung.....	49
Abbildung 11: Praktische Projektentwicklung.....	49
Abbildung 12: Prozessanalyse der konventionellen Planung nach den Leistungsphasen der HOAI.....	58
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Level of Development (LODs).....	79
Abbildung 14: Aufwandsverlagerung und Einfluss auf die Kostenentwicklung	92
Abbildung 15: Baukomplex des Unternehmens LAUKIEN	101
Abbildung 16: 3D-Gebäudemodell des Verwaltungsgebäudes.....	105
Abbildung 17: 3D-Gebäudemodell im Solibri Model Checker	106
Abbildung 18: Raum, der die Regel "Räume müssen Türen aufweisen" nicht bestanden hat.....	107
Abbildung 19: PDF-Ausdruck der Regel „Räume müssen Türen aufweisen“	107
Abbildung 20: Darstellung des Tragwerksmodells im SMC	109
Abbildung 21: Ergebnisse der Änderungen im Koordinationsmodell aus dem SMC.....	110
Abbildung 22: Links: Objektattribute einer Außenwand in Allplan, rechts: Objektattribute der gleichen Außenwand in SMC	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Internationale BIM-Standards bezogen auf die BIM-Begriffsebenen	28
Tabelle 2: Übersicht der Leistungsphasen nach HOAI 2013	56
Tabelle 3: Definition der Level of Development (LOD)	78
Tabelle 4: Zuordnung der Level of Geometry zu den Leistungsphasen	86

1 Einleitung

Die Baubranche steht vor einer neuen Herausforderung. Bauwerke werden zunehmend komplexer und ein in wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Hinsicht nachhaltiges Bauen wird gefordert. Der Wettbewerbsdruck unter den Beteiligten steigt stetig. Die strenger werdenden Vorgaben des Auftraggebers, der steigende Anteil der technischen Ausstattung sowie die wachsende Bedeutung der Betriebskosten für die Entscheidungsfindung nehmen zu, weshalb Bauherren immer häufiger die zu einem Bauwerk zugehörigen Daten von Planern und Bauunternehmen einfordern. „Die schnell fortschreitende Digitalisierung des Bauens hat zum Ziel, allen am Bau Beteiligten die Kosten- und Effizienzpotentiale des digitalen Bauens zugänglich zu machen.“¹

Die Digitalisierung ist nicht nur eine große Herausforderung, sondern insbesondere eine große Chance für die Bauwirtschaft. Es bestehen enorme Potentiale bei Qualität, Effizienz und Schnelligkeit. Beim Bau von Großprojekten kann eine frühzeitige Vernetzung, enge Kooperation und eine intensive Kommunikation aller Beteiligten sichergestellt werden. Mit Hilfe von frühzeitigen Visualisierungen verschiedener Planungsvarianten, Standardisierung von Prozessen, Herstellen von Transparenz, Kollisionsprüfungen für eine widerspruchsfreie Planung und folglich ein reibungsloser Bauablauf auf der Grundlage von computergestützten Simulationen können Bauzeiten und Baukosten erheblich reduziert werden. Um diese Potentiale in Deutschland zu heben, soll Building Information Modeling, kurz BIM, eingeführt werden.

In diesem Zusammenhang hat der Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, Alexander Dobrindt, den „Stufenplan Digitales Planen und Bauen“ Ende 2015 veröffentlicht. Mit Hilfe dieses Stufenplans soll das digitale Planen mit Hilfe der Building Information Modeling Methode, kurz BIM-Methode, bundesweit bis 2020 zu einem Standard für Verkehrsinfrastrukturprojekte gemacht werden. Es wurde eine „Reformkommission Bau von Großprojekten“ ins Leben gerufen mit dem Grundsatz: „Erst digital, dann real bauen“². Des Weiteren wurden vier Pilotprojekte zur Erprobung von BIM gestartet.

In Deutschland steht dieser Paradigmenwechsel, der nicht nur die Arbeitsprozesse innerhalb der Firma, die diese neue Technologie einsetzen will, beeinflusst, sondern auch die Zusammenarbeit mit anderen sowie vertragliche und regulative Rahmenbedingungen fordert, unmittelbar bevor. Während Deutschland derzeit noch am Anfang steht, haben sich andere Länder der neuen Methode bereits erfolgreich zugewandt.

¹ (Ernst & Sohn, 2015), Seite 54

² (BMVI, 2015)

1.1 Motivation

Die Betrachtung eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus hat in den vergangenen Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks arbeitet eine Vielzahl an Unternehmen verschiedener Fachgebiete. Im Stadium der Planung, aber auch in der Ausführung, müssen viele Beteiligte und deren Leistungen koordiniert, gesteuert und kontrolliert werden. Aufgrund der unterschiedlichen Interessen der Beteiligten kommt es zu einem fachlich, wie auch zeitlich sehr unterschiedlichen Bedarf an Informationen über das Objekt. Des Weiteren sind hohe Anforderungen an die Informationsversorgung zu stellen. Eine Wieder- und Weiterverwendung einmalig erzeugter Daten durch verschiedene Anwendergruppen ist dabei unerlässlich.

1.1.1 BIM als Basis der integralen Planung

Building Information Modeling (BIM) wird als eine wegweisende Änderung der Planungsmethode im Bauwesen angesehen. BIM ist eine vielversprechende Entwicklung in der Bauwirtschaft, die es erlaubt, die Bauwerke zuerst digital zu erstellen, bevor diese real gebaut werden. Grundgedanke dieser Methode ist ein verbesserter Datenaustausch und der dadurch erzielbaren Steigerung der Planungseffizienz durch Wegfall der aufwändigen und fehleranfälligen Wiedereingabe von Informationen. „Wenn diese Methode richtig eingesetzt wird, dann können die Entwurfsprozesse integraler und die Ausführung koordinierter und fehlerfreier umgesetzt werden und damit die Bauwerke effizient und im genauer abgesteckten Zeit- und Kostenrahmen errichtet werden.“³

Neben der Frage, ob die Technologie schon ausgereift und die Zeit schon gekommen sei um diese einzusetzen, muss sich jedoch auch mit der Frage auseinandergesetzt werden, ob mit ihrem Einsatz ein wirtschaftlicher Nutzen für die eigenen Projekte und Zwecke im Unternehmen erzielt werden kann. Anfangs dominierte die Auffassung, dass BIM sich nur für Großprojekte rechnen würde. Kleine Büros waren oft der Meinung, dass es sich für sie nicht lohnen würde und es auf jeden Fall besser wäre, weiter abzuwarten. Auch wenn die Vorteile der neuen Arbeitsweise sich bisher nicht in seriösen Prozentzahlen der Einsparungen ausdrücken lassen, steigt bei vielen Unternehmen ein starkes Interesse an dieser neuen Planungsmethode.

Mit der Einführung von Building Information Modeling in Deutschland wird die gesamte Bauwirtschaft auf eine neue Arbeitsmethode eingestellt. Für alle beteiligten Unternehmen bedeutet dies eine große, langfristig orientierte Herausforderung. BIM wirkt sich auf die Arbeitsmethode jedes Einzelnen aus, wie genau ist derzeit für viele noch schwer durchschaubar.

³ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 12

1.1.2 Entwicklungsstand International

International ist die Einführung von Building Information Modeling bereits weit vorangeschritten. Mittlerweile bestehen neben ausreichend praktischen Erfahrungen aus Pilotprojekten und Fallstudien auch BIM-Normen und Richtlinien. Des Weiteren sind die technischen Voraussetzungen für eine flächendeckende Einführung von BIM mit einer Vielzahl an Softwarelösungen gegeben. Die BIM-Methode kann in Bauvorhaben vertraglich eingefordert werden. Außerdem ist eine Verankerung der gesetzlichen Vorgaben möglich.

Vorreiter bei der Einführung von BIM sind vor allem die skandinavischen Länder. Es wurden bereits umfangreiche Machbarkeitsstudien und Pilotprojekte durchgeführt. Die Weiterentwicklung der offenen BIM-Standards trieben die Akzeptanz und die Anwendung stetig voran. „Seit 2007 in Finnland, 2008 in Norwegen und ebenfalls 2008 in Dänemark stehen entsprechende BIM-Richtlinien zur Verfügung, die die neue BIM-Methode erklären und Handlungsanleitungen für die Arbeit mit Bauwerksinformationsmodellen zur Verfügung stellen.“⁴

Auch in außereuropäischen Ländern wie beispielsweise Singapur, den USA, Australien oder Großbritannien wird BIM in die Baubranche integriert. Ein wichtiger Aspekt ist die Schlüsselrolle des Staates als größter Auftraggeber, der die BIM-Einführung strategisch lenkt. In den USA verlangen große staatliche Auftraggeber wie die General Service Administration (GSA) und das US Army Corps of Engineers (USACE) ebenfalls bereits seit mehreren Jahren die Übergabe von BIM-Modellen. Mit dem National BIM Standard wurde vom National Institute of Building Sciences (NIBS) ein Dokument veröffentlicht, das eine ganze Reihe von anderweitig definierten Standards zu BIM bündelt, unter anderem zu den Datenformaten IFC und COBie, aber auch zur formalen Spezifikation von Datenaustauschprozessen. Seit 2012 hat auch Großbritannien die Chancen von BIM als eine der wegweisenden Methoden für das gesamte Immobilienmanagement erkannt und arbeitet zielgerichtet auf die landesweite Einführung bis zum Jahr 2016 hin. „Zur Umsetzung dieses ambitionierten Zieles wurde eine BIM Task Group eingesetzt, die in umfassender Weise die Erarbeitung der notwendigen Richtlinien und Standards koordiniert.“⁵

Viele weitere europäische Länder haben Initiativen zur Umsetzung von BIM im Bausektor auf den Weg gebracht. In einigen ist die BIM-Methode für öffentliche Bauvorhaben bereits verbindlich vorgeschrieben, in anderen ist dies für die kommenden Jahre vorgesehen. Dazu zählen insbesondere Schweden, Norwegen und die Niederlande.

⁴ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 31

⁵ (Borrmann et al., 2015), Seite 14

1.1.3 Entwicklungsstand Deutschland

Deutschland ist im Vergleich zu anderen europäischen Ländern bei der verbindlichen Einführung von Building Information Modeling noch nicht sehr weit fortgeschritten. Es gibt zwar einzelne, besonders innovative Unternehmen, die BIM bereits erfolgreich einsetzen, dies jedoch größtenteils bei Projekten im Ausland oder wenn sämtliche Planungsleistungen aus einer Hand kommen und eventuell sogar der Betrieb des Gebäudes mit übernommen wird. Die Methode und die entsprechenden Werkzeuge werden erfolgreich innerbetrieblich als „*little* BIM“ eingesetzt, aber in kaum einem Bauprojekt wird BIM als eine übergreifende Methode der Projektabwicklung genutzt.

In den letzten Jahren hat sich ein Wandel in Deutschland abgezeichnet. Im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) wurde 2013 der BIM-Leitfaden für Deutschland ausgearbeitet, der bereits Vorschläge für eine deutsche BIM-Richtlinie enthält. Im Auftrag des BBSR wurde ein Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung erarbeitet. Ein Aktionsplan in Form von Handlungsempfehlungen liegt seit Juni 2015 mit dem Endbericht der „Reformkommission Bau von Großprojekten“ ebenfalls vor. Im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) wurde 2014 eine Reihe von Gremien ins Leben gerufen, um Richtlinien für die Abwicklung von BIM-Projekten in Deutschland zu entwickeln. In nunmehr sieben Arbeitsgruppen wird von den ehrenamtlichen Teilnehmern die BIM-Richtlinie VDI 2552 erarbeitet. Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) vertritt dabei die deutschen Interessen bei CEN und ISO⁶. Im Januar 2015 wurde die „planen-bauen 4.0 – Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens mbH“ gegründet. Als Gesellschafter agieren die führenden Verbände im Bausektor, darunter der Bauindustrieverband, die Bundesarchitektenkammer, die Bundesingenieurkammer, der Verband Beratender Ingenieure und der Zentralverband Deutsches Baugewerbe. Die Gesellschaft soll die Aufgaben einer BIM Task Group übernehmen, d. h. Forschungs- und Standardisierungsvorhaben initiieren und koordinieren. Ende 2015 wurde der Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ vom BMVI veröffentlicht. Dieser sieht die Digitalisierung des Bauwesens in drei Schritten vor. Nach einer Vorbereitungsphase bis 2017 und einer folgenden erweiterten Pilotphase, sollen ab 2020 die Anforderungen des *Leistungsniveaus 1* in allen neu zu planenden Projekten im Bereich des Verkehrsinfrastrukturbaus Anwendung finden.

In Deutschland fehlt es bislang an dringend benötigten Vorgaben und Richtlinien für die Abwicklung von BIM-Projekten. Jedoch lassen die jüngsten Entwicklungen eine umfassende Einführung von BIM in Deutschland für die nahe Zukunft erwarten.

⁶ CEN - Europäische Komitee für Normung, französisch Comité Européen de Normalisation,
ISO – Internationale Organisation für Normung, englisch International Organization for Standardization

1.2 Ziele und Abgrenzung der Arbeit

Das Ziel dieser Masterthesis ist die Definition von Anforderungen für die Anwendung von Building Information Modeling (BIM) in Planungsprozessen.

Es wird ein Vergleich der herkömmlichen Planung mit der BIM-Planung durchgeführt, um die Chancen und Potenziale der BIM-Methode während des Planungsprozesses herauszuarbeiten. Anhand eines Praxisbeispiels wird der Planungsprozess mit BIM analysiert. Es werden Untersuchungen zu Datenverlusten bei der Übergabe der Fachmodelle über die IFC-Schnittstelle angestellt. Abschließend soll eine Aussage getroffen werden, ob sich der zu erwartende Nutzen eingestellt hat und ob die Potentiale der BIM-Methode bereits in der Planungsphase zu erwarten sind. Auf Grundlage der Ergebnisse wird die Definition der Anforderungen vorgenommen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Als Überblick zu dieser Arbeit soll im Folgenden in aller Kürze auf die einzelnen Thementeile eingegangen und deren Inhalte in Relation zum Ziel der Arbeit gesetzt werden.

Nach einleitenden Gedanken, welche die Problemstellung der Arbeit sowie deren Ziele darstellen, werden die Grundlagen ermittelt. Die im zweiten Kapitel aufgeführten Grundlagen dienen einem besseren Verständnis von Building Information Modeling. Neben den allgemeinen Grundlagen wurden auch technische sowie organisatorische Grundlagen dargestellt, auf die im späteren Verlauf der Arbeit Bezug genommen werden. Im Kapitel 3 wird eine Analyse der Planungsprozesse der herkömmlichen Planung durchgeführt. Die Projektbeteiligten der Planungsphase werden vorgestellt und der traditionelle Informationsaustausch der Beteiligten analysiert. Der Planungsprozess wird anhand der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) entwickelt und die sich daraus ergebenden Probleme in der derzeitigen Praxis vermittelt. Die Qualität der herkömmlichen Planungsmethode wird mittels sogenannten Detaillierungsgraden beschrieben. Im darauffolgenden Kapitel 4 wird eine Prozessanalyse der Planung mit Building Information Modeling durchgeführt. Die Auswirkungen von BIM auf die HOAI werden herausgearbeitet und eine mögliche Integration der BIM-Methode in die Leistungsphasen der HOAI vorgestellt. Es wird ein BIM-Prozess näher beschrieben und die Detaillierungsgrade bei einer Planung mit BIM analysiert. Die Chancen von BIM im Planungsprozess werden abschließend veranschaulicht. Im Kapitel 5 werden die Planungsprozessabläufe der beiden Planungsvarianten gegenübergestellt. Es werden sowohl die Vorteile der BIM-Methode als auch die Risiken und Schwierigkeiten der Umsetzung betrachtet. Mit dem Kapitel 6 wird die Anwendung von BIM im Planungsprozess anhand eines Praxisbeispiels untersucht. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung werden im Kapitel 7 Anforderungen für die Anwendung von BIM in Planungsprozessen definiert. Als Abschluss der Arbeit werden die Ergebnisse in einem Fazit dargelegt und bewertet.

2 Building Information Modeling (BIM)

Teil I – Allgemeine Grundlagen

2.1 Historie von Building Information Modeling

Der Begriff BIM wurde bereits in den frühen 1970er Jahren durch universitäre Arbeiten im Bereich der Verknüpfung von grafischen und alphanumerischen Informationen und der ersten semantischen Computermodelle veröffentlicht.⁷ Chuck Eastman gilt als Pionier auf dem Gebiet der AEC- bzw. CAD- Anwendungen und begann bereits Mitte der 70er Jahre mit der Entwicklung von 3D-Modellen sowie ersten Volumen- und parametrischen Modellierungssystemen für die Bauwirtschaft. Etwa zur gleichen Zeit wurden erste Grundlagen zur parametrischen Beschreibung von Bauteilen für Computerprogramme geschaffen und der Begriff BIM wurde mit dem Produktmodell, im englischen Product Information Model, eingeführt. „Obwohl das Konzept, strukturierte Produktdatenmodelle für den Datenaustausch zu verwenden, jedoch vorwiegend im Fahrzeug-, Flugzeug- und Maschinenbau eingesetzt wurde, so wurde dieses Konzept bald auch auf das Bauwesen übertragen.“⁸

Der Begriff Building Information Modeling wurde erstmals 1992 in einem Paper der Wissenschaftler van Needervan und Tolman verwendet. Eine weit größere Verbreitung erlangte der Begriff jedoch erst nach seiner Verwendung durch die Firma Autodesk im Jahr 2003. In den letzten zehn Jahren haben innovative Planungsbüros, Baufirmen aber auch insbesondere Bauherrn den praktischen Einsatz von BIM in Bauprojekten als Pilotprojekte getestet. „Die Ergebnisse dieser Pilotprojekte waren für die Bauherrn und die beteiligten Firmen insgesamt sehr positiv, so dass daraus weitere reale Bauprojekte, die mit der BIM-Methode geplant und schrittweise ausgeführt wurden, folgten.“⁹

Die technologischen Voraussetzungen sind weitgehend geschaffen und erste BIM-Richtlinien sowie Leitfäden für die Anwender wurden bereits veröffentlicht. Doch die Akzeptanz von BIM im internationalen Vergleich ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. Länder, wie beispielsweise Norwegen, Finnland, Dänemark und die USA haben BIM längst etabliert und sind Vorreiter im Vorantreiben der neuen Planungsmethode. In Deutschland befindet sich BIM noch in den Anfängen. „Während einzelne, besonders innovative Planungsbüros und Baufirmen BIM bereits konsequent einsetzen, steht in Deutschland die flächendeckende Einführung noch bevor.“¹⁰

⁷ Vgl. (Hausknecht & Liebich ,2016), Seite 40

⁸ a. a. O

⁹ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 42

¹⁰ (Borrmann et al., 2015), Seite 1

2.2 Begriffserklärung von BIM

Im Allgemeinen wird unter dem Begriff Building Information Modeling (BIM) eine Planungsmethode im Bauwesen verstanden, die auf der Idee einer durchgängigen Nutzung eines digitalen Gebäudemodells über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks – vom Entwurf, über die Planung und Ausführung bis zum Betrieb des Gebäudes.¹¹ In Abbildung 1 ist der Anwendungsbereich von BIM über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes dargestellt.

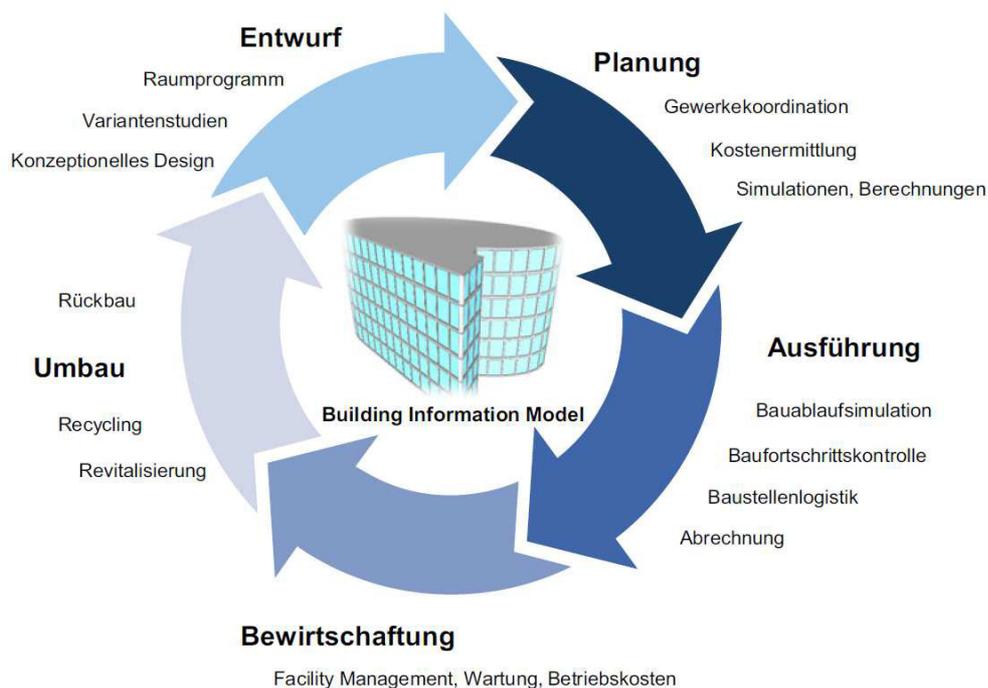


Abbildung 1: Building Information Modeling beruht auf der durchgängigen Nutzung und verlustfreien Weitergabe eines digitalen Gebäudemodells über den gesamten Lebenszyklus¹²

In der Literatur wird der Begriff BIM jedoch vielseitig verwendet und eine einheitliche Begriffsdefinition konnte sich bisher nicht durchsetzen. Eine der meist genannten Definitionen in der Literatur stammt aus der amerikanischen BIM-Richtlinie *National Building Information Modeling Standard (NBIMS)*:

„Building Information Modeling (BIM) ist eine Methode im Bauwesen, die das Erzeugen und Verwalten von digitalen Abbildungen der physikalischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks beinhaltet. Die Bauwerksmodelle stellen dabei eine Informationsdatenbank rund um das Bauwerk dar, um eine verlässliche Quelle für Entscheidungen während des gesamten Lebenszyklus zu bieten; von der ersten Vorplanung bis zum Rückbau. [...]

¹¹ Vgl. (Borrmann et al., 2015), Seite 1

¹² a. a. O.

2 Building Information Modeling (BIM)

Eine grundlegende Voraussetzung von BIM ist die Zusammensetzung der am Bau Beteiligten über die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus einer baulichen Anlage, um die gemeinsam zur Verfügung stehenden Bauwerksinformationen, aus der Sicht des jeweiligen Beteiligten, zu erstellen, auszuwerten, zu ändern oder zu aktualisieren.¹³

Des Weiteren existieren im Zusammenhang mit BIM verschiedene Bedeutungsebenen, die nachfolgend kurz erläutert und für eine erfolgreiche Umsetzung benötigt werden:¹⁴

- Building Information Modeling Software
parametrische, drei- oder mehrdimensionale und bauteilorientierte Erstellungs- und Auswertungssoftware für die BIM-Modelle
- Building Information Model
digitale Bauwerksmodelle, die bauteilorientiert alle fachlich inhaltlichen Bauinformationen integrieren; mittels der BIM-Software werden dann einzelne BIM-Fachmodelle erstellt
- Building Information Modeling
Methode der integrierten Planung und Bauvorbereitung unterstützt durch Erstellung, Austausch und gemeinsame Nutzung von BIM-Modellen
- Building Information Management
strategische und projektbegleitende Steuerung der Prozesse und der Durchgängigkeit der Planungs- und Ausführungsinformationen mittels BIM-Methoden

Zusammenfassend ist Building Information Modeling (BIM) eine computergestützte Methode zur Erstellung und Nutzung eines Gebäudes mithilfe eines objektorientierten virtuellen Gebäudemodells mit all seinen Bestandteilen und Eigenschaften. Es handelt sich um ein umfassendes digitales Abbild eines Bauwerks mit großer Informationstiefe. Die große Anzahl der am Projekt Beteiligten bringt eine Vielzahl an unterschiedlichen Schnittstellen mit sich. Diese Schnittstellen sind potentielle Fehlerquellen. Missverständnisse in der Kommunikation unter den beteiligten Gewerken führen zu Fehlern. Bei der traditionellen Bauweise (ohne BIM), werden die meisten Planungsfehler erst in der Ausführungsphase auf der Baustelle erkannt. Die Behebung dieser Fehler führt zur Verschiebung des Fertigstellungstermins und Überschreitung der Budgetgrenzen. BIM kann helfen, diese Fehler frühzeitig zu erkennen und die Zusammenarbeit deutlich zu verbessern.

¹³ Der Fachausschuss der Vereinigten Staaten „National Building Information Model Standard Project Committee“ (NBIMS) beschäftigt sich mit Fragen zu BIM und Standardisierung für den openBIM-basierten Datenaustausch

¹⁴ Nach (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 48

2.3 Ziele der BIM-Methode

Der Informationsaustausch der Projektbeteiligten untereinander findet üblicherweise auf direktem Weg statt. Der Kommunikationsweg ist gewöhnlich nur bedingt strukturiert und geregelt. Des Weiteren treten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks Informationsbrüche durch die fehlerhafte Weitergabe von Daten auf. Der traditionelle Informationsaustausch führt zu höheren Informationsverlusten und dazu, dass die beschreibenden Informationen von der nachfolgenden Partei im größeren Umfang neu interpretiert werden müssen. Missverständnisse und eine erhöhte Fehlerquote resultieren aus diesem Verfahren.

Mittels BIM werden hingegen alle Daten zentrisch vorgehalten und gepflegt, um sie stets auch dort abrufen zu können. Jede Information ist somit lediglich einfach vorhanden. Absprachen werden notwendiger, Redundanzen und Fehler im Projekt nehmen ab. In der Abbildung 2 ist links der traditionelle Informationsaustausch und rechts der Informationsaustausch mit BIM dargestellt.

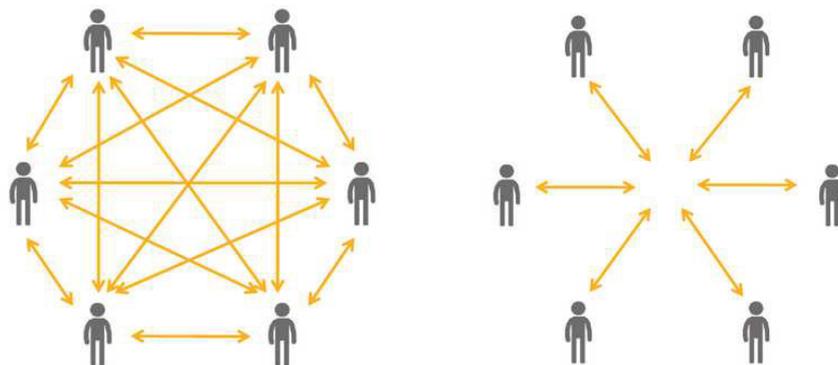


Abbildung 2: Links: Traditioneller Informationsaustausch zwischen den Beteiligten, rechts: Informationsaustausch bei BIM¹⁵

Mit Hilfe dieser Methode soll eine Prozessoptimierung stattfinden, welche die Defizite im Bereich des Informationsaustausches unter den Beteiligten sowie die Fortschreibung der Bauwerksdaten bzw. deren Aktualisierung optimieren soll. Hauptziel von Building Information Modeling ist die Einführung eines integrierten Planungsprozesses unter Einbeziehung aller relevanten Daten des Bauwerks. Mit Hilfe eines gemeinsamen Modells können alle Projektbeteiligten jederzeit auf die Bauwerksinformationen zugreifen. BIM soll zudem die Prozesse in allen Lebenszyklusphasen, angefangen bei der Konzeption, über die Planung, Ausführung bis hin zum Betrieb und schließlich der Verwaltung eines Bauwerks unterstützen und verbessern. Dadurch wird die Zusammenarbeit der Beteiligten maßgeblich verbessert und Datenverluste oder die Mehrfacheingabe von Daten stark verringert bis vermieden.

¹⁵ (Przybylo & e.V., 2015), Seite 2

2.4 Vorteile durch BIM

Durch die Einführung von Building Information Modeling wird ein neues Optimierungsniveau erreicht, denn der Fokus liegt bei einer höheren Planungs-, Termin- und Kostensicherheit, die durch die Transparenz über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks entsteht. Es vereinfacht das Risikomanagement und ermöglicht, die Planungsqualität und die industriellen Fertigungsprozesse besser zu kontrollieren¹⁶. Es ergeben sich neben der gesamtwirtschaftlichen Bedeutung für die Baubranche viele Vorteile für die Beteiligten, sowohl auf der Bauherrenseite als auch für die Projektbeteiligten. Im Folgenden werden die wichtigsten Vorteile hervorgehoben.

Kommunikation

Mehrfacheingaben sowie Datenbrüche durch die Nutzung verschiedener Beteiligter werden durch die verbesserte Kommunikation der Projektbeteiligten vermieden. Die Informationen werden strukturiert abgelegt und ermöglichen eine Standardisierung der Prozesse sowie eine teilautomatisierte Prozessbearbeitung. Folglich entsteht eine verbesserte Datenaktualität und Datenqualität.

Zusammenarbeit

Die Projektbeteiligten verschiedener Fachdisziplinen arbeiten an einem zentralen Modell und können die erstellten Daten konsequent weiternutzen. Dadurch wird die Effizienz der Bauplanung gesteigert und Kosten sowie Zeit können eingespart werden. Die neue Vertragsgestaltung mit BIM vertieft den partnerschaftlichen Ansatz.

Transparenz

BIM bietet durch die Visualisierung von Planungsvarianten schon bei Planungsbeginn erhebliche Vorteile. Durch das in sich konsistente Modell mit konsolidierten BIM-Daten können frühzeitige und belastbare Entscheidungsfindungen erzielt werden. Das erhöht die Kostensicherheit, da Nachträge durch geänderte Anforderungen vermieden werden können. „Struktur, Kosten und Termine werden aufgrund der BIM-Modelle allgemeinverständlich darstellbar, Planungsänderungen können klar kommuniziert und in ihrer Auswirkung auf Qualität, Kosten und Termine überprüft werden.“¹⁷ 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.

¹⁶ Vgl. (Egger et al., 2013), Seite 25

¹⁷ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 52

Qualitätssteigerung

Durch die hohe Qualität und Transparenz der Projektinformationen können Fehlplanungen vermieden und Informationsverluste reduziert werden. Eine Neuerfassung der Daten ist nicht notwendig. Die vollständige Dokumentation aller Informationen der verschiedenen Beteiligten erzielt eine insgesamt bessere Informationstiefe. Durch die hohe Anzahl an Informationen und die umfassende Bauwerksbeschreibung können unterschiedliche Datenquellen nun besser verlinkt, Informationen zielgerecht übertragen und Berechnungen durchgeführt werden. Ein BIM-Modell ermöglicht es, den Umfang der vorliegenden Informationen visuell schnell zu erfassen und mit den entsprechenden Werkzeugen nachvollziehbar zu prüfen. Alle Pläne werden direkt aus dem Modell abgeleitet und sind damit automatisch untereinander widerspruchsfrei. Kollisionsprüfungen zwischen verschiedenen Fachmodellen sichern die kollisionsfreie Planung und Koordinationsmodelle erlauben es, die Mängelverfolgung eindeutig nachzuvollziehen. Die damit verbundene hohe Planungsqualität hilft, Risikoaufschläge zu vermeiden und die Gefahr umfangreicher Nachträge zu reduzieren.

Einsparungspotential

Wird BIM frühzeitig in den Planungsprozess integriert, so entsteht ein erhöhtes Einsparungspotential. Durch die frühzeitige Betrachtung des Lebenszyklus eines Bauwerks kann die modellbasierte Simulation der Planungs- und Baukosten eine Kostenoptimierung bewirken. Die Kosten zukünftiger Instandhaltungs- und Ersatzmaßnahmen ebenso wie Betriebskosten können berücksichtigt werden. Des Weiteren können Aufmaße und Bauabrechnungen durch BIM deutlich einfacher durchgeführt werden. Bei Planungsänderungen im Projekt können die Folgekosten im Gesamtprojekt durch modellbasierte, präzise Mengen- und Kostenermittlungen schneller als bei der herkömmlichen Planung ermittelt werden.

Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten können durch die frühzeitige Betrachtung eines Bauwerks über die Planungs-, Ausführungs-, Nutzungsphase bis hin zum Rückbau des Gebäudes erheblich gesenkt werden. Bei konventionellen Vorgehen werden in der Regel nur die Kosten bezüglich der Planung und Ausführung eines Gebäudes betrachtet, eine ausreichende Berücksichtigung der Kosten aus der Nutzungsphase fehlt. Da in der Nutzungsphase in der Regel sehr viel höhere Kosten entstehen als durch Planung und Bau, besteht hier ein hohes Kostensenkungspotential.

Zuverlässigkeit

Durch die enorme Informationstiefe des BIM-Modells können äußerst präzise Mengenermittlungen erstellt und Leistungsverzeichnisse für die Ausschreibung erheblich beschleunigt werden. Die Grundlage für eine zuverlässige Kostenschätzung ist damit vorhanden. Mit Hilfe von Kollisionsprüfungen und Bauablaufprotokollen können eine hohe Kosten- und Termintreue garantiert werden.

Nachhaltigkeit

„Nachhaltigkeitsnachweise und Zertifikate beruhen zu einem großen Teil auf Daten, die in einem BIM-Modell ohnehin für andere Aufgaben, wie die Mengenermittlung für Kostennachweise, enthalten sind.“¹⁸ An diesem Gebäudemodell lässt sich die Untersuchung der Energieeffizienz, die Bauablaufplanung oder die Mängelverfolgung eindeutig nachvollziehen.

Bürgerbeteiligung

Bei der Bürgerbeteiligung vermindern Visualisierungen bestehende Unsicherheiten und informieren die Bürger. Den Auftraggebern, mitentscheidenden Gremien aber auch den involvierten Bürger wird eine bessere Mitsprache bei Entscheidungen ermöglicht. Durch die Einbeziehung der Bürger wird die Projektakzeptanz erhöht und das Risiko von Bürgerprotesten und damit einhergehenden Projektverzögerungen vermieden. „Das BIM-Modell ist für Nichtfachleute aussagekräftiger als Pläne, Entwurfsideen sind besser vermittelbar, Änderungswünsche in ihren Auswirkungen genau darstellbar.“¹⁹

Branchenimage

Die derzeitige Situation im Bauwesen hat keine besonderen Anreize für die nachwachsende Generation. Der digitale Wandel in der Bauwirtschaft bewirkt jedoch einen innovativen Aufschwung mit attraktiven und zukunftsorientierten Berufsbildern und steigert das Branchenimage erheblich.

Viele der möglichen Vorteile sind davon abhängig, wie durchgängig und konsequent partnerschaftlich die Projektarbeit vertraglich verankert und durchgeführt wird.

¹⁸ (Hausknecht & Liebich ,2016), Seite 52

¹⁹ a. a. O.

2.4.1 Risiken der BIM-Methode

Mit der Einführung einer neuen innovativen Arbeitsmethode treten neben einer Vielzahl von Vorteilen auch gewisse Risiken auf, die nicht außer Acht gelassen werden sollten. Einige der wichtigsten Hindernisse der BIM-Methode werden folgend ausgeführt.

Die grundlegenden Schwierigkeiten einer BIM-Einführung sind zum einen das Bauprojekt als Unikatfertigung. Jedes Bauwerk weist einen anderen Ort der Baustelle auf und besteht aus ständig wechselnden Projektbeteiligten. Die Herstellung eines Bauwerks findet folglich stets unter verschiedenen Randbedingungen statt. Alle Abläufe, die zum Bauen notwendig sind, müssen speziell auf die jeweilige Konstruktion angepasst werden. Des Weiteren sind die Kommunikation und der Austausch von Informationen ein wichtiger Aspekt für die Einführung von BIM in die Praxis. Der Informationsaustausch wird von einem ständigen Wechsel durch neue Technologien geprägt. Mit der BIM-Methode werden neue Prozesse eingeführt und bestehende Softwarelösungen optimiert oder verändert. Oftmals bestehen auch ungleiche Vorstellungen der Projektbeteiligten, da jeder Beteiligte eigene Vorstellungen und Sichtweisen über sein Arbeitsfeld sowie der Erledigung seiner Aufgaben hat. BIM unterstützt den Prozess die unterschiedlichen Beteiligten miteinander zu verbinden, vorausgesetzt, die Beteiligten sind offen für eine neue Form der Projektabwicklung und fördern diese. Neben den grundlegenden Schwierigkeiten treten aber auch eine Vielzahl von weiteren Hindernissen auf.

Für viele Unternehmen sind vor allem die technischen Hürden ein Problem. Denn mit Einsatz der neuen BIM-Methode müssen die Soft- und Hardware der Beteiligten aktuell und leistungsfähig sein. Zwischen verschiedenen Softwareprogrammen muss ein verlustfreier Datenaustausch gewährleistet werden. Bei der Erstellung des Bauwerksmodells wird ein großes Datenvolumen erreicht, welches zentral verwaltet, gespeichert und gesichert werden muss. Um die Vielzahl an Informationen für alle Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen, muss eine zentrale, projektbezogene, virtuelle Arbeitsplattform geschaffen werden. Dort werden alle relevanten Informationen gespeichert, um schnell zugeordnet sowie gefunden werden zu können. Ein weiteres technisches Hindernis ist die Verwaltung der Zugriffsrechte und die IT-Betreuung der Plattform.

Neben den technischen Hürden werden Anfangsinvestitionen fällig. Für einen erfolgreichen BIM-Einsatz werden Anschaffungen von neuen EDV-Lösungen notwendig. Es werden hohe Anfangsinvestitionen bezüglich Software, Schulung und gegebenenfalls zusätzlichem Personal gefordert. Für das gemeinsame Arbeiten am Bauwerksmodell wird eine BIM-fähige Software sowie entsprechende Auswertungsprogramme für die Nutzung der Potentiale dieser neuen Arbeitsmethode benötigt. Des Weiteren treten neben den Anfangsinvestitionen auch laufende Kosten auf, wie beispielsweise die Administratoren des zentralen Servers sowie der Zugriffsverwaltung. Auch die Anpassung von

Geschäftsprozessen und der innerbetrieblichen Organisation bewirken einen Kostenaufwand. Für die Umstellung auf BIM-gestützte Methoden wäre es notwendig einige Veränderungen im jeweiligen Unternehmen zu veranlassen. Dabei müssten beispielsweise die Organisation der Prozesse, die Art der Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten oder auch die Wettbewerbsstruktur angepasst werden.

Im Hinblick auf die Vertragsgestaltung gibt es in Deutschland noch keine abschließende Regelung (siehe Kapitel 5.3.4). Das Baugeschehen wird derzeit durch verschiedene Verträge der Projektbeteiligten bestimmt, wie der VOB-Vertrag, der BGB-Werkvertrag oder der Architektenvertrag. BIM beeinflusst die derzeitige Vergütungsstruktur der HOAI. Die BIM-Methode bewirkt eine Verschiebung des Leistungsaufwandes (siehe Kapitel 5.3.2), so werden Leistungen aus späteren Planungsphasen in frühere Phasen erbracht. Hinzu kommt ein erhöhter Schulungsaufwand für das Verständnis der neuen Arbeitsmethode und den damit einhergehenden Softwareänderungen. Eine Anpassung der Leistungsbilder der HOAI sowie die Vergütung der BIM-Leistungen ist unabdingbar (siehe Kapitel 4.1 ff.). Des Weiteren müssen Regelungen zu der vertraglichen Verankerung von BIM in den Verträgen der Planer getroffen werden. Derzeit besteht noch keine eindeutige Zuordnung bezüglich der Haftung und des Datenschutzes in einem BIM-Modell (siehe Kapitel 5.3.4).

„Die Schaffung der Akzeptanz bei den Projektbeteiligten für BIM wird als zentrales Element für eine zuverlässige und zielführende Anwendung von BIM gesehen.“²⁰ Alle Projektbeteiligten müssen Hand in Hand arbeiten und als Ziel den gemeinschaftlichen Erfolg des Projektes im Fokus halten. Besonders kleinere Büros wehren sich gegen die hohen Anfangsinvestitionen, da sie befürchten, dass ihr geringes Projektvolumen für eine Kompensation der Anfangskosten nicht genügt. Um BIM erfolgreich in den Planungsprozess zu integrieren, müssen die vorliegenden Risiken bewältigt werden.

²⁰ (Albrecht, 2013), Seite 23

Teil II – Technologische Grundlagen

2.5 BIM Arbeitsweise

2.5.1 Dimensionen von BIM

Mit dem Begriff „BIM“ bzw. „BIM-Modell“ wird üblicherweise das dreidimensionale Gebäudemodell mit seiner grafischen Darstellung verbunden. Das 3D-Modell ist in der Bauplanung und Bauausführung unabdingbar, denn wichtige Planungsprozesse, wie beispielsweise die Kollisionsbetrachtung (Clash-Detection), können ohne virtuelle 3D-Abbildung kaum durchgeführt werden. Auch die Möglichkeit, sich innerhalb des 3D-Modells zu bewegen (Virtual Reality), ist hilfreich für eine realistische Vorstellung vom fertigen Gebäude. 3D-Darstellungen von Gebäuden gibt es nicht erst seit BIM. Doch die BIM-Methodik an sich und weitere Modellierungsebenen erhöhen den Mehrwert des BIM-Modells für die Bauplanung und -ausführung um ein Vielfaches gegenüber der konventionellen 3D-Planung:

4D-BIM erweitert das dreidimensionale BIM-Modell um die Dimension der Zeit und ermöglicht eine optimierte Visualisierung der Bauablaufplanung. Die Modellelemente werden dabei den Vorgängen eines Terminplans zugeordnet. Im Idealfall werden sowohl Soll- als auch der Ist-Termin den Bauteilen zugewiesen oder temporäre Bauhilfsmittel, wie beispielsweise dem Einsatz von Kränen, berücksichtigt.

5D-BIM ermöglicht neben dem *4D-BIM* eine Erfassung der Kosten für einzelne Bauteile und zusätzlich eine exakte Massenermittlung zu jeder Projektphase. Die einzelnen Modellelemente bilden die Basis für Mengen, die mit Preisen belegt oder verknüpft werden. So sind die Kosten bereits im frühen Stadium der Planung definiert und eine effiziente Steuerung und Beeinflussung zu einem frühen Zeitpunkt ist möglich.

6D-BIM gibt als "as-built-Modell" den finalen Stand des Gebäudes wieder, so wie es tatsächlich gebaut wurde. Dabei wird das Modell um Lebenszyklusaspekte, wie beispielsweise Produktinformationen, Wartungs- und Betriebsdokumente, Gewährleistungen oder Verträge, erweitert. „In einem allumfassenden Building Information Model sind die projektrelevanten Informationen des gesamten Prozesslaufs – Planung, Ausführung, Bewirtschaftung, Nutzung – in einem digitalen Modell enthalten.“²¹ Das 6D-BIM-Modell ist der Ausgangspunkt für einen verlustfreien Übergang vom Bau in den Betrieb des Gebäudes.

²¹ (Gasteiger ,2015), Seite 10

2.5.2 Kategorien von BIM

Bei der Betrachtung der möglichen aktuellen Anwendungsfelder von BIM und der Anpassbarkeit der Methode können zwei Optionen unterschieden werden. Zum einen die Durchgängigkeit der BIM-Anwendungen und zum anderen die Offenheit der BIM-Anwendungen im Projekt. Anhand dieser beiden Optionen wird nun eine 2x2 Matrix dargestellt, um vier unterschiedliche BIM-Kategorien zu definieren.²²

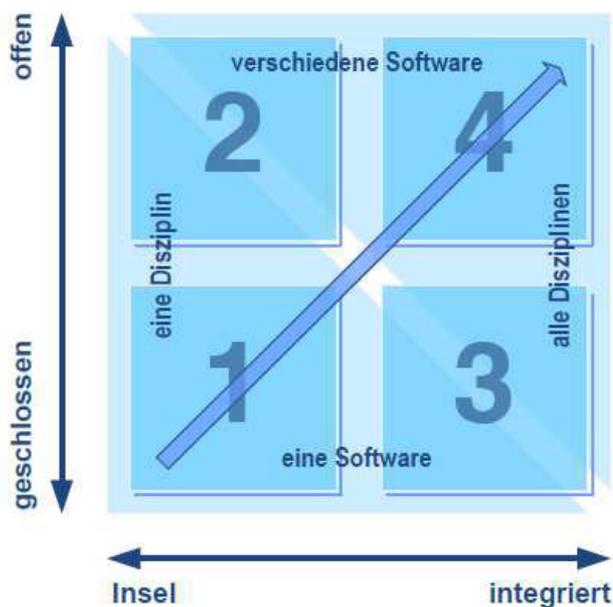


Abbildung 3: Optionen der BIM Anwendung²³

Die horizontale Achse beschreibt die Durchgängigkeit bzw. das Ausmaß einer BIM-Lösung in einem Projekt, von einer Insellösung eines einzelnen Planers hin zu durchgängigen Lösung über den Lebenszyklus im gesamten Projektteam. Auf der vertikalen Achse wird die Offenheit der BIM-Anwendungen gemessen. Angefangen bei einer geschlossenen-properitären Lösung reicht sie bis zu einer gänzlich offenen Lösung, bei der Software der unterschiedlichsten Hersteller über offene Schnittstellen eingebunden werden kann.

Bei der Einführung von BIM im Unternehmen wird im internationalen Bereich oft zwischen den Begrifflichkeiten *little bim*, *BIG BIM* sowie *closed BIM* und *open BIM* unterschieden.²⁴ Im Folgenden werden die vier Kategorien näher erläutert (siehe Abbildung 3).

²² Vgl. (Liebich, Schweer & Wernik, 2011), Seite 46

²³ a. a. O.

²⁴ Vgl. (Jernigan, 2008)

Aus diesen vier Kategorien ergibt sich folgende Matrix nach Liebich, Schweer und Wernik²⁵:

1 *little closed BIM* – geschlossene BIM-Insel

Der Anwender (Architekt, Ingenieur, Bauunternehmen, Facility Management), arbeitet in seiner Fachdisziplin intern in seinem eigenen virtuellen Gebäudemodell. Es findet kein Datenaustausch mit anderen Fachdisziplinen oder weiteren am Bau Beteiligten statt. Somit handelt es sich um ein einheitlich-proprietäres Softwareumfeld.

2 *little open BIM* – offene BIM-Insel

Der Anwender arbeitet, wie bei *little closed BIM*, in seiner Fachdisziplin mit seiner Software für sich an seinem virtuellen Modell. Im Unterschied zu *little closed BIM* stellt er seine erstellten Modelldaten nun anderen Projektbeteiligten zur Verfügung. Dafür ist ein neutrales Austauschformat, wie IFC, notwendig. Das Softwareumfeld ist auch in diesem Fall einheitlich-proprietär.

3 *big closed BIM* – geschlossene BIM-Integration

Mehrere Anwender unterschiedlicher Fachdisziplinen arbeiten mit virtuellen Gebäudemodellen sowohl intern als auch in einer vertraglich koordinierten Zusammenarbeit gemeinsam in einer Softwarefamilie mit BIM. Die BIM-Modelle werden innerhalb dieser Softwareumgebung zu einem gemeinsamen Koordinationsmodell zusammengeführt. Jedoch handelt es sich nach wie vor um ein einheitlich-proprietäres Softwareumfeld.

4 *big open BIM* – offene BIM-Integration

Mehrere Anwender unterschiedlicher Fachdisziplinen arbeiten intern, aber auch disziplinübergreifend, an virtuellen Gebäudemodellen mit BIM. Aufgrund der verschiedenen Softwareapplikationen entsteht ein heterogenes Softwareumfeld. „Daher ist eine Zusammenfassung der einzelnen Fachmodelle zu einem gemeinsamen Modell zwecks Koordinationsplanung im Gegensatz zu *big closed BIM* nur über ein neutrales Austauschformat – open BIM – möglich.“²⁶ Diese Kategorie verspricht den größten Mehrwert der BIM-Methode und ist somit wünschenswert für die BIM-Einführung in der deutschen Bauwirtschaft.

²⁵ Nach (Liebich, Schweer & Wernik, 2011)

²⁶ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 45

2.5.3 Entwicklungsstufen von BIM

„Die Bauindustrie kann den Umstieg auf die durchgängig modellgestützten Arbeiten im Sinne von BIG Open BIM nicht in einem Zug bewältigen, stattdessen ist eine schrittweise Einführung dieser neuen Technologie sinnvoll.“²⁷ In diesem Zusammenhang wurde in Großbritannien die Einführung der BIG Open BIM-Methode in vier Stufen (Level 0 bis Level 3) vorgesehen. Die britische BIM Task Group führte ein sogenanntes BIM-Reifegradmodell (eng. BIM Maturity Model) ein, welches die vier verschiedenen Level der Umsetzung von BIM definiert (Abbildung 4).

Die BIM Task Group hat die Koordination für die Erarbeitung der Richtlinien und Standards in Großbritannien übernommen und wird diese in Zukunft weiter aktualisieren. Seit April 2016 wird für alle öffentlichen Bauvorhaben eine verbindliche Nutzung des BIM Level 2 vorgeschrieben. Ziel ist die Reduzierung der Kosten öffentlicher Bauvorhaben um 15 bis 20 Prozent. Im nächsten Schritt wird das Level 3 mit der Umsetzung des BIG Open BIM angestrebt. Die BIG Open BIM-Methode steht für die Verwendung eines zentralen Datenmodells über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks und den Einsatz von ISO-Standards für den Datenaustausch und die Beschreibung der Prozesse. Mit der Umsetzung des BIM Level 3 wird Großbritannien Vorreiter der BIM-Methode sein.

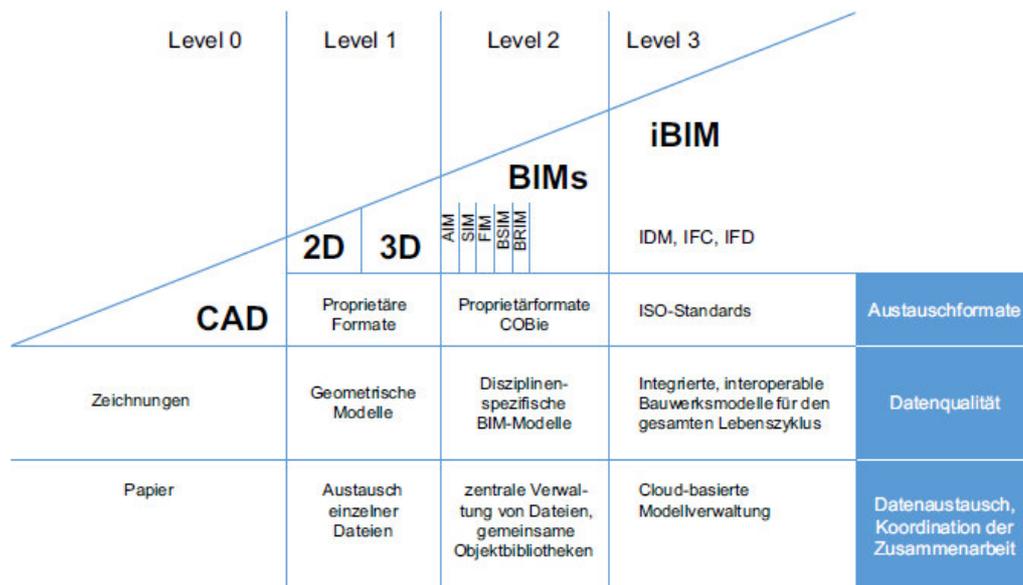


Abbildung 4: Die BIM Maturity Ramp der britischen BIM Task Group definiert vier verschiedene Reifegradstufen.²⁸

²⁷ (Borrmann et al., 2015), Seite 9

²⁸ (Borrmann et al., 2015), Seite 10, Diagramm nach Bew und Richards 2008

Im Folgenden wird kurz auf die einzelnen Bedeutungen der BIM Level eingegangen:

Level 0

beschreibt die konventionelle Arbeitsweise mit 2D-CAD und den Austausch von papiergedruckten Plänen oder in einigen Fällen, digital über PDF.

Level 1

ist der erste Schritt von BIM, es werden 3D-Modelle für kritische Bereiche des geplanten Gebäudes, die mit herkömmlichen 2D-Zeichnungen koexistieren, verwendet. 2D und 3D können hier auch schon zu einem gewissen Maße miteinander verlinkt sein, müssen sie aber nicht. Der Datenaustausch geschieht durch das Versenden einzelner Dateien, eine zentrale Projektplattform existiert nicht.

Level 2

ist das erste richtige BIM und sieht die Nutzung von BIM-Software zum Erstellen digitaler Gebäudemodelle vor. Hier werden die Dateien miteinander verlinkt und Daten von anderen Projektbeteiligten werden integriert. Die Daten werden innerhalb des Projektteams regelmäßig miteinander abgeglichen, jedoch hat jeder Fachplaner sein eigenes Modell. Der Datenaustausch basiert auf dem Austausch von Dateien, es kommen herstellereigene Formate zum Einsatz. Es findet eine enge Kooperation zwischen den Mitgliedern des Projektteams statt aber auf einer eigenen ständigen Basis. Je enger diese Zusammenarbeit ist, desto näher rückt man an BIM Level 3 ran.

Level 3

sieht die Umsetzung von BIG Open BIM vor. ISO-Standards werden für den Datenaustausch und für die Beschreibung der Prozesse eingesetzt und ein integriertes digitales Modell über den gesamten Lebenszyklus verwendet. Für das Datenmanagement kommen Modell-Server zum Einsatz, die einen Zugriff über Cloud-Technologien erlauben. Alle Beteiligten arbeiten zur gleichen Zeit in demselben Modell. Dies ist aber heute aus verschiedenen Gründen nicht oder nur sehr schwer möglich. Meist wird auf einem regelmäßig aktualisierten Modell gearbeitet. Dies bedarf einem strengen Protokoll und einer guten Koordination zwischen den Beteiligten und erfordert zusätzlich einen BIM-Koordinator bzw. BIM-Manager, welcher diese Rolle übernimmt. Des Weiteren bestehen derzeit auch noch haftungs- und vertragstechnische Hürden, welche geklärt werden müssen, bevor diese auch angewendet werden kann.

2.6 Das BIM-Modell

Ein Ziel von Building Information Modeling ist die Nutzung eines gemeinsamen Bauwerksmodells, auf welches alle Fachplaner Zugriff haben und gemeinsam ein umfassendes BIM-Modell erarbeiten (siehe Abbildung 5). „Lange ging man davon aus, dass alle Projektbeteiligten auf ein einziges Bauwerksmodell zugreifen würden, das alle fachspezifischen Planungen beinhaltet.“²⁹ Mit Hilfe eines zentralen BIM-Servers würde jeder Fachplaner in seinem Bereich an dem BIM-Modell arbeiten und das Gesamtmodell erweitern und aktualisieren. Dieser Ansatz hat sich in der Praxis nicht bewährt. Technische und organisatorische Hindernisse konnten bisher noch nicht bewältigt werden. Stattdessen steht nicht ein gemeinsames Bauwerksmodell im Mittelpunkt, sondern die gemeinsam genutzten Daten. So wird zu Beginn der Planung ein Entwurfsmodell erstellt, was jeder einzelne Fachplaner in seiner fachspezifischen BIM-Software ableitet und weiter modelliert. So werden die einzelnen Bauwerksmodelle durch die jeweiligen Fachplaner unter ihrer Verantwortung erstellt. Sogenannte Koordinationsmodelle führen die einzelnen Fachmodelle dann wieder zu seinem gemeinsamen Modell zusammen.

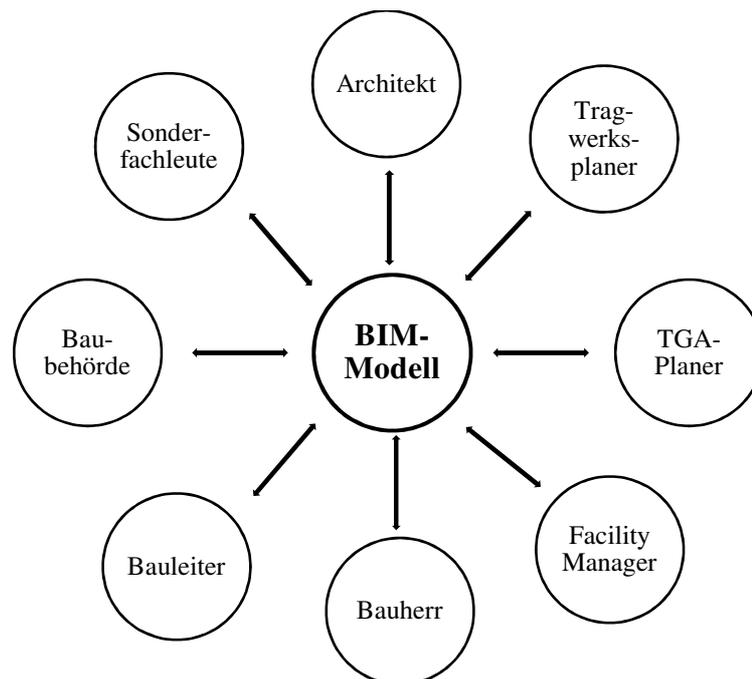


Abbildung 5: BIM als gemeinsames Modell im Mittelpunkt³⁰

Im folgenden Kapitel werden einige grundlegende Festlegungen für das BIM-Modell betrachtet sowie die Grundlagen für den Datenaustausch mittels IFC für eine spätere Betrachtung des Praxisbeispiels vorgestellt.

²⁹ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 117

³⁰ Eigene Darstellung

2.6.1 Anforderungen an das Modell

„Bauwerksmodelle müssen nicht immer dreidimensional sein, dennoch ist die geometrische Basis von BIM in den Planungs- und Ausführungsphasen ein 3D-Modell. Wichtig ist, dass sich BIM nicht auf 3D beschränkt, sondern der Fokus auf den verknüpften Informationen, den Objektattributen, liegt.“³¹ Für die Anwendung eines BIM-Modells müssen gewisse Eigenschaften gewährleistet sein, die im Folgenden kurz aufgeführt werden:

Objektorientierung

Das BIM-Modell ist ein objektorientiertes Modell, bei dem jedem eingegebenen Objekt spezielle Eigenschaften und Methoden zugeordnet werden. Diese Objekte bzw. Modellelemente werden dabei hierarchisch strukturiert. Die Gliederung der Objekte erfolgt dabei in verschiedenen Unterklassen. Hierdurch können für Objekte mit gleichen Eigenschaften gemeinsame Methoden festgelegt werden. Bei den Modellelementen handelt es sich um „intelligente Bauteile“. In den Objekten sind nicht nur geometrische Informationen des Bauteils, sondern auch semantische Informationen zu anderen Eigenschaften, wie Materialart oder Wärmeleitfähigkeit, hinterlegt. Informationen der Vererbung oder Beziehungen zwischen den Objekten führen zu einer Vielfalt an Bauteildaten, die mit Hilfe einer Bauteildatenbank in das Gebäudemodell eingefügt werden können. Diese Bauteildatenbank kann projektspezifisch angepasst werden. Die Übergabe der Datenbank in andere Projekte oder Software ermöglicht eine Wiederverwendbarkeit der eingegebenen Daten.

Aufgrund der hohen Informationstiefe der Bauteilobjekte sind diese sehr flexibel und anpassbar. Verschiedene Benutzer können auf das Datenmodell zugreifen und die Modelldaten einpflegen. Die eingegebenen Daten können direkt im Gebäudemodell oder auch in der Bauteildatenbank verändert werden. Bei Änderungen von Bauteilinformationen werden alle mit dem Bauteil verknüpften Objekte automatisch angepasst, dies ermöglicht eine schnelle Arbeitsweise und eine konsequente Aktualität der Bauwerksinformationen.

Ein wesentlicher Vorteil der Objektorientierung ist die dynamische Anpassung von Bauteilen durch die objektorientierte Datenstruktur. Beispielsweise können bei Höhenanpassungen einer Wand die Stützen im Gebäude automatisch mit angepasst werden. Dies ermöglicht eine fehlerfreie Planung und folglich eine exakte Mengenermittlung.

³¹ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 113

Volumenmodellierung

Eine wesentliche Grundlage des objektorientierten Arbeitens bilden sogenannte Volumenmodelle. Im Volumenmodell werden 3D-Körper vollständig durch die Hülle beschrieben. Für jeden Punkt im Raum kann festgestellt werden, ob sich dieser im, auf oder außerhalb eines Körpers befindet. Volumenmodelle werden für Kollisionsprüfungen, Mengenermittlungen und andere Anwendungsfälle benötigt.

Parametrische Modellierung

Die parametrische Modellierung führt die objektorientierte Modellierung mit der Volumenmodellierung zusammen. Sie ermöglicht, geometrische Modelle mit Abhängigkeiten und Zwangsbedingungen zu versehen. So entsteht ein flexibles Modell, das schnell und mit wenig Aufwand an veränderte Randbedingungen angepasst werden kann³². Dadurch können Bauteile bei Änderungen automatisch aktualisiert werden. Es ist wichtig, dass die Objekte im Modell nicht nur geometrische Informationen (Länge, Breite, Höhe), sondern auch Parameter zu deren Lage im Modell besitzen (x-, y-, z-Koordinate). Ein exakter Anschluss der Bauteile untereinander ist unabdingbar für eine fehlerfreie Modellierung und die Vermeidung von Kollisionen im Modell.

Möglichkeiten zur Datenanalyse

Sofern die vorangehend beschriebenen Modellierungen bei dem virtuellen Gebäudemodell richtig angewandt wurden, entsteht in der Summe ein intelligentes Datenmodell. Mit Hilfe des BIM-Modells werden viele Möglichkeiten zur Datenanalyse möglich, die bei der konventionellen Planung einen aufwändigen und zeitintensiven Prozess hervorrufen. Die Analyse der eingegebenen Daten ist dabei ein großer Vorteil der Planung mit BIM, da Daten einerseits nur einmal in das Modell eingegeben werden müssen, andererseits die Daten schnell und automatisch zusammengestellt und ausgewertet werden können. Im Kapitel 5.4 werden verschiedene Auswertungsmöglichkeiten aufgeführt.

Systemübergreifender Daten- und Informationsaustausch

Ein wesentlicher Vorteil eines BIM-Modells ist die integrierte Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten. Das intelligente Datenmodell ermöglicht einen schnellen Daten- und Informationsaustausch, da alle Bauwerksinformationen in einem zentralem BIM-Modell abgelegt sind und jederzeit auf dem aktuellsten Stand zur Verfügung stehen. Dieser muss softwareübergreifend mit einheitlichen Standards möglich sein, um Datenverluste oder -fehler zu vermeiden.

³² Vgl. (Borrmann et al., 2015), Seite 34

2.6.2 Die fachspezifischen Bauwerksmodelle der Projektbeteiligten

Ein gemeinsames BIM-Modell, auf das alle Projektbeteiligten zugreifen können, existiert bisher nicht. Stattdessen erstellt jeder Fachplaner sein fachspezifisches Bauwerksmodell in seinem Anwendungsprogramm. „Diese unterschiedlichen Fachmodelle werden dann zu Koordinationszwecken bei bestimmten Planungsständen zusammengefasst.“³³ Beispiele für Fachmodelle sind das Architekturmodell, Tragwerksmodell, Rohbaumodell oder das Ausbaumodell. Diese Fachmodelle können abhängig von ihrem Anwendungsfall zwei-, drei-, vier- oder fünfdimensional sein oder eine Ableitung aus sämtlichen Modellen sein, wie Tür- und Fensterlisten. „Eine weitere Einteilung der Modelle ist die Unterscheidung in Anforderungsmodelle, Bearbeitungsmodelle und Auswertungsmodelle.“³⁴ Anforderungsmodelle sind Modelle des Auftraggebers, wie das Raumanforderungsmodell, welche die Grundlage für die Planung bilden. Als Bearbeitungsmodelle bezeichnet man sämtliche Modelle, die in einer BIM-Modellierungssoftware geplant und erstellt werden, beispielsweise die fachspezifischen Bauwerksmodelle der Projektbeteiligten. Auswertungsmodelle werden auf der Grundlage der Bearbeitungsmodelle generiert. Sie dienen Simulationen, Berechnungen und weiteren Auswertungen und Ableitungen. Aus jedem einzelnen Bauwerksmodell, welches unter die Kategorie Bearbeitungsmodell fällt, können Auswertungsmodelle generiert werden.

Eine besondere Form der Auswertungsmodelle ist beispielsweise das Koordinationsmodell. Hier geht es nicht mehr um einzelne Auswertungen, sondern sämtliche Fachmodelle werden zusammengefasst ausgewertet. „Diese Zusammenfassung dient der Projektkoordination und der Kollisionsprüfung sämtlicher Gewerke sowie gemeinsamen Regelprüfungen und Auswertungen über die einzelnen Fachmodelle hinaus“³⁵ Ziel des Koordinationsmodells ist das frühzeitige Aufdecken von interdisziplinären Fehlern, die in der konventionellen Planung erst auf der Baustelle auffallen würden. Voraussetzung für das erfolgreiche Einsetzen des Koordinationsmodells ist die Einhaltung der Modellierungsvorschriften (siehe Kapitel 2.6.4). Werden bei der Zusammenführung der fachspezifischen Bauwerksmodelle Kollisionen gefunden, so können die sich daraus ergebenden Änderungen nicht direkt im Koordinationsmodell korrigiert werden, sondern in der BIM-Modellierungssoftware der Projektbeteiligten. „Eine komfortable Möglichkeit, diesen Änderungsprozess zu unterstützen, bietet das BCF-Format.“³⁶ Die Änderung aus dem Koordinationsmodell hebt das betroffene Modellelement hervor und zeigt dieses in derselben Perspektive in der Planungssoftware der Fachplaner. Zusätzlich können textliche Erläuterungen zur Änderung und Schnappschüsse übertragen werden, die es dem Bearbeiter leichter machen, die Gründe für die Änderung zu verstehen.

³³ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 121

³⁴ a. a. O.

³⁵ a. a. O.

³⁶ a. a. O.

2.6.3 BIM-Modellierungssoftware

„Auch wenn in den bisherigen Kapiteln dargestellt wurde, dass BIM eine Methode und keine Software und die Einführung von BIM eine umfassende Aufgabe und keine reine Softwarebeschaffungsmaßnahme ist, so ist jedoch die richtige kenntnisreiche Anwendung einer oder besser noch mehrerer passender BIM-Softwareprodukte eine Grundvoraussetzung des erfolgreichen Arbeitens mit BIM.“³⁷ Unter dem Begriff „BIM-Software“ wird eine neue Generation von CAD-Systemen verstanden, mittels derer die BIM-Modelle von den Architekten und Fachplanern erstellt werden. „Dabei ist die Vielfalt an Softwareprodukten, die in BIM-Prozessen genutzt werden können, sehr groß – beginnend mit BIM-Viewern, den verschiedensten Auswertungs- und Prüftools, bis hin zu Programmen der Kostenplanung und Kalkulation, der Energie- und Nachhaltigkeitsberechnungen und der Definition und Kontrolle der Raumprogramme.“³⁸

Hausknecht und Liebich haben folgende Anforderungen an eine BIM-Modellierungssoftware gestellt:

- Die Erstellung von Modellelementen (Bauteilen) als dreidimensionale intelligente und parametrisierbare Objekte mit der Möglichkeit, beliebige alphanumerische Informationen damit zu verknüpfen
- Die Fähigkeit, logische Abhängigkeiten zwischen den Modellelementen zu definieren und bei Veränderungen nachzuführen
- Das Erstellen von logischen Strukturelementen (Geschossgliederung, Anlagengliederung) und die Zuordnung der Modellelemente zu diesen Strukturen
- Die dynamische Planableitung (Grundrisse, Schnitte, Ansichten) aus dem Modell, so dass Pläne ohne großes Nacharbeiten als Dokumentation des Modells generiert werden können und jederzeit in allen Ansichtsformen nachgeführt werden
- Die Generierung von Listen, Mengenauszügen und anderen Berechnungen aus dem Modell heraus
- Die Integration von anderen BIM-Programmen über offene Schnittstellen.

Es gibt somit nicht die eine BIM-Software, sondern verschiedene BIM-fähige Softwareprogramme für die unterschiedlichen Einsatzbereiche während der Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden und baulichen Anlagen. In diesem Zusammenhang spielt die Interoperabilität, die Fähigkeit der Datenübernahme und Übergabe an andere Programme, eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 2.6.5.).

³⁷ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 67

³⁸ a. a. O.

2.6.4 Modellierungsregeln für den Aufbau eines BIM-Modells

Für die Erstellung des BIM-Modells sollte der grundsätzliche Aufbau definiert und eine Festlegung der Modellierungsregeln erfolgen. Grundsätzlich werden diese Regeln erst bei der Zusammenarbeit mit mehreren fachspezifischen Bauwerksmodellen von entscheidender Bedeutung. Allerdings ist ein Kennenlernen und frühzeitiges Umsetzen von Anfang an durchaus sinnvoll. Eine Einigung über bestimmte Modellierungsregeln sollte unabhängig von der Anzahl der Fachplaner, die modellbasiert arbeiten, erfolgen.

Die nachfolgend genannten Modellierungsvorschriften werden zu Beginn eines Projektes gemeinsam erarbeitet und festgehalten. „Eine allgemein verbindliche Festlegung im Sinne einer BIM-Richtlinie gibt es für Deutschland noch nicht.“³⁹

Einheitlicher Koordinatenursprung und einheitliche Maßeinheiten

Vor Modellierungsbeginn muss ein einheitlicher Koordinatenursprung festgelegt werden. Dieser Projektkoordinatenursprung beinhaltet eine exakte Verortung (Georeferenzierung) mit x-, y-, z-Koordinaten und Winkel zur Nordrichtung. Des Weiteren ist eine einheitliche Maßeinheit von enormer Bedeutung, um das spätere Zusammenfassen der einzelnen fachspezifischen Bauwerksmodelle zwecks Kollisionsprüfung und weiterer Auswertungen, Abstimmungen und Analysen zu ermöglichen. Mit diesem Referenzpunkt bzw. Nullpunkt müssen alle Fachdisziplinen arbeiten. Eine Änderung des Referenzpunktes in späteren Phasen des Projektes wird als nicht sinnvoll erachtet, da andernfalls ein Zusammenfassen der Fachmodelle zu einem Koordinationsmodell unmöglich wird. Einer der Vorteile des BIM-Modells sind die verschiedenen Auswertungsmöglichkeiten (siehe Kapitel 5.4), die nur durch Einhaltung der Modellierungsvorschriften durchgeführt werden können. Darüber hinaus sollte der Referenzpunkt möglichst nahe an dem zu planenden Bauwerk liegen. „Es sollten auf keinen Fall die direkten geografischen Koordinatenwerte, wie zum Beispiel die Gauß-Krüger oder EUREF Koordinaten, verwendet werden.“⁴⁰ Diese hohen Ordinatenwerte können die geometrische Integrität des Bauwerksmodells beeinträchtigen. „Zusätzlich sollten zu dem Referenzpunkt als Nullpunkt des Projektes dessen GIS-Koordinaten – geografische Länge, Breite und Höhe nach WGS84 – angegeben werden, damit eine Einfügung in ein GIS-Programm oder Stadtmodell möglich wird.“⁴¹

Strukturierung der Bauwerksmodelle

Die räumliche Strukturierung der Bauwerksmodelle wird im Hinblick auf den späteren Austausch notwendig. Im Kapitel 2.6.2 werden die verschiedenen fachspezifischen Bauwerksmodelle vorge-

³⁹ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 117

⁴⁰ a. a. O.

⁴¹ a. a. O.

stellt. Da die jeweiligen Fachdisziplinen nicht das komplette Bauwerksmodell für die weitere Bearbeitung benötigen, werden die Fachmodelle in Stockwerke, Bauteile und Bauabschnitte strukturiert. Diese Aufteilung muss sich in der Modellierung widerspiegeln. So können die Bauwerksmodelle auch geschoss- und bauabschnittsweise sowie auf die verschiedenen Projektbeteiligten zugeschnitten übergeben werden.

Erstellung der Modellelemente mit den Objekttools der BIM-Modellierungssoftware

Bauwerksmodelle bestehen aus Modellelementen. Diese Modellelemente beinhalten verschiedene Informationen bezüglich Eigenschaften, Attributen und Objektbeziehungen. Eine Modellierung mit Objekten ist für den Austausch der Bauwerksmodelle erforderlich, damit es nicht zu Informationsverlusten oder -fehlern kommt. Aufgrund dessen werden die Modellelemente mit sogenannten Objekttools, oder auch Bauteilwerkzeugen, einer BIM-Modellierungssoftware erstellt. „So ist sichergestellt, dass das Modellelement als 3D-Geometrie erstellt und dann korrekt benannt werden.“⁴² Bei der Modellierung der Modellelemente sind Duplikate und Überschneidungen zu vermeiden, damit eine genaue Mengenermittlung, Kostenermittlung und energetische Berechnungen ermöglicht werden und das Bauwerksmodell auf Kollisionen geprüft werden kann.

Konstruktionstypen/ Objekttypen

„Modellelemente mit gleichem Aufbau, gleichen Abmessungen, gleichen Funktionen und Eigenschaften, wie beispielsweise einheitliche Stützen in einem Stützensystem, müssen als ein Objekttyp/ Konstruktionstyp modelliert werden und eine Typenbezeichnung bekommen.“⁴³

Einheitliche Namenskonventionen

Für eine spätere Zusammenführung in einem Koordinationsmodell müssen Projektstandards festgelegt und vereinbarte Klassifikationen und Kataloge verwendet werden. Alle Modellelemente und weitere Inhalte müssen einheitlichen Bezeichnungen versehen werden.

Detaillierungsgrade

Modellelementen können mittlerweile sehr viele Eigenschaften zugewiesen werden. Mit Hilfe von Detaillierungsgraden wird in den jeweiligen Planungsphasen die notwendige Informationstiefe festgelegt, um ein unnötiges Anwachsen der Datenmenge zu vermeiden. Mit der Definition von Detaillierungsgraden sollen unnötige Probleme beim Zusammenfassen der Modelle und Fehler bei den Auswertungen vermieden werden. Kapitel 5.2 beschreibt die Detaillierungsgrade.

⁴² (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 118

⁴³ a. a. O.

2.6.5 BIM-Datenaustausch

Die Idee des Building Information Modeling basiert auf einer durchgängigen Verwendung eines umfassenden digitalen Bauwerksmodells als Grundlage für den Datenaustausch. Auf diese Weise wird die manuelle und fehleranfällige Neueingabe von einmal erzeugten Daten bzw. Informationen vermieden⁴⁴. In den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus eines Bauwerks kommen eine Vielzahl von unterschiedlichen Softwarelösungen zum Einsatz. Um einen möglichst verlustfreien digitalen Datenfluss im Sinne des *BIG BIM* Ansatzes zu realisieren, ist es notwendig, Interoperabilität zwischen diesen Softwareprodukten herzustellen. Ziel ist ein verlustfreier Austausch der Daten zwischen den Softwareprodukten verschiedener Hersteller. Diese Interoperabilität können nur herstellerneutrale, offene Datenformat gewährleisten.

Bisher wurden die Planungsunterlagen über DWG, das proprietäre Datenformat von Autodesk, ausgetauscht. Des Weiteren hat die Bedeutung von PDF der Firma Adobe stark zugenommen. Es wird vor allem als offenes Dokumentationsformat für Pläne genutzt. Neue Versionen von PDF unterstützen mittlerweile auch die Anzeige und Navigation von 3D-Modellen. „Diese Datenaustauschformate sind im Wesentlichen Formate zur Übertragung von Zeichnungsinhalten und darüber hinaus auch von 3D-Geometrien für die Darstellung von 3D-Modellen und teilweise auch für Kollisionsprüfungen.“⁴⁵ Diese Formate übertragen jedoch keine BIM-Inhalte. Folglich werden lediglich die Zeichnungselemente übergeben, jedoch gehen die Objektinformationen verloren. Ziel des BIM-Datenaustausches ist die sichere Übertragung von Objektinformationen. Der bisherige Zeichnungsdatenaustausch ist daher nicht, oder nur sehr eingeschränkt für die Zusammenarbeit mit BIM-Modellen geeignet. Zur Umsetzung von *BIG BIM* im Sinne der durchgängigen Nutzung hochwertiger digitaler Bauwerksinformationen ist die Nutzung proprietärer Formate nicht zielführend. Diese Datenformate sind auf spezifische Anwendungsfälle zugeschnitten und können weder der Vielfalt der Datenaustauschszenerarien im BIM-Kontext noch der benötigten Informationstiefe gerecht werden. Stattdessen hat sich bereits seit langem die Erkenntnis durchgesetzt, dass die Realisierung von *BIG BIM* nur durch die Schaffung von neutralen, offenen und standardisierten Datenaustauschformaten gelingen kann. Der Fokus dieses Datenaustauschformates liegt auf der Definition der Objekte, auch Modellelemente genannt. Ein spezielles Datenaustauschformat sind die Industry Foundation Classes (IFC). Mit IFC steht ein standardisiertes, offenes Datenformat zum hochwertigen Austausch digitaler Bauwerksmodelle zur Verfügung, das Interoperabilität ermöglicht und damit die Basis für die Umsetzung von *BIG Open BIM* bildet. Heute ist IFC das bedeutendste und am weitesten verbreitete BIM-Datenaustauschformat. Im folgenden Kapitel 2.7 wird ausführlich eine Beschreibung der Industry Foundation Classes vorgenommen.

⁴⁴ Vgl. (Borrmann et al., 2015), Seite 77

⁴⁵ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 96

2.7 Industry Foundation Classes (IFC)

In diesem Kapitel werden die für die spätere Bearbeitung des Praxisbeispiels wichtige Grundlagen der IFC-Schnittstelle vorgestellt.

2.7.1 Standards und Richtlinien

„Wichtig für die Koordination zwischen den Projektbeteiligten und die systemneutrale Vergabe von Planungsleistungen sind offene Standards und Richtlinien, die Klarheit bei der Nutzung von Schnittstellen, Modellinhalten zu bestimmen Leistungsphasen, Modellierungsvorschriften zur Erstellung auswertbarer BIM-Modell oder Handlungsanweisungen beim BIM-Management bieten.“⁴⁶ Diese offenen Standards und Richtlinien werden einerseits von Vereinen, die sich der Verbreitung von effizienteren Methoden im Bau verschrieben haben, andererseits von den Standardisierungsorganisationen auf nationaler und internationaler Ebene definiert.

Die internationale Non-Profit Organisation buildingSMART International, in Deutschland als buildingSMART e.V. aktiv, setzt sich als neutraler Verein seit Jahren für die Einführung von open BIM auf Basis offener Standards ein. „Dazu entwickelt buildingSMART International eigene Standards, die nach erfolgreichem Test gemeinsam mit der ISO als internationale Normen herausgegeben werden.“⁴⁷ Das bekannteste standardisierte Datenformat sind die Industry Foundation Classes, kurz IFC. Des Weiteren gibt es das BIM Collaboration Format (BCF) für das Nachverfolgen von Änderungsanforderungen, das Information Delivery Manual (IDM) für die Definition von Datenübergabeanforderungen sowie das International Framework for Dictionaries (IFD) für die Definition von Merkmalen. In der folgenden Tabelle sind die internationalen BIM-Standards, bezogen auf die vier Begriffsebenen von BIM, veranschaulicht. Nationale Richtlinien und Standards sind, ebenso wie die BIM-Einführung in Deutschland gegenüber anderen Ländern, noch in der Entwicklung.

Tabelle 1: Internationale BIM-Standards bezogen auf die BIM-Begriffsebenen⁴⁸

Ebene	Bedeutung	Standard	Wesentliche Inhalte
1	BIM-Software	IFC (ISO 16739) MVD BCF	Standard für den BIM-Datenaustausch Konfiguration für IFC-Schnittstellen Änderungsmanagement mit BIM
2	BIM-Modell	IDM (ISO 29481) IFD (ISO 12006)	Vorlage für Datenaustauschanforderungen Vorlage für Merkmaldefinitionen
3	BIM-Methode	IDM (ISO 29481)	Vorlage für Prozessdefinitionen (mit BIM)
4	BIM-Management	ISO 19650 (in Vorbereitung)	Standard für Informationsmanagement mit BIM

⁴⁶ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 62

⁴⁷ a. a. O.

⁴⁸ a. a. O.

2.7.2 Begriffserklärung von IFC

Für die Umsetzung von BIM in der Praxis gründete sich 1995 die Internationale Allianz für Interoperabilität (IAI), eine internationale Non-Profit Organisation, die sich 2003 in buildingSMART unbenannt hat. Ihr ist es gelungen, ein herstellerunabhängiges Datenformat zur umfänglichen Beschreibung von Bauwerksmodellen zu schaffen, das den Namen Industry Foundation Classes (IFC) trägt.

Mit Hilfe dieser IFC-Schnittstelle können Gebäudeinformationen vollständig und verlustfrei zwischen entsprechend zertifizierten Softwarelösungen ausgetauscht werden. Somit steht das komplette Gebäudemodell als Basis für die Planung und Berechnung der Gewerke zur Verfügung. Alle maßgeblichen Gebäudeinformationen werden als Objekte beschrieben. Alle Programme, die diesen Standard unterstützen, sollen diese Objekte auch wieder als solche interpretieren. Alle Planer arbeiten jederzeit mit einem realistischen Datenmodell des tatsächlichen Objektes inklusive aller verfügbarer Informationen. BIM-Daten stehen darüber hinaus während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zur Verfügung, Betrieb, Facility Management und Umbau inbegriffen.

„Der Vorteil eines neutralen Datenformates liegt zum einen darin, dass sich dadurch die beim Datenaustausch und der Konvertierung in ein anderes Dateiformat zwangsläufig entstehenden „Reibungsverluste“ wenn auch nicht ganz vermeiden, so doch auf ein Minimum reduzieren lassen.“⁴⁹ Zum anderen besteht für alle Projektbeteiligten die Möglichkeit, die für sie passende Software frei zu wählen, sofern diese über eine entsprechende IFC Schnittstelle verfügt. „Mit den Industry Foundation Classes (IFC) steht ein umfassendes und standardisiertes Datenformat für den herstellerneutralen Austausch von digitalen Gebäudemodellen zur Verfügung.“⁵⁰ Das IFC-Format ist ISO-zertifiziert und unter der ISO/PAS 16739 eingetragen. Mit der derzeitigen Version IFC 4 stellt es erstmalig einen eigenen ISO Standard dar.

„In den vergangenen Jahren hat sich das IFC-Format als das Format schlechthin für die Realisierung von Open BIM etabliert.“⁵¹ Das offene Format verspricht die Lesbarkeit der entsprechenden Dateien auch nach sehr langer Zeit. Dies ist besonders bei der Lebensdauer von Gebäuden äußerst wichtig, die in der Regel mehrere Jahrzehnte beträgt. Momentan liegt der Schwerpunkt des IFC-Datenmodells auf der Beschreibung von Gebäuden. Erweiterungen zur Abbildung von baulichen Anlagen des Infrastrukturbereichs befinden sich aber bereits in der Entwicklung.

⁴⁹ (Allplan, 2015), Seite 10

⁵⁰ (Borrmann et al., 2015), Seite 83

⁵¹ a. a. O.

2.7.3 Entwicklungsstand von IFC

Die Abbildung 6 stellt einen Überblick über die historische Entwicklung der Spezifikationen des IFC-Produktmodells dar. Die Entwicklung der IFC begann im Jahr 1997 mit der Spezifikation IFC 1.0. Bei den Versionen IFC 1.5 (1998) und IFC 2.0 (1999) handelte es sich um Prototypen, die von einigen Softwareherstellern bereits umgesetzt wurden, jedoch kaum in realen Projekten Verwendung fanden. Da die Qualitätssicherung der IFC 2.0 Spezifikationen aufgrund von Zeitzwängen bei der Entwicklung nicht ausreichend sichergestellt werden konnte, wurde bereits im Jahr 2000 die Entwicklung der Nachfolgeversion IFC 2x beschlossen. Mit der Einführung von IFC 2x (2000) war die erste Konsolidierung und Qualitätssicherung abgeschlossen. Die Version IFC 2x2 (2003) führte vor allem viele Erweiterungen zur Unterstützung verschiedener gebäudetechnischer und struktureller Aspekte, wie etwa die Definitionen für Elektrik- und Installationsarbeiten ein. Zusätzlich wurden erstmals 2D-Elemente sowie detailliertere Darstellungsinformationen über Shading und Oberflächeneigenschaften unterstützt.

Der wirkliche Durchbruch in der praktischen Anwendung von IFC wurde dann mit der Version IFC 2x3 (2006) und dem dafür entwickelten Zertifizierungsprogramm erreicht. Diese Version vereinigte alle Vorgänger und verbesserte außerdem die Qualität bezüglich Dokumentation und Kompatibilität. Es wurde damit zur breiten Basis sämtlicher darauffolgender Versionen und ist bis heute die am häufigsten Verwendete.

Die aktuellste Version IFC 4 (2013) führte mehrere neue Features ein sowie eine Neuüberarbeitung und Verbesserung der bis dahin geltenden IFC-Spezifikationen. Mit dem Entwicklungsprogramm der IFC 4 wurde die parallele Standardisierung als ISO Standard Teil des Arbeitsprogrammes und IFC 4 ist 2013 als ISO 16739 verabschiedet worden.

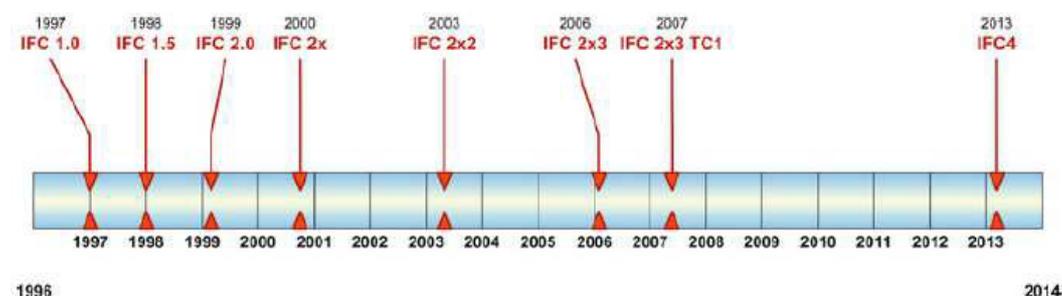


Abbildung 6: Entwicklungsschritte des IFC Modells⁵²

Die Schnittstellen von Produkten führender Softwarehersteller wie beispielsweise Nemetschek, Graphisoft, Solibri oder Autodesk basieren auf den Spezifikationen der IFC 2x Plattform.

⁵² (Borrmann et al., 2015), Seite 85

2.7.4 Vorteile des IFC-Formates

Wie in Kapitel 2.4 bereits erläutert, bietet Building Information Modeling eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber der konventionellen Planung. Der Einsatz eines herstellunabhängigen Datenformates für den Austausch der Bauwerksinformationen ist unabdingbar. Denn nicht nur die Einführung einer neuen Arbeitsmethode, sondern auch eines neuen Austauschformates bringt eine Vielzahl an Vorteilen mit sich. Der Einsatz von IFC eröffnet der Bauwirtschaft und den Nutzern die Möglichkeit, einen durchgehenden Planungsprozess bis hin zur Bewirtschaftung des Gebäudes sicher zu stellen. Folglich resultiert daraus eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, wenn alle projektspezifischen Daten in einem gemeinsamen Modell vorhanden sind.

Bisher war der Austausch von Gebäudedaten allenfalls nur über wenige, firmenspezifische Schnittstellen möglich. Diese Schnittstellen sind nicht genormt und können nur Teile der CAD Daten von Gebäudemodellen übertragen. Folglich ist die Datenübertragung von Planungs- und Berechnungsprogrammen in der Regel unvollständig und fehlerbehaftet. Des Weiteren unterliegen die Programme einem ständigen Änderungs- oder Fortschreibungsrhythmus, der vom Anwender nicht gesteuert werden kann. Unterschiedliche Datenformate und Versionsstände sind das Resultat im Projekt. Aufgrund von Inkompatibilität gehen Daten verloren und müssen zeitaufwändig und mühevoll neu erfasst und nachgebildet werden.

Mit Einführung der standardisierten IFC-Schnittstelle wird als Grundlage das sogenannte Objektmodell geschaffen. Ziel ist Vermeidung von Reibungsverlusten im Prozess. Der Hauptvorteil bei der Verwendung von IFC gegenüber anderen Dateiformaten ist, dass die BIM-Informationen bei der Datenübertragung erhalten bleiben. Der Arbeitsfluss wird somit verbessert und Mehrfacheingaben vermieden. Das hat eine höhere Qualität der Planung und Konsistenz der Daten zur Folge. Die IFC-Methode basiert auf sogenannten Objekten, die Formen, Parameter und Attribute sowie Beziehungen und Interaktionen mit anderen Objekten enthalten. Diese Objekte werden in Form einer Bauteilbibliothek aus vordefinierten Elementen zusammengesetzt. So bleibt beispielsweise das Modellelement Wand beim Export eine Wand und behält auch nach dem Öffnen der IFC-Datei in einer anderen Applikation alle zuvor eingestellten 2D- und 3D-Informationen bei. Das IFC-Protokoll bewahrt nicht nur die vollständige geometrische Beschreibung in 3D, sondern kennt auch die Objektposition und die Beziehungen sowie alle Eigenschaften (oder Parameter) jedes Objekts.

2.7.5 Vorstellung des IFC-Modells

Die IFC sind ein Datenmodell zur Beschreibung der Informationen eines Bauprojektes von der Planung über die Ausführung bis zur Nutzung des Gebäudes. Es ermöglicht die gemeinsame Datennutzung zwischen den Beteiligten am Bauprozess über die Grenzen der Fachdisziplinen hinweg. IFC beruhen auf dem Prinzip der Objektorientierung und beinhalten somit Objekte in Form einer Bauteilbibliothek aus vordefinierten Elementen. Zu jedem Objekt bzw. Klasse gehört dabei neben seiner Bezeichnung eine Auflistung der möglichen Parameter und Eigenschaften, die es besitzen kann sowie die Funktionen und Interaktionen in Bezug zu anderen Objekten aus der Bibliothek. Des Weiteren schließen sie wichtige nicht-geometrische Daten wie Kosten, Prozesse, Klassifikationen und Verweise auf externe Kataloge und Dokumente mit ein. Im Unterschied zu anderen Austauschformaten ist IFC sowohl ein Format zum Austausch von Geometrie als auch ein Format zum Austausch von Gebäudestrukturen, Objektlisten, Kosten, Zeitplänen und vielen weiteren Informationen. Damit ist IFC nicht auf CAD-Systeme beschränkt, sondern kann auch von anderen Softwareprogrammen der Bauindustrie eingesetzt werden. Entscheidend hierfür ist der Umgang von IFC 2x mit intelligenten Objekten. Dieses für alle Objekte gleiche Schema bietet den Vorteil, dass relativ leicht neue Elemente hinzugefügt werden können um die Bibliothek zu erweitern. Hieraus entsteht ein sehr komplexes Objektmodell mit über 700 Klassen (in der Version IFC 4).

Im Gegensatz zum heutigen Verfahren, welches auf Plänen, Excel-Listen, Datenblättern und separaten Datenbanken beruht und viele Medienbrüche verursacht, hält das IFC-Modell die Daten konsistent in einer Gebäudedatenbank. Programme, die den IFC Standard unterstützen, können Gebäudemodelle, die der Architekt oder Fachplaner entworfen hat, in dieser neutralen Objektbeschreibung exportieren und beim Import auch wieder als solche interpretieren. Die IFC stellen dem Anwender somit ein programmübergreifendes, "intelligentes" Datenmodell zur Verfügung. Dieses kann als eine Datenbank für Bauwerksmodelle genutzt werden, z.B. als Modellserver. Häufiger jedoch wird dieses Datenmodell als die Spezifikation der IFC Schnittstelle eingesetzt, um Bauwerksinformationen zwischen zwei IT-Systemen zu übertragen.

Während der Planung muss darauf geachtet werden, dass in das Modell nicht traditionelle Strichzeichnungen eingefügt werden. Die Bauteile müssen als Objekte definiert werden. Inzwischen sind in fast allen Konstruktionsprogrammen Bauteilfunktionen (z.B. für Wände, Türen, Stützen, etc.) integriert, damit eine objektorientierte Gebäudeplanung möglich wird. Die Gebäudemodelle haben dann verschiedene Anforderungen in der jeweiligen Projektphase. Im Anhang 1 sind die Mindestanforderungen an die Entwurfsphase beispielhaft für die Entwurfsphase des Architekturmodells abgebildet.

2.7.6 Aufbau und Struktur von IFC

Die dem IFC Format zu Grunde liegenden Strukturen basieren auf dem Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP). STEP ist in der ISO 10303 definiert und in erster Linie kein Dateiformat, sondern eine Vorgabe für den Aufbau von Dateien, mit denen geometrische Elemente übertragen werden können. Darin werden die einzelnen Elemente und (Architektur-) Bauteile des Gebäudemodells sowohl physisch als auch funktional beschrieben. Diese Beschreibung umfasst folglich die Geometriewerte und die dem Bauteil angehängten und innewohnenden Eigenschaften (sogenannte PSets) sowie die Wechselwirkung mit anderen Objekten. Darüber hinaus definiert der Standard aber auch den Prozess, also den Lebenszyklus der Objekte, die durch Interaktion mit anderen Bauteilen innerliche Veränderungen erfahren können, die sich dann wiederum auf ihre Eigenschaften und Attribute auswirken.

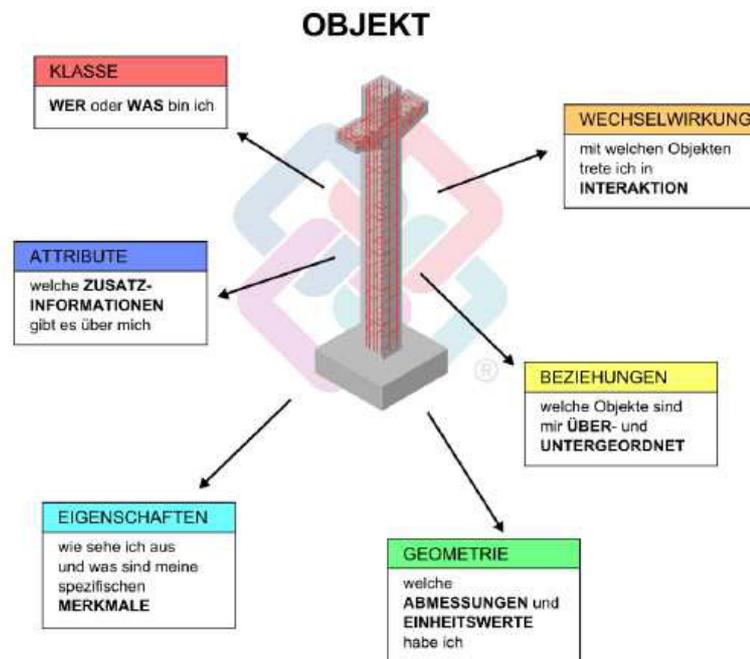


Abbildung 7: Aufbau des IFC-Objektes⁵³

Als Beschreibungssprache des IFC-Datenmodells dient die Datenmodellierungssprache EXPRESS, die im STEP-Standard⁵⁴ Teil 11 definiert ist. Über den objektorientierten Ansatz dieser Modellierungssprache ist die Abbildung von Klassen und Klassenbeziehungen, Objekten mit entsprechenden Eigenschaften, Vererbungsregeln und Integritätsbedingungen möglich. EXPRESS erschafft somit die Objekte mit zugehörigen möglichen Eigenschaften und Attributen, die zueinander in Beziehung gesetzt werden und miteinander interagieren können.

⁵³ (Allplan, 2015), Seite 18

⁵⁴ STEP (Standard for the exchange of product model data) beschreibt einen genormten Standard für den Austausch von Produktdaten. STEP ermöglicht einen softwareübergreifenden Datenaustausch in der 2D-Modellierung.

2.7.7 Aufbau und Inhalte der IFC-Objekte

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Grundlagen für den Aufbau und die Inhalte von IFC-Objekten vorgestellt. Allerdings würde eine ausführliche Darstellung der Datenstruktur von IFC den Umfang und die Zielrichtung dieser Arbeit überschreiten.

Aufgrund der großen Informationstiefe ist das IFC-Modell sehr umfangreich und komplex. In Folge dessen ist die Datenstruktur von IFC in hierarchische Modellebenen gegliedert, die sich in vier Schichten, im englischen *Layer*, gliedern. Diese Layerstruktur regelt die Informationstiefe der IFC-Objekte. Der Inhalt der IFC-Objekte lässt sich grob in Klassen, Attributen, Beziehungen und Wechselwirkungen einteilen.

Bauteile, welche gleiche Eigenschaften aufweisen, werden zu Klassen zusammengefasst. Die Klasse beschreibt die Struktur und das Verhalten gleichartiger Objekte und stellt somit eine Art Schablone zur Erzeugung dieser Objekte dar. Derzeit weist die Version IFC 4 über 700 Klassen auf. Aus diesen Klassen instanziierte Objekte (beispielsweise eine Wand) werden IDs zugewiesen. Über die Zuteilung einer GUID (Globally Unique Identifier) ist die eindeutige Identifizierung über die gesamte Lebensdauer des Bauteils gewährleistet. Die GUID, auch unter dem Namen UUID (Universal Unique Identifier) bekannt, kommuniziert und basiert auf einem Algorithmus, welcher eine global eindeutige Nummer errechnet.

Die Attribute bilden die Eigenschaften bzw. Zustandsmerkmale eines Objektes ab. Sie beschreiben somit die Objektstruktur, seine Bestandteile und die in ihnen enthaltenen Informationen bzw. Daten. Alle Objekte einer Klasse besitzen dieselben Attribute, jedoch individuelle Attributwerte. Attribute werden durch ihren Namen und ihren Datentyp beschrieben, welcher den Wertebereich des Attributes definiert.

Neben den Attributen spielen die Beziehungen zwischen Objekten eine entscheidende Rolle. Diese werden durch Vererbungen abgebildet. Vererbung bedeutet, dass eine spezialisierte Klasse (auch Unter- oder Subklasse) über Eigenschaften (Attribute) einer oder mehrerer allgemeiner Klassen (auch Ober- oder Superklasse) verfügen kann und diese erbt. Unterklassen besitzen somit in der Regel zusätzliche Informationen. Sie stellen Spezialisierungen dar und sind von Oberklassen abgeleitet. Im Gegensatz dazu sind Oberklassen Generalisierungen der Unterklassen. Durch das Konzept der Vererbung kann im objektorientierten Modell ein hierarchisches Klassifikationsschema definiert werden.

Neben den Beziehungen der Objekte werden auch die Wechselwirkungen, d.h. die Interaktionen zwischen den Objekten, definiert. Auf die Inhalte der IFC-Objekte wird im Praxisbeispiel weiter eingegangen.

2 Building Information Modeling (BIM)

Bei der IFC-Schnittstelle werden typischerweise folgenden Informationen übertragen⁵⁵:

- Projektinformationen, Projekteinheiten, geografische Lage
- Gebäudestruktur (Liegenschaft, Gebäude, Geschoss, Raum)
- Anlagenstruktur (Anlage, Teilanlage, Komponente, Raum)
- Gruppierung (Zone, Räume und freie Gruppen)
- Modellelemente (Bauelemente, Komponenten, Einrichtungen) mit
 - 3D-Geometrie, Darstellung (Farbe) und Layerzuordnung
 - Abmessungsparameter (für Standardbauteile)
 - Material und Materialaufbau (Schichten)
 - Eigenschaftssätze (freie Attribute)
 - Klassifikation (Elementtyp, Verweis auf externer Klassifikation)
 - Ggf. Elementstruktur (Untergliederung in Teilelemente)
 - Ggf. Feature (Öffnungen und Aussparungen)
 - Zuordnung zur Gebäude- und Anlagenstruktur.

Mit diesen Informationen werden die wesentlichen Bestandteile, Ordnungsstrukturen und Inhalte von BIM-Fachmodellen übertragen. Beispielhaft werden die Beziehungen, Attribute und Eigenschaften der Klasse *IfcWall* aufgeführt:

Beziehungen (Relations)

- Geschossbezug (ContainedInStructure)
- Öffnungen (VoidsElements)
- Anschlussbauteile (Connections)

Elementeigenschaften (PsetWallCommon)

- Außen- oder Innenwand (IsExternal)
- U-Wert (ThermalTransmittance)
- Aussparung (WithClipping)
- Statisch tragend (LoadBearing)
- Feuerwiderstandsklasse (FireRating)
- Schallschutzklasse (AcousticRating)
- Brandabschnittsdefinierend
(Compartmentation)

Geometrieattribute (BaseQuantities)

- Dicke (Width)
- Länge (Length)
- Höhe (Height)
- Fläche (Area)
- Volumen (Volume)

⁵⁵ Nach (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 105

2.7.8 IFC Subset

Beim Austausch von Daten als BIM-Modell über das IFC Format werden im Normalfall alle darin enthaltenen, sowohl geometrische als auch alphanummerische Informationen übergeben. Je nach Fachrichtung wird jedoch nicht das Komplettpaket im vollem Umfang benötigt, sondern lediglich die für den Fachplaner relevanten Informationen. Anschlussprogramme der Fachplaner können in der Regel die für sie irrelevanten Informationen zudem gar nicht lesen oder auswerten. Daher lassen sich aus dem Gesamtpaket für die Übertragung einzelne Untergruppen, sogenannte Subsets, ausgliedern. Die Informationen werden „gefiltert“ und für die spezifischen Anwendungsfälle optimiert. Zum einen reduziert sich dadurch die Datenmenge, zum anderen kann die Verarbeitungsgeschwindigkeit innerhalb der Anschlussprogramme erhöht werden. Momentan existieren innerhalb des Gesamtformates IFC drei im wesentlichen verwendete „Untermengen“, die je nach Zweck und Art des Datenaustausches und demzufolge je nach zu übergebener Information zur Anwendung kommen:

IFC Coordination View

In der CoordinationView werden alle Bauteile und (Architektur-)Elemente als 3D-Volumenkörper abgebildet und sind mit ihren verfügbaren Kennwerten und Attributen enthalten. Abgebildet und unterstützt werden neben der Projektstruktur zum einen die Architektur- und zum anderen die TGA-Komponenten, also beispielsweise Wände, Stützen, Unterzüge sowie Rohre, Kanäle, Schalter usw. für die Haustechnik. Alle Elemente erhalten bei der Übertragung eine eindeutige ID und können mit beliebig vielen zusätzlichen Informationen versehen werden.

IFC StructuralAnalysisView

Für die Tragwerksplanung und Dimensionierung, also das Erstellen und Berechnen von Stabwerksmodellen oder das Ermitteln von Momenten-Linien und Kräfteverläufen gibt es dagegen mit dem Subset StructuralAnalysisView eine eigene Untergruppe, in der die Elemente in einer völlig anderen Form beschrieben und dargestellt werden. Hier sind die Auflagerbedingungen, statische und dynamische Lasten sowie zu berücksichtigende Sicherheitsbeiwerte usw. enthalten.

IFC FMHandOverView

Die Liegenschaftsverwaltung und Bewirtschaftung von Immobilienbeständen und Gebäuden erfolgt in der Regel anhand einer Datenbank, die entweder keine oder lediglich wenige grafische Informationen enthält. Die für diese so genannten CAFM-Programme relevanten Kennwerte können als eigene Untergruppe aus dem Gesamtmodell abgeleitet werden. Dieses Subset beinhaltet neben der räumlichen Gliederung analog zur hinterlegten Struktur jeweils die zugehörige Ausstattung in Form von Tabellenblättern und Datenbanksätzen.

2.7.9 IFC Property Sets (Psets)

„Jedem (Architektur-)Element lassen sich je nach Informationsdichte und Zweck beliebige Attribute und Eigenschaften zuweisen.“⁵⁶ Dabei werden einige Modellelemente in Eigenschaftsgruppen, sogenannten *Property Sets* oder kurz *Psets*, zusammengefasst. Jedes Modellelement besitzt ein eigenes allgemeines Eigenschaftspaket, welches unterschiedlich viele Attribute enthalten kann. „Einzelne Bauteile, vor allem die Ausbauelemente Türen, Fenster und Räume, besitzen darüber hinaus noch weitere vordefinierte Attributgruppen, etwa für die Glaseigenschaften oder spezifische Herstellerinformationen. Diese Gruppierung bietet eine zusätzliche Strukturierung des umfangreichen kompletten Attributsatzes und ermöglicht daher eine bessere Übersichtlichkeit über alle notwendigen und zu vergebenden Bauteilinformationen.“⁵⁷

Grundsätzlich kann zwischen zwei Arten von *Psets* unterschieden werden. Unveränderliche (statische) Eigenschaften sind innerhalb des Datenmodells als unmittelbare Unterklasse definiert. Veränderliche (dynamische) Eigenschaften werden je nach Bedarf außerhalb des Datenmodells definiert und durch zusätzliche Vereinbarungen ergänzt. Veränderliche Eigenschaften werden verwendet, wenn diese nur für einen kleinen Anwenderbereich von Interesse sind.

„Der Umfang und Inhalt der *Psets* kann je nach Art und Komplexität der Objekte recht unterschiedlich ausfallen. Im Speziellen für Architektur-Elemente sind jedoch einige der möglichen Eigenschaften generell notwendig, um daraus ein IFC Objekt zu machen. Sie sind daher in (fast) jedem *Pset* vertreten. Diese Eigenschaften sind:

- Objekttyp („Reference“)
- Umbaukategorie („Status“)
- Tragfähigkeit („LoadBearing“)
- Lage Innen/Außen („IsExternal“)
- Feuerwiderstand („FireRating“)
- Schallschutz („AcousticRating“)

Sie sind jeweils im „allgemeinen Eigenschaftspaket“ vorhanden, dazu können beliebig viele weitere Eigenschaften in Form von Attributen hinzukommen.“⁵⁸

Im BIM-Kompendium der Firma Allplan ist eine Liste von Attributen und *Psets* veröffentlicht. Im Anhang 2 sind beispielsweise die Geometrieattribute als Überblick beigefügt.

⁵⁶ (Allplan, 2015), Seite 19

⁵⁷ a. a. O.

⁵⁸ a. a. O.

2.8 Weitere BIM-Austauschformate

Neben der offenen Schnittstelle IFC können noch weitere Datenformate im systemübergreifenden Datenaustausch, mit den jeweiligen Einschränkungen, eingesetzt werden. Die herstellereigenen Formate *.dwg und *.dgn erlauben auch die Übertragung von 3D-Elementen und einiger assoziierter Eigenschaften. „Insbesondere bei der Kollisionsprüfung, wenn das Hauptaugenmerk auf der 3D-Geometrie liegt, genügen diese oft den Anforderungen, auch wenn weiterführende Informationen, wie Stockwerke oder Anlagen, die zur selektiven Kollisionsprüfung genutzt werden können, nicht unterstützt sind.“⁵⁹ Für BIM ist dieses Datenaustauschformat jedoch nicht optimal nutzbar.

Im Bereich der energetischen Berechnungssoftware ist die Schnittstelle *green building XML (gbXML)* verbreitet. Mit Hilfe dieser Schnittstelle wird ein optimiertes Gebäudemodell definiert, welches auf einer auf Flächen reduzierten Geometriebeschreibung beruht. Dabei werden die ursprünglichen Volumenkörper wie Wände und Decken zwischen thermischen Zonen als Flächen für die thermische Übergangsfläche dargestellt. Diese Darstellung entspricht der Modellbildung energetischer Berechnungssoftware.

Die Schnittstelle *CityGML* wird als offenes Austauschformat für die Städteplanung genutzt. „Virtuelle Stadtmodelle, in denen Gebäude und geographische Informationen in 3D visualisiert werden können, werden zunehmend für die Stadtplanung, das Stadtmarketing und andere Anwendungsfälle genutzt.“⁶⁰

Eine besondere Rolle hat das *BIM Collaboration Format (BCF)*. „Es ist kein eigentliches Datenaustauschformat, sondern überträgt Nachrichten zwischen BIM-Software, wie Fehlerprotokolle, Änderungsanforderungen oder Ergebnisse von Kollisionsprüfungen.“⁶¹ Derzeit bieten eine Reihe von Softwareprogrammen bereits BCF entweder direkt oder über kleine *Plug-Ins* an. Die Informationen, die BCF in der Version 1.0 überträgt, sind der Name und eine eindeutige ID. BCF und IFC arbeiten dabei zusammen. Mit der IFC-Schnittstelle werden die Fachmodelle zur Koordination übertragen, die dabei gefundenen Mängel werden in der Koordinationssoftware identifiziert, Schnappschüsse vom Bildschirm angefertigt und eine Nachricht gegebenenfalls mit dem Lösungsvorschlag verfasst. Die eindeutigen IDs der IFC-Objekte, die mit übertragen werden, sind auch in der BIM-Software, in der das Fachmodell erzeugt wurde, gespeichert. Damit kann die Software die Objekte farblich markieren, eine vergleichbare Kameraperspektive einstellen und die Nachricht zur Überarbeitung anzeigen. BCF ist somit die Änderungswolke für BIM-Modelle. An der Version 2.0 von BCF wird derzeit gearbeitet.

⁵⁹ (Egger et al., 2013), Seite 76

⁶⁰ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 110

⁶¹ a. a. O.

Teil III– Organisatorische Grundlagen

2.9 BIM-Zieldefinitionen

Bei der Einführung von BIM in Unternehmen als auch in Bauprojekten müssen zuerst die Ziele, die damit erreicht werden sollen, geklärt werden. „Diese sind sowohl vom Anspruch der Projektbeteiligten, als auch von dem aktuellen Stand der Erfahrung abhängig.“⁶² Bei der Festlegung der BIM-Ziele sollte nach dem Grundsatz „So viel BIM, wie für den Projekterfolg nötig, nicht so viel BIM, wie möglich“ entschieden werden. „Für eine erfolgreiche Umsetzung von BIM in Bauprojekten ist eine rechtzeitige Absprache zwischen den Bauherrn als Besteller der Leistung und den Planern und ausführenden Firmen als Leistungserbringer notwendig.“⁶³

Vor Projektbeginn ist der Bauherr für die Definition der BIM-Ziele und der Projektanforderungen verantwortlich. Ohne vollständige Angaben der BIM-Ziele können keine Modelle in der gewünschten Qualität erzeugt und Informationen entsprechend genutzt werden. Der Bauherr ist aber nicht nur für die BIM-Ziele und die Projektanforderungen zuständig, sondern auch für die Vorgabe der gewünschten Informationstiefe (siehe Kapitel 4.3). Die BIM-Ziele sind zwingend vertraglich zu verankern, am besten auf Basis eines BIM-Projektentwicklungsplans (siehe Kapitel 2.10). Gibt der Bauherr keine Anwendung von BIM vor, so kann der Generalplaner für die beauftragten Fachplaner oder der Generalübernehmer für seine Subunternehmer die BIM-Methode im Projekt festlegen.

2.10 BIM-Projektentwicklungsplan

„Wenn BIM büroübergreifend im Sinne des BIG BIM eingesetzt werden soll, und wenn der Auftraggeber BIM als die Methode zur Projektentwicklung ausschreibt, empfiehlt es sich immer, die Abstimmung zwischen den Projektbeteiligten über die Anwendung von BIM vorab schriftlich festzuhalten und im Projektlauf gegebenenfalls zu konkretisieren.“⁶⁴

Grundlage einer BIM-basierten Projektentwicklung ist die Rücksprache der Projektbeteiligten mit dem Auftraggeber über die Ziele der BIM-Anwendung, die Organisation der Verantwortlichkeiten, die Festlegung der wesentlichen Prozesse und Auswertungen, die mit BIM umgesetzt werden sollen, die Definition und Kontrolle der geforderten Qualität sowie über die verwendeten Softwaretechnologien und Formate. Diese Angaben werden in einem sogenannten BIM-Projektentwicklungsplan (BAP) festgehalten.

⁶² (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 173

⁶³ a. a. O.

⁶⁴ a. a. O.

Der BIM-Projektentwicklungsplan (im englischen BIM Execution Plan) ist ein Dokument, das die Grundlage einer BIM-basierten Zusammenarbeit festlegt. Er legt die Ziele, die organisatorischen Strukturen und die Verantwortlichkeiten fest, stellt den Rahmen für die BIM-Leistungen und definiert die Prozesse und Austauschforderungen der einzelnen Beteiligten. Der BIM-Projektentwicklungsplan sollte Vertragsbestandteil zwischen Bauherrn und Projektteilnehmern werden. Im Folgenden werden die Inhalte des BIM-Projektentwicklungsplans kurz vorgestellt.

Der BIM-Projektentwicklungsplan definiert damit die Ziele, organisatorische Strukturen und Verantwortlichkeiten. Er stellt also den Rahmen für das „was“, die BIM-Leistungen als definierte Fertigstellungsgrade der digitalen Bauwerksmodelle, und das „wie“, die Prozess- und Austauschforderungen der einzelnen Beteiligten, dar. In seiner Anwendung fördert der BIM-Projektentwicklungsplan die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten und erhöht die Transparenz für das Planungsteam und den Auftraggeber. Aber auch das ausführende Team profitiert durch eine klar festgehaltene Dokumentation, beispielsweise bei einem Personalwechsel oder einer Projektunterbrechung.

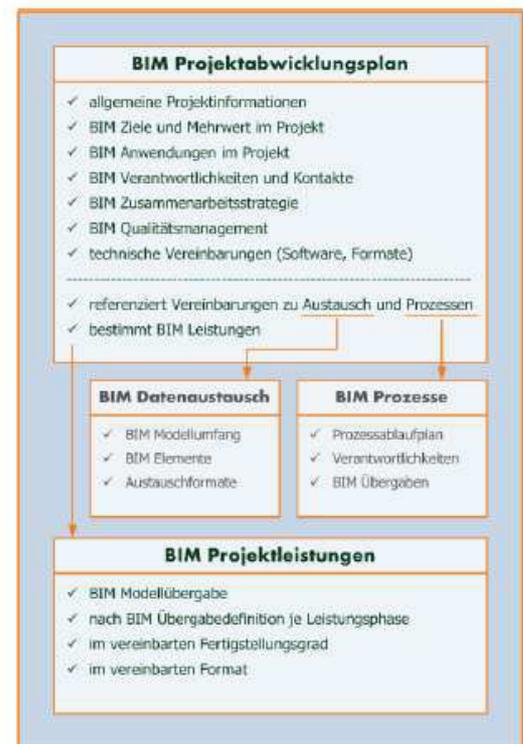


Abbildung 8: Umfang und Verweise eines BIM-Projektentwicklungsplan (Quelle: AEC3)

2.11 Rollen und Verantwortlichkeiten

„Ziel einer BIM-Einführung sollte es sein, vorhandene Software, etablierte Prozesse und existierende Erfahrungen weitestgehend zu nutzen und den Projekterfolg nicht durch eine gleichzeitige, radikale Umstellung in allen Bereichen zu gefährden.“⁶⁵ Eine Umstellung und insbesondere ein Umdenken bezüglich der Strukturierung von Informationen bzw. Daten wird dennoch erforderlich, um eine projektweit modellbasierte Zusammenarbeit zu ermöglichen. Mit der Einführung von BIM wird eine hohe Zahl an Informationen zwischen unterschiedlichen Beteiligten koordiniert. „Um die Qualität dieser Informationen sicherzustellen, ist diszipliniertes Vorgehen und Zusammenarbeiten der einzelnen Beteiligten notwendig.“⁶⁶

⁶⁵ (Borrmann et al., 2015), Seite 238

⁶⁶ (Egger et al., 2013), Seite 30

Aufgrund der Wiederverwendung von Informationen und Teilautomatisierung wird gegebenenfalls eine Veränderung der konventionellen Prozessabläufe notwendig. „In Anbetracht der Vielzahl von Projektbeteiligten mit ihren etablierten, sehr unterschiedlichen Arbeitsweisen, Softwarewerkzeugen und separaten Fachmodellen ist die Koordination der Informationsverwaltung eine sehr komplexe Aufgabe.“⁶⁷ Folgende Abbildung zeigt ein Projektorganigramm mit den jeweiligen BIM-Rollen. Die Aufgaben der einzelnen Rollen werden näher erläutert.

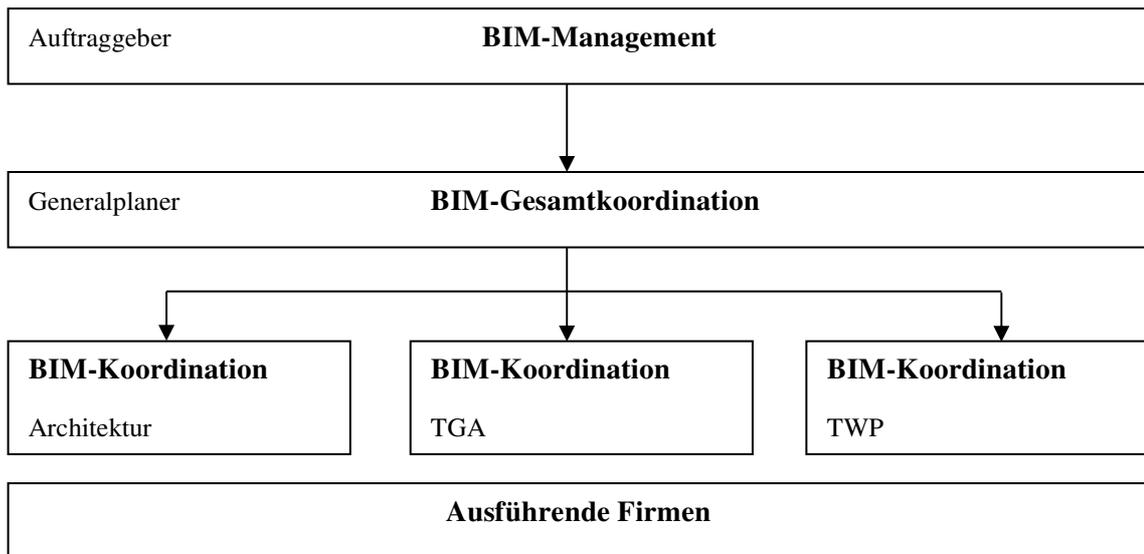


Abbildung 9: BIM-Projektorganigramm

2.11.1 BIM-Management

Im BIM-Prozess werden neue Aufgabenbereiche identifiziert, die mit der Rolle des BIM-Management abgedeckt werden. Der Umfang und die Ausprägung des BIM-Managements können sehr unterschiedlich sein. „Dies hängt unter anderem von der Projektgröße und den BIM-Zielen, den BIM-Erfahrungen, den organisatorischen Randbedingungen sowie den Leistungsphasen ab.“⁶⁸ Dabei bestehen bereits vergleichbare Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten in der klassischen Planungsmethode, wie z.B. Projektsteuerer und Berater.

BIM-Manager

Das BIM-Management ist für die Einhaltung der gesteckten BIM-Ziele über die gesamte Entstehungsphase des Projektes wichtig. In diesem Zusammenhang hat sich der BIM-Manager als eigenständige neue Rolle herausgebildet. Diese ist einerseits dringend erforderlich und kann andererseits aufgrund des Aufgabenumfanges und der technischen Komplexität nicht durch im Projekt bereits vorhandenes Personal übernommen werden.

⁶⁷ Vgl. (Borrmann et al., 2015), Seite 238

⁶⁸ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 174

2 Building Information Modeling (BIM)

Der BIM-Manager erstellt und vereinbart die BIM-Strategie mit dem Bauherrn, definiert die vertraglichen Anforderungen und gewährleistet die Einhaltung und ständige Weiterentwicklung der BIM-Projektstandards an die momentane Leistungsphase. Das Anforderungsprofil des BIM-Managers ist dabei technischer und organisatorischer Natur, wobei nicht jede geforderte Qualifikation immer durch eine konkrete Person eingebracht wird. Zwar kann in einem überschaubaren Projekt das BIM-Management durch eine Person geleistet werden, bei größeren Projekten oder unter einem strengeren Terminplan sollte das BIM-Management jedoch von mehreren Personen mit speziellen Qualifikationen wahrgenommen werden. Zu den Anforderungen technischer Rollen zählen Qualifikationen und Spezialisierungen im Software-technischen Bereich (Datenbankmanagement, Programmierung, vertiefte fachspezifische Softwareanwendungen). Bei den organisatorischen Rollen (Koordination, Management, Projektsteuerung) spielen BIM-Wissen, Projekterfahrung und Kommunikationsfähigkeit eine große Rolle.

Die Aufgaben eines BIM-Managers sind vielfältig. Sie betreffen die projektbezogene Konzeption, Einführung, Koordination und laufende Unterstützung der modellbasierten Datenkommunikation. Dabei verschieben sich die Schwerpunkte der Arbeitsinhalte entlang der Projektlaufzeit. Zu Beginn des Projekts analysiert der BIM-Manager den Informations-, Kommunikations- und Koordinationsbedarf für das Projekt. Zusammen mit den Projektbeteiligten legt er fest, welche spezifischen Aufgaben im Projekt mithilfe des Bauwerksmodells unterstützt werden sollen. So bekommen alle Beteiligten eine klare Vorstellung über die Ziele der BIM-Nutzung. Zusammen mit den Projektbeteiligten definiert der BIM-Manager die BIM-Prozesse, die verwendete Software, Schnittstellen, Aktualisierungszyklen, den Umfang und Detaillierung des Modells, die Modellstruktur und die zu verknüpfenden Informationen. Er stellt einen Interessenausgleich zwischen den Beteiligten bzgl. Aufwand und Nutzen im Sinne der vorab definierten BIM-Ziele und -Anwendungsfälle her und harmonisiert die Zusammenarbeit im Projekt.

Neben der Koordination der Projektbeteiligten ist er für die Überprüfung der Leistungserbringung verantwortlich. Die erbrachten Leistungen werden hinsichtlich der getroffenen Regelungen kontrolliert und interdisziplinäre Kontrollen werden durchgeführt. Es werden Maßnahmen zur Sicherstellung der Datenqualität getroffen und Prozesse und Intervalle zur Datenzusammenführung und -aktualisierung festgelegt. Das Modell wird hinsichtlich seiner Qualität kontinuierlich kontrolliert. Mit Hilfe von Kollisionsprüfungen werden Fehler der Fachplanungen und Duplikate im Modell verhindert.

Durch seine gestaltende, steuernde und unterstützende Tätigkeit begleitet er Projektteilnehmer dort, wo BIM eingesetzt wird und bündelt das Wissen über die BIM-Arbeitsabläufe im Projekt.

„Das Anforderungsprofil eines BIM-Managers setzt sich aus Erfahrung in der Gestaltung von Bauplanungsprozessen, spezifischem IT-Wissen und praktischen Fertigkeiten der Softwarebedienung sowie der Führungskompetenz im Sinne von Koordination und wissensvermittelnder Hilfestellung zusammen.“⁶⁹ Folgende Anforderungen sind somit zu nennen:

- Architekt oder Bauingenieur mit Berufserfahrung in der Abwicklung von Bauprojekten mit entsprechendem Verständnis von Prozessabfolgen, Informationsbedarf und Verantwortlichkeiten
- 3D-IT-Generalist mit umfangreicher Kenntnis der Konzepte zur 3D-Modellerstellung und -nutzung, der fachspezifischen Datenmodelle und Datenformate sowie moderner Informationstechnologien und ggf. Erfahrung in der Programmierung, um Anforderungen, Möglichkeiten und Umsetzungsaufwand von BIM-Prozessen einschätzen zu können
- praktische Erfahrung in der Nutzung relevanter IT-Systeme und Softwarepakete, um diese bedienen, konfigurieren und schulen zu können
- inhaltliche Kenntnis internationaler BIM-Richtlinien, Standards und Ausschreibungen
- Zugriff auf IT-Experten und Fachanwender mit spezialisiertem Detailwissen zur fundierten Unterstützung bei komplexen Fragestellungen
- Erfahrung in der Konzeption und Durchführung von Schulungen sowie der Gestaltung von Schulungsunterlagen
- kommunikativer, teamorientiert geführter Umgang mit Menschen.

Bauunternehmen als BIM-Manager

Hierfür ist zunächst anzunehmen, dass das Bauunternehmen auch Planungsleistungen mit übernimmt (z.B. Totalübernehmer), da bekanntlich bei einer Einzelgewerkvergabe die jeweiligen Unternehmen mit der Ausführung einer bereits geplanten Leistung beauftragt werden. Die zentrale Position des Generalunternehmens, welches die Koordination der einzelnen Gewerke und zudem Teile der Planung bei der Aufstellung als Generalübernehmer durchführt, ist förderlich für die Aufgaben des BIM-Managers. Jedoch steigen diese Unternehmen meist nach einer erfolgten Entwurfs- bzw. Genehmigungsplanung in die Projektplanung ein, was großes Potential der BIM-Planung nicht vollkommen ausschöpft. Um die Möglichkeiten der BIM-Planung von Anfang an zu nutzen, wäre eine Beauftragung des Unternehmens bereits ab der Vorplanung bzw. schon nach der Festlegung des Bedarfs einer Baumaßnahme in der Projektentwicklung denkbar. Auf diese Art würden die Chancen und Möglichkeiten der Planung mit BIM vollkommen ausgeschöpft werden, da bereits in der Planung wichtige Lebenszykluskostenbetrachtungen mit eingebunden, die Ausführung bereits in der Planung optimiert und ein späterer Betrieb schon frühzeitig simuliert werden kann.

⁶⁹ (Borrmann et al., 2015), Seite 242

Planer als BIM-Manager

Um die Chancen der BIM-Planung effektiv auszunutzen, ist die Einbindung der Methode bereits in frühen Planungsphasen vorzusehen. Die Planer sollten bei ihrer Arbeit nicht nur eine wirtschaftliche Umsetzung der Planung, sondern auch den effizienten Betrieb des Bauwerkes mit im Blick haben. Verschiedene Varianten und Sichtweisen sind mit der BIM-Planung möglich, wie auch die Förderung der integrierten Arbeitsweise zwischen den fachlich Beteiligten. Meist vermittelt der Architekt, bedingt durch die oft angewandte Form der Generalplanung, als zentrales Organ zwischen den verschiedenen Fachplanungen und stellt seinen Bauwerksentwurf für diese bereit. Dieser könnte somit als BIM-Manager auftreten, was jedoch einen deutlichen Mehraufwand, besonders im Bereich der Administration und Kontrolle des Modells, nach sich ziehen würde. Der Architekt müsste somit, entkoppelt von der HOAI, zur Betreuung des virtuellen Planungsmodells als Dienstleister auftreten. Zu bemerken ist, dass ein auf Planungsseite aufgestellter BIM-Bevollmächtigter wahrscheinlich wirksamer ist als auf Ausführungsseite, da die Planer wesentlich früher in das Projekt einbezogen werden.

Dienstleister als BIM-Manager

Da das Managen des Building Information Modeling als eine sehr zentrale und interdisziplinäre Leistung verstanden wird, ist dies ohne weiteres auch durch einen externen Dienstleister, wie einem Projektsteuerer, möglich. Als zentraler Koordinator plant dieser das Programm für das gesamte Projekt ohne selbst Entwurfs- oder Ausführungsleistungen zu übernehmen. Ein weiterer Vorteil für den BIM-Manager wäre die Unabhängigkeit der Projektsteuerungsleistungen von der HOAI, welche die freie Vereinbarung der Honorare für den Projektsteuerer zulassen. Die ebenfalls frühe Einbindung des Projektsteuerers durch den Bauherrn ist außerdem vorteilhaft für die Beauftragung des Dienstleisters als BIM-Manager.

Bauherr als BIM-Manager

Sofern der Bauherr fachlich und personell gut aufgestellt ist, wäre dies die beste Position zur Festlegung eines BIM-Managers. Der Bauherr kennt seine Anforderungen an das Gebäudemodell für den Betrieb des Bauwerkes am besten. Die Richtlinien und Lastenhefte des Bauherren könnten als Grundlage für das BIM-Handbuch genutzt werden. Jedoch sind die meisten Bauherren in der Praxis personell ungenügend oder noch gravierender: fachlich nicht ausreichend aufgestellt. Daher bedient sich der Auftraggeber meist Externen zur Planung und Durchführung von Bauleistungen. Ein externer Dienstleister wäre wahrscheinlich die praxistauglichste Variante des BIM-Managers.

2.11.2 BIM-Gesamtkoordination

Neben dem BIM-Management gibt es den BIM-Gesamtkoordinator, der die Koordination des BIM-Einsatzes in den einzelnen Büros übernimmt und die Abläufe für das Koordinationsmodell organisiert. Er prüft und übergibt die Inhalte der digitalen Projektabwicklung an den BIM Koordinator und fungiert als primärer Ansprechpartner für Fragen zur digitalen Planung zwischen BIM-Manager und dem BIM-Koordinator. Des Weiteren trägt der BIM-Gesamtkoordinator die Verantwortung für das Bereitstellen des Koordinationsmodells, welches aus den einzelnen Fachmodellen zusammengesetzt wird und koordiniert diese gewerkeübergreifend. Es werden die erbrachten Leistungen überprüft und zur Freigabe genehmigt.

2.11.3 BIM-Koordination

Der BIM-Koordinator ist für die Erbringung und Zurverfügungstellung der BIM-Leistung seines Büros verantwortlich. Er begleitet die Zusammenarbeit und Koordination der Modellinformationen gemäß Projektrichtlinien und -anforderungen. Der BIM-Koordinator sorgt für die nötige Durchgängigkeit in dem jeweiligen Fachbereich und verantwortet die Qualitätssicherung aller Daten, bevor diese für andere Projektbeteiligte freigegeben werden. Er ist für die Qualität des bereitzustellenden Fachmodells verantwortlich und muss die Einhaltung vom BIM-Standards und -Richtlinien, Datensicherheit und Datenqualität überwachen. Insbesondere muss er sicherstellen, dass das Modell im vereinbarten Ausarbeitungsgrad zum jeweiligen Meilenstein bereitgestellt wird. Des Weiteren besitzt er ein hohes Verständnis für die BIM-Methode und koordiniert die internen Anforderungen mit den Bedürfnissen im Projekt.

Der BIM-Manager und die einzelnen BIM-Koordinatoren müssen im Laufe des Projektes eng zusammenarbeiten, insbesondere, wenn sie unterschiedlichen Unternehmen angehören. Eine abschließende Zuordnung des BIM-Managements zu den klassischen Leistungsbildern hat sich noch nicht etabliert. „Derzeit ist das BIM-Management als eine besondere Leistung anzusehen.“⁷⁰ Die Rollen des BIM-Gesamtkoordinators und der BIM-Koordinatoren können den klassischen Leistungsbildern zugeordnet werden, da die Leistungsbestandteile, wie die Koordination der Fachplaner und das Erstellen der jeweiligen Planungsunterlagen, bereits Teil ihrer Leistung sind.

⁷⁰ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 175

2.12 Randbedingungen einer BIM-Einführung

„Der Erfolg einer neuen Methode im Bauwesen hängt im Wesentlichen von den vier Randbedingungen Menschen, Prozesse, Technologie und Richtlinien ab.“⁷¹ Ziel der BIM-Einführung ist somit, möglichst alle diese Randbedingungen entsprechend aufeinander abzustimmen und langfristig zu fördern. Nur so ist eine effiziente, nachhaltige Anwendung und Nutzung der Methode möglich.

Menschen

Beteiligte Personen und Mitarbeiter werden auf neue Herausforderungen stoßen und müssen bekannte und gewohnte Arbeitsabläufe in Frage stellen. Voraussetzung für die Nutzung von BIM ist eine hinreichende Kompetenz der Projektbeteiligten. Im Ergebnis müssen etablierte Handlungsabläufe angepasst und ein höheres Fachwissen bei gleichzeitig höherer Aufgeschlossenheit gegenüber neuer Technik vermittelt werden.

Prozesse

Durch die zentrale Verwaltung von Informationen verändern sich die Prozesse vor allem in der Kommunikation und Zusammenarbeit. Eine zunehmend disziplinierte und kontinuierliche Arbeit wird so erforderlich.

Technologie

Voraussetzung für ein gemeinsames Arbeiten mit BIM ist die Kompatibilität der zwischen den Beteiligten ausgetauschten Daten. Standardisierte und herstellerneutrale Austauschformate sind für die Anwendung von BIM unverzichtbar.

Richtlinien

Neben der Definition der gemeinsamen Ziele sind klare vertragliche Regelungen, eine enge Zusammenarbeit und die teamorientierte Planung notwendig. Denn die aus dem Koordinationsmodell abgeleiteten Teilmodelle aller Beteiligten müssen in enger Kooperation entwickelt und regelmäßig auf ihre Konsistenz hin überprüft werden. Für die Organisation einer reibungslosen Kooperation werden neue Rollen und Funktionen verlangt. Des Weiteren ist die Klärung des Eigentums der zentral verfügbaren Informationen und die Haftung für die Richtigkeit der jeweiligen Modelle vor deren Weitergabe unabdingbar. Allgemeine Standards für die integrierte Zusammenarbeit müssen definiert werden.

⁷¹ (Egger et al., 2013), Seite 22

3 Prozessanalyse der konventionellen Planung

Deutsche Hochbauprojekte werden überwiegend baubegleitend geplant. Das bedeutet, dass ein Bauwerk nicht vorab in Gänze geplant wird, sondern dass noch während der Planungsphase einzelne bereits geplante Teilabschnitte in Auftrag gegeben und ausgeführt werden. Diese typische Planungsvariante wird von den meisten Baubeteiligten nicht mehr in Frage gestellt und als unausweichlich hingenommen. Die Abwicklung von Bauprojekten in Deutschland verfolgt grundsätzlich das Prinzip der Trennung von Planung und Ausführung. Demzufolge wird mit der Ausführung von Bauleistungen erst nach dem Abschluss der regelmäßig vom Auftraggeber bereit gestellten Planung begonnen. Jedoch kommt es regelmäßig während der Bauausführung zu Planungsänderungen. Dies ist unter anderem der zunehmend verbreiteten, sogenannten baubegleitenden Planung, erst im Zuge der Bauausführung erkannten Planungsmängeln sowie nutzungsbedingt gewünschten oder genehmigungsrechtlich erforderlichen Änderungen geschuldet.

In diesem Kapitel werden die Prozesse der herkömmlichen Planung, auch als konventionelle Planung bekannt, analysiert und die Trennung von Planung und Ausführung in der Praxis veranschaulicht. Grundsätzlich verfolgen die Leistungsphasen der HOAI einen sequenziellen Planungsverlauf. Anschließend werden Gründe für die derzeitige baubegleitende Planung. Die Projektbeteiligten, die im Planungsprozess involviert sind, werden näher erläutert und die heute anzutreffenden Unternehmereinsatzformen vorgestellt. In Deutschland lehnen sich die Planungsprozesse an die Leistungsphasen der HOAI an. Demnach folgt eine Vorstellung der einzelnen Leistungsphasen, auf deren Grundlage der Planungsprozess nach HOAI entwickelt wird.

3.1 Trennung von Planung und Ausführung

Das Leitbild der Bauprojektentwicklung in Deutschland wird maßgeblich durch die Vergabe- und Vertragsverordnung für Bauleistungen (VOB) geprägt. Die VOB sieht eine eindeutige Trennung von Planung und Ausführung vor. Diese Trennung findet sich auch im grundlegenden Aufbau der Honorarordnung für Architekten- und Ingenieure (HOAI) wieder. Im folgenden Abschnitt wird die Trennung von Planung und Ausführung ausführlicher untersucht, um die Problematiken des derzeitigen Planungsstandes hervorzuheben.

Die VOB ist grundsätzlich in drei Teile gegliedert. Teil A der VOB beinhaltet allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, Teil B befasst sich mit den allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen und Teil C führt die allgemeinen technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen auf. Bereits bei der Einteilung in diese drei Teile ist eine Trennung von Planung und Ausführung ersichtlich.

Im §7 Abs.1 Nr.1 VOB/A wird geregelt, dass die Bauleistungen für die Angebotsbearbeitung der potenziellen Auftragnehmer „eindeutig und so erschöpfend⁷²“ beschrieben werden müssen. Daneben ist den potenziellen Auftragnehmern die geplante Bauleistung gemäß §7 Abs.9 VOB/A in einem detaillierten Leistungsverzeichnis vorzugeben. „Diese beiden Regelungen beschreiben eine eindeutige Trennung der Planungs- und Ausführungsphase, da der Auftraggeber eine vollständige und detaillierte Beschreibung der geplanten Bauleistung vor Beginn der Vergabe der Aufträge an die ausführenden Auftragnehmer erstellt haben muss.“⁷³ Voraussetzung dafür ist die im Vorhinein konzeptionell und konstruktiv geplante Leistung. Diese Trennung der Planungs- von der Ausführungsphase wird als konventionelle Planung bezeichnet. In §7 Abs.9 VOB/A ist festgelegt, dass die Leistung regelmäßig „durch eine allgemeine Darstellung der Bauaufgabe [...] und ein in Teilleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis zu beschreiben⁷⁴“ ist. „An dieser Stelle besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der VOB/A und der HOAI.“⁷⁵

Die HOAI gliedert sich in neun Leistungsphasen (LPH), auf die im Kapitel 3.4.1 noch näher eingegangen wird. Als wesentliche Leistung der LPH 6 (Vorbereitung der Vergabe) ist in der HOAI das „Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen“ genannt. Zum Zeitpunkt der Vergabe einer Bauleistung, die gemäß LPH 7 (Mitwirkung bei der Vergabe) der HOAI durch den Planer begleitet wird, müssen somit sämtliche Planungsleistungen im engeren Sinne abgeschlossen sein. Der Abschluss des Bauvertrags markiert den Übergang in die zweite Phase des Bauprozesses, die Bauausführung. „An dieser Stelle wird die Trennung von Planung und Ausführung erneut deutlich, denn gemäß §3 Abs.1 VOB/B hat der Auftraggeber dem Auftragnehmer die für die Ausführung nötigen Unterlagen unentgeltlich und rechtzeitig zu übergeben.“⁷⁶

Zusammenfassend enthält die VOB klare Vorgaben zum Inhalt und zum Zeitpunkt der Planungsfertigstellung als Voraussetzung für die Baudurchführung. So muss die technische Planung grundsätzlich vor Baubeginn und unter Beachtung erforderlicher Vorlaufzeiten abgeschlossen sein. „Im Sinne der Leistungen gemäß HOAI besteht diese Planung im Wesentlichen aus einer zur Bauausführung freigegebenen Ausführungsplanung (detailliertes Gesamtergebnis aus den LPH 1 bis 5) und einer eindeutigen Leistungsbeschreibung einschließlich detailliertem Leistungsverzeichnis (Erarbeitung in der Leistungsphase 6).“⁷⁷ Dieser Planungsstand wird durch den sequenziellen Planungsprozess (siehe Kapitel 3.1.1) und unter aktiver Mitwirkung des Auftraggebers zum Gesamterfolg erreicht.

⁷² Vgl. (VOB/A, 2009) §7 Abs.1 Nr.1

⁷³ (Uhlendorf, 2016), Seite 2

⁷⁴ Vgl. (VOB/B, 2009) §7 Abs.9

⁷⁵ (Gonschorek & Hanusrichter, 2011), Seite 2

⁷⁶ a. a. O.

⁷⁷ a. a. O.

3.1.1 Der sequenzielle Planungsverlauf

Der Planungsverlauf folgt grundsätzlich einem theoretischen, sequenziellen Phasenverlauf. Die HOAI verfolgt traditionell ein sequentielles Modell, das aufeinander aufbauende Leistungsphasen voraussetzt. Dieser Charakter ist in der HOAI 2013 deutlicher ausgeprägt als zuvor, da hier in den einzelnen Leistungsphasen die Verpflichtung zur Dokumentation der Ergebnisse enthalten ist. Die folgenden Abbildungen zeigen den sequenziellen Planungsablauf bei der theoretischen und praktischen Projektentwicklung⁷⁸.

Theoretische Projektentwicklung

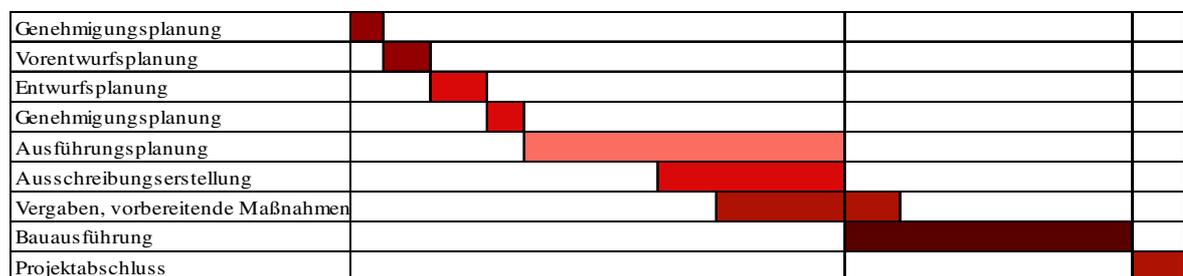


Abbildung 10: Theoretische Projektentwicklung

Praktische Projektentwicklung

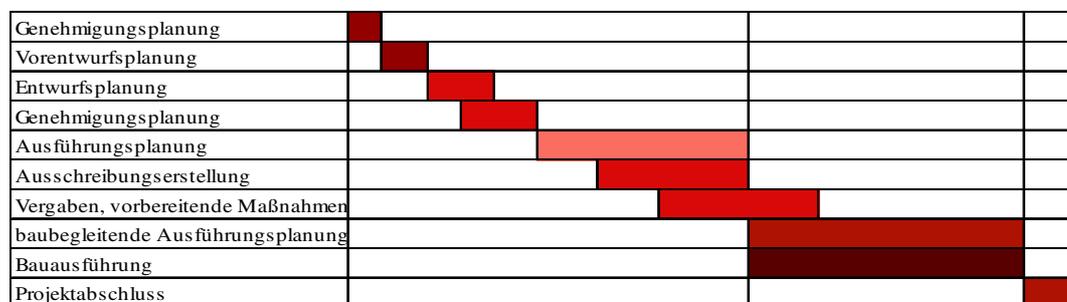


Abbildung 11: Praktische Projektentwicklung

Vergleicht man die beiden Abbildungen, so wird eine starke Verkürzung des theoretischen Projektlaufes in der Praxis ersichtlich. Bei der Abwicklung von Bauprojekten herrscht ein immer höherer Kosten- und Termindruck auf die Baubeteiligten. Deshalb wird oftmals mit der Ausführung begonnen, ohne dass die Ausführungsplanung abgeschlossen ist. Da es nur wenige Zeiteinsparmöglichkeiten bei der Bauausführung gibt, erfolgt der Baubeginn möglichst früh und die Planungsphasen überlappen sich bzw. verlaufen parallel. Folglich ist es inzwischen bei fast allen Bauprojekten üblich, dass ein Großteil der Ausführungs- und Detailplanung baubegleitend erfolgt.

⁷⁸ Eigene Darstellungen, in Anlehnung an (Mathoi, T., 2008)

3.1.2 Die Folgen der Trennung von Planung und Ausführung

Die VOB/A bewirkt eine vollständige Trennung von Planung und Ausführung, wodurch die ausführenden Unternehmen erst zu einem relativ späten Zeitpunkt, in der Regel in der Angebotsphase, in den Bauprozess einbezogen werden. „Diese späte Einbindung verursacht einen vertikalen Systembruch in der Wertschöpfungskette, d. h. einen Informations- und Koordinationsbruch zwischen vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen und verhindert von Beginn an eine durchgängige Kommunikation zwischen den Planungs- und Ausführungsbeteiligten.“⁷⁹

Darüber hinaus sieht die VOB/A während der Ausführungsphase auch eine strikte Trennung zwischen den einzelnen Gewerken untereinander vor. Durch diese Einzelvergabe kommt es während der Bauausführungsphase zu einem Informations- und Koordinationsbruch zwischen den ausführenden Bauunternehmen.

Die einzelnen ausführenden Bauunternehmen sind für gewöhnlich auch für die Planung und Steuerung ihrer jeweiligen Materialversorgungsprozesse vor Ort verantwortlich – unabhängig vom organisatorischen Gesamtprozess. Der Abruf der Lieferungen und die Transportorganisation zur Baustelle erfolgt somit durch Selbstabstimmung zwischen den bauausführenden Unternehmen und den Lieferanten. Dadurch steht nicht die kooperative Verbesserung der Gesamtleistung im Vordergrund, sondern die Einzelinteressen der Projektbeteiligten, die einen ganzheitlichen Optimierungsansatz verhindern.

Das Prinzip der Trennung von Planung und Ausführung wurde im Hochbau von der baubegleitenden Planung abgelöst. Aufgrund dessen können Planungsänderungen zu negativen Auswirkungen auf den Projektablauf führen und folglich besteht eine Gefährdung der Projektziele. Um das Kosten- und Terminrisiko zu minimieren, müssen die derzeitigen Bauprozesse optimiert werden. Dadurch sollen die wesentlichen organisatorischen und inhaltlichen Rahmenbedingungen für die weitere Projektabwicklung frühzeitig und verlässlich erarbeitet werden, um die Notwendigkeit späterer Planungsänderungen zu minimieren.

⁷⁹ (Borrmann & Günther, 2011), Seite 215

3.2 Beteiligte am Planungs- und Bauprozess

In der Regel befinden sich die Planung und Ausführung eines Bauwerks nicht in einer Hand, sondern werden von verschiedenen Leistungsträgern erbracht. Dabei können die Leistungen der normalerweise unabhängigen Unternehmen gleichzeitig aber auch nacheinander erfolgen. Für weitere Betrachtungen werden die Beteiligten am Planungsprozess im Folgenden kurz vorgestellt.

Bauherr

Traditionell hat der Bauherr die Idee und stellt die Aufgabe. Diese setzt der Planer in eine zeichnerische Darstellung und detaillierte Leistungsbeschreibung um. Der Bauherr legt die Projektziele fest, beauftragt und koordiniert die Baubeteiligten und ist für die Abnahme der Leistungen verantwortlich. Der Bauherr stellt die Finanzierung für das Bauvorhaben und sorgt für die Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Vorschriften. Der Bauherr ist somit zentraler Initiator eines Bauprojektes.

Planer – Architekten und Fachplaner

Der Planer, meist Architekt, ist zentraler Erfüllungsgehilfe des Bauherrn. Dieser setzt die Vorgaben des Bauherrn um und erstellt mit Hilfe von Fachplanern (TGA, Tragwerksplaner, usw.) eine genehmigungsfähige Planung, die dann den Behörden zur Genehmigung vorgelegt wird.

Ausführende

Die ausführenden Unternehmen setzen die Planung des Architekten in die Realität um. Dabei gibt es verschiedene Konstellationen von Ausführenden (siehe Kapitel 3.3). Der Unternehmer ist meist unter Berücksichtigung des vertraglich vereinbarten Leistungssolls in der Wahl seiner Ausführungsmethode frei.

Behörden und Trägerschaften

Die Genehmigungsplanung wird während des Planungsprozesses verschiedenen Behörden (z.B. Bauaufsichtsbehörde) zur Überprüfung des geltenden Baurechts (Landesbauordnung) vorgelegt. Im Genehmigungsverfahren wird die öffentlich-rechtliche Zulässigkeit des Bauvorhabens verifiziert. Die Behörden können Auflagen fordern oder an andere öffentlich bestellte Fachleute (Sachverständige) verweisen.

Sachverständige

Die Sachverständigen erstellen fachlich qualifizierte Gutachten, wie beispielsweise Umweltgutachten, Bodengutachten oder Brandschutzgutachten, die für eine genehmigungsfähige Planung vorliegen müssen.

3.3 Unternehmereinsatzformen

Aufgrund der Vielzahl an beteiligten Unternehmen an einem Bauvorhaben können heute verschiedene Unternehmereinsatzformen eingesetzt werden. Hinsichtlich der Abwicklung eines Bauprojektes unterscheidet man grundsätzlich zwei verschiedene Arten der Projektabwicklung in Planung und Ausführung. Sie stehen dem Bauherrn als Auftraggeber auf Basis des Werkvertragsrechts gegenüber.

3.3.1 Projektabwicklung mit Einzelvergabe

Bei der Projektabwicklung mit Einzelvergabe beauftragt der Auftraggeber die Planungs- bzw. Bauleistungen getrennt. Der Auftraggeber beauftragt für die Planung jeweils Fachplaner und für die Ausführung der einzelnen Gewerke jeweils einzelne Unternehmen. So ist jeder Projektbeteiligte für seinen eigenen Leistungsbereich zuständig und steht in einem direkten Vertragsverhältnis mit dem Auftraggeber in Form von Planer- und Einheitspreisverträgen. Folglich haften die Beteiligten einzeln mit ihrer eigenen vertraglich geschuldeten Leistung gegenüber dem Auftraggeber.

„Des Weiteren hat der Auftraggeber die Möglichkeit für sogenannte delegierbare Bauherrenaufgaben eine Projektsteuerung zu beauftragen.“⁸⁰ Anstelle der Beauftragung einzelner Planungsdienstleister kann auch die gesamte Planung an einen Generalplaner übertragen werden. In diesem Fall liegt eine Mischform von Projektabwicklung mit zusammengefasster, gleichzeitiger Vergabe auf der Planungsseite und Projektabwicklung mit Einzelvergabe auf der bauausführenden Seite vor. Im Zuge der Vergabe können sich einzelne Unternehmen auch zu Arbeitsgemeinschaften zusammenschließen und Teile der Leistung gemeinsam erbringen. Die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) ist oftmals nur eine mehr oder weniger lose Verbindung bzw. Kooperationsform von Objektplanern, um größere Aufträge abwickeln zu können. Die ARGE kann aber auch als Generalplaner auftreten mit der Möglichkeit, einzelne Fachplaner wie den Tragwerksplaner und Sonderfachleute direkt oder als Nachunternehmer zu beteiligen. Arbeitsgemeinschaften werden in der Regel objektbezogen oder zeitlich befristet eingegangen. Aus Gründen der Risikoverlagerung, zumindest im Innenverhältnis, kann ein Generalplaner mit den zu beteiligten Fachplanern und Sonderfachleuten objektbezogen auch ein stilles Konsortium bilden. Bei einem stillen Konsortium haftet nur ein Unternehmer gegenüber dem Auftraggeber.

Diese Unternehmereinsatzform mit Einsatz von Einzelleistungsträgern ist besonders flexibel hinsichtlich der Auswahl der Planer. Es bedingt für den Auftraggeber jedoch einen hohen zeitlichen Aufwand für die Beauftragung, Koordination, Kontrolle sowie Abnahme der Planerleistungen. Folglich sind die fachlichen Anforderungen an den Auftraggeber noch hoch einzuschätzen.

⁸⁰ (Mathoi, 2008), Seite 13

3.3.2 Projektentwicklung mit zusammengefasster, gleichzeitiger Vergabe

Zur Projektentwicklung mit zusammengefasster, gleichzeitiger Vergabe gehören die so genannten Generalunternehmer/ -übernehmermodelle und Totalunternehmer/ -übernehmermodelle, die in Deutschland auch als „Schlüsselfertigbau“ bezeichnet werden. Mehrere Teilleistungen für Planung und/oder Bauausführung werden in Paketen an einen Auftragnehmer vergeben. So werden alle zur Fertigstellung eines Bauwerks erforderlichen Leistungen von diesem erbracht und die Verantwortung für die Herstellung des gesamten Bauwerks liegt bei einem Unternehmen. Wichtig ist hier auch der Aspekt, dass besonders nicht nur die ausgeführten Bauleistungen, sondern auch die Planungsleistungen in dieser Form vergeben werden können (z.B. Generalplaner). Für die Projektentwicklung ist der Unterschied, ob ein Bauvorhaben in Einzel- oder zusammengefasster, gleichzeitiger Vergabe (Planungs- und Bauleistungen) abgewickelt wird, mitunter maßgeblich, da dies, abhängig von der Größe des Projektes, den Koordinationsaufwand für den Auftraggeber direkt beeinflusst.

General-/ Gesamtplaner

Eine typische Form der Projektentwicklung mit zusammengefasster, gleichzeitiger Vergabe ist die Beauftragung eines General- bzw. Gesamtplaners mit allen wesentlichen Planungsleistungen. Insbesondere Bauherrn, die nicht dauernd Bauprojekte durchführen, favorisieren aus Gründen der Risikominimierung, der Verringerung von Schnittstellen und damit einhergehenden Einsparung von Ressourcen zunehmend Generalplaner bei der Auftragsvergabe. Das Leistungsspektrum eines General- bzw. Gesamtplaners umfasst die wesentlichen Hauptdisziplinen, die zur Planung eines Bauwerks erforderlich sind. Dazu gehören die Architekturleistungen, Ingenieurleistungen (z.B. Statik-Tragwerksplanung), Fachplanerleistungen (z.B. Haustechnikplanung), teilweise Konsulentenleistungen (z.B. Bauphysik) und eventuell auch die örtliche Bauaufsicht, sofern diese vom Auftraggeber nicht gesondert vergeben wird. Zur internen Koordination eines Generalplaners sind Projektmanagementleistungen erforderlich.

Ein weiteres Charakteristikum des Generalplaners ist die Übernahme der Gesamtverantwortung für die Planung. Im Verhältnis zum Bauherrn entfallen somit Abgrenzungen hinsichtlich Verantwortung zwischen Objektplaner und Fachplanern. Das bei traditioneller Aufgabenverteilung notwendige Schnittstellenmanagement wird damit ebenfalls vom Generalplaner übernommen. Dieser hat neben der Organisation, Information und Dokumentation eigener Leistungen auch seine Fachplaner und unter Umständen Sonderfachleute einzubeziehen. Der Generalplaner steht mit dem Bauherrn in direktem Vertragsverhältnis.

Generalunternehmer/-übernehmer

Bei einem Generalunternehmer (GU) handelt es sich um ein Unternehmen, das in seinem Vertrag mit dem Auftraggeber die Erstellung des gesamten Bauwerks übernommen hat. Der GU führt dabei alle oder einen wesentlichen Teil der Bauarbeiten selbst aus und ergänzt seine Leistungen durch die Beauftragung von Sub- bzw. Nachunternehmern. Üblicherweise erfolgt diese Beauftragung der Subunternehmer durch den GU in seinem eigenen Namen und auf eigenem Risiko. Der Auftraggeber hat mit den Subunternehmen des Generalplaners kein direktes Vertragsverhältnis. Gegenüber dem Auftraggeber haftet der GU für die Leistungen seiner Subunternehmen wie für seine eigenen. Der GU übernimmt auch das Schnittstellenmanagement zwischen den einzelnen Gewerken und entlastet somit den Auftraggeber. Der Generalübernehmer (GÜ) erbringt im Gegensatz zum Generalunternehmer keine eigenen Bauleistungen, sondern vergibt diese auf eigenes Risiko und im eigenen Namen an Subunternehmen. Der GÜ erbringt für den Auftraggeber reine Managementleistungen und trägt die volle technische, terminliche und rechtliche Verantwortung für seine Leistungen. Der GÜ muss auch nicht selbst über die erforderlichen Kapazitäten zur Ausführung der Bauleistungen verfügen, es handelt sich dabei viel mehr um ein Dienstleistungsunternehmen, das mit Bauleistungen handelt. Beim Vergleich zwischen GU und GÜ fällt auf, dass ein GU seine Erfahrungen und sein Wissen aus seiner bauausführenden Tätigkeit besser in die Planung und Ausführung einbringen kann. Ein GU kann zudem mit seinen eigenen Kapazitäten direkt in den Bauablauf eingreifen, um Verzögerungen und Störungen im Bauablauf zu reduzieren.

Totalunternehmer/-übernehmer

Für einen Totalunternehmer (TU) bzw. einem Totalübernehmer (TÜ) ist die komplette Erbringung aller Planungs- und Ausführungsleistungen, die für die Realisierung eines Bauvorhabens erforderlich sind, durch einen Auftragnehmer charakterisiert. Teile dieser Gesamtleistung können wieder an einzelne Fachplaner bzw. Nachunternehmer vergeben werden. Der Unterschied zwischen einem TU und einem TÜ liegt darin, dass der TU wesentliche Teile der Planungs- oder Bauleistungen selbst erbringt, während der TÜ diese komplett an Nachunternehmer vergibt. Der TÜ tritt also analog zum GÜ als reines Dienstleistungsunternehmen auf, das für den Auftraggeber Planungs- und Bauleistungen übernimmt, koordiniert und zur Gänze an Dritte vergibt, somit diese nicht selbst für den Auftraggeber erbringt. Sowohl der TU als auch der TÜ beauftragen ihre Nachunternehmer im eigenen Namen und auf eigene Rechnung (Risiko), sodass keinerlei Vertragsbeziehungen zwischen dem Auftraggeber und den Nachunternehmen bestehen. Der TU/TÜ übernimmt demzufolge die gesamte Verantwortung hinsichtlich Kosten, Termine und rechtlicher Belange für die Planungs- und Bauleistungen und damit auch die dafür erforderlichen, delegierbaren Bauherrenaufgaben, insbesondere das Schnittstellenmanagement der einzelnen Gewerke.

3.4 Planungsprozess gemäß HOAI

Die HOAI ist eine Rechtsverordnung, die für jeden verbindlich ist, der die darin beschriebenen Leistungen vergibt oder erbringt. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich auf die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) in der Fassung vom 10. Juli 2013.

Die HOAI beschreibt keine Leistungen, die der Planer zu erbringen hat, sondern regelt die Berechnung der Entgelte für die Leistungen, die durch diese Verordnung erfasst werden. Jedoch verstehen die Vertragsparteien die in der HOAI beschriebenen Leistungsbilder häufig nicht nur als reine Honorarermittlungsgrundlage, sondern gleichzeitig als abschließende Leistungsbeschreibung der Planungsaufgabe. Aufgrund dessen werden Planungsprozesse in Deutschland auf Grundlagen der Planungsphasen der HOAI zurückgeführt. Dabei bieten die in den jeweiligen Leistungsbildern und -phasen beschriebenen Leistungen einen praktikablen Überblick über die für die Erarbeitung einer Planung notwendigen Arbeitsschritte. Der Inhalt der Leistungsphasen in den entsprechenden Leistungsbildern ist eine logische Abfolge von regelmäßig zu erbringenden Arbeitsschritten, die der Planer zu leisten hat. Die Leistungsphasen sind demnach nacheinander abzuarbeiten, bis sich am Ende der geschuldete Werkerfolg einstellt. Die HOAI unterscheidet neun Leistungsphasen, die im Folgenden näher betrachtet werden.

3.4.1 Übersicht der Leistungsphasen nach HOAI

Die Leistungsphasen der HOAI werden gemäß §2 Abs.2 HOAI in Grundleistungen und Besonderen Leistungen unterteilt. Grundleistungen sind Leistungen, die zur ordnungsgemäßen Erfüllung eines Auftrages im Allgemeinen erforderlich sind. Besondere Leistungen sind Leistungen, die über die allgemeinen Leistungen hinausgehen oder diese ändern. In diesem Abschnitt wird ausschließlich auf die Grundleistungen der einzelnen Leistungsphasen eingegangen. „Auf das Leistungsbild Gebäude und raumbildende Ausbauten im "Teil 3 Objektplanung" der HOAI soll besonders eingegangen werden, da die enthaltenen Leistungsphasen große Potentiale einer Projektentwicklung mit BIM-Methoden beschreiben.“⁸¹

Die nachfolgende Tabelle 2 stellt die einzelnen Leistungsphasen im Leistungsbild Gebäude und Innenräume der HOAI 2013 dar. In der linken Spalte wurden die Leistungsphasen grob in die Planungs- und Ausführungsphase gegliedert. Neben der Bezeichnung der neun Leistungsphasen (LPH) sind die Prozentsätze der Honorare für Gebäude und Innenräume abgebildet. Sie geben einen guten Überblick über den Arbeitsumfang der einzelnen Leistungsphasen. In der rechten Spalte ist der wesentliche Leistungsinhalt der jeweiligen Leistungsphase dargestellt.

⁸¹ (Albrecht, 2013), Seite 16

3 Prozessanalyse der konventionellen Planung

Tabelle 2: Übersicht der Leistungsphasen nach HOAI 2013

	Leistungsphase HOAI	%	Inhalt
Planungsphase (66%)	LPH 1 – Grundlagenermittlung	2 %	Ermitteln der Voraussetzungen zur Lösung der Bauaufgabe durch die Planung
	LPH 2 – Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)	7 %	Erarbeiten der wesentlichen Teile einer Lösung der Planungsaufgabe
	LPH 3 – Entwurfsplanung (System- und Integrationsplanung)	15 %	Erarbeiten der endgültigen Lösung der Planungsaufgabe
	LPH 4 – Genehmigungsplanung	3 %	Erarbeiten und Einreichen der Vorlagen für die erforderlichen Genehmigungen oder Zustimmungen
	LPH 5 – Ausführungsplanung	25 %	Erarbeiten und Darstellen der ausführungsfähigen Planungslösung
	LPH 6 – Vorbereiten der Vergabe	10 %	Ermitteln der Mengen und Aufstellen von Leistungsverzeichnissen
Ausführungsphase (34%)	LPH 7 – Mitwirken bei der Vergabe	4 %	Ermitteln der Kosten und Mitwirkung bei der Auftragsvergabe
	LPH 8 – Objektüberwachung (Bauüberwachung)	32 %	Überwachen der Ausführung des Objektes
	LPH 9 – Objektbetreuung und Dokumentation	2 %	Überwachen der Beseitigung von Mängeln und Dokumentation des Gesamtergebnisses

Bei Betrachtung der Prozentsätze der einzelnen Leistungsphasen umfasst die Planungsphase des Bauwerks 66% des gesamten Leistungsbildes Gebäude und Innenräume. Die restlichen 34% der Leistung entfallen auf die Ausführungsphase. Die Trennung von Planung und Ausführung findet in der LPH 7 (Mitwirkung bei der Vergabe) statt. Dieser Übergangspunkt entspricht der klassischen Ausschreibung mit Leistungsverzeichnis. Sofern die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm gefordert wird, verschiebt sich dieser Übergangspunkt von der Planung des Architekten zum ausführenden Unternehmen. Die Vergabe des Auftrages an das Unternehmen erfolgt dann nach einer früheren Leistungsphase, meist nach der Genehmigungsplanung. Bei Planungen mit einem Totalunternehmer wird meist eine baubegleitende Ausführungsplanung erstellt. Als Resultat besteht ein fließender Übergang von Planungs- und Ausführungsphase. Die Ausführungsphase endet nach der mängelfreien Erstellung des Bauwerkes. Deshalb wird die LPH 9 (Objektbetreuung und Dokumentation) noch zur Ausführungsphase gezählt, obwohl das Bauwerk meist schon in Betrieb genommen wurde. Das Ende der Ausführungsphase liegt folglich nach der vereinbarten Mängelgewährleistungsfrist vor.

3.4.2 Leistungsphasen 1-7 nach HOAI

Der Planungsprozess der konventionellen Planung richtet sich in Deutschland nach den Leistungsphasen der HOAI. Jeder der Projektbeteiligten der Planung sowie Ausführung hat spezifische Aufgaben in den Leistungsphasen der HOAI. Im Folgenden werden die wesentlichen Schritte der Planungsphase (LPH 1-7) erläutert.

Der Planungsprozess beginnt grundsätzlich mit einer Idee, einer geplanten Kapitalinvestition oder dem Bedarf nach einem Gebäude und stammt vom Bauherrn, welcher Initiator des Bauprojektes ist. Klassischerweise beauftragt der Bauherr einen Architekten, der für die Umsetzung, sowie technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit der Bauherrenwünsche verantwortlich ist. In der LPH 1 (Grundlagenermittlung) wird mit der Bedarfsplanung begonnen und die Anforderungen an das Bauvorhaben definiert. Für die Bedarfsplanung ist der Bauherr verantwortlich, außer er beauftragt einen Fachkundigen mit dieser Leistung.

Die LPH 2 (Vorplanung) beginnt meist mit der Erstellung von verschiedenen Variantenstudien, die auch im Rahmen eines Architekturwettbewerbes erfolgen können. Nach der Festlegung einer Variante wird eine erste Kostenschätzung vorgelegt und mit der Entwurfsplanung in LPH 3 (Entwurfsplanung) begonnen. Zwischenzeitlich werden benötigte Gutachten von verschiedenen Sachverständigen eingeholt.

Der fertige Entwurf wird in LPH 4 (Genehmigungsplanung) der Baubehörde zur Genehmigung vorgelegt. Bei dem Entwurf müssen nicht nur technische Regelwerke, sondern auch baurechtliche Vorschriften (z.B. Landesbauordnung) beachtet werden. Nach erfolgter Genehmigung wird die Entwurfsplanung weiter bis zur Ausführungsplanung in LPH 5 (Ausführungsplanung) konkretisiert.

Die Zusammenfassung der Daten zu einem Leistungsverzeichnis erfolgt nach der Mengenermittlung in der LPH 6 (Vorbereitung der Vergabe). Die Ausführungspläne werden zusammen mit der Leistungsbeschreibung veröffentlicht, damit die ausführenden Unternehmen dafür Angebote abgeben können. Der Architekt unterstützt den Bauherrn zudem bei der Auswahl des geeigneten Bieters, womit die LPH 7 (Mitwirkung bei der Vergabe) abschließt.

Die Abbildung 12 zeigt die zuletzt beschriebenen Planungsschritte nach den Leistungsphasen 1-7 der HOAI im Leistungsbild Gebäude und Innenräume. Dabei werden die einzelnen Leistungen den am Bau Beteiligten zugewiesen.

3 Prozessanalyse der konventionellen Planung

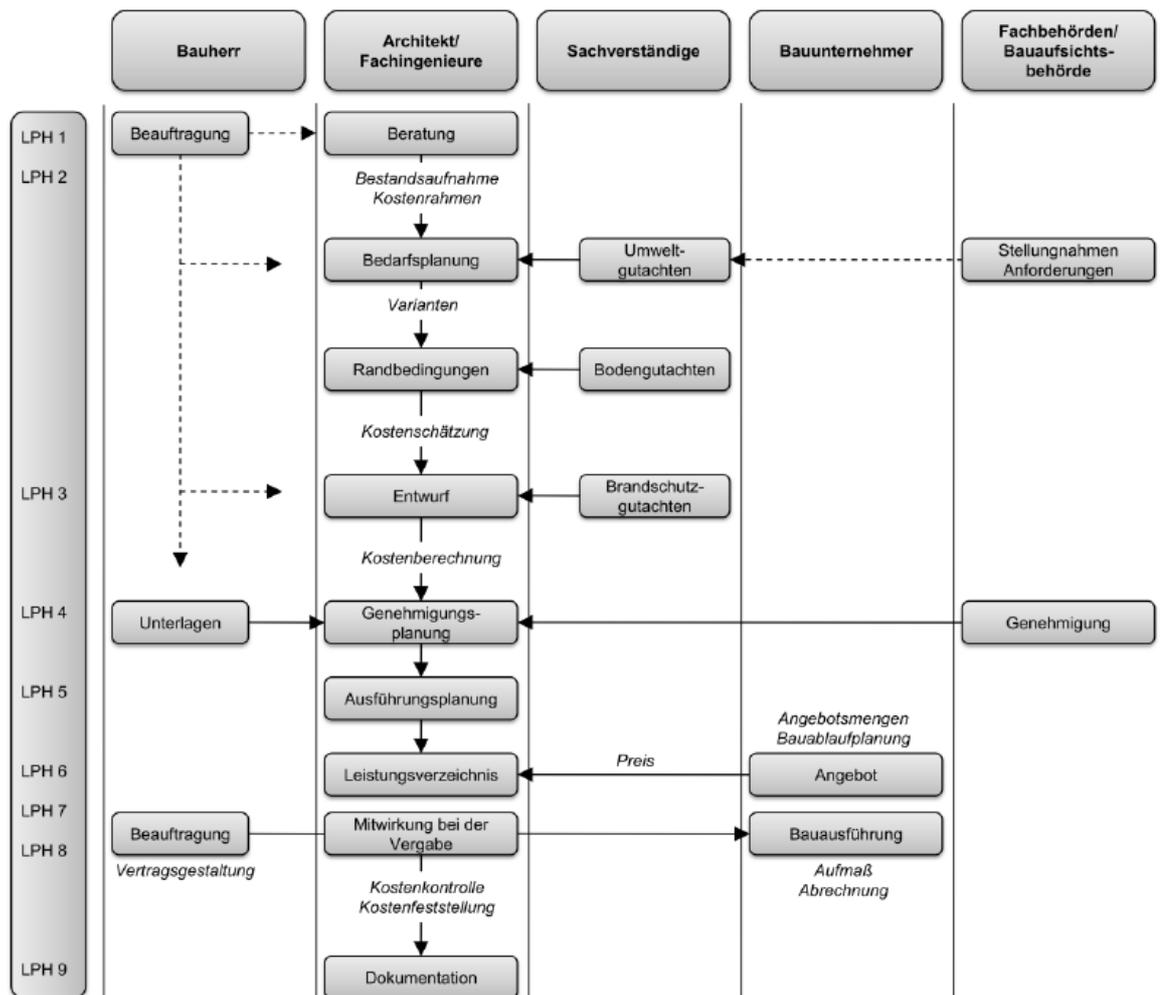


Abbildung 12: Prozessanalyse der konventionellen Planung nach den Leistungsphasen der HOAI⁸²

Anhand dieser Abbildung wird der Informationsfluss der Projektbeteiligten im Planungsprozess gut ersichtlich. Nicht nur im Planungsprozess (LPH 1-7), sondern auch in der späteren Ausführung der Bauleistung (LPH 8 und 9) laufen alle Informationen bei dem Architekten zusammen oder werden von ihm aus weitergeleitet. Der Architekt steht somit im Mittelpunkt der Informationsverwaltung. Dies erfordert eine Projektstruktur, die alle relevanten Daten bündelt und für alle anderen Akteure bereitstellt.

Welchen Einfluss BIM auf die Leistungsphasen der HOAI hat, wird im Kapitel 4.1 näher betrachtet. BIM hat einerseits in den Leistungsphasen 1-7 einen großen Nutzen, aber auch in der Ausführungs- (LPH 8) und Betriebsphase (LPH 9). Auf die beiden letzteren Leistungsphasen wird in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen.

⁸² (Albrecht, 2013), Seite 19

3.5 Detaillierungsgrad der konventionellen Planung

Bei der konventionellen Planung richtet sich der Detaillierungsgrad der Planung nach den Leistungsphasen der HOAI. Der Detaillierungsgrad gibt die Qualität der Planung wieder, das bedeutet, dass mit Fortschreiten der Leistungsphasen auch die Qualität der Planung zunimmt. Im Folgenden sind die einzelnen Zeichnungsmaßstäbe in den Leistungsphasen 1-5 dargestellt:

In der Grundlagenermittlung (LPH 1) wird die Bauaufgabe festgelegt. Die der eigentlichen Planung vorgeschalteten Maßnahmen und Überlegungen werden getroffen. Die Aufgabenstellung wird geklärt und der Bauherr zu seinem Leistungsbedarf beraten. Es werden lediglich Pläne im Maßstab 1:1000 bis 1:500 verwendet. Darunter fallen beispielsweise Flurkarte oder Lageplan.

Bei der Vorplanung (LPH 2) werden Informationen bezüglich Baugrund eingeholt, ein Planungskonzept wird erstellt und erste Kostenschätzungen werden angefertigt. Verschiedene Varianten werden gegeneinander abgewogen. In dieser Leistungsphase werden Pläne im Maßstab 1:500 bis 1:200 erstellt.

In der Entwurfsplanung (LPH 3) wird die Entwurfsplanung unter weiterer Berücksichtigung der wesentlichen Zusammenhänge, Vorgaben und Bedingungen erarbeitet. Es werden Zeichnungen nach Art und Größe des Objektes im erforderlichen Umfang und Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen erstellt. Der Maßstab liegt bei 1:200 bis 1:100.

Die Genehmigungsplanung (LPH 4) umfasst das Erarbeiten und Zusammenstellen der Vorlagen und Nachweise für öffentlich-rechtliche Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen. Die Unterlagen für die Genehmigung werden eingereicht. Die enthaltenen Zeichnungen liegen in einem Maßstab von 1:100 bis 1:50 vor.

Mit Erreichen der Ausführungsplanung (LPH 5) werden alle für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, zeichnerisch und textlich, auf der Grundlage der Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur ausführungsfähigen Lösung erarbeitet. Es werden Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen nach Art und Größe des Objektes im erforderlichen Detaillierungsgrad unter Berücksichtigung aller fachspezifischen Anforderungen erstellt. Diese liegen in einem Maßstab von 1:50 bis 1:1 vor.

Die sequenzielle Planung bewirkt mit fortschreitendem Projektverlauf eine höhere Detaillierung der Zeichnungsmaßstäbe. Ebenso wie die Detaillierung der Planung voranschreitet, erhöht sich auch die Qualität der Planung von Phase zu Phase.

3.6 Der konventionelle Informationsaustausch der Beteiligten

Der konventionelle Informationsaustausch der Baubeteiligten findet wesentlich an der Schnittstelle zwischen Planung und Ausführung statt. Die Leistungsbeschreibung wird in der LPH 6 (Vorbereitung der Vergabe) der HOAI erstellt und ist das Werkzeug für die Informationsübertragung. Der Bauherr bzw. Planer stellt damit die Teilleistungen (Positionen) nach Menge und Art oder die gewünschte Leistung nach Zweck, die sie erfüllen soll. Mittels der Leistungsbeschreibung müssen die auszuführenden Bauleistungen eindeutig, vollständig sowie technisch richtig und erschöpfend beschrieben werden. Anschließend verpreisen die Bieter die Positionen und übergeben die Unterlagen in Form eines Angebotes an den Bauherrn zurück.

3.6.1 Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis

Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis wird als Regelfall angesehen. In der VOB/A §7 werden mehrere Bestandteile für die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis genannt. Die Baubeschreibung ist allgemein Bestandteil einer Leistungsbeschreibung. Für den Anwendungsbereich des Vergabe- und Vertragshandbuchs (VHB - Ausgabe 2008, Stand: April 2016) wird in der Allgemeinen Richtlinie 100 unter Tz. 4.3.2.1 angeführt, welche Aussagen getroffen werden sollen. Danach sind in der Baubeschreibung allgemeine Angaben zu machen, die zum Verständnis der Bauaufgabe und zur Preisermittlung erforderlich sind und die sich nicht aus der Beschreibung der einzelnen Teilleistungen unmittelbar ergeben. Im Einzelnen gehören hierzu Angaben über:

- Zweck, Art und Nutzung des Bauwerks bzw. der technischen Anlage,
- ausgeführte Vorarbeiten und Leistungen,
- gleichzeitig laufende Arbeiten,
- Lage und örtliche Gegebenheiten, Verkehrsverhältnisse,
- Konstruktion des Bauwerks bzw. Konzept der technischen Anlage⁸³

Ein weiterer Bestandteil der Leistungsbeschreibung ist das Leistungsverzeichnis, bestehend aus den Vorbemerkungen zu den verschiedenen Leistungstiteln bzw. Gewerken sowie der Beschreibung der einzelnen Teilleistungen. Das Leistungsverzeichnis bildet zusammen mit der Baubeschreibung die Grundlage für die Angebotskalkulation. In der Praxis werden oftmals Vorbemerkungen als Teil des Leistungsverzeichnisses beigefügt, die Angaben zu technischen Regelungen und Erläuterungen zur Ausführung beinhalten und gültig für die Gesamtleistung oder Teile davon sind. Diese Vorbemerkungen werden verwendet, um die Eindeutigkeit der Leistungsbeschreibung zu bewahren.

⁸³ (VHB, 2008), Kapitel 4.3.2.1

3.6.2 Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm

Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm wird auch als funktionale Leistungsbeschreibung bezeichnet und als Ausnahme bei der Ausschreibung angesehen. Als Ziel soll eine Möglichkeit geschaffen werden, für eine bestimmte Bauaufgabe nicht nur nach technischen und wirtschaftlichen, sondern gegebenenfalls auch gestalterischen Gesichtspunkten die beste funktionale Lösung zu ermitteln. Als Inhalt dieser Leistungsbeschreibung ist in der VOB/A § 7 Abs. 14 definiert:

„Das Leistungsprogramm umfasst eine Beschreibung der Bauaufgabe, aus der die Bewerber alle für die Entwurfsbearbeitung und ihr Angebot maßgebenden Bedingungen und Umstände erkennen können und in der sowohl der Zweck der fertigen Leistung als auch die an sie gestellten technischen, wirtschaftlichen, gestalterischen und funktionsbedingten Anforderungen angegeben sind sowie gegebenenfalls ein Musterleistungsverzeichnis, in dem die Mengenangaben ganz oder teilweise offen gelassen sind.“⁸⁴

Im Gegensatz zur Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis werden die wesentlichen Planungsleistungen vom Bieter geleistet. Vom Bieter wird ein Angebot verlangt, welches außer der Ausführung der Leistung den Entwurf nebst eingehender Erläuterung auch eine Darstellung der Bauausführung umfasst. Zusätzlich wird eine eingehende und zweckmäßig gegliederte Beschreibung der Leistung, gegebenenfalls mit Mengen- und Preisangaben für Teile der Leistung, gefordert. Voraussetzung für die Anwendung dieser Leistungsbeschreibung ist, dass keine Veränderung des Leistungsziels zu erwarten ist. Andernfalls kann gegebenenfalls der erhoffte wirtschaftliche Vorteil nicht realisiert werden.

Spezielle Anforderungen zur Zweckmäßigkeit einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm sind im Vergabe- und Vertragshandbuchs (VHB - Ausgabe 2008, Stand: April 2016) in der Allgemeinen Richtlinie 100 unter Tz. 4.4 aufgeführt⁸⁵. Sie kann beispielsweise zweckmäßig sein, wenn mehrere technische Lösungen für eine Baumaßnahme möglich sind, die nicht im Einzelnen neutral beschrieben werden können und eine Entscheidung des Auftraggebers zur Wirtschaftlichkeit und Funktionsgerechtigkeit des Bauwerks erst auf Grundlage von Angeboten zu treffen wäre. Weitere spezielle Anforderungen werden im Anhang 9 des VHB erläutert. Beispielsweise vom Auftraggeber bereitzustellende Unterlagen wie Baugrundgutachten, ergänzende Angaben des Bieters zum Angebot oder besonderen Bewertungskriterien, die der Auftraggeber bei der Angebotsbewertung zu berücksichtigen wünscht.

⁸⁴ Siehe (VOB/A, 2009) §7 Abs.14

⁸⁵ Vgl. (VHB, 2008)

3.7 Probleme der derzeitigen Praxis

Informationsaustausch

An einem Bauvorhaben arbeitet eine Vielzahl von Projektbeteiligten mit verschiedenen Interessen. Dabei werden Verantwortlichkeiten und Risiken während der einzelnen Projektphasen an andere Projektbeteiligte übertragen. Bei dieser Schnittstelle kommt es vielfach zu Informationsbrüchen und folglich zu Informationsverlusten. Gerade beim Übergang von der Planungsphase in die Ausführungsphase in LPH 7 kann es leicht zu einem Informationsbruch kommen. Da eine digitale Weiterverwendung meist unmöglich ist und die fehlenden Daten neu eingegeben werden müssen, wird die Planung konventionell in Papierform übergeben. Bei der digitalen Planübergabe können Fehler durch Kompatibilitätsprobleme zwischen den verschiedenen CAD-Programmen auftreten, da kein einheitliches Austauschformat besteht. Die Vielzahl an Projektbeteiligten führt auch eine Vielzahl an Schnittstellen mit sich, die als potenzielle Fehlerquellen betrachtet werden sollten. Missverständnisse in der Kommunikation unter den beteiligten Gewerken führen zu Fehlern. Bei der konventionellen Bauweise werden die meisten Planungsfehler erst in der Ausführungsphase auf der Baustelle erkannt. Die Behebung dieser Fehler führt zur Verschiebung des Fertigstellungstermins und letztendlich zur Überschreitung der Budgetgrenzen.

Datenaufbereitung

Die Informationsverluste werden durch die Vielzahl an Schnittstellen zwischen den einzelnen Planern oder zwischen dem Planer und Ausführenden hervorgerufen. Werden Planer nur für gewissen Leistungsphasen beauftragt, so müssen die Daten der voran gegangenen Planungsphasen übernommen werden. Oft ist nicht nur die Datenmenge, sondern auch die Qualität der Daten sehr kritisch zu betrachten. Beispielweise müssen Daten, welche in Papierform vorliegen, digitalisiert und Zeichnungen in das aktuelle Austauschformat umgewandelt und zudem überprüft werden. Es gibt keine einheitlichen Standards für den Datenaustausch, weshalb die Datenaufbereitung zwar aufwändig, aber notwendig ist.

Innovationsdefizit

Einige innovative Unternehmen setzen BIM bereits erfolgreich ein. Eine flächendeckende Einführung gestaltet sich derzeit allerdings noch schwierig, da viele andere Projektbeteiligte noch nicht mit BIM arbeiten und somit das virtuelle Gebäudemodell wieder auf 2D herunter gebrochen werden muss. Hinterlegte Informationen können nicht weiter genutzt werden und müssen über Auswertungstools ausgelesen oder im schlechtesten Fall in Papierform angefügt werden. Eine gesetzliche Förderung wird bisher in Deutschland nicht vorgesehen, sodass viele Unternehmen noch kein Interesse für die Anwendung der BIM-Methode entwickelt haben.

4 Prozessanalyse bei der Planung mit BIM

4.1 Auswirkungen von BIM auf die HOAI

Im Gegensatz zur konventionellen, sequenziellen Planung folgt Building Information Modeling einer integralen Denk- und Herangehensweise. Die Besonderheit bei der Planung mit BIM liegt in der gemeinsamen Erarbeitung des Konzeptes ab Projektbeginn. Im Vordergrund der BIM-Planung steht das virtuelle Gebäudemodell. So arbeiten alle Projektbeteiligten, anders als in der HOAI, Hand in Hand. Die HOAI geht davon aus, dass die Planungsbeteiligten einzeln die Leistungen erbringen, wohingegen bei BIM vor allem die planungsübergreifende Kooperation der Beteiligten angestrebt wird. „Aufgrund dieser Tatsache herrscht also die Auffassung, dass die HOAI einer breiten Akzeptanz von BIM im Wege stehe.“⁸⁶

Die HOAI folgt einer strikten Trennung von Planung und Ausführung (siehe Kapitel 3.1). Bei der Planung mit BIM ist die Trennung der Leistungsphasen unter Voraussetzung der geltenden Abrechnungssätze nicht möglich. Vielfach besteht die Sorge, dass mit der BIM-Methode eine Aufwandsverlagerung der Planungsleistungen bewirkt wird (siehe Kapitel 5.3.2). Leistungen aus der Ausführungsphase würden in die Entwurfsplanung vorgezogen werden, ohne eine entsprechende Vergütung. Bei der früheren Beauftragung von Grundleistungen aus späteren Leistungsphasen der HOAI wird der Architekt grundsätzlich nicht benachteiligt. Die HOAI ist ein reines Preisrecht und schreibt weder den Inhalt noch die Abfolge von Leistungen vor. Werden einzelne Grundleistungen früher erbracht, so sind sie nach §8 Abs.2 HOAI auch früher zu vergüten.

„Die HOAI beschreibt die Planungsleistungen grundsätzlich nur funktional und konkretisiert nicht, mit welcher Planungsmethode die Planungsbeteiligten vorgehen, ob sie am Zeichenbrett arbeiten, Auto-CAD oder Planungsplattformen einsetzen oder an einem virtuellen Gebäudemodell arbeiten.“⁸⁷ Da das Preisrecht der HOAI jedoch die Planung an sich und ohne Beachtung einer bestimmten Visualisierungsform erfasst, ist die HOAI daher grundsätzlich auch beim Einsatz von BIM anzuwenden. „Prinzipiell ändern sich die wesentlichen fachlichen Leistungsbilder der Planer, wie diese in den Grundleistungen der HOAI beschrieben werden, nicht durch die Anwendung der BIM-Methode.“⁸⁸ Des Weiteren werden von der HOAI auch keine Vorgaben gemacht, mit welchen technologischen Mitteln eine Leistung zu erbringen ist. Insofern können BIM-Leistungen auch ohne Weiteres im Geltungsbereich der HOAI erbracht werden.

⁸⁶ (Kapellmann & Partner, 2014), Seite 28

⁸⁷ a. a. O.

⁸⁸ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 194

4.1.1 Konfliktpunkte bei der Anwendung von BIM in der HOAI

Nach Hausknecht & Liebich (2016) ergeben sich allerdings mit der konsequenten Anwendung der BIM-Methode und insbesondere in der fachübergreifenden Zusammenarbeit mittels BIM, dem BIG BIM, drei wesentliche Konfliktpunkte⁸⁹.

Wie bereits erwähnt, kann es zu einer Aufwandsverlagerung von Leistungen bei der Anwendung von BIM in der HOAI geben. Mit Hilfe von BIM können frühzeitig Variantenbildungen, Optimierungen und Abstimmungen mit den Fachplanern über BIM erreicht werden. Aufgrund dessen erfordert die Arbeit mit BIM eine Vorverlagerung von Planungsleistungen in frühe Phasen. „Diese werden nicht in der HOAI festgelegten prozentualen Bewertungen des Honorars nach den Leistungsphasen 1-9 entsprechen.“⁹⁰ Bei einer Gesamtbeauftragung für die Leistungsphasen 1-9 kann die Vorverlagerung der Leistungen durch den Objektplaner intern abgeglichen werden. Werden die Leistungsphasen jedoch getrennt ausgeschrieben, entsteht hier ein Konfliktpotenzial bezüglich der Vergütung.

Des Weiteren erfahren auch Leistungen zwischen Objekt- und Fachplanern eine Verlagerung. Mit BIM können viele Berechnungen und Auswertungen, die heute mit erheblichem Aufwand der Datenbeschaffung und -eingabe durch Fachplaner erbracht werden, mit deutlich weniger Eingabeaufwand erstellt werden. Dabei wird sich aber auch der Aufwand der Erstellung und Konsistenzprüfung des BIM-Modells erhöhen.“ Damit verbunden ist eine Aufwandsverlagerung zwischen Objekt- und Fachplaner, die den separat festgelegten Honorartafeln für die Flächen-, Objekt- und Fachplanung nicht mehr entsprechen muss.“⁹¹ Diese Veränderung der Aufwendungen zwischen Objekt- und Fachplanern kann in Generalplaner- und Generalunternehmerverträgen im Innenverhältnis der Auftragnehmer geregelt werden. Bei Einzelverträgen müssen die Aufwendungen aufgeteilt werden.

Die Einführung des neuen Leistungsbildes BIM-Management (siehe Kapitel 2.11) ist in den Grundleistungen der HOAI nicht abgebildet, könnte aber als eine besondere Leistung bewertet werden. Hierbei ergeben sich aber die Abgrenzungsprobleme zu der in den Grundleistungen beschriebenen Koordination und Integration anderer an der Planung fachlich Beteiligter. BIM-Management Leistungen können als besondere Leistung beauftragt werden. Jedoch ist eine Neubewertung der Grundleistungen notwendig, denn durch Einsatz des BIM-Managements entstehen Minderaufwendungen in den Grundleistungen, wie Bereitstellungs-, Koordinations- und Integrationsaufgaben.

⁸⁹ Nach (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 194

⁹⁰ a. a. O.

⁹¹ a. a. O.

4.1.2 BIM als Besondere Leistung in der HOAI

In der HOAI (2013) wird BIM erstmalig als eine Besondere Leistung der LPH 2 im Leistungsbild Gebäude und Innenräume eingeführt: *3D- oder 4D-Gebäudemodellbearbeitung (Building Information Modeling)*, siehe HOAI Anlage 10 (zu §34 Abs.4, §35 Abs.7).

Nach §3 Abs.3 der HOAI heißt es: „Die Besonderen Leistungen können auch für Leistungsbilder und Leistungsphasen, denen sie nicht zugeordnet sind, vereinbart werden, soweit sie dort keine Grundleistungen darstellen.“⁹² „Da die Honorare für besondere Leistungen gemäß §3 Abs.3 Satz 3 HOAI frei vereinbart werden können, wird teilweise argumentiert, dass auf Grundlage der Besonderen Leistung BIM das Honorar für sämtliche unter Einsatz von BIM erbrachten Planungsleistungen nicht an die Mindest- und Höchstsätze der HOAI gebunden sei.“⁹³ Dies trifft jedoch nicht zu, denn in §3 Abs.2 HOAI stellt klar, dass Leistungen, die zur ordnungsgemäßen Erfüllung der Planungsaufgabe im Allgemeinen erforderlich sind, Grundleistungen sind. „Dies gilt unabhängig davon, mit welcher Methodik sie erbracht werden.“⁹⁴ Die Vergütung von Grundleistungen ist gemäß §3 Abs.1 HOAI verbindlich geregelt. Damit ist auch die Honorierung von BIM-Planungsleistungen an die Mindestsätze gebunden.

Eine abschließende Regelung von BIM in der HOAI existiert derzeit noch nicht. Eine zusätzliche Vergütung des mit dem Einsatz von BIM verbundenen Mehraufwandes, auch über die Höchstsätze der HOAI hinaus, erscheint angemessen, wenn das Planen mit BIM einen Mehrwert für den Auftraggeber schafft. Der Architekt ist für die Erstellung einer genehmigungsfähigen Planung verpflichtet. Sein Leistungsbild umfasst zwar das räumliche Denken seiner Planung, die Weitergabe einer räumlichen Visualisierung in einem BIM-Modell an den Bauherrn übersteigt jedoch sein Anforderungsprofil. Ziel des BIM-Einsatzes ist eine höhere Planungs-, Termin- und Kostensicherheit und folglich eine Vermeidung von Nachträgen. Die resultierenden BIM-Vorteile liegen offensichtlich nicht beim Architekten selbst, sondern vor allem beim Bauherrn oder ausführenden Unternehmen. Dies würde eine Mehrvergütung des Planers rechtfertigen, wenn dieser BIM-Leistungen erbringt, die im Allgemeinen zum Lösen der Planungsaufgabe nicht erforderlich sind.

⁹² (HAOI, 2013), §3 Abs.3 Satz 2

⁹³ Vgl. (Eschenbruch & Leupertz, 2016), Seite 426ff

⁹⁴ (Eschenbruch & Leupertz, 2016), Seite 25

4.1.3 Integration von BIM in die HOAI-Leistungsphasen

Die konventionelle Arbeitsweise von Planern richtet sich in Deutschland nach den Leistungsphasen der HOAI (siehe Kapitel 3.4). Derzeit besteht noch keine endgültige Regelung für die Anwendung von BIM auf die HOAI. Für eine erfolgreiche Einführung der BIM-Methode in Deutschland wird die Integration von BIM in die Leistungsphasen der HOAI als zentrales Element dieser neuen Planungsmethode gesehen.

Bei der konventionellen Planung wird die Planung mit Fortschreiten der Projektphase immer weiter detailliert, präzisiert sowie visualisiert. An diese Vorgehensweise muss eine Planung mit BIM angepasst werden, um das Preisrecht nach HOAI weiterhin anwenden zu können. Dies könnte wie nachfolgend dargestellt vollzogen werden⁹⁵:

Leistungsphase 1 und 2 (Grundlagenermittlung und Vorplanung)

Zu Projektbeginn wird das dreidimensionale Bauwerksmodell grob entworfen. Dabei ist das Modell so variabel zu gestalten, dass verschiedenen Varianten simuliert und gegeneinander abgewogen werden können. Die ersten Mengen und Baukosten werden ermittelt. In diesem Stadium der Planung enthält die Modellierung eine niedrige Detaillierung. Die Mengen sind noch sehr ungenau und folglich handelt es sich bei den Kosten lediglich um eine Kostenschätzung. „Die Anpassung der Kostenkennwerte in der Software ist zu beachten, da bei einem geringen Detaillierungsgrad spezielle, auf dem Grad der Detaillierung angepasste Kostenkennzahlen zur Ermittlung der Baukosten notwendig sind, damit die zu erwartenden Baukosten nicht falsch eingeschätzt werden.“⁹⁶

Leistungsphase 3 (Entwurfsplanung)

In dieser Leistungsphase wird das grobe Bauwerksmodell der Vorplanung weiter detailliert und beispielsweise die Tragfunktionen des Bauwerkes definiert sowie die Kosten der jeweiligen Bauteile ermittelt. Die gewählte Variante wird weiter spezifiziert und beispielsweise mit Ausstattungsmerkmalen versehen. Diese frühe Festlegung von detaillierten Eigenschaften des Bauwerkes ergibt einen Kostenvorteil der BIM-Planung gegenüber der konventionellen Planung. Bei der konventionellen Planung werden diese Eigenschaften meistens erst kurz vor der Ausführung festgelegt und geändert, was zu Mehrkosten in der Ausführungsphase führt. Im Gegensatz dazu werden bei der Planung mit BIM frühzeitig die projektspezifischen Informationen eingebracht. Die Beeinflussbarkeit der Baukosten wird in die frühen Phasen der Planung verschoben, sodass Folgekosten durch nachträgliche Änderungen verhindert werden.

⁹⁵ In Anlehnung an (Albrecht, 2013), Seite 45

⁹⁶ a. a. O.

Leistungsphase 4 und 5 (Genehmigungsplanung und Ausführungsplanung)

Während der Genehmigungs- und vor allem in der Ausführungsplanung wird das virtuelle Bauwerksmodell sehr detailliert und mit allen relevanten Daten versehen. So besteht die Möglichkeit, Bauabläufe zu simulieren und die Planung auf ihre Umsetzbarkeit zu prüfen. Die Eingabe von Informationen von allen fachlich an der Planung Beteiligten ergibt die Grundlage für eine automatisierte Auswertung und Ausschreibung in den folgenden Leistungsphasen.

Leistungsphase 6 und 7 (Vorbereitung und Mitwirkung bei der Vergabe)

In LPH 6 werden die vorher eingegebenen Daten aller Planer auf Kollisionen überprüft und ausgewertet, um die Ausschreibungsunterlagen zu erstellen. Mit Hilfe der automatisierten Mengenermittlung können die Ausschreibungsunterlagen deutlich schneller erstellt werden. Durch die Verknüpfung der Mengen mit den Kostenkennwerten kann eine detaillierte Kostenberechnung angefertigt werden. So können Abweichungen aus Angeboten der Bieter erkannt und hinterfragt werden. Das virtuelle Gebäudemodell kann dann direkt an den Ausführenden übergeben werden, der dieses zur Grundlage seiner Abrechnung nutzt.

Leistungsphase 8 und 9 (Objektüberwachung und Dokumentation)

Während der Ausführung wird das Gebäudemodell ständig bei Änderungen fortgeschrieben sowie zur Soll-Ist-Kontrolle verwendet. Somit kann am Ende der Bauzeit dem Betreiber ein aktuelles und mit allen Daten der Planung und Ausführung gefülltes Bauwerksmodell übergeben werden.

Eine Einbindung von BIM in den Leistungsphasen der HOAI ist somit nicht ausgeschlossen. Die BIM-Planung ist von einer Informationseingabe mit hohen Detaillierungen geprägt. Zu Beginn der Planung wird ein Grobmodell erstellt, um erste Geometrien, sowie Prognosen zu Kosten, Varianten und der generellen Machbarkeit des Bauvorhabens zu erhalten. Nach der Entscheidung für eine Variante wird in der Entwurfsplanung diese weiter präzisiert. Der Informationsgehalt der Planung erhöht sich. Durch die Eingabe aller Informationen in das virtuelle Bauwerksmodell können mit Hilfe von Filter-Tools Auswertungen zur Variante erstellt werden. Hierbei sind Kostenauswertungen ein in der Praxis oft angewendetes Mittel, um das Bauwerk hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit bewerten zu können. Diese Auswertungen können mit BIM-Programmen automatisch erfolgen. Die Pläne für die Genehmigungsplanung werden automatisch aus dem BIM-Modell generiert. Mit fortschreitender Konkretisierung des BIM-Modells sind weitere Ausgabemöglichkeiten von Daten mit Hilfe von BIM-Programmen, wie beispielsweise zur LV-Erstellung, möglich.

4.1.4 BIM-Chancen in der Planungsphase

Bisher wurden die Schwierigkeiten der Anwendung von BIM in der HOAI betrachtet. Welche Chancen BIM in der Planungsphase (LPH 1-7) bieten kann, wird in diesem Abschnitt vorgestellt⁹⁷.

Genaue Baukostenplanung und Mengenermittlung

Die Planung mit BIM hat hinsichtlich der Baukostenplanung und Mengenermittlung einen großen Nutzen. Bereits in LPH 1 (Grundlagenermittlung) kann nach der Erstellung eines groben Bauwerksmodells die modellierten Mengen ermittelt werden. Durch die Verknüpfung mit Baukostenkennzahlen können frühzeitig die zu erwartenden Baukosten genau berechnet werden (LPH 2). Durch die zunehmende Detaillierung des BIM-Modells während des Projektverlaufes wird die Mengenermittlung immer genauer und eine exakte Voraussage der Baukosten wird möglich. Die Mengenermittlung ist dabei weitgehend automatisiert. „Die Nachvollziehbarkeit der Mengen kann dabei grafisch im Gebäudemodell visualisiert werden oder inklusive Rechenweg (wie in klassischen Aufmaßblättern) mit Angabe der Lage VOB-gerecht übergeben werden.“⁹⁸

Schnelle Dokumentation

Die BIM-Planungssoftware ermöglicht es, mit nur wenig Schritten Dokumentationsunterlagen der Projektkosten und Leistungsumfänge des Bauprojektes zu erstellen. Mit Hilfe von Auswertungstools können Ergebnisse schnell und automatisch generiert werden.

Zentrales Gebäudemodell

Das zentrale, virtuelle Gebäudemodell ermöglicht allen Fachplanern, je nach Zugriffstatus, direkt am Projekt zu arbeiten. Alle relevanten Informationen stehen fehlerfrei und aktuell zur Verfügung. Das gemeinsame Datenmodell ermöglicht die Integrierung der Planungen der einzelnen Fachplaner. Die einzelnen Fachmodelle können in einem Koordinationsmodell zusammengeführt werden. Dies ermöglicht eine kollisionsfreie Planung und eine verbesserte Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten. Des Weiteren ist eine Ausgabe von 2D-Plänen innerhalb weniger Schritte möglich. Schnitte, Details und Grundrisse können im Gebäudemodell beliebig gesetzt werden. Somit lassen sich nach Modellierung des Gebäudes schnell und effektiv beispielsweise Baueingabepläne erstellen.

⁹⁷ In Anlehnung an (Albrecht, 2013), Seite 42

⁹⁸a. a. O.

Vermeidung von Informationsverlusten

Durch die zentrale Haltung aller projektrelevanter Informationen in einem gemeinsamen Bauwerksmodell sind Neu- und Mehrfacheingaben nicht mehr notwendig. Die Informationen bzw. Daten sind somit einfach und fehlerfrei verfügbar.

Einfache Variantenvergleiche

Mit Hilfe des BIM-Modells können Änderungswünsche leicht ins Bauwerksmodell eingearbeitet werden. BIM-Software bestimmt automatisch während der Erstellung einer Variante die auszuführenden Mengen und kann somit effizient mehrere Ausführungsarten monetär und mengenmäßig auswerten sowie ausgeben. Die Baukosten werden ebenfalls automatisch angepasst und liefern eine gute Entscheidungsgrundlage für die Variantenbestimmung.

3D-Visualisierung

Anhand des 3D-Gebäudemodells können Visualisierungen einfach generiert werden. Diese dienen für ein besseres Verständnis des Bauvorhabens. Bei der Bürgerbeteiligung vermindern Visualisierungen bestehende Unsicherheiten und informieren die Bürger. Das BIM-Modell ist für Nichtfachleute aussagekräftiger als Pläne.

Verschiedene Kostenauswertungen

„Die Gliederung der Kosten ist in der BIM Software nicht nur nach DIN 276 möglich, sondern auch gewerkeweise oder auch positionsweise.“⁹⁹ Die Auswertung erfolgt schnell und kann schon in einer frühen Planungsphase einen hohen Detaillierungsgrad aufweisen. Durch die automatische Ermittlung der Mengen und Kosten kann beim Planer viel Zeit gespart werden.

Raumbücher

Nach erfolgter Dateneingabe während der Planung können jederzeit, auch nach Gebäudemodelländerungen, aktuelle Raumbücher beziehungsweise ein komplettes Gebäudebuch automatisch erstellt werden.

Erstellen von Leistungsverzeichnissen

Mit Hilfe der BIM-Software können innerhalb von wenigen Schritten Leistungsverzeichnisse für eine Ausschreibung mit Einzelpreisen erzeugt werden. Die Grundlage des Leistungsverzeichnisses bilden die zuvor eingegebenen Daten. Dabei sollte das Leistungsverzeichnis auf Richtigkeit überprüft werden.

⁹⁹ (Albrecht, 2013), Seite 43

4.2 BIM-Prozesse

Die Einführung einer neuen Planungsmethode bewirkt eine Anapassung der bestehenden Prozessabläufe. BIM beeinflusst vor allem die Zusammenarbeitsprozesse. „Denn das gemeinsame Arbeiten mit den unterschiedlichen BIM-Modellen möglichst aller am Bau Beteiligten bringt die höchste Synergie.“¹⁰⁰ Die Komplexität eines Bauwerks erschwert die Abfolge einer strukturierten Planung. Jedoch lassen sich wiederholende Abläufe durchaus als eine Prozessabfolge beschreiben. „Sowohl auf der generellen Ebene der Leistungsphasen, als auch auf der detaillierten Ebene einzelner Prozessschritte zur Erfüllung einer konkreten Aufgabe, können diese Prozesse analysiert, dokumentiert und dann entsprechend der Abfolge abgearbeitet werden.“¹⁰¹ Das Verständnis der Prozesse führt zu einer sicheren und effizienten Arbeitsweise.

Prozesse werde anhand von Prozessdiagrammen beschrieben. Diese setzen sich aus Informationen bezüglich Prozessnamen, Prozessressourcen, Prozessabfolgen, benötigte Vorleistungen (Input) und zur Verfügung gestellte Ergebnisse (Output) sowie Einflussfaktoren zusammen.¹⁰² Im Folgenden wird eine bereits vordefinierte BIM-Prozessdefinition vorgestellt, der sogenannte BIM-Referenzprozess.

4.2.1 BIM-Referenzprozess

Der BIM-Referenzprozess stellt einen allgemeinen Ablauf eines Planungs- und Bauvorhaben von der ersten Idee bis zu Übergabe an den Bauherrn. Die erste Version des vorliegenden Referenzprozesses entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projektes BIMiD (BIM-Referenzprojekt in Deutschland).

Ziel von BIMiD ist es, die Building-Information-Modeling-Methode anhand konkreter Bauprojekte beispielhaft zu demonstrieren. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu dienen, BIM insbesondere in der mittelständisch geprägten deutschen Bau- und Immobilienwirtschaft zum Erfolg zu verhelfen. Der Referenzprozess wurde auf Grundlage verschiedener deutscher Normen und Richtlinien und der HOAI Fassung 2013 durch den Konsortialpartner Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP erstellt. Eine Weiterentwicklung fand zusammen mit dem Konsortialpartner AEC3 Deutschland GmbH statt und im Anschluss wurde der Prozess mit dem AHO (Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.) abgeglichen und überarbeitet.

¹⁰⁰ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 147

¹⁰¹ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 148

¹⁰² Vgl. (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 148

Das Prozessdiagramm setzt sich zum einen aus den Leistungsphasen 1-9 der HOAI und zum anderen aus der Vorschaltung der Bedarfsplanung nach DIN 18205 zusammen. In der derzeitigen Fassung des BIM-Referenzprozesses sind die typischen Beteiligten, wie Baubehörde, Bauherr, Objektplaner (Architekt), Fachplaner (Technische Anlagen und Tragwerksplaner), Sonderfachleute, ausführende Firmen sowie das BIM-Management (als neue Rolle für BIM-Leistungen), in einem Hochbauprojekt berücksichtigt. Die einzelnen Prozesse der Beteiligten werden über die Leistungsphasen hinweg in einer einheitlichen logischen Abfolge als Balken im Prozessdiagramm beschrieben.

„Neben den horizontalen Bahnen für die Beteiligten, den vertikalen Abschnitten für die Leistungsphasen, den Kästen für die Prozesse und den Verbindern für die Prozessabhängigkeiten enthält das Prozessdiagramm auch die wesentlichen Entscheidungspunkte, englisch *gates*.“¹⁰³ Die Entscheidungspunkte können nur durch klare Entscheidungen zu dem bisherigen Planungsstand überschritten werden. „Jeder Prozess selbst ist durch den Prozessnamen und weitere prozessrelevante Informationen gekennzeichnet. Diese werden in Form einer Prozesskette beschrieben. Zu den Prozessinformationen gehören:

- Verantwortliche Rolle
- Mitwirkende Rollen
- Erforderliche Vorleistungen (Input)
- Ergebnisse (Output)
- Formate und BIM-Modellinhalte (spezifisch für die BIM-Erweiterung)
- Weitere Informationen, wie anzuwendende Vorschriften, Regeln, etc.“¹⁰⁴

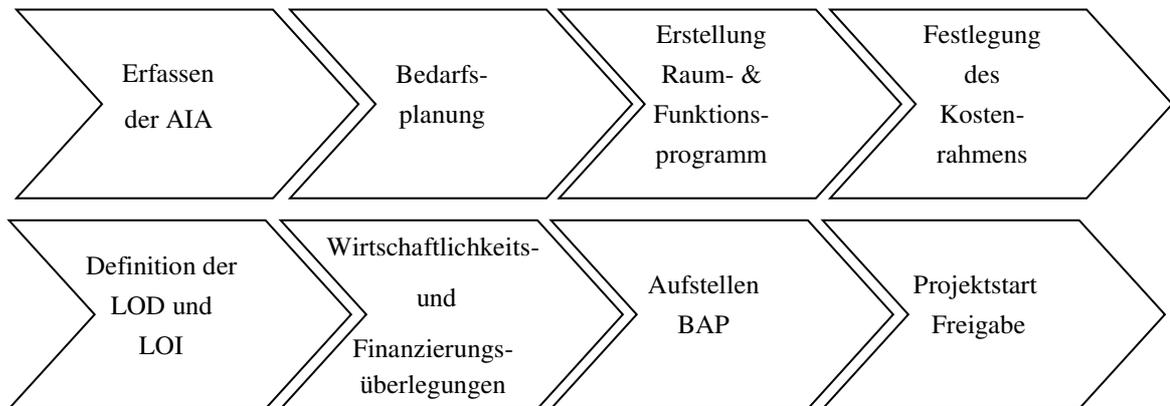
Der BIM-Referenzprozess sieht lediglich allgemeingültige Angaben vor. Die Informationen können für ein spezifisches Projekt konkret mit den Angaben der Projektteilnehmer versehen werden. Eine wichtige Grundlage bildet in diesem Zusammenhang der BIM-Projektentwicklungsplan (BAP), der als Ableitung der BIM-Prozesse aus einem Referenzprozess dienen kann.

Im Anhang 3 wird der BIM-Referenzprozess des BIMiD für die Planungsphasen (LPH 1-7) dargestellt. Eine umfassende Erklärung dieses Prozesses würde den Umfang dieser Arbeit überschreiten. Aufgrund dessen wird im Folgenden der BIM-Referenzprozess verkürzt abgebildet. Dabei werden die einzelnen Leistungsphasen der Planung (LPH 1-7) betrachtet und die Aufgaben des BIM-Managements in dieser Phase beschrieben.

¹⁰³ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 148

¹⁰⁴ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 148

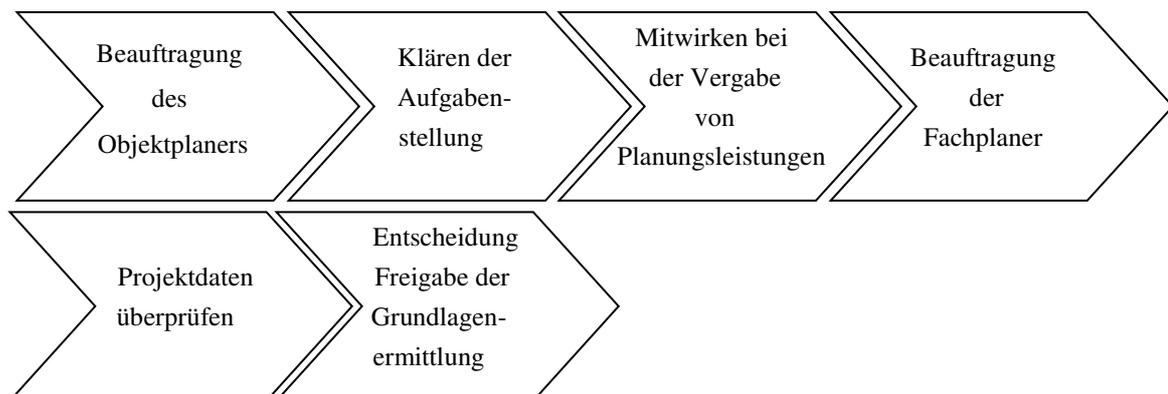
LPH 0 – Strategische Planung, Bedarfsformulierung



Aufgabe des BIM-Managements während der LPH 0:

Zu Beginn unterstützt das BIM-Management den Bauherrn bei der Definition der Ziele und der Informationsbedürfnisse. Entscheidet sich der Bauherr für eine Projektausführung mit BIM, so werden die übergeordneten Projektziele in den AIA (Auftraggeber Informationsanforderungen) festgehalten, die Rollen und Verantwortlichkeiten bestimmt und die Detaillierungsgrade (LOD) der Projektphasen definiert. Das BIM-Management entwickelt die Prozesse der einzelnen Fachplaner und legt Koordinationssitzungen fest. Des Weiteren werden Methoden für die Erstellung des Raumprogrammes bereitgestellt und ein digitales Raumprogramm aufbereitet. Der Bedarfsplan und das Raumprogramm werden überprüft. Mit der Wirtschaftlichkeitsprüfung erstellt das BIM-Management den sogenannten BIM Execution Plan bzw. den BIM-Projektentwicklungsplan (BAP).

LPH 1 – Grundlagenermittlung

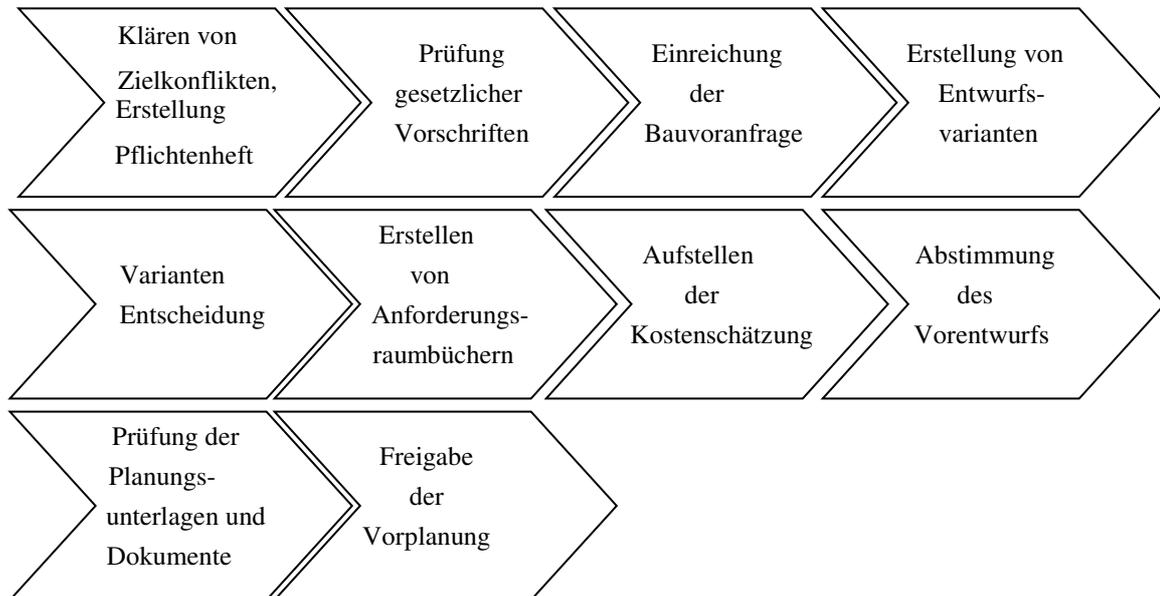


Aufgabe des BIM-Managements:

Bei der Beauftragung der Objektplaner durch den Bauherrn stellt das BIM-Management den BIM Execution Plan zur Verfügung. Während der gesamten LPH 1 überprüft und aktualisiert das BIM-Management den BIM Execution Plan. Bei der Beauftragung der Fachplaner wird der Bauherr vom BIM-Management durch die Prüfung der 3D-Modelle der Fachplaner unterstützt.

4 Prozessanalyse bei der Planung mit BIM

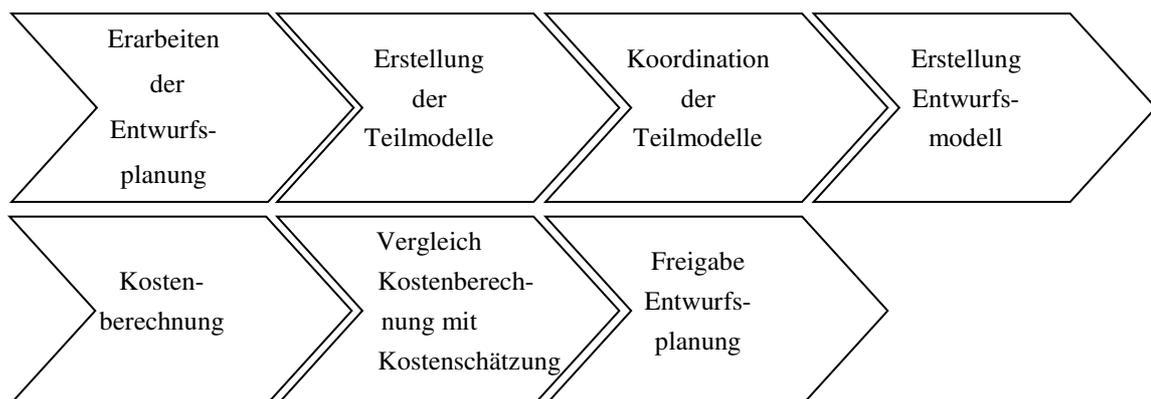
LPH 2 – Vorplanung



Aufgabe des BIM-Managements:

In der Leistungsphase 2 wirkt das BIM-Management bei der Abstimmung zur Variantenauswahl mit. Das Raumbuch wird mit dem Raumprogramm abgeglichen. Für die Kostenschätzung stellt das BIM-Management die Grundflächen anhand der BIM-Berechnung zur Verfügung. Währenddessen wird der BIM Execution Plan fortgeschrieben.

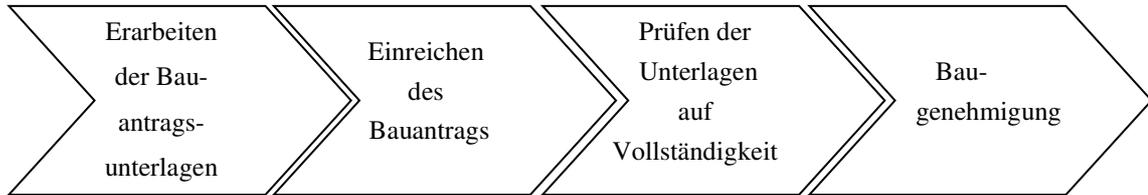
LPH 3 – Entwurfsplanung



Aufgabe des BIM-Managements:

In der LPH 3 gibt das BIM-Management die LODs für die Bearbeitung vor. Bei der Kostenberechnung wird das BIM-Modell qualitativ untersucht und für die Berechnung der Kosten freigegeben. Bevor die Entwurfsplanung zur Genehmigungsplanung freigegeben wird, werden die Unterlagen auf Vollständigkeit überprüft. Abschließend wird der BIM Execution Plan fortgeschrieben.

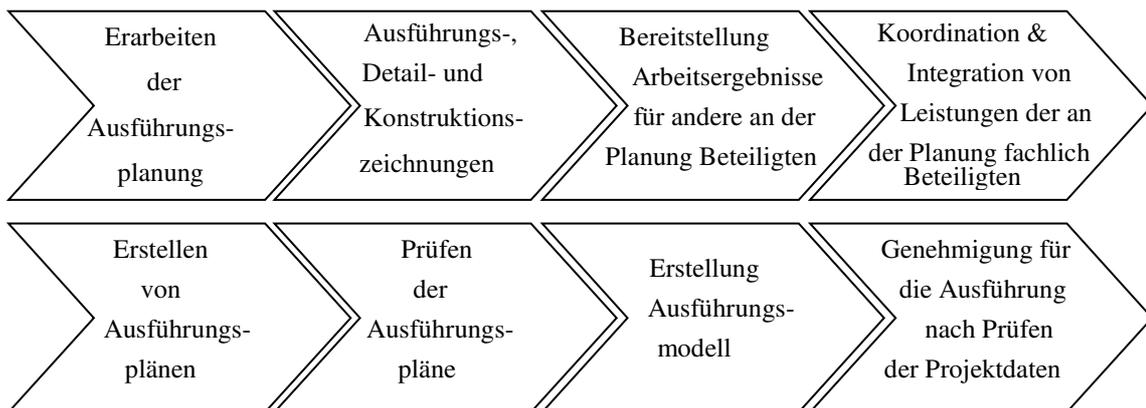
LPH 4 – Genehmigungsplanung



Aufgabe des BIM-Managements:

Das BIM-Management stellt die erforderlichen Pläne aus dem Modell für die Genehmigung bereit. Dabei wird das Modell auf Konflikte untersucht. Vor der Freigabe der Genehmigungsplanung werden die Unterlagen vom BIM-Management qualitativ untersucht. Erneut wird abschließend nach jeder Phase der BIM-Execution Plan fortgeschrieben.

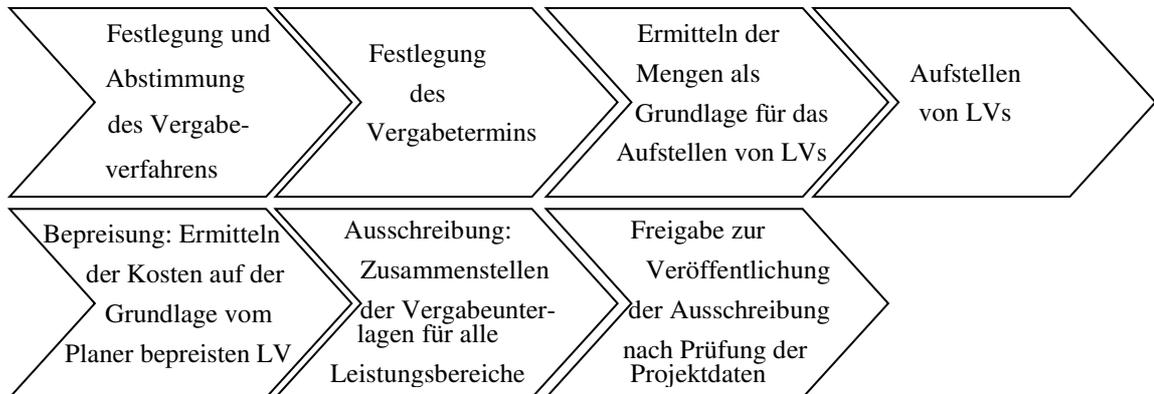
LPH 5 – Ausführungsplanung



Aufgabe des BIM-Managements:

In der LPH 5 ist das BIM-Management für die Konfliktüberprüfung und Kommunikationssteuerung zuständig. Zwischenzeitlich werden die erstellten Pläne auf Vollständigkeit überprüft und die Fachmodelle für die Ausführungsphase koordiniert. Das Ausführungsmodell wird anschließend geprüft und der BIM Execution Plan aktualisiert.

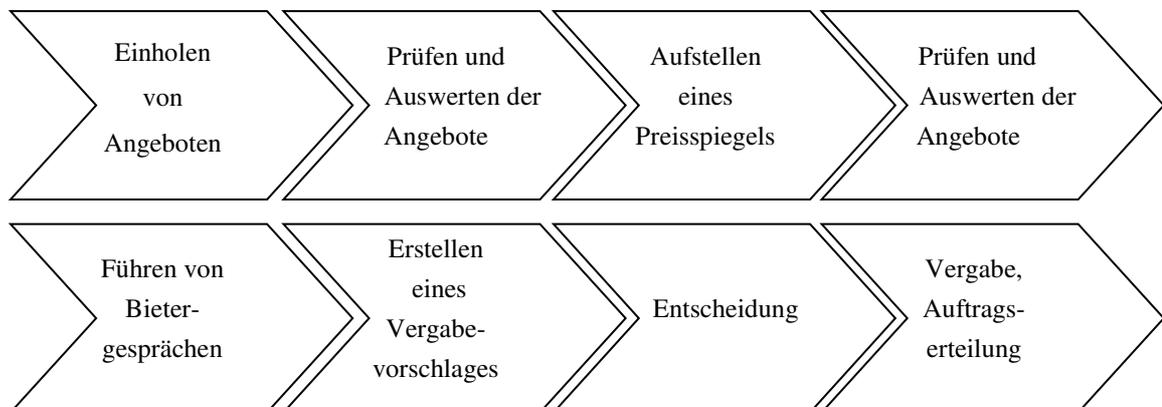
LPH 6 – Vorbereiten der Vergabe



Aufgabe des BIM-Managements:

In dieser Leistungsphase wird neben der Konfliktprüfung und der Kommunikationssteuerung das Modell aufbereitet und für die Ausschreibung übergeben. Dabei überprüft das BIM-Management, ob zwischen den Ausschreibungsinhalten und dem Gesamtmodell Konflikte auftreten.

LPH 7 – Mitwirkung bei der Vergabe



Aufgabe des BIM-Managements:

In LPH 7 ist das BIM-Management lediglich für die Überprüfung der Unterlagen auf Vollständigkeit verantwortlich. Der BIM Execution Plan wird für die Leistungsphase 8 fortgeschrieben.

Bei der Betrachtung der einzelnen Prozesse des Referenzprozesses hat das BIM-Management eine unterstützende Funktion. Das BIM-Modell wird auf Konflikte, Kollisionen und auf Vollständigkeit überprüft. Das BIM-Management hält alle erforderlichen Informationen vor und steuert die Prozesse. In diesem Zusammenhang wird auch von BIM-Workflows gesprochen, die im folgenden Kapitel vorgestellt werden.

4.2.2 BIM-Workflows und BIM-Anwendungsfälle

Mit dem Begriff BIM-Workflow sind die detaillierten, sich wiederholenden Arbeitsschritte zur Erfüllung einer Aufgabe gemeint. „Eine genaue Kenntnis dieser Arbeitsschritte ist insbesondere dann notwendig, wenn mehrere Projektbeteiligte involviert sind und die Methoden über Firmengrenzen hinweg abgestimmt werden müssen.“¹⁰⁵ Vier wesentliche BIM-Workflows sind¹⁰⁶:

Der Koordinationsworkflow

Die Fachmodelle der Planungsdisziplinen werden in einer Koordinationssoftware zusammengeführt und gegeneinander geprüft. Der Koordinationsworkflow wird für die modellbasierte Koordination der Planungsdisziplinen, der Kollisionsprüfung zwischen den Fachmodellen, der Bauregelprüfung aller Fachmodelle oder zur Visualisierung des Gesamtkonzeptes angewandt.

Der Referenzworkflow

Die Fachmodelle der Planungsdisziplinen werden untereinander verlinkt, und damit als Referenzmodelle, die analysiert, aber nicht geändert werden können, für die laufende Überarbeitung des eigenen Fachmodells bereitgestellt. Der Referenzworkflow wird unter anderem zum Referenzieren der Fachmodelle im BIM-Viewer zur Bewertung durch Sonderfachleute, z.B. bei der Brandschutzplanung, verwendet.

Der Auswertungsworkflow

Einzelne Fachmodelle werden zur Übergabe von Teilmodellen an Nachfolgeprozesse genutzt, wie z.B. der Erzeugung eines thermischen Flächenmodells für die energetischen Berechnungen. Der Auswertungsworkflow wird bei dynamischen Planableitungen aus den Fachmodellen, beim Erstellen von Raum- und Bauteillisten aus den Fachmodellen oder für die modellbasierte Mengenermittlung aus den Fachmodellen verwendet.

Der Übergabeworkflow

Zu bestimmten Prozessphasen werden die Fachmodelle, oft nach einer Prüfung im Koordinationsworkflow, an den Auftraggeber oder an weitere Nutzer übergeben. Der Übergabeworkflow wird in der Regel zum Erstellen des Tragwerkmodells auf der Grundlage der tragenden Modellelemente des Architekturmodells aber auch zur Übergabe der Fachmodelle zur Archivierung und späteren Umplanung im Betrieb genutzt.

¹⁰⁵ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 152

¹⁰⁶ a. a. O.

4.3 Detaillierungsgrade bei der Planung mit BIM

Digitale Bauwerksinformationsmodelle bestehen aus einzelnen Modellelementen. Sie entsprechen der digitalen Abbildung der funktionellen und physischen Eigenschaften eines wirklichen Bauteils. Neben der modellierten Geometrie enthalten die Modellelemente geometrische und semantische Informationen. Zu den geometrischen Informationen zählen sowohl Parameter wie Länge, Breite, Höhe als auch Auswertungsinformationen wie Fläche und Volumen. Semantische Informationen sind beispielsweise Material, Bauteilklassifikationen oder Herstellerangaben. Im Verlauf des Projektes hat ein Modellelement nicht immer die gleiche Informationstiefe, diese wächst an¹⁰⁷. „Die geometrische und semantische Detaillierung der Modellelemente wird mit Detaillierungsgraden beschrieben. Noch gibt es in Deutschland weder eine verbindliche Festlegung noch einen allgemein anerkannten Standard für die Detaillierungsgrade der BIM-Modelle.“¹⁰⁸ Im diesem Abschnitt werden die Detaillierungsgrade kurz vorgestellt.

Level of Development/ Level of Detail (LoD)

Die Detaillierung der Modelle, beziehungsweise der Modellelemente, aus denen die Modelle aufgebaut sind, werden mit einem Detaillierungsgrad beschrieben¹⁰⁹. Der Detaillierungsgrad der Modellierung wird als Level of Development (LoD), zu deutsch Fertigstellungsgrad, bezeichnet. Er gibt an, welche fachlichen Informationen und Leistungen in den jeweiligen Leistungsphasen erbracht werden müssen. Der Level of Detail (LoD), zu deutsch Detaillierungsgrad, beschreibt die Detailgenauigkeit der Modellelemente. Er stellt ein Maß für die Quantität der Details dar. „Derzeit liegen in Deutschland noch keine allgemein anerkannten Standards oder Beispiele für den Level of Development vor.“¹¹⁰ Wirft man jedoch einen Blick ins Ausland, findet man eine Vielzahl an landeseigenen Definitionen. Erste Ansätze zur Definition der Detaillierungsgrade erfolgten bereits 2008 durch die Firma VICO Software in Zusammenarbeit mit der amerikanischen Baufirma Webcor. Sie erkannten die Notwendigkeit zur Definition von Detaillierungsgraden im BIM-Modell und legten die Level of Detail (Detaillierungsgrad), kurz LoD fest¹¹¹. Eine Weiterentwicklung erfolgte durch den Amerikanischen Architektenverband, dem American Institute of Architects, AIA. Im Jahr 2008 wurde der Level of Development erstmals durch das American Institute of Architects spezifiziert. Zur Abgrenzung zu den Level of Details wurde die Weiterentwicklung Level of Development, Akronym ebenfalls LOD genannt. Die Fertigstellungsgrade definieren sechs Stufen, die sich mittlerweile weit verbreitet haben:

¹⁰⁷ Vgl. (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 133

¹⁰⁸ a. a. O.

¹⁰⁹ a. a. O.

¹¹⁰ (Egger et al., 2013), Seite 58

¹¹¹ Vgl. (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 134

Tabelle 3: Definition der Level of Development (LOD)¹¹²

Level of Development	Beschreibung
LOD 100	Das Modellelement kann im Modell geometrisch mit einem Symbol oder einer anderen allgemeinen Abbildung dargestellt werden, es erfüllt aber noch nicht die Anforderungen von LOD 200.
LOD 200	Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein allgemeines System, Objekt oder eine Baugruppe mit ungefähren Mengen, Größe, Lage und Orientierung dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Modellelement hinzugefügt werden.
LOD 300	Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein System, Objekt oder eine Baugruppe mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Modellelement hinzugefügt werden.
LOD 350	Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein System, Objekt oder eine Baugruppe mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung und mit Verbindungen und Anschlüssen zu anderen Gebäudesystemen dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Modellelement hinzugefügt werden.
LOD 400	Das Modellelement wird im Modell geometrisch als ein System, Objekt oder eine Baugruppe mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung inklusive Montage-, Installations- und Herstellerinformationen dargestellt. Nicht geometrische Informationen können dem Modellelement hinzugefügt werden.
LOD 500	Das Modellelement entspricht bezüglich Größe, Aussehen, Lage, Menge und Orientierung dem eingebauten Zustand. Nicht geometrische Informationen können dem Modellelement hinzugefügt werden.

Im Folgenden wird anhand der Abbildung einer Stahlstütze und ihrer benachbarten Bauteile die definierten Level of Development veranschaulicht¹¹³. Die inhaltlichen Mindestanforderungen erstrecken sich vom *Level of Development 100* für die konzeptionelle Annäherung zu Beginn eines BIM-Projekts bis *zum Level of Development 500* für die präzise Darstellung zum Ende der Projektabwicklung. Jedes Level baut auf dem vorherigen auf und beinhaltet alle Informationen des vorherigen Levels.

¹¹² (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 134

¹¹³ Nach (Borrmann et al., 2015), Seite 141

4 Prozessanalyse bei der Planung mit BIM

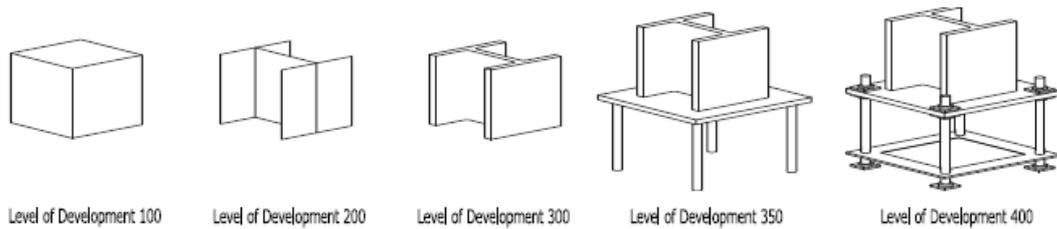


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Level of Development (LODs)¹¹⁴

- LOD 100 Die Stahlstütze wird in Form eines allgemeinen Symbols dargestellt.
- LOD 200 Die Stahlstütze wird typgerecht mit ungefährender Menge, Abmessung, Form, Lage und Orientierung dargestellt.
- LOD 300 Die Stahlstütze wird mit exakter Menge, Abmessung, Form, Lage und Orientierung dargestellt. Semantische Informationen wie Material oder Oberflächenbehandlung können enthalten sein.
- LOD 350 Die Stahlstütze wird zusammen mit seinem Anschluss an das darunterliegende Bauteil dargestellt. Zusätzlich werden typische Befestigungsobjekte, wie Knotenbleche oder Ankerstangen, mit exakter Orientierung modelliert.
- LOD 400 Zusätzlich werden Schweißnähte, Unterlegscheiben, Muttern und sonstige Montageelemente dargestellt.
- LOD 500 Der Level of Development 500 entspricht einer überprüften Repräsentation des realen Bauteils (As-Built). LOD 500 wird in der Abbildung nicht gezeigt. Weicht die überprüfte Repräsentation des Bauteils von dem LOD 400 ab, so ist für das LOD 500 eine Nachführung des Modellelements gemäß eingebauten Zustand notwendig. Ansonsten stimmt das LOD 500 mit dem LOD 400 überein.

Neben den geforderten Ansprüchen an die inhaltlichen Mindestanforderungen der Modellelemente legt das Dokument AIA (2013a) zusätzlich fest, ab welchem Ausarbeitungsgrad die Modellelemente für bestimmte Berechnungen und Auswertungen, wie Analysen und Kostenschätzungen, verwendet werden dürfen (Authorized Uses). Dadurch soll die unbegrenzte Weiternutzung eines Modells und aller darin enthaltenen Informationen verhindert werden. Es ist zudem zu beachten, dass innerhalb eines Modells die einzelnen Modellelemente verschiedene LOD besitzen können. Beispielsweise können mehrere Elemente dem LOD 200 zugeordnet werden, es können aber auch Elemente im LOD 300 oder 400 vorliegen. Da sich viele Informationen von Projekt zu Projekt unterscheiden, ist die Definition der Detaillierungsgrade eine wichtige Komponente des BIM-Abwicklungsplans.

¹¹⁴ (Borrmann et al., 2015), Seite 142

Level of Information (LoI)

Der Level of Information (LoD) beschreibt die je Projektphase bzw. LOD notwendigen Informationen, mit denen das BIM-Modell oder weitere Datenbanken attribuiert werden soll.

Neben der geometrischen Darstellung besitzen die Modellelemente auch semantische Informationen. Für den Austausch und die weitere Verwendung der Modelle, zum Beispiel für energetische Analysen oder Kostenberechnungen, sind die semantischen Informationen von entscheidender Bedeutung. Diese Informationen können in Form von Attributen oder in ergänzenden Unterlagen enthalten sein. Beispielsweise kann einem Stahlbetonbauteil der Baustoff C30/37 zugewiesen werden. Der Informationsgrad eines Elements wird durch den Level of Information beschrieben, der stark von den vereinbarten BIM-Zielen und somit von den BIM-Anwendungsfällen abhängig ist. Daher ist die Definition der Informationstiefe schwieriger als die der geometrischen Detaillierung in festgelegten Stufen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Informationstiefe für die jeweiligen Anwendungsfälle vor Projektbeginn zu vereinbaren (Liebich & Hausknecht, 2016). Dies erfolgt im BIM-Abwicklungsplan, der projektspezifisch zu erstellen ist.

5 Vergleich der Planungsprozessabläufe

Unabhängig davon, ob ein Projekt konventionell oder mit BIM geplant wird, beginnt die Initiierung mit der Zusammenstellung aller hierzu notwendigen Informationen sowie der gegebenen Parameter und Randbedingungen. Die ersten Daten sind Grundlage für den eigentlichen Planungs- und Abwicklungsprozess. In der Vorentwurfs- und Entwurfsplanung erstellt der Planer Zeichnungen, Skizzen, Pläne und (plastische) Modelle. An dieser Stelle setzt im Idealfall zeitgleich der eigentliche BIM-Prozess ein, der sich dann über die gesamte Laufzeit des Projektes fortsetzt.

Der Planer erstellt das dreidimensionale, virtuelle Bauwerksmodell zusammen, welches fortan als zentrale Datenquelle für die weitere Bearbeitung dient. Dieses BIM-Modell ist identisch mit dem projektierten Gebäude. „Die Erstellung, Pflege und Aktualisierung dieses Datenmodells ist das eigentliche „BIM“, also das „Modellieren der Gebäudedaten“, beinhaltet allerdings nur den Teilaspekt der Datenerstellung innerhalb des BIM-Gedankens.“¹¹⁵ Das Bauwerksmodell besteht aus einer Vielzahl an Modellelementen. Alle Objekte und Elemente werden von den Fachplanern mit Hilfe der im Büro verwendete CAD-Software erstellt und anschließend mit allen weiteren, dazu vorliegenden Informationen versehen. Eine gemeinsame Datenbasis in Form eines digitalen Gebäude-modells ist für den weiteren Verlauf der Planungen gegeben.

In diesem Kapitel wird die konventionelle Planung mit der BIM-Planung gegenübergestellt. Anhand der vorangegangenen Prozessanalysen wird ein Vergleich zwischen der 2D- und 5D-Planung (BIM) durchgeführt. Im Anschluss wird der Nutzen von BIM in den Leistungsphasen der HOAI hervorgehoben. Sowohl bei der konventionellen Planung als auch bei der Planung mit BIM wird die Qualität der Planung anhand von Detaillierungsgraden beschrieben. Mit Fortschreiten des Projektes erhöht sich der Detaillierungsgrad bei beiden Planungsvarianten. Building Information Modeling hat verschiedene Auswirkungen auf den Planungsprozess. Welche Mehrwerte sich für die Projektbeteiligten ergeben und was bei der derzeitigen Vertragsgestaltung beachtet werden sollte, wird ebenfalls in diesem Kapitel betrachtet. Neben dem Einfluss der BIM-Methode auf die drei Hauptzielgrößen Kosten, Termine und Qualität werden abschließend die Potentiale der BIM-Planung aufgeführt.

¹¹⁵ (Allplan, 2015), Seite 45

5.1 Vergleich von 2D zu BIM (5D)

Zwischen der konventionellen 2D-Planung und der integrierten 5D-Planung bestehen einige Unterschiede. Die wesentlichen Punkte werden im Folgenden gegenübergestellt¹¹⁶:

Räumliche Ausdehnung des Modells und Technische Voraussetzungen

Bei der konventionellen Planung wird in der Regel zweidimensional gezeichnet, d.h. mit x- und y-Koordinaten im kartesischen Koordinatensystem. Die Pläne liegen in Papierform vor. Mit BIM wird grundsätzlich dreidimensional, d.h. mit x-, y- und z-Koordinaten im kartesischen Koordinatensystem, modelliert. Es können 2D-Pläne aus dem BIM-Modell abgeleitet werden, die entweder in Papierform oder beispielsweise auf Tablet-PCs vorliegen.

Vorgehensweise

Bei der 2D-Planung werden die Objekte zweidimensional auf einer Ebene im CAD-Programm oder auf dem Papier erzeugt. Die unterschiedlichen Pläne ergeben in Gesamtheit die Planung des Bauwerks. Die 5D-Planung modelliert die Bauteile dreidimensional mit Hilfe einer BIM-fähigen Software. Das so entstehende virtuelle Bauwerksmodell ergibt die Planung des Bauwerks.

Darstellung

In der konventionellen Planung wird das Bauwerk mit Hilfe von Grundrissen, Schnitten, Ansichten sowie Detailzeichnungen dargestellt. Dabei muss jeder einzelne Plan separat erstellt werden. Eine räumliche Betrachtung des Bauwerks ist nicht möglich. Bei der Planung mit BIM wird das Bauwerk dreidimensional im Modell dargestellt. 2D-Pläne können jederzeit automatisch aus dem Modell generiert werden. Die 3D-Darstellung ermöglicht die räumliche Visualisierung des Bauwerks.

Arbeitsweise

Die 2D-Planerstellung kann bei der konventionellen Planung vergleichsweise schnell erfolgen, jedoch ist die Überarbeitung bei Änderungen sehr aufwändig. Jeder betroffene Plan muss einzeln angepasst werden. Bei der BIM-Planung ist die Erstellung des BIM-Modells aufgrund der erforderlichen Genauigkeit der Modellierung sehr aufwändig. Bei nachträglichen Planungsänderungen in späteren Phasen der Planung ist eine Anpassung des Modells leicht möglich. Alle Pläne passen sich automatisch den Änderungen an und können zeitgleich abgeleitet werden. So wird der anfangs höhere Mehraufwand wieder zeitlich kompensiert.

¹¹⁶ In Anlehnung an (Albrecht, 2013), Seite 29

Arbeitsaufwand

Grundsätzlich wird der Arbeitsaufwand nach den jeweiligen Leistungsphasen der HOAI geregelt. Mit Hilfe der prozentualen Anteile des Honorars auf die Leistungsphasen (siehe Kapitel 3.4.1) kann der Arbeitsaufwand eingeschätzt werden. Bei der Planung mittels BIM verschiebt sich der Arbeitsaufwand der Planung durch die aufwändige Erstellung des BIM-Modells in frühere Leistungsphasen. Dafür wird der Aufwand in den folgenden Leistungsphasen geringer, da beispielsweise die Mengen- und Kostenermittlung automatisch erstellt werden kann. Weitere Chancen von BIM in der Planung wurden im Kapitel 4.1.4 behandelt.

Fehleranfälligkeit

Bei der konventionellen Planung sind Planungsänderungen sehr aufwändig einzuarbeiten, da jeder betroffene, einzeln und separat erstellte Plan geändert werden muss. Auswertungen, wie Mengen- oder Kostenermittlungen müssen mühsam händisch erstellt werden. Des Weiteren sind bei der Ausschreibung und bei verschiedenen Kostenauswertungen exakt ermittelte Mengewerte sehr bedeutend. Mit BIM können Planungsänderungen ohne Probleme in das BIM-Modell eingegeben werden. Pläne und Auswertungen, wie Mengenermittlungen, werden automatisch aktualisiert. Variantenuntersuchungen sind schnell generierbar und aufgrund der hohen Informationsdichte sehr genau. Die Fehleranfälligkeit des Gebäudemodells ist diesbezüglich als gering zu sehen. Ein wichtiger Aspekt ist in diesem Zusammenhang ein standardisiertes Austauschformat. Aufgrund von Konvertierungsschwierigkeiten zwischen verschiedenen Programmen kann es zu Datenverlusten kommen.

Verknüpfung mit Daten/ Anpassungsfähigkeit des Modells

Bei der konventionellen 2D-Planung können Pläne nicht miteinander verknüpft werden. Eine Änderung der eingegebenen Daten ist problematisch, da alle Pläne separat aktualisiert werden müssen. Eine Weiternutzung der Pläne, wie beispielsweise für Auswertungen, ist nicht gegeben. Bei BIM werden die Informationen miteinander verknüpft. Mit Hilfe der Faktoren Zeit und Kosten wird aus dem 3D-Modell ein 5D-Modell, welches bereits zu Planungsbeginn eine Simulation des Bauablaufs sowie eine genaue Vorhersage der zu erwartenden Kosten liefert. Bei Veränderungen der eingegebenen Informationen werden alle damit verknüpften Informationen automatisch angepasst. So liegt bei der Planung mit BIM immer ein aktuelles, fehlerfreies Gebäudemodell vor.

Übertragung der Daten

Konventionell werden die Pläne in Papierform oder im PDF-Format vom Architekten an die jeweiligen Fachplaner übergeben. Eine Weiternutzung der Daten ist nur schwer möglich. In wenigen Fällen werden die Zeichnungen auch über herstellerabhängige Austauschformate weitergeleitet. Beim Einlesen dieser Pläne können Fehler aufgrund von Konvertierungsschwierigkeiten auftreten. Bei der Planung mit BIM erfolgt die Arbeit im Idealfall an einem zentralisierten Modell, wo alle Projektbeteiligten Zugriff haben. So können Konvertierungsprobleme vermieden werden. „Zurzeit wird das Gebäudemodell meist vom Architekten an die jeweiligen Fachplaner verteilt, was die Vorzüge eines zentralen Modells, beispielsweise die sofortige Anpassung aller bauwerksrelevanten Daten, leider nicht ausnutzt.“¹¹⁷ Um Konvertierungsprobleme zu vermeiden werden offene Datenaustauschformate, wie IFC, verwendet.

Bei der Gegenüberstellung der beiden Planungsmethoden werden nur wenige Ähnlichkeiten ersichtlich. Eine Gemeinsamkeit liegt in der kreativen Entwurfsarbeit des Planers. In beiden Planungsvarianten ist das Ziel des Planers die Herstellung einer mangelfreien Planung zur Errichtung eines Bauwerkes. Jedoch sind die Methoden zur Zielerreichung und die Hilfsmittel für die Erstellung der Planung unterschiedlich. Ein wesentlicher Unterschied besteht bei der Datendurchgängigkeit der Planung. Während bei der konventionellen Planung eine Vielzahl von Schnittstellen anzutreffen sind, werden bei der BIM-Planung die Informationen verknüpft und Fortgeschrieben. Oft wird der Planer lediglich für die Planungsphase und nicht für alle Leistungsphasen der HOAI beauftragt. Bei diesem Übergang von der Planungs- in die Ausführungsplanung treten vermehrt Informationsverluste auf. Infolge dessen müssen die Unternehmer Informationen zeitaufwändig wieder zusammentragen. Bei einer Planung mit BIM kann das virtuelle Gebäudemodell direkt an den Bauunternehmer übergeben werden. Alle bauwerksrelevanten Daten und Dokumente liegen vor, wodurch der nachfolgende Projektbeteiligte den gleichen Informationsstand besitzt, den der vorangestellte Beteiligte erzeugt hat. Diese Schnittstellenbrüche können nach jeder Projektphase auftreten. „Ein wesentlicher Vorteil der durchgängigen, integrierten BIM-Planung ist der stetige Informationszuwachs zwischen den Projektphasen, ohne Daten bei Schnittstellen zwischen den Bearbeitern des Projektes zu verlieren.“¹¹⁸

¹¹⁷ (Albrecht, 2013), Seite 32

¹¹⁸ a. a. O.

5.2 Fertigstellungsgrad, Detaillierungsgrad, Informationsgrad

Bei der konventionellen Planung von Bauwerken werden die Leistungsphasen in verschiedenen 2D-Planungsmaßstäben abgebildet. Im Laufe der fortschreitenden Planung wird der zuerst grobe, noch wenig detailgetreue Maßstab hin zu genauen Detailzeichnungen, die alle zur Herstellung notwendigen Informationen mit höchster Zuverlässigkeit enthalten, entwickelt. Der Maßstab bestimmt, welche grafischen Details eines Bauteils dargestellt werden und steuert somit die Detaillierung¹¹⁹. Das ändert sich mit BIM. „Ein BIM-Modell ist in Bezug auf seine geometrische Ausprägung ein digitales Geometriemodell, das immer im Maßstab 1:1 vorliegt.“¹²⁰ Die Abbildung auf 2D-Pläne erfolgt erst durch dynamische Planableitung. Da aufgrund der parametrischen Beschreibung der Geometrie bestimmte Details unterdrückt werden, lässt sich die Detailtiefe eines BIM-Modells nicht über die abgeleiteten Pläne beschreiben und ist nicht von diesen abhängig. Daher ist eine unabhängige Definition der Detaillierungsgrade notwendig, die für die digitale Auswertbarkeit der Planungsinformationen von Bedeutung ist. Die zu einem bestimmten Planungszeitpunkt vorhandene Detailtiefe muss vollständig und ausreichend belastbar sein, um ohne menschliche Hilfe direkt von anderen Softwareprogrammen interpretiert zu werden.

Bei der konventionellen Planung beschreibt der Maßstab, wie etwas dargestellt wird. Es steht im Vordergrund, wie Pläne einheitlich und richtig interpretiert werden. Bei der Planung mit BIM legt der Detaillierungsgrad fest, was übergeben wird. Das bedeutet, welche fachlichen Informationen das BIM-Modell enthalten muss.

Im Kapitel 4.3 wurde die verschiedenen Detaillierungsgrade bei der Planung mit BIM vorgestellt. Die Abkürzung LoD führt in der Literatur oft zu Verwechslungen. Steht sie nun für den Level of Detail oder den Level of Development? Der Level of Detail gibt die geometrische Detailgenauigkeit der Modellelemente an und stellt ein Maß für die Quantität der Details dar. Hingegen beschreibt der Level of Development, wie durchdacht die Verknüpfung der geometrischen Darstellung und dem Modell hinzugefügten semantischen Informationen ist. Folglich wird nicht die maximale Informationstiefe gewählt, sondern die Informationstiefe, die für die vereinbarten BIM-Anwendungsfälle notwendig ist. Für eine exakte Differenzierung in geometrische und semantische Detaillierung ist eine getrennte Definition sinnvoll. Für die Klassifikation der geometrischen Ausprägung wird der Begriff Level of Geometry (LoG) eingeführt. Dieser beschreibt die Detaillierung der Geometrie. „Die LoG sind mit den Maßstäben von 2D-Zeichnungen in den verschiedenen Leistungsphasen vergleichbar.“¹²¹ Die Festlegung der LoG in festgelegten Stufen ist daher möglich.

¹¹⁹ Vgl. (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 133

¹²⁰ a. a. O.

¹²¹ a. a. O.

Für die semantische Detaillierung wird der Begriff Level of Information verwendet. Da der LoI von den vereinbarten BIM-Anwendungsfällen abhängig ist, ist eine Definition in festgelegten Stufen schwieriger als beim LoG. Eine projektspezifische Definition im BIM-Ablaufplan ist daher vor Projektbeginn notwendig.

Nach Hausknecht & Liebich (2016) ergibt die Summe aus dem Level of Geometry und dem Level of Information somit eine präzise Definition der Level of Development¹²². Das Akronym LoD wird im Folgenden für den Level of Development verwendet. Der Level of Geometry kann mit LoG und der Level of Information mit LoI abgekürzt werden. Zusammenfassend ergibt sich nachstehende Formel:

$$\mathbf{LoD = LoG + LoI}$$

(Level of Development = Level of Geometry + Level of Information)

Eine Möglichkeit für die Zuordnung der Detaillierungsgrade des architektonischen Fachmodells bezogen auf die Leistungsphasen nach HOAI, verglichen mit den bekannten Zeichnungsstäben, zeigt Tabelle 4. Dabei können die LoG der einzelnen Modellelemente der jeweiligen Fachmodelle davon abweichen. In der Leistungsphase 1 (Grundlagenermittlung) ist kein BIM-Modell erforderlich.

Tabelle 4: Zuordnung der Level of Geometry zu den Leistungsphasen¹²³

LOG/ Zeichnungs- maßstab		Beschreibung	Leistungsphasen
LOG 100 1:500- 1:200	Geometrie	Das Modell wird entweder als einfaches Massenmodell oder auf der Grundlage des Raum- und Funktionsprogramms erstellt und muss noch nicht zwingend einzelne raumbildende Modellelemente enthalten. Es dient der Ideenfindung, der städtebaulichen Einordnung und der Kommunikation mit dem Bauherrn. Die Modellelemente können im Modell aber auch schematisch mit Symbolen oder anderen allgemeinen Abbildungen dargestellt werden. Eine genaue Typisierung der Modellelemente ist an dieser Stelle noch nicht erforderlich. Die Räume und die Gebäudehülle müssen modelliert sein.	LPH 2 (Vorentwurfs- planung)

¹²² Vgl. (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 137

¹²³ a. a. O.

5 Vergleich der Planungsprozessabläufe

LOI	Attribute	Alphanumerische Informationen sind nicht erforderlich.	
LOG 200 1:200- 1:100	Geometrie	Die Modellelemente werden im Modell typgerecht als allgemeine Objekte, Baugruppen oder Anlagen mit ungefähren Mengen, ungefährender Größe, Lage und Orientierung modelliert. Das Modell enthält auch das Raummodell, welches automatisch über die raumbegrenzenden Modellelemente definiert ist.	LPH 3 und 4 (Entwurfs- planung und Genehmigungs- planung)
LOI	Attribute	Erste allgemeine alphanumerische Informationen werden hinzugefügt. Beispielsweise: Bauteile: Bauteiltyp, tragend/nicht tragend, Bauteilname Räume: Raumtyp, Raumnummer, ungefähre Fläche	
LOG 300 1:50, 1:20-1:1	Geometrie	Die Modellelemente werden im Modell typgerecht als Systeme, Objekte oder Baugruppen mit spezifischen Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung, Schichtaufbau und den Durchbrüchen modelliert. Das Modell enthält das weitergeführte Raummodell	LPH 5 (Ausführungs- planung)
LOI	Attribute	Weitere alphanumerische Informationen gemäß BIM-Ziel und Vereinbarung werden hinzugefügt. Beispielsweise: Bauteile: Material, Farbe, Bewehrung, U-Wert, Schalldämmmaß Räume: Raumklassifikation, Nettoflächen, Ausstattung, Fußbodenaufbau	
LOG 400 1:100- 1:10	Geometrie	Die Modellelemente werden im Modell typgerecht als Systeme, Objekte oder Baugruppen mit exakten Mengen, spezifischer Größe, Lage und Orientierung inklusive Montage-, Installations- und Herstellerinformationen dargestellt.	LPH 8 (Objektüber- wachung)
LOI	Attribute	Weitere alphanumerische Informationen gemäß BIM-Ziel und Vereinbarung werden hinzugefügt.	
LOG 500	Geometrie	Die Modellelemente sind bezüglich Größe, Mengen, Aussehen, Lage und Orientierung eine überprüfte Abbildung der eingebauten Bauelemente.	Facility Management
LOI	Attribute	Alphanumerische Informationen wie angelegt, diese sind wichtig für das Facility Management.	

5.3 Auswirkungen von BIM auf den Planungsprozess

5.3.1 Motivation und Mehrwert für die Projektbeteiligten

Die Einführung von Building Information Modeling liefert eine Vielzahl von Vorteilen für die Projektbeteiligten. Doch inwiefern die Beteiligten von den allgemeinen Vorteilen der neuen Methode profitieren und wodurch letztendlich die Motivation für den BIM-Einsatz entsteht wird, im Folgenden näher erläutert.

Im BIM-Leitfaden für Deutschland werden die Motive für eine Beschäftigung mit BIM grundsätzlich in externe und unternehmensinterne Einflüsse unterteilt¹²⁴. Zu den externen Einflüssen gehören zum einen die Projektvorgaben, denn sowohl die Bewerbungen im Ausland als auch im Inland verlangen bei einigen institutionellen Bauherrn BIM zunehmend als Eignungsnachweis des Bieters. Auch die Lieferkette der ausführenden Firmen ist in diesem Kontext von Bedeutung. Nutzt ein Hauptunternehmen (Generalplaner oder Generalunternehmer) den Einsatz von BIM als Optimierung der eigenen Arbeitsabläufe, so wird von den Subunternehmern das Gleiche gefordert. Setzen einige Partner aus Zusammenschlüssen von Partnern oder Ausführenden bereits auf BIM, so werden die anderen mit dem Einsatz von BIM herausgefordert. Zum anderen spielt auch die Konkurrenz eine wichtige Rolle. Mitbewerber, die ihre Arbeitsabläufe bereits mit BIM optimiert haben, üben auf andere einen Qualitäts- und Preisdruck aus. Auch aus Marketingaspekten heraus ist der Einsatz von BIM sehr attraktiv, denn alle sprechen über BIM und man will dabei sein.

Neben den externen Motivationsgründen treten auch interne Beweggründe auf. Die Unternehmen streben eine Optimierung ihrer Arbeitsabläufe an. BIM wird als geeignete Methode für dieses Ziel angesehen. Mit der Anschaffung von neuen Softwareprodukten sollen die vorhandenen Softwarekenntnisse vertieft, die Funktionalität bestehender Software ausgenutzt und verschiedene Produkte hausintern oder mit Partnern integriert werden. Mit der Einführung von BIM können Geschäftsfelder erweitert werden. „Projektteilnehmer, die sich früh engagieren und entsprechende Kompetenzen aufbauen, werden den Bauherrn über ihre Produkte und Leistungen große Vorteile anbieten können.“¹²⁵ Die Vorteile der BIM-Methode ergeben sich nicht nur für den unternehmensübergreifenden Einsatz, auch innerhalb des Büros und mit wenigen Partnern kann BIM vorteilhaft eingesetzt werden. Im BIM-Kompendium von Hausknecht und Liebich werden die einzelnen Mehrwerte der verschiedenen Projektteilnehmer übersichtlich abgebildet¹²⁶. Im Folgenden werden stichpunktartig einige wichtige Aspekte aufgeführt:

¹²⁴ Vgl. (Egger et al., 2013), Seite 25

¹²⁵ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 55

¹²⁶ a. a. O.

Mehrwerte für Architekten

- Kommunikation mit dem Bauherrn und anderen über die 3D-Visualisierung, die jederzeit aktuell mit dem BIM-Modell zur Verfügung steht, anstatt physische Modelle oder kosten- aufwändige separate Visualisierungen anzufertigen
- Entwerfen und Variantenuntersuchungen der architektonischen Gestaltung, insbesondere komplizierter geometrischer Formen durch parametrische 3D-Technologien
- Modellbasierte Mengenermittlung aus dem BIM-Modell für die Kostenschätzung und Kostenberechnung sowie für die Leistungsverzeichnisse
- Besseres Plan- und Revisionsmanagement, um vertraglich relevante Dokumente ohne weiteren Kontrollaufwand zueinander konsistent zu halten; Koordination der Fachplanungen zur Sicherung einer kollisionsfreien Planung
- Vollständige 3D-Koordination mit anderen Disziplinen, insbesondere der Gebäudetechnik und Tragwerksplanung, zur Kollisionsprüfung der gesamten Planung

Mehrwerte für Gebäudetechniker

- Besseres Plan- und Revisionsmanagement durch das Erstellen und Nachführen konsistenter Pläne aus dem BIM-Modell
- Einbeziehen von Herstellerinformationen bei den Komponenten, die direkt zur Berechnung und Auslegung der Anlagen aus dem BIM-Modell heraus genutzt werden
- Vollständige 3D-Koordination mit anderen Disziplinen, insbesondere der Architektur und Tragwerksplanung, zur Kollisionsprüfung der gesamten Planung
- Übernahme der Raum- und Gebäudedaten aus dem BIM-Modell der Architektur für die vielfältigen Anwendungen und Nachweise in der Gebäudetechnik (bauphysikalische Nachweise, Lichtplanung oder Heizlastberechnung)
- Unterstützung der Durchbruchplanung als Koordination zwischen der Gebäudetechnik und der Architektur- und Tragwerksplanung

Mehrwerte für Bauingenieure (Tragwerksplanung)

- Ableiten von Detailzeichnungen, wie Bewehrungspläne, direkt aus dem BIM-Modell
- Verknüpfung des Tragwerksmodells mit dem statischen Berechnungsmodell für die statischen Berechnungen und den Stabilitätsnachweis
- Übernahme von Berechnungsergebnissen der Statik für die Werkplanung
- Generieren von Stück- und Materiallisten für die Kostenberechnung
- Vollständige 3D-Koordination mit anderen Disziplinen, insbesondere der Architektur und Gebäudetechnik, zur Kollisionsprüfung der gesamten Planung

Mehrwerte für Baufirmen

- Bessere Zusammenarbeit mit den Planern und den Bauherren
- Sichere Mengen für die Angebotskalkulation über ein einfaches BIM-Modell für das Angebot; bessere Kostenkontrolle und Vorhersage
- Detaillierte Bau- und Montagepläne zur Steuerung der Fertigung; Verringerung der Nacharbeiten und der Fehlerquote bei den Ausführungsunterlagen
- Exakte Mengenermittlung aus dem detaillierten BIM-Modell für die Kalkulation sowie Mengenvergleich zur Feststellung von Mehr- und Mindermengen bei Änderungsanforderungen

Mehrwerte für Produkthersteller

- Direkte, online-basierte Präsenz bei den Kunden, Angebot von Mehrwerten durch technische Unterstützung und Planungshilfen bei der Auswahl der Bauprodukte
- Frühe Berücksichtigung bei Kundenprojekten durch die frühe Auswahl der herstellereispezifischen BIM-Objekte durch Planer
- Übergabe der bewirtschaftungsrelevanten Informationen zu den Bauprodukten, die dann über das CAFM-Modell bei der Wartung abgefragt werden können

Mehrwerte für Facility Manager:

- Gebäudeinformationen werden exakter und transparenter übergeben
- Effizientere Bewirtschaftung und Instandhaltung des Gebäudes
- Verkürzte Facility Management-Prozesse
- Optimierung der Lebenszykluskosten während der Planungsphase

Mehrwerte für Bauherrn

- BIM-Visualisierung ermöglicht ein besseres Verständnis des vorgeschlagenen Entwurfs
- Sicherheit bei Terminen und Kosten
- weniger Probleme während der Ausführungsphase, verursacht durch Planungsfehler, fehlende Koordination und Fehler bei der Bauvorbereitung
- Bei Planungsänderungen durch den Bauherrn erlaubt das BIM-Modell eine schnelle, präzise, aber insbesondere transparent nachzuvollziehende Darstellung der Konsequenzen auf die Kosten und Termine
- BIM kann durch Berücksichtigung der Lebenszykluskosten die für Bau und Nutzung insgesamt günstigste Variante bestimmen

5.3.2 Aufwandsverschiebung durch den Einsatz der BIM-Methode

Mit dem Einsatz der neuen BIM-Methode ergeben sich bereits für den Planungsprozess eine Vielzahl an Vorteilen. Neben der optimalen Kommunikation durch den zentralen Datenzugriff für alle Beteiligten kann mit der Visualisierung des Bauwerks in einem BIM-Modell alle technischen Zeichnungen, einschließlich der verschiedenen Ansichten, Grundrisse und Schnitte direkt aus dem Modell begleitet werden. Die permanente Aktualität der Daten sowie die Simulation des Bauablaufs garantieren eine automatisch untereinander widerspruchsfreie Planung. Kollisionsprüfungen der Fachmodelle helfen Konflikte frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, verschiedene Berechnungs- und Simulationsprogramme anzuschließen, die eine Vielzahl von Informationen, wie beispielsweise zur Gebäudegeometrie, direkt aus dem Modell übernehmen. Aufgrund der hohen Informationstiefe des BIM-Modells können benötigte Informationen direkt aus dem Modell abgeleitet werden. Teilweise kann das BIM-Modell auch auf die Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften, Normen und Richtlinien geprüft werden. Das BIM-Modell erlaubt eine Minimierung des Mengenrisikos durch die computergestützte Mengenermittlung. Diese ist Grundlage für eine zuverlässige Kostenschätzung und kann darüber hinaus das Erstellen des Leistungsverzeichnisses für die Ausschreibung erheblich beschleunigen.

Building Information Modeling fordert neue Arbeits- und Denkweisen von den Planern, verändert aber auch Planungsprozesse und -strukturen. In diesem Zusammenhang wird auch von einer Aufwandsverlagerung der Arbeitsabläufe gesprochen (siehe Abbildung 14). „Bei der konventionellen Planung wird der Hauptaufwand zur Ausarbeitung des Entwurfs in späten Phasen geleistet.“¹²⁷ Die Anwendung verschiedener Analyse- und Simulationswerkzeuge und eine umfassende Bewertung des Entwurfs ist folglich erst zu einem fortgeschrittenen Zeitpunkt möglich. Die ausführenden Unternehmen werden ebenfalls erst zu einem späteren Zeitpunkt in die Planung mit einbezogen, so dass Möglichkeiten zur Änderung des Entwurfs bereits sehr begrenzt sind und meist zu einem erheblich zusätzlichen Kostenaufwand führen. Mit dem Einsatz von BIM bekommen die Leistungsphasen der Vor- und Entwurfsplanung folgerichtig ein stärkeres Gewicht und der Aufwand für die Genehmigungs-, Ausführungs- und Fachplanung vermindert sich, da vieles mehr oder weniger automatisch abgeleitet werden kann.

In der Abbildung wird die Verlagerung des Planungsaufwandes gut ersichtlich. Ein Großteil der Planungsleistungen, vor allem in Bezug auf die Erstellung des Gebäudemodells, verschoben sich auf frühere Phasen der Planung. Folglich ist das virtuelle Gebäudemodell Grundlage für alle weiteren Planungsleistungen.

¹²⁷ (Borrmann et al., 2015), Seite 6

5 Vergleich der Planungsprozessabläufe

„Der Arbeitsaufwand ist höher einzuschätzen als bei der klassischen Planzeichnung, denn Aufbau und Pflege eines BIM-Modells werden aufgrund der zusätzlichen Informationen (Bauteilaufbau, Materialien, Oberflächen etc.) erheblich mehr Zeit in Anspruch nehmen.“¹²⁸ Dieser erhöhte Zeitaufwand kompensiert sich in späteren Planungsphasen durch die Anwendung von verschiedenen Auswertungsvarianten, wie beispielsweise Kosten, Mengen oder Leistungsverzeichnisse. Diese Auswertungen bestehen in der konventionellen 2D-Planung meist aus Schätzungen und Annahmen, die erst in späteren Leistungsphasen (LPH 6) verifiziert werden. Bei der Planung mit BIM stehen diese Informationen bereits nach der Erstellung des Gebäudemodells in der LPH 3 zur Verfügung. Durch die hohe Informationstiefe des BIM-Modells können schon frühzeitig exakte Ergebnisse geliefert werden.

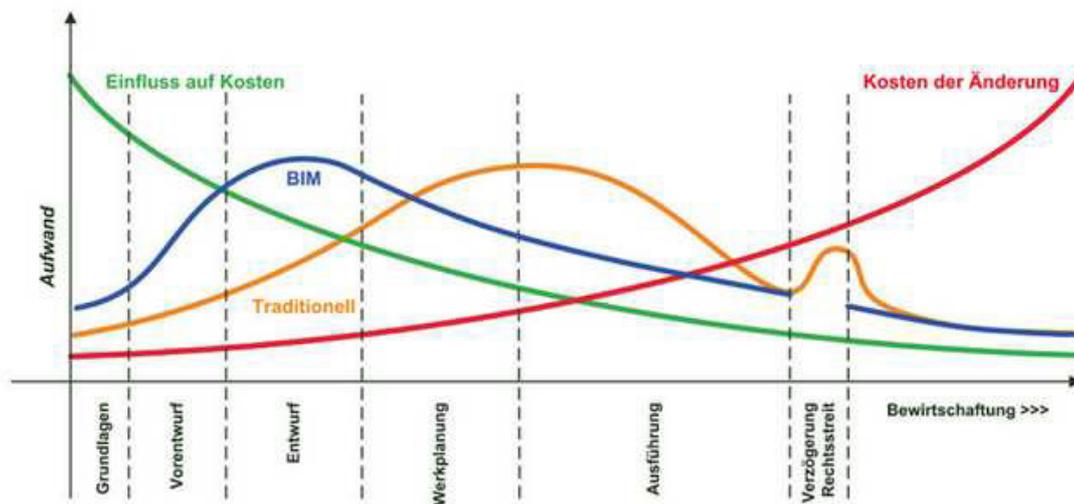


Abbildung 14: Aufwandsverlagerung und Einfluss auf die Kostenentwicklung¹²⁹

Die Verschiebung des Arbeitsaufwandes in frühe Planungsphasen bewirkt eine bessere Beeinflussbarkeit der Folgekosten aus Ausführung und Betrieb des Bauwerks. Die frühe Variantenbildung kann zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Lösung für das Bauvorhaben genutzt werden. „Ein weiterer Vorteil dieser frühen Entscheidungs- und Planungsprozesse mit BIM sind die geringeren Änderungskosten, die durch Änderungen des Bausolls oder Kollisionen während der Bauphase entstehen.“¹³⁰ An dieser Stelle entsteht ein Kostenvorteil gegenüber der konventionellen Planung. Letztendlich kann dem Bauunternehmer eine wesentlich ausgereifere Planung übergeben werden, da viele Entscheidungen bereits zwischen Vorentwurf und Entwurf getroffen werden und nicht erst während bzw. nach der Entwurfsplanung.

¹²⁸ (Albrecht, 2013), Seite 74

¹²⁹ (Hausknecht & Liebich, 2016), nach Patrick MacLeamy, 2007

¹³⁰ (Albrecht, 2013), Seite 74

5.3.3 Veränderung der Leistungsbeschreibung

Wie bereits in Kapitel 3.5 beschrieben, bestehen die Leistungsbilder der HOAI aus Grundleistungen und Besonderen Leistungen, die in den Anlagen bezogen auf die Leistungsbilder und Leistungsphasen beschrieben sind. BIM-Leistungen sind derzeit einmal als besondere Leistung im Leistungsbild Gebäude und Innenräume in der Leistungsphase 2 genannt. Unklar ist jedoch die Abgrenzung zu den anderen Leistungen, insbesondere den Grundleistungen, in denen die 3D- oder 4D-Gebäudemodellbearbeitung eingesetzt würde, wie beispielhaft auch aus Leistungsphase 2 des Leistungsbildes Gebäude und Innenräume¹³¹:

- *Darstellen und Bewerten von Varianten nach gleichen Anforderungen, Zeichnungen im Maßstab nach Art und Größe des Objektes*
→ die Gebäudemodellbearbeitung wird ja gerade zur Variantenerstellung, Bewertung und Ausgabe von Zeichnungen in festgelegtem Maßstäben genutzt;
- *Bereitstellen der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten sowie Koordination und Integration von deren Leistungen*
→ die Nutzung der 3D-Gebäudemodelle als Koordinationsmodell ist eine der Hauptvorzüge der BIM-Methode;
- *Kostenschätzung nach DIN 276, Vergleich mit den finanziellen Rahmenbedingungen*
→ die Raum- und Flächeninhalte können direkt aus dem 3D-Gebäudemodell entnommen werden, inklusive Qualitätsanforderungen an die Räume, gegebenenfalls durch Verlinkung des Raum- und Funktionsprogramms.

Die Schwierigkeit der Anwendung von BIM auf die HOAI wurde bereits in Kapitel 4.1 beschrieben. In vielen Fällen ist unklar, ob es sich bei der vorliegenden Leistung um eine Grundleistung oder eine Besondere Leistung handelt. Denn wenn die Zeichnungen direkt aus dem BIM-Modell durch die Software erzeugt werden und die Modellierung in einem angemessenen Fertigstellungsgrad erfolgt, entsteht daraus keine Mehrleistung. Andererseits kann ein LOD 200-Fachmodell in der Leistungsphase 3 zu einer Kostenberechnung herangezogen werden, indem bereits Bauteilmengen aus dem BIM-Modell genutzt werden. „Dies wäre eine vertiefte Kostenberechnung, die genauere Angaben, auch im Variantenvergleich, und somit eine höhere Kostensicherheit für den Bauherrn bietet.“¹³² In diesem Fall wäre eine zusätzliche Vergütung gerechtfertigt. Derzeit gibt es noch keine abschließende Lösung für die Vergütung der BIM-basierten Planung. Eine denkbare Lösung wäre jedoch die Abrechnung der Leistungen nach Detaillierungsgraden (LoD).

¹³¹ Nach (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 197

¹³² a. a. O.

5.3.4 Anpassung der Vertragsgestaltung

Die Vereinbarung von BIM-Leistungen stellt besondere Anforderungen an die Vertragsgestaltung. Es ist wichtig, dass die Beteiligten an dem Planungsprozess eines Bauwerks sich vor Vertragsabschluss über die genaue Art und Weise der Zusammenarbeit explizit verständigen und regeln, wer, wann, in welcher Weise, welche Daten, in welcher Form, an wen zu senden hat. Die Vertragsgestaltung mit BIM ist ein sehr komplexes, eigenständiges Themengebiet. Deswegen wird hier ausschließlich auf die wesentlichen Anpassungen der Vertragsgestaltung mit BIM hingewiesen.

Werden die Leistungsbilder der HOAI als Vertragsinhalt weiterhin vorausgesetzt, so werden neue Regelungen bezüglich des Leistungsinhaltes sowie der entsprechenden Vergütung notwendig. „Die Ausführung der Leistungen nach BIM hat eine Verschiebung des Leistungsaufwandes und somit auch einer Veränderung des Honorars für Planungen zur Folge.“¹³³(siehe Kapitel 5.3.2) In Folge dessen muss die vorgegebene Vergütungshöhe der HOAI auf die BIM-Leistungen angepasst werden.

Eine weitere Möglichkeit sind Vertragsergänzungen, die die BIM-Anwendung im Projekt regeln. Sinnvoll wäre die Bereitstellung von Vertragsmustern, die den vertragsschließenden Parteien eine gute Grundlage zur Konkretisierung der BIM-Leistungen bieten würden. Derzeit liegen in Deutschland noch keine erprobten Mustervertragsklauseln als Textbausteine für Ergänzungsvereinbarungen zu Planerverträgen vor. Eine Referenz ist das schon 2008 erstmalig veröffentlichte Vertragsmuster für BIM-Vereinbarungen, das der amerikanische Architektenverband herausgegeben (AIA) hat beziehungsweise dessen neuere Fassung. Eine Vertragsergänzung sollte Folgendes beinhalten¹³⁴:

- Die generellen BIM-Ziele und BIM-Anwendungsfälle, die in dem Projekt durch die Auftragnehmer zu verwirklichen sind.
- Verantwortlichkeiten für die BIM-Koordination auf Auftraggeberseite, gegebenenfalls Vereinbarungen über die Einbeziehung eines BIM-Managers, dessen Leistungsbild und wo diese Rolle angesiedelt wird.
- Bereitstellung des Koordinationsmodells und der Fachmodelle, Festlegung der Bereitstellungspflicht, der geforderten Qualität, der Methoden zur Qualitätssicherung, der Dateiformate und wie die abgeleiteten Zeichnungen zu übergeben sind.
- Festlegungen über den prinzipiellen Ablauf von Koordinationssitzungen, *Jours fixes*, in denen die BIM-Methode für die Planungskoordination angewandt wird. Insbesondere sollte der Begriff *kollisionsfrei* in Bezug auf die Planungsphasen genauer definiert werden.

¹³³ (Albrecht, 2013), Seite 66

¹³⁴ Nach (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 198

- Festlegungen zur Übergabe der Gesamt- und der Fachmodelle an den Auftraggeber zu definierten Meilensteinen innerhalb des Projektablaufs und zur endgültigen Übergabe als Teil der Objektdokumentation, Vereinbarungen über den jeweiligen Fertigstellungsgrad in Bezug auf die Geometrie (*Level of Geometry*) und Attributierung (*Level of Information*).
- Festlegungen zu den Fortschreibungspflichten der BIM-Modelle während der Ausführungsphase. Wie wird der ausgeführte Zustand in die BIM-Modelle eingepflegt?
- Festlegungen zu den Eigentumsrechten und der Nutzungsrechteinräumung für die BIM-Modelle sowohl für den Auftraggeber als auch für alle weiteren Planungs- und Ausführungsbeteiligten.
- Bereitstellung der IT-Infrastruktur für die Projektbearbeitung. Wenn in der open BIM-Methode ausgeschrieben wird, wird die Hard- und Software zumeist durch den Auftragnehmer gestellt, muss aber definierten Leistungsmerkmalen entsprechen. Bei vorgeschriebener Softwareplattform wäre die Pflicht zur Bereitstellung zu verhandeln. Häufig wird auch eine Projektplattform zum Dokumenten- und Modellmanagement vorgesehen, deren Nutzung vertraglich zu regeln wäre.
- Bei Verträgen, die auf Grundlage der HOAI geschlossen werden, kommen gegebenenfalls weitere Festlegungen hinzu, zum Beispiel das Verschieben von Leistungen zwischen Leistungsphasen, wie das Vorziehen von Leistungsinhalten der LPH 5 in die LPH 3 oder das Vereinbaren besonderer Leistungen für bestimmte BIM-Ziele und Anwendungsfälle.

Bei der Vertragsgestaltung mit BIM sind besonders der BIM-Abwicklungsplan (siehe Kapitel 2.10) und die dort vereinbarten BIM-Ziele zu beachten. „Verantwortlichkeiten, Kontaktinformationen und andere organisatorische Details, aber auch ein Organigramm der Projektstruktur können entweder im BIM-Projektentwicklungsplan aufgeführt werden oder sind Bestandteil des Projekthandbuchs.“¹³⁵ „Der juristische Regelungsbedarf zu BIM-Prozessen kann in einheitlichen Besonderen Vertragsbedingungen zu BIM (BIM-BVB) zusammengefasst werden.“¹³⁶ Diese können als Anlage zu allen Projektverträgen zur verbindlichen Arbeitsgrundlage für alle Beteiligten werden. Dabei werden Regelungen bezüglich BIM-Prozessen, Datenaustausch, Haftung, Versicherung oder zum Datenschutz festgehalten, die ein gemeinsames Arbeiten auf einheitlicher Basis ermöglichen. Oft werden auch die Punkte Haftung und Urheberrechte im Zusammenhang mit BIM als kritisch angesehen¹³⁷. Solange die Planung in den der jeweiligen Planungsdisziplin konkret zuzuweisenden Fachmodellen erfolgt und daher jede Änderung dem jeweiligen Ersteller zugeordnet werden kann, sollten die Verantwortlichkeiten auch bei der Arbeit mit BIM-Modellen klar erkenntlich sein.

¹³⁵ (Hausknecht & Liebich, 2016), Seite 199

¹³⁶ a. a. O.

¹³⁷ a. a. O.

5.4 Potentiale der Planung mit BIM

Bei der BIM-Methode steht nicht das Bauwerksmodell im Mittelpunkt, sondern die gemeinsam genutzten Daten (siehe Kapitel 2.6). Hier besteht auch das größte Potential der Planung mit BIM. Mit BIM ist die Weiterverwendbarkeit der eingegebenen Daten für die Anwendung von verschiedenen Simulations- und Auswertungsverfahren sichergestellt. Nachfolgend ist eine Zusammenstellung der wichtigsten Anwendungen im Building Information Modeling erläutert¹³⁸:

Kollisionsprüfung

Das virtuelle Bauwerksmodell kann mit Hilfe von sogenannten *Model Checkern* überprüft werden. Zum einen kann mit Hilfe dieses Programmes das Modell an sich auf Richtigkeit überprüft werden, beispielsweise ob Wände in den richtigen Ebenen liegen. Zum anderen besteht auch die Möglichkeit, einzelne Fachmodelle in einem Koordinationsmodell zusammenzuführen und auf Kollisionen zu überprüfen. Zusätzlich können Prüfungen auf bestimmte Regelungen (VOB/B) oder Normen, z.B. hinsichtlich des Brandschutzes, durchgeführt werden.

Mengenermittlung

Die automatisierte Mengenermittlung ist ein zentrales Element des BIM. Die Erstellung des 3D-Gebäudemodells erfolgt mit Modellelementen. Diese sind in der Software hinterlegt und untereinander verknüpft. So entsteht ein intelligentes Bauwerksmodell, welches automatisch die Mengen ermitteln kann. Dabei besteht auch die Möglichkeit, wie bei einem händischen Aufmaß, eine Auswertung mit der detaillierten Berechnung der Mengen zu erstellen. Somit ist bereits in der Planung eine große Mengentransparenz und -sicherheit gegeben.

Baukostenermittlung

Grundlage für die Baukostenermittlung sind die auszuführenden Mengen. Die Mengen im 3D-Modell werden mit Hilfe von Baukostenkennwerten verknüpft. Der hohe Detaillierungsgrad des Bauwerksmodells ergibt eine sehr detaillierte Mengenberechnung schon zu Beginn der Planung. So können frühzeitig präzise Aussagen über die zu erwartenden Baukosten getroffen werden. Mit BIM ist eine durchgängige Kostenverfolgung und -kontrolle möglich, wie in der HOAI auch gefordert wird. Die Verknüpfung der Mengen mit Kostenkennwerten wird als 5D-BIM bezeichnet.

¹³⁸ Nach (Albrecht, 2013), Seite 24

Tragwerksplanung

BIM bietet im Bereich der Tragwerksplanung einen wesentlichen Vorteil. Im BIM-Modell wird die Bauwerksgeometrie mit den Bauteildaten verknüpft. Auswertungsprogramme der Tragwerksplanung können mit diesen hinterlegten Informationen aus dem BIM-Modell automatisiert Schal- und Bewehrungspläne erstellen. Varianten können auf Grundlage des 3D-Modells und die vereinfachte Datenübernahme leicht angefertigt werden.

Simulation des Bauablaufs

Werden die Modellelemente des Bauwerksmodells mit dem Faktor Zeit verknüpft, so können Terminpläne und Bauablaufsimulationen erzeugt werden. Als Ergebnis entsteht ein 4D-Modell, womit der Bauablauf über alle Phasen im Vorfeld simuliert werden kann. So werden Kollisionen oder Schnittstellenprobleme frühzeitig erkannt und können vor der Ausführung behoben werden. Mit BIM wird durch die Berücksichtigung des Zeitfaktors eine wirkungsvolle Verbesserung der Abläufe in der Bauausführung ermöglicht.

Bauphysikalische Berechnungen

Die hinterlegten Informationen im virtuellen Gebäudemodell beziehen sich nicht nur auf das Gebäude an sich, sondern auch auf dessen Lage. Durch den Zusammenhang zwischen Geometrie-, Ausstattungs- und Lagedaten ist die Wärmebedarfsberechnung des Bauwerkes möglich. Die notwendigen Wärmedurchgangskoeffizienten sind in den Baumaterialdaten hinterlegt, wodurch sich automatisch der Wärmebedarf berechnen lässt.

Prozesse verändern

„Der Erfolg von BIM ist demnach nicht nur abhängig von der Verwendung der Software, sondern auch von der Umgestaltung der bisherigen Trennung von Planung und Ausführung zu einem durchgängigen Prozess.“¹³⁹ Der Hauptvorteil von BIM besteht in der verbesserten Zusammenarbeit zwischen den Planern. Die Daten werden in einem BIM-Modell hinterlegt und bewirken eine Datendurchgängigkeit von der Planung und Ausführung des Bauwerkes bis hin zur Gebäudebewirtschaftung. „Die vorzunehmenden Änderungen im bisherigen Bauprozess können nur durch die Projektbeteiligten initiiert und angewendet werden, welche dadurch über den Erfolg des BIM entscheiden.“¹⁴⁰

¹³⁹ (Albrecht, 2013), Seite 25

¹⁴⁰ a. a. O.

5.5 Einfluss von BIM auf die Hauptzielgrößen im Bauwesen

Die Einführung von BIM bringt eine Vielzahl an Vorteilen und Potentiale mit sich. Doch welchen Einfluss die BIM-Methode auf die Hauptzielgrößen im Bauwesen hat, lässt sich nur schwer beurteilen. Bisher existieren in Deutschland keine dokumentierten und publizierten Referenzobjekte mit einer vollständigen und durchgängigen BIM-Anwendung. Die größten Potentiale der BIM-Methode werden in der Verwendung von BIM über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes, also der *BIG Open BIM*-Lösung, gesehen. Auf Studien aus dem Ausland kann sich allerdings nicht bezogen werden, da diese unter anderen rechtlichen und vertraglichen Voraussetzungen durchgeführt worden sind. Die Hauptzielgrößen Kosten, Termine und Qualität wurden von den Vorteilen und Potentialen der BIM-Methode abgeleitet.

5.5.1 Kosten

Beim Einsatz von Building Information Modeling werden Kosten in erheblichem Umfang eingespart. „Teilweise ist hierzu zu lesen, Einsparungen von rund 30 % durch den Einsatz von BIM seien der Regelfall.“¹⁴¹ Studien, die diesen Wert bestätigen könnten, existieren derzeit nicht in Deutschland. Die Kosteneinsparung von BIM kann zudem nicht pauschal betrachtet werden. „Vielmehr ist es angezeigt, nach den einzelnen Phasen des Gebäudelebens, Planung, Ausführung und Nutzung, zu unterscheiden.“¹⁴² BIM bewirkt in der Planung eine Verschiebung des Leistungsaufwandes (siehe Kapitel 5.3.2). Der Aufwand ist zu Beginn des Projektes relativ hoch und kompensiert sich mit den Aufwandseinsparungen in Folge der Anwendung von Auswertungsprogrammen in späteren Phasen der Planung. So kommt es am Anfang der Planung zu einer Erhöhung der Planungskosten. Ein Kostenvorteil im Bereich der Planung wird durch die Vermeidung von Planungsinkompatibilitäten und -kollisionen erzielt. Durch die höhere Qualität der Planung werden Mehrkosten, die bei Planungsänderungen entstehen, erfahrungsgemäß deutlich geringer als die Mehrkosten, die sich durch eine fehlerhafte Planung in der Ausführungsphase ergeben. BIM ermöglicht eine Simulation der Ausführungsphase bereits in der Planungsphase. „Weiter erlaubt die BIM-Methode es, ohne großen Aufwand aus dem Gebäudedatenmodell bestimmte Daten zu extrahieren.“¹⁴³ Auf diese Weise können beispielsweise Mengen und Kosten bereits zur Planung genau bestimmt werden. Vor allem für den Bauherrn ergeben sich Kostenvorteile durch die BIM-Anwendung. Die gesamten Projektkosten können sich bei einer Planungsänderung automatisch anpassen. Die Kosten können auf Grundlage der exakten Mengenermittlung bestimmt werden und sind folglich fix. Die größte Einsparung der Kosten wird durch die Kollisionsprüfung gewonnen, da eine fehlerfreie Planung gewährleistet wird und Nachträge infolgedessen vermieden werden.

¹⁴¹ (Kapellmann & Partner, 2014), Seite 91

¹⁴² a. a. O.

¹⁴³ a. a. O.

5.5.2 Termine

Die Planungszeit verschiebt sich in der Planung mit BIM ebenfalls in frühe Planungsphasen. Die Erstellung des Gebäudemodells erfordert einen höheren Aufwand in den ersten Planungsphasen. Dieser zeitliche Mehraufwand kompensiert sich in den Folgephasen, da sonst zeitaufwändige Mengen- und Kostenermittlungen mit BIM automatisch generiert werden können. Die genaue Bauablaufsimulation bewirkt einen zeitlichen Vorteil in der Planung. Verzögerungen, die durch Fehlplanungen in der Baupraxis traditionell entstehen, können mit BIM vermieden werden. Mit Hilfe von Kollisionsprüfungen werden Probleme bereits vor der Bauausführung erkannt und können im Vorfeld behoben werden. BIM bewirkt einen kontinuierlichen Arbeitsfluss auf der Baustelle. Dieser wirkt sich wiederum positiv auf die Projektkosten aus. Denn die aufwändige Mängelbeseitigung kann insofern reduziert werden, dass Nachträge aufgrund der fehlerfreien Planung mit BIM erheblich beschleunigt werden. Somit bestehen lediglich Mängel aus Fehlern während der Bauausführung und nicht aufgrund von Fehlplanungen.

5.5.3 Qualität

Die Planungsqualität erhöht sich durch die Anwendung der BIM-Methode in vielerlei Hinsicht. Zum einen bewirkt die erhöhte Informationseingabe zu Beginn der Planung eine höhere Detaillierung gegenüber der konventionellen Planung. Es existiert ein Gebäudemodell aus dem alle Pläne abgeleitet werden können. Die Qualität der Pläne ist höher im Gegensatz zur konventionellen Planung, da das Gebäudemodell die Pläne automatisch generiert. Individuelle Schnittführungen ermöglichen die Überprüfung des gesamten Modells. Zum anderen erfordert das BIM-Modell eine frühzeitige Eingabe der Informationen. Die Projektbeteiligten werden frühzeitig in die Planung einbezogen. So werden bereits in der Planung Herstellerangaben, Produktdaten oder Materialdaten festgelegt, um eine frühzeitige Aussage über die zu erwartenden Projektkosten treffen zu können. Des Weiteren können aus dem Gebäudemodell auch Leistungsbeschreibungen generiert werden. Die exakt berechneten Mengen können bei der Leistungsbeschreibung vorteilhaft genutzt werden, da Bieter auf reelle Massen kalkulieren und somit ein Erfassen der Mengen seitens der Bieter nicht mehr notwendig ist. Letztendlich bewirkt die hohe Genauigkeit in der Mengenermittlung eine Erhöhung der Mengen- und Kostensicherheit und erhöht somit die Qualität der Planung. Mit Hilfe der Kollisionsprüfung erhält die Planung eine höhere Qualität, da Pläne fehlerfrei für die Ausführungsphase zur Verfügung gestellt werden.

Die Planung wird im Allgemeinen durch BIM wesentlich transparenter und fehlerfreier. Auch wenn noch keine Zahlen für Einfluss von BIM auf die Hauptzielgrößen im Bauwesen vorliegen, hat BIM einen positiven Einfluss auf Kosten, Termine und die Qualität während der Planungsphase.

6 Anwendung von BIM in der Planung am Praxisbeispiel

Building Information Modeling ist im deutschsprachigen Raum angekommen. BIM-Anwender und -Entwickler, Anbieter und Auftraggeber von BIM-Leistungen haben sich seit Anfang 2015 auf regionaler Ebene zusammengeschlossen und sogenannte „BIM Cluster“ gebildet. Diese Initiativen handeln unabhängig von Verbänden oder sonstigen Organisationen. Zusammen mit dem buildingSMART e.V. unterstützt die planen-bauen 4.0 die Entwicklung der regionalen Cluster.

Einer dieser Initiativen ist der BIM Cluster Kiel, welcher unter dem Leitspruch „Zusammen kompetent im Norden“¹⁴⁴ für sich wirbt. Dieser Leitspruch kann auch als Ziel des Unternehmenszusammenschlusses gewertet werden. Das Cluster hat sich zur Aufgabe gemacht, die Bauwirtschaft im Großraum Kiel an den Themenbereich Building Information Modeling heranzuführen.

Das BIM Cluster Kiel setzt sich aus dem Bauunternehmen Heinrich Karstens und dessen Partnern zusammen. Nach einem Vortrag im „Design Office“ in Hamburg der Firma Heinrich Karstens wurde das Thema BIM kontrovers diskutiert. Daraufhin gründete sich im Jahr 2015 das BIM Cluster Kiel als GbR ohne Gewinnerzielungsabsicht. Nach dem Gesellschaftsvertrag bekleidet Jan Karstens von der Heinrich Karstens Bauunternehmung das Amt des Geschäftsführers der Gesellschaft aus 16 Partnern. Darunter befinden sich sechs Architekturbüros, zwei Tragwerksplanungsbüros, ein Bauunternehmen, drei Haustechnikbüros, ein BIM Support Büro sowie drei Kooperationspartner. Zur Untersuchung des Standes von BIM im Unternehmen Heinrich Karstens und der Durchführung des Planungsprozesses wurde aus jedem Planungsbereich ein Partner ausgewählt.

Auch wenn Deutschland in der Entwicklung mit BIM nicht so weit vorangeschritten ist wie andere Länder und deren Unternehmen, so werden seit kurzer Zeit immer mehr Cluster sowie Unternehmenszusammenschlüsse verzeichnet. Das BIM Cluster Kiel geht somit einen Schritt in die zukunftsorientierte Richtung der Bauwirtschaft. Die einzelnen Unternehmen haben ihren eigenen Stand der Entwicklung zur Arbeitsmethode BIM, welchen es durch das Cluster und die gemeinsamen Gespräche zu verbessern gilt. Es werden gemeinsame Schulungen organisiert, die zum einen den Planungsprozess mit der Koordination, vor allem aber die Kommunikation unter den beteiligten Unternehmen fördern. Die Schritte der rechtlichen Absicherung mit den AIA und dem BAP zur Übersicht des Projektes werden geschult. Dabei wird auf die Rollen, die verschiedenen Tiefen der Modellierung, die Datenmanagementsysteme mit Datenaufbau, also die Management- und Ablaufprozesse bei der Planung mit BIM, eingegangen. Zum anderen sind Schulungen der entsprechenden Softwareprogramme ein essentieller Vorgang bei der Implementierung von BIM.

¹⁴⁴ (BIM Cluster Kiel)

Viele Architekturunternehmen arbeiten mit der vorhandenen Software in der 2D-Ebene. Die Möglichkeiten einer Konstruktion in 3D, die fast jedes Programm bietet, werden dabei nicht wahrgenommen. Aber auch die Haustechniker oder die Bauunternehmen, sprich jedes Unternehmen in der Kette eines Planungsprozesses, hat im eigenen Unternehmen in einer Insellösung die EDV umzustellen und ein Arbeiten in 3D zu ermöglichen. Erst bei Umsetzung des „little closed BIM“ kann das Cluster gemeinsam die Einführung im Großraum Kiel durchführen.

6.1 Vorstellung des Pilotprojektes

Das Kieler Unternehmen LAUKIEN gibt es bereits seit über 65 Jahren. Mit mehr als 200 Mitarbeiter/innen ist es ein familiengeführtes mittelständisches Unternehmen. LAUKIEN ist unter anderem in der Metallverarbeitung tätig und stellt Bauelemente für Fassade, Dach und Wand her.



Abbildung 15: Baukomplex des Unternehmens LAUKIEN¹⁴⁵

Das Pilotprojekt wurde von dem Architekturbüro bbp: architekten bda zur Verfügung gestellt und wird in Zusammenarbeit mit dem Tragwerksplanungsbüro oemig + partner sowie der IPP Unternehmensgruppe für die Haustechnik getestet.

Dieses Projekt wurde auf Grund der geringen Gebäudegröße und -beschaffenheit als Pilotprojekt für die ersten Erfahrungen mit der BIM-Methode gewählt. Der bestehende Baukomplex des Unternehmens LAUKIEN soll um einen Verwaltungsbau erweitert werden. Der Verwaltungsbau ist zweigeschossig geplant und soll in baulichem Zusammenhang zu der Halle errichtet werden. Das Erdgeschoss wird mit zehn Arbeitsplätzen versehen. Dem Obergeschoss soll neben der Nutzung einer Ausstellungsfläche auch die Möglichkeit bewahrt werden, dieses mit Büros und Besprechungsräumen ausstatten zu können. Der Wunsch des Bauherrn, das Tragwerk in Holzbauweise auszuführen, liegt nicht nur in seinem ökologischen Interesse begründet. Durch das geringere Flächengewicht des Gebäudes soll auch dem schlechten Baugrund und einer aufwändigen Gründung entgegengewirkt werden. Im Anhang 3 sind Pläne des geplanten Verwaltungsgebäudes abgebildet.

¹⁴⁵ <http://www.bbp-architekten.de/bbp/archiv/projekte/produktionshalle-laukien/?featured=1>

6.2 Ziel der Untersuchungen

Anhand des Pilotprojektes sollen erste Erfahrungen mit der BIM-Methode gesammelt werden. Die Projektbeteiligten erhoffen sich eine verbesserte Zusammenarbeit und einen optimierten Austausch zwischen den Fachplanern. Zudem sollen Fragen bezüglich Qualität und Nutzen der optimierten Planung und Ausführung in der BIM-Weise beantwortet werden.

Das Praxisbeispiel beschäftigt sich mit der Analyse des Datenaustausches im Pilotprojekt. Die Planung wird im Sinne des *BIG Open BIM*-Ansatzes durchgeführt. Die Projektbeteiligten planen mit unterschiedlichen Softwareapplikationen. Der Datenaustausch soll mittels IFC-Format stattfinden. Es werden Untersuchungen bezüglich mögliche Datenverluste sowie auftretender Probleme ange stellt. Die Ergebnisse sollen eine Aussage zu dem Nutzen und der Qualität der BIM-Planung liefern.

6.3 Ablauf der Untersuchungen

Auf Grundlage der vorhandenen Pläne der LPH 2 (Vorplanung) des Verwaltungsgebäudes wird ein 3D-Gebäudemodell erstellt. Dieses Architekturmodell soll als Referenzmodell für die weiteren Planungen dienen. Innerhalb dieses Praxisbeispiels werden drei verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Zum einen wird das Architekturmodell über das IFC-Format an den Tragwerksplaner übergeben. Dieser überprüft das Fachmodell mit einer Software zur Überprüfung von Planungsfehlern und Kollisionen. In diesem Praxisbeispiel wird der sogenannte Solibri Model Checker (siehe Kapitel 6.5) verwendet. Im zweiten Fall wird ein Tragwerksmodell auf Grundlage des Architekturmodells erstellt. Es wurden Planungsänderungen aufgrund von statischen Berechnungen vorgenommen, die in diesem neuen Modell berücksichtigt worden sind. Die beiden Fachmodelle werden zu einem sogenannten Koordinationsmodell (siehe Kapitel 2.6.2) zusammengeführt und auf Kollisionen untersucht. Des Weiteren soll betrachtet werden, wie Änderungen aus dem einen Fachmodell in ein anderes eingelesen werden können. Abschließend wird eine Aussage zu der Frage getroffen, ob beim IFC-Datenaustausch Informationsverluste auftreten. Es werden die Objekte sowie deren Eigenschaften und Beziehungen von dem Originalmodell mit dem BIM-Modell verglichen und auf Datenverluste geprüft.

In dieser Ausarbeitung konnten lediglich Untersuchungen zwischen Architekturbüro und Tragwerksplaner durchgeführt werden, da Softwareprobleme bei dem Haustechnikbüro bestehen. Es existiert keine Möglichkeit, die IFC-Datei fehlerfrei in das Programm DDS-CAD, welches für die Gebäudetechnik verwendet wird, einzulesen. Das Importieren des Architekturmodells in die Software Revit MEP funktioniert zwar reibungslos, jedoch sind Schulungen und Weiterbildungen hinsichtlich dieser Software notwendig.

6.4 Fehler innerhalb eines BIM-Gebäudemodells

Die Modellqualität wird durch die Modellaktualität, die Modelldatengenauigkeit und die Korrektheit von Modellinhalten bestimmt. Dabei wird die Richtigkeit, die Konsistenz und die Vollständigkeit von Modelldaten beschrieben. Bei der digitalen Modellierung eines Bauwerks kann auf verschiedenen Ebenen des Datenmodells die Korrektheit eines Modells beeinträchtigt werden.

Syntaxfehler

Zum einen können Syntaxfehler auftreten, die durch grundlegende Fehler in der Datenstruktur hervorgerufen werden. Es wird die Korrektheit der Form beziehungsweise die Korrektheit der formalen Kriterien des Modells überprüft. Diese Fehler stammen meist aus der Übertragung von Daten, die aus ihrer eigenen unveränderlichen Datenstruktur in das IFC-System übersetzt wurden.

Semantikfehler

Fehler auf der semantischen Ebene erfolgen während der Eingabe des Nutzers. Die inkorrekte Verwendung der Modellierungssoftware, zum Beispiel die Verwendung falscher Attributwerte und Klassentypen, fehlerhafte Vererbungsbeziehungen, Widersprüchlichkeiten mit der zugrundeliegenden Datenstruktur und vorhandene Redundanzen können zu schwerwiegenden semantischen Fehlern führen.

Pragmatikfehler

Auf der pragmatischen Modellebene wird die Richtigkeit der Interpretation des zuvor modellierten Inhalts angesprochen. Von Fehlern spricht man hier, wenn im Modell Inkonsistenzen existieren oder gesetzte Attribute sinnvollen Grenzen widersprechen. Beispielsweise ist für eine Wand innerhalb eines Gebäudemodells die Wandlänge auf 10 mm eingestellt worden. Es handelt sich hier um Modellierungsfehler, da in den Regelsätzen definiert wurde, dass eine Wand erst ab einer Länge von 200 mm sinnvoll ist.

Erweitere Fehler

Die erweiterte Modellebene umfasst Widersprüchlichkeiten bezüglich Baunormen, lokalen Bestimmungen oder den vom Bauherrn geforderten Funktionen. Äußere Randbedingungen und Anforderungen an das Modell können meist erst nach einer Aufbereitung der Modellinhalte überprüft werden.

6.5 Solibri Model Checker

Der Solibri Model Checker, im Folgenden auch SMC genannt, ist ein Software-Werkzeug, das Building Information Modeling auf Integrität, Qualität und physische Sicherheit analysiert. Im SMC kann man Modelle im IFC-Format importieren. Diese Daten werden in einem eigenen internen Datenmodell abgebildet, welches die Gebäudegeometrie, sämtliche Eigenschaften und Beziehungen, Regelsätze für die Überprüfung und deren Ergebnisse sowie vom Nutzer definierte Abschnitte und Entscheidungen beinhaltet.

Der SMC wird in der Regel zur Architekturanalyse und zur Kollisionsprüfung genutzt. Es werden Schwachstellen und Lücken in der Konstruktion ermittelt sowie Konflikte bei Komponenten hervorgehoben. Mit Hilfe des SMC können eine Reihe von Regeln überprüft, potenzielle Probleme identifiziert und Berichte erstattet werden. Dies ist wesentlich schneller und zuverlässiger als die konventionelle Art des manuellen Überprüfens und Analysierens der Bauunterlagen.

Die Regeln sind die Grundbausteine des Solibri Model Checkers. Eine Regel kann ein Modell auf einen einzigen Aspekt hin überprüfen, zum Beispiel Räume sind mit umgebenden Wänden ausgerichtet, oder auch aus einer bestimmten Perspektive, beispielsweise Nutzung von korrekten Bauarten. Andere Regeln wiederum berichten über wesentliche Merkmale eines Gebäudes, wie eine Liste der Fenstertypen und -größen. Es sind auch einige Baunorm-Prüfregeln enthalten. Als Ergebnis erzeugen die Regeln eine Liste der Probleme (issues) und in bestimmten Fällen einen Bericht. Diese Probleme werden in Kategorien geordnet, sodass es sehr einfach ist, sie zu verstehen und dann zu bearbeiten.

Im SMC wird jedes konkrete Problem einzeln im 3D durch simples anklicken veranschaulicht. Die Komponenten, die das Problem verursachen werden hervorgehoben, und nichtbetroffene Komponenten ausgeblendet. Wenn dann die Probleme definiert und visualisiert sind, ist es immer noch dem Endbenutzer überlassen zu entscheiden, welche Themen eine Aktion erfordern und welche nicht. Die Ergebnisse werden in einem Koordinationsbericht aufgeführt.

6.6 Analyse des IFC-Datenaustausches

In diesem Kapitel wird der Datenaustausch mittels IFC analysiert. Dabei werden drei verschiedene Untersuchungen angestellt. Die erste Analyse befasst sich mit der Prüfung des Architekturmodells im Solibri Model Checker. Die zweite Betrachtung wird anhand des Tragwerksmodells durchgeführt. Abschließend wird der Verlust von Objekteigenschaften beim IFC-Datenaustausch betrachtet.

6.6.1 Das Architekturmodell

Das Architekturmodell wird als Referenzmodell für die weiteren Planungen angesehen. Der Tragwerksplaner importiert das Architekturmodell mittels der IFC-Schnittstelle in seine eigene Software und kann mit den hinterlegten Informationen statische Berechnungen durchführen. Dabei filtert der Tragwerksplaner nur diejenigen Informationen bzw. Bauteile aus dem Modell des Architekten heraus, die für ihn letztendlich von Bedeutung sind, um ein statisches Modell abbilden zu können. Dazu gehören beispielsweise tragende Wände, Fundamente oder Decken. Das Ergebnis stellt das Strukturmodell dar, das die Grundlage für statische Berechnungen und weiterführend für Analysen bildet.

Der Bauherr sieht die Planung des Verwaltungsgebäudes in Holzbauweise vor. Für den BIM-Start wurde statt der komplizierten Holzbauwände jedoch vorerst das System in Mauerwerksbauweise modelliert. Dabei wurde ein geringer Detaillierungsgrad sowohl im Zeichenaufwand als auch in den Bauteilinformationen gewählt. Des Weiteren wurde die Glasfassade des Gebäudes (Treppenhause und Hofseite) noch nicht eingearbeitet, sodass diese Bereiche als zwei große „Löcher“ in der Fassade dargestellt werden. Das geplante Verwaltungsgebäude wurde als 3D-Gebäudemodell in Nemetschek Allplan 2016 angelegt. Die Modellierung erfolgte auf Grundlage von Grundrissen der Geschosse und vorhandenen Ansichten. Dabei wurden alle Modellelemente als IFC-Objekte modelliert. Das Modell wurde Grundsätzlich einer geschossweisen Trennung unterzogen. Die einzelnen Geschosse sowie deren Decken sind in einer eigenen Ebene aufgeführt.

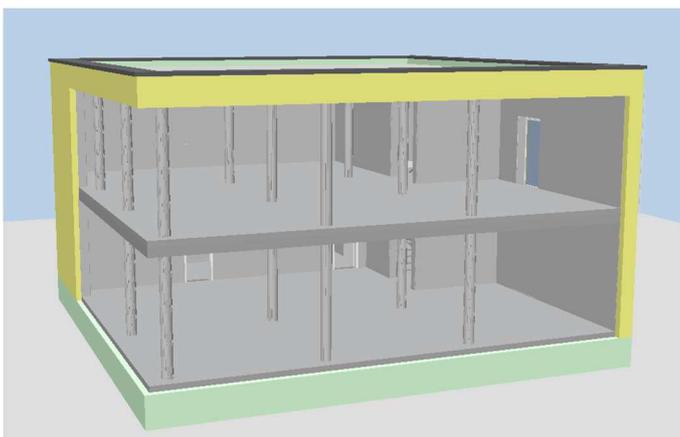


Abbildung 16: 3D-Gebäudemodell des Verwaltungsgebäudes

Um das Gebäudemodell mit seinen parametrischen und nicht parametrischen Informationen im Solibri Model Checker zu öffnen, muss es in das IFC-Schema konvertiert werden. Hierfür hat Allplan eine Funktion namens „IFC exportieren“. Mit dieser kann das gesamte Modell oder auch nur Teilmodelle in eine IFC-Datei umgewandelt werden. Die erstellte IFC-Datei kann dann im SMC geöffnet werden.

6.6.2 Architekturmodellüberprüfung

Das Architekturmodell wurde an den Tragwerksplaner mittels der IFC-Schnittstelle übergeben. Dabei wurden alle Elemente, die aus statischer Sicht nicht notwendig waren, ausgeblendet. Dies ist unter anderem durch die Anwendung von IFC Subsets (siehe Kapitel 2.7.8) möglich. Für eine spätere statische Bearbeitung des Gebäudemodells in ArchiCad (Firma Graphisoft) wird das Architekturmodell vorerst im Solibri Model Checker auf Kollisionen und Konflikte überprüft.

Im ersten Schritt wird das zuvor exportierte IFC-Modell geöffnet und in das SMC-Schema überführt. Hierfür muss die Disziplin des einzulesenden Modells gewählt werden. Da im Folgenden eine Architekturmodellüberprüfung gezeigt wird, handelt es sich bei der Datei um ein architektonisches Modell. Die Abbildung 17 zeigt das Gebäudemodell. Die grün markierte Außenwand ist momentan ausgewählt und im Informations-Ansichtsfenster wird die Klassifikation des Objektes gezeigt.

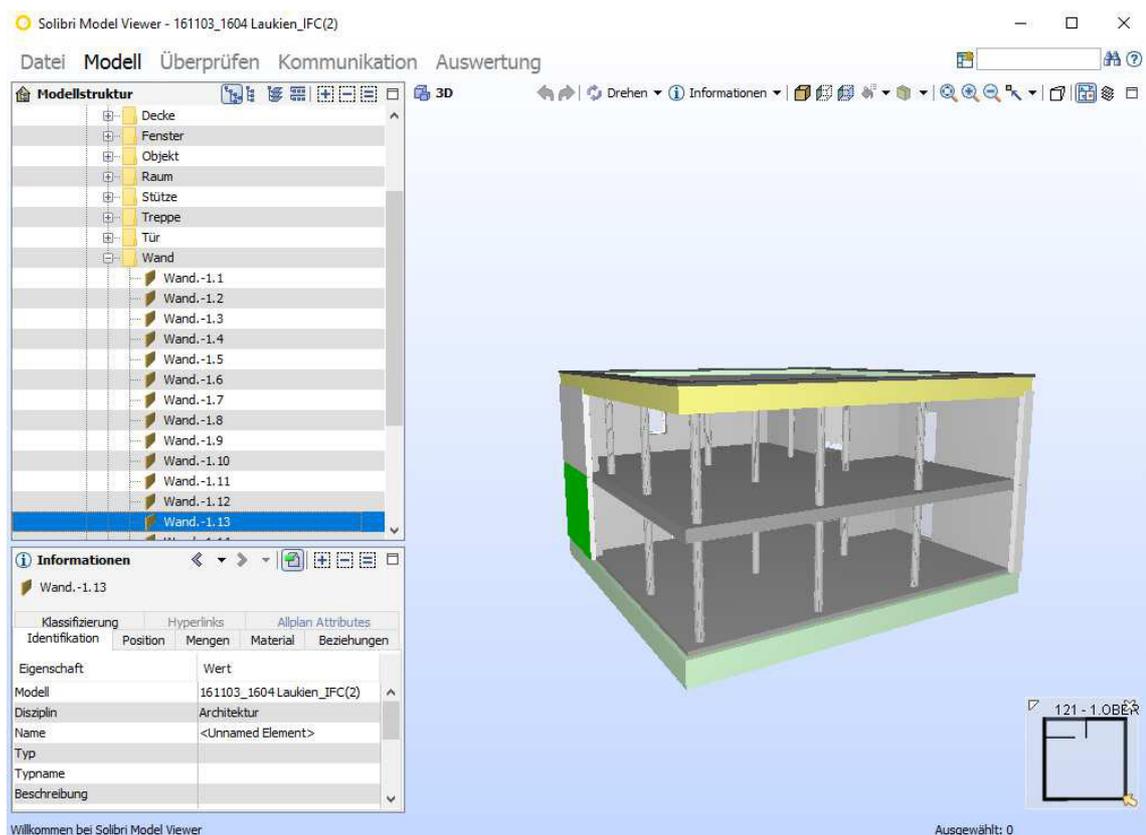


Abbildung 17: 3D-Gebäudemodell im Solibri Model Checker

Für die architektonische BIM-Überprüfung wurde die Rolle „Architekturprüfung“ ausgewählt und das Architekturmodell hinsichtlich der Regelsätze überprüft. Beispielhaft werden nun die Ergebnisse der Regel „Räume müssen Türen aufweisen“ betrachtet. Mit dieser Regel wird überprüft, ob alle Räume mindestens eine Tür aufweisen.

6 Anwendung von BIM in der Planung am Praxisbeispiel

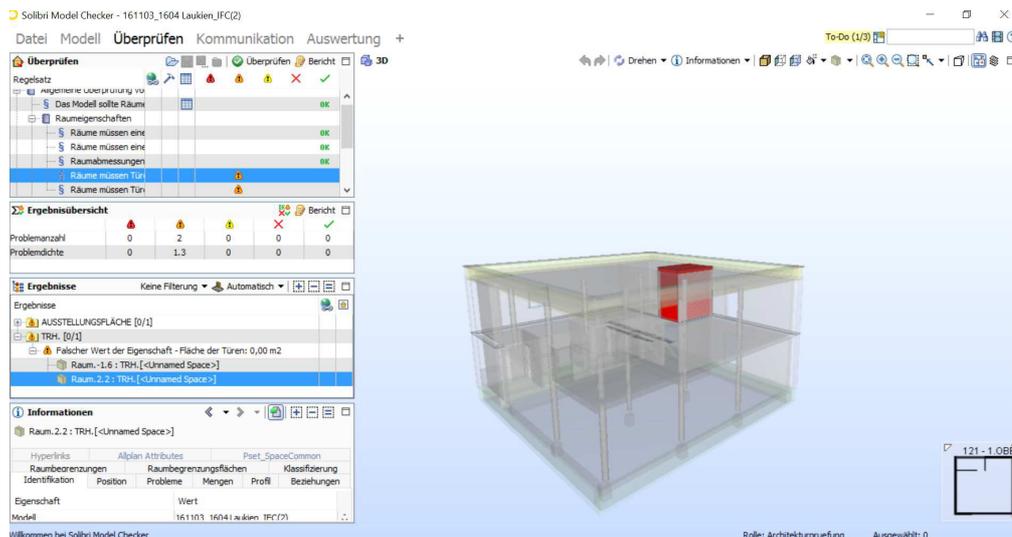


Abbildung 18: Raum, der die Regel "Räume müssen Türen aufweisen" nicht bestanden hat.

In der Ansicht „Überprüfen“ gibt es die Funktion „Bericht“, die einen umfassenden Bericht im PDF- oder Excel-Format generiert. Für den vorliegenden Fall wird in Abbildung 19 der PDF-Ausdruck für die fehlende Tür im rot markierten Raum veranschaulicht. Im Anhang 4 werden alle Konflikte des untersuchten Architekturmodells als Excel-Liste aufgeführt.

161104 - Architekten-Überprüfung

Fehlende Tür

Zwischen Ausstellungsfäche und TH fehlt die Tür

Verfolgungs-ID: 1

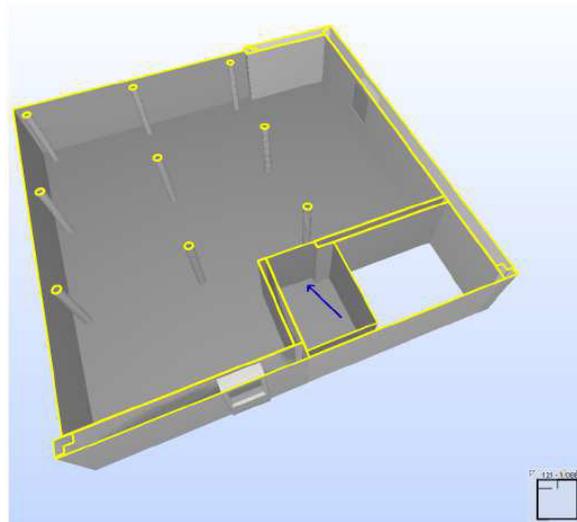


Abbildung 19: PDF-Ausdruck der Regel „Räume müssen Türen aufweisen“

Bei der Betrachtung aller Überprüfungsfehler kann festgestellt werden, dass lediglich Modellierungsfehler, also Ungenauigkeiten, aufgetreten sind. Nach Klärung der Fehler wurde das Modell seitens des Architekturbüros überarbeitet und anschließend an den Tragwerksplaner im IFC-Format übergeben.

6.6.3 Das Tragwerksmodell

Während der Bearbeitungszeit kam es zu einer Planänderung seitens des Bauherrn. Statt der zuerst angedachten Holzbauweise wird die Planung des Verwaltungsbaus in Massivbauweise erfolgen. Es wurde ein neues statisches System festgelegt. Infolgedessen hat der Tragwerksplaner auf Grundlage des ursprünglichen Architekturmodells ein Tragwerksmodell im LoD 300 erstellt, welches alle statischen Aspekte berücksichtigt. In der folgenden Untersuchung wird diesmal das Tragwerksmodell als Grundlage angesehen. In diesem Modell wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Vorbemessung Flachdecken:

- 1 Stütze in der Mitte, Lage optimiert nach statischen Gesichtspunkten
- 2 Stützen (nur im OG), Lage: in Achse mit der 1. Stütze und der darunterliegenden Wand im EG (Sozialräume)
- Deckendicke 30 cm, Stützendurchmesser 35 cm

Fassade:

- Randstützen als Rechteckstützen 24/30 cm in die Fassade verschoben, Achsen beibehalten
- Wände entfernt, Sturz als UZ 24/64 eingefügt
- Brüstung als MW + Ringbalken 24/24 eingefügt, im IFC als „railing“ definiert (Geländer, Absturzsicherung)

Geschosshöhen angepasst: 3,00 m im Lichten, also von OKFF bis UK Decke roh

Treppenhaus: Außenwände entfernt, Sturz als UZ/Balken eingefügt

Gründung:

- Streifen- und Einzelfundamente komplett entfernt und neu erstellt, da ArchiCad Ihre Bauteildefinition nicht verarbeiten konnte
- Streifenfundamente als Balken, Einzelfundament als Stütze eingefügt, im IFC dann geändert auf „strip footing“ und „pile footing“
- Bodenplatte als Decke definiert, bzw. „Baseslab“

IFC-Parameter:

- Für Betonbauteile wurde der Parameter „Strength Class“ mit der Betongüte versehen

MW-Wände: Die Wände sollten aus KS-Mauerwerk bestehen, nicht aus Porenbeton.

Die Abbildung 20 zeigt das Tragwerksmodell in der Ansicht vom SMC. Eine Überprüfung auf Kollisionen und Konflikte wurde bereits vor der Übergabe der IFC-Datei im SMC vom Tragwerksplaner durchgeführt, sodass keine Fehlermeldungen infolge Modellierungsfehler auftreten.

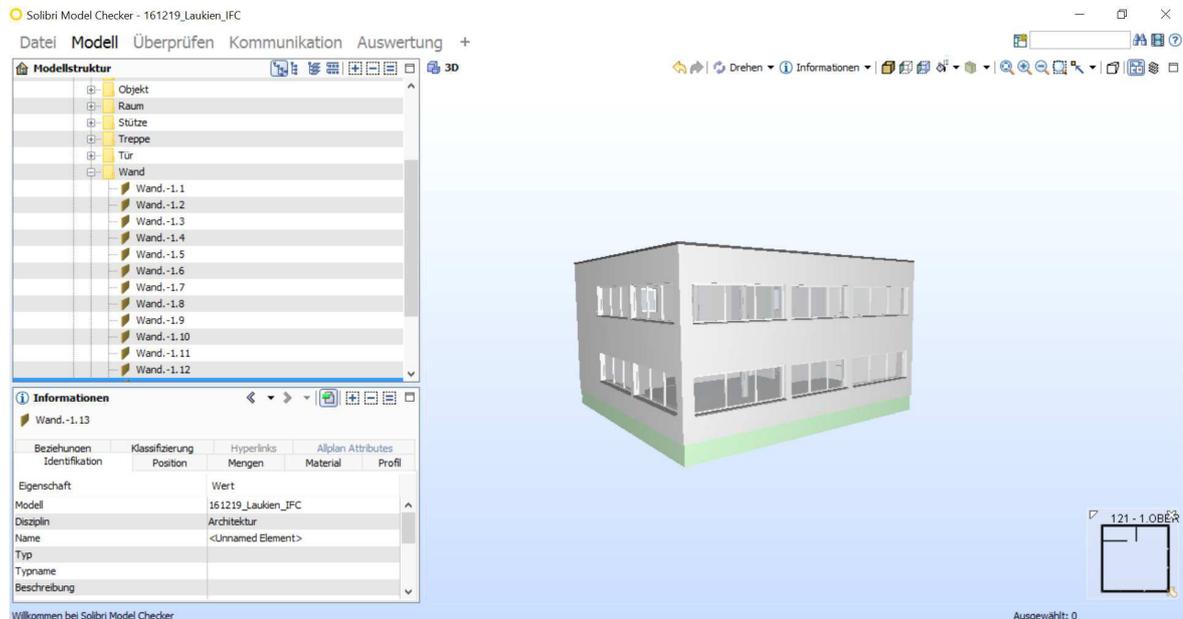


Abbildung 20: Darstellung des Tragwerksmodells im SMC

6.6.4 Kollisionsprüfung des Koordinationsmodells

Im nächsten Schritt wird das Architekturmodell mit dem Tragwerksmodell zu einem Koordinationsmodell (siehe 2.6.2) zusammengeführt. Die beiden Fachmodelle werden im SMC eingelesen und gegeneinander geprüft.

Der Solibri Model Checker bietet die Möglichkeit, nicht nur Kollisionen zwischen Fachmodellen zu überprüfen, sondern auch Änderungen im Koordinationsmodell abzubilden. So werden lediglich die Änderungen zwischen zwei Fachmodellen aufgezeigt und nicht die einzelnen Kollisionen. Die Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse der Änderungen im Koordinationsmodell. Dabei werden hinzugefügte, gelöschte sowie geänderte Modellelemente aufgeführt.

Bei der Überprüfung des Koordinationsmodells wurden 29 Änderungen gefunden. Beispielsweise wurden die Stützen im Tragwerksmodell, die sich anfangs im Raum befanden, aus statischen Gründen in die Außenwände verschoben. Problematisch ist die Abwägung, welche Änderungen übernommen werden sollen und welche nicht, denn der SMC listet jegliche Änderungen im Modell auf. Bei dem Beispiel der Stütze zeigt der SMC, dass eine neue Stütze erstellt worden sei, anstatt die vorhandene Stütze zu verschieben. Diese Änderung kann akzeptiert oder verworfen werden. Wird die Änderung angenommen, so wird jedoch die Stütze nicht automatisch in das Architektur-

modell übernommen. Es wird lediglich ein Bericht der akzeptierten Änderungen erstellt. Hier liegt der große Schwachpunkt dieser Kollisionsprüfung. Die Änderungen müssen einzeln und händisch übernommen werden, wodurch ein unnötiger Zeitaufwand entsteht. Vor allem im Hinblick auf die Eigenschaften der Modellelemente, die ebenfalls händisch übernommen werden müssten. An dieser Stelle können Informationsverluste entstehen.

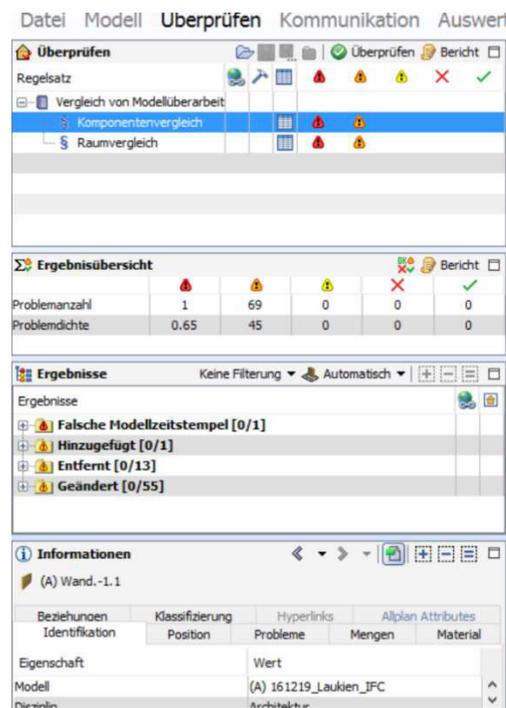


Abbildung 21: Ergebnisse der Änderungen im Koordinationsmodell aus dem SMC

Eine Möglichkeit die Änderungen vom Tragwerksmodell ins Architekturmodell zu übernehmen, wäre das Kopieren des Modellelements. Jedes Modellelement weist eine eigene GUID auf (siehe Kapitel 2.7.7). Folglich hat jedes Modellelement die gleichen Eigenschaften. Das Übernehmen der Stütze gestaltet sich jedoch schwierig, da Allplan in den Eigenschaften keine GUID anzeigt. Es wird lediglich eine IFC-ID angezeigt, die jedoch nicht identisch mit der GUID ist. Sobald ein IFC-Modell aus Allplan exportiert und anschließend in den SMC eingelesen wird, erhalten die Modellelemente aus Allplan eine GUID. Diese ist identisch mit der GUID aus beispielsweise ArchiCad, da sonst eine Kollisionsprüfung nicht möglich wäre.

Für ArchiCad bestehen derzeit bereits Add-Ons, mit deren Hilfe das ArchiCad direkt mit dem Solibri Model Checker verbunden wird. Modellelemente, die im SMC ausgewählt werden, sind auch in ArchiCad markiert und umgekehrt. So können Änderungen aus dem SMC einfach und gezielt in ArchiCad übernommen werden. Für Allplan gibt es allerdings noch keine Lösung, Änderungen aus dem Koordinationsmodell schnell zu übernehmen.

6.6.5 Informationsverluste beim IFC-Datenaustausch

Grundsätzlich ist beim Datenaustausch mittels IFC kein Informationsverlust zu verzeichnen. Es wurden sowohl die Modellelemente in Allplan als auch die in ArchiCad untersucht. In der Abbildung 22 sind links die Objektattribute einer Außenwand in Allplan abgebildet. Rechts sind die Objektattribute der gleichen Außenwand im Solibri Model Checker dargestellt. Beim Abgleich der Eigenschaften wurden keine Informationsverluste gefunden. Jedes Modellelement wurde mit seinen Eigenschaften und Beziehungen übertragen.

Voraussetzung für den fehlerfreien IFC-Datenaustausch sind die korrekt erzeugten Bauteile im Gebäudemodell. Derartige Ungenauigkeiten können beispielsweise durch Punktmodifikation von Architekturelementen, große Koordinatenwerte im Zeichenbereich oder minimale Winkelabweichungen zur Orthogonalen auftreten.

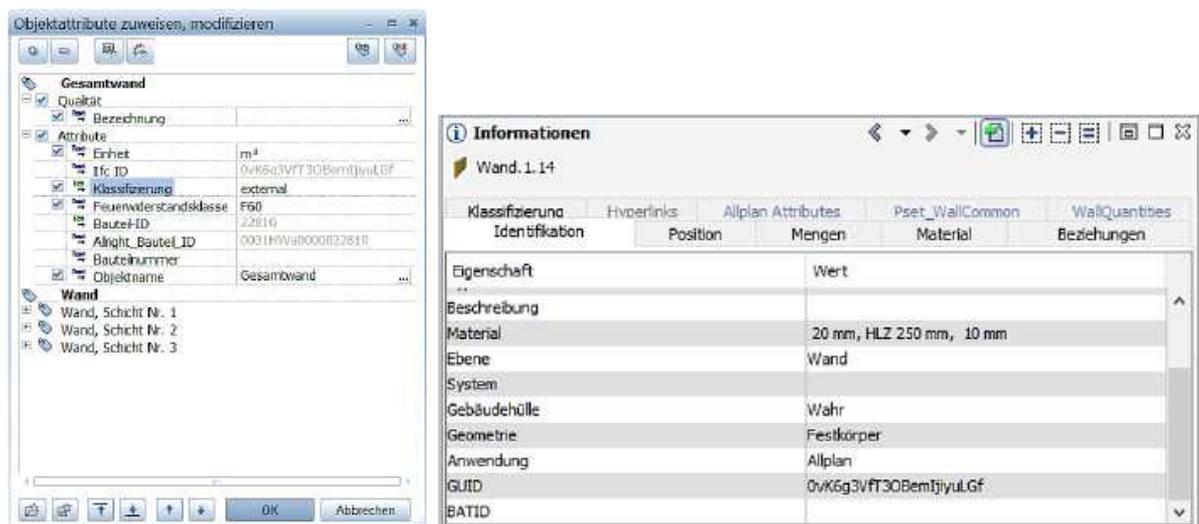


Abbildung 22: Links: Objektattribute einer Außenwand in Allplan, rechts: Objektattribute der gleichen Außenwand in SMC

6.7 Ergebnisanalyse

Die Untersuchungen ergaben grundsätzlich ein positives Ergebnis. Das Ziel einer verbesserten Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten kann durch regelmäßige BIM-Sitzungen realisiert werden. Die Beteiligten arbeiten an einem gemeinsamen Ziel, dem Nutzen der BIM-Methode im Planungsprozess. Die Anforderungen und die Erwartungen wurden zu Beginn der Planung abgestimmt und die gemeinsame Vorgehensweise besprochen. Die Besprechungen dienen einem besseren Verständnis der unterschiedlichen Arbeitsweisen der Projektbeteiligten.

Der Informationsaustausch wird durch die Übertragung des Gebäudemodells mittels IFC optimiert. Das Gebäudemodell besteht aus Modellelementen, die einfach aus einer vorgefertigten Bauteilbibliothek der Modellierungssoftware ausgewählt werden können. Die einzelnen IFC-Objekte enthalten Eigenschaftspakete (Psets) und sind untereinander verlinkt. Bei der Übergabe der exportierten IFC-Datei fand ein fehlerfreier Austausch statt. Die Fachmodelle konnten ohne Weiteres im Solibri Model Checker auf Kollisionen überprüft werden. Die Ausgabe der Konflikte als PDF- bzw. Excel-Liste sind für den Bearbeiter verständlich. Die Idee der Änderungsprüfung im Koordinationsmodell wird grundsätzlich als sehr nützlich erachtet.

Allerdings ist die händische Eingabe der Änderungen im eigenen Fachmodell als Misserfolg zu verbuchen. Für ArchiCad gibt es bereits ein Add-On, mit dem Änderungen im SMC in die Originaldatei überführt werden können. Allplan dagegen bietet bisher keine Möglichkeit der Änderungsübernahme. In diesem Zusammenhang stellt auch die GUID, die jedem Modellelement eine eindeutige ID zuweist, ein Problem dar. Bei der Modellierung existiert keine GUID. Die Objekte in Allplan erhalten eine IFC-ID, die jedoch nicht gleichzusetzen ist mit der GUID. Folglich ist die Übernahme von Änderungen als schwierig zu erachten, da die Modellelemente keine identische GUID aufweisen. Grundsätzlich sollten Modellelemente immer verändert anstatt gelöscht und neu erstellt werden, da ansonsten die GUID gelöscht wird und es zu Kollisionen im Gebäudemodell führt. Ein neu erstelltes Modellelement erhält eine neue GUID. Werden die Fachmodelle nun zu einem Koordinationsmodell zusammengefügt, so wird eine Fehlermeldung ausgegeben, die besagt, dass ein Bauteil hinzugefügt und ein anderes Bauteil gelöscht wurde.

Im Hinblick auf die Potentiale von BIM im Planungsprozess ergibt sich bereits in den ersten Leistungsphasen ein Nutzen. Das Gebäudemodell weist bereits in den frühen Leistungsphasen einen hohen Detaillierungsgrad auf. Die Genauigkeit der Modellierung bewirkt bereits zu Planungsbeginn eine hohe Qualität der Planung. Die Kollisionsüberprüfung im SMC unterstützt diese hohe Planungsqualität. Auf Grundlage dessen können bereits zu Beginn präzise Mengenermittlungen erstellt und mit Kostenkennzahlen versehen werden. Projektkosten können infolge dessen frühzeitig genau bestimmt werden. Die hinterlegten Daten können für die Tragwerksplanung einfach ein-

gelesen werden und für statische Berechnungen genutzt werden. Aus dem Tragwerksmodell können in späteren Phasen schnell Detailzeichnungen, wie Bewehrungspläne, direkt aus dem Modell abgeleitet werden.

Ein wesentlicher Vorteil der BIM-Planung wird vor allem im Bereich der Gebäudetechnik gesehen. Das dreidimensionale Gebäudemodell dient zur besseren Verständlichkeit des Projektes. Rohrleitungen sowie die damit verbundenen Durchbrüche können gezielt bestimmt werden und auf Kollisionen mit anderen Fachdisziplinen überprüft werden.

Letztendlich besteht der Mehrwert für das Architekturbüro in der verbesserten Kommunikation mit dem Bauherrn über die 3D-Visualisierung des Gebäudes. Die Erstellung des Gebäudemodells benötigt einen deutlich höheren Zeitaufwand als bisher, allerdings wird diese Zeit durch die sonst aufwändige Planerstellung, Mengenermittlung und Kostenberechnung kompensiert. Das Erstellen von mehreren Varianten oder das Einpflegen von Planungsänderungen kann erheblich schneller bearbeitet werden. Auch wenn der Nutzen in den ersten Leistungsphasen nicht als sonderlich hoch zu erachten ist, profitieren die Planer in späteren Leistungsphasen von der Aufwandsverschiebung.

7 Anforderungen für die Anwendung von BIM in Planungsprozessen

Für einen reibungslosen Planungsprozess muss eine Vielzahl an Anforderungen definiert und eingehalten werden. Im Folgenden werden Anforderungen für den Planungsprozess auf Grundlage der Ergebnisse aus dem Praxisbeispiel entwickelt. Diese Anforderungen sollten in einem BIM-Pflichtenheft vor Planungsbeginn festgehalten werden. Bei der Definition der Anforderungen kann zwischen technischen und organisatorischen Anforderungen unterschieden werden.

7.1 Technische Anforderungen

Die technischen Anforderungen stellen den wichtigsten Aspekt bei der Definition der Anforderungen dar. Zu Planungsbeginn sollte unter allen Fachbeteiligten festgelegt werden, dass alle Fachmodelle im Rahmen des Projektes mittels der IFC-Schnittstelle übergeben werden, um einen einwandfreien Datenaustausch zu ermöglichen. Die Bauteile sind als Modellelemente zu modellieren, um die Daten mittels der IFC-Schnittstelle austauschen zu können. So können Informationsverluste aufgrund von Inkompatibilität der verschiedenen Softwareprogramme vermieden werden. Des Weiteren wird den einzelnen Modellelementen eine eindeutige GUID zugewiesen. Diese gibt jedem Bauteil eine eindeutige Zuweisung und kann nur einmalig auftreten. Grundsätzlich sollten die Bauteile immer verändert werden anstatt gelöscht und neu erstellt, da ansonsten die GUID gelöscht wird und es zu Kollisionen im Gebäudemodell kommt. Ein neu erstelltes Modellelement erhält eine neue GUID. Werden die Fachmodelle nun zu einem Koordinationsmodell zusammengefügt, so wird eine Fehlermeldung ausgegeben, die besagt, dass ein Bauteil hinzugefügt und ein anderes Bauteil gelöscht wurde.

Vor allem die Genauigkeit der BIM-Modellierung ist hier zu nennen. Viele Kollisionen entstehen aufgrund von Architekturfehlern bzw. Modellierungsfehlern. Je präziser der Fachplaner die Modellierung des Gebäudemodells durchführt, desto weniger Fehlermeldungen entstehen bei der Kollisionsprüfung. Der anfangs höhere Zeitaufwand durch die genaue Modellierung wird durch die reduzierten Architekturfehler kompensiert. Bevor die Fachmodelle an andere Projektbeteiligte und andere Disziplinen zum vereinbarten Zeitpunkt übergeben werden, sollten die Modelle in einer Kollisionssoftware, wie dem Solibri Model Checker, überprüft werden. So werden eigene Modellierungsfehler früh erkannt und können im Vorhinein korrigiert werden. Dies beschleunigt die späteren Kollisionsprüfungen des Koordinationsmodells, da dort lediglich relevante Kollisionen erkannt werden.

Ein wesentlicher Aspekt ist die Einhaltung von Modellierungsvorschriften (siehe Kapitel 2.6.4). Der einheitliche Koordinatenursprung sowie die einheitlichen Maßeinheiten sind Voraussetzung für eine funktionierende Kollisionsprüfung. Die Fachmodelle können nur dann zu einem Koordina-

tionsmodell zusammengefügt werden, wenn der Referenzpunkt in beiden Modellen identisch gelegt wird. Des Weiteren ist die räumliche Strukturierung im Hinblick auf den späteren Austausch notwendig. Die jeweiligen Fachdisziplinen benötigen in der Regel nicht das komplette Bauwerksmodell für die weitere Bearbeitung. Aufgrund dessen werden die Gebäudemodelle in Stockwerke, Bauteile und Bauabschnitte strukturiert. Das Gebäudemodell kann folglich geschoss- und bauabschnittsweise sowie auf die verschiedenen Projektbeteiligten zugeschnitten übergeben werden.

7.2 Organisatorischen Anforderungen

Neben den technischen Anforderungen an den Planungsprozess mit BIM sind auch organisatorische Festlegungen zu treffen.

Ein wesentlicher Aspekt der organisatorischen Anforderungen ist die Qualifikation der Mitarbeiter für den BIM-Einsatz. BIM fordert neue Arbeitsprozesse sowie einen Einsatz von BIM-fähiger Software. Die Mitarbeiter müssen regelmäßig für die Anwendung der neuen Software geschult werden, um ein fehlerhaftes Modellieren zu vermeiden. BIM erfordert eine präzise Modellierung und die Einhaltung einer Vielzahl von Modellierungsvorschriften, welche die Projektbeteiligten beherrschen müssen. Schulungen und Weiterbildungen sollten regelmäßig stattfinden, da sich die BIM-Methode in einer stetigen Weiterentwicklung befindet und Arbeitsprozesse einer ständigen Optimierung unterliegen. Das Verständnis und die Akzeptanz der BIM-Methode ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor, denn nur wenn alle Projektbeteiligten Hand in Hand und mit einem gemeinsamen Ziel arbeiten, werden die Potentiale und Vorteile der neuen Arbeitsmethode ausgeschöpft.

Die Kommunikation und die Zusammenarbeit der Projektbeteiligten bedarf einer Definition vor Planungsstart. Die zu treffenden Festlegungen sind: „wer plant was“, „wer plant wann“, „was wird geplant“ sowie „wie wird geplant“. Es müssen Festlegungen bezüglich der Detaillierungsgrade (LoD) getroffen werden, um ein unnötiges Anwachsen der Datenmenge zu vermeiden sowie Eigenschaftsgruppen (*Psets*) (siehe Kapitel 2.7.9) bestimmt werden. Denn die Lieferqualität von Planungsunterlagen und Dokumenten ist entscheidend für die Qualität des gesamten Gebäudemodells.

Die Koordination der Projektbeteiligten sowie deren BIM-Leistungen ist ein wichtiger Bestandteil im BIM-Planungsprozess. Die Einbindung eines BIM-Managements bzw. eines BIM-Managers wird als sinnvoll erachtet. Die Anwendung von BIM erfordert einer Koordination und Steuerung der Projektbeteiligten sowie deren Leistungen. Des Weiteren wird, wie in Kapitel 2.10 beschrieben, ein BIM-Projektentwicklungsplan (BAP) bei einem büroübergreifenden BIM-Einsatz notwendig. Das BIM-Management bzw. der BIM-Manager ist allgemein für die Bereitstellung aller Informationen sowie für das Aufstellen des BAP verantwortlich.

8 Fazit

„Auch in Deutschland wächst die Zahl der Planer und Architekten, die vor das reale Bauen das virtuelle Bauen setzen und dies mittels BIM verfolgen.“¹⁴⁶ Unabhängig davon, ob die BIM-Methode als *little BIM*-Lösung in kleinen Unternehmen oder als *BIG OPEN BIM*-Lösung büroübergreifend eingesetzt wird, das Interesse der neuen Arbeitsmethode steigt ungemein.

Bei der Gegenüberstellung der konventionellen Planung mit der BIM-Planung sind die Chancen und Mehrwerte durch die BIM-Methode offensichtlich. Im Mittelpunkt steht dabei die Weiternutzung der Bauwerksinformationen sowie die verbesserte Zusammenarbeit zwischen den Planern. Bereits in den frühen Phasen des Planungsprozesses können die Potentiale der BIM-Methode ausgeschöpft werden. Mengen- und Kostenberechnungen können frühzeitig erstellt und präzise ermittelt werden. Die Kollisionsprüfung der Modelle ermöglicht eine fehlerfreie Planung.

Der Planungsprozess richtet sich in Deutschland nach den Leistungsphasen der HOAI. Der konventionelle Planungsverlauf folgt grundsätzlich einem theoretischen, sequenziellen Phasenverlauf. Der Hauptaufwand wird in der Ausarbeitung des Entwurfs gesehen. Mit BIM wird eine Verschiebung des Leistungsaufwandes in frühe Phasen bewirkt. Dieser Mehraufwand ist höher einzuschätzen als bei der klassischen Planzeichnung, denn Aufbau und Pflege eines BIM-Modells werden aufgrund der höheren Detaillierung des Gebäudemodells erheblich mehr Zeit in Anspruch nehmen. Dieser erhöhte Zeitaufwand kompensiert sich in späteren Planungsphasen durch die Anwendung von verschiedenen Auswertungsvarianten, wie beispielsweise Kosten, Mengen oder Leistungsverzeichnisse.

Diese Aufwandsverschiebung zeigte sich im Praxisbeispiel. Die Modellierung des 3D-Gebäudemodells nahm deutlich mehr Zeit in Anspruch als bei der herkömmlichen Planung. Der Datenaustausch mittels IFC lieferte einen fehlerfreien Austausch der Fachmodelle zwischen den Projektbeteiligten. Kollisionsprüfungen unterstützen die Vermeidung von Fehlplanungen und haben Einfluss auf die Qualitätssteigerung der Planung. Allerdings setzt die BIM-Methode eine hohe Modellierungsgenauigkeit voraus. Außerdem bestehen noch Schwierigkeiten bei der Übernahme von Planungsänderungen in den Fachmodellen. Für einen reibungslosen Planungsprozess muss eine Vielzahl an Anforderungen vor Projektbeginn definiert und eingehalten werden. Die Regelung von vertraglichen Vereinbarungen sowie offene Fragen zur Haftung und zum Datenschutz der Gebäudemodelle behindern derzeit eine flächendeckende Einführung von Building Information Modeling in Deutschland.

¹⁴⁶ (Ernst & Sohn, 2016), Seite 79

Literaturverzeichnis

Monographien und Aufsätze in Fachzeitschriften

- (Albrecht, 2013) Albrecht, M. (2013): *Building Information Modeling (BIM) zur Sicherstellung der Datendurchgängigkeit in der Planung von Bauleistungen*. Diplomarbeit. Technische Universität Dresden.
- (Borrmann et al., 2015) Borrmann, A., König, M., Koch, C. & Beetz, J (2015): *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (VDI Buch), Springer Fachmedien Wiesbaden.
- (Liebich, Schweer & Wernik, 2011) Liebich, T., Schweer, C. & Wernik, S. (2011): *Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure auf die Vertragsgestaltung*. Band 1. Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR).
- (Hausknecht & Liebich, 2016) Hausknecht, K. & Liebich, T. (2016). *BIM-Kompodium: Building Information Modeling als neue Planungsmethode*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- (Egger et al. 2013) Egger, Hausknecht, Liebich, Przybylo 2013. *BIM-Leitfaden für Deutschland*. Forschungsprogramm ZukunftBAU.
- (Przybylo & e.V., 2015) Przybylo, Jakob & e.V., DIN. 2015. *BIM - Einstieg kompakt: Die wichtigsten BIM-Prinzipien in Projekt und Unternehmen*. Berlin: Beuth. (Beuth Pocket).
- (Mathoi, 2008) Mathoi, T. (2008): *Ablauf der Planung*. Skript FH Joanneum.
- (Eschenbruch & Leupertz, 2016) Eschenbruch, K. & Leupertz, S. (2016): *BIM und Recht*. Köln: Werner.
- (Borrmann & Günther, 2011) Borrmann, A. & Günther, W (2011). *Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen: Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (VDI-Buch).

- (Kapellmann & Partner, 2014) Kapellmann & und Partner (2014): *Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen: Gutachten zur BIM-Umsetzung*. Im Auftrag des BBSR.
- (Gasteiger, 2015) Gasteiger, A. (2015): *BIM in der Bauausführung: Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung*. Masterarbeit. Universität Innsbruck 1. Aufl. Innsbruck: Innsbruck Univ. Press. (Series Bauwirtschaft und Projektmanagement, Bd. Bd. 27Bd).
- (Jernigan, 2008) Jernigan, F. (2008): *Big Bim, little bim: The practical approach to building information modeling ; integrated practice done the right way!* 2nd ed. Salisbury, MD: 4Site Press.
- (Gonschorek & Hanusrichter, 2011) Gonschorek, L., Hanusrichter, M. (2011): *Probleme bei der Ermittlung der Vergütung für die Erstellung und Bearbeitung von Nachtragsangeboten*. IBB Paper, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb.
- (Uhlendorf, 2016) Uhlendorf, T. (2016.): *Sicherung des Projekterfolgs durch einen verlässlichen Planungsprozess*. IBB Paper, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb.
- (Ernst & Sohn, 2015) Ernst & Sohn (2015): *Special: BIM – Building Information Modeling*. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften (Fachzeitschrift).
- (Ernst & Sohn, 2016) Ernst & Sohn (2016): *Special: BIM – Building Information Modeling*. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften (Fachzeitschrift).
- (BMVI, 2015) BMVI (2016): *Stufenplan Digitales Planen und Bauen*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2015.

Normen, Regelwerke und Richtlinien

- (HOAI, 2013) HOAI (2013). Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen. Berlin: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- (VOB/A, 2009) VOB/A (2009). VOB Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen. Berlin: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- (VOB/B, 2009) VOB/B (2009). VOB Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen. Berlin: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- (VHB, 2008) VHB (2008). Lesefassung VHB 2008. Stand April 2016.

Internet

- (Allplan, 2015) Allplan GmbH Anke Niedermaier, Robert Bäck 2015. *Allplan BIM Kompendium*. http://www.allplan-architektur.ch/_Resources/Persistent/2b93ec176bdbcb4f4399f03393dc7b22f21b4c1c/BIM%20Handbuch.pdf. Abgerufen am 10.12.2016
- (NIBS, 2016) Das National Building Information Model Standard Project Committee (NBIMS) ist der Fachausschuss des National Institute for Building Sciences (NIBS) der Vereinigten Staaten in Fragen BIM und Standardisierung für den openBIM-basierten Datenaustausch, <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>. Abgerufen am 8.11.2016
- (Liebich & Hoffeller 2008) Liebich & Hoffeller (2008): *Anwenderhandbuch Datenaustausch BIM/IFC* http://www.dds-cad.de/fileadmin/redaktion/PDF-Dateien/buildingSMART_Anwenderhandbuch_Version2.0.pdf
- (BIM Cluster Kiel) BIM Cluster Kiel, <http://www.bim-cluster-kiel.de/>. Abgerufen am 27.12.2016

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 – Mindestanforderungen an die Entwurfsphase

Anlage 2 – Überblick Attribute und Psets nach Allplan

Anlage 3 – BIM-Referenzprozess nach BIMiD, LPH 1-7

Anlage 4 – Pläne des Pilotprojektes

Anlage 5 – Solibri Model Checker Auswertung des Architekturmodells

Anlage 1 – Mindestanforderungen an die Entwurfsphase¹⁴⁷

„Die folgenden Tabellen stellen Mindestanforderungen und optionale Zusatzanforderungen an den Inhalt des Gebäudemodells für die Entwurfsphase dar. Dies kann als eine Vorlage für die konkreten Vereinbarungen in einem Projekt dienen.¹⁴⁸“

Allgemeine Vorgaben für das Architekturmodell

G	O	E	Struktur	Objekte	Beschreibung
√			Gebäude- struktur		Festlegung des hierarchischen Aufbaus des Gebäudeobjekts
	√			Grundstück	Anlegen einer Struktur für Informationen des Grundstücks - digitales Geländemodell - Grundstücksgrenze - Lage (geographische Länge, Breite, Höhe über NN)
√				Gebäude	Anlegen einer Struktur für Informationen des Gebäudes - Name des Gebäudes (häufig wird ein Gebäude im Hintergrund angelegt)
√				Geschosse	Anlegen einer Struktur für die Geschosse im Gebäude - Name des Geschosses - Geschosshöhe
√				Räume	Anlegen der Räume in den Geschossen - mehrgeschossige Räume werden im Geschoss des Fußbodens angelegt - weitere Angaben -> siehe Raumbtabelle
√			Bauelemente		Planung des Rohbaus und der wesentlichen Ausbaubjekte mittels der Bau-, bzw. Architekturelemente in den jeweiligen CAD Systemen
√			- Rohbau	Wände, Decken, Stützen, Balken, Dächer weitere	Verwenden der Bauelemente in der Planung - weitere Angaben -> siehe Bauelementetabellen
√			- wesentlicher Ausbau	Türen, Fenster	Verwenden der Ausbauelemente in der Planung - weitere Angaben -> siehe Bauelementetabellen
	√		- zusätzlicher Ausbau	Möblierung, weitere	Verwenden der Bauelemente in der Planung - bei Bedarf oder Vereinbarung

G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)

Vorgaben Architekturmodell für Wände in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				
√			Wandaufbau	Festlegung der Wandschichten, Orientierung Schichtaufbau, Lage zur Wandbasislinie
			- je Wandschicht	
√			- Schichtdicke	Dicke der Wandschicht, Luftschichten werden wie eine

¹⁴⁷ Aus (Liebich & Hoffeller, 2008), Seite 21-26

¹⁴⁸ (Liebich & Hoffeller, 2008), Seite 21

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
				Wandschicht behandelt
√			- Schichtmaterial	Name des Materials für die Wandschicht
√			Wanddicke	Gesamtdicke der Wand (kann durch das System aus den Schichtdicken errechnet werden, wird daher häufig nicht extra übergeben)
Vorgaben für Übergabe Haustechnik				
		√	Wandaufbau - je Wandschicht - λ Wert der Einzelschicht	Festlegung der Wandschichten λ Wert der Einzelschicht
	√		Aussen/Innenwand	Klassifizierung der Wand als Innenwand oder Aussenwand
	√		u-Wert der Wand	Das Eingabefeld ist für den kompletten U-Wert bestimmt, Der U-Wert beinhaltet die Wärmeübergangswerte R_{si} (Wärmeübergang innen) und R_{se} (Wärmeübergang außen) sowie die Summe der Wärmedurchgänge aller Schichten.
		√	Absorptionskoeffizient_Wärme_innen	
		√	Absorptionskoeffizient_Wärme_außen	
	√		Erdreich	Klassifizierung der Wand als an Erdreich grenzend, oder nicht
Vorgaben für Übergabe Tragwerk				
		√	Wandaufbau - je Wandschicht - Einzelschicht tragend?	Festlegung der Wandschichten Klassifizierung der Wandschicht als tragend oder nichttragend bei mehrschaligen Wänden
	√		Tragende/nichttragende Wand	Klassifizierung der Wand als tragend oder nichttragend

G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)

Vorgaben Architekturmodell für Decken/Fußboden in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				
√			Deckenaufbau	Festlegung der Deckenschichten, Orientierung Schichtaufbau, Lage zur Deckenbasisebene
			- je Deckenschicht	
√			- Schichtdicke	Dicke der Deckenschicht, Luftschichten werden wie eine Deckenschicht behandelt
√			- Schichtmaterial	Name des Materials für die Deckenschicht
√			Gesamtdicke	Gesamtdicke der Decke (kann durch das System aus den Schichtdicken errechnet werden, wird daher häufig nicht extra übergeben)

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Vorgaben für Übergabe Haustechnik				
		√	Deckenaufbau - je Deckenschicht - λ Wert der Einzelschicht	Festlegung der Deckenschichten λ Wert der Einzelschicht
	√		Aussen/Innendecke	Klassifizierung der Decke als Innendecke oder Aussendecke
	√		u-Wert der Decke	Das Eingabefeld ist für den kompletten U-Wert bestimmt, Der U-Wert beinhaltet die Wärmeübergangswerte Rsi (Wärmeübergang innen) und Rse (Wärmeübergang außen) sowie die Summe der Wärmedurchgänge aller Schichten.
		√	Absorbtkoeffizient_Wärm e_innen	
		√	Absorbtkoeffizient_Wärm e_außen	
	√		Erdreich	Klassifizierung der Decke als an Erdreich grenzend, oder nicht
Vorgaben für Übergabe Tragwerk				
		√	Deckenaufbau - je Deckenschicht - Einzelschicht tragend?	Festlegung der Deckenschichten Klassifizierung der Deckenschicht als tragend oder nichttragend bei mehrschaligen Decken
	√		Tragende/nichttragende Decke	Klassifizierung der Decke als tragend oder nichttragend
G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)				

Vorgaben Architekturmodell für Stützen/Unterzüge in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				
√			Stützenprofil - Rechteck - Kreis - Stahlprofil (T, L, Z, etc.) - beliebig	Angabe über den Querschnitt oder das Profil der Stütze - Breite, Tiefe - Durchmesser - Abmessungen je nach Profiltyp
√			Material	(Haupt-)Material der Stütze
Vorgaben für Übergabe Tragwerk				
	√		Tragende/nichttragende Stütze	Klassifizierung der Stütze als tragend oder nichttragend
G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)				

Vorgaben Architekturmodell für Dach in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
√			Dachaufbau	Festlegung der Deckenschichten, Orientierung Schichtaufbau, Lage zur Deckenbasisebene
			- je Dachdeckenschicht	
√			- Schichtdicke	Dicke der Dachdeckenschicht, Luftschichten werden wie eine Deckenschicht behandelt
√			- Schichtmaterial	Name des Materials für die Deckenschicht
√			Gesamtdicke	Gesamtdicke der Dachdecke (kann durch das System aus den Schichtdicken errechnet werden, wird daher häufig nicht extra übergeben)
Vorgaben für Übergabe Haustechnik				
		√	Dachdeckenaufbau - je Deckenschicht - λ Wert der Einzelschicht	Festlegung der Deckenschichten λ Wert der Einzelschicht
	√		u-Wert des Dachs	Das Eingabefeld ist für den kompletten U-Wert bestimmt, Der U-Wert beinhaltet die Wärmeübergangswerte Rsi (Wärmeübergang innen) und Rse (Wärmeübergang außen) sowie die Summe der Wärmedurchgänge aller Schichten.
		√	Absorbtionskoeffizient_Wärme_innen	
		√	Absorbtionskoeffizient_Wärme_außen	
G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)				

Vorgaben Architekturmodell für Fenster in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				
√			Öffnungsart pro Fensterflügel	Beschreibung, ob Dreh-, Klippflügel, Festverglasung, etc.
Vorgaben für Übergabe Haustechnik				
	√		Innen/Aussenfenster	Klassifizierung des Fensters als Innen- oder Aussenfenster
		√	Glasart	Beschreibung der gewünschten Glasart, wie Isolierglas, einbruchhämmernd, etc.
		√	Glasanteil	Prozentsatz des Glasanteils für das Fenster
	√		u-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
	√		Verschattung	Prozentsatz der Verschattung des Fensters
G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)				

Vorgaben Architekturmodell für Türen in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
√			Öffnungsart (Flügel)	Beschreibung, ob Flügel-, Schiebe, Falldür, etc.
√			Anschlagsseite	Links- oder rechtsaufschlagende Tür
Vorgaben für Übergabe Haustechnik				
	√		Innen/Außentür	Klassifizierung der Tür als Innen- oder Aussentür
		√	Glasart	Beschreibung der gewünschten Glasart, wie Isolierglas, einbruchhämndend, etc.
		√	Glasanteil	Prozentsatz des Glasanteils für die Tür
	√		u-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
	√		Verschattung	Prozentsatz der Verschattung die Tür
G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)				

Vorgaben Architekturmodell für Räume in der Entwurfsphase

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
Allgemeine Vorgaben				
√			Raumnummer	Eindeutige Raumnummer im Projekt
√			Raumname	Kurzbezeichnung des Raums
	√		Raumtyp nach DIN277	Klassifizierung nach DIN277
	√		Lichte Raumhöhe	Ab OK FFB bis UK Fertigdecke
	√		Brandabschnitte	Zuordnung zu den Brandabschnitten
Vorgaben für Übergabe Haustechnik				
	√		Temperatur	Mindesttemperatur
		√	Raumzone	Zuordnung nach DIN18599
Vorgaben für Übergabe Elektrotechnik				
	√		Aufgeständerter Fußboden	Höhe ab OK Rohfußboden bis OK FFB
		√	Reflexionsgrad_Licht_Decke	
		√	Reflexionsgrad_Licht_Boden	
		√	Reflexionsgrad_Licht_Wände	
Vorgaben für Übergabe baubegl. FM				
√			Raumfläche	Nettogesamtfläche des Raums
√			Raumvolumen	Nettorauminhalt
	√		Raumnutzung	Freie Raumbezeichnung (zum Beispiel für genauere Bezeichnung der geplanten Nutzung)
	√		Bodenbelag	Bezeichnung des Bodenbelags, oder ...
			- je Bodenbelag	- wenn unterschiedliche Beläge geplant sind, pro Belag

G	O	E	Eigenschaft	Beschreibung
		√	- Teilbelag Bezeichnung	- Bezeichnung des teilweisen Bodenbelags
		√	- Teilbelag Fläche	- Fläche des teilweisen Bodenbelags
		√	Deckenbelag	Bezeichnung des Deckenbelags, oder ...
			- je Deckenbelag	- wenn unterschiedliche Beläge geplant sind, pro Belag
		√	- Teilbelag Bezeichnung	- Bezeichnung des teilweisen Deckenbelags
		√	- Teilbelag Fläche	- Fläche des teilweisen Deckenbelags
		√	Wandbelag	Bezeichnung des Wandbelags, oder ...
			- je Wandbelag	- wenn unterschiedliche Beläge geplant sind, pro Belag
		√	- Teilbelag Bezeichnung	- Bezeichnung des teilweisen Wandbelags
		√	- Teilbelag Fläche	- Fläche des teilweisen Wandbelags
G – gefordert, O – optional, E – eventuell (bei gesonderter Vereinbarung im Projekt)				

Anhang 2 – Überblick Attribute und Psets nach Allplan¹⁴⁹

Base Quantities (Geometrieattribute)

Element	IFC attribute	Allplan attribute	Attribute number	Allplan group
Fundament - IFCFooting	<i>Width</i>	Dicke	221 (199)	AR_Mengen
	<i>Length</i>	Länge	220	AR_Mengen
	<i>Height</i>	Höhe	222	AR_Mengen
	<i>NetVolume</i>	Nettovolumen	226	AR_Mengen
Wand - IFCWall	<i>GrossVolume</i>	Volumen	223	AR_Mengen
	<i>NetVolume</i>	Nettovolumen	226	AR_Mengen
	<i>GrossSideArea</i>	Fläche	229	AR_Mengen
	<i>NetSideArea</i>	Fläche	229	AR_Mengen
	<i>NominallLength</i>	Länge	220	AR_Mengen
	<i>NominalWidth</i>	Dicke	221	AR_Mengen
	<i>GrossFootprintArea</i>	Grundfläche	224	AR_Mengen
	<i>NominalHeight</i>	Höhe	222	AR_Mengen
Unterzug - IFCBeam	<i>GrossFootprint(Section)Area</i>	Querschnittsfläche		Profil
	<i>Length</i>	Länge	220	AR_Mengen
	<i>GrossVolume</i>	Volumen	223	AR_Mengen
	<i>NetVolume</i>	Nettovolumen	226	AR_Mengen
	<i>OuterSurfaceArea</i>	Oberfläche, Mantelfläche	722	AR_Mengen
Stütze - IFCColumn	<i>Height</i>	Höhe	222	AR_Mengen
	<i>GrossVolume</i>	Volumen	223	AR_Mengen
	<i>NetVolume</i>	Nettovolumen	226	AR_Mengen
	<i>OuterSurfaceArea</i>	Oberfläche, Mantelfläche	722	AR_Mengen
	<i>GrossFloor(Section)Area</i>	Bodenfläche	293	AR_Mengen

¹⁴⁹ Aus (Allplan, 2015), Seiten 246, 249, 254

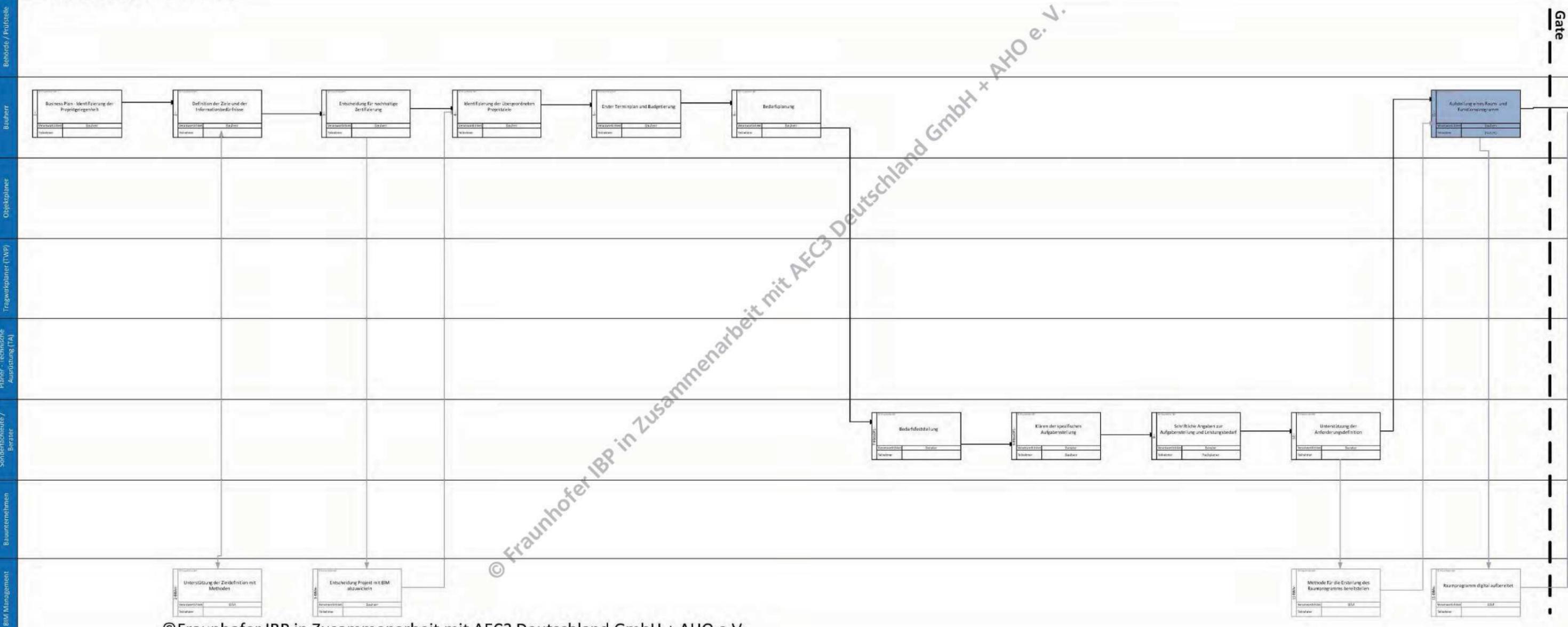
PSet Common (Elementeigenschaften Allgemein)

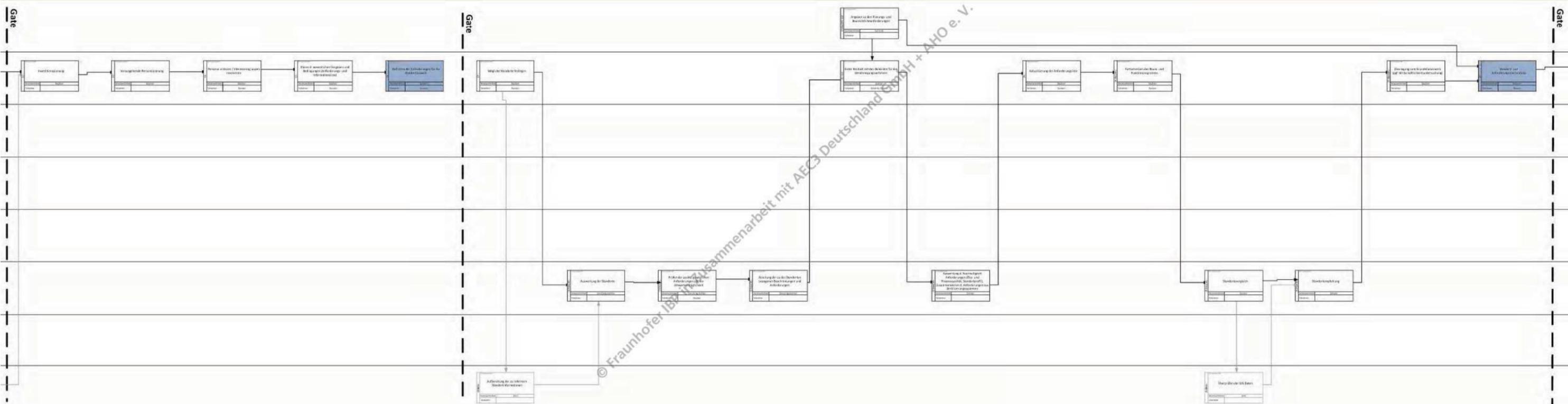
Element	IFC attribute	Allplan attribute	Attribute number	Allplan group
Fundament - IFCFooting	<i>MaterialName</i>	Material	508	AR_Allgemein
	<i>Reference</i>	Codetext	83	AR_Allgemein
Wand - IFCWall	<i>LoadBearing</i>	statisch_tragend	573	AR_Allgemein, IFC
	<i>IsExternal</i>	Klassifizierung	618	IFC
	<i>AcousticRating</i>	Schallschutzklasse	1373	IFC
	<i>FireRating</i>	Feuerwiderstandsklasse	935	IFC
	<i>Compartmentation</i>	Brandabschnittsdefinierend	1396	Allgemein, IFC
	<i>ThermalTransmittance</i>	U-Wert	981	IFC
	<i>WithClipping</i>	Aussparung		
Unterzug - IFCBeam	<i>Reference</i>	Codetext	83	AR_Allgemein
	<i>LoadBearing</i>	statisch_tragend	573	AR_Allgemein, IFC
	<i>IsExternal</i>	Klassifizierung	618	IFC
	<i>FireRating</i>	Feuerwiderstandsklasse	935	IFC
	<i>Slope</i>	Neigung	909	IFC, Wärme-schutz
	<i>Span</i>	Spannweite	1374	IFC
Stütze - IFCColumn	<i>Reference</i>	Codetext	83	AR_Allgemein
	<i>LoadBearing</i>	statisch_tragend	573	AR_Allgemein, IFC
	<i>IsExternal</i>	Klassifizierung	618	IFC
	<i>FireRating</i>	Feuerwiderstandsklasse	935	IFC
	<i>Slope</i>	Neigung	909	IFC, Wärme-schutz
Decke - IFCSlab	<i>Reference</i>	Codetext	83	AR_Allgemein
	<i>LoadBearing</i>	statisch_tragend	573	AR_Allgemein, IFC
	<i>IsExternal</i>	Klassifizierung	618	IFC

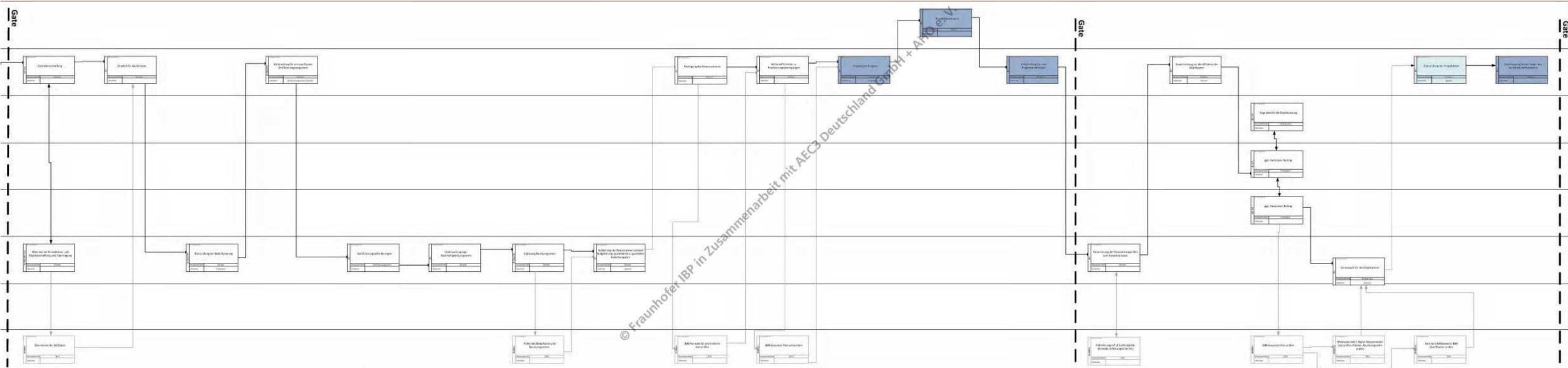
Additional PSet (Elementeigenschaften besonders)

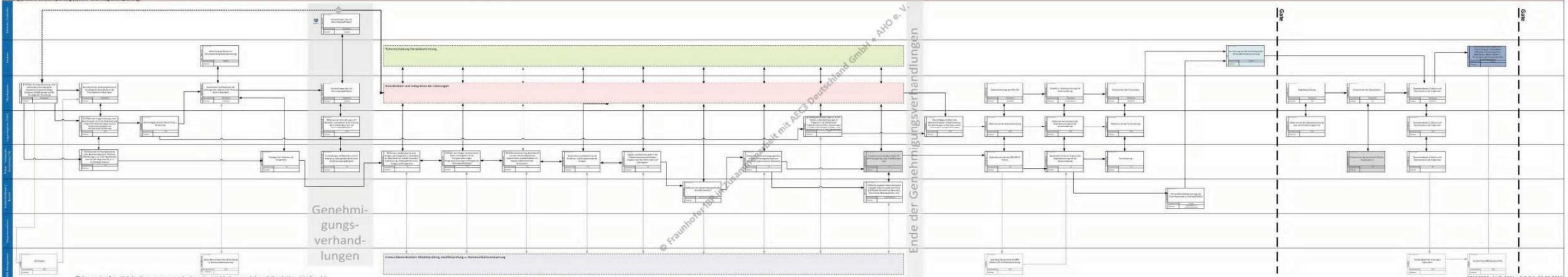
Element	IFC PropertySet	IFC attribute	Allplan attribute	Attribute number	Allplan group
Fenster - IFCWindow	Pset_GlazingType	<i>GlassLayers</i>	Scheibenzahl		
	Pset_GlazingType	<i>IsLaminated</i>	laminiert		
	Pset_GlazingType	<i>IsCoated</i>	beschichtet		
	Pset_GlazingType	<i>IsWired</i>	Drahtglas		
	Pset_GlazingType	<i>ExternalShading Coefficient</i>	Verschattung	620	IFC
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ArticleNumber</i>	Artikelnummer	241	FM-Manager
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ModelReference</i>	Modellnummer	1382	IFC
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ModelLabel</i>	Modellbezeichnung	1383	IFC
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>Manufacturer</i>	Hersteller	1136	IFC, Leitungskataster
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ProductionYear</i>	Herstellungsjahr	1393	IFC
Tür - IFCDoor	Pset_GlazingType	<i>GlassLayers</i>	Scheibenzahl		
	Pset_GlazingType	<i>IsLaminated</i>	laminiert		
	Pset_GlazingType	<i>IsCoated</i>	beschichtet		
	Pset_GlazingType	<i>IsTempered</i>	temperiert		
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ArticleNumber</i>	Artikelnummer	241	FM-Manager
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ModelReference</i>	Modellnummer	1382	IFC
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ModelLabel</i>	Modellbezeichnung	1383	IFC
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>Manufacturer</i>	Hersteller	1136	IFC, Leitungskataster
	PsetManufacturer TypeInformation	<i>ProductionYear</i>	Herstellungsjahr	1393	IFC

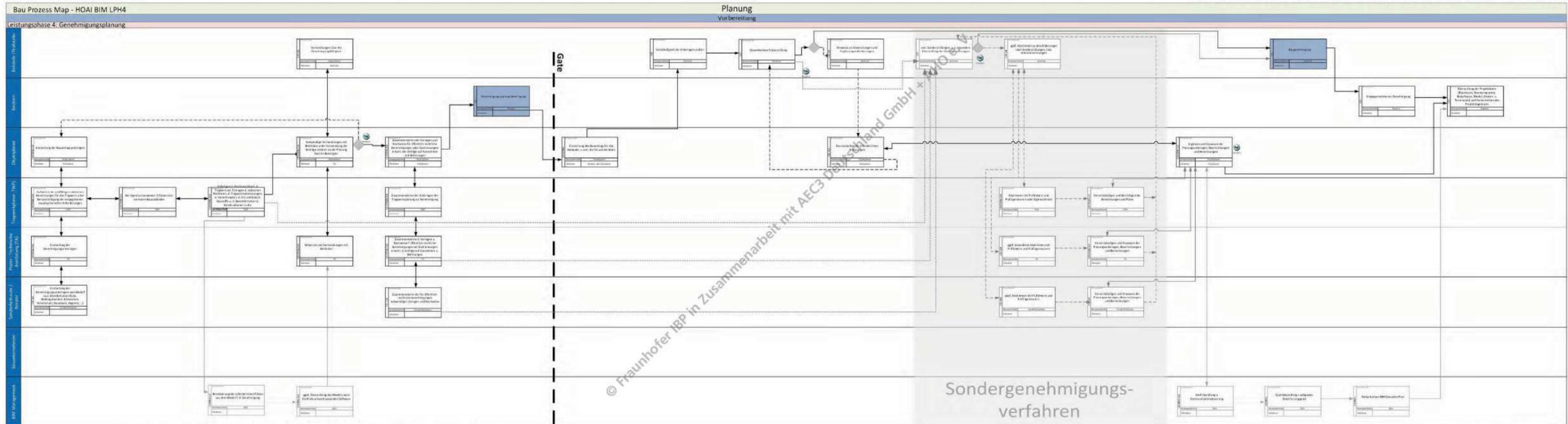
Phase 0 – Strategische Planung, Bedarfsformulierung

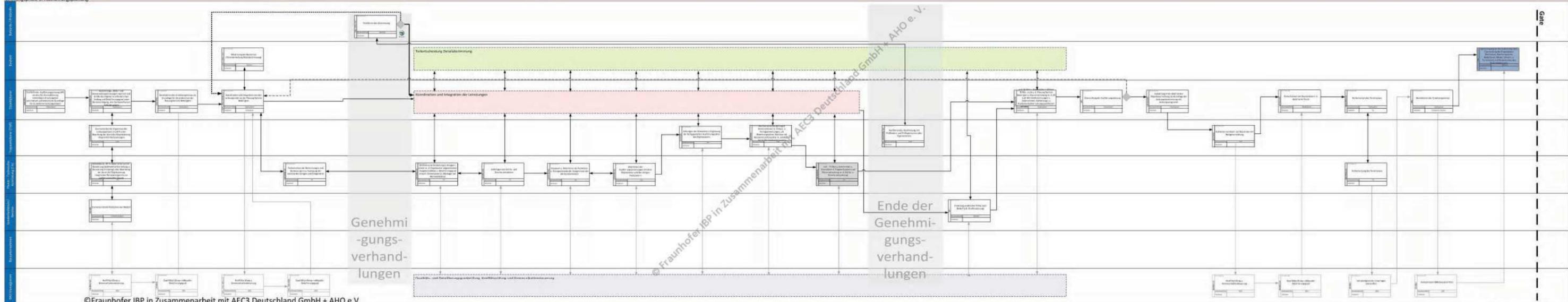


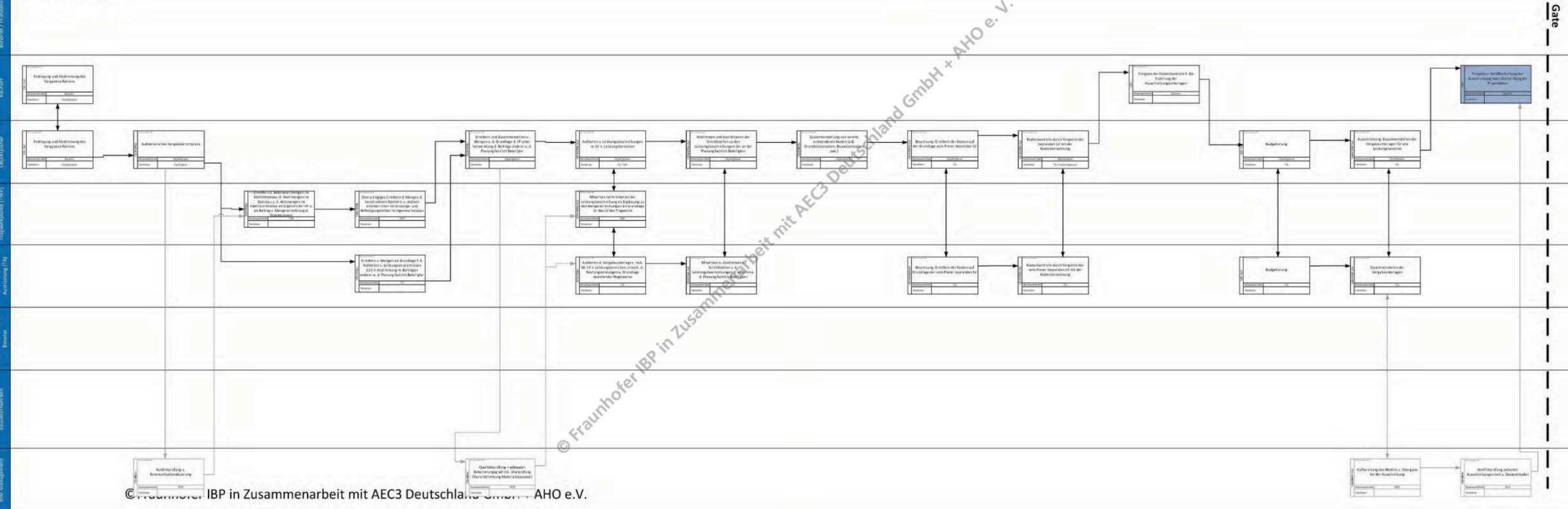




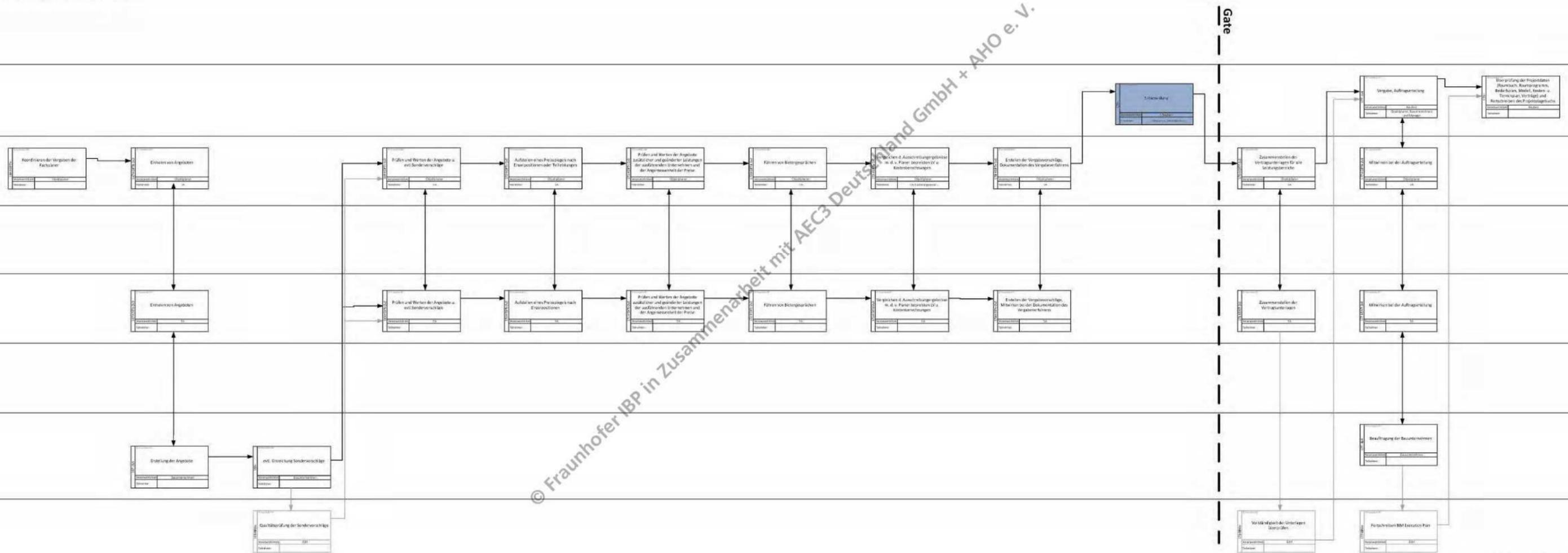


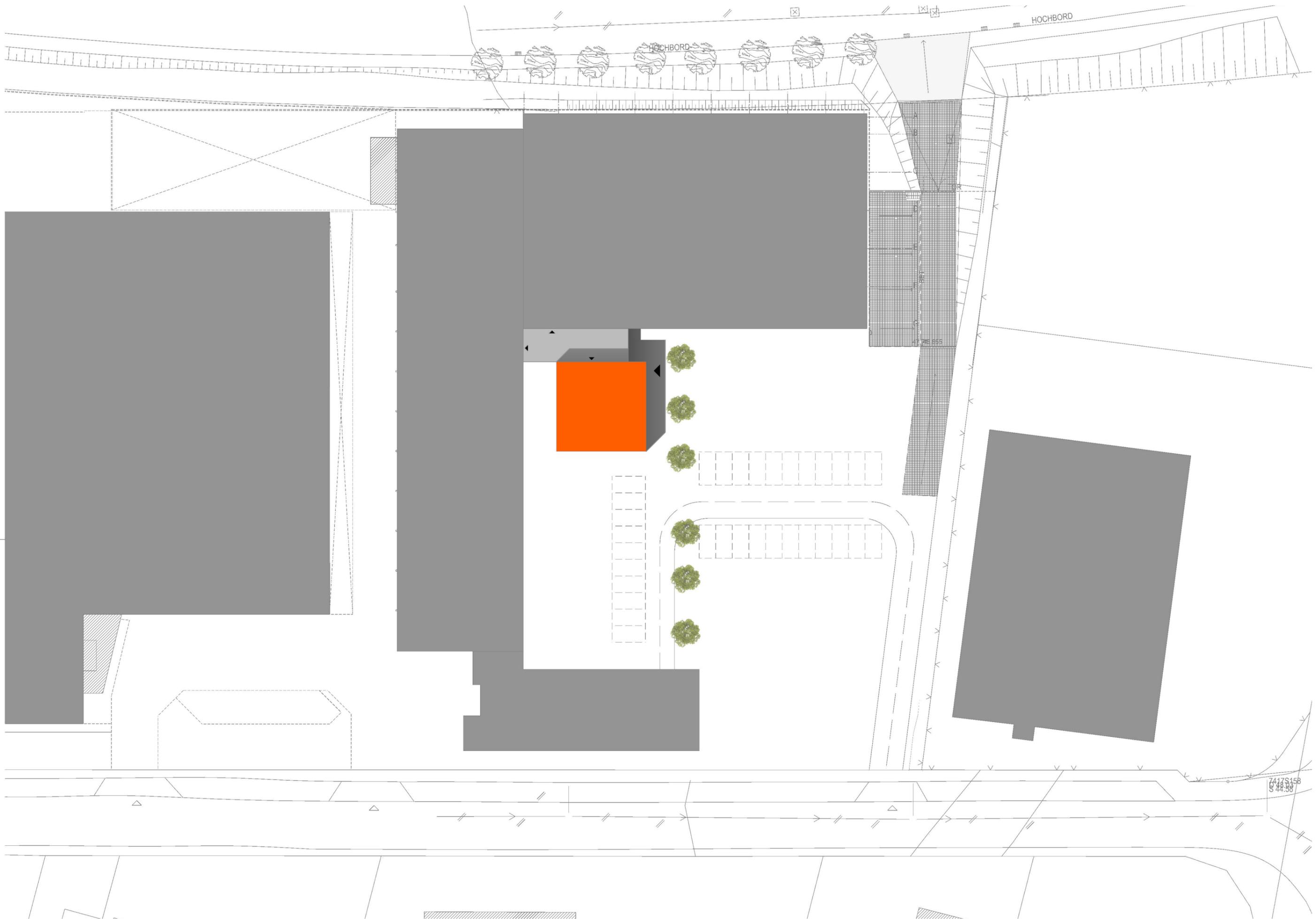


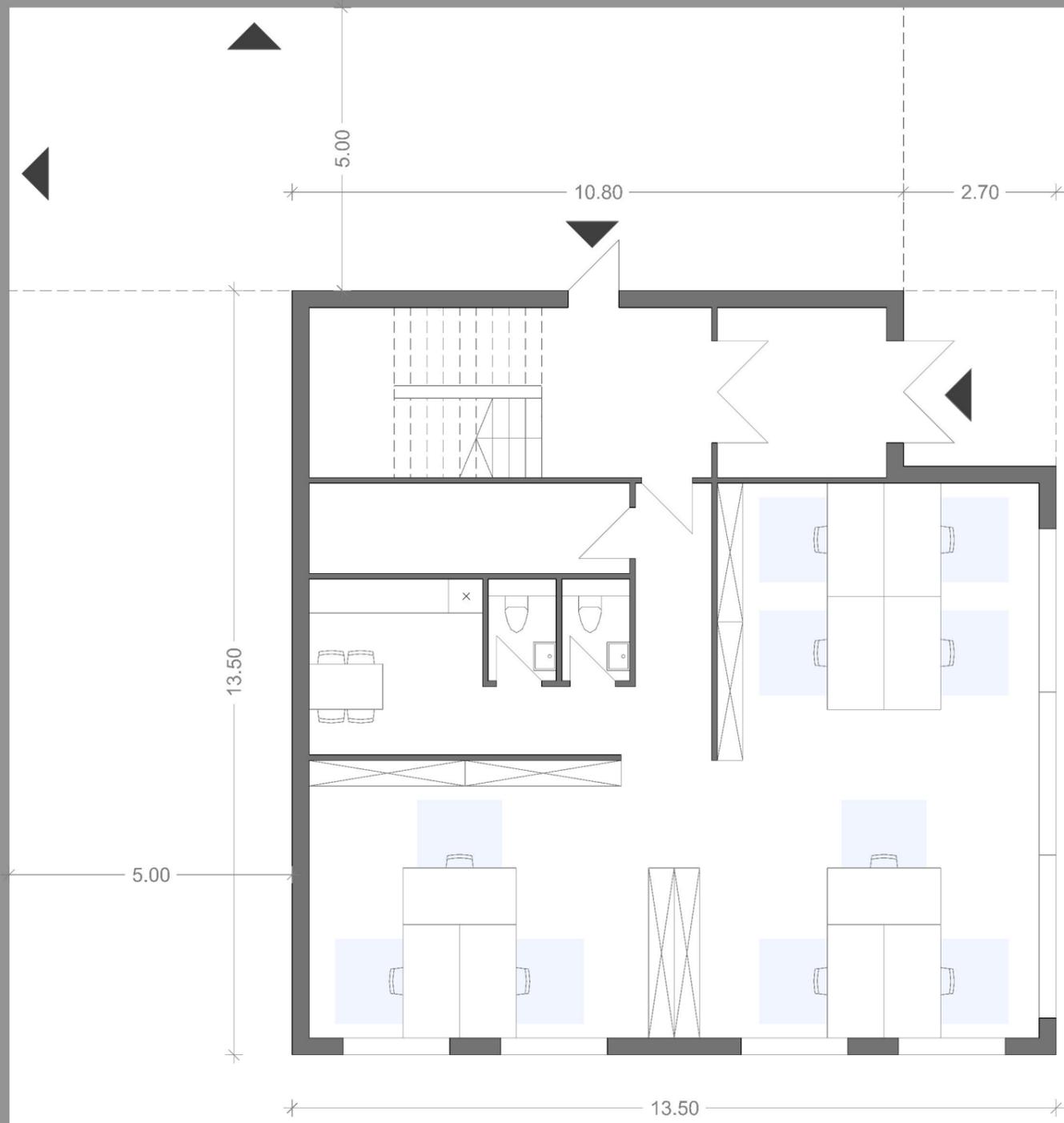




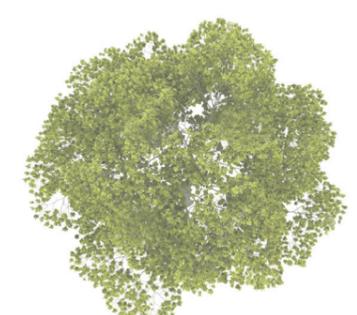
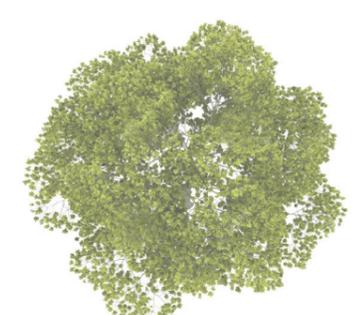
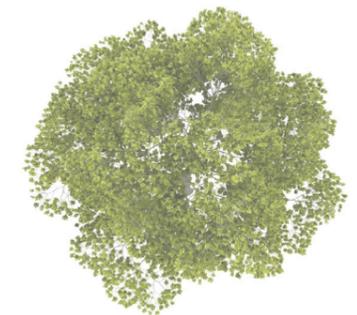
Leistungsphase 7: Mitwirkung der Vergabe

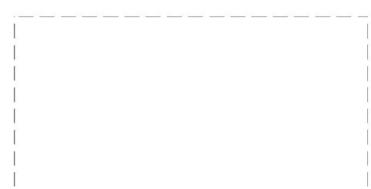
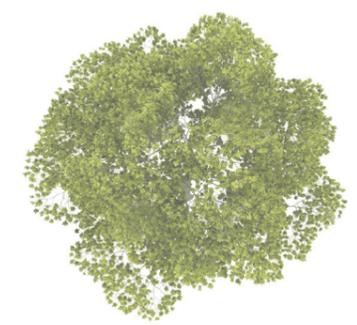
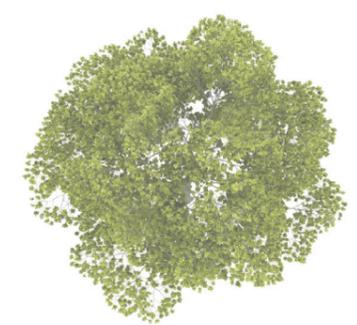
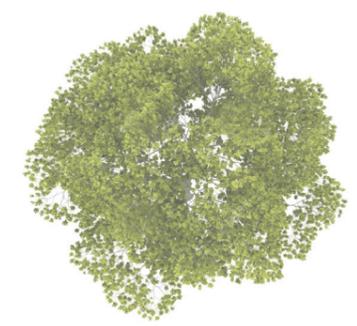
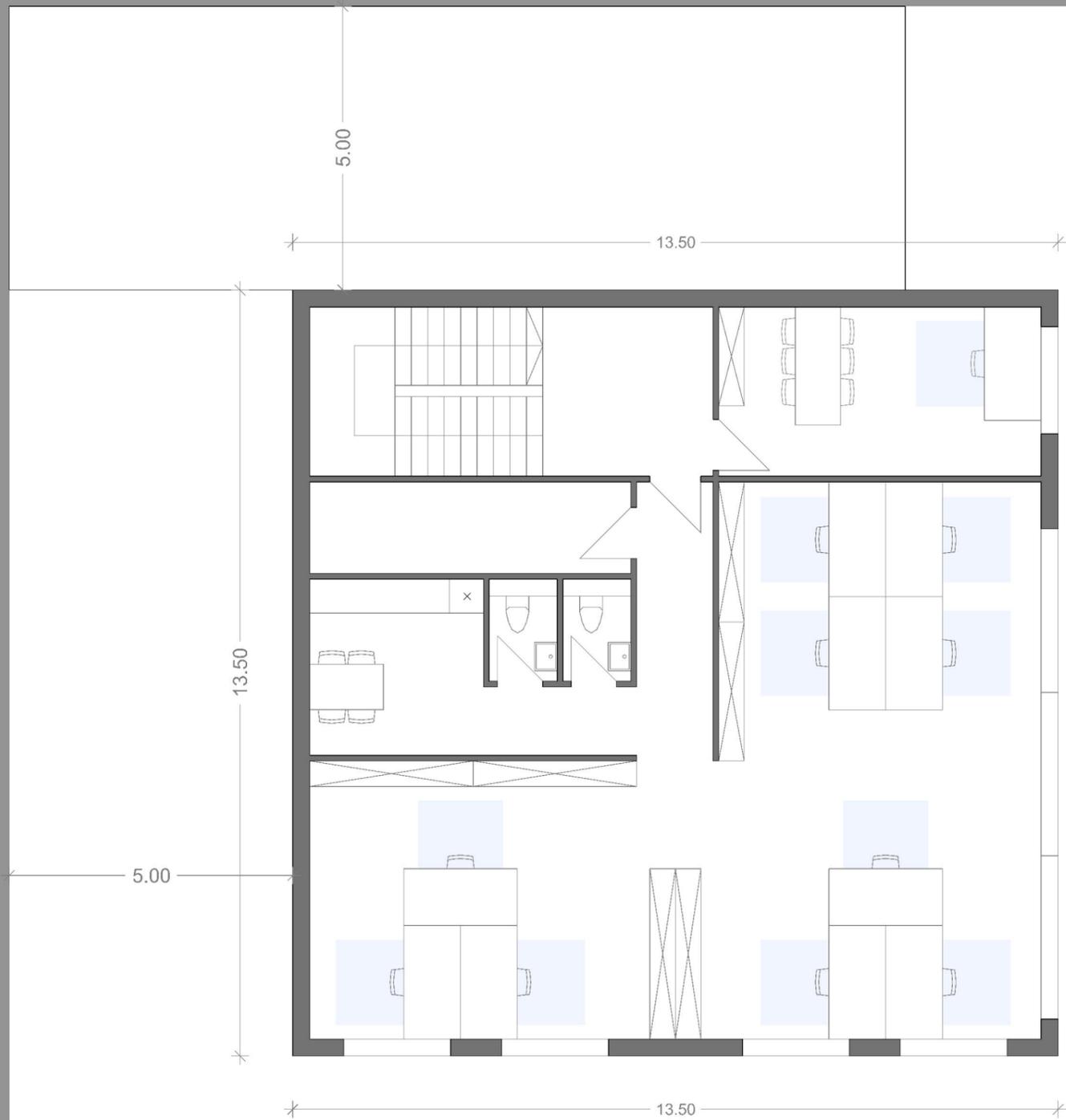


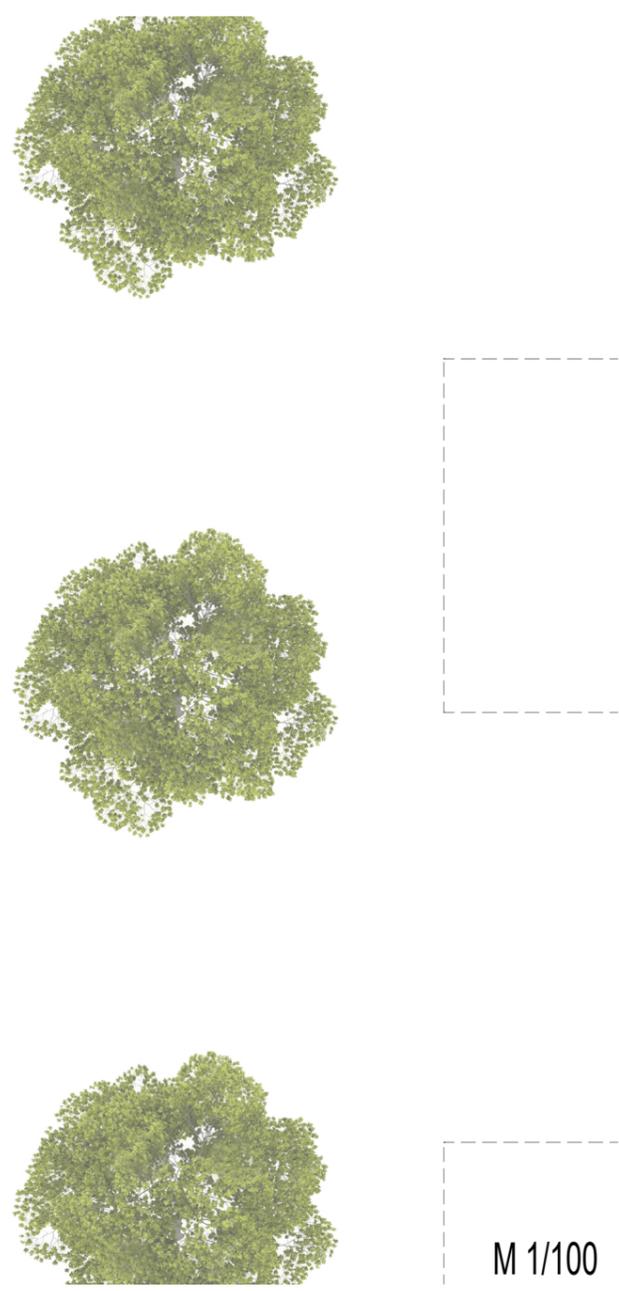
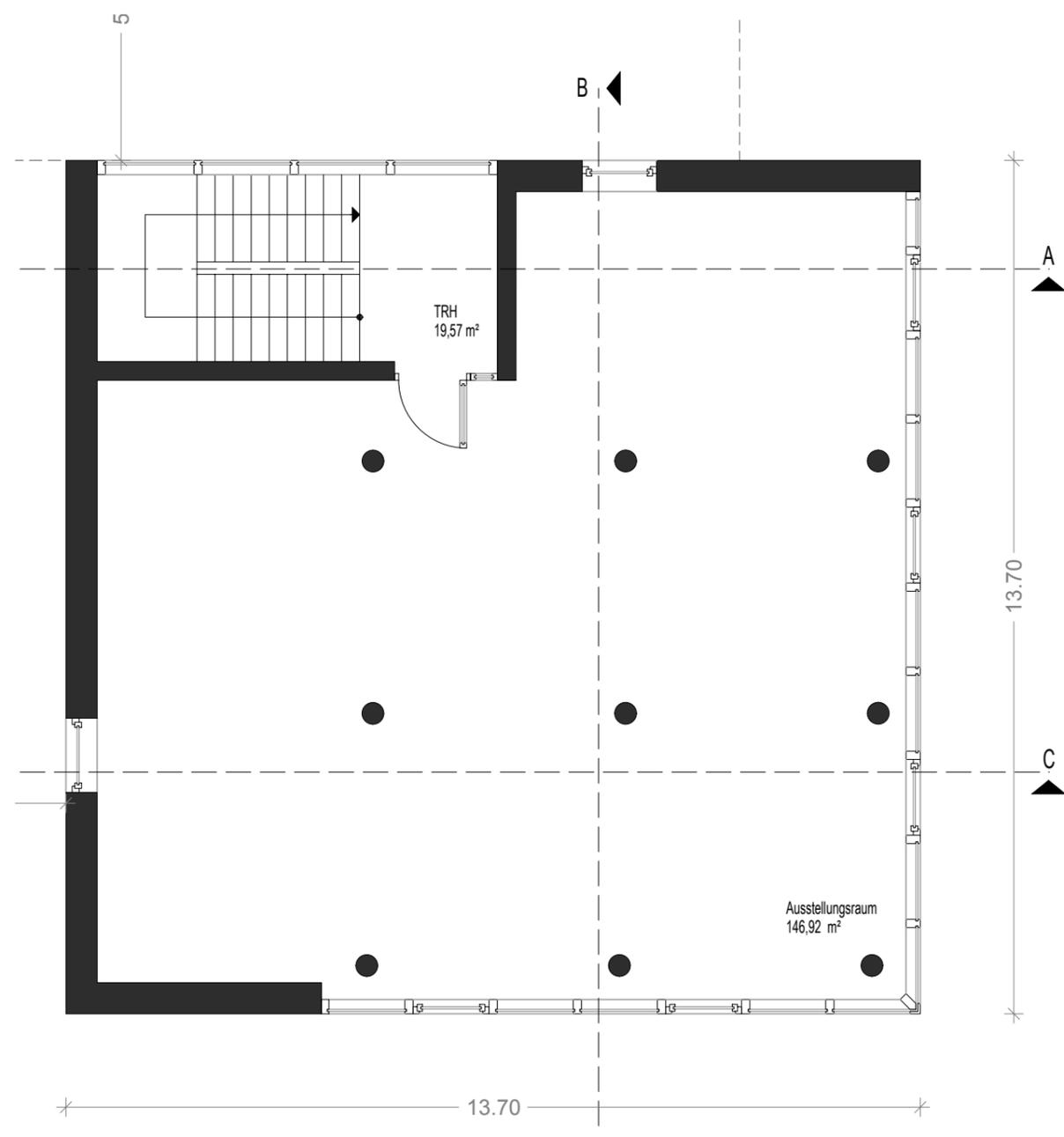
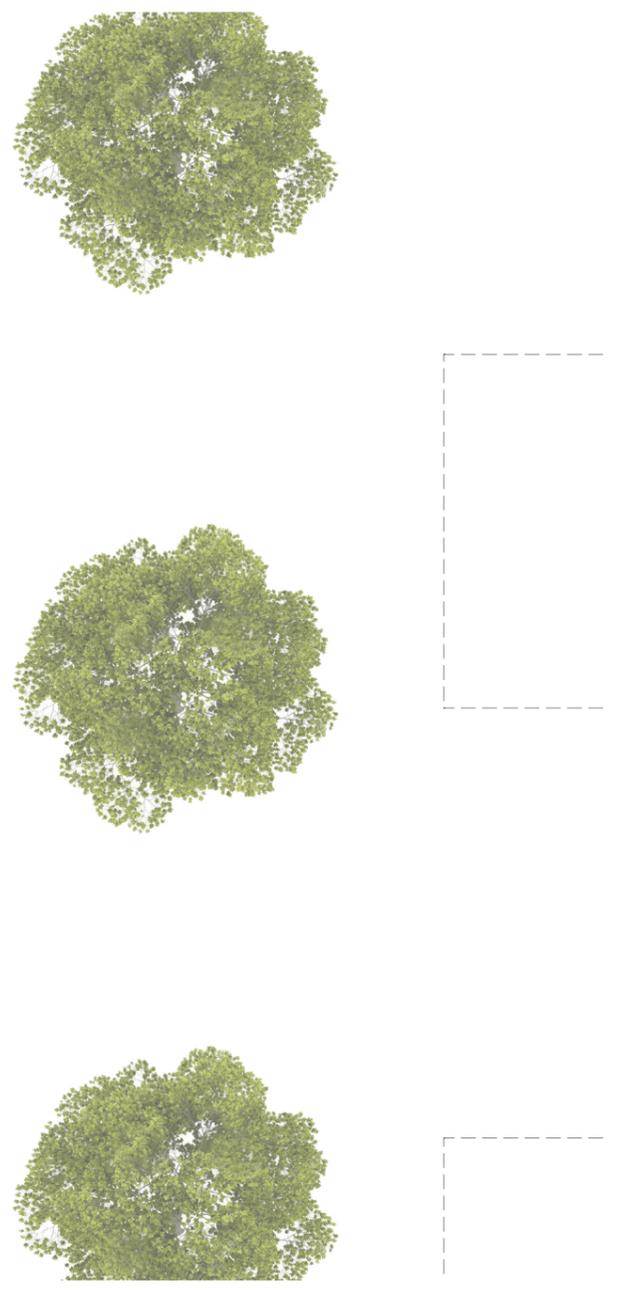
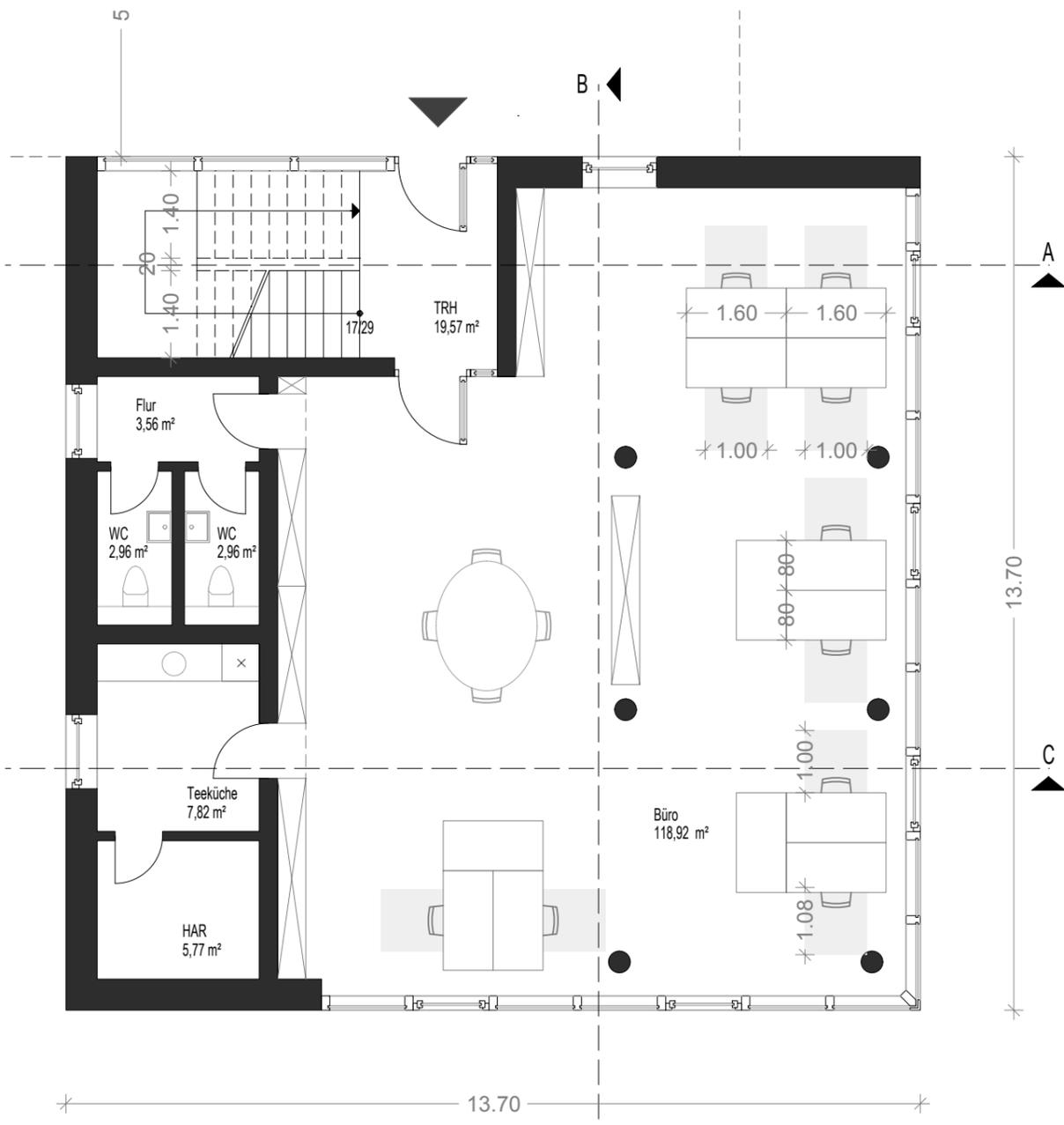


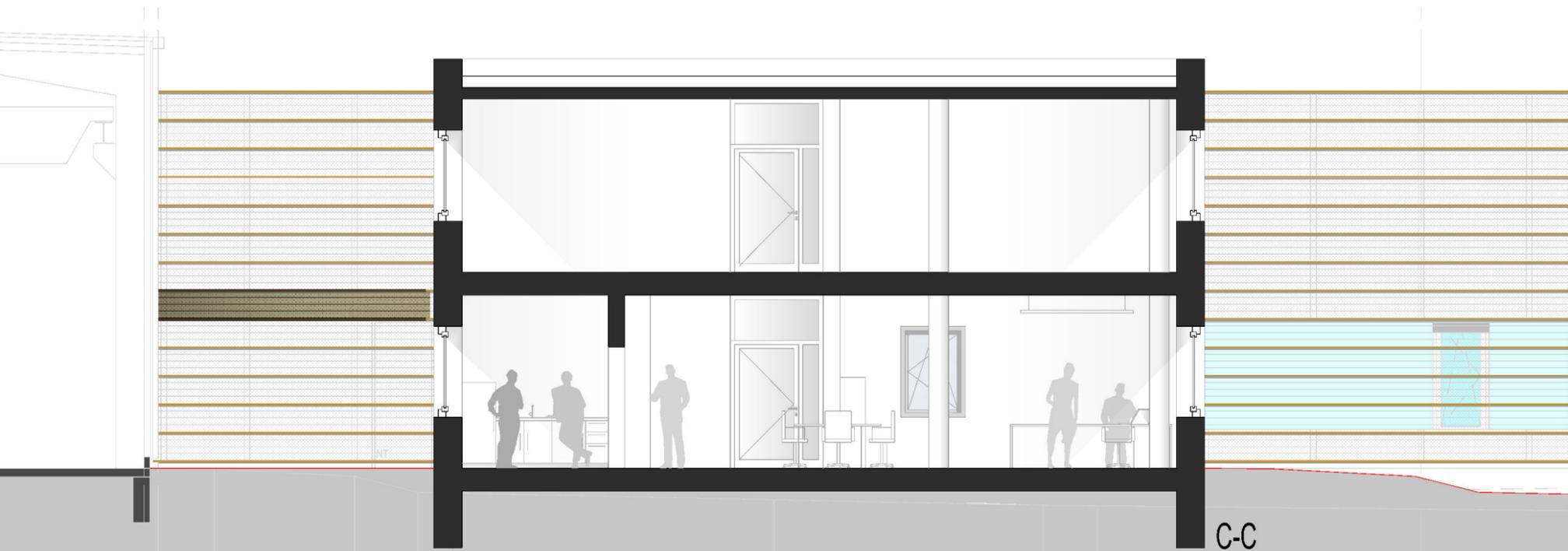
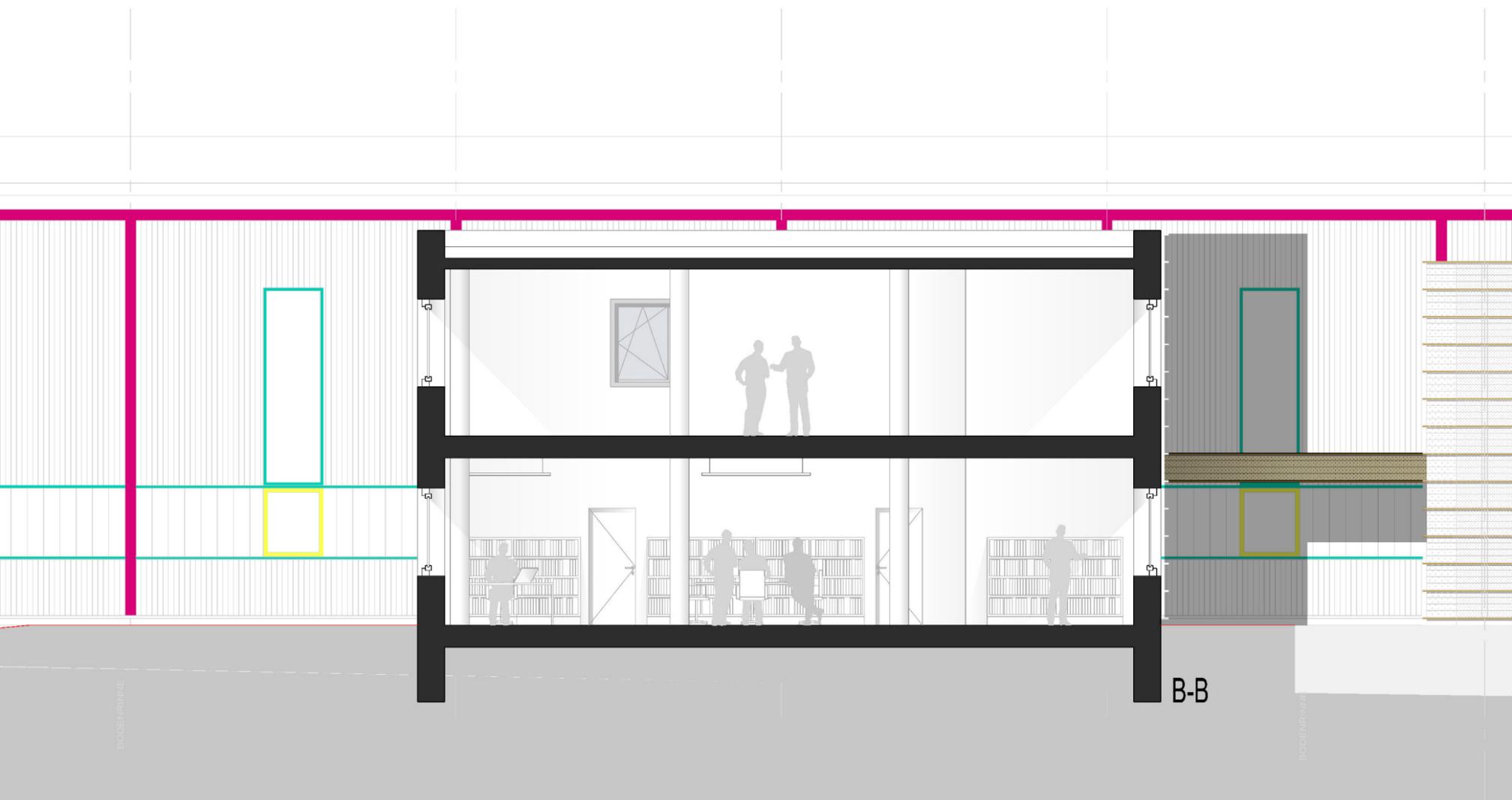
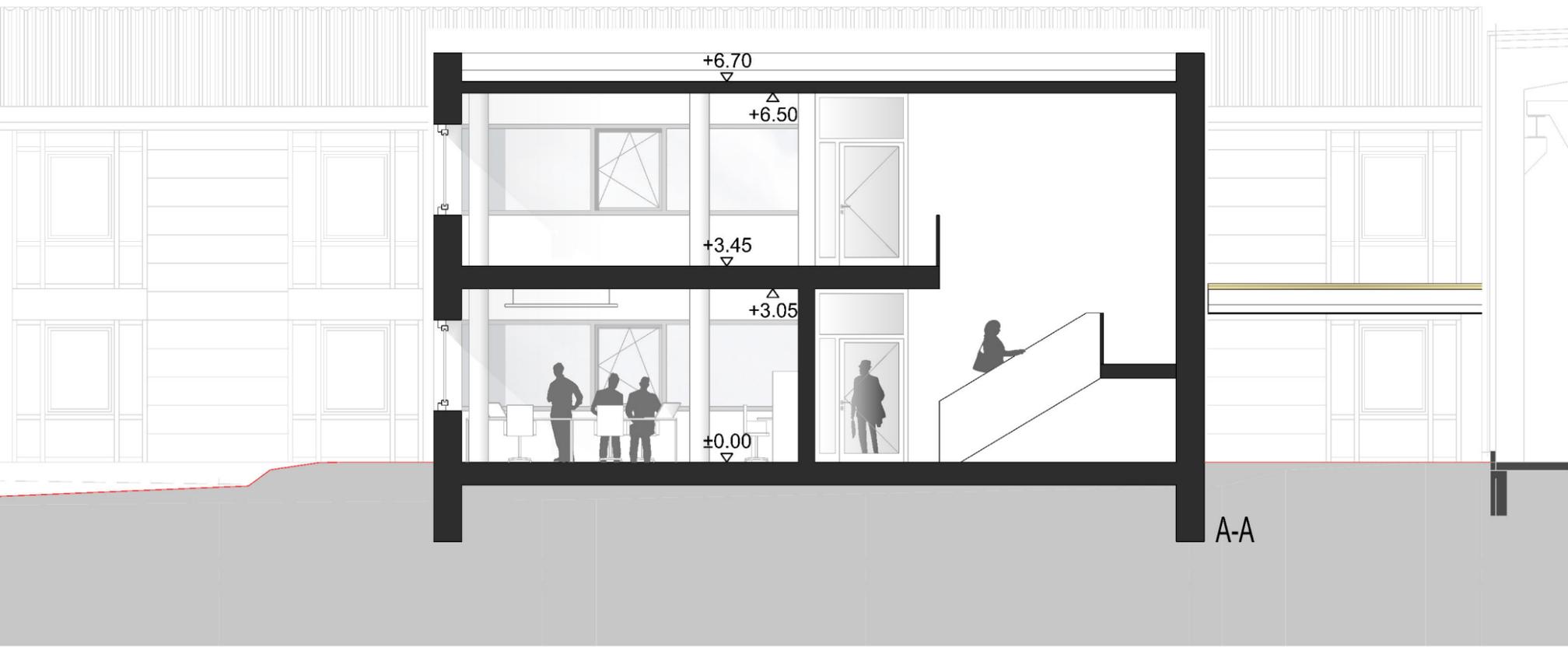


Nutzfläche	312.10m ²
Grundfläche	182.25m ²
Arbeitsplätze	
-EG	10
-1.OG	11
Parkplätze	32







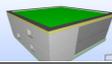
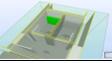
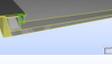




161104 - Architekten-Überprüfung

Model Name	161104 - Prüfung_A 161103_1604 Lauken_IFC Version: 9.7
Benutzer	Florian Kettner
Organization	oemig + partner
Datum	November 4, 2016
161103_1604 Lauken_IFC	Datum: 2016-11-03 13:30:12 Anwendung: Allplan IFC: IFC2X3

161104 - Architekten-Überprüfung																	
Nummer	Id	Standort	Datum	Autor	Titel	Bild	Beschreibung	Kommentar des Problems	Verantwortlichkeiten	Erforderliche Aktion	Durchgeführte Aktion	Status	Hyperlink 1	Hyperlink 2	Komponenten	Themen-ID	Kameraposition
1	1	121 - 1.OBERGESCHOSS AUSSTELLUNGSFLÄCHE<Unnamed Space>	4-Nov-2016	FK	Fehlende Tür		Zwischen Ausstellungsfläche und TH fehlt die Tür		ARC			Offen			Raum.2.1 : AUSSTELLUNGSFLÄCHE<Unnamed Space>	38a25bc0-d01-4c72-92ff-8d158d39c9	X: 8,51 m Y: 17,03 m Z: 17,93 m
2	2	111 - ERDGESCHOSS TRH<Unnamed Space>	4-Nov-2016	FK	Tür fehlt		Tür zwischen TH und Büro im EG fehlt		ARC			Offen			Raum.-1.6 : TRH<Unnamed Space>	87883251-784c-4d64-8502-201e0562cd79	X: 7,01 m Y: 14,72 m Z: 8,04 m
3	3	111 - ERDGESCHOSS, 121 - 1.OBERGESCHOSS BÜRO<Unnamed Space>	4-Nov-2016	FK	Begrenzung		Fassaden fehlen als Raumbegrenzung		ARC			Offen			Raum.-1.6 : TRH<Unnamed Space> Raum.-1.3 : BÜRO<Unnamed Space> Raum.2.1 : AUSSTELLUNGSFLÄCHE	e9931ca-6b71-468e-a8a3-9e0fc0416a9b	X: 18,61 m Y: 19,06 m Z: 16,68 m
4	4	121 - 1.OBERGESCHOSS, 131 - Dach / Attika	4-Nov-2016	FK	Raum.2.2 : TRH		Begrenzungen des Raumes falsch. Verschneidungen mit angrenzenden Bauteilen	FK, 2016-11-04: Raum schneidet in Fußbodenbelag				Offen			Raum.2.2 : TRH<Unnamed Space> Decke.2.1 Wand.0.11	caa97ed4-1bdf-48a7-b6ee-455812e73df5	X: 9,95 m Y: 13,17 m Z: 4,33 m
								FK, 2016-11-04: Verschneidung mit Wand.0.11							Raum.2.2 : TRH<Unnamed Space> Decke.2.1 Wand.0.11	caa97ed4-1bdf-48a7-b6ee-455812e73df5	X: 8,83 m Y: 13,17 m Z: 6,95 m
								FK, 2016-11-04: Verschneidung mit Decke.2.1							Raum.2.2 : TRH<Unnamed Space> Decke.2.1 Wand.0.11	caa97ed4-1bdf-48a7-b6ee-455812e73df5	X: 8,87 m Y: 13,66 m Z: 7,36 m
5	5	131 - Dach / Attika	4-Nov-2016	FK	Positionseinträge		Oberseitenhöhe, Unterseitenhöhe, etc		ARC			Offen			131 - Dach / Attika	80aa8906-85bb-46aa-894a-5e3046c48207	X: 25,02 m Y: 12,38 m Z: 10,79 m
6	6	111 - ERDGESCHOSS BÜRO<Unnamed Space>	4-Nov-2016	FK	Doppelte Fenster		Doppelte Fenster mit gleicher GUID!		ARC			Offen			Fenster.-1.3 Fenster.-1.1	16a780f6-595a-424d-9682-aa21366d4c96	X: 15,05 m Y: 22,26 m Z: 5,41 m
7	7	111 - ERDGESCHOSS, 121 - 1.OBERGESCHOSS	4-Nov-2016	FK	Wandlängen		Wandgeometrie in den Ecke prüfen		ARC			Offen			Wand.2.9 Wand.-1.9 Wand.-1.10	c84f6b4f-22df-4c18-b4d1-86d3e19cca88	X: 14,58 m Y: 20,41 m Z: 9,75 m
8	8	121 - 1.OBERGESCHOSS WC<Unnamed Space>	4-Nov-2016	FK	Belag zu nah an d		Fenster zu tief		ARC			Offen			Fenster.2.2 Belag.2.1.224	2229fa73-ek33-438b-a85c-d62f3367f0	X: 12,85 m Y: 17,84 m Z: 5,62 m
9	9	111 - ERDGESCHOSS KÜCHEN<Unnamed Space>	4-Nov-2016	FK	Belag zu nah an d		Türen schneiden in den Belag		ARC			Offen			Belag.-1.7.8 Tür.-1.2 Tür.-1.1 Belag.-1.2.10 Tür.-1.4 Belag.-1.5.9 Tür.-1.2	77a0f02e-e62c-4c11-9f5e-d1372e8adcf0	X: 8,02 m Y: 12,89 m Z: 3,87 m
10	10	111 - 1.OBERGESCHOSS, 131 - Dach / Attika	4-Nov-2016	FK	Komponenten zu		Abstand Unterdecke prüfen		ARC			Offen			Abschlechte Decke.2.1.131 Decke.0.1	72051651-916a-4a0b-97bd-c847739e22a3	X: 180 mm Y: -873 mm Z: 6,84 m

11	11	Gesamtes Modell	4-Nov-2016	FK	Keine Dach-Komp		Dämmung als Dach definieren?		ARC			Offen			161103_1604 LauKer_IFC	e0fb2e5d-711a-4095-9fb1-40c4c1186118	X: -4,06 m Y: -5,87 m Z: 11,21 m
12	12	111 - ERDGESCHOSS KOCHEN[<Unnamed Space>]. WC[<Unnamed Space>]	4-Nov-2016	FK	Wand.-1.16		als Objekt definieren, nicht als Wand		ARC			Offen			Wand.-1.16	55ed7860-58be-43eb-9a20-86ca3b45d44c	X: 6,00 mm Y: 10,07 m Z: 7,08 m
13	13	131 - Dach / Attika	4-Nov-2016	FK	Überschneidung		Attikabiech überschneidet sich in den Ecken. Attikabiech als Geländer?		ARC			Offen			Geländer.0.4 Geländer.0.2 Geländer.0.1 Geländer.0.3	63b2a54b-add7-49c6-abc0-016bb8749	X: 15,15 m Y: 41 mm Z: 7,94 m
14	14	131 - Dach / Attika TRH[<Unnamed Space>]. AUSSTELLUNGSFLÄCHE[<Unnamed Space>]	4-Nov-2016	FK	Ähnliche Überschn		Überschneidungen in der Dachdämmung		ARC			Offen			Wand.0.8 Wand.0.12 Wand.0.3 Decke.0.1 Wand.0.5	e447d590-a561-4024-845d-5e8f8aa751e	X: 14,57 m Y: 90 mm Z: 8,06 m
15	15	111 - ERDGESCHOSS, PROJEKTINFORMATIONEN WC[<Unnamed Space>]. KOCHEN[<Unnamed Space>]	4-Nov-2016	FK	Überschneidung		Origo aus dem Modell rausziehen		ARC			Offen			Wand.-1.13 Wand.-1.15 Objekt.1.1	e023ffaf-9448-42c2-a6ce-c880599f981	X: 18,36 m Y: 9,40 m Z: 12,88 m