Gebäudeinformationstechnologien

Nachhaltige Datennutzung
für ein interdisziplinäres Planungsteam

Master-Thesis zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im Universitätslehrgang Future Building Solutions – Sustainable Design

eingereicht von

Felix Hitthaler, BSc

01365498

eingereicht am 21.04.2019

Department für Bauen und Umwelt

an der Donau-Universität Krems

Betreuer/in: Prof. DI Clemens Resch

Krems, am 24.04.2019

Department für Bauen und Umwelt

Lehrgang 2013/2014

Abstract – Master-Thesis

Titel: Gebäudeinformationstechnologien

Untertiltel: Nachhaltige Datennutzung für ein multidisziplinäres Planungsteam

Name AutorIn: Felix Hitthaler, BSc

Seitenanzahl: 150

Hintergrund: Building Information Modeling ist mehr als ein Begriff, es ist ein Paradigmenwechsel für die gesamte Baubranche. Die schnelle Entwicklung von Computertechnologien eröffnet neue Möglichkeiten der effizienten Planung. Bei heutigen Projekten werden enorme Datenmengen vom multidisziplinären Planungsteam mit verschiedenen Software-Werkzeugen erzeugt. Diese Daten sind von anderen Teilnehmern des Planungsteams nicht automatisch verwertbar. Wenn die Daten objektorientiert nach vergebenen Regeln auf einer zentralen Projektplattform eingeben werden, kann ein durchgängiges Datenbankmodell von einem Gebäude erzeugt werden. Ein großer Vorteil dabei ist, dass in der frühen Planungsphase eine hohe Anzahl an Varianten und Szenarien untersucht werden kann und damit die Planung für den gesamten Lebenszyklus inklusive Abbruch bzw. Verwertung optimiert werden kann.

Forschungsfrage - Hypothese:

In der Arbeit werden folgende grundsätzlichen Forschungsfragen beantwortet:

-Ist es mit den am Markt vorhandenen Software möglich eine digitale Gebäudeplanung durchzuführen?

-Was sind die notwendigen Komponenten, die für eine vernünftige BIM-Planung notwendig sind?

Methode: Die Grundlage der Arbeit bildet eine umfangreiche Literatur- und Internetrecherche mit dem Fokus auf die verfügbaren BIM-Werkzeuge und den Stand der Standardisierung der BIM-Arbeitsweise im deutschsprachigen Raum.

Die Arbeit ist angelehnt an die deutsche BIM4Infra Publikation „Umsetzung des Stufenplans - Digitales Planen und Bauen", die 20 BIM-Anwendungsfälle definiert hat. In vorliegender Arbeit werden die bereits bestehenden Anwendungsfälle der genannten Publikation in einem konkreten Fallbeispiel eines hypothetischen Einfamilienhauses im Sinne eines Softwaretests genauer betrachtet und anschließend evaluiert.

Aufgrund der Aktualität des Themas sind noch keine belastbaren Statistiken und Langzeitstudien zur BIM-Planung vorhanden, weshalb die theoretische Behandlung des Forschungsgegenstandes nötig war. Die Arbeit kann als Momentaufnahme zum Stand der Technik im DACH-Raum gesehen werden.

Ergebnisse: Das Ergebnis ist ein anwendbarer BIM-Prozess, der aufbauend auf die drei, im Stufenplan festgelegten Szenarien, entwickelt wurde. Die definierten Szenarien Einstieg, Aufbruch und Höchstleistung wurden dabei mit dem Schweizer Ansatz zu BIM verknüpft. Ebenso erfolgte eine Beschreibung von verschiedenen Aspekten der digitalen Planung und eine Darstellung der Chancen und Risiken der Digitalisierung. Diese wurden mittels Zuhilfenahme verschiedener Expertenmeinungen bestätigt.

BetreuerIn: Prof. DI Clemens Resch

Weitergabe gesperrt: Ja ☐ | Nein ☒
Datum: 17.04.2019

Schlagwortkatalog: BIM, Planung, Digitalisierung, Revit, Gebäudeinformationstechnologien

Department for Building and Environment

Programme 2013/2014

Abstract – Master-Thesis

Title: Building Information Technologies

Subtitle: Sustainable data processing with for a multidisciplinary planning team

Name Author: Felix Hitthaler, BSc

Number of pages: 150

Background: Building Information Modeling is more than a term, it is a paradigm change for the building industry. The developing computer technology opens more efficient ways of planning a building. In today's projects big amounts of data is created by the planning team with different software and methods of working. The created data in different data formats is often not reusable for other participants of a team or only partly. One member of the team or maybe in the future a software tool has to create one consistent data model for a building. Most people see BIM as drawing in 3D, but it is more a planning philosophy. The BIM Method has advantages for everyone especially the owner of a building, who can make better decisions and can control costs and the resource use over the whole lifecycle of a building

Research question - hypothesis:
The following basic research questions are answered in the paper:
-Are the BIM-tools available on the market usable for an efficient planning process of a building?
-What are the necessary components for a practical BIM-planning?

Method and evidence: The foundation of the work is a comprehensive literature and internet research with focus on available BIM-Tools on the Market and the updates to the standardization of BIM in German-speaking Europe.

The work is based on the German BIM4Infra publication "Umsetzung des Stufenplans -Digitales Planen und Bauen" with 20 BIM use cases. In the paper a hypothetic one family home is used as a case study to test different software tools and evaluate their usability.

Due to the actuality of the topic there are no reliable statistics for BIM-planning available, therefore this theoretical approach was needed. The work is a snapshot of the state of the art in German-speaking Europe.

Results: The expected result is a BIM-workflow, leaned to the scenarios "Started", "Departure" und "High performance" defined in the "step plan", which are connected with the Swiss approach for BIM - possible to integrate in practice. It should be shown, that if there is enough interest in new technologies especially small or medium sized planning companies have the chances to participate with little effort in the digitalization of the construction industry. The final chapter is about the different aspects of digital planning and the resulting digitalization of the construction industry with risks and opportunities supported and confirmed by quotes of different experts.

Supervisor: Prof. DI Clemens Resch

Transmission prohibited: Yes ☐ | No ☒
Date: 17.04.2019

Subject catalogue: BIM, Planning, Digitalisation, Revit, Building Information Technologies

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich, Felix Hitthaler, BSc, geboren am 29.03.1989 in Innichen erkläre,

1. dass ich meine Master Thesis selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe,

2. dass ich meine Master Thesis bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,

3. dass ich, falls die Master Thesis mein Unternehmen oder einen externen Kooperationspartner betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Master Thesis unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

DANKSAGUNGEN / WIDMUNGEN

Ich bedanke mich herzlich bei meinen Eltern Johann Hitthaler und Waltraud Erharter Hitthaler, dafür dass sie mich immer unterstützt haben und mir den Bildungsweg ermöglichten, in dem ich das Wissen für diese Arbeit ansammeln konnte. Meinem älteren Bruder Thomas Hitthaler, der immer ein Vorbild für mich war, möchte ich dafür danken, dass er mir den richtigen Weg gezeigt hat.

Auch Danke an Christoph Muss, meinen Universitätsprofessor an der Fachhochschule Technikum Wien, der mich für Gebäude begeistert hat und dem ich ein Projekt in Paraguay und die 5 interessanten Jahre in Vorarlberg verdanke.

Bei Peter Messner und seiner Familie möchte ich für das mir entgegengebrachte Vertrauen und die vielen Dinge, die ich im Ländle lernen durfte, besonders bedanken. Nur deswegen konnte ich das Studium neben der Arbeit absolvieren und wertvolle praktische Erfahrung in der Gebäudetechnikplanung sammeln. Es war eine gute Zeit!

Leo Obkircher danke ich dafür, dass ich während dem Studium, in seinem damals noch kleinen Planungsbüro arbeiten durfte, obwohl ich nicht das nötige Wissen hatte und dafür, dass er mich jetzt wieder in Wien unterstützt.

Bei Clemens Resch bedanke ich mich auch herzlich für das lehrreiche Praktikum bei ArchOffice, das mir eine interessante Sichtweise auf die Architekturplanung mit BIM ermöglicht hat und für die wissenschaftliche Betreuung dieser Arbeit und dem Input dazu.

Kay Künzel und Wolfgang Kessling danke ich für die vielen Sachen die ich beim Studium gelernt habe.

Gregor Radinger danke ich für die konstruktive Kritik an der Arbeit - die den Weg geöffnet hat, die Arbeit zu verbessern.

Allgemein möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, von denen ich etwas lernen durfte. Nur wenn man Wissen teilt, kann man es vermehren und deswegen ist es wichtig gemeinsam zu lernen und Gutes zu vermehren.

Nur dann kann man gemeinsam besser werden!

Danke!

Felix Hitthaler

INHALTSVERZEICHNIS

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG 1
DANKSAGUNGEN / WIDMUNGEN 2
INHALTSVERZEICHNIS 3
1 Kurzfassung 7
1.1 Deutsch 7
1.2 Englisch 8
2 Was ist BIM? 9
2.1 Warum BIM? 11
2.2 BIM & Recht – geht das? 13
2.3 Welche BIM-Software? 16
2.3.1 Autodesk Revit – ein closedBIM-Ansatz 16
2.3.2 BIM360 – Ein virtueller Projektraum 19
3 BIM-Anwendungsfälle 22
3.1 Zusammenfassung 22
4 BIM-Prozessbeschreibung 24
4.1 Datenerhebung 25
AwF1 – Bestandserfassung 25
Reality Capture 25
Laserscanning 25
Drohnenphotometrie 26
Autodesk ReCap - Reality Capture 26
Geomodellierung 27
InfraWorks - Umgebungsmodelle 28
Civil 3D - Infrastrukturplanung 29

4.2 Planung 30
AwF2 – Planungsvariantenuntersuchung 31
FormIt – 3D-Variantenuntersuchung 31
Computational Design – EVA 32
Dynamo - Visuelle Programmierumgebung 33
Green Building Studio - Energieberechnungssoftware 34
Sefaira - Energieberechnungssoftware 34
AwF7 – Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen 35
AwF14 – Erstellung der Ausführungspläne 35
AwF19 – Bauwerksdokumentation 38
4.3 Koordination der Planung 38
AwF5 – Koordination der Fachgewerke 39
AwF6 - Fortschrittskontrolle der Planung 40
AwF9 – Planungsfreigabe 41
AwF16 – Änderungsmanagement bei Planungsänderungen 42
4.4 Kommunikation & Simulation 43
AwF3 – Visualisierung 43
Enscape - Echtzeitvisualisierung 43
Virtual Reality 45
Augmented Reality 45
AwF4 – Bemessung und Nachweisführung 47
SolarComputer -Gebäudetechnikberechnungen 47
Insight360 & Flow Design - Simulationen 49
Computerspiel-Engines 50

4.5 Kosten 51
AwF10 – Kostenschätzung und Kostenberechnung 51
BuildingOne - Datenbankanbindung 52
AwF11 – Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe 53
AwF17 - Abrechnung von Bauleistungen 54
4.6 Bau 55
AwF8 – Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung 56
Smartvid.io – Intelligente Bilderkennung 56
AwF12 – Terminplanung der Ausführung 57
Navisworks – Model Viewer 57
AwF13 – Logistikplanung 59
AwF15 – Baufortschrittskontrolle 59
AwF18 – Mängelmanagement 60
Gbuilder – Digitaler Immobilienkauf 60
4.7 Betrieb 63
AwF20 – Nutzung für Betrieb und Erhaltung 64
5 BIM – Resümee 66
5.1 Resümee zum durchgeführten Prozess 67
5.2 BIM-Implementierungs-Szenarien 69
Stufenplan Schweiz- Ein praktischer Ansatz zu BIM 69
5.3 Einstieg – little bim 73
5.4 Aufbruch – BIG BIM 75

6 Zitate zu BIM 78
6.1 Voraussetzungen für Einstieg in digitale Planung 79
6.2 Vorteile digitaler Planung 80
6.3 Nachteile von digitaler Planung 82
6.4 Nutzen von digitaler Planung 84
6.5 Aufwände beim Umstieg auf digitale Planung 86
6.6 Chancen der Digitalisierung 87
6.7 Risiken der Digitalisierung 89
7 Ausblick 91
7.1 BIMspot – Österreichische BIM-Plattform 92
7.2 Industrielle Vorfertigung 93
7.3 Baustellen Roboter 96
7.4 Blockchain der Kreislauf-Gebäudeinformations-Dinge für ein globales Ressourcenmanagement 98
7.5 Future by Design – Gaming Technologien für Gebäude 100
7.6 The Venus Project - Jaques Fresco und seine Utopie der ressourcen-basierten Wirtschaft 103
7.7 Höchstleistung –FUTURE_bIm_lvl4.eXe 105
8 Abkürzungsverzeichnis 109
9 Literaturverzeichnis 110
10 Webquellenverzeichnis 112
11 Abbildungsverzeichnis 114
12 Anhang 117
Anhang A – Begriffserklärungen 117
Anhang B – Detaillierte Beschreibung der Anwendungsfälle aus Stufenplan BIM4Infra 122

1 Kurzfassung

1.1 Deutsch

Diese Arbeit befasst sich mit der Arbeitsmethode Building Information Modeling, wobei es darum geht einen durchgängigen BIM-Prozess für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu durchlaufen. In einer prototypischen Fallstudie eines Einfamilienhauses wird der Prozess durchleuchtet und auf die Praxistauglichkeit überprüft. Dazu wurde wegen der Schnittstellen Problematik die umfangreiche und technisch fortschrittliche Produktpalette von Autodesk verwendet. Bei dem Beispiel handelt es sich um einen closedBIM-Prozess, jedoch ist es durch die IFC-Schnittstelle möglich, diese in openBIM zu überführen.

Die Einleitung bildet eine kurze Einführung in BIM mit einer rechtlichen Betrachtung in Bezug auf den Bauprozess und die HOIA. Auch die verwendete Software und die Grundlagen des Prozesses werden erklärt.

Die Arbeit stützt sich, mit Fokus auf Hochbau statt Infrastruktur, auf die 20 von der deutschen BIM4INFRA-Arbeitsgruppe erarbeiteten BIM-Anwendungsfälle (AwF) auf die einzeln eingegangen wird. Ein Kapitel befasst sich mit der Theorie des virtuellen Projektraums in der Cloud als zentrale Plattform für Daten und Kommunikation, während Planung und Bau. Spezielle Software und Technologien, die bei vielen AwF nötig sind, werden beschrieben, dabei werden der Funktionsumfang und die Schnittstellen diskutiert.

Es war möglich alle AwF praktisch durchzuführen, wobei die Kosten und die Überführung der BIM-Daten in das Facility Management nur theoretisch betrachtet wurden.

Autodesk Revit ist als BIM-Modellier-Software das zentrale Werkzeug im Prozess, da es zum Erstellen der Gebäudemodelle verwendet wird. Das andere wichtige Glied im BIM-Prozess ist die Plattform BIM360 als universeller und virtueller Projektraum für ein multidisziplinäres Bauteam.

Erst wenn es gelingt, dass alle Menschen, die am Schaffen eines Gebäudes beteiligt sind in einem kooperativen Prozess zusammenarbeiten, ist es möglich nachhaltige und auf den Nutzerkomfort optimierte Gebäude zu bauen.

Obwohl Autodesk eine praxistaugliche Werkzeugpalette anbietet und der einzige Anbieter am Markt ist, der bereits relativ ausgereifte Produkte für alle Disziplinen am Markt hat, wäre es in Zukunft wünschenswert, dass dieselbe Funktionalität von OpenSource Anwendungen abgebildet wird, um einer Monopolstellung und der Datenhoheit von Konzernen vorzubeugen.

In den letzten Kapiteln werden der Prozess und die Rückschlüsse daraus zusammengefasst und in einer kurzen Übersicht auf zukünftige Trends im Bausektor eingegangen. Durch BIM in Kombination mit diesen Technologien wird es, nach dem Vorbild der Industie4.0, zu einer umfassenden Digitalisierung im Bausektor kommen. Bald werden die Entwickler und Betreiber von Immobilien die Vorteile von BIM erkennen und jede Planung wird als Digitaler Zwilling im virtuellen Projektraum ausgeführt.

1.2 Englisch

This paper deals with building information modeling as an innovative work method with the aim of creating a continuous workflow over the whole lifecycle of a building. A single-family home was used as a prototypical case study for the process in a practical workflow. The usability of tools was tested, and the interoperability discussed. Because of the known problems in the interoperability between software tools, the various advance products of Autodesk are used in a closedBIM process. With the possibility of an IFC-output, it is possible to participate with the same principles in a openBIM process.

The beginning is a short introduction to BIM with a basic view on the legal aspects of BIM during Planning and Building in combination with the HOAI (German Fee Regulation for Engineers and Architects). The next step is an introduction in the used software tools and a brief process description.

The base of the work are the 20 BIM-application-scenarios of the German BIM4Infra task force, but the focus is instead on infrastructure on the building construction and every scenario is discussed in a single chapter. One chapter explains the concept of the virtual project room as “single point of truth” for planning and construction. Special software tools and technologies, needed for some of the scenarios, have also a chapter on their own.

It was possible to combine all BIM-application-scenarios in a practical workflow for building construction. The costs and the data transfer to facility management are only discussed theoretically.

Autodesk Revit as powerful BIM-modelling-software is the central tool to produce the digital building model. The other important link in the process is the platform BIM360 as universal and virtual project room for an interdisciplinary planning team.

Only when all people who participate in the creation of a building work together in a cooperative process, it is possible to create sustainable and for user comfort optimized buildings.

Although Autodesk offers a practical toolset of software for all disciplines participating in the construction process, it would be desirable to have open source software tools with the same functionality in the future. This reduces the risk of a monopoly of a software company and secures data sovereignty.

The last chapters summarize the whole process and gives a brief conclusion about the given and future technology trends in the construction industry. BIM in combination with these evolving technologies are the tools and drivers of the digitalization of the building industry and are going to disrupt the business, as shown in manufacturing with Industry 4.0 as role model. Soon building developers and operators will discover the advantages of BIM as a cost saving tool and every building will be created as digital twin in the virtual project room.

2 Was ist BIM?

„Unter Building Information Modeling wird in der Baubranche ein innovativer interdisziplinärer Arbeitsprozess verstanden, welcher die Bauwerksphasen Planung, Bauen und Betreiben von Gebäuden und Infrastrukturmaßnahmen umfasst. Die Basis bildet ein allen zugängliches digitales Bauwerksmodell.

Dieses Bauwerksmodell ist eine komplexe Datenbank, die sowohl geometrische Informationen als auch nicht grafische Daten enthält."[1]

Allgemein kann BIM als Werkzeug für die Digitalisierung des Bauwesens gesehen werden und ermöglicht erst eine ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtung eines Bauwerks bereits während der Planungsphase, was folgende Chancen, für die Planungsphase eröffnet:[2]

- **Kommunikation & Zusammenarbeit**

Die Erstellung eines digitalen Zwillings erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten im Sinne des integralen Planungsansatzes. Moderne Cloud-Plattformen ermöglichen eine einfache Kommunikation zur Lösung von Konflikten und Problemen während des Bauprozesses und ermöglichen eine papierlose Baustelle.

- **Durchgängige Datenkette über den Lebenszyklus**

Der größte Vorteil der BIM-Arbeitsweise ist die Möglichkeit, die eingegebenen Daten nachhaltig über den gesamten Lebenszyklus von Planung, Bau & Bewirtschaftung zu nutzen und je nach Anforderung den Informationsgehalt zu erhöhen. Diese systematische Vorgehensweise ermöglicht ein einfacheres Controlling mit verbesserter Nachweisführung und erhöht durch integrierte Baudokumentation die Transparenz unter den Projektbeteiligten. Alle projektrelevanten Daten müssen zentral in einer Datenbank gesammelt werden. Die gesammelten ungefilterten Daten müssen dann mit intelligenten Datenalgorithmen den Projektbeteiligten je nach Bedarf zur Verfügung gestellt werden. Das Ziel ist dabei die Erstellung eines As-Build Models, welches dann für den Betrieb des Gebäudes weiterverwendet wird.

[1] Vgl. (Goger, 2018), S.22
[2] Vgl. (Goger, 2018), S.102

- **Visualisierung und Gebäudesimulation**

Die virtuelle Nachbildung eines Gebäudes ermöglicht neben einer dreidimensionalen Visualisierung auch die Simulation verschiedener Projektvarianten in Bezug auf ökologische, ökonomische und soziale Faktoren. Auch die Kommunikation über ein Bild ist einfacher und unmissverständlicher als die Kommunikation mit klassischen Plandarstellungen oder Skizzen. Bei Bauherren können durch die dreidimensionale Darstellung Entscheidungen eingefordert werden, damit später keine Umplanungen notwendig sind. Auch Lebenszykluskosten können aus dem Modell durch automatisierte Prozesse abgeleitet und standardisiert geprüft werden.

- **Prüf- und Analysesoftware**

Neben der bekannten Kollisionsprüfung kann in Zukunft durch den Nutzen von BIM-Prozessen, wahrscheinlich in Kombination mit „Machine Learning“, eine Modellprüfung anhand vieler Normen automatisch erfolgen, angefangen bei geometrischen Beziehungen wie z.B. Fluchtwegbegrenzungen oder Wendekreise für Barrierefreiheit in Bädern, wo dies bereits möglich ist. Durch Bilderkennungs-Technologie kann bereits heute die Baustellensicherheit automatisch überwacht werden.

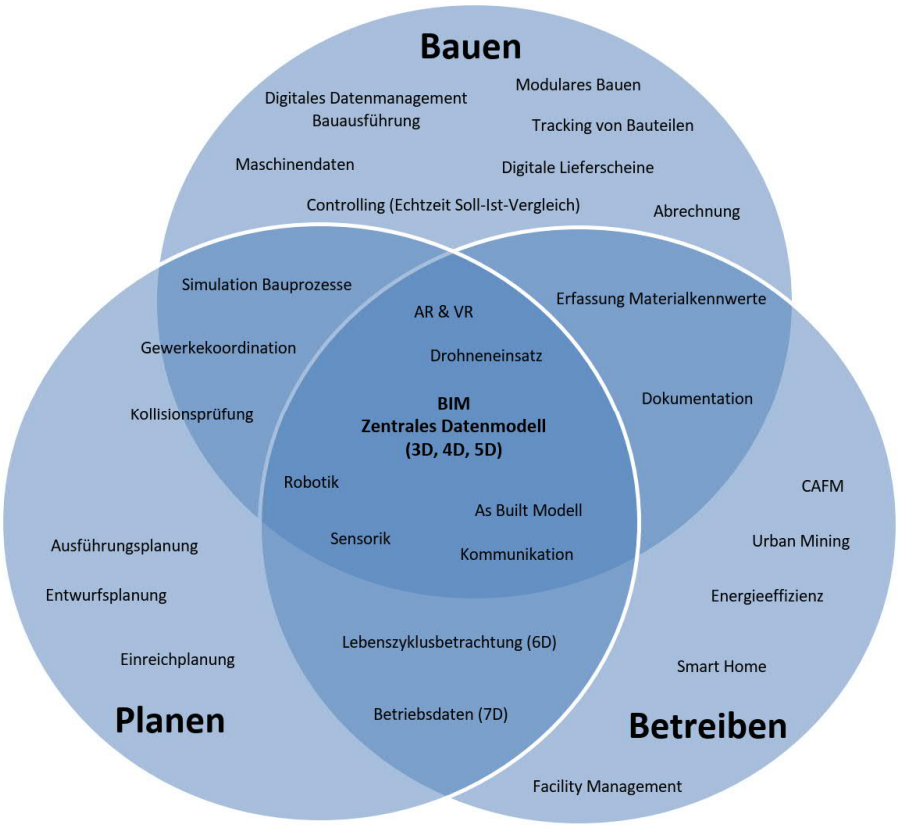


Abbildung 1 - Digitales Bauprojekt in den Phasen Planen, Bauen, Betreiben[3]

[3] (Goger, 2018, S. 36)

2.1 Warum BIM?

Global gesehen ist die Baubranche mit ihrer herkömmlichen Bauweise für 30-40% des heutigen Ressourcen- und Energieverbrauchs und 40% des momentanen Abfallaufkommens und CO^2 Ausstoßes verantwortlich. Daraus resultiert, dass gerade im Bausektor großer Handlungsbedarf in Bezug auf Effizienz besteht. Dabei ist es wichtig Rohstoffkreisläufe nach dem Cradle-to-Cradle Prinzip zu schließen und den Ressourcenbedarf im Gebäudebetrieb mit einer frühzeitigen Lebenszyklusbetrachtung zu optimieren.[4]

Trotz der technologischen Entwicklung in der Industrie, mit dem Vorzeigebeispiel Fahrzeugbau, ist es in der Baubranche nicht gelungen die traditionell verankerten Prozesse zu verbessern. Im Gegenteil ist die Qualität in der Herstellung und die Güte der verwendeten Materialen wegen zunehmendem Zeit- und Gelddruck gesunken. Unter diesem Druck bekommt auch der dringend erforderliche technologische Entwicklungsprozess keine Luft und er stagniert. Die Praxis ist, dass bevor eine Planung abgeschlossen ist, bereits die ersten Baumaschinen mit dem Aushub beginnen, insofern das Tiefbau Unternehmen gerade freie Kapazität zur Verfügung hat und die Planung ist gezwungen „rollend" mit der Baustelle zu verlaufen. Der Handwerker auf der Baustelle muss darauf reagieren und durch Unvorhergesehenes entstehen Terminverzögerungen und damit verbundene Kosten. Auch viele der verwendeten Handwerkzeuge und Verfahren sind oft noch auf dem Stand, wie sie bereits vor hunderten Jahren waren und der Handwerkssektor ist, abgesehen von einigen Ausnahmen, wegen der alten Strukturen nicht sehr innovativ. Auch die Planung wurde durch die Vernetzung und die damit verbundene Freiheit Daten einfach über E-Mail zu versenden nicht effektiver, da durch den schnellen Versand von Daten die Anzahl der übermittelten Planstände ansteigt. Dies erhöht den Aufwand für die Koordination und die Gefahr an verschiedenen Planständen zu arbeiten. Jedes Gebäude wird als individueller Prototyp geplant, dessen Werkleistung hauptsächlich auf der Baustelle erbracht wird und wofür unglaubliche energetische, zeitliche und materielle Ressourcen verbraucht werden. Damit Bauen effektiver wird, bedarf es nach dem Vorbild einiger innovativer Unternehmen in der Holzindustrie, neuer Überlegungen, wie beispielsweise einen Großteil der Bautätigkeit in Werkhallen zu verlegen und dabei Teilprozesse zu automatisieren. Auf der Baustelle werden dann die einzelnen vorproduzierten Bauelemente im Baukastenprinzip in kurzer Montagezeit zum fertigen Gebäude zusammengesetzt. [5]

[4] Vgl. (Tautschnig, BIM in der Wertschöpfungskette Bau: Die Digitalisierung des Bauprozesses und der damit verbundene Wandel, 2017, S. 97)
[5] Vgl. (Tautschnig, BIM in der Wertschöpfungskette Bau: Die Digitalisierung des Bauprozesses und der damit verbundene Wandel, 2017, S. 99)

In Zukunft werden wir uns vom bisherigen Bauprozess verabschieden und baubegleitende Planung und die damit verbunden Probleme werden der Vergangenheit angehören. Dafür nimmt der Anspruch an den Architekten im Vorfeld der Planung soziokulturell, städtebaulich und planerisch zu und BIM bietet die Möglichkeit durch die Übernahme der Rolle des BIM-Koordinators das Leistungsspektrum zu erweitern. Durch kollaborative Projektzusammenarbeit werden sich neue oft unerwartete Projektkonstellationen entwickeln, welche nach dem Uber-Prinzip neuen Wind in den eingestaubten Bausektor bringen werden.[6]

Abbildung 2 - Nutzen für öffentliche Akteure laus EUBIMtaskgroup[7]

[6] Vgl. (Tautschnig, BIM in der Wertschöpfungskette Bau: Die Digitalisierung des Bauprozesses und der damit verbundene Wandel, 2017, S. 101)
[7] (EUBIMtaskgroup , 2018, S. 19)

2.2 BIM & Recht – geht das?

„Durch die Umsetzung von BIM wird die Rechtsnatur der Projektmanagement-, Planungs- und Bauleistungsverträge als Werkverträge im Wesentlichen nicht verändert. Gleiches gilt für das Zusammenspiel der an der Planung und Errichtung Beteiligten, was allerdings zeitlich früher als bisher einsetzen und in diesem Stadium noch weitgehend virtuell sein wird und daher gerade Herausforderungen im Bereich der Koordination und Dokumentation nach sich ziehen wird.
Mehr als bisher wird klar zu regeln sein, wer, was, wann und mit welchem Level of Detail bzw. Level of Information zu liefern hat.
Übereinstimmend wird die Position eines BIM-Managers als wichtig empfunden, der in der Planungsphase unter Umständen noch mit dem Generalplaner ident sein könnte, aber vorzugsweise vom Bauherrn getrennt bestellt werden sollte, um spätere Interessenskonflikte zwischen Generalplaner und Bauausführung zu vermeiden. Der BIM-Manager wäre im Bereich der Projektsteuerung anzusiedeln und sollte zweckmäßigerweise die Qualifikationen eines Generalplaners aufweisen. Genauer Umfang der Tätigkeit und Haftung des BIM-Managers werden sorgfältig zu regeln sein.
Übereinstimmend wird auch festgehalten, dass BIM eine vermehrte Zusammenarbeit zwischen Recht, Planung und Technik erfordern wird, vor allem in der Anfangsphase der Umsetzung."[8]

Die rechtliche Grundlage für eine kollaborative Projektzusammenarbeit mit BIM kann über Mehrparteien-Allianzverträge geschaffen werden. Dabei steht die Zusammenarbeit und der zwingende Austausch und Abgleich von Projektdaten auf einer Datenplattform im Mittelpunkt. Das Ziel ist die Erarbeitung eines 1:1 Abbildes des späteren Bauwerkes, einem sogenannten Digitalen Zwilling im Sinne eines Werkvertrages.[9]
Am Anfang von einem Projekt verständigen sich alle Projektbeteiligten auf eine kooperative Zusammenarbeit mit dem Ziel eines gemeinsamen Bauerfolgs. Nach den Bedarfsvorgaben des Bauherren werden gemeinsame Ziele definiert und durch eine virtuelle Planung die erforderlichen baulichen Leistungen festgelegt. Dazu muss vom gesamten Projektteam eine koordinierte und auf Kosten und Zeit optimierte Planung mit BIM-Tools als 5D-Modell erstellt und daraus die Leistungsbeschreibungen abgeleitet werden. Ist die Planung grundlegend abgeschlossen, wird in einer zweiten Stufe die Auftragsvergabe an die ausführenden Firmen durchgeführt. Oft macht es jedoch Sinn Industriepartner in der Zulieferkette bereits in der Planung in das Projektteam aufzunehmen, um die praktischen Erfahrungen zur Verbesserung der Planung heranzuziehen.[10]
Vor Beginn der Planung müssen klare BIM-Ziele und -Anforderungen festgelegt und in den Auftraggeber-Information-Anforderungen (AIA) und im BIM-Abwicklungsplan (BAP) festgehalten werden. In den AIA werden vom Auftraggeber die Ziele und Anforderungen zum digitalen Bauen projektspezifisch festgelegt, er definiert somit die BIM-Ziele des Projektes.

[8] (Goger, 2018, S. 11)
[9] Vgl. (Eschenbruch, 2016, S. 304)
[10] Vgl. (Eschenbruch, 2016, S. 300)

Abbildung 3 – Zielformulierung und BIM-Projekt[11]

Im BAP werden diese in einen technischen Prozess übersetzt und die Verantwortlichkeit der Projektbeteiligten in einer Rechte Matrix festgehalten und die geforderte Qualität der Daten in Bezug auf Level of Detail und Level of Information bestimmt. Dabei werden die erforderlichen Prozesse so gut es geht definiert und dabei die verwendeten Softwaretools, Datenaustausch-Prozesse und die Häufigkeit der Koordination von Teilmodellen festgelegt. Wenn beim Bauherrn eine hohe BIM-Kompetenz vorhanden ist und in den AIA auch die Prozesse definiert werden, kann die Erstellung des BAP entfallen.

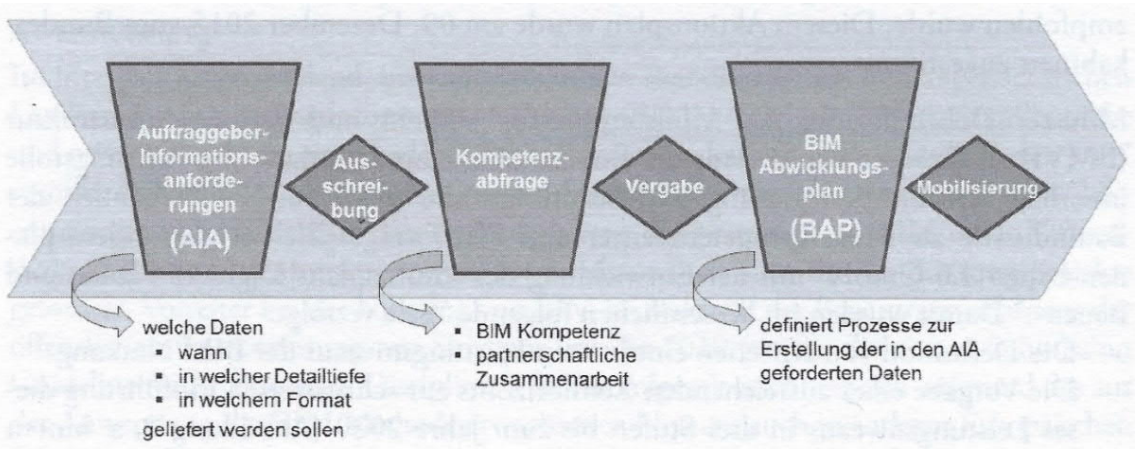


Abbildung 4 - Teilprozesse zu Spezifikation von BIM Datenanforderungen im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe[12]

In den BIM-Vertragsbedingungen (BIM-BVB) werden die in der BIM-Methode zu regelnden Rechte und Pflichten zwischen den Parteien festgelegt. Dabei verweisen diese auf die AIA oder BAP, um die Verantwortung und Qualität des zu liefernden Modells rechtlich festzuhalten.

Die BIM-Leistungen gesondert vom Werkvertrag darzustellen macht aus juristischer Seite wegen der besseren Übersicht und der Sammlung der zu regelnden Besonderheiten in einem gesonderten Dokument Sinn. Rechtlich sind die BIM-BVB mit Allgemeinen Geschäftsbedingungen gleichzusetzen. Diese müssen, um rechtlich gültig zu sein, bei sämtlichen Verträgen mit allen Planungs- und Baubeteiligten des vertragsgegenständlichen Bauprojektes verwendet werden.[13]

[11] (SIA, 2017, S. 18)
[12] (Eschenbruch, 2016, S.346)
[13] Vgl. (Eschenbruch, 2016, S. 90)

Im Ergebnis geht es darum den Vertrag so wenig wie möglich nachsteuern zu müssen, d.h. alle planungsrelevanten Fragen wurden bereits im Vorfeld zum Bau mit Hilfe des 5D-Gebäudemodelles geklärt. So werden nicht nur Kollisionen frühzeitig erkannt und können ohne nennenswerten Aufwand behoben werden, sondern Änderungen in der Planung spielen keine große Rolle mehr, da die Auswirkungen in Bezug auf Qualität, Kosten und Termine sofort sichtbar sind und eine günstigere Lösung gesucht werden kann.

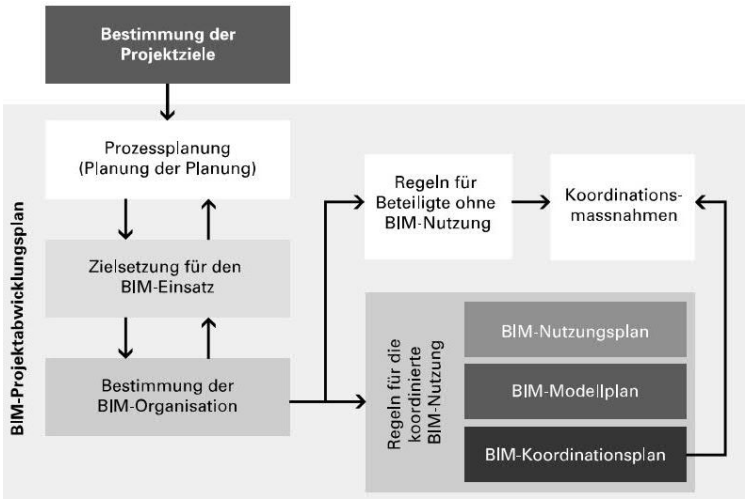


Abbildung 5 - BIM-Abwicklungsplan, Abhängigkeiten und Bestandteile[14]

Qualitätssicherung, Prozesssteuerung und Controlling werden zu einem virtuellen Prozess und so sind alle erforderlichen Daten transparent und nachvollziehbar für das gesamte Projektteam verfügbar. Dies geschieht in einem sogenannten „project room" und moderne Softwarewerkzeuge ermöglichen es einen virtuellen Raum für die Zusammenarbeit zu schaffen, so dass die verschiedenen Projektbeteiligten auch ohne sich wöchentlich zu treffen über diese Plattform kommunizieren und die Planung abschließen können. Dabei ist es wichtig, vor allem um eine Datenflut zu vermeiden, genaue "BIM-Spielregeln" festzulegen und deshalb wird der BIM-Manager in der Zukunft zur Steuerung dieses Prozesses eine zentrale Rolle im Bauprozess einnehmen.[15]

Folgendes Zitat aus dem AHO Heft Nr. 11 „ Leistungen Building Information Modeling – Die BIM-Methode im Planungsprozess der HOAI" vom Januar 2019, bestätigt die rechtliche Vereinbarkeit der BIM-Methode und der Planung von Gebäuden nach HOAI:

„Eine wichtige Erkenntnis beim Zusammentragen der Fakten war es, den Prozess in den Leistungsbildern der HOAI als methodenfrei zu verstehen und anzuwenden. Der Übergang zur Digitalisierung der Planungsabwicklung erfordert eine noch präzisere Zuordnung von Rollen und Rechten sowie die zentrale Bereitstellung aller notwendigen Informationen.

Der Bauherr ist verpflichtet, durch ein klares Management in der Projektvorbereitung seine Ziele, Grundlagen und Informationsanforderungen vor dem eigentlichen Planungsbeginn in den AIA bekannt zu geben. Das Planungsteam verpflichtet sich zu Beginn der Planungsarbeit auf Basis des BAP, die Vorgaben der AIA zu erfüllen. Bei neuen Erkenntnissen während der planerischen Entwicklung des Projekts werden die AIA und der BAP im gegenseitigen Einvernehmen ergänzt. Vorgezogene Leistungen kann es nicht geben, da für ihre Erbringung der Detailierungsgrad fehlt."[16]

[14] (SIA, 2017, S. 23)
[15] Vgl. (Eschenbruch, 2016, S. 306)
[16] (Honorarordnung, 2019)

2.3 Welche BIM-Software?

Es gibt auf dem Markt eine Vielzahl verschiedener BIM-Tools für das Bauwesen und es drängen stetig neue Entwicklungen auf den Markt. Laut der Umfrage der Universität Innsbruck sieht die Verteilung bei der Planungssoftware in Österreich wie folgt aus:

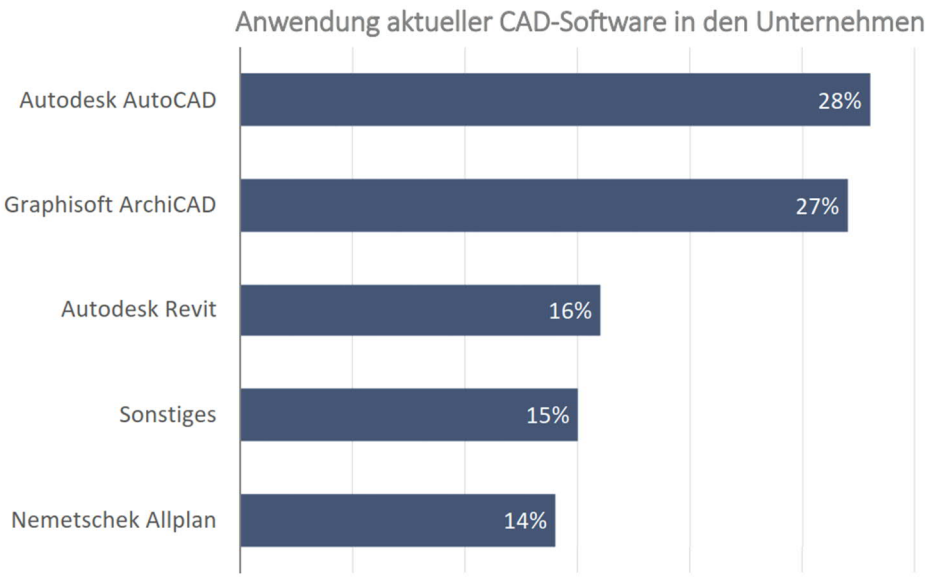


Abbildung 6 - Derzeit verwendete CAD-Software in Österreich[17]

Somit ist AutoCAD das am häufigsten genutzte CAD-Tool, welches mit Erweiterungen auch eine BIM-fähige Planung ermöglicht. Unter den Architekten ist das darauf spezialisierte Tool ArchiCad sehr beliebt, aber auch Allplan ist oft im Einsatz. Mit Sofistik für die Statik Planung und Linear für die Haustechnik gibt es spezialisierte und effiziente Tools auf Revit basierend und sie werden deswegen in diesen Sparten oft eingesetzt, wobei auch immer mehr Architekten in Österreich Revit benutzen.

2.3.1 Autodesk Revit – ein closedBIM-Ansatz

Autodesk Revit als BIM-Tool ermöglicht es sämtliche Gewerke im Hochbau mit BIM abzubilden und bietet eine Vielzahl von Schnittstellen, z.B. zu Dynamo als innovative visuelle Programmierplattform zur Prozessautomatisierung. Revit ist weltweit als Marktführer anzusehen, da es keine öffentlichen Daten zur Verbreitung von Autodesk gibt, soll folgende Darstellung des Suchverlaufes bis 15.01.2019 bei Google den Trend zu Revit aufzeigen. Anhand der nach den häufigsten Suchanfragen im jeweiligen Land aufgeschlüsselten Weltkarte ist zu erkennen, dass ArchiCad in Mitteleuropa und Russland häufig bei Google gesucht wird und deswegen ist dort von einer tendenziell höheren Marktdurchdringung auszugehen.

[17] . (Tautschnig, Österreichischer BIM-Bericht 2017 - Repräsentative Umfrage in österreichischen Unternehmen zu Nutzen und Chancen von BIM, 2017, S. 22),

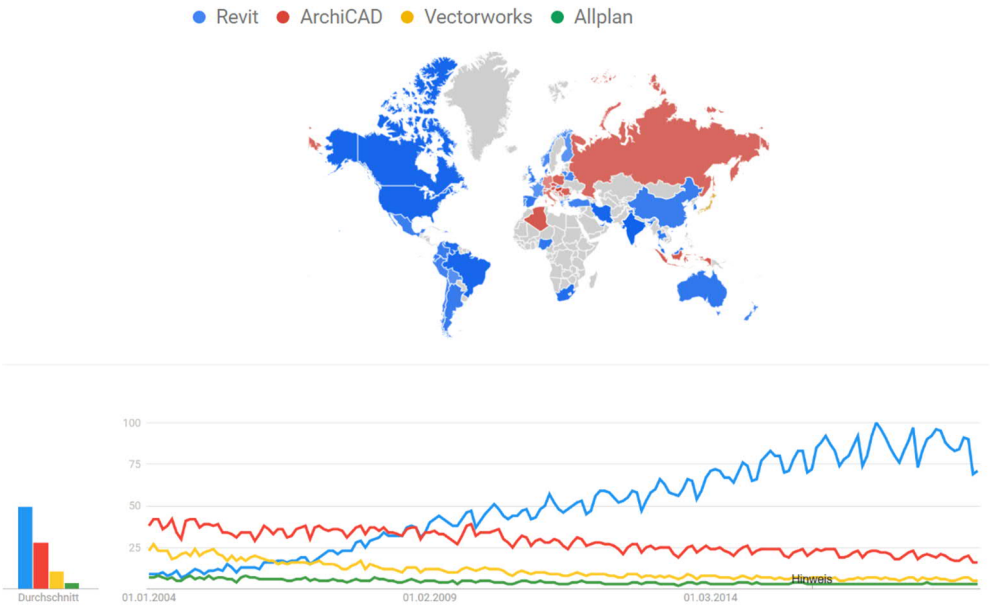


Abbildung 7 - Google Trend Suchverlauf seit 2004 für Allplan, ArchiCad, Revit & Vectorworks[18]

Revit war ein Startup Unternehmen, welches 2002 von Autodesk aufgekauft wurde und deshalb im Gegensatz zu CAD auf einer neuen Umgebung mit einer objektorientieren Datenbank basiert. Revit besteht grundsätzlich aus den Bereichen: Architektur, Haustechnik, Ingenieurbau und kann mit Addons, oft von externen Herstellern im Funktionsumfang erweitert werden, was Revit zu einem mächtigen Planungswerkzeug macht. [19]

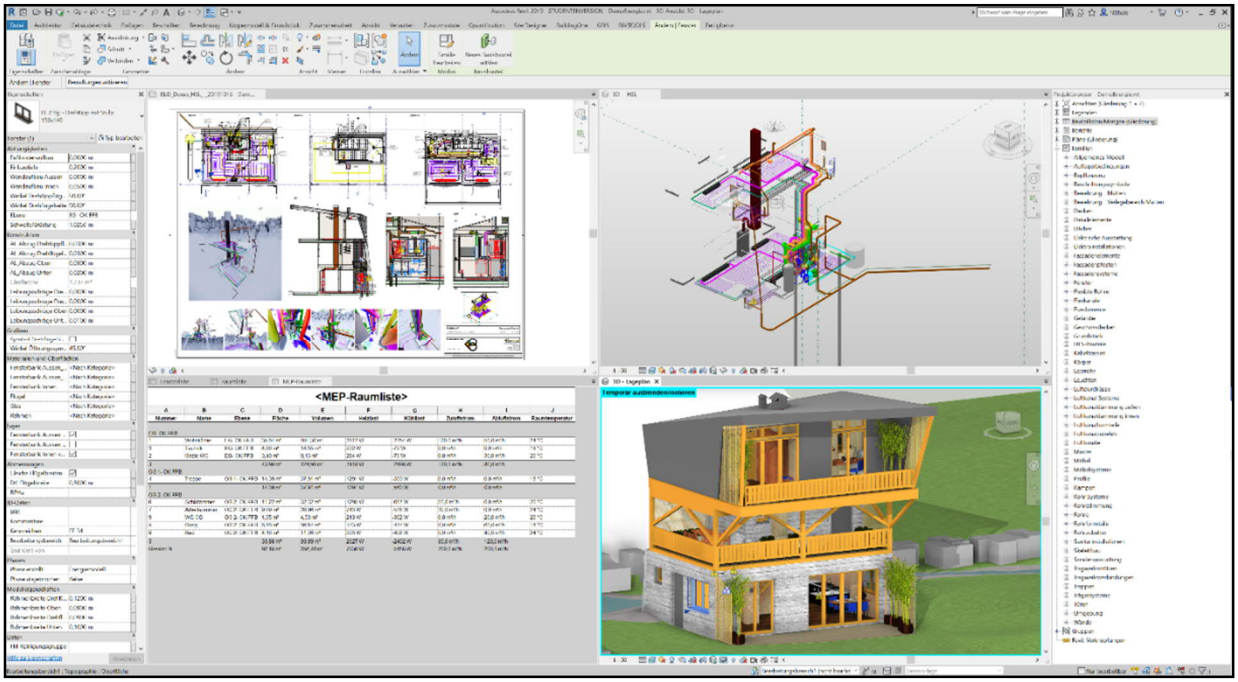


Abbildung 8 - Screenshot Benutzeroberfläche Revit 2019[20]

[18] (Google, 2019), Stand 15.01.2019
[19] Vgl. (Eastman, 2011, S. 77),
[20] eigene Darstellung

Das Benutzerinterface ist relativ einfach aufgebaut und nach einer kurzen Einstiegsphase mit den Hilfefunktionen, wo kurze Videos zur Erklärung eingespielt werden, einfach verständlich. Viele der grundlegenden Bearbeitungstools sind ähnlich wie in AutoCAD, welches das am weitesten verbreitete CAD-Tool ist und erleichtern so einen Umstieg. Aus dem 3D-Modell werden sämtliche Ansichten, Grundrisse und Schnitte abgeleitet und Änderungen werden in allen Ansichten automatisch nachgeführt und somit Fehler durch Inkonsistenz in den Plänen ausgeschlossen. Aus dem Modell können auch Bauteillisten mit Mengen abgeleitet werden und Änderungen wirken sich bidirektional auf das Modell aus.

Seit 2018 sind aktualisierte Bauteilbibliotheken für den deutschsprachigen Raum verfügbar, die einen Großteil der praktischen Planungsfälle abdecken und den Bedarf an benutzerdefinierten Familien mit dem damit verbunden Aufwand für die Erstellung in Grenzen hält.

Die Stärke von Revit ist die Vielzahl von unterstützten Dateiformaten, dazu gehören: DWG, DXF, DGN, SAT, DWF/DWFx, ADSK, html, FBX, gbXML, IFC and ODBC.

Die Schwächen von Revit sind der Umgang mit komplexen Freiformen, welche besonders in der Schnittstelle zu anderen Programmen oft Probleme bereiten und die Performance bei großen Projekten, wobei diese sich in den letzten Programmversionen stetig verbessert hat.

Es gibt die Möglichkeit ein Zentralmodell eines Projektes zu erstellen und so können mehrere Personen online am selben Modell arbeiten. Ein weiterer großer Vorteil von Revit ist die Vielzahl an Cloud Services, welche Autodesk zur Verfügung stellt.
Seit 2018 ist BIM360 in Europa auf dem Markt und damit die erste Gewerk- und phasenübergreifende BIM-Plattform für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.

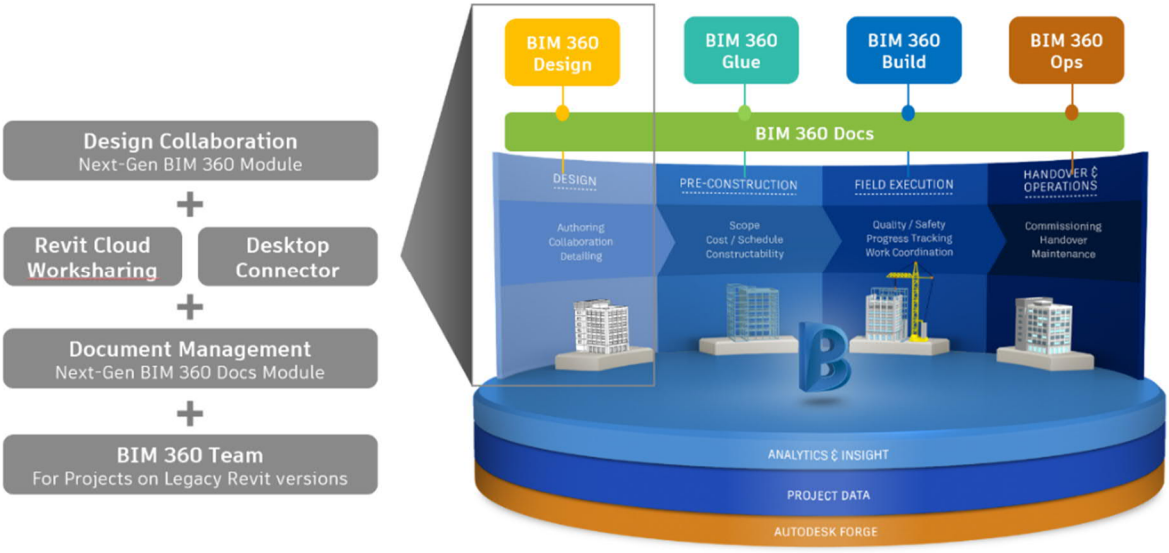


Abbildung 9 - BIM360 Übersicht Produktübersicht[21]

[21] (Autodesk, 2019)

2.3.2 **BIM360 – Ein virtueller Projektraum**[22]

Hinter jedem gescheiterten Bauprojekt steckt oft ein Bruch in der Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten und deshalb entstehen Konflikte. So wird auf der Baustelle oft mit veralteten Plänen gearbeitet und durch unerwartete Planungsfehler entstehen Verzögerungen verbunden mit Kosten und unnötigem materiellen Ressourcenverbrauch.

Nicht aktualisierte Projekträume, schlechte Kommunikation im Planungsteam und keine Einsicht in bedeutende Kennzahlen zum Gebäude verursachen oft Probleme und führen in vielen Fällen zu komplizierten Rechtstreitigkeiten, wo es darum geht, den Verursacher von Fehlern und die damit verbundene finanzielle Haftung festzustellen.

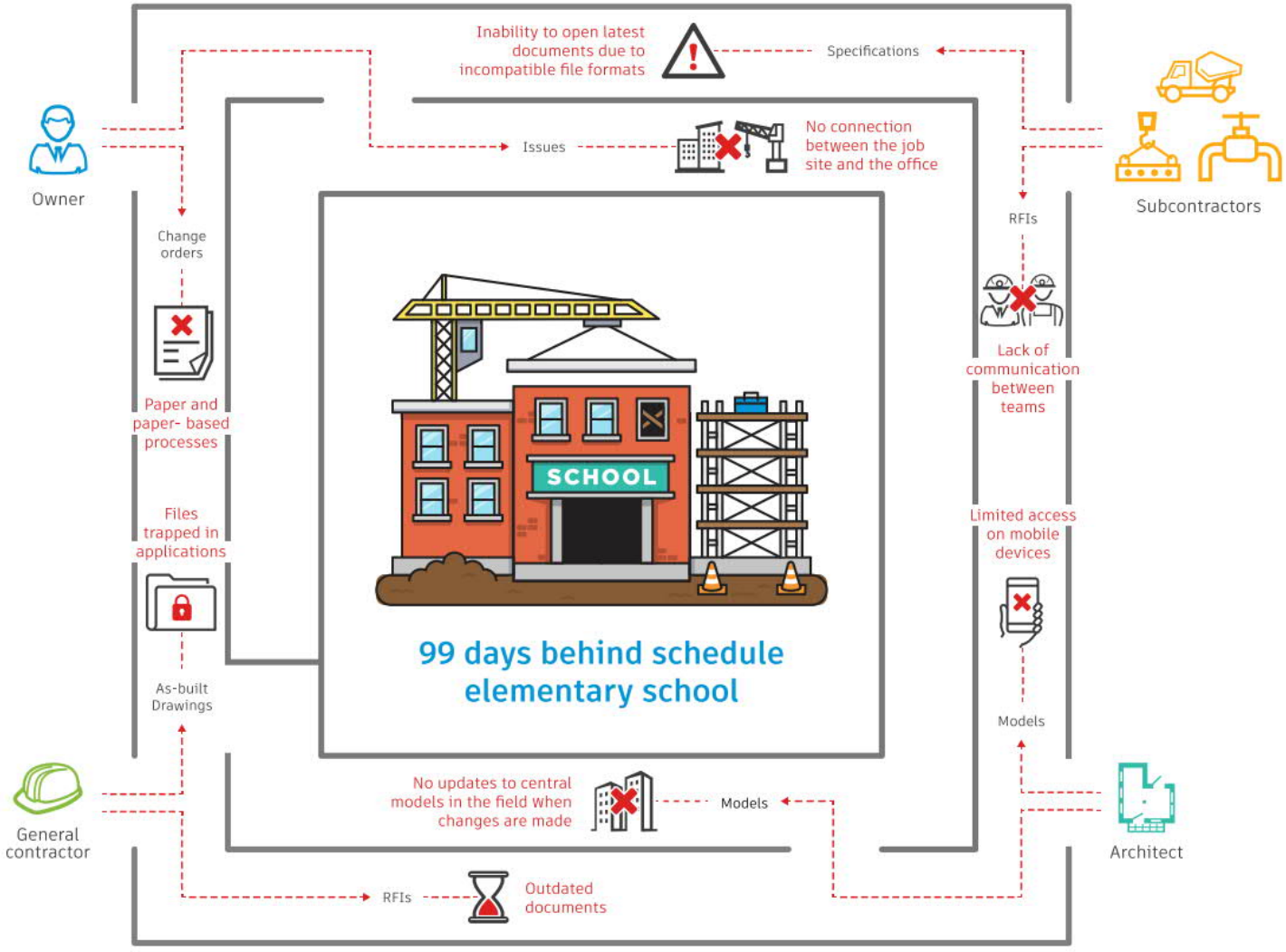


Abbildung 10 - Heutige Baustelle mit fehlender Kommunikation zwischen Projektbeteiligten[23]

Der Informationsfluss auf Baustellen ist für den Bauleiter sehr schwierig und zeitaufwendig zu verwalten. Besonders problematisch sind die unterschiedlichen Medien der Datenübergabe wie Telefon, Fax, E-Mail und Papier und die Verteilung der

[22] Vgl. (Autodesk, 2018)
[23] (Autodesk, 2018, S. 2)

Daten an die Parteien welche sie benötigen. Diese Arbeit wird meistens manuell verrichtet und dabei kann es passieren, dass die Informationen nicht richtig weitergeleitet werden und es so zu einem Informationsbruch und damit zu Problemen auf der Baustelle kommt. Heute werden laut einer Erhebung von Autodesk 63% aller Informationen während der Bauphase in Papierform ausgetauscht und so werden Änderungen durch das Planungsteam nur langsam oder unvollständig mit der Baustelle kommuniziert. 49% der Projektbeteiligten verwenden deswegen E-Mails, um Probleme schnell zu lösen und mit den Ausführenden zu kommunizieren. Durch das manuelle Erstellen von E-Mails ist es später schwierig diese automatisch zu ordnen und wichtige Informationen müssen manuell im Datenspeicher abgelegt werden. Diese können nur schwer maschinell gefiltert und nachvollzogen werden, was es schwierig macht, den Verursacher von Fehlern festzustellen und deshalb in der Praxis oft die Schuld zwischen allen beteiligten Parteien aufgeteilt wird.

Erst wenn es gelingt, die Prozesse auf der Baustelle zu digitalisieren und so eine papierlose Baustelle zu realisieren, können Informationen und deren Verfasser nachvollzogen werden. Da die meisten Softwareprodukte nicht kompatibel zueinander sind oder nur wenn Experten spezielle auf Maß angefertigte Schnittstellen entwickeln, können Daten oft nicht von anderen Projektbeteiligten gelesen werden und die Übermittlung erfolgt auf Papier. Heute arbeiten nur 5,9% der Baufirmen mit integrierten Prozessen auf der Baustelle und wichtige Informationen gehen in der Papierflut verloren. Deswegen ist es notwendig, einen virtuellen Projektraum zu schaffen, in dem die Daten sicher gelagert und Änderungen aufgezeichnet und nachverfolgt werden können. Die Zugriffsrechte auf die einzelnen Datenpakete müssen über Gruppen zentral geregelt sein, sodass Informationen, die ein spezielles Gewerk auf der Baustelle betreffen, in einem eigenen Ordner abgelegt werden. Bei Änderungen im Projektraum wird eine Mitteilung an alle betroffenen Parteien gesendet und so können Informationen gefiltert übermittelt werden.

Um dies zu bewerkstelligen muss diese Projektplattform, oft auch als „common data platform“ (CDP) bezeichnet, folgende Eigenschaften aufweisen:

- Ein gemeinsamer Projektraum für Projektbeteiligte aller Disziplinen, Unternehmen und Standorte zum kontrollierten Ablegen von Daten
- Kontrollierte Zugriffsrechte auf die gespeicherten Daten
- Ein strukturierter Freigabe Prozess zur Kontrolle der Projektinformationen
- Ein Prozess zum Überwachen und Controlling der Aktivitäten und dem Informationsfluss eines Bauprojektes

Mit BIM360 Docs hat Autodesk ein Dokument Management speziell für das Bauwesen entwickelt, welches in der Lage ist, sämtliche marktüblichen Dateiformate zu verarbeiten, dazu gehören Modelle, Zeichnungen, Dokumentationen, Datenblätter, Verträge, Änderungswünsche, Emails, Zeitpläne, Videos und Fotos.

Die Zugriffsrechte auf sensible Daten können geregelt und Freigabeprozesse mehrstufig definiert werden. Ein virtueller Projektraum mit Verbindung zur Baustelle gewährleistet dass allen Projektbeteiligten immer der aktuelle Stand der Planung vorliegt und fördert kooperatives Arbeiten und innovative Lösungsprozesse.

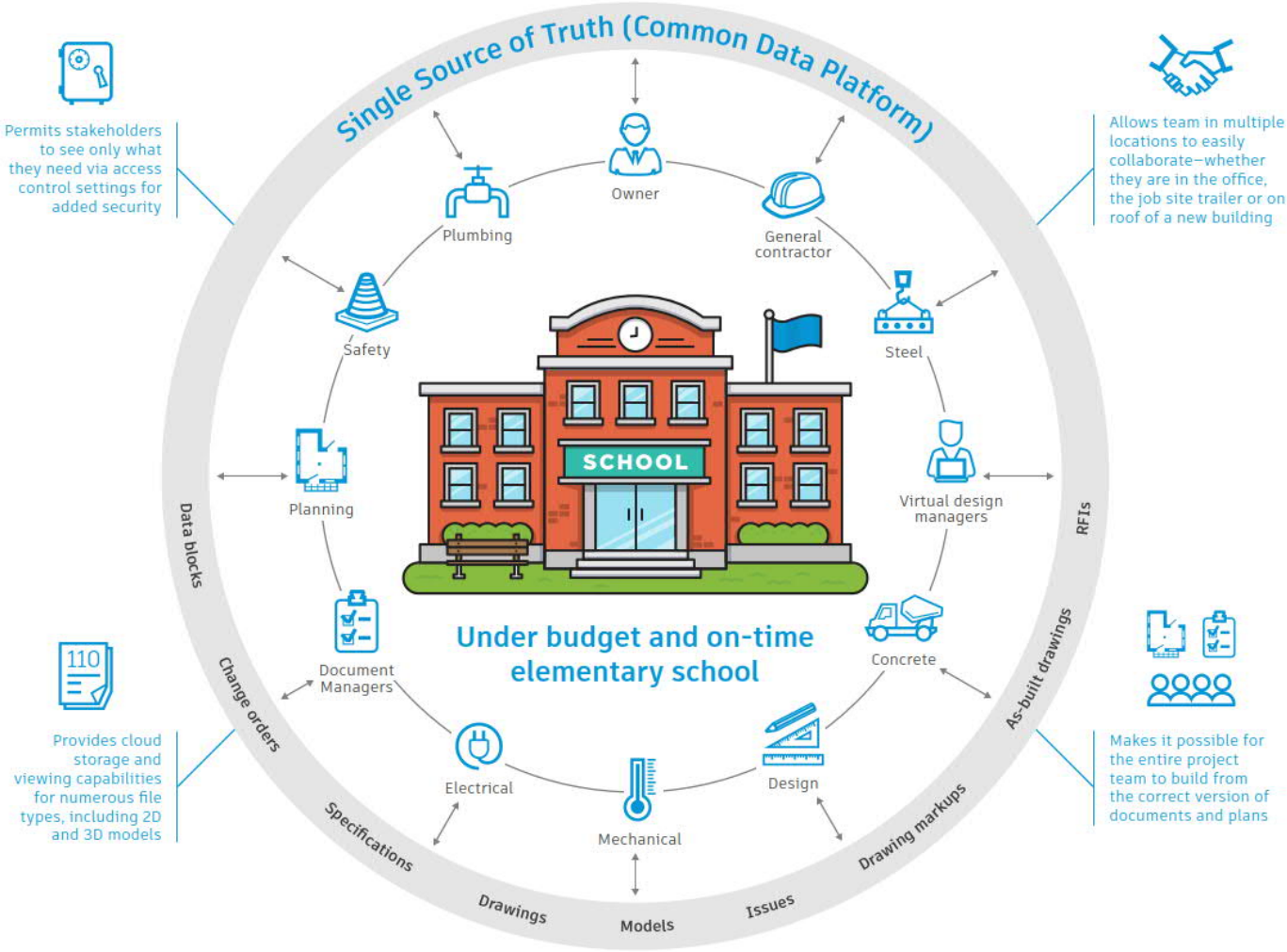


Abbildung 11 - Vernetzte Baustelle mit virtuellen Projektraum[24]

Integrierte Prozesse, die die Akzeptanz bei allen Projektbeteiligen finden, verhindern den Informationsverlust im Laufe eines Projektes, der klassisch vor allem beim Übergang zwischen den verschiedenen Phasen eines Projektes entsteht. Durch die standardisierte Eingabe der Daten in vorgegebenen Formen ist es möglich, verschiedene Projekte miteinander zu vergleichen. Bei Änderungen an einem Dokument können ältere Versionen zum Vergleich aufgerufen werden und jeder im Team kann sehen wer ein Dokument verändert hat. Eine andere wichtige Funktion ist die Möglichkeit des Zugriffs über mobile Endgeräte auf der Baustelle. BIM360Docs ist für Android und iOS verfügbar und es gibt eine webbasierte Version für Webbrowser.

[24] (Autodesk, 2018, S. 5)

3 BIM-Anwendungsfälle

2016 wurde die Arbeitsgemeinschaft BIM4INFRA2020 vom Deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur beauftragt die Grundlagen für den BIM-Stufenplan zu schaffen. Am 17.09.2018 wurde der Bericht „Umsetzung des Stufenplanes „Digitales Planen und Bauen“ mit 20 BIM-Anwendungsfällen (AwF), auf welche sich diese Arbeit stützt, veröffentlicht. Das Ziel dieser Arbeit ist diesen BIM-Prozess anhand eines virtuellen Projektes zu durchlaufen und auf die Machbarkeit und Grenzen der einzelnen Anwendungsfälle zu untersuchen. Da jedes BIM-Projekt unterschiedliche Anforderungen hat und diese je nach Objekttyp und Größe unterschiedlich sind, ist dieser Prozess als beispielhaft zu sehen.

Die genaue Beschreibung der Anwendungsfälle aus dem Stufenplan BIM4Infra sind im Anhang A enthalten.

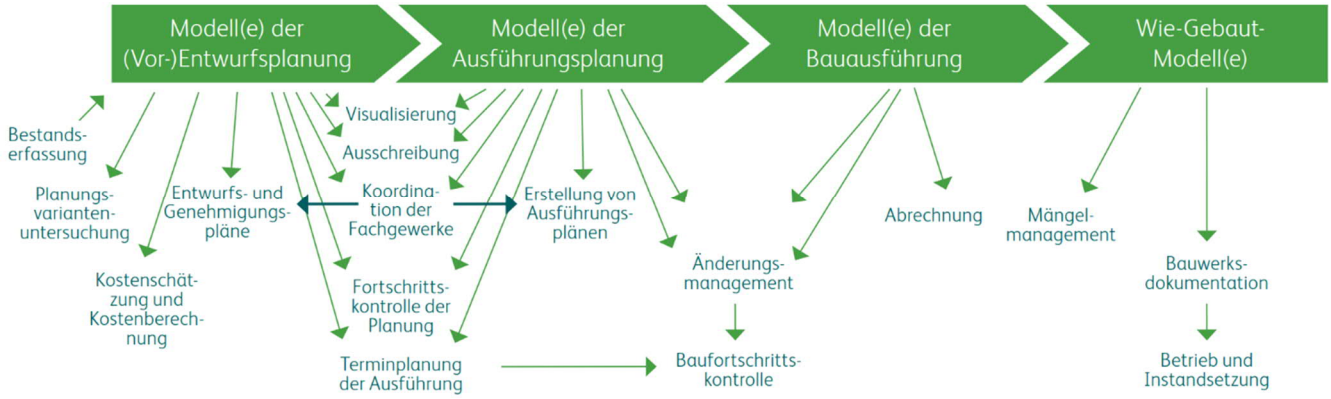


Abbildung 12 - AwF nach Projektphase[25]

3.1 Zusammenfassung

Da sich der Bericht auf Infrastrukturprojekte für den Bereich Bundesfernstraßen und Bundeswasserwasserstraßen für Deutschland bezieht, sind die Ergebnisse nicht direkt auf den Hochbau umzulegen. Bei manchen Anwendungsfällen ergeben sich andere Methoden zur Anwendung die einen hohen Nutzen in für den BIM-Prozess bringen. Vor allem der auf Grund der hohen Komplexität im Infrastrukturbau im Bericht nicht berücksichtigte „Awf4-Bemessung&Nachweisführung“ kann in der HT für Energieberechnungen gut eingesetzt werden. Um die nationalen Normen einzuhalten sind zwar teure Berechnungsprogramme notwendig, jedoch kann dort über die Formate IFC & gbXML eine gute Weiterverwendung der Daten gewährleistet werden, da die doppelte Eingabe von Daten durch die direkte Integration in Revit entfällt.

[25] (BIM4Infra, 2018, S. 23)

Es wird festgehalten, dass der Einstieg in die BIM-Arbeitsweise mit den damit verbunden Investitionen in leistungsstarke Hardware und teure Softwarelizenzen und geschulte Mitarbeiter für die Implementierung im Betrieb das größte Hindernis für die Einführung sind. Ist jedoch die Anlaufphase mit einigen Pilotprojekten überwunden, ist der Aufwand mit BIM geringer als in der herkömmlichen Bauplanung.

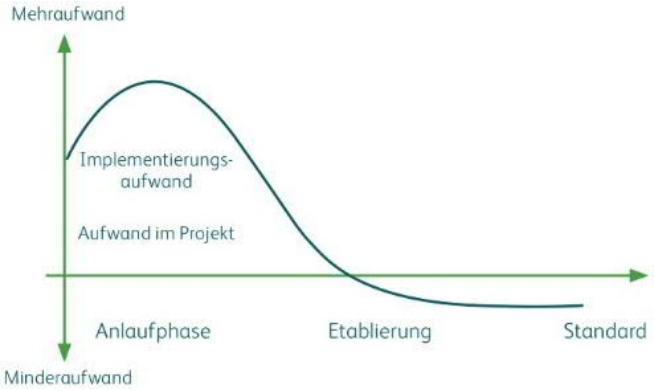


Abbildung 13 - Prognostizierter Verlauf des Zeitaufwandes für den Einsatz der BIM-Methode[26]

Im Bericht werden 3 Szenarien beschrieben und durch Expertenbefragungen aus verschiedenen Bereichen der Bauplanung und -ausführung wurde der Aufwand und Nutzen während dem Projekt und der Aufwand für die Implementierung abgefragt und verglichen. Dabei werden 3 Szenarien unterschieden: Einstieg, Aufbruch und Höchstleistung. Es wird empfohlen ab 2020 das Szenario Aufbruch bei Infrastrukturprojekten in Deutschland anzustreben, welches alle Anwendungsfälle außer AwF4, AwF8 & AwF13 beinhaltet.[27]

Nr	AwF	Implem. Aufwand	Projekt-Aufwand	Gesamt-aufwand	Nutzen für AG	Nutzen-Aufwand-Verhältnis
AwF 1	Bestandserfassung	1,7	1,1	1,5	2,5	1,67
AwF 2	Planungsvarianten-untersuchung	1,7	0,9	1,5	2,3	1,53
AwF 3	Visualisierungen	1,0	0,7	0,9	2,5	2,73
AwF 4	Bemessung und Nachweisführung	2,5	1,4	2,2	1,9	0,86
AwF 5	Koordination der Fachgewerke	1,5	0,8	1,3	2,6	1,99
AwF 6	Fortschrittskontrolle der Planung	1,8	0,7	1,5	2,0	1,35
AwF 7	Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen	1,8	0,8	1,5	2,3	1,53
AwF 8	Arbeits- und Gesundheits-schutz: Planung und Prüfung	1,8	1,3	1,7	1,7	1,01
AwF 9	Planungsfreigabe	2,0	0,8	1,7	2,1	1,26
AwF 10	Kostenschätzung und Kostenberechnung	1,9	0,6	1,5	2,5	1,71
AwF 11	Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe	2,1	0,9	1,8	2,6	1,47
AwF 12	Terminplanung der Ausführung	1,8	0,9	1,5	2,3	1,56
AwF 13	Logistikplanung	2,0	1,3	1,8	1,8	1,01
AwF 14	Erstellung von Ausführungsplänen	1,8	1,0	1,6	2,2	1,39
AwF 15	Baufortschrittskontrolle	1,9	0,8	1,6	2,1	1,34
AwF 16	Änderungsmanagement	1,8	0,9	1,5	2,3	1,46
AwF 17	Abrechnung von Bauleistungen	2,2	1,0	1,8	2,2	1,23
AwF 18	Mängelmanagement	1,6	0,9	1,4	2,4	1,73
AwF 19	Bauwerksdokumentation	2,3	1,5	2,0	2,6	1,31
AwF 20	Nutzung für Betrieb und Erhaltung	2,4	1,3	2,1	2,7	1,30

Abbildung 5: Bewertung von Aufwand und Nutzen der einzelnen Anwendungsfälle durch die befragten Experten.
Einstieg; Aufbruch; Höchstleistung

Abbildung 14 - Übersicht Bewertung (Aufwand:1=gering-3=hoch/Nutzen:1=gering-3=hoch)[28]

[26] (BIM4Infra, 2018, S. 6)
[27] Vgl. (BIM4Infra, 2018)
[28] (BIM4Infra, 2018, S. 14)

4 BIM-Prozessbeschreibung

In der Arbeit wird aufgrund der allgemein bekannten Schnittstellenproblematik ein closedBIM-Prozess auf Basis von Autodesk Revit zum erstellen der Gebäudemodelle durchgeführt. Um einen multidisziplinären Planungsprozess zu simulieren wird die Projektplattform BIM360 verwendet und mit der Software Navisworks wird eine 4D-Simulation durchgeführt.

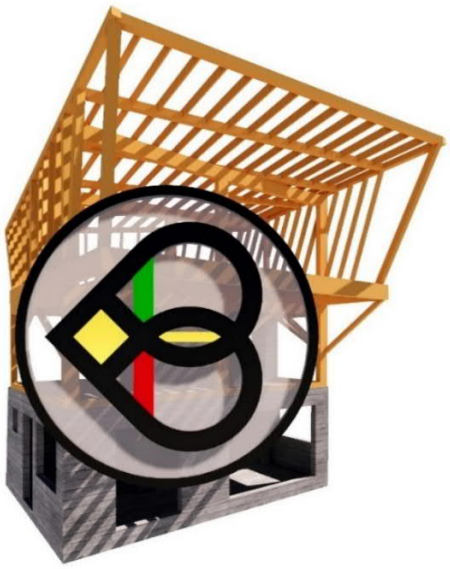


Abbildung 15 - Abbildung Gebäude mit Holztragwerk[29]

Dabei wurde der Prozess mit einem fiktiven dreistöckigen Einfamilienhaus mit eingeschlossener Terrasse durchgespielt. Das Gebäude verfügt über ein technisch fortschrittliches Haustechniksystem mit einer reversiblen Wärmepumpe mit Erdwärmesonden - die Wärmebereitstellung erfolgt über Gebläsekonvektoren und Fußbodenheizung, inklusive einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

Das Dach des Gebäudes hat dabei eine durch Verzug eines Quaders hergestellte komplexe Geometrie, womit es möglich war, die Grenzen der Schnittstellen zwischen verschiedenen Software-Tools zu untersuchen. Das Dachgeschoss ist als Holzkonstruktion geplant und mit den in Revit vorhandenen Tools war es einfach möglich den Skelettbau als Entwurf zu modellieren. Da es sich um ein fiktives Projekt handelt, werden die Kosten für den Bau in der Arbeit nicht bestimmt. Dieser BIM-AwF macht erst nach einer Angebotserhebung Sinn bzw. wenn bereits eine Preisdatenbank für die Bauelemente vorhanden ist und das Bauwerk wirklich erstellt werden soll. Die Schnittstelle zu der Software ModelOne zur Ermittlung der Massen aus dem Revit Model und der Funktion zur Erstellung von Leistungsverzeichnissen wurde jedoch erfolgreich getestet. Wären die Informationen zu den Preisen der Bauausführung vorhanden, könnte mit geringem Zeitaufwand die 4D-Simulation durch Ergänzung der Kosten zu den Bauabschnitten zu einer 5D-Simulation überführt werden.

Der Fokus der Arbeit liegt auf Architektur- und HKLS-Planung. Auf Statik- und Elektroplanung wird nur in den für die Koordination benötigten Schnittstellen eingegangen. Die Problematiken mit dem BIM-Prozess für die beiden Disziplinen wären vom Umfang eine eigene Arbeit. So ergeben die Dokumentation von frei verlegten Kabeln bei Elektroplanung und die baustatische Berechnung nach den gültigen Normen besondere Probleme in der BIM-Arbeitsweise.

Trotz dieser Probleme ist es möglich gute Planungsergebnisse mit BIM in beiden Disziplinen zu erzielen. Besonders wichtig ist es, veraltete Normen, die auf der vereinfachten Planung in 2D und veralteten Prozessen beruhen, an die BIM-Arbeitsweise anzupassen.

[29] eigene Darstellung

4.1 Datenerhebung

Neben der traditionellen Erfassung des Baugrundes durch einen Geometer ermöglicht BIM die Datenerhebung anhand vorhandener Datenbanken oder Reality Capture Technologien.

AwF1 – Bestandserfassung

Vor jedem Bauprojekt ist es zuerst notwendig den Bauplatz zu untersuchen, um das Gebäude anhand des gegebenen Kontextes optimal zu planen. Je genauer diese Untersuchung erfolgt, desto unwahrscheinlicher wird es während der Bauphase oder im Betrieb zu unerwarteten Problemen kommen. Die folgenden Technologien ermöglichen es, die Realität mit digitalen Werkzeugen zu erfassen und können, um die Informationsdichte zu erhöhen, auch in einem gemeinsamen Prozess kombiniert werden. *"Dieser Anwendungsfall ist eine wichtige Voraussetzung für die Durchführbarkeit und Qualität der nachfolgenden Anwendungsfälle."*[30]

Reality Capture[31]

Um die Baustelle digital zu erfassen, was besonders im Bestand sinnvoll ist, gibt es zuverlässige und ökonomische Technologien, welche bereits im industriellen Maßstab eingesetzt werden, dazu gehören in Bezug auf die Implementierung in den BIM-Prozess die beiden folgenden:

Laserscanning

Diese Technologie wird vorzugsweise im Innenbereich angewendet, aber auch wenn eine hohe Präzision gefordert ist. Dabei tastet ein beweglicher Laserstrahl die Umgebung ab und erzeugt eine Punktwolke. Es werden gleichzeitig Fotos erstellt und die Punkte werden anhand der daraus ermittelten Farben mit dieser Information ergänzt. Mittlerweile gibt es preiswerte Messgeräte wie den Leica BLK360 die mit Zubehör circa 20.000€ kostet. Der Scanner wird mit dem IPad Pro gekoppelt und ermöglicht eine direkte Betrachtung des Scans in der ReCap-Anwendung, was eine Qualitätsprüfung während des Scans ermöglicht.

Abbildung 16-BLK360[32]

[30] (BIM4Infra, 2018, S. 18)
[31] (Autodesk, 2017)
[32] (Leica Geosystems, 2019): Stand:12.02.2019

Die Messreichweite liegt dabei zwischen 0,6 und 60m und die Messung erfolgt mit einer Ungenauigkeit von 4mm@10m/7mm@20m. Zusätzlich werden noch thermische Bilder aufgenommen und ein Messpunkt mit 360° Betrachtung ist in etwa 3 Minuten erstellt.[33] Somit ist Laserscanning mittlerweile eine wirtschaftliche Möglichkeit der Realitätserfassung und während der Bauphase ein nützliches Dokumentationsinstrument.

Drohnenphotometrie

Durch die Drohnentechnologie, wo es einfache Modelle bereits um ein paar hundert Euro gibt, in Kombination mit fortgeschrittenen Computeralgorithmen, können heute relativ einfach und kostengünstig Punktwolken einer Baustelle aus Luftbildern erzeugt werden. Diese Methode eignet sich vor allem für große Infrastrukturprojekte und für die Aufnahme von Fassaden und Dächern großer Gebäude. Für kleinere Gebäude ist die Erstellung einer Punktwolke auch aus einer Vielzahl von händisch gemachten Fotografien möglich.

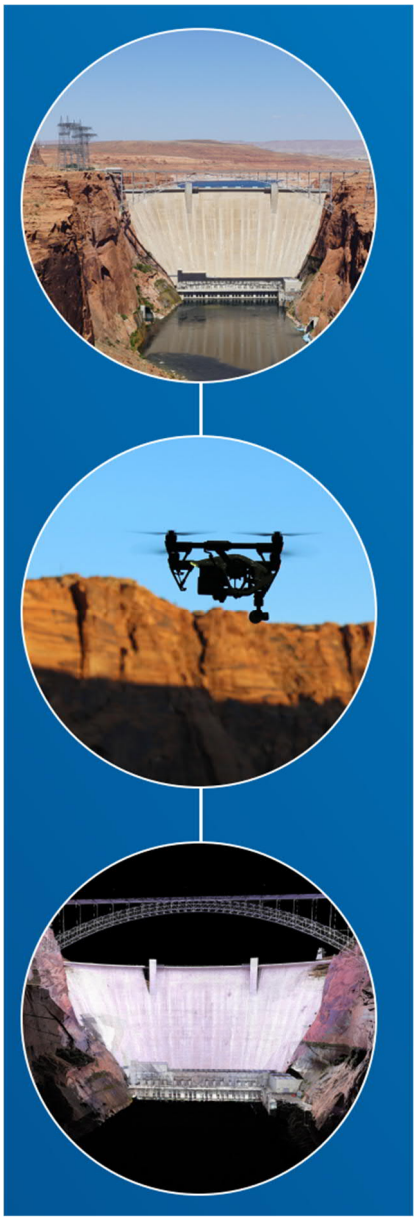


Abbildung 17 - Prozess Drohnen-photometrie[34]

Autodesk ReCap - Reality Capture

ReCap ist in 2 Teilen aufgebaut:
Einmal gibt es einen Cloud Service, wo wie beschrieben, aus Bildern ein Punktwolke erstellt wird. Eine Punktewolke versteht sich dabei als eine Vielzahl von Datenpunkten in einem 3-dimensionalen Koordinatensystem, welches mindestens die Lage und die Farbe des Punktes beinhalten. Der Prozess wird automatisch durchgeführt und durch die hohe Rechenleistung in der Cloud können bis zu 1000 Fotos verarbeitet werden. ReCap selbst ist ein Programm zur Verarbeitung von Punktwolken. Die Grundfunktion ist das Betrachten der Punktwolke, wo es auch möglich ist Punkte zu vermessen. Mehrere Punktwolken aus 3D-Laserscans und Drohnenphotometrie können automatisch vereint werden, so werden Innenräume und Gebäudehülle zu einem Hohlkörper aus Punkten.

[33] Vgl. (Geosystems, 2017)
[34] (Autodesk, 2017, S. 7)

Eine weitere Funktion ist das Erstellen einer 3D Oberfläche anhand der Punktwolke, was eine Weiterverarbeitung der Daten vereinfacht. Das Schlagwort ist "Scan to BIM" und weil die Punktwolke in Revit als Planungsgrundlage verknüpft werden kann, ist diese Eigenschaft gegeben. In Revit wird das Gebäude dann nachmodelliert, um praktisch die Hohlräume zwischen den Punkten mit BIM-Objekten zu schließen, mit dem Ziel ein möglichst genaues Abbild der Realität zu erhalten.

Auch während der Bauphase ist es sinnvoll bestimmte Bauabschnitte z.B. den abgeschlossenen Rohbau, als Punktwolke zu erfassen und dann das Revit Modell darauf abzugleichen. Sollte es das Ziel sein ein As-Build-Modell zu erhalten, ist ein großflächiger Einsatz von Realitätserfassung, bei Großprojekten vorzugsweise mit autonom agierenden Robotern, die einzige Möglichkeit dies ökonomisch zu lösen. Für die Planer ist es so auch möglich Probleme oder Unklarheiten im Bestand vom Büro aus zu untersuchen und zeitintensive Baustellentermine mit der Aufnahme von Aufmaß, üblicherweise mit dem Meterband und der damit verbundenen Ungenauigkeit, entfallen.

Abbildung 18 -Beispiel für Scan to BIM[35]

Geomodellierung

Durch die fortschreitende Digitalisierung ist der Bedarf an virtuellen Geografie-, Landschafts- und Stadtmodellen für die Planung angestiegen und auch dafür ist ähnlich wie IFC bei BIM der Standard CityGML entstanden, der wie der Name sagt, vor allem für urbane Gebiete entwickelt wurde. Neben geografischen, semantischen und topologischen Daten werden auch Wasserflächen, Vegetation, Infrastrukturbauwerke und Verkehrsflächen sowie Stadtmöblierung und Gebäude erfasst. Dabei ermöglicht der Standard die Darstellung mehrerer aufeinander aufbauender Detaillierungsgrade. In der Fachdomäne Tief- bzw. Trassenbau hat sich der Standard LandXML durchgesetzt, welcher ein weniger detailliertes Geometriemodell, ungeeignet für komplexe Geometrien, verwendet. [36]

[35] **(Architectual BIM services, 2019)**: Stand: 12.02.2019
[36] (Borrmann, 2015, S. 177)

Das Dateiformat IFC ist auf Gebäude spezialisiert und deshalb kann eine genauere Geometrie mit erweitertem Informationsgehalt im Vergleich zum CityGML erzeugt werden. Das IFC-Format sollte in Zukunft jedoch ins CityGML-Format überführt werden können und stellt für eine energetische und nachhaltige Stadt- und Raumentwicklung die geeignete Datenbasis dar. Dazu ist es jedoch notwendig die Daten zentral zu erfassen und in öffentliche Register zu übernehmen.[37]

InfraWorks - Umgebungsmodelle

InfraWorks ist eine auf den Infrastrukturbau ausgerichtete Modellierungssoftware für den Vorentwurf. Das Programm kann auch im architektonischen Vorentwurf als GIS-Browser benutzt werden. Mit dem enthaltenen ModelBuilder kann ein Standort ausgewählt werden und aus verschiedenen Datenquellen wird dann automatisch das Umgebungsmodell erstellt, welches dann manuell weiter detailliert werden kann. So ist es möglich, ohne einen Lokalaugenschein den Kontext mit der Umgebung herzustellen.

InfraWorks eignet sich zum Erstellen von großen Modellen durch aggregieren bestehender Daten aus 2D-CAD, GIS-Raster- und 3D-Modellen und ermöglicht auch dann eine flüssigere grafische Darstellung im Vergleich zu Revit. Punktwolken vom Baugelände können in eine Topologie umgewandelt und dann später in Revit importiert werden. Umgekehrt kann ein fertiges Revit Modell auch für Präsentationszwecke in das InfraWorks-Modell verknüpft werden. Dabei ist es möglich Schattenwurf, Verkehr oder Entwässerung zu simulieren.

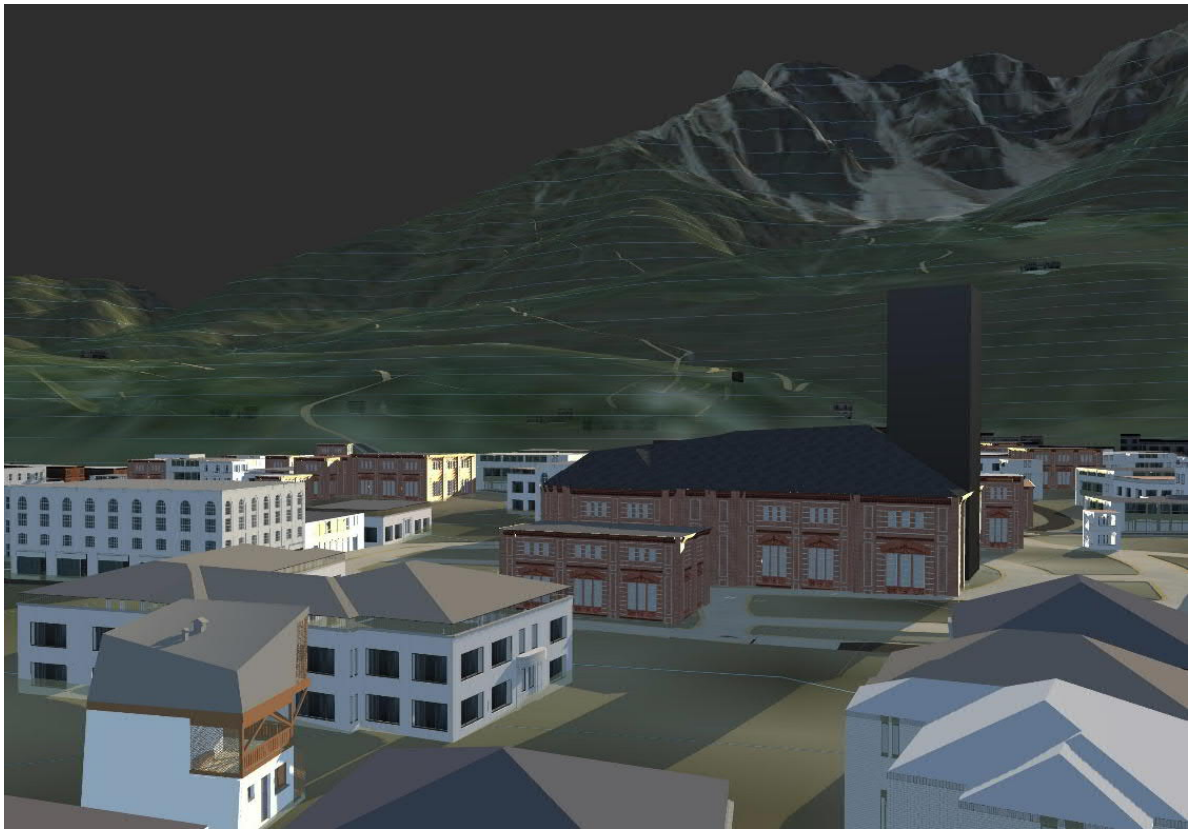


Abbildung 19 -Infraworks Screenshot mit verknüpften Revit Modell[38]

[37] (Borrmann, 2015, S. 191)
[38] eigene Darstellung

Civil 3D - Infrastrukturplanung

Autodesk Civil 3D ist eine Software für die Tief- und Infrastrukturbauplanung und basiert auf AutoCad. Das in InfraWorks erstellte Modell kann weiter detailliert werden und es ist mit einer umfangreichen Werkzeugpalette möglich, die Erschließung der Infrastruktur eines Bauprojektes zu planen. Weitere Funktionen sind die Planung und Berechnung von Erdbewegung & Rohrnetzen und die Simulation der Entwässerung. Die Daten können dann entweder in Revit referenziert oder die Topologie kann in Revit anhand der importierten Fläche als BIM-Objekt erzeugt werden. Wichtig ist es für die Zusammenarbeit ein gemeinsam genutztes Koordinatensystem zu verwenden.

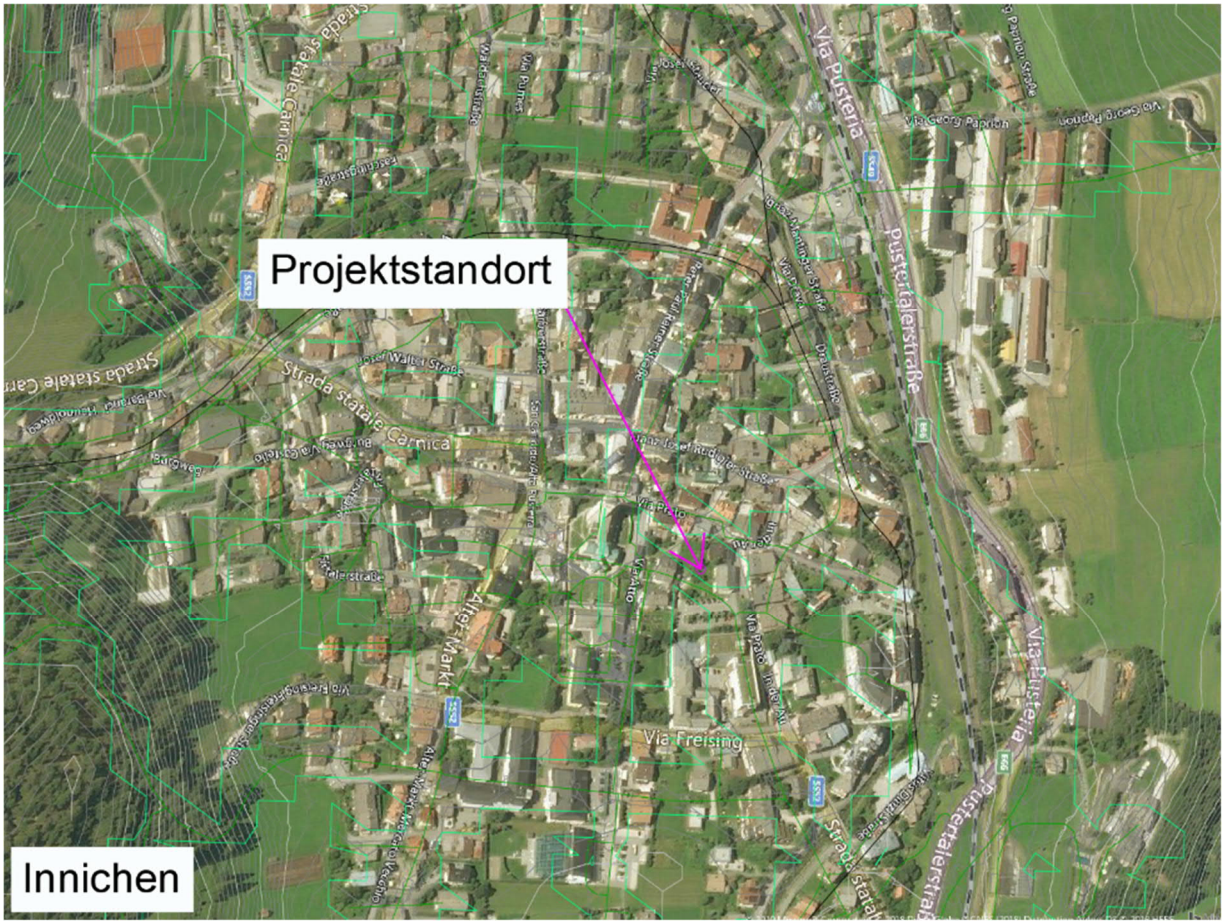


Abbildung 20 - Lageplan mit Höhenlinien aus Infraworks[39]

[39] eigene Darstellung

4.2 Planung

Im Gegensatz zur großflächigen Einführung von CAD-Software im Bauwesen durch die sinkenden IT-Hardware in den 80er und 90er Jahren, wo lediglich das Arbeiten am Zeichenbrett digital nachgebildet wurde, ist BIM ein Paradigmenwechsel in der Planung. Der Hauptunterschied besteht darin, dass statt durch Geometrie und Beschriftung Information in einem 2D-Plan darzustellen, ein digitales objektorientiertes 3D-Modell mit hinterlegten Datenbanken des Bauprojektes erstellt wird und vo diesem die für die heute übliche Baupraxis benötigten 2D-Plandarstellungen abgeleitet werden. Da in der Planungssoftware viele Objekte und deren Darstellung vorgegeben sind, ist es nicht immer möglich die nationalen Normen für die Plandarstellung einzuhalten.[40]

Bei der BIM-Planung werden Objektdatenbanken benötigt, welche die für die Planung benötigten Bauteile in 3D & 2D darstellen und weitere Information enthalten. Insbesondere beim Umstieg fehlen oft die benötigten Bauteile und diese in Revit genannten Familien müssen erst erstellt werden. Der große Vorteil ist jedoch dass die Informationen solcher Daten automatisch ausgelesen und weiterverwendet werden können, was in CAD nur unter Einhaltung genauer Standards möglich ist und sich in der Praxis nie wirklich durchgesetzt hat. Ist der Umstieg auf die BIM-Software erst einmal in einigen risikoarmen Pilotprojekten erlernt, ist es möglich in kürzerer Zeit qualitativ hochwertige Planungsergebnisse zu erzielen. Die Daten können über alle Planungsphasen genutzt werden und wird die Planung mit der Baustelle abgeglichen ist es möglich ein As-Build-Modell eines Gebäudes zu erstellen.

Erst wenn es gelingt die Schnittstellen zu schaffen, die verschiedenen Disziplinen, welche in der Abbildung als Insel dargestellt werden, auf einer gemeinsamen Plattform zu vereinen, ist es möglich die in der Planung erzeugten Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu nutzen.

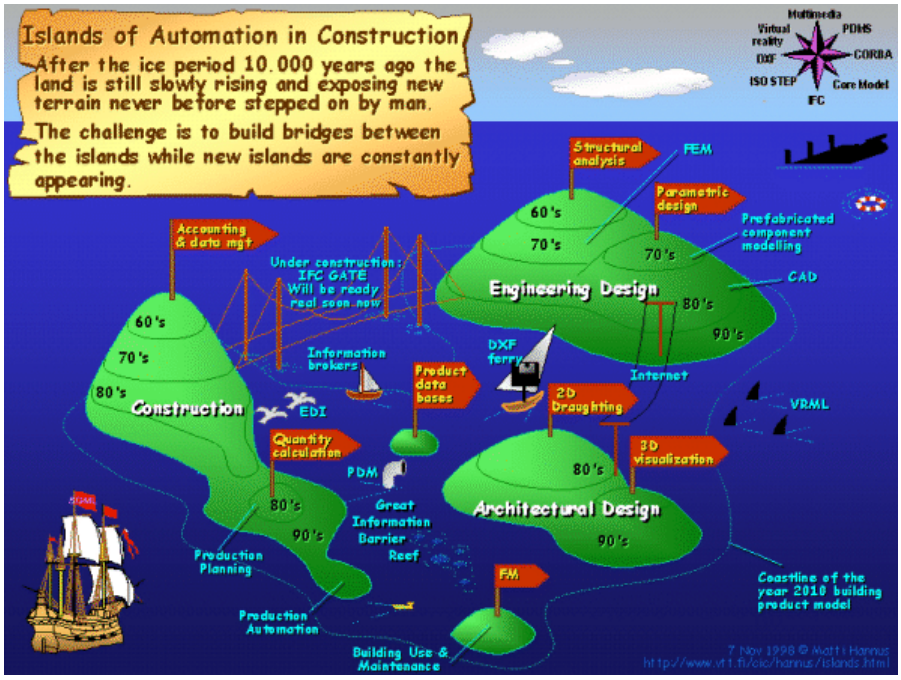


Abbildung 21 - Automatisierungsinseln im Bauwesen aus dem Jahr 1998[41]

[40] Vgl. (BIM4Infra, 2018, S. 36)
[41] (Borrmann, 2015, S. 78),

Mittlerweile ist es gelungen viele Probleme zu lösen und die neuen CDE als zentrale Datenplattform ermöglichen eine interdisziplinäre Zusammenarbeit in einem virtuellen Projektraum. Heute ist es bereits möglich einige Teilbereiche der Industriellen Automatisierung im Bauwesen zu nutzen und so können Modulelemente oder vorgefertigte Technikräume aus BIM-Modellen produziert werden.

AwF2 – Planungsvariantenuntersuchung

In Revit ist eine Variantenuntersuchung in der BIM-Arbeitsweise möglich. Dazu gibt es die Möglichkeit sogenannte Projektkörper zu erstellen und diese in Körpergeschosse umzuwandeln. Aus diesen Geschossen können Flächen und Volumina ausgelesen und verschiedene Varianten werden durch Hochrechnungen über Flächen und Volumen hinsichtlich Kosten, Terminen und Qualität geprüft und optimiert. Die Erstellung von RevitElementen, wie Geschossdecken, Wände und Dächer, aus dem Projektkörper ist möglich. Die in den folgenden Kapiteln beschrieben Tools sollen als Hilfsmittel für die schnellere und effizientere Entscheidungsfindung beim architektonischen Entwurf dienen, jedoch muss dieser künstlerische Schaffensprozess nicht zwingend mit Software unterstützt sein, sondern der gewohnte Prozess kann angewandt und dann im Zuge der Entwurfs- und Einreichplanung in der BIM-Software abgebildet werden.

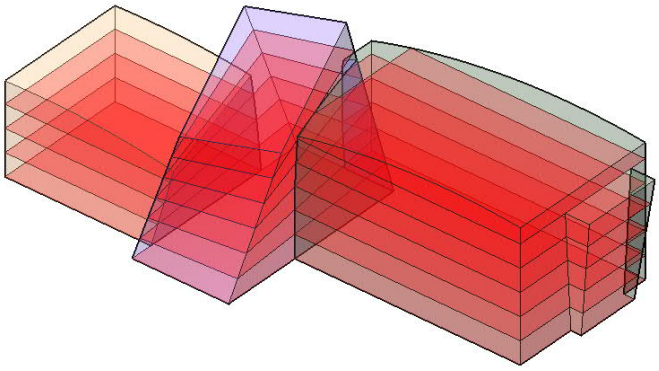


Abbildung 22 Körpermodellstudie Beispiel[42]

FormIt – 3D-Variantenuntersuchung

Autodesk FormIt ist eine auf Architektur ausgelegte Software zum 3D-Modellieren im Vorentwurf. Dabei ist es möglich, ausgehend von grundlegenden geometrischen Formen, ein immer präziseres Designkonzept zu schaffen. Der fertig modellierte Körper wird über eine integrierte Schnittstelle an Revit übergeben, wo Werkzeuge zur Umwandlung der Form zu BIM-Modellelementen zur Verfügung stehen.

Da der Standort über einen Kartendienst ausgewählt werden kann, ist es möglich, die Luftaufnahme des Standortes zu importieren und so ein ungefähres Umgebungsmodell zu erstellen. Mit der Umgebung können Schattenwurfanalysen und sogar eine Simulation der ganzjährigen Sonneneinstrahlung auf ausgewählten Flächen erstellt werden.

[42] (Autodesk, 2019): Stand 12.02.2019

Für FormIt ist außerdem eine App für Android und iOS verfügbar, welche sich für erste Designkonzepte bei einem ersten Lokalaugenschein auf dem Bauplatz anbietet.

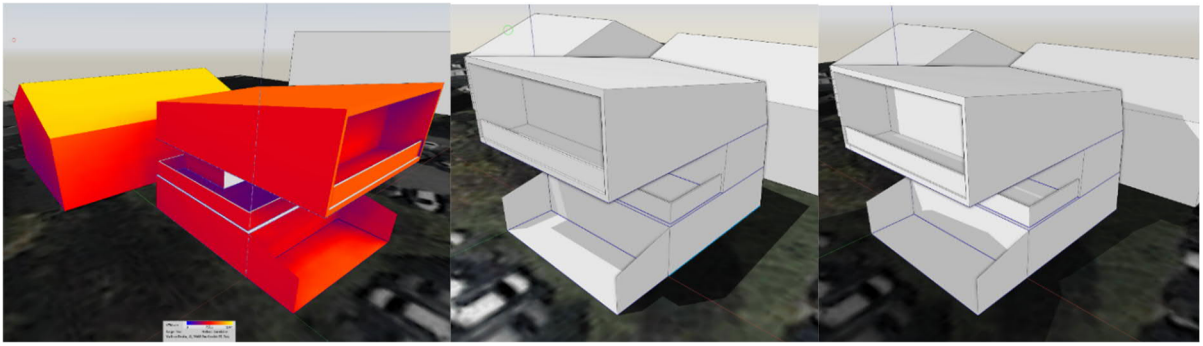


Abbildung 23 -FormIt Solareinstrahlung über das Jahr, Schattenwurf Sommer/Winter[43]

Computational Design – EVA

Eva – Rapid Layouting ist eine Entwicklung von SWAP Architekten aus Wien und ist eine Software zur Unterstützung von Architektur und Raumplanung in der frühen Entwurfsphase. Durch Einlesen von einem tabellarischen Raumprogramm kann dieses grafisch gruppiert und kategorisiert werden.

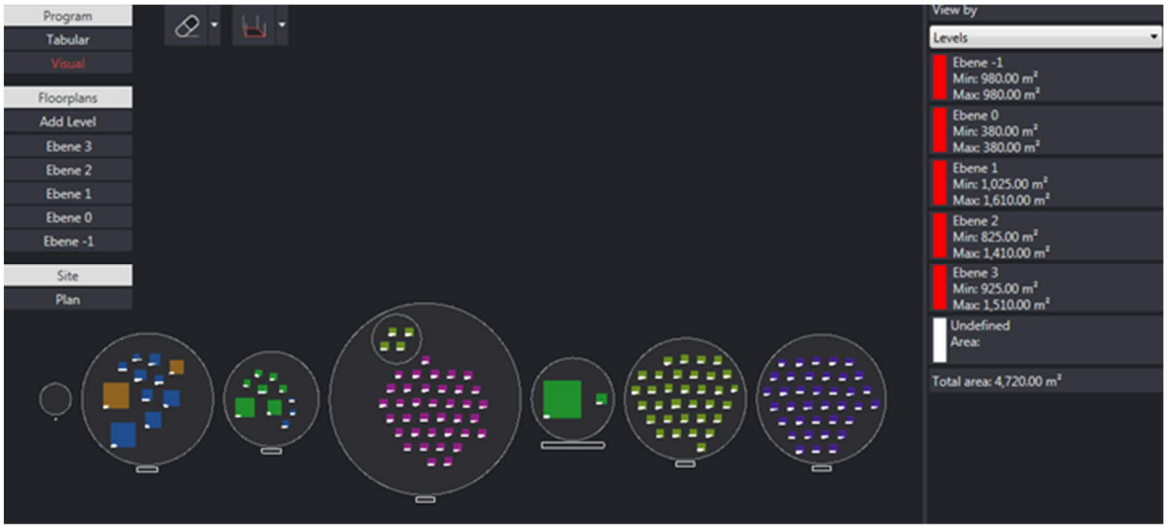


Abbildung 24 - Eva Raumprogramm zur Einordnung der vorgegeben Räume in Kategorien[44]

Im nächsten Schritt wird die Geometrie des Bauplatzes erfasst und dazu werden Grundlagen zur Raumplanung wie Bebauungsbestimmungen, Baumassenzahl und Anzahl der Geschossflächen eingegeben. Daraus wird das Lichtraumprofil ermittelt, was das maximal bebaubare Volumen eines Gebäudes darstellt und verschiedene Bebauungsvarianten können durch das Platzieren von Baukörpern untersucht werden. In einem interaktiven Prozess werden verschiedene Ansätze generiert und auf Plausibilität geprüft. Falsche Ansätze werden ausgeschlossen und die besten Varianten weiter detailliert. Dadurch wird die Entscheidungsfindung leichter und durch die visuelle Darstellung kann der Bauherr einfach in den Entwurfsprozess eingeschlossen werden.

[43] eigene Darstellung
[44] (Eva Software, 2019): Stand:12.02.2019

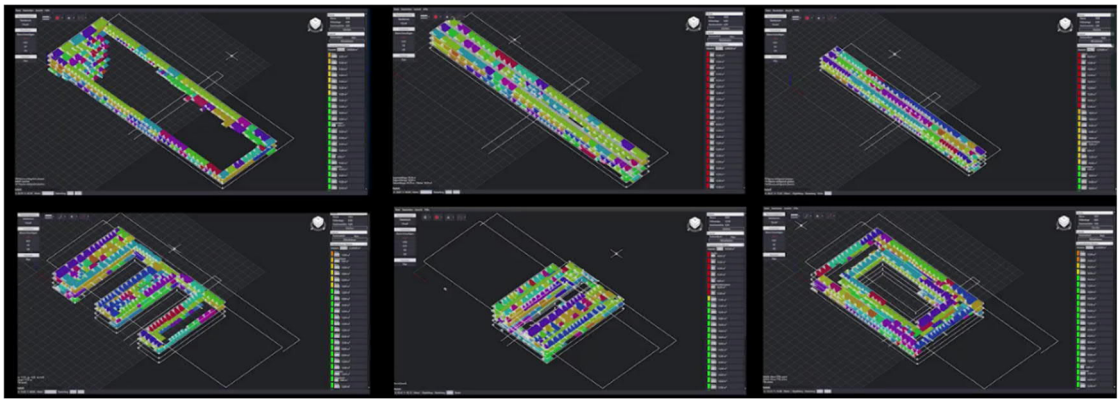


Abbildung 25 - Variantenvergleich Eva[45]

So können einfache Grundrisse, in welchen auch Erschließungsflächen berücksichtigt sind, erstellt und als Planungsgrundlage in der BIM-Software verwendet werden.

Dynamo - Visuelle Programmierumgebung

Dynamo Studio bietet eine visuelle Programmieroberfläche für parametrisches Design und die Automatisierung von Arbeitsabläufen. Im Vergleich zum klassischen Programmieren mit Textbausteinen ist es relativ einfach möglich das Programmieren zu lernen und das Tool ist vollständig in Revit integriert. Neben der Automatisierung von Arbeitsabläufen, wie dem Platzieren von Bauteilen und dem Ein- und Auslesen von Daten in und aus Revit können auch parametrische Designvarianten untersucht werden.[46]

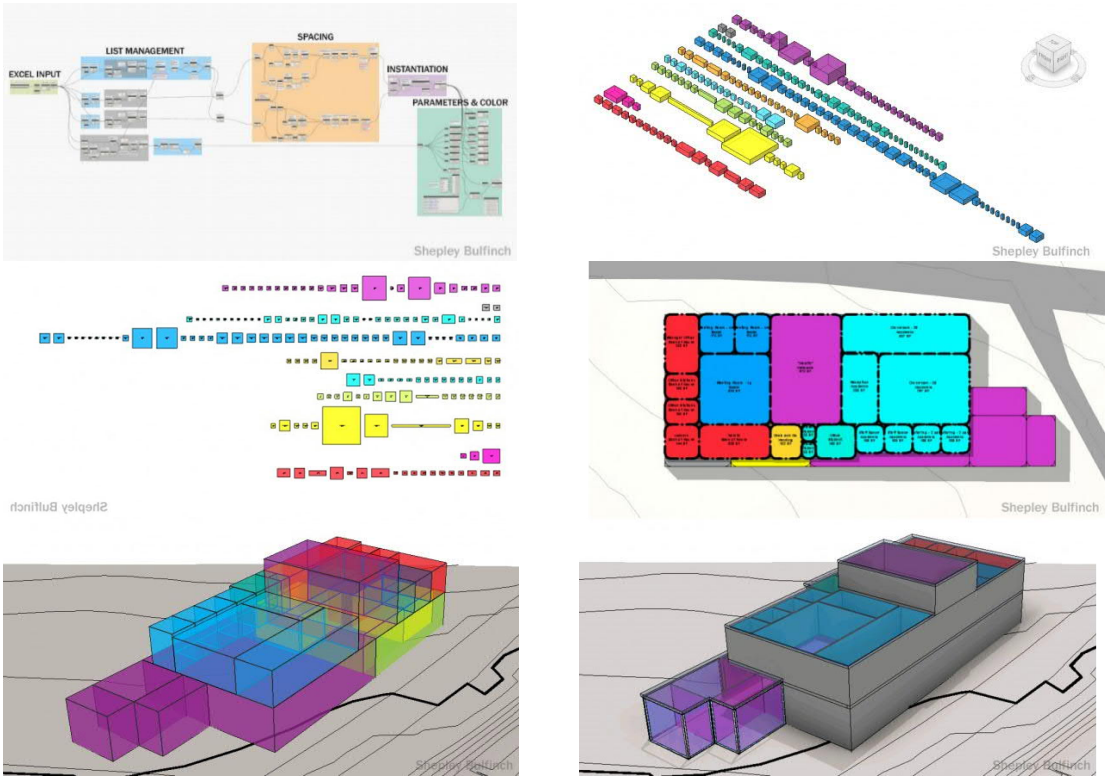


Abbildung 26 - Prozessdarstellung Dynamo & Revit[47]

[45] (Eva Software, 2019): Stand:12.02.2019
[46] Vgl. (Martin, 2015)
[47] (Martin, 2015)

In der Abbildung ist ein Prozess ersichtlich in welchem ein aus Excel eingelesenes Raumprogramm als 3D-Körper erstellt und dann in einem in Revit verknüpften Lageplan platziert wird. Im letzten Schritt erstellt Revit ein Modell aus Wänden und Geschossdecken anhand der vorhandenen Körper.

Das oben genannte Beispiel ist eines der unzähligen Möglichkeiten, die das parametrische Design bietet, um den Planungsprozess zu optimieren,zu automatisieren und Daten bedarfsgerecht zu beeinflussen.

Green Building Studio - Energieberechnungssoftware

In FormIt und Revit ist Green Building Studio als Cloud basierte Energieanalyse Software integriert und wird dort als Insight bezeichnet. Es gibt dabei eine vereinfachte Benutzeroberfläche im Vergleich zur Webversion von Green Building Studio und das Tool ist auf energetische Optimierung im architektonischen Entwurf ausgelegt. Die Berechnung basiert jedoch auf amerikanischen ASHRAE Normen und die Ergebnisse sind nur schwer nachvollziehbar, da viele Einstellungen vorkonfiguriert sind. Deshalb ist die Berechnung mit einer Haustechnik Software wie SolarComputer oder Linear der in Revit integrierten Berechnung vorzuziehen. Für komplexere Simulationen gibt es die Möglichkeiten über die IFC oder gbXML Schnittstelle mit einer auf Klima und Komfort spezialisierten Software wie IDAIce zu arbeiten.

Sefaira - Energieberechnungssoftware

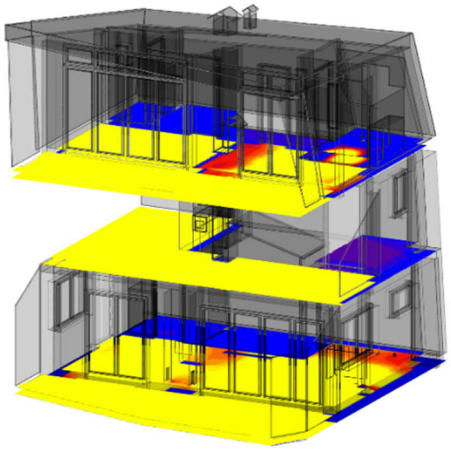
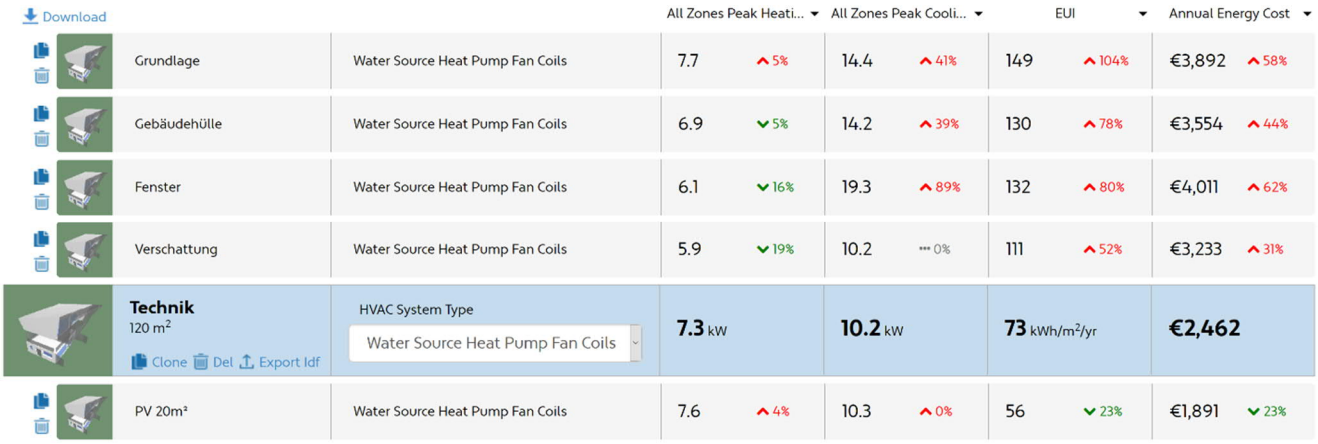


Abbildung 27 - Sefaira Tageslichtsimulation[48]

Bei Sefaira handelt es sich um ein cloudbasiertes Entwurfstool für die Optimierung der Tageslichtnutzung und des Energiebedarfs eines Gebäudes im Vorentwurf. Es ist ein Revit Addon verfügbar, wo sich einfache Berechnungen und die Visualisierung der Tageslichtsimulation direkt in Revit durchführen lassen, mit einer responsiven Ausgabe von Ergebnissen. Die Grundparameter für die Berechnung von Heiz- und Kühllast lassen sich über Schieberegler einstellen. Die Grundeinstellung ist übersichtlich dargestellt und das Ergebnis in den meisten Fällen gut nachvollziehbar. Nachdem das Modell von Revit in die Cloud geladen wird, ist es möglich das Energiekonzept und die Details der Haustechnik immer weiter zu verfeinern und so wichtige Grundlagen für die weitere Planung zu erhalten. Da Sefaira auch auf einer auf ASHRAE basierenden Rechenumgebung aufbaut, sind die Ergebnisse nicht für absolute Aussagen tauglich, sondern die Qualität ist lediglich ausreichend, um recht präzise Prognosen auf spätere genauere Simulationen zu ermöglichen.

[48] eigene Darstellung



Download

		All Zones Peak Heati...	All Zones Peak Cooli...	EUI	Annual Energy Cost
Grundlage	Water Source Heat Pump Fan Coils	7.7 ▲5%	14.4 ▲41%	149 ▲104%	€3,892 ▲58%
Gebäudehülle	Water Source Heat Pump Fan Coils	6.9 ▼5%	14.2 ▲39%	130 ▲78%	€3,554 ▲44%
Fenster	Water Source Heat Pump Fan Coils	6.1 ▼16%	19.3 ▲89%	132 ▲80%	€4,011 ▲62%
Verschattung	Water Source Heat Pump Fan Coils	5.9 ▼19%	10.2 ▪▪▪ 0%	111 ▲52%	€3,233 ▲31%
Technik 120 m² Clone Del Export Idf	HVAC System Type: Water Source Heat Pump Fan Coils	**7.3** kW	**10.2** kW	**73** kWh/m²/yr	**€2,462**
PV 20m²	Water Source Heat Pump Fan Coils	7.6 ▲4%	10.3 ▲0%	56 ▼23%	€1,891 ▼23%

Abbildung 28 - Variantenoptimierung mit Sefaira[49]

AwF7 – Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen

Die Erstellung von Entwurf- und Genehmigungsplänen ist, sobald der Umgang mit der Software erlernt wurde, im Aufwand mit der Erstellung von Plänen in einer CAD Umgebung vergleichbar. Der Unterschied ist jedoch, dass die so erzeugte Planung weiterverwendet werden kann und für die Planung benötigte Daten, wie Raumlisten mit Flächen und Volumen aus dem Modell generiert werden. Der größte Aufwand ist es, das Layout für die 2D-Pläne so anzupassen, dass diese dem von der Behörde oder Vorgesetzen geforderten Layout gerecht werden. Es ist oft nicht möglich alle auf CAD basierenden Normen mit einem vertretbaren Aufwand umzusetzen und eine digitale Einreichung basierend auf IFC würde den Aufwand für die Planung sogar verringern. In Wien ist es ab Mai möglich Bauanträge in Form von pdf-Plänen einzureichen und die Einreichung über IFC ist als nächster Schritt in der Entwicklung vorgesehen. Wichtig ist es auch so zu modellieren und die Planung mit Informationen zu ergänzen, dass die Bauteile im Modell später für eine Mengenauswertung für das Leistungsverzeichnis zur Verfügung stehen bzw. falls eine 4D Simulation geplant ist, großflächige Bauteile, die in mehreren Bauabschnitten entstehen, aufzuteilen. Beim Arbeiten in BIM-Programmen ist es von großer Bedeutung sich zuerst über die Ziele der Planung zu einigen und den Aufwand für die Modellierung abzuwiegen, um dann eine effizientere Lösung zu finden. In der Entwurfsphase können so wichtige Informationen über 2D-Elemente in die Planung eingearbeitet werden. Um Überraschungen in der Ausführungsphase zu vermeiden, ist es in dieser Phase wichtig, dass der Haustechnikplaner die Planung von Installationstrassen und Durchbrüchen in tragenden Elementen mit der Tragwerksplanung zu koordiniert.

AwF14 – Erstellung der Ausführungspläne

In dieser Phase sollte eine Vergabe der Bauleistungen bereits erfolgt und bei allen Planungsbeteiligten ein koordiniertes Teilmodell vorhanden sein. Die Planung sollte mindestens aus folgenden Teilmodellen bestehen: ein Architektur-, ein Umgebungs- ein Haustechnik- und ein Tragwerksmodell. Zusätzlich kann es noch ein vom Bauphysiker oder Haustechnikplaner erstelltes vereinfachtes Energiemodell geben, da das

[49] eigene Darstellung

Architekturmodell oft zu komplizierte Geometrien aufweist und es deshalb notwendig ist diese zu vereinfachen. Das Architekturmodell soll prinzipiell als Referenzmodell für alle anderen Modelle dienen. Nach der Vergabe von Bauleistungen und in einem OpenBIM-Prozess ist es oft sinnvoll die Erstellung des Ausführungsmodelles den ausführenden Unternehmen zu überlassen, da diese bereits BIM-fähige Software für die Produktion der benötigten Bauteile nutzen. Zu diesen Teilmodellen gehören Lüftungsmodell, Holzfertigteilbau oder komplizierte Stahlbaumodelle. Alle Teilbereiche, die nicht von den ausführenden Unternehmen übernommen werden, müssen entweder weiterhin von den jeweiligen Fachplanern oder einem BIM-Koordinator auf Stand gehalten werden. Mit einer aktuellen Planung ist es möglich Probleme bei der Koordination der Fachmodelle zu erkennen und frühzeitig zu lösen.

Abbildung 29 - Beispielplan Architektur[50]

In Revit gibt es bei kleineren Projekten auch die Möglichkeit alle Teilmodelle in einem Projekt zu erstellen, was vor allem für die Optimierung der Darstellung für Rendering einfacher macht. Es wäre über ein Cloud-Modell mit Arbeitsteilung möglich an einem Projekt gleichzeitig zu arbeiten und das, ohne an einen Standort gebunden zu sein. Die Arbeitsteilung ermöglicht eine effiziente und kooperative Planung, da so alle Änderungen schnell bei den Projektbeteiligten ankommen. Es ist auch möglich

[50] eigene Darstellung

Zugriffsrechte für Elemente zu geben, so dass z.B nur der Statiker und Architekt auf tragende Elemente zugreifen können und die Rohre und Luftkanäle nur vom Haustechnikplaner geplant und geändert werden können. So ist sichergestellt, dass nicht aus Versehen falsche Elemente verschoben oder sogar gelöscht werden und die Verantwortung ist klar festgelegt.

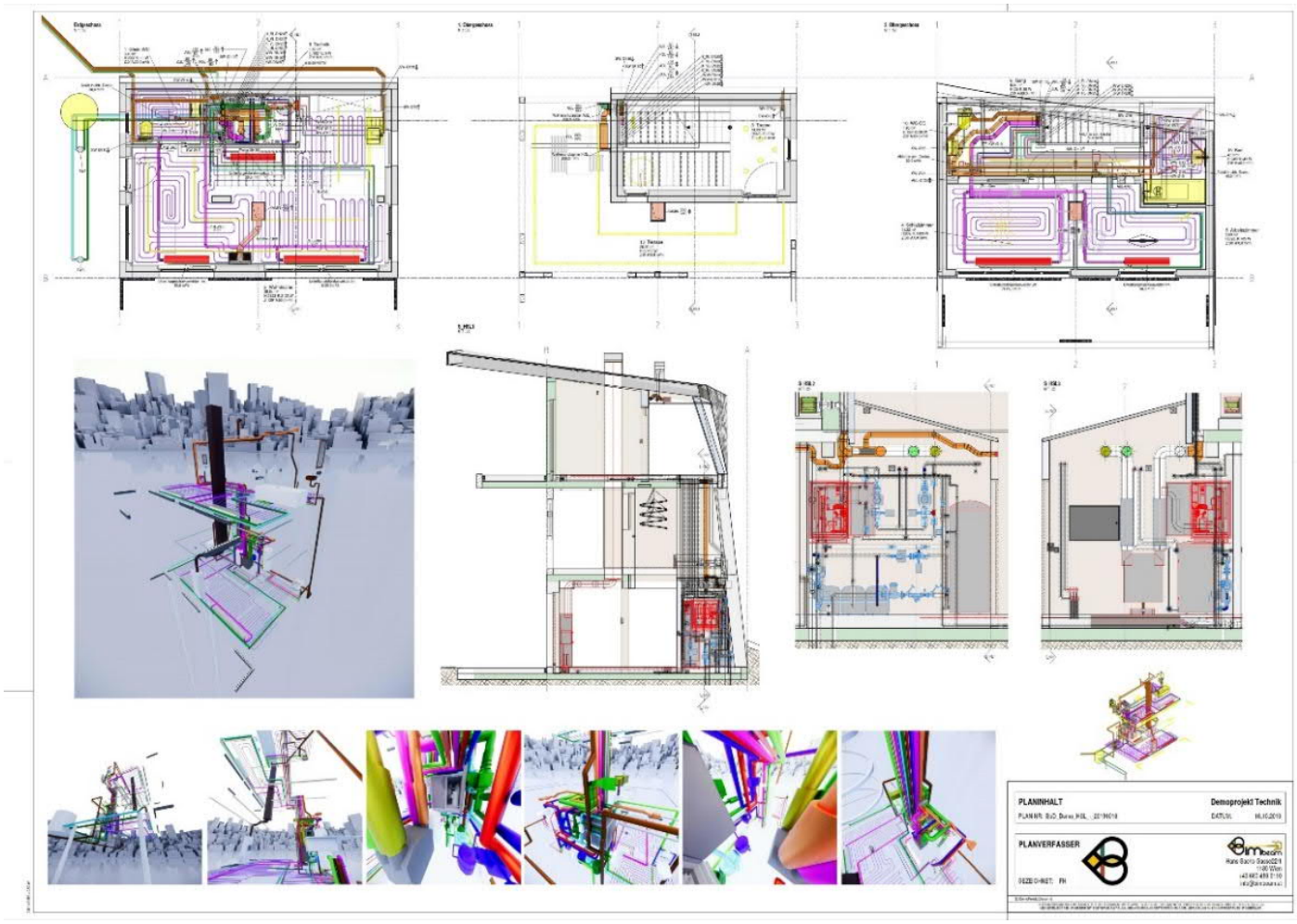


Abbildung 30 - Beispielplan Haustechnik[51]

Obwohl die Leistung der Hardware und die hinterlegten Grafikumgebungen in Revit immer schneller werden, kann es bei großen Projekten durchaus zu längeren Ladezeiten kommen. Damit es dabei nicht zu Effizienzverlust durch die Verlangsamung der Planungsumgebung kommt, ist es trotzdem zu empfehlen an einzelnen Teilmodellen zu arbeiten und diese dann über ein CDE zu koordinieren.

Dafür ist jedoch eine gute Vorplanung für den BIM-Prozess notwendig, dann kann auch in einem OpenBIM-Prozess eine gute Lösung für die Erstellung eines gemeinsamen digitalen Zwillings gefunden werden. Ein nicht direkt an der Planung beteiligter BIM-Koordinator dient dabei als Schnittstelle zwischen Bauherren und Planern und erstellt das BAP und sorgt dafür, dass die festgelegten Prozesse eingehalten werden und ist dafür verantwortlich dem Bauherren ein digitales Abbild des errichteten Gebäudes im Sinne eines Wertvertrages zu übergeben.

[51] eigene Darstellung

AwF19 – Bauwerksdokumentation

Die heutige Praxis der Bauwerksdokumentation ist oft das händische Abmessen von baulicher Abweichung und deren spätere Übertragung auf die Planung im Büro, in Kombination mit Fotos. Das funktioniert zwar, ist aber recht ungenau und es kommt oft vor, dass Änderungen überhaupt nicht in die Pläne eingepflegt werden. Eine sichere Form eines Soll-Ist Abgleichs muss über einen genaueren Prozess geschehen und die neuen 3D-Scanner mit der entsprechenden Software können diese Aufgabe lösen. Es sollten dabei nach bestimmten Bauabschnitten 3D-Scans durchgeführt werden, prinzipiell sollten dazu 3 Scans während dem Bau genügen. Wichtig ist dabei ein Scan bei der Fertigstellung des Rohbaus, bevor mit der Installation von Leitungen begonnen wird, dann nach der Installation der gesamten Installation und ein letzter Scan, wenn der Innenausbau abgeschlossen ist. Diese Scanpunkte sollten fix im Bauablaufplan berücksichtigt werden und dadurch wird es möglich ein As-Build-Modell mit einer hohen Präzision zu erstellen. Für komplizierte Gegebenheiten wie Technikräume oder Tragwerke ist es ebenfalls sinnvoll einen Scan durchzuführen, wenn die Installation später durch andere Bauteile überdeckt wird. Sollte es dabei Abweichungen von der Planung geben, können die darauffolgenden Gewerke ihre Werksplanung darauf anpassen und die Chancen von Verschwendung durch die Produktion von unpassenden Bauteilen entfällt.

Während dem Bauen gibt es eine Projektplattform, wo sämtliche Projektbeteiligten ihre Modelle, Planungsdokumente, Baustellenbilder, Datenblätter usw. ablegen. Am Ende des Projektes kann dieser Datenraum dann dem Bauherren als Baustellendokumentation übergeben werden. Bei richtiger Vorbereitung ist es auch möglich, dass die erstellten BIM-Modelle für das FM weiterverwendet werden können. Die Kommunikation während des Projektes sollte über eine gemeinsame Plattform geführt und Mängel und Änderungen über diese abgehandelt werden. BIM360 hat diese Funktion und ist deswegen ein gutes Werkzeug zur Bauwerksdokumentation.

4.3 Koordination der Planung

Der virtuelle Projektraum ist durch die fortschreitende Digitalisierung Wirklichkeit geworden. Mit BIM360 ist die erste vollintegrierte und lebenszyklusübergreifende BIM-Plattform eines großen Software Herstellers auf dem Markt. Es wäre zwar wünschenswert eine freie Plattform für den Bau zu haben, jedoch sind viele dieser Plattformen aufgrund der hohen technischen Anforderungen und den damit verbunden Kosten noch in der Entwicklung, weshalb ein OpenBIM-Prozess mit freier Software noch nicht praxistauglich ist. Die Lösung von Autodesk ist bereits seit einigen Jahren auf vielen Pilotprojekten in den USA und Skandinavien getestet und ist anhand der Anforderungen der Planer und Baufirmen weiterentwickelt worden. Das wichtigste dabei ist, dass diese Plattform die Akzeptanz bei allen Projektbeteiligten, besonders den ausführenden Unternehmen findet und bei den Projekten flächendeckend eingesetzt wird. Falls kleinere Handwerksfirmen nicht die entsprechende Hardware besitzen, sollte diese vom Auftraggeber gestellt werden. Sollte es nicht anders möglich sein, muss der BIM-Koordinator die gesamte Kommunikation und Daten in die Plattform einpflegen.

Nur wenn alle Daten digital erfasst sind, ist es möglich, die Informationen auffindbar zu halten.

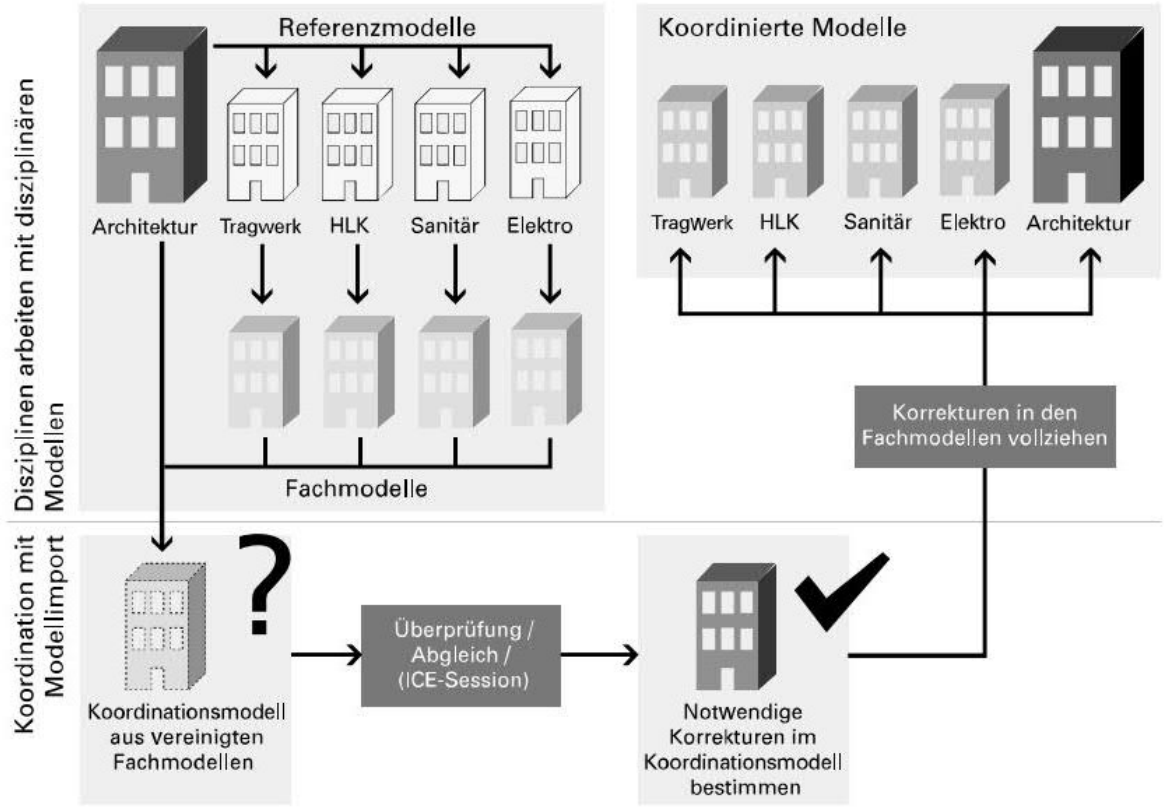


Abbildung 31 - Verfahren der BIm-Modellkoordination beispielhaft anhand eines Hochbaus[52]

AwF5 – Koordination der Fachgewerke

Die Grundlage für ein gutes Projekt ist Kommunikation, deshalb ist es wichtig zu Beginn des Projektes die Grundlagen der Planung klar durchzusprechen. Zuerst erstellt der Architekt ein Entwurfsmodell anhand dessen dann der Tragwerksplaner und Haustechnikplaner die jeweiligen Fachgewerke planen. Im nächsten Schritt wird der Platzbedarf für die Haustechnik festgelegt und die benötigten Durchbrüche durch tragende Elemente abgeklärt. Sobald alle Modelle in einem ersten Entwurf fertig sind, können diese entweder direkt in Revit oder bei einem offenen BIM-Prozess mit einem Model-Checker koordiniert werden. Dabei werden Kollisionsprüfung und sonstige Prüfungen durchgeführt und Probleme können so erkannt und behoben werden. Der Schritt der Detaillierung und anschließender Koordinierung wird so lange wiederholt bis die gewünschte Modellqualität erreicht wird.

BIM360 bietet die Möglichkeit alle Teilgewerke in der Cloud zu speichern und leicht verfügbar zu machen und mehrere Personen können an einem Projekt arbeiten und es wird ausgeschlossen, dass mehrere Versionen einer Datei parallel erstellt werden.

[52] (SIA, 2017, S. 28)

AwF6 - Fortschrittskontrolle der Planung

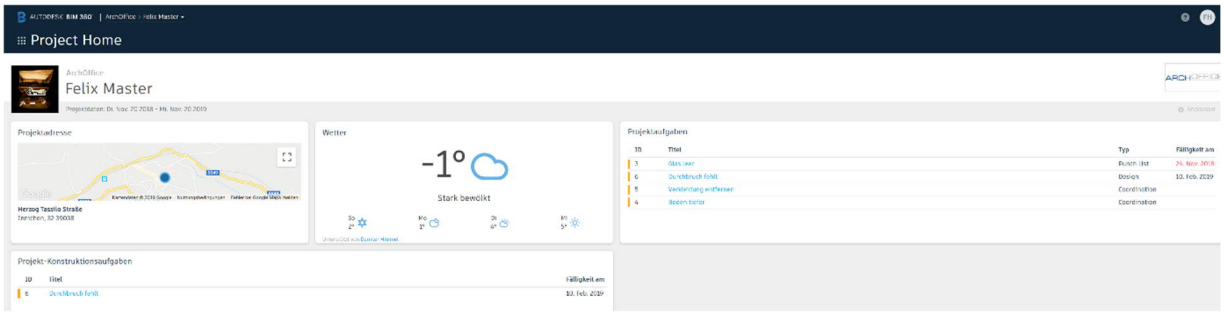


Abbildung 32 - BIM360 Projektübersicht[53]

Um eine Übersicht über den Stand der Planung eines multidisziplinären Teams zu haben ist es notwendig, dass alle Planungsdaten auf einer gemeinsamen Plattform abgelegt werden und für alle die benötigten Daten verfügbar sind. Moderne Plattformen, wie BIM360, bieten die Möglichkeit die verschiedenen Teilmodelle der verschiedenen Planer direkt im Webbrowser zu einem Koordinationsmodel zu vereinen. Dort kann die Planung koordiniert und Meilensteine für die Projektplanung festgelegt werden. Nach dem BAP werden dann je nach Projektphase die geforderten Informationen ergänzt oder die Model Geometrie verfeinert. Gibt es Unstimmigkeiten können diese über Planungsaufgaben den betreffenden Planern übermittelt werden.

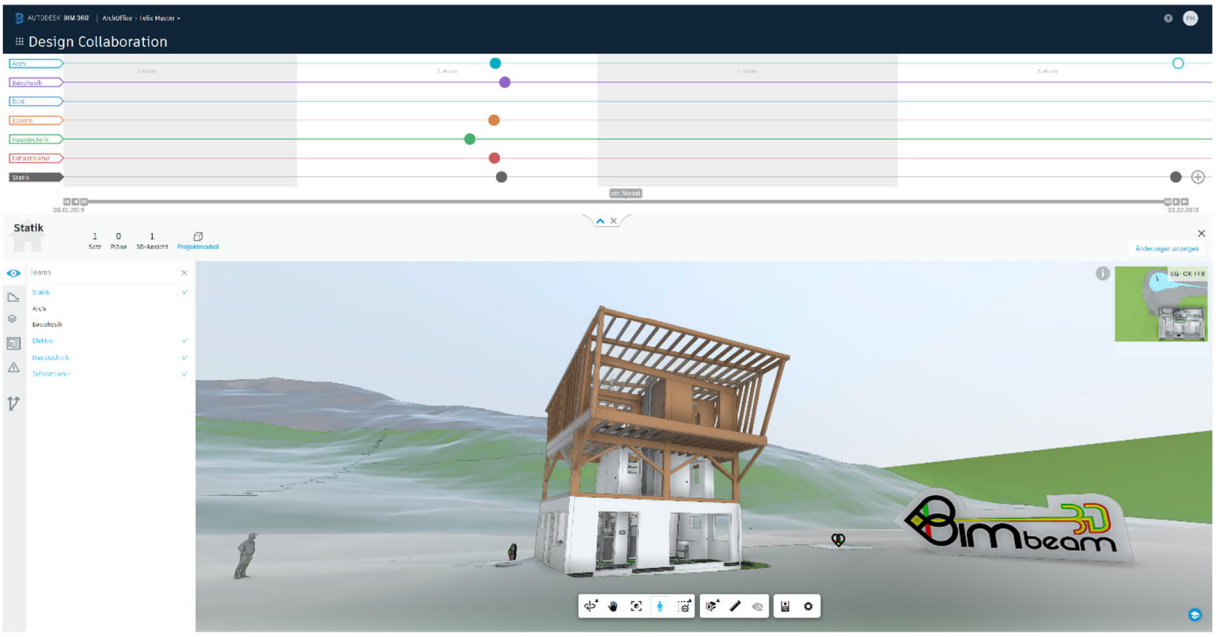


Abbildung 33 - BIM360 Design Collaboration Webviewer[54]

Ob Aufgaben abgearbeitet oder noch zu erledigen sind ist dabei ersichtlich und Reaktionszeiten können im Falle von nicht erbrachten Leistungen nachvollzogen werden. So wäre es auch möglich einen finanziellen Bonus für die schnellsten Reaktionszeiten einzuführen und so die Zusammenarbeit in der Planung zu fördern.

[53] eigene Darstellung
[54] eigene Darstellung

AwF9 – Planungsfreigabe

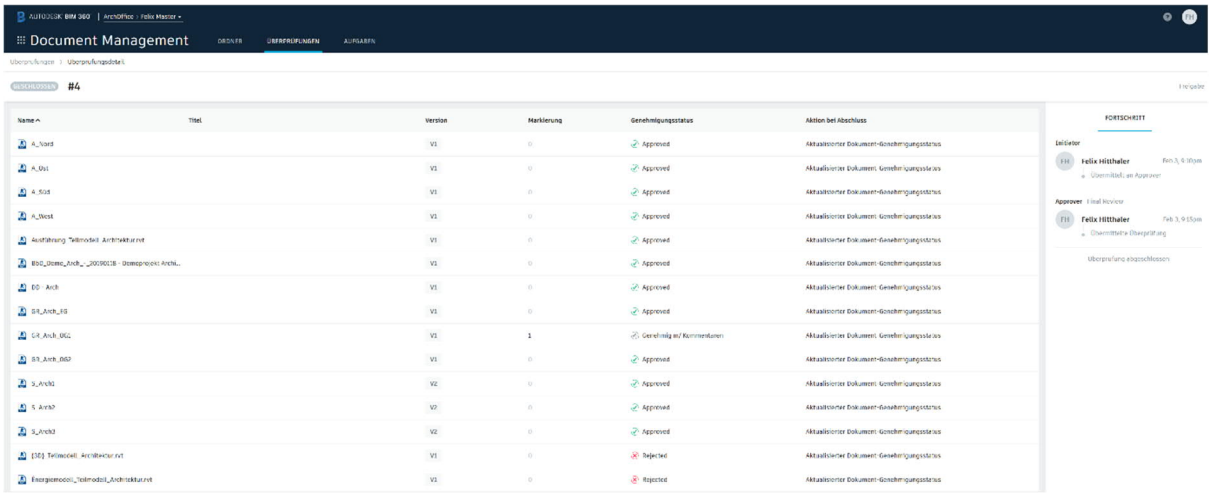


Abbildung 34 - Planfreigabe in BIM360 Document Management[55]

Die Projektplattform benötigt eine Möglichkeit einen Freigabeprozess für Pläne zu definieren. In BIM360 können mehrstufige Vorgänge festgelegt werden und sobald die Pläne vom Bauherren oder wer auch immer dafür zuständig ist genehmigt wurden, werden diese auf einen für die Baustelle geltenden Bereich in der Projektplattform freigegeben und dort abgelegt. Sollte es noch Fehler in der Planung geben, können diese durch einen integrierten Prozess zur Zuweisung von Aufgaben und Mängeln beseitigt werden und erst dann werden die Pläne freigeben. Somit ist klar definiert wann und wie die Modelle zum Überarbeiten und Freigeben sind und es wird verhindert, dass unnötig viele Versionen einer Planung erstellt werden, wie es heute oft mit CAD und E-Mail passiert.

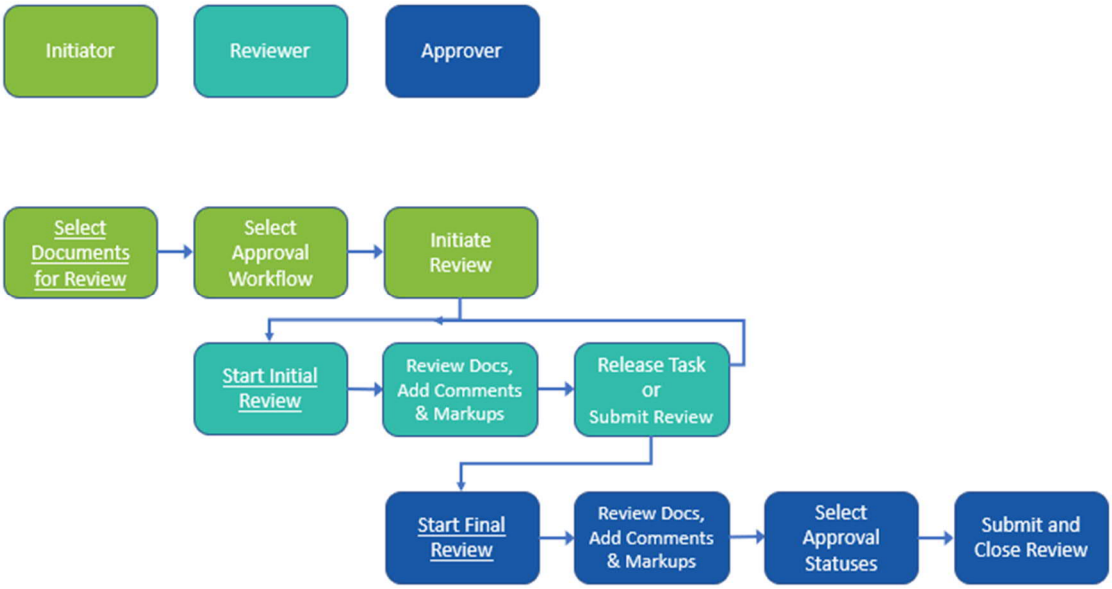


Abbildung 35 - Freigabeprozess[56]

[55] eigene Darstellung
[56] (Autodesk, 2019)

AwF16 – Änderungsmanagement bei Planungsänderungen

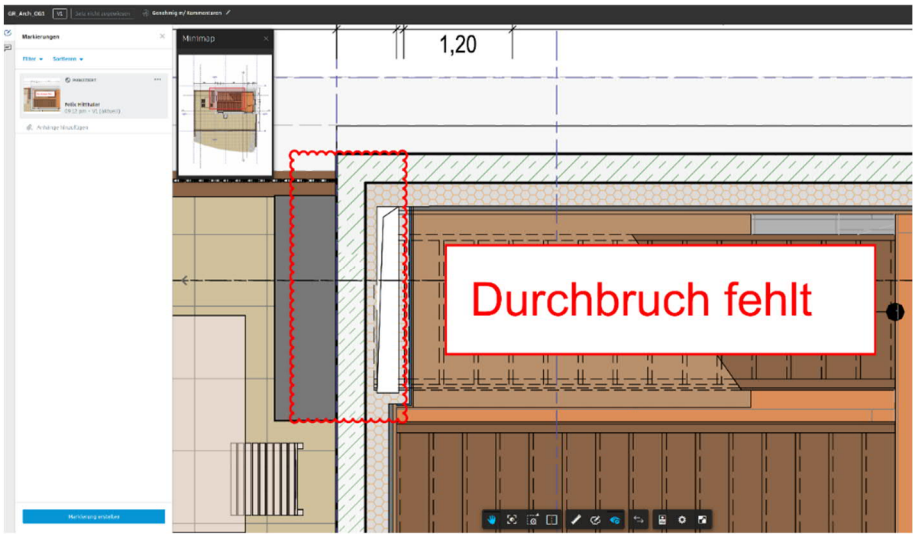


Abbildung 36 - Planmarkierungen in BIM360[57]

Im BIM360 können direkt auf der Plattform Markierungen in Plänen und 3D Modellen erstellt werden, um so Aufgaben an den betroffenen Planer oder Ausführenden zu übermitteln.

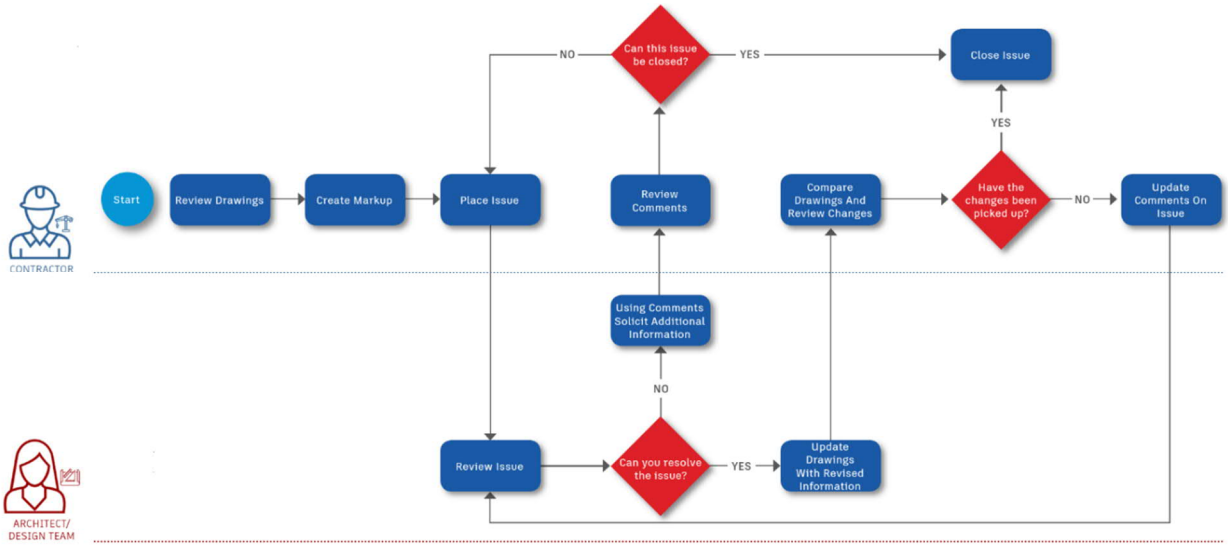


Abbildung 37- Planänderungsprozess mit BIM360 in der Bauphase[58]

Auch Baufirmen können ihre Planung in die Projektplattform integrieren und das Planungsteam oder der BIM-Koordinator können die Werksplanung mit der bestehenden Planung vergleichen und durch frühzeitige Erkennung notwendige Änderungen im virtuellen Projektraum anstatt auf der Baustelle durchführen. Dadurch können Kosten eingespart werden und Verzögerungen durch Verzug von Bauleistungen entfallen.

[57] eigene Darstellung
[58] (Autodesk, 2018, S. 6),

4.4 Kommunikation & Simulation

Auf dem Papier ist es schwierig seine Visionen unmissverständlich zu kommunizieren deswegen ist es einfacher die Information in Bilder umzuwandeln, dies erhöht die Verständlichkeit und sind ein gutes Verkaufsargument. Nicht umsonst geben Architekturbüros tausende Euros für ein einziges fotorealistisches Projektrendering aus. Bei der BIM-Arbeitsweise entstehen diese Bilder, zwar nicht unbedingt in der Qualität von Profi Renderings, jedoch gut genug, um eine Idee zu kommunizieren, praktisch umsonst als Nebenprodukt im Planungsprozess.

AwF3 – Visualisierung

Die einfache Visualisierung bei einer BIM-Planung ist ein großer Vorteil und Visualisierungen müssen nicht durch einen teuren und zeitaufwendigen von der eigentlichen Planung abgekoppelten 3D-Modellierungsprozess, meistens in Kombination mit Bildbearbeitungsprogrammen, wie Photoshop, erstellt werden.

Um bei der Visualisierung in Revit optisch ansprechende Ergebnisse zu produzieren ist ein grundlegendes Verständnis für das Arbeiten mit Texturen notwendig und die Darstellung der Materialien muss für das gewünschte Ergebnis optimiert sein. Sollten mehrere 3D-Visualisierungen in einen Plan eingefügt werden, ist es zu empfehlen, diese vorher zu Rendern und anschließen als Bild einzufügen, da sonst die Planbearbeitung sehr langsam wird. Bei Revit gibt es die Möglichkeit viele Ansichten gleichzeitig in der Cloud rendern zu lassen. Dies ist jedoch nicht kostenlos und deswegen ist Enscape die bessere Variante, um optisch ansprechende 3D Visualisierungen zu erzeugen.

Enscape - Echtzeitvisualisierung

Dabei handelt es sich um ein Echtzeit Rendering Plugin für Revit. Es werden die Möglichkeiten moderner Grafikkarten ausgenutzt und man kann sich frei im Projekt bewegen, anstatt teilweise stundenlang auf ein Bild zu warten. Die Bedienung ist einfach gehalten und die Funktionen sind übersichtlich. Das Rendering wird mit einem Klick in einem zweiten Betrachtungsfenster geöffnet und die Texturen sind identisch mit denen die in Revit eingestellt werden. Wird in Revit ein Bauteil geändert, werden diese sofort nach Enscape übertragen und so kann die Visualisierung in einem interaktiven Prozess auf das gewünschte Endergebnis optimiert werden. Die Bepflanzung und die Darstellung von Grasflächen sind auch verbessert. In Enscape kann die Tageszeit fließend verändert und Oberflächen können mit der sogenannten Lichtsicht nach der Beleuchtungsstärke eingefärbt werden, um so die Belichtung von Räumen in Echtzeit zu simulieren.

Ist das Modell fertiggestellt, bietet Enscape viele Möglichkeiten das Model zu kommunizieren. Es können schnell Renderings als Bilder oder sogar animierte Videos erstellt werden. Ebenso ist es möglich eine eigenständige ausführbare Datei von einem Projekt zu erstellen, welche dann ohne Software auf einem Windows PC geöffnet werden kann und seit Version 2.4 ist ein Webviewer für Browser verfügbar, so ist das Projekt immer in der Cloud verfügbar.

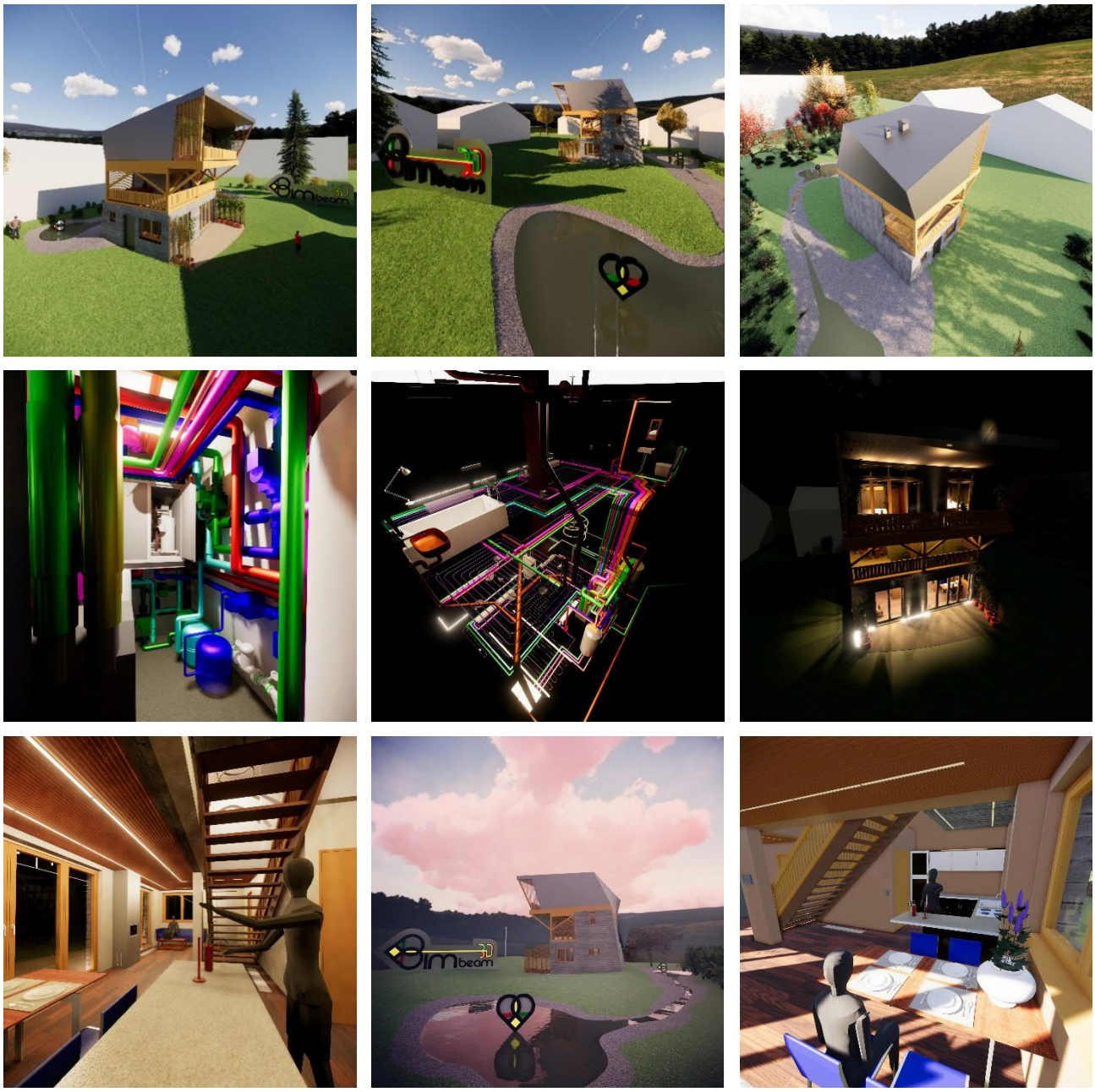


Abbildung 38 - Sammlung von Enscape Visualisierungen[59]

Auch Panorama Ansichten für das Google Cardboard können ausgespielt werden und dazu gibt es eine Schnittstelle zu VR Headsets wie die HTC Vive oder Oculus Rift. Dies eignet sich besonders um die optische Modellqualität zu prüfen und ist ein wertvolles Präsentationswerkzeug.

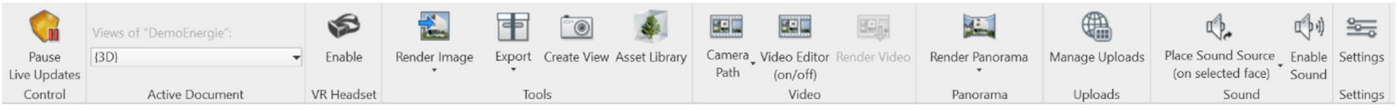


Abbildung 39 - Enscape Benutzeroberfläche[60]

[59] eigene Darstellung
[60] eigene Darstellung

Virtual Reality

Virtual Reality ist eine relative neue Technologie und wurde vorwiegend für die Gaming Industrie entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Brille, in der über eine Grafikumgebung jeweils ein Bild für jedes Auge erzeugt wird. Im menschlichen Gehirn wird ein Raumempfinden wahrgenommen und diese virtuell erzeugten Bilder scheinen der Realität zu entsprechen. Bei einer Betrachtung am Bildschirm ist dies ohne Erfahrung nicht so leicht möglich und vor allem Probleme wie zu niedrige Deckenhöhen oder zu wenig Wartungsraum bei Technik können frühzeitig erkannt werden und verhindern so teure Umplanungen während der Bauphase. Durch Controller ist es möglich sich interaktiv im BIM-Modell zu bewegen und Software wie Enscape kann dazu in Echtzeit den Sonnenverlauf simulieren. Neben Enscape gibt es auch mit Autodesk Live oder Prospect von IrisVR die Möglichkeit das BIM-Model in VR darzustellen. Prospect bietet sogar die Möglichkeit einen virtuellen Projektraum zu schaffen und dort Termine mit mehreren Personen abzuhalten und so kann wertvolle Zeit für den Weg zu den Projektpartnern eingespart werden.

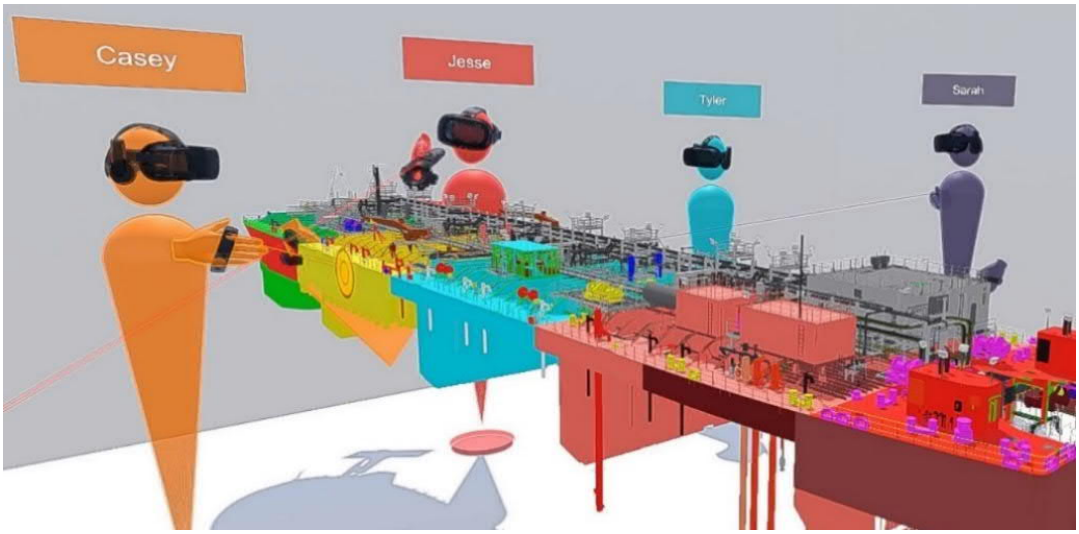


Abbildung 40 - Virtuelle Modellbesprechung mit Prospect[61]

Augmented Reality

Augmented Reality ist ähnlich wie Virtual Reality, doch im Gegensatz dazu wird die reale Umgebung entweder über semitransparente Bildschirme oder durch parallel aufgenommene Bilder mit einbezogen. Augmented ist die englische Bezeichnung für Erweitern, deswegen ist es mit dieser Technologie möglich die physikalische Welt mit digitalen Informationen zu überlagern. So kann z.B als einfaches Beispiel eine Möbelplanung in einem Raum dargestellt

Abbildung 41 - IkeaPlace[62]

[61] (Prospect, 2019), Stand: 12.02.2019
[62] eigene Darstellung

werden und die Planung ist für den späteren Bewohner räumlich leicht verständlich. Große Konzerne haben bereits bemerkt, dass AR ein gutes Werkzeug für den Verkauf von Produkten ist und mit IkeaPlace gibt es bereits eine iOS App über die eine Wohnung mit dem umfangreichen Ikea Sortiment geplant und in AR angeschaut werden kann. Mit der gleichen Technologie ist es so auch möglich geplante Architektur am späteren Bauplatz direkt darzustellen und im Erdgeschoss kann man dabei sogar den Innenraum betrachten und so die Blickwinkel aus den Fenstern schon vor dem Bau begutachten.

Abbildung 42 - Augmented Reality Aufnahmen mit iPad[63]

Eine andere Anwendung von AR ist die Darstellung von Gebäudetechnikplanungen, welche in den Gebäuden oft in abgehängten Decken oder sonstigen Schächten versteckt sind und somit ist die Position ohne Hilfsmittel nur schwer zu ermitteln. Es ist auch möglich Echtzeitdaten einzubinden oder die selektive Anzeige von Komponenten, die eine Wartung benötigen. Ariot ein Unternehmen mit Sitz in Wien und Berlin entwickelt eine Software für diesen Zweck. Seit kurzen ist die Microsoft HoloLens in Zusammenarbeit mit Trimble auch in einer Helm-Version verfügbar und die AR-Brillen können somit auf der Baustelle eingesetzt werden. Durch die Implementierung von AR-Applikationen in die Betriebssysteme, wie es in iOS und Android bereits geschehen ist, werden in Zukunft keine zusätzlichen Applikationen für AR benötigt, sondern 3D-Modelle können durch das Scannen eines QR-Codes oder Mustererkennung direkt aufgerufen und mit einem interaktiven Prozess mit den Plänen überlagert werden.

Abbildung 43 - HoloLens Helm Version von Trimble[64]

[63] eigene Darstellung
[64] (Microsoft, 2019)

AwF4 – Bemessung und Nachweisführung

Bei Hochbauprojekten sind im Gegensatz zu Infrastruktur Projekten mehr Berechnungen und Simulationen notwendig und sinnvoll. Dabei ist es wichtig, dass es funktionierende Schnittstellen gibt oder die Software direkt in die BIM-Umgebung integriert ist, wie es bei Sefaira für die Konzeptanalyse der Fall ist. So kann ein effektiver Datenfluss über alle Planungsphasen gewährleistet und die Berechnung kann auf dem aktuellen Stand der Bauausführung gehalten werden. Bereits am Anfang des Projektes sollten dabei mit abstrahierten Modellen schon Simulationen durchgeführt werden. Ideal wäre dabei, bereits die Lebenszykluskosten zu berechnen und diese dann bei der Leistungsvergabe als ein Wertungskriterium zu berücksichtigen. Das würde einen Anreiz schaffen, um bereits in frühen Projektphasen hochwertige und bis zum Ende gedachte Planungen abzuliefern. Die Kosten, die durch den Mehraufwand in der Planung entstehen, können durch die Reduktion der Energie- und Betriebskosten von Gebäuden relativiert werden.

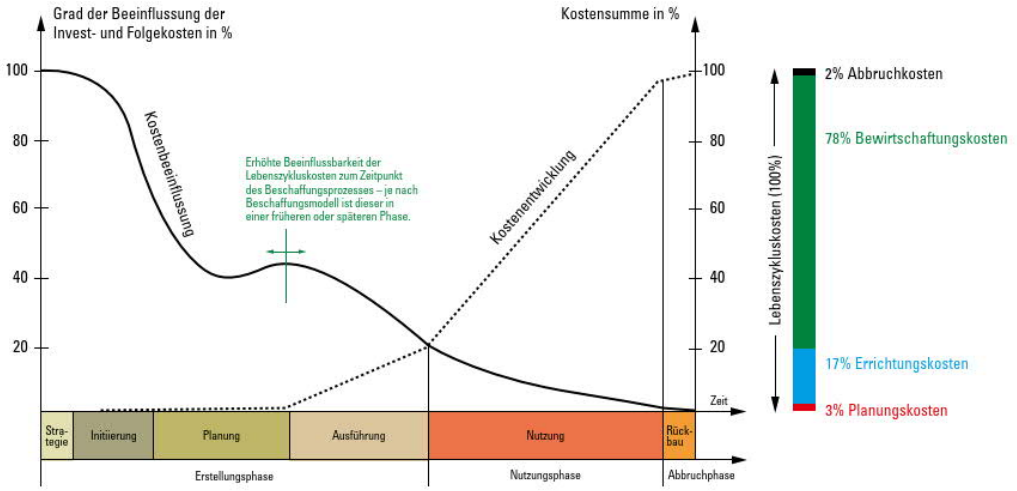


Abbildung 44 - Grad der Beeinflussung der Erst- und Folgekosten über den Lebenszyklus von Gebäuden[65]

Ein weiterer Vorteil ist, dass eine BIM-basierte Planung auch durch automatisierte Prüfalgorithmen auf die Einhaltung von Baurichtlinien und Normen geprüft werden kann. Dazu wäre es jedoch notwendig, die bestehenden Normen so zu ändern, dass diese durch einen Computer interpretierbar sind und die Möglichkeit unterschiedlicher Auslegung von Textstellen nicht mehr möglich ist. Bereits heute werden bei großen öffentlichen Projekten dynamische Fluchtsimulationen durchgeführt und Anlagen zur Brandentrauchung und Entwässerung können durch eine CFD-Simulation simuliert werden.

SolarComputer -Gebäudetechnikberechnungen

Die Firma SolarComputer wurde 1986 gegründet und ist auf Softwarelösungen für die effiziente Planung von TGA spezialisiert. Seit 2008 gibt es für Revit das Tool GBIS was für "Green Building Information System" steht und auf dem Austauschformat gbXML beruht. Dabei werden die geometrischen Zusammenhänge und Bauteilinformationen

[65] (IG Lebenszyklus Bau, Oktober 2016, S. 6)

aus Revit ausgelesen und können über die Schnittstelle in SolarComputer eingespielt werden, um Heizlast, Kühllast, Rohr- und Luftkanal-Berechnungen ohne die manuelle Eingabe der Geometrie zu berechnen. Diese Vorgehensweise spart im Gegensatz zur manuellen Eingabe der Geometrie in tabellarischer Form viel Zeit und bei Änderungen kann einfach die Geometrie neu übertragen werden und so bleiben die Berechnungen aktuell. Da die Informationen in die SC-Datenbank integriert werden, ist die Berechnung übersichtlich. Dank der bidirektionalen Schnittstelle zwischen den Programmen werden die Ergebnisse direkt ins Revit-Modell übertagen und Fehler durch die falsche Übernahme von Daten werden ausgeschlossen.

Raumzusammenstellung Kühllast

Raum-nummer	Bezeichnung	Fläche m²	Kühllast W	Kühllast W/m²	Tag / Monat	Uhrzeit
00.000.001	2 Technik	5.18	-72	-13.92	22. Juli	24:00
00.000.002	3 Gäste WC	3.64	-70	-19.28	28. März	18:00
01.000.003	4 Treppe	14.96	-560	-37.43	27. September	14:00
02.000.004	5 Schlafzimmer	11.33	-667	-58.89	3. Januar	11:00
02.000.005	6 Arbeitszimmer	9.69	-528	-54.48	19. November	13:00
02.000.006	7 Bad	5.58	-408	-73.07	23. Juli	24:00
02.000.007	8 WC OG	1.74	-361	-207.46	23. Juli	24:00
02.000.008	9 Gang	7.05	-437	-62.03	23. Juli	24:00

Raumzusammenstellung Heizlast

Raum-nummer	Bezeichnung	Fläche m²	Heizlast W	Heizlast W/m²	Tag / Monat	Uhrzeit
00.000.001	2 Technik	5.18	155	29.92	13. Januar	11:00
00.000.002	3 Gäste WC	3.64	222	61.03	13. Januar	11:00
01.000.003	4 Treppe	14.96	825	55.18	13. Januar	9:00
02.000.004	5 Schlafzimmer	11.33	1157	102.14	13. Januar	9:00
02.000.005	6 Arbeitszimmer	9.69	764	78.85	13. Januar	9:00
02.000.006	7 Bad	5.58	261	46.80	13. Januar	9:00
02.000.007	8 WC OG	1.74	200	114.99	13. Januar	9:00
02.000.008	9 Gang	7.05	225	31.96	13. Januar	9:00

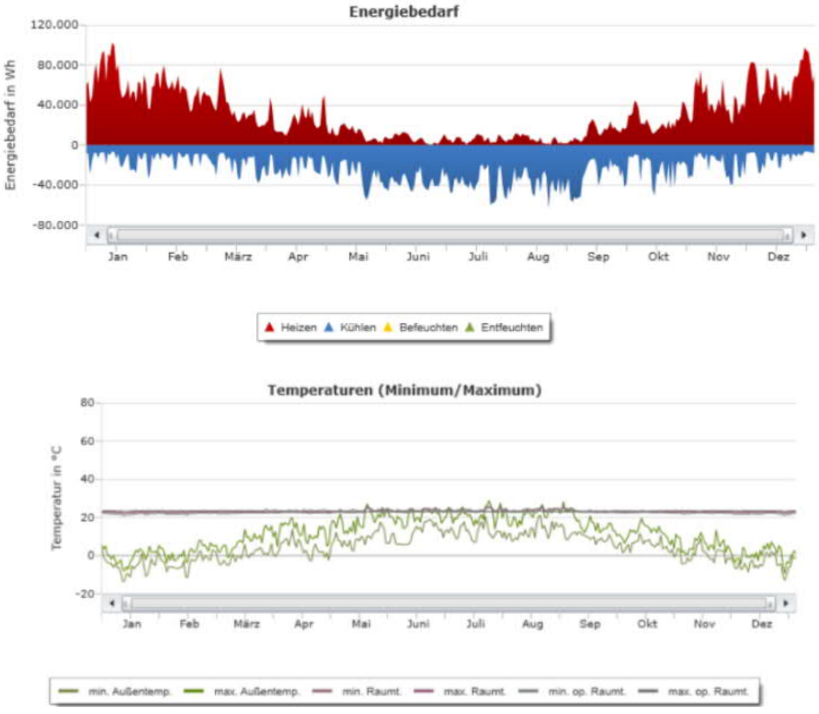


Abbildung 45 - Energiebedarfsberechnung mit Heiz- und Kühllast nach VDI 2078[66]

[66] eigene Darstellung

Insight360 & Flow Design - Simulationen

Autodesk hat auch in der eigenen Produktpalette Software für die Simulation von gebäudespezifischen Anwendungen. Für das Klimadesign und die Energieberechnung ist der Cloud-Service Insign360 verfügbar, der in Formlt und Revit integriert ist. Im Gegensatz zu den marktüblichen Berechnungsprogrammen arbeitet Insight nicht mit absoluten Zahlen, sondern der Energiebedarf wird in einer Spanne angeben. So ist die Spanne bei einem Formlt Körper noch groß, wird diese immer genauer, je weiter das Revit Modell detailliert wurde. Dabei soll das Tool den Architekten unterstützen den Energiebedarf von Neubauten zu reduzieren, um die globalen Klimaziele zu erreichen, welche in der Architecture2030Challenge festgelegt wurden. In Zentraleuropa ist die Energieeffizienz in Gebäuden jedoch schon seit Anfang 2000 durch die Passivhaus-Bewegung und die daraus resultierenden nationalen Normen für Energieeffizienz auf einem besseren Stand und deswegen ist Insight für den deutschsprachigen Raum nur zur Konzeptentwicklung sinnvoll. Was jedoch interessant ist sind die Funktionen zur Erstellung von Simulationen für Tageslicht im Innenraum und Solare Einstrahlung auf Fassadenflächen. Durch Visualisierung im 3D-Modell können die Ergebnisse den Kunden in einer ansprechenden Form präsentiert werden.

Abbildung 46 - Simulation der Solareinstrahlung und Tageslicht mit Revit und Insight360[67]

Auch Simulationen von Windlasten und Luftbewegung in einem virtuellen Windkanal können mit dem CFD Programm Autodesk FlowDesign durch eine funktionierende Schnittstelle zeiteffizient erstellt werden. Dies macht vor allem bei großvolumigen Gebäuden wie Hochhäusern oder zur Planung von natürlicher Belüftung Sinn. Die Ergebnisse haben eine ansprechende grafische Darstellung hinterlegt und es ist möglich Animationen aufzuzeichnen.

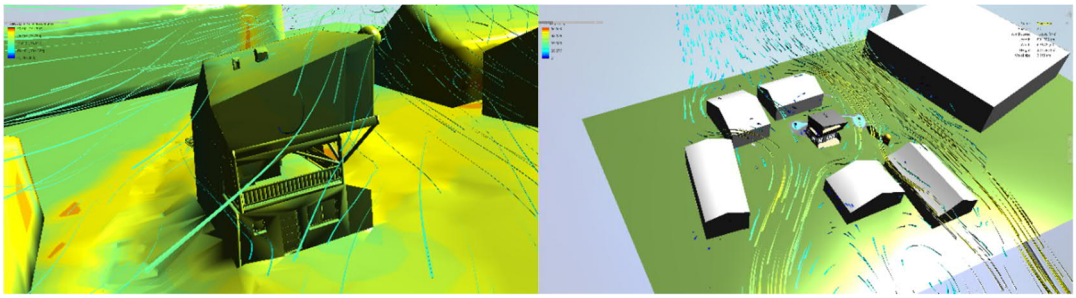


Abbildung 47 - CFD Wind Simulation mit Autodesk FlowDesign[68]

[67] eigene Darstellung
[68] eigene Darstellung

Computerspiel-Engines

Nachdem 3D-Animation aus Forschungszwecken entwickelt wurde, war es wegen der damals neuen Computer zu teuer und aufwändig digitale Bilder zu produzieren. Die Werbebranche hat in den Anfängen durch die Produktion von 3D animierten Werbespots eine Vorreiterrolle eingenommen und bald wurde die Technologie für die Produktion von Spielfilmen weiterentwickelt, wo vor allem Walt Disney mit dem Film Tron als ein Meilenstein zu sehen ist. Gleichzeitig entwickelte sich durch die Verfügbarkeit von erschwinglichen Computern und Konsolen für den privaten Gebrauch die Computerspieleindustrie, welche bis heute die Filmindustrie im Umsatz überholt hat. 2016 konnte dabei die 100 Millionen weltweite Umsatzmarke erreicht werden und Gaming gehört zu einem der größten Wachstumsmärkte.[69] Durch die hohen Umsätze war es möglich und auch notwendig viel Geld in die Entwicklung von neuen Technologien zu stecken. Dabei war die Gaming-Industrie sehr erfolgreich und heute können in Echtzeit generierte Bilder nur noch schwer von Videoaufnahmen unterschieden werden. Im Gegensatz dazu gab es in der Baubranche sehr wenig technische Innovation und nur wenige Unternehmen haben in die Weiterentwicklung und Digitalisierung der Baubranche investiert. Das spiegelt sich in der schlechten Benutzerfreundlichkeit der Software für die Planung, insbesondere bei Spezialanwendungen, wie beispielsweise CFD wieder, da diese von Experten für Experten entwickelt wurden.

Unity, neben Unreal, die verbreitetste Laufzeit- und Entwicklungsumgebung für Computerspiele, kann bald auch mit den BIM-Daten arbeiten. Ende 2018 gab Unity gemeinsam mit Autodesk bekannt, dass es 2019 eine bidirektionale Schnittstelle zwischen den beiden Programmen geben wird und dann können die in Revit erzeugten BIM-Daten einfach in die fortschrittlichste Visualisierungs- und Simulationsumgebung übertragen werden, was viele neue Anwendungen ermöglicht. Dabei können fotorealistische Renderings mit einer für den Endbenutzer zugänglichen Benutzeroberfläche erstellt werden. Da diese Umgebungen für die Entwicklung von Spielen parallel auf mehreren Plattformen entwickelt wurden, ist es möglich auf den Kunden zugeschnittene Apps zu entwickeln, welche auf Windows, Android und Apple Produkten ausgeführt werden können. Auch die Entwicklung von VR- und AR-Applikationen ist möglich und sobald die Schnittstelle für Revit verfügbar ist, wird es einfach möglich sein, maßgeschneiderte Erlebnisse einfach und kostengünstig zu entwickeln. Für die Engine Unreal ist bereits ein Revit Addon verfügbar. Ein weiterer Vorteil dieser Umgebungen ist, dass neben dem Licht auch die Physik und das Verhalten von Menschen mitsimuliert wird und somit können z.B. Fluchtsimulationen für den Brandfall durchgeführt werden.

Abbildung 48 – Unity AR Applikation[70]

[69] (Der Standard, 2016), Stand: 12.02.2019
[70] (Virtual Projects, 2019), Stand: 12.02.2019

4.5 Kosten

Allgemein zeichnet sich der BIM-Planungsprozess dadurch aus, dass es zu einer Leistungsverschiebung beim Planen von der Ausführungsphase in die Entwurfsphase eines Projektes kommt. Wegen der detaillierteren Planung ist dies mit einem gewissen Mehraufwand verbunden. Der größte Vorteil ist jedoch, dass von dieser Planung sämtliche Mengen für die Leistungsbeschreibung der ausführenden Unternehmen abgeleitet werden können und der Einfluss von Änderungen in der Planung kann leicht quantitativ ermittelt werden. Bei konventioneller Planung ist die Leistungsbeschreibung auf Grund der Unsicherheiten der Planung oft fehlerhaft und die ausführenden Unternehmen sind wegen des Preisdrucks bei der Vergabe darauf angewiesen ihren Gewinn über Nachträge zu erwirtschaften, deswegen kann die Praxis der heutigen Bauausführung als nachtragsorientierte Projektabwicklung bezeichnet werden. Es ist zu erwarten, dass es mit BIM zu erheblichen Einsparungen in der Bauausführung kommt und diese den Mehraufwand für die Planung relativieren.

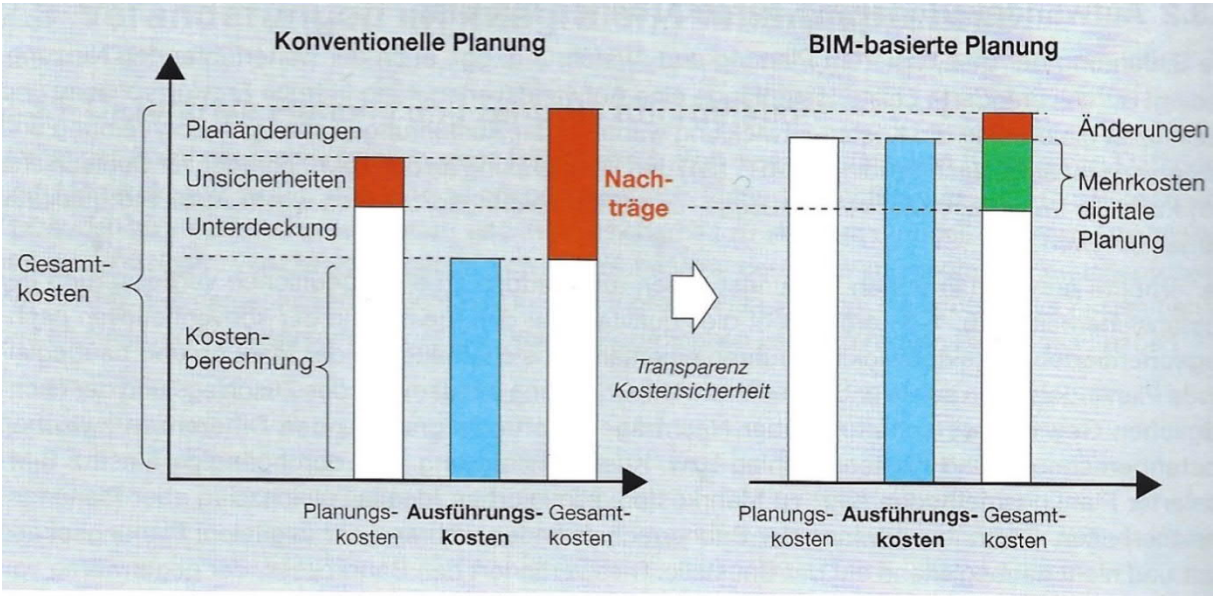


Abbildung 49 - Vergleich Gesamtkosten zwischen konventioneller & BIM-basierter Planung[71]

AwF10 – Kostenschätzung und Kostenberechnung

Erfolgt eine Planung mit BIM, ist es möglich, dass die für die Ermittlung der Kosten benötigten Kennzahlen wie Flächen, Volumen oder Stückzahlen direkt aus dem Modell abgeleitet werden. Außerdem ist es durch die Modellierung von Entwurfskörpern möglich wichtige Kennzahlen wie Geschossfläche und Volumen für eine grobe Schätzung zu Projektbeginn zu ermitteln, was sich für einen Variantenvergleich anbietet. Sobald die Variante zur Ausführung festgelegt wurde, ist es bei der Mengen- und Kostenermittlung mit BIM notwendig Elemente bedarfsgerecht zu modellieren, dabei sollte jedoch soweit es geht abstrahiert werden, um unnötigen Arbeitsaufwand zu

[71] (Treeck, 2016, S. 26)

vermeiden. So kann im Laufe der Planung die Kostenschätzung immer weiter verfeinert und Änderungen können sofort übernommen werden. Eines der Hauptprobleme bei der normgerechten Mengenermittlung mit BIM ist, dass viele Normen zur Massenermittlung auf der alten Arbeitsweise mit 2D-Plänen und händischem Aufmaß beruhen und deswegen ist es schwierig diese programmtechnisch abzubilden.

Die einfachste Variante für den AwF ist dabei die Mengen aus den Bauteillisten in Revit zu entnehmen und diese dann manuell in das Programm zur Kostenermittlung zu übertragen, wo die Mengen den jeweiligen Positionen zugeordnet werden.

BuildingOne - Datenbankanbindung

Das Datenbankprogramm BuildingOne von OneTools bietet die Möglichkeit einen bidirektionalen Datenaustausch zwischen Revit und einer SQL-Datenbank herzustellen. Dabei wird ein Raum- und Gebäudebuch erstellt und in Revit können Mengen über sogenannte Elementprovider ausgelesen und daraus ein Leistungsverzeichnis erstellt werden. Auch das Einlesen von Bieterpreisen ist zum Erzeugen von Preisvergleichen möglich. Ein weiterer Vorteil der externen Datenbank ist, dass diese über einen Webservice bearbeitbar ist und so können Modelleigenschaften ohne das direkte Arbeiten am Revit-Modell angepasst werden, so kann z.B. der Bauphysiker die U-Werte der Wände direkt in das Architekturmodell schreiben. So ist eine multidisziplinäre Zusammenarbeit an einer gemeinsamen Datenbank möglich, ohne direkt mit der BIM-Software arbeiten zu müssen.

Abbildung 50 - BuildingOne Prozess[72]

Das Programm ist jedoch aufgrund der freien Datenbankstruktur recht aufwändig und zeitaufwändig zu konfigurieren, weshalb es nur bei großen Projekten, wo auch der externe Datenbankzugriff gefordert ist, wirklich sinnvoll das BIM-Modell direkt mit dem Leistungsverzeichnis zu verknüpfen. Sobald diese Arbeit für das Anlegen der Projektvorlage mit verknüpften Elementeigenschaften zwischen den Programmen erledigt ist, können die meisten Positionen im Leistungsverzeichnis automatisch aus den Modelldaten abgeleitet werden. Da nicht alle benötigen Informationen im BIM-Modell erfasst sind, ist das händische Befüllen einiger Kostenstellen notwendig.

Da es von OneTools auch eine Facility Management Tool gibt, können die Daten direkt in die dafür benötigte Datenbank übergeben werden, was eine nachhaltige Datennutzung über den gesamten Gebäudelebenszyklus ermöglicht.[73]

[72] (OneTools, 2019), Stand 12.02.2019
[73] (OneTools, 2019), Stand 12.02.2019

AwF11 – Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe

Eine direkte Ableitung eines Leistungsverzeichnisses aus dem BIM-Modell ist bereits heute mit mehreren Tools möglich. Beim Modellieren sollte darauf geachtet werden, dass im Modell eine der Leistungsphase angemessene Detailtiefe vorhanden ist und die benötigen Massen abgeleitet werden können. Da es erstrebenswert ist, dass zum Zeitpunkt der Leistungsvergabe bereits eine fertig koordinierte Planung vorhanden ist, sollte diese auch als Grundlage der Leistungsermittlung verwendet werden. Spätere Änderungen werden direkt aktualisiert und der Einfluss auf die Kosten ist sofort ersichtlich. Sollte die technische Integration von BIM-Modell und LV zu schwierig sein oder ist nicht der Planer, sondern eine externe Person für die LV Erstellung verantwortlich, so können die Bauteillisten aus Revit manuell oder mit einem Dynamo Skript automatisch abgeleitet und als Excel File weitergegeben werden. Allgemein kann man sagen, dass die automatische Mengenermittlung mit Revit einem die händische Berechnung von Massen gänzlich erspart und der Umfang der Ersparnis eine Frage des Automatisierungsgrades des Prozesses ist. Mit einem 3D-Modell ist es einfach möglich genaue Leistungsverzeichnisse zu erstellen und die Fehlerquellen und somit das Risiko wird minimiert. Auch bei Nachträgen ist eine einfache Handhabe möglich, da es weniger Spielraum für Interpretation und Diskussion ist.

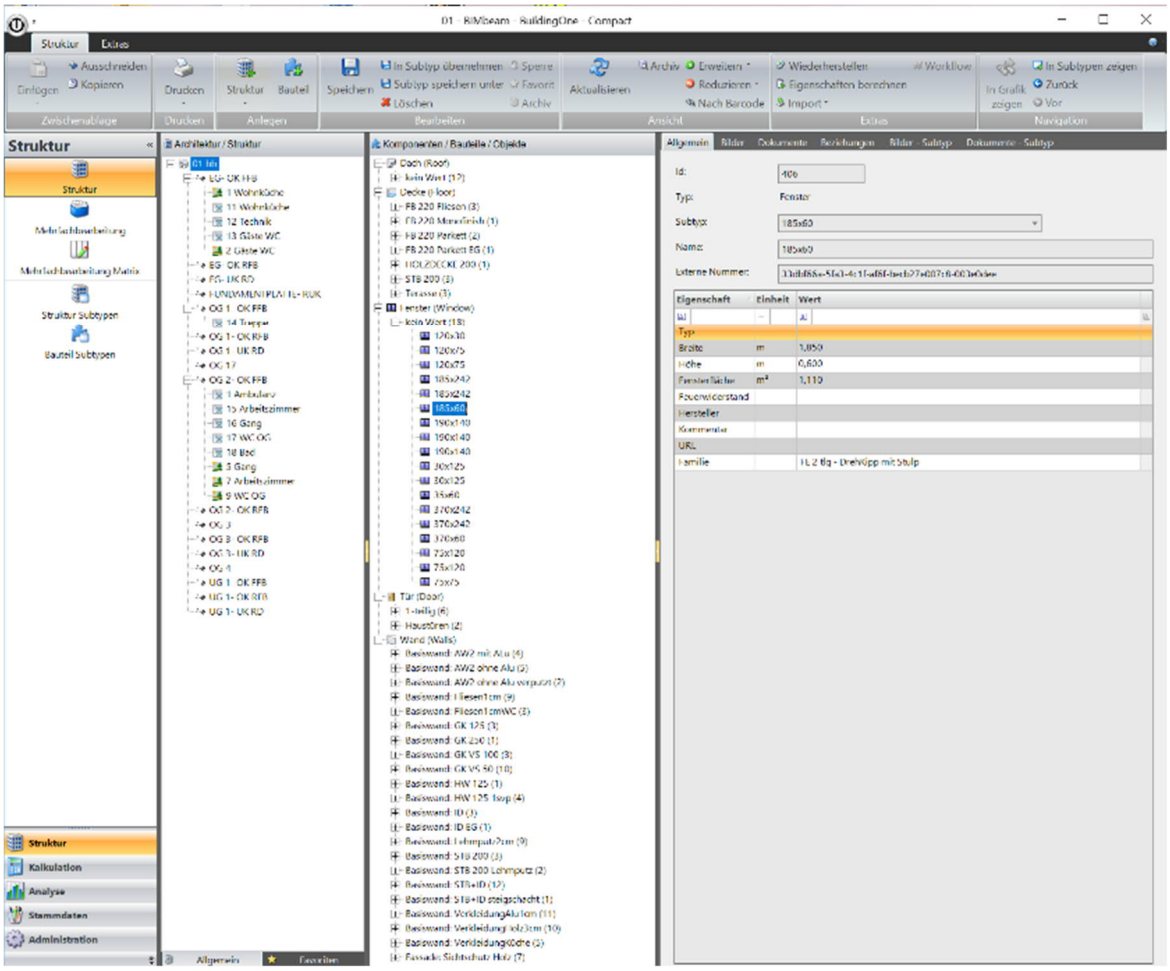


Abbildung 51 - BuildingOne Benutzeroberfläche[74]

[74] eigene Darstellung

AwF17 - Abrechnung von Bauleistungen

Würden alle Projektbeteiligten über einen Projektraum arbeiten, wäre es möglich, dass die Baufirma fertiggestellte Bauabschnitte in der Plattform vermerken und Zahlungen könnten dann nach einer Freigabe durch die Bauleitung automatisch durchgeführt werden. Auch Änderungen im Leistungsumfang können nach Anpassung der Planung aus dem BIM-Modell entnommen und Kosten können für den Bauherren transparent bestimmt werden. Während der Bauphase sollte dabei das BIM-Modell immer auf Stand der Planung bleiben und Änderungen sofort übernommen werden. Ideal wäre es, wenn die Baustelle mit regelmäßigen Laserscans abgenommen und verifiziert wird. Auch Drohnen können zur Erzeugung von Punktwolken während der Bauphase benutzt und daraus dann der Fertigstellungsgrad des Rohbaus ermittelt werden. Auch eine automatische Abrechnung von Maschinenstunden könnten durch Integration in eine digitale Zeiterfassung erfolgen.

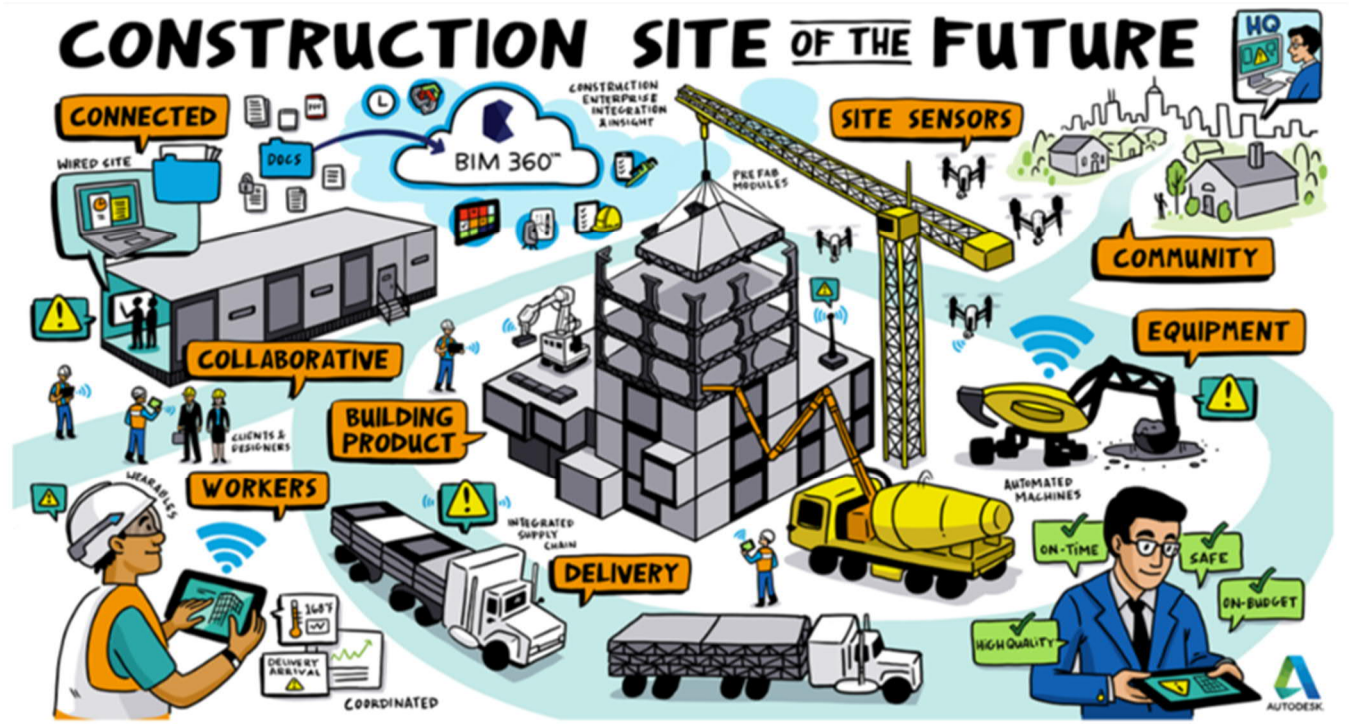


Abbildung 52 - Baustelle der Zukunft[75]

[75] (Mullin, 2016)

4.6 Bau

Nur wenn das BIM-Modell auch während der Bauphase als Steuer und Kontrollwerkzeug genutzt wird, kann das gesamte Potential von BIM ausgeschöpft werden. So ist heute im Holzbau und mit Betonfertigteilen bereits ein hoher Vorfertigungsgrad möglich und die benötigten Daten können direkt aus Revit generiert werden. Dadurch werden Bauzeiten reduziert und Präzision und Qualität werden erhöht. Auch die Integration der Baustellenlogistik und der Prozess zur Materialbeschaffung der Baufirmen in die Bauablaufplanung kann die Produktivität steigern. Bei korrekter Planung können Stahlmengen für die Armierung und das benötigte Betonvolumen aus dem Modell entnommen werden und eine fehleranfällige händische Bestellung entfällt. Erst wenn es gelingt, die Prozesse auf der Baustelle in einer kooperativen Zusammenarbeit effektiver und transparenter zu gestalten, ist es möglich Baukosten und -zeiten zu reduzieren. Das größte Risiko ist dabei die Akzeptanz der neuen Technologien von Seiten der oft sehr traditionell verankerten Handwerksfirmen. Nur wenn auch die Prozesse der Baustelle im virtuellen Projektraum erfasst werden, ist eine durchgängige Dokumentation des Bauprozesses möglich. Deshalb ist es notwendig, dass Handwerker eine auf die Digitalisierung ausgerichtete Ausbildung erhalten, da vor allem die technische Hürde und nicht die Kosten für die Anschaffung der Hardware das Problem sind. Durch den Einsatz von modernen Technologien wie Echtzeit-BUS-Systeme, BIG Data, Mobile Geräte und Services, Cloud-Dienste, IT und intelligente Sensoren kann eine Effizienzsteigerung von bis zu 20 Prozent erreicht werden.[76]

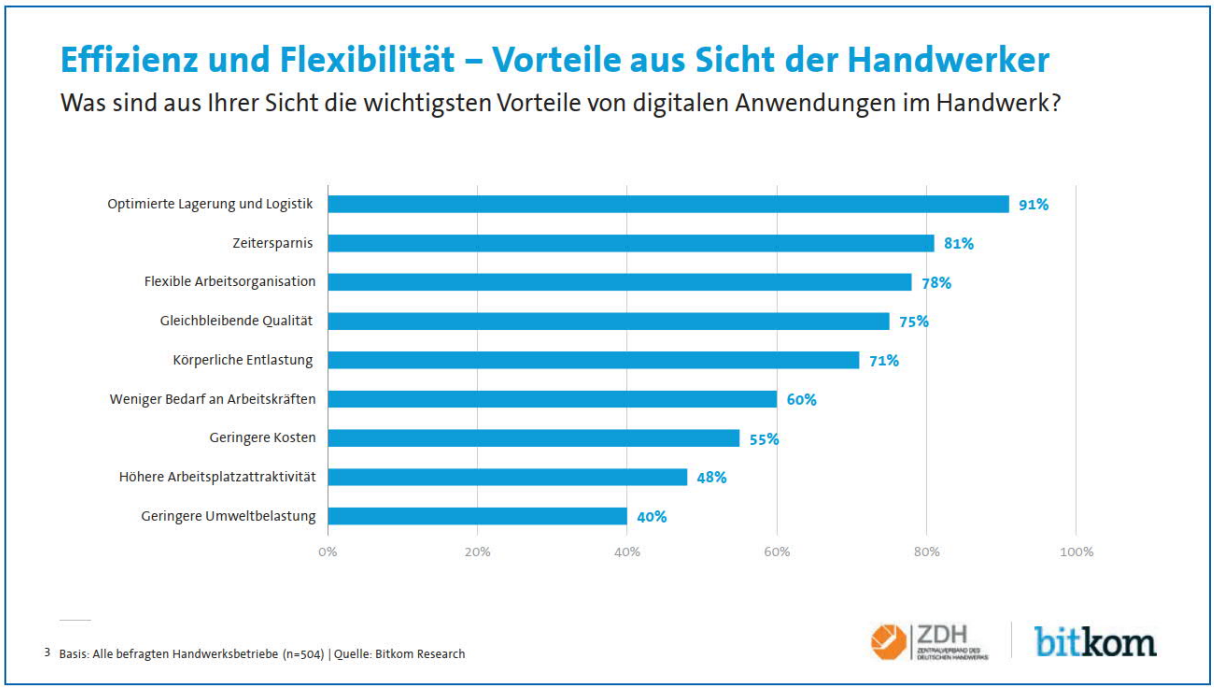


Abbildung 53 -Vorteile digitaler Anwendungen für das Handwerk 4.0[77]

[76] (IG Metall, 2017, S. 4)
[77] (IG Metall, 2017, S. 6)

AwF8 – Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung

Da es auf Baustellen oft zu Unfällen kommt, ist es notwendig die Bauarbeiter durch gezielte Maßnahmen zu schützen. Dazu gibt es bei großen Projekten einen Sicherheits- und Gesundheitskoordinator (SiGeKo). Dieser muss die Gegebenheiten auf der Baustelle analysieren und die erforderlichen Maßnahmen dokumentieren. Wird diese Aufgabe am Modell oder sogar an einer 4D-Animation durchgeführt, können Gefahrenstellen einfacher erkannt werden und so ist eine frühzeitige Optimierung des Bauablaufs möglich. Die Sicherheitsplanung soll dann wie die restlichen Planungsunterlagen im virtuellen Projektraum allen Beteiligten zur Verfügung stehen. Bei BIM360 können Checklisten vordefiniert werden, welche dann bei der Bauausführung zur Dokumentation der SIGe-Maßnahmen verwendet werden und mit denen eine rechtliche Beweisführung im Falle eines Unfalls ermöglicht wird.

Smartvid.io – Intelligente Bilderkennung

Abbildung 54 - automatische Erkennung von Gefahrenstellen mit Smartvid.io[78]

Smart.io ist eine Plattform für die Unterstützung von Arbeits- und Gesundheitsschutz mit Hilfe von künstlicher Intelligenz und kann in BIM360 integriert werden. Dabei werden Bilder und Videos mit Mustererkennung auf gefährliche Situationen wie Absturzstellen untersucht und automatisch kategorisiert. So wird auch erkannt, wenn ein Arbeiter keinen Helm aufgesetzt hat und es werden automatische Verbesserungsvorschläge generiert, um die Sicherheit auf der Baustelle zu erhöhen. Durch die automatisierte

[78] (Cheney, 2018)

Kategorisierung ist es möglich eine große Anzahl von Bildern schnell nach Inhalt zu filtern, was die Beweisführung bei einem Unfall oder sonstigen Problem auf der Baustelle vereinfacht. Auch das Erstellen von Baustellenberichten ist einfach möglich und es wird eine Statistik für die Arbeitssicherheit erstellt und so können Gegenmaßnahmen getroffen werden. Je mehr Daten in der Plattform vorhanden sind, umso besser kann die KI arbeiten, denn diese ist neben der vergebenen Objekterkennung auf eine große Datenbasis zur Verbesserung der Algorithmen angewiesen.

AwF12 – Terminplanung der Ausführung

Während der Ausführung ist es sinnvoll das BIM-Modell aus der Planung in die Ausführung zu überführen und dabei die folgenden Termine als Parameter bei allen für den Bauablauf wichtigen Elementen zu ergänzen: Geplanter Baubeginn und Fertigstellung und tatsächlicher Baubeginn und Fertigstellung. Der Bauablaufplan kann auch aus einer externen Anwendung wie MicrosoftProject, was oft in der Terminplanung verwendet wird, importiert werden. Dabei wird der Bauablauf in einem Balkendiagramm mit kritischem Projektverlauf mit Meilensteinen dargestellt. In Revit ist es nur über Umwege möglich eine animierte 4D-Simulation durchzuführen, diese kann einfacher und schneller mit Navisworks erstellt werden.

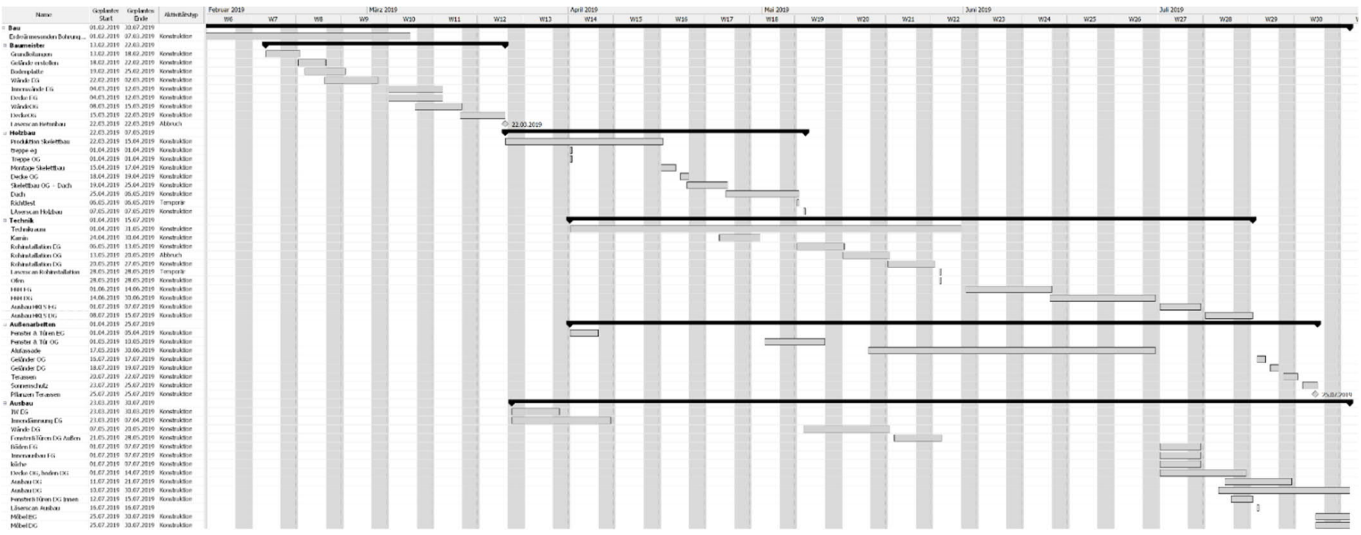


Abbildung 55 - Projektablaufplan aus Navisworks

Navisworks – Model Viewer

Mit Navisworks ist es möglich eine 5D-Bauablaufsimulation aus verschiedenen Teilmodellen zu erstellen. Navisworks kann abgesehen von wenigen Ausnahmen alle in der AEC-Branche üblichen Datenformate verarbeiten und kann deshalb auch als Model-Checker benutzt werden und ist mit umfangreichen Funktionen zur Modellprüfung & Kollisionskontrolle ausgestattet. Zur Terminplanung kann ein Zeitplan im CSV-Format eingelesen oder in der integrierten TimeLine erzeugt werden. Dabei werden die verschiedenen Bauabschnitte mit den geplanten Terminen festgelegt und die Bauelemente zugewiesen. Anschließend ist es möglich eine Animation des Bauablaufes zu erzeugen und als Video oder in Bildern zu exportieren. Die folgende 4D-Animation

wurde mit den Teilmodellen Infrastruktur, Statik, HKLS & Architektur mit einer geplanten Bauzeit von 180 Tagen durchgeführt. Wie bei AwF19 – Bauwerksdokumentation beschrieben, sind auch fixe Termine für eine Bauabnahme mit einem 3D-Scan nach Ende der Phasen Rohbau, Rohinstallation und Ausbau vorgesehen, um am Ende der Bauarbeiten ein fertiges As-Build-Modell zu erhalten.

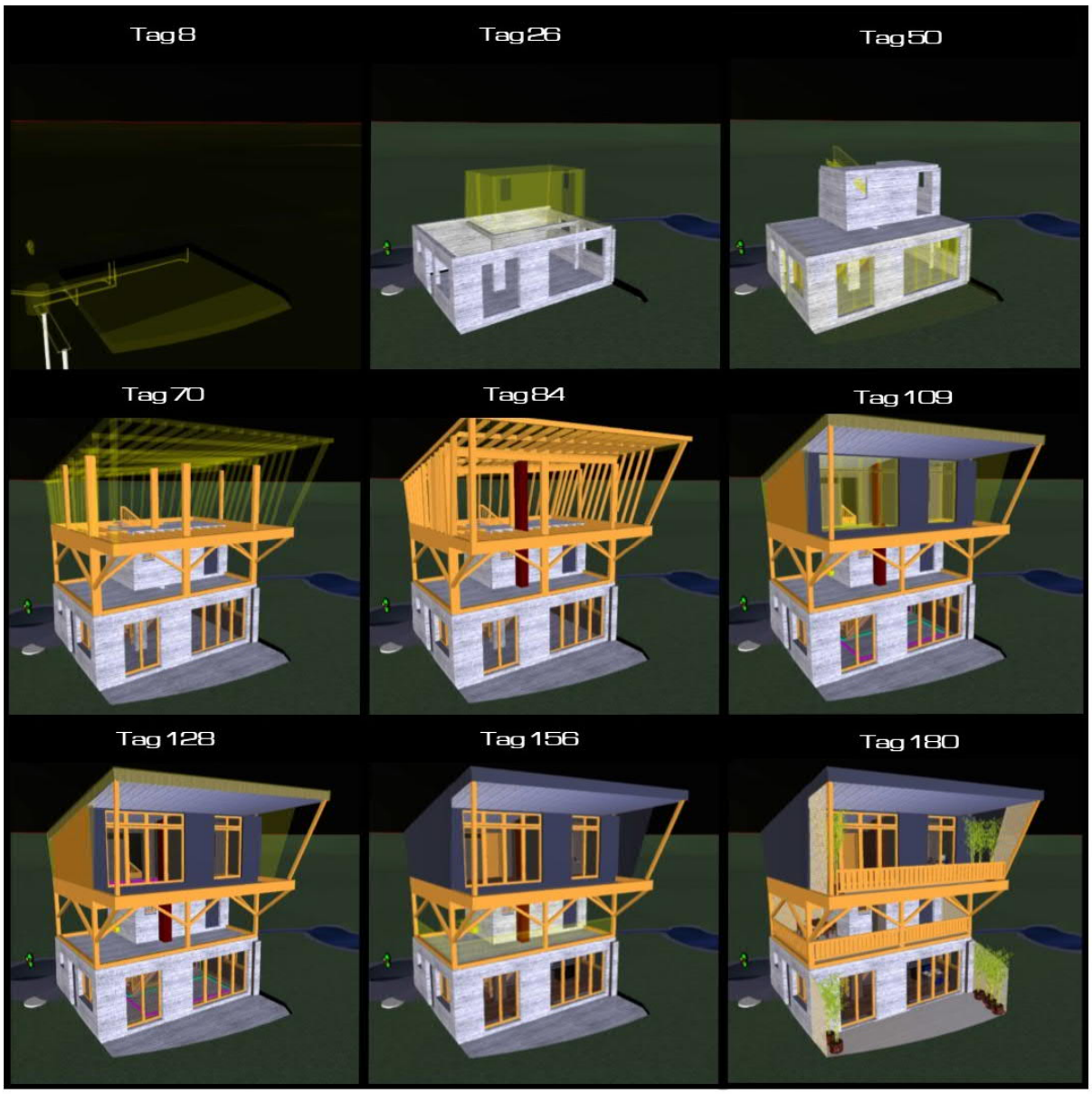


Abbildung 56 - 4D-Bauablaufsimulation mit Navisworks[79]

[79] eigene Darstellung

AwF13 – Logistikplanung

Durch die zusätzliche Erstellung eines Logistikmodells ist es möglich die Logistikabläufe einer Baustelle abzubilden. So können Kräne, Gerüste und Absturzsicherungen und andere temporäre Baustelleneinrichtungen in die Simulation mit einbezogen und so Störungen im Bauablauf frühzeitig erkannt und behoben werden. Großes Einsparungspotential liegt auch in der industriellen Vorfertigung von Modulelementen, welche direkt on-time angeliefert und wie ein großer Lego Baukasten zusammengesetzt werden. Bei der Vorfertigung in einer kontrollierten Umgebung ist es im Gegensatz zur klassischen Baustelle möglich Lean-Management, wie in der produzierenden Industrie, durchzuführen und so Prozessabläufe zu analysieren und optimieren. Durch die rapide Entwicklung von Robotern in den letzten Jahren können viele zeitintensive und monotone Arbeiten des Handwerkers übernommen werden, was die Attraktivität der Branche erhöht, da die Arbeit dadurch anspruchsvoller und spannender wird.

AwF15 – Baufortschrittskontrolle

In Navisworks ist es möglich einen Soll-Ist-Vergleich mit den tatsächlichen Terminen des Bauablaufs zu erzeugen und die Folgetermine daran anzupassen. Dazu ist es sinnvoll die Baustellendokumentation mit einer BIM-BauDoku Anwendung direkt im virtuellen Projektraum durchzuführen. Durch den Einsatz von in Bauelementen integrierten RFID-Chips können BIM-Daten mit dafür vorgesehenen Scannern direkt auf der Baustelle ausgelesen werden.[80] Anbei ist ein exemplarischer Workflow für einen Betonier Vorgang mit der BIM-BauDoku, wobei der Prozess ähnlich auch mit Navisworks statt Ceapoint durchgeführt werden kann:

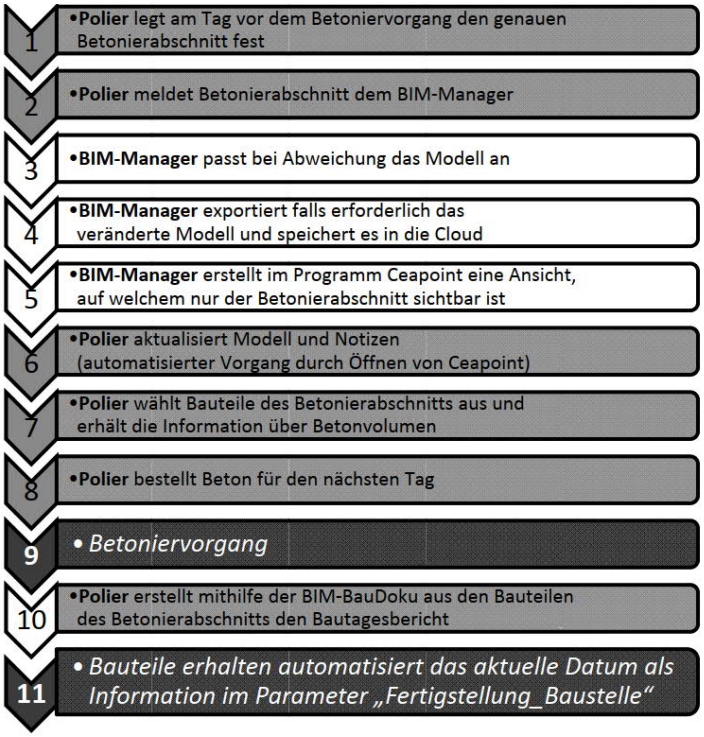


Abbildung 57 - Workflow BIM-BauDoku[81]

[80] Vgl. (Gasteiger, 2015, S. 138-140)
[81] (Gasteiger, 2015, S. 123), S.123

AwF18 – Mängelmanagement

Das Mängelmanagement muss für einen durchgängigen BIM-Prozess auch in die virtuelle Projektumgebung integriert werden. In BIM360 können Mängel angelegt und dann in einem kooperativen Prozess gelöst werden. Erst wenn es nicht möglich ist das Problem im virtuellen Projektraum zu beheben sind zeitintensive Baustellentermine notwendig. Ein großer Vorteil ist, dass es bei späteren Problemen einfach möglich ist den Verursacher festzustellen, was bei richtiger Verwendung eine rechtsichere Beweisführung während der Bauphase gewährleistet. Mängel werden dabei statistisch erfasst und können projektübergreifend analysiert werden. In einer Gesamtübersicht mit allen Projekten ist zu erkennen wo es offene Aufgaben gibt und welche bereits gelöst wurden und kritische Stellen im Prozessablauf während der Bauphase können erkannt werden.

Gbuilder – Digitaler Immobilienkauf

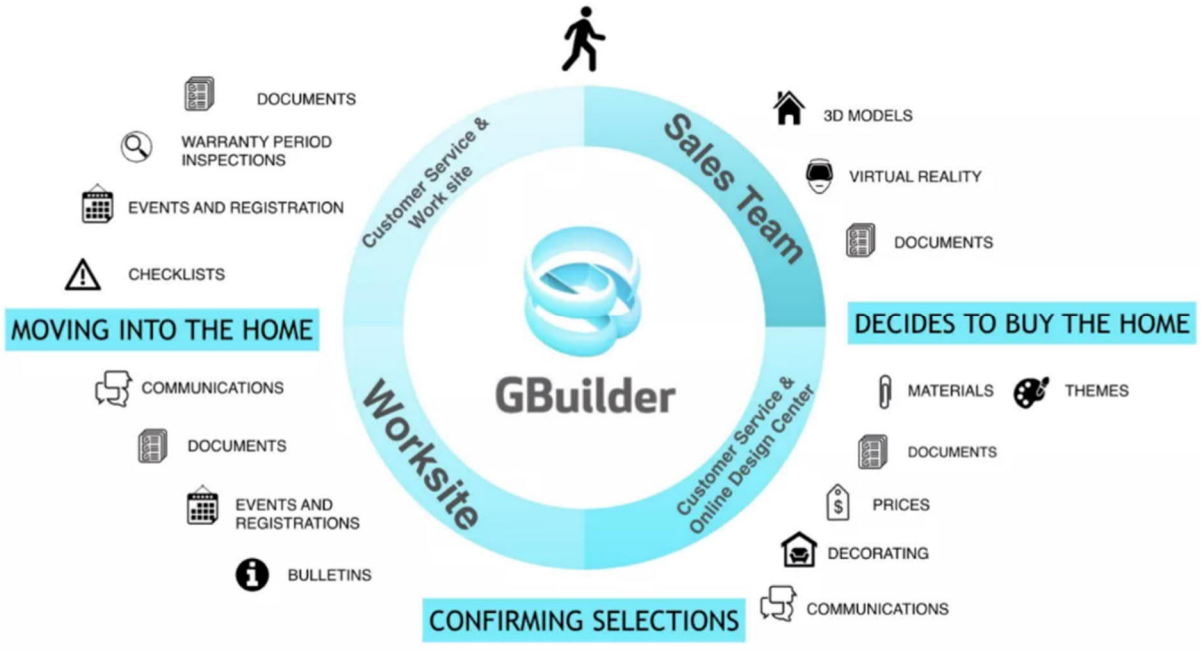


Abbildung 58 - Gbuilder Plattform[82]

Gbuilder ist eine Onlineplattform, die dafür entwickelt wurde bei Immobilienverkäufen ein digitales Kundenerlebnis in einem BIM-Modell zu ermöglichen. Es sind Projektmanagement Tools in eine digitale Kundenreise integriert und Sonderwünsche bei Geräte- und Materialupdates können direkt in der Plattform ohne lästigen Papierkram abgewickelt werden. Dadurch kann der komplizierte Ablauf während des Wohnungskaufes bis zum Einzug komplett über die Plattform abgewickelt werden und die Kommunikation über multiple Kanäle wie Excel Sheets, Telefonate und E-Mail entfällt. Vor allem soll diese digitale Kundenreise die Verkäufe in der Entwicklungsphase einer Immobilie unterstützen. Wer kauft sich gerne eine sündhaft teure Wohnung ohne

[82] (Gbuilder, 2019), Stand: 12.02.2019

genau zu wissen wie diese später ausschaut. Durch Integration von Technologien wie VR können Personen die an einer geplanten Wohnungen interessiert sind, diese in einem virtuellen Durchgang besichtigen. Sobald die Wohnung gekauft wurde, können sämtliche Materialien wie Böden oder Wandoberflächen nach Kundenwunsch angepasst werden. Dieser interaktive Verkaufsprozess ermöglicht es den Verkäufern mehr Sonderwünsche zu verkaufen und somit die Gewinne zu erhöhen, weil man kauft lieber etwas was man auch sehen kann bzw. wenn das räumliche Erscheinungsbild durch das 3D-Modell leichter greifbar wird. Durch die persönliche Anpassung der Wohnung wird der Kunde auch emotional daran gebunden und durch die Personalisierung der Wohnungsausstattung können Käufer sich schon bevor gebaut wird zuhause fühlen.

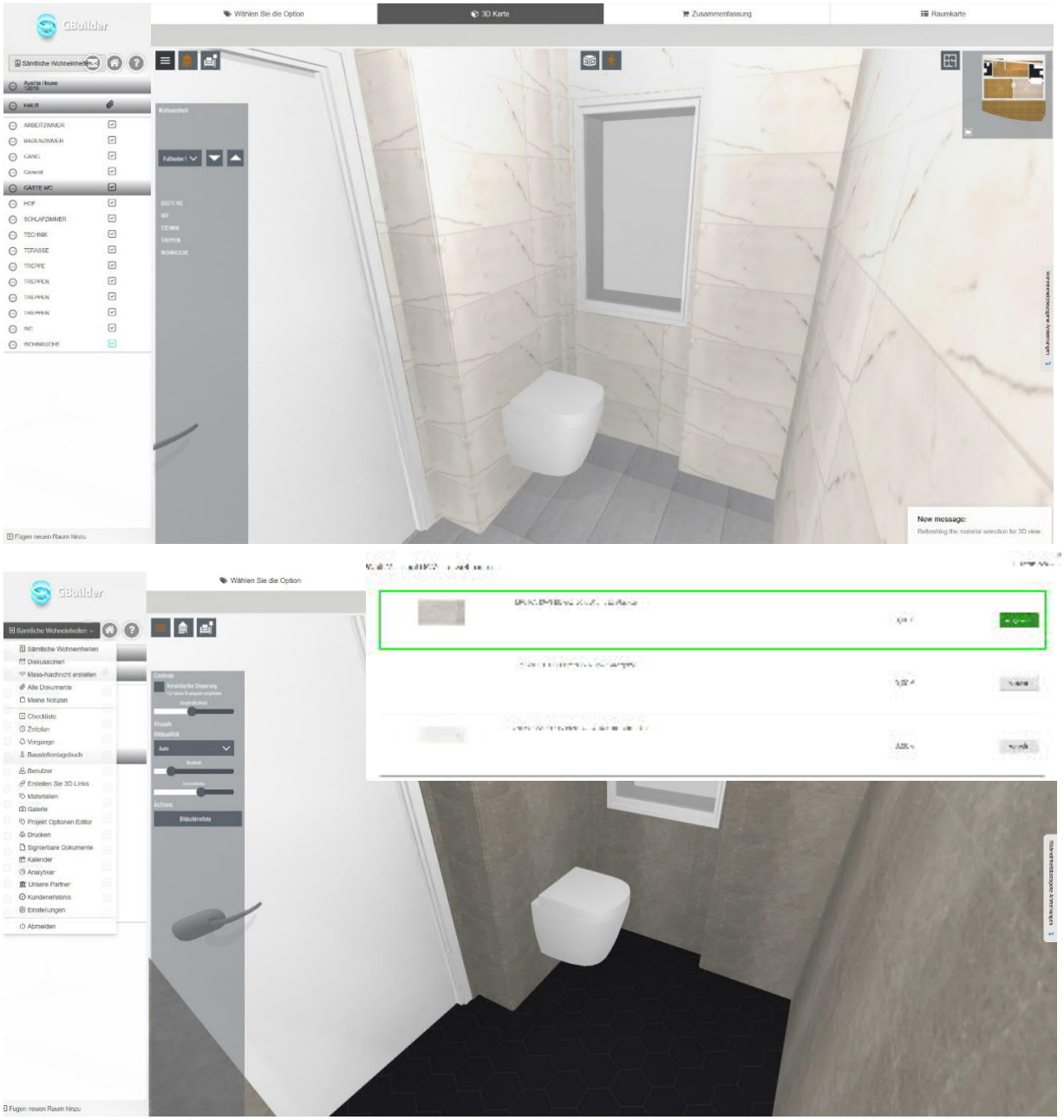


Abbildung 59 -Benutzeroberfläche und Materialänderung von Fußboden und Wand mit Gbuilder[83]

[83] Eigene Darstellung

Auch die Prozesse während der Bauphase und später nach dem Einzug können in Gbuilder abgebildet werden. So können während dem Bauen Dokumente von der Baustelle abgelegt und Terminvereinbarungen können direkt abgewickelt werden. Beim Bestellprozess für Sonderwünsche werden die benötigten Mengen direkt aus den BIM-Daten ausgelesen und der Handwerker kann direkt nach mit den daraus generierten Listen bestellen, wobei Fehler durch Probleme in der Kommunikation oder bei der Mengenermittlung ausgeschlossen sind. Auch für die Projektleitung ist dies ein Vorteil, da alle wichtigen Dokumente auf einer Plattform gesammelt werden und durch die Echtzeitübernahme der Daten ist es nicht möglich, an einem alten Informationsstand zu arbeiten.

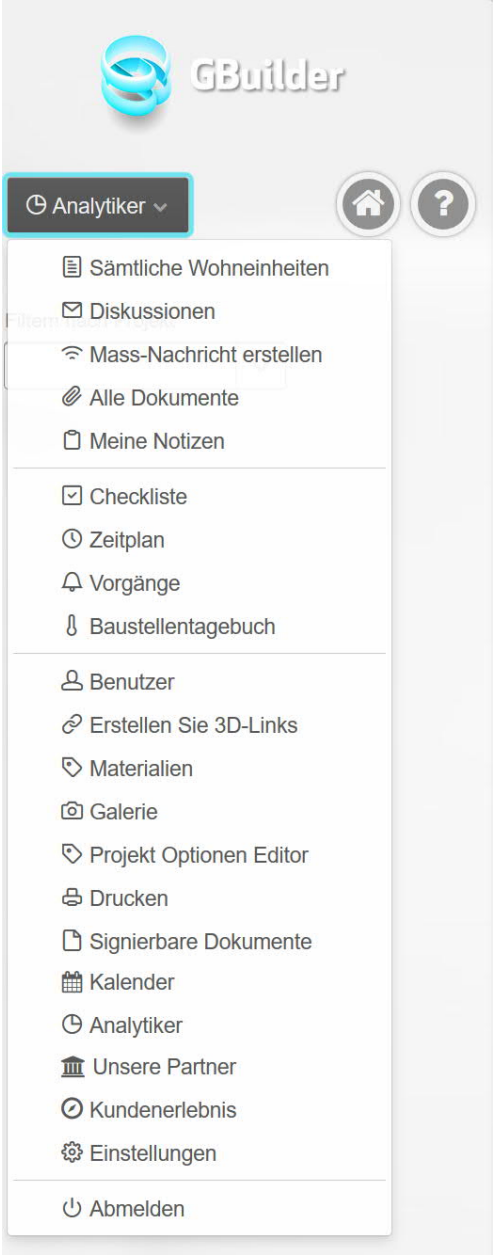


Abbildung 60 - Integrierte Funktionen

4.7 Betrieb

Die Kosten für Planung und Errichtung eines Gebäudes machen laut Studien höchstens 20% der Kosten im Lebenszyklus eines Gebäudes aus.[84] Der größere Kostentreiber sind die Aufwände für die Wartung und der Energiebedarf eines Gebäudes, dazu folgende Zahlen:

-Weltweit sind Gebäude für etwa 40% des gesamten Energieverbrauches verantwortlich und die Energiekosten machen bei Betrachtung der Lebenszykluskosten etwa 30-40% der gesamten Kosten aus.

-Durch unorganisierte Abläufe im Gebäude und unauffindbare Informationen kann die Produktivität der Mitarbeiter um bis zu 60% sinken.

-Durch frühzeitige Wartungen bei Gebäuden können 8-15% der Betriebskosten eingespart werden

Diese Zahlen sollen klar machen, dass es notwendig ist bereits bei der Planung auf den Betrieb des Gebäudes zu achten, da dort immenses Einsparungspotential liegt und BIM ist das Werkzeug, um diese Potentiale auszuschöpfen. Heute wird die Bauwerksdokumentation als nötiges Übel zum Abschluss des Projektes gesehen und dementsprechend sehen dann auch die übergebenen Dokumente aus, welche in der Regel den Mindestanforderungen des Bauherren entsprechen.

Auf der anderen Seite sind Facility Manager auf diese Informationen für die effiziente Betriebsführung des Gebäudes angewiesen, denn nur wenn man weiß welche Komponenten verbaut sind, kann man den Betrieb und die Wartung optimieren. So passiert es oft, dass diese bei der Arbeit im Gebäude benötigten Komponenten, die im Plan eingezeichnet sind, nicht finden oder suchen müssen da sie irgendwo anders verbaut wurden und das erschwert ihre Arbeit immens.

Deswegen müssen die Planer und die ausführenden Firmen einen effizienten Weg finden, um dem Facility Management die benötigten Informationen zu übergeben.

Dies mit einem BIM-Modell zu bewerkstelligen ist die effizienteste Methode, da die Informationen mit der geometrischen Lage im Objekt verknüpft werden. Aus dem Modell können durch Ansichtsfilter nur für das FM benötigte Komponenten angezeigt werden und Datenblätter oder ähnliches können in Revit und IFC als PDF Anhang integriert werden.[85]

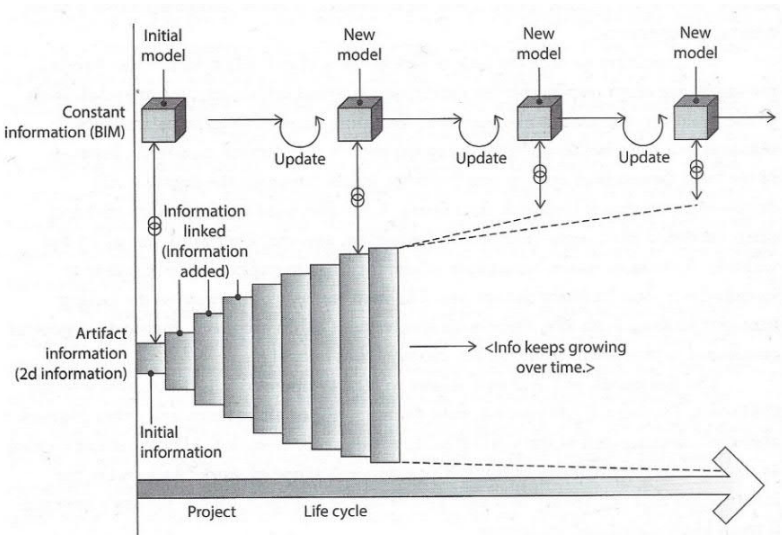


Abbildung 61 - Daten Lifecycle[86]

[84] (IG Lebenszyklus Bau, Oktober 2016, S. 6)
[85] Vgl. (Hardin, 2015, S. 308-311)
[86] (Hardin, 2015, S. 316)

AwF20 – Nutzung für Betrieb und Erhaltung

Die Datenerfassung im BIM-Modell bzw. in der gemeinsamen Projektumgebung beginnt mit dem Vorentwurf und endet idealerweise mit dem Betrieb. Das Modell soll dazu dienen den Betrieb des Gebäudes zu optimieren und dabei alle relevanten Informationen für das FM enthalten. Besonders wichtig ist, dass am Ende der Bauphase eine soweit als möglich vollständige Mängelbehebung und Abnahme des Bauwerks mit anschließender Übergabe des As-Build-Modells an den Betreiber erfolgt. Dies funktioniert aber nur, wenn während der Planung und dem Bau alle Änderungen erfasst werden, um so einen Digitalen Zwilling des Bauwerks zu erhalten. Dies kann technisch mit 3D-Laserscans oder wenn das gesamte Planungsteam und die Baustelle zusammenarbeiten realisiert werden. Mit den in BIM360 vorhandenen Werkzeugen mit mobil Versionen für die Baustelle kann auch die Baustelle einen wertvollen Beitrag zum BIM-Modell leisten. Durch das digitale Erfassen von Informationen auf der Baustelle entfallen zeitaufwändige Schreibarbeiten und das spätere Digitalisieren durch das Einscannen der Dokumente im Büro. In BIM360 Field können Checklisten erstellt und für die Abnahme hinterlegt werden, dabei werden die zu überprüfenden Bauteile im 3D-Modell angezeigt, was die Zeit zum Suchen reduziert. Durch Einbindung des FM in die Planung können die benötigten Informationen für den Betrieb ermittelt und im BIM-Modell während der Planung hinterlegt werden.[87]

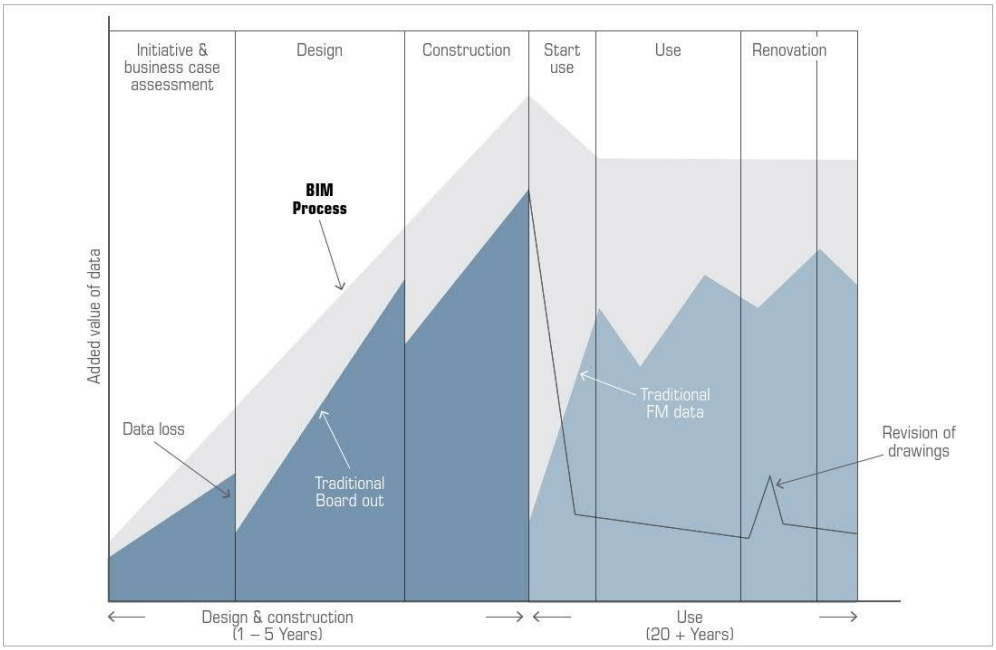


Abbildung 62 - Gebäudedaten, die während des Lebenszyklus verfügbar sind und übertragen werden[88]

Leider haben die meisten Immobilienbetreiber noch nicht das Potential von BIM und den Wert des As-Build-Modells als Informationsanlage und dessen Nutzen für den Betrieb erkannt. Gelingt es das Modell aktuell zu halten, kann auf das Suchen von Informationen in Dokumenten und das mühsame Abgleichen mit 2D-Plänen verzichtet werden, was zu erheblichen Zeiteinsparungen führt. In einem papierlosen Gebäude sind alle Informationen schnell auffindbar und es sind weniger Angestellte für die Verwaltung

[87] Vgl. (Hardin, 2015, S. 325-326)
[88] (Eastman, 2011, S. 153)

notwendig, da bei richtiger Organisation mehr produktive Arbeit verrichtet werden kann. Auch beim Verkauf einer Immobilie kann ein gewartetes BIM-Modell mit verkauft werden, da es den Aufwand für Umplanungen erheblich reduziert und wichtige Informationen über die Qualität eines Bauwerks enthält. Dabei ist es in dieser Phase wichtig auf OpenBIM Basis zu arbeiten, da herstellerspezifische Formate nicht sicher über lange Zeit archiviert werden können. Der größte Nachteil von Revit ist ein passendes Beispiel dafür: Projekte, die mit älteren Programmversionen erstellt wurden, müssen zuerst in das Format der neuen Version konvertiert werden, was oft Probleme verursacht und sind nicht rückwärtskompatibel. Um das Konvertieren zu vermeiden, ist es deswegen notwendig, mehrere Programmversionen parallel am Computer installiert zu haben oder mit veralteten Programmversionen zu arbeiten. Wichtig ist es die Daten korrekt von der Planung in das neu zu Erstellende FM-Modell zu übergeben und auf relevante Informationen für den Betrieb des Gebäudes zu reduzieren. Bei großen Gebäuden wird in der Verwaltung schon lange mit IT-Systemen mit umfangreichen Datenbanken gearbeitet, jedoch werden die Informationen erst durch die Verknüpfung mit der visuellen Information und Position leichter zu verwalten.

Facility Manager sollten dabei die Kompetenzen haben das BIM-Modell eigenständig zu Warten und bauliche Änderungen direkt zu übernehmen. Wahrscheinlich wird es in Zukunft ähnlich wie Hausverwaltungen, eigene Firmen geben, die sich auf die Wartung von BIM-Modellen spezialisieren. Wichtig wäre es auch eine Feedbackschleife von den Facility Managern zu den Planern aufzubauen, um so Fehler im Betrieb an die Planer weiterzuleiten und so das Risiko für Planungsfehler und den Einbau minderwertiger Produkte zu reduzieren.

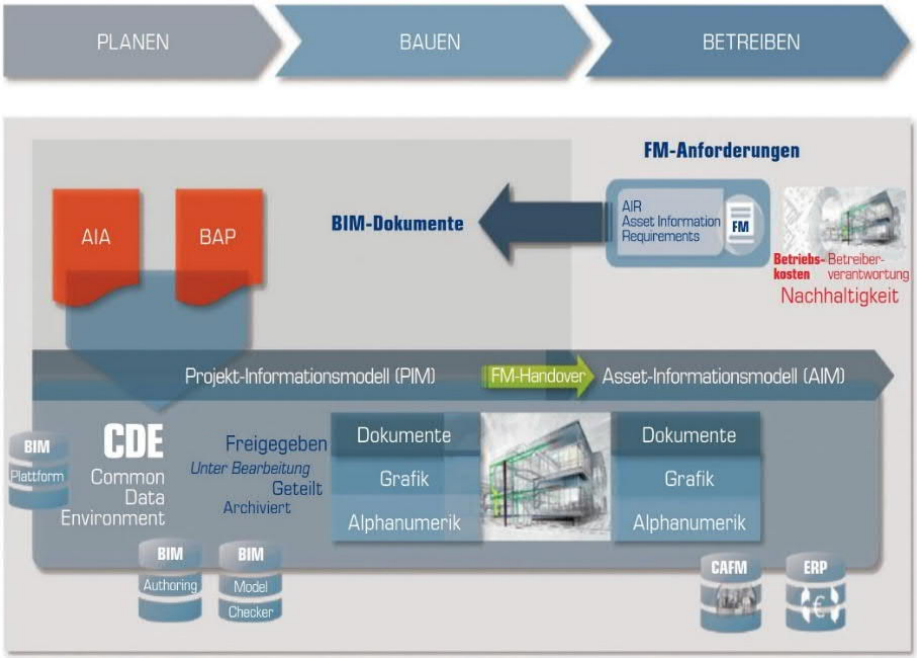


Abbildung 63 - BIM2FM Prozess[89]

Für den Gebäudebetrieb gibt es eine Vielzahl von Software-Produkten auf dem Markt. In dieser Arbeit wurde keines getestet, da dieser AwF im Zuge der BIM-Anforderungen im Prozess keinen Sinn macht und zu umfangreich wäre.

[89] (CAFM, 2017, S. 19)

5 BIM – Resümee

Anhand der im deutschen Stufenplan definierten Szenarien werden aufbauend auf dem Schweizer Ansatz für BIM, welcher vom Aufbau analog zum deutschen Stufenplan ist, jedoch einen vereinfachten Ansatz verfolgt, zwei BIM-Szenarien für „Einstieg - little bim“ bzw. „Aufbruch - BIG BIM“ beschrieben. Das Szenario „Höchstleistung - FUTURE_bIm_lvl.3.exe“ bildet den Abschluss der Arbeit und beschreibt zukünftige Möglichkeiten der Digitalisierung des Bauwesens.

BIM als Begriff wird heute oft im falschen Zusammenhang gebraucht und verstanden, deswegen ist die Bezeichnung „Gebäudeinformationstechnologien“ besser zutreffend, wenn es um digitale Gebäudeplanung und -management über alle Projektphasen geht. (Hypothese)

5.1 Resümee zum durchgeführten Prozess

„Haben auch Sie mehr Mut! – Mut, neue Wege zu gehen, Mut, sich neue Kompetenzen anzueignen, und Mut, als Architekt neue Partnerschaften einzugehen. Es könnte sich lohnen!“

Architekt Kay Künzel[90]

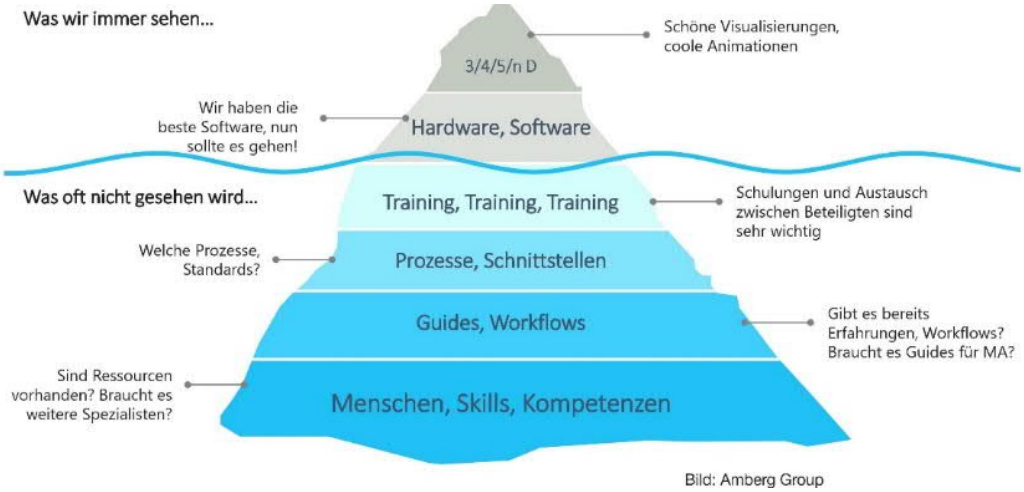


Abbildung 64 - Tiefe der BIM-Technologie[91]

Heute sind grob betrachtet alle technischen Hürden für eine praxistaugliche BIM-Planung überwunden und das größte Hindernis für die Akzeptanz und flächendeckende Einführung der Technologie *„sind die Menschen, die damit umgehen können“*[92] und die komplexen Zusammenhänge einer objektorientieren und datengetrieben Planung und Bauausführung verstehen.

Mit der Produktpalette von Autodesk und den anderen beschriebenen Programmen, war es möglich einen durchgängigen Gebäudeinformations-Prozess zu durchlaufen und alle 20 BIM-Anwendungsfälle abzudecken. Teilweise gab es trotzdem Probleme in der Interoperabilität zwischen Programmen und manche Aufgaben mussten über arbeitsaufwändige Zwischenschritte, einem sogenannten “Workaround“ gelöst werden. Einige Produkte sind noch in einer frühen Entwicklungsphase und als Nutzer habe ich mich oft als Tester unausgereifter Software gefühlt. Jedoch wurden die Produkte kontinuierlich verbessert und mit den neuen Bauteilbibliotheken ist Revit mittlerweile viel benutzerfreundlicher, im Vergleich zu vor 5 Jahren, als ich das erste Mal damit gearbeitet habe.

Neben dem Beispielprojekt in dieser Arbeit wurden Gebäudetechnik-Planungen von über 10 gebauten Gebäuden mit dem Programm Revit erstellt. Bei diesen Projekten hat es sich, abgesehen von einem Großprojekt, um großzügige Einfamilienhäuser mit einer hohen Komplexität und architektonischen Anspruch gehandelt. Nach einem Jahr Lernphase ist es durch die Revit-Planung gelungen die Effizienz und Qualität zu erhöhen.

[90] (tri-Syposium, 2016, S. 31)
[91] (BdCH - BIM Roadmap, 2018)
[92] Zitat: Prof. DI Clemens Resch

Dabei gab es in den Projekten auffällig wenig Probleme auf der Baustelle, im Vergleich zu Projekten, welche noch mit AutoCAD geplant wurden. Vor allem die einfache Kommunikation von Details und kritischen Stellen durch eine 3D-Ansicht, hat die Kommunikation mit allen Projektbeteiligten, besonders den Handwerkern auf der Baustelle, immens erleichtert. Als Projektleiter beim Projekt Messe Dornbirn – Neubau Hallen 9-12 als Angestellter bei GMI – Peter Messner war es mit einem littleBIM-Projekt möglich, das Projekt von Seiten der Haustechnik innerhalb des vergebenen Zeit- und Kostenrahmens abzuschließen und bei Projektfertigstellung gab es keine Mängel in den Gewerken Heizung, Sanität und Lüftung. Mit den gbd:Gruppe Bau Dornbirn ist es zufällig gelungen die Bauangaben für ein öffentliches Großprojekt über einen openBIM-Prozess auszutauschen, was nur wegen beidseitigem Interesse für die neue Technologie möglich war und als großer Erfolg zu betrachten ist. Während dem Projekt war das Gebäudemodell ein wichtiges Werkzeug für die Projektsteuerung und dort liegt auch der relevanteste Wert von einer BIM-Planung. Nur wenn alle Informationen gesammelt mit der bekannten Position im Raum vorhanden sind, können während der Bauphase die richtigen Entscheidungen getroffen werden. Mittlerweile arbeiten die meisten Büros intern mit BIM-fähigen-Werkzeugen, jedoch wird wegen mangelndem Wissen und Angst, um die eigenen Daten, die vorhandenen Hilfsmittel zur Zusammenarbeit nicht verwendet. In Österreich werden die ersten öffentlichen Großprojekte mit der Verpflichtung der Planung in einem OpenBIM-Prozess ausgeschrieben. Bald werden deswegen die ersten großen multidisziplinären Pilotprojekte durchgeführt und so können wichtige Erkenntnisse und Praxiserfahrung in der BIM-Planung gesammelt werden. Dann wird auch die technische Hemmschwelle für die Verwendung von Gebäudeinformationstechnologien sinken und durch die universelle Verwendung neue Möglichkeiten in der Bauplanung und -ausführung ermöglicht.
Für die Zukunft ist es wünschenswert, dass es eine Open Source Modellier-Software gibt, die dann für den spezifischen Verwendungszweck und die Normen in den verschiedenen Ländern und Unternehmen angepasst werden kann. Das Programm muss dabei über eine benutzerfreundliche und leicht verständliche Benutzeroberfläche verfügen und einen leichten Einstieg ermöglichen. Wichtig wäre es auch das Austauschformat dem neuesten Stand der Technik anzupassen und ein neues OpenBIM-Format zu entwickeln. Dazu ist es notwendig öffentliche Gelder in die Entwicklung dieser Technologien zu stecken und dass weltweit Wissenschaftler und Personen, die den Bauprozess und Informationstechnologie verstehen, zusammenarbeiten, um ein effizientes und universelles Software-Tool für den Bau von Ressourcen schonender Gebäude zu entwickeln.

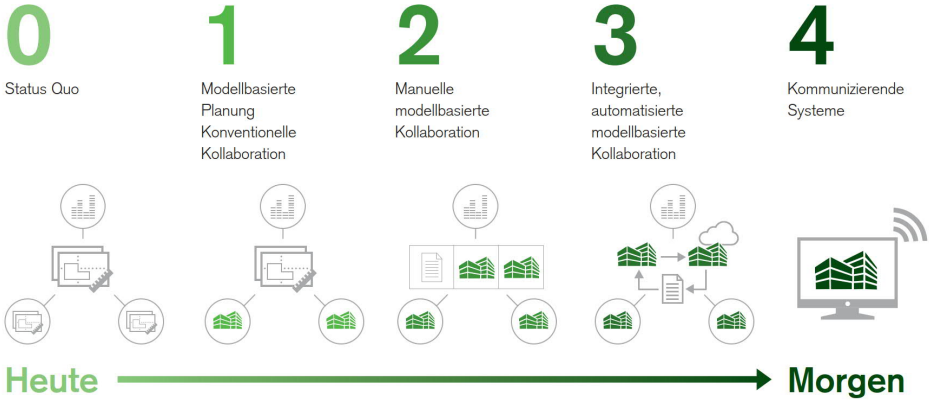


Abbildung 65 - BIM Stufen nach Schweizer Stufenplan[93]

[93] (BdCH - Stufenplan, 2018)

5.2 BIM-Implementierungs-Szenarien

Anhand der im Stufenplan festgelegten Szenarien werden darauf angelehnt Prozesse mit der nötigen Software beschrieben. *"AwF 1 – BIM-gestütze Bestandserfassung"* wird dabei außer Acht gelassen, da die Erfassung von Baustellendaten mit neuen Technologien ein spezielles Thema im BIM-Prozess ist. In der Praxis sind Laserscanning und Photometrie noch nicht ausreichend implementiert, da die Technologien relativ neu sind und die Hardware noch teuer ist. Dies wird sich jedoch in absehbarer Zeit ändern und eine nahezu Echtzeit 3D-Datenerfassung auf der Baustelle wird möglich sein.

Um ein einseitiges Bild zu vermeiden, werden neben den genannten Produkten – die sehr Autodesk lastig sind – noch exemplarisch alternative Produkte erläutert, welche einen vergleichbaren Leistungsumfang aufweisen.

Das Szenario Höchstleistung dient als Schlusskapitel. Hier werden die zukünftigen Möglichkeiten, die durch den technologischen Fortschritt in Gebäudeinformationstechnologien entstehen, beschrieben und dessen Nutzen für den Bauprozess erklärt.

Das folgende Kapitel gibt den sehr kompakten und in der Praxis verständlichen Stufenplan BIM für die Schweiz wieder, welcher als Vereinfachung und Reduktion des österreichischen und weiterer Folge deutschen Ansatzes zur BIM-Einführung auf wenige wichtige Aspekte zu sehen ist.

Stufenplan Schweiz- Ein praktischer Ansatz zu BIM

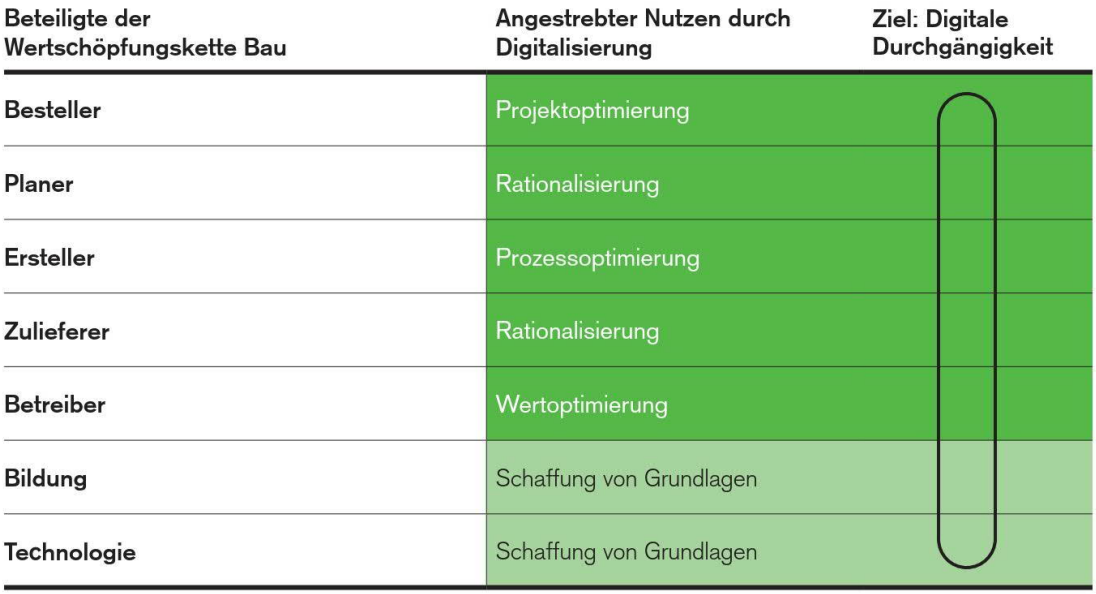


Abbildung 66- Umsetzung durch die Prozessbeteiligten[94]

„Ziel ist die Übernahme der Stufenstruktur in richtungsweisende Dokumente der Beteiligten der gesamten Wertschöpfungskette sowie in den Dokumentationen der Bauen digital Schweiz wie z.B. BIM Abwicklungsmodell und BIM-Nutzungsplan. Die so definierten Anforderungen können anschließend in Normierung, Zertifizierung und Technologieentwicklungen einfließen.

[94] (BdCH - Stufenplan, 2018)

Da jede Stufe auf der vorhergehenden basiert, nimmt das Wissen über die Handlungsgrundlagen zu und der Ausblick über die Entwicklungen im Markt wird konkretisiert. Zudem fördert die Kenntnis über die bevorstehenden Herausforderungen deren erfolgreiche Umsetzung und schafft Unsicherheiten aus dem Weg. "[95]

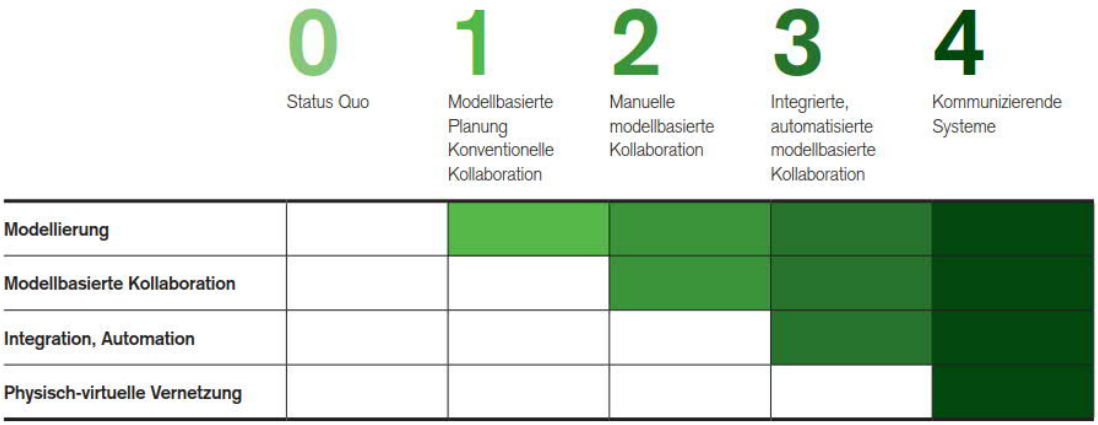


Abbildung 67 - Stufen der BIM-Anwendung[96]

„Der Stufenplan baut sich in vier Entwicklungsschritten auf. Für jede Stufe ist die jeweils angestrebte gemeinsame Zielsetzung hinsichtlich Modelleinsatz, Kollaboration, Technologie, Integration und Vernetzung definiert. Dies ermöglicht es, die für jede Stufe benötigen Voraussetzungen wie Anforderungen, Regulierungen, Standards, Schnittstellen und Technologen aus Sicht der Beteiligten zu beschreiben.

- *Stufe 0 bildet den Status Quo in der Schweiz ab. Die derzeitige Arbeitsweise in der Wertschöpfungskette nutzt keine gemeinsamen digitalen strukturierten Datenmodelle – der Austausch findet vorwiegend analog statt.*
- *Stufe 1 steht für eine modellbasierte Bearbeitung seitens einzelner Beteiligter, deren Ergebnisse jedoch weiterhin auf konventionellem Weg ausgetauscht werden („little BIM"). Dies ist der erste Schritt Richtung Digitalisierung.*
- *Stufe 2 bedeutet, die Kollaboration basiert auf Modellen („big BIM"), erfolgt aber immer noch manuell. Sie erfordert von allen Beteiligten Definitionen und eine generelle Strukturierung der digitalen Zusammenarbeit. Damit ist sie eine wesentliche Voraussetzung auf dem Weg zu Stufe 3.*
- *Stufe 3 beschreibt die integrierte, modellbasierte Kollaboration. Diese Arbeitsweise ermöglicht automatisierte Prozesse und schafft durch „echte" digitale Interoperabilität die Grundlage für neue, disruptive Geschäftsmodelle.*
- *Stufe 4 ist die derzeit höchste erreichbare Stufe. Sie ermöglicht kommunizierende Systeme und vernetzt die physische mit der virtuellen Welt – dazu zählen auch das Internet of Things (IoT) und cyber-physische Systeme (CPS) wie Maschinensteuerung, Sensorik und Echtzeit-monitoring.*

[95] (BdCH - Stufenplan, 2018)
[96] (BdCH - Stufenplan, 2018)

Neben den grundsätzlichen Voraussetzungen, die für das Erreichen der Stufen nötig sind, definieren alle an der Wertschöpfungskette Beteiligten in der weiteren Ausarbeitung entsprechend ihrer Zielsetzung die Inhalte zu folgenden Themen: Prozess, Mensch, Daten, Technologie, Recht, Innovation."[97]

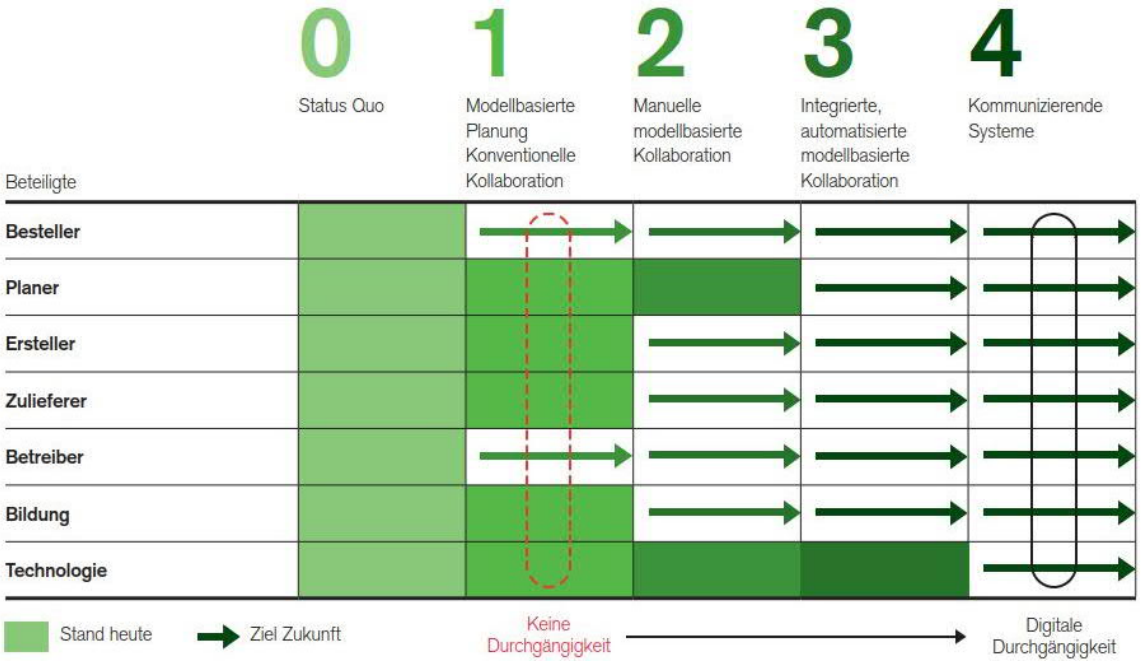


Abbildung 68 - Digitale Durchgängigkeit der Wertschöpfungskette[98]

„Die zentrale Herausforderung über alle Stufen hinweg ist die Herstellung der digitalen Durchgängigkeit der Wertschöpfungskette zwischen allen Beteiligten. Erst wenn diese erreicht ist, ergibt sich ein Mehrwert. Die wesentlichen Voraussetzungen und Entwicklungsschritte um von Stufe zu Stufe weiterzukommen sind:

- *Stufe 1 setzt Wissen voraus, um die richtigen digitalen Werkzeuge im eigenen Handlungsbereich einsetzen zu können.*
- *Stufe 2 verändert die Kultur der Zusammenarbeit – Voraussetzung ist die Abstimmung der gemeinsamen Strukturen für eine modellbasierte, kollaborative Arbeitsweise sowie die vertragliche und rechtliche Abstimmung der Rahmenbedingungen. Dies bildet die Grundlage für eine schnittstellenübergreifende Zusammenarbeit in der nächsten Stufe.*
- *Stufe 3 benötigt die passende Technologie als Basis für digital integrierte Kollaboration.*
- *Stufe 4 verlangt eine geeignete Infrastruktur, um kommunizierende Systeme einbinden zu können. Hier gilt es die richtigen Strategien zu entwickeln, um Big Data, künstliche Intelligenz und selbstlernende Systeme nutzbar zu machen.*

Diese Herausforderung gilt es in den nächsten Jahren zu meistern, um das gemeinsame Interesse – effizienter und wettbewerbsfähiger zu werden – zu verwirklichen"[99]

[97] (BdCH - Stufenplan, 2018)
[98] (BdCH - Stufenplan, 2018)
[99] (BdCH - Stufenplan, 2018)

„Die Ausprägung der Zusammenarbeit sind fließend zwischen zwei relevanten Formen. Für die Form der Zusammenarbeit wird zwischen „little bim“ und „BIG BIM“ differenziert.

Die Bezeichnung „little“ oder „BIG“ geben dabei eine Aussage zur Art des Datenflusses innerhalb des BIM-Prozesses: Bei little bim werden die Informationen konventionell über 2D-Pläne und entsprechende Dokumente ausgetauscht. Der Informationsempfänger erstellt ein entsprechendes digitales Bauwerksmodell für die interne Weiterverarbeitung und übergibt seine Informationen wieder konventionell.

Bei BIG BIM werden die Daten stukturiert als digitales Bauwerksmodell ausgetauscht, damit diese beim Empfänger ohne wesentlichen Aufwand weiterverarbeitet werden können. Dabei können proprietäre oder offene Datenformater eingesetzt werden.“[100]

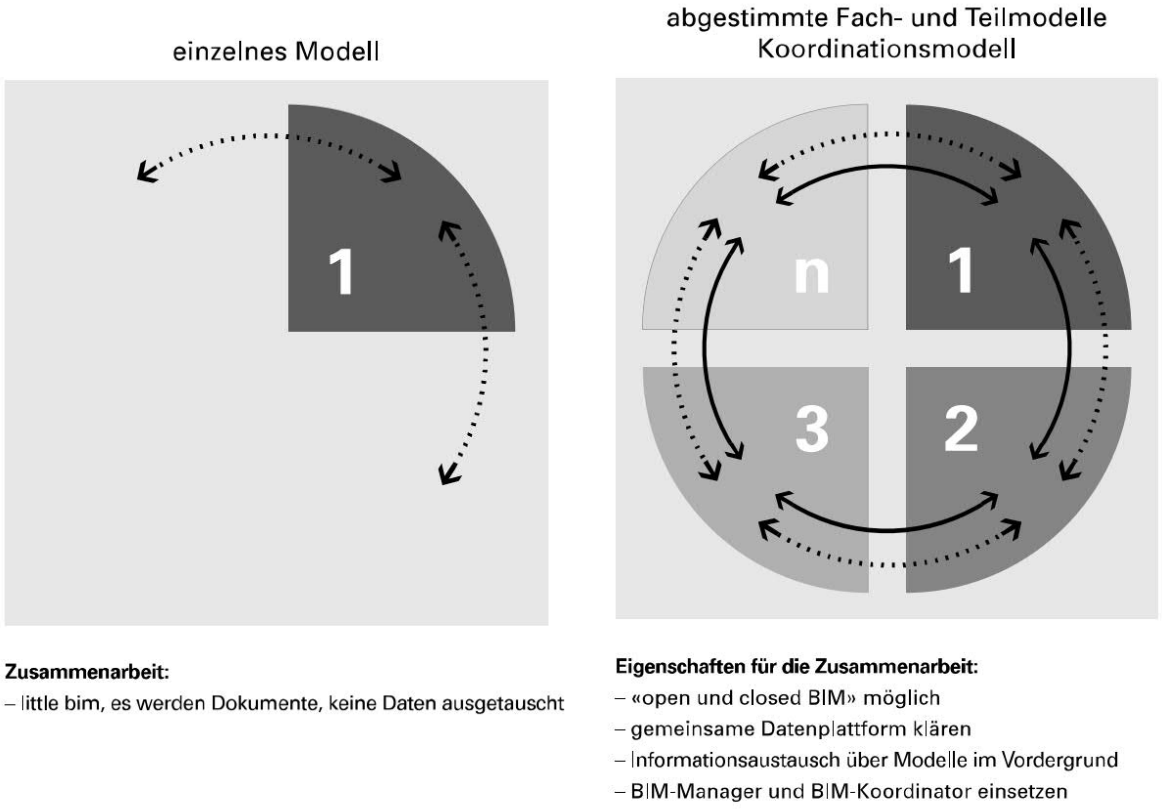


Abbildung 69 - little bim & BIG BIM aus Schweizer SIA Norm[101]

„Das entscheidende Potenzial der Digitalisierung ist der Beitrag, den sie zu Kostentransparenz, Effizienz, Terminsicherheit und Stabilisierung der Prozesse in der Baubranche leisten kann. Digitale Durchgängigkeit ist dabei die Voraussetzung für die umfassende Verfügbarkeit und Vernetzung der Daten aller Beteiligten der Wertschöpfungskette. Transparenz, Integration und Parallelität ermöglichen optimierte Entscheidungen, Projektergebnisse und reduzierte Betriebskosten.“[102]

[100] (SIA, 2017, S. 34)
[101] (BdCH - Stufenplan, 2018)
[102] (BdCH - Stufenplan, 2018)

5.3 Einstieg – little bim

Empfohlene Software:

- **Autodesk Revit**
- **Enscape**
- **MSExcel** und eventuell MSProject

Alternativen

- *Architektur:* ***Nemetschek Allplan*** *oder* ***Graphisoft ArchiCAD***
- *Haustechnik:* ***Linear Desktop*** *oder* ***Trimble Plancal nova CAD***

Das Modell sollte so erstellt werden, wie das Gebäude später gebaut wird. Deshalb macht es Sinn mit der Bodenplatte zu Beginnen und Vorsatzschalen sowie Fußboden als letztes zu modellieren. In Revit kann man, wenn man nicht vergisst regelmäßige Sicherheitskopien der Planung zu erstellen, wenig ungewollt zerstören machen und es gilt: Einfach probieren, dann findet man auch eine Lösung. Vorausgesetzt ist dabei ein Verständnis für die Bautechnik, denn man kann nur das Planen, wovon man weiß, wie es funktioniert.

Nach einer kurzen intensiven Lernphase, mit einer Schulung zum Einstieg, ist es bei entsprechendem Interesse und PC-Affinität nach ca. 1-2 Monaten mit Autodesk Revit und den beiliegenden Bauteilbibliotheken möglich, Planungsergebnisse in ausreichender Qualität für die Bauausführung zu erstellen. Wichtig ist dabei mit kleinen Projekten zu beginnen, da diese meist mit einem geringen zeitlichen und ökonomischen Druck verbunden sind. Dies ermöglicht ein Herantasten an das Ergebnis, um das Programm zu erlernen. Ein großer Anteil des Lernens besteht daraus verschiedene Einstellungen und deren Auswirkungen zu testen, bis diese intuitiv angewendet werden können. Da die Erstellung von Planungsvarianten im Gegensatz zum traditionell verankertem architektonischen Modellbau keine Ressourcen benötigt, ist es einfach möglich verschiedene Planungsvarianten zu untersuchen und dazu mit minimalem Mehraufwand Analysen zum Schattenwurf der Umgebung oder Beleuchtung im Innenraum durchzuführen, um so die Planung zu optimieren.

Enscape 3D kann dabei als wertvolles Tool zur Echtzeitvisualisierung der BIM-Planung verwendet werden, um das räumliche Verständnis während der Planungsphase zu erhöhen und das Erlernen von Revit zu erleichtern. Gleichzeitig kann die Planung als Rendering an den Kunden und Planungspartner weitergeben und geometrische Probleme in der Planung frühzeitig erkannt werden.

Im besten Fall arbeiten alle Projektbeteiligten mit Revit, was eine direkte Referenzierung der Teilmodelle ermöglicht und die Koordination vereinfacht. Da dies in der Praxis jedoch selten vorkommt, kann die Planung auch als IFC oder klassisch als DWG ausgetauscht werden. Zur Koordination der Fachgewerke kann dabei eine andere Software wie Solibri Model Checker oder Navisworks verwendet werden, die für diese Anwendung konzipiert wurden. *"AwF 12 – BIM-gestützte Terminplanung der Ausführung"* setzt eines dieser Programme voraus und da dies erst bei fortgeschrittenen BIM-Kenntnissen und größeren Projektteams Sinn macht, wird dieser AwF in das Szenario Aufbruch verschoben.

Aus dem Revit-Modell können nach entsprechenden Einstellungen, welche im Detail sehr komplex sein können, entsprechende Ansichten und Schnitte abgeleitet werden. Durch die vorkonfigurierten Ansichten ist es auch für Einsteiger möglich, diese zu verwenden. Nach entsprechender Erfahrung und Verständnis für die Funktionsweise von Revit können diese relativ einfach benutzerdefiniert angepasst werden. Zur Kostenschätzung können die Mengen aus dem Revit Modell als Bauteillisten ausgegeben werden, welche ähnlich wie eine Excel Tabelle funktionieren. Alternativ können die Daten auch einfach in MSExcel oder ein anderes Tabellenprogramm übertragen und dort weiterverarbeitet werden. Durch diesen Zwischenschritt ist jedoch keine Echtzeitkostenerfassung möglich und Änderungen müssen manuell übertragen werden, was eine Fehlerquelle darstellt. Das Mängelmanagement kann während dem Bau über die üblichen Kanäle geführt werden. Das Revit-Modell sollte dabei immer dem Ist-Zustand der Baustelle nachgeführt werden, da es nur so möglich ist Änderungen und deren Einfluss auf Kosten und Zeitplan zu prüfen und entsprechend zu reagieren.

Damit die Software funktioniert wird eine leistungsfähige Hardware benötigt. Mit zwei Bildschirmen und Eingabegeräten ist mit einer Investition von etwa 2.000€ zu rechnen. Dazu kommt noch Jahresgebühren für Software von 3.000€ für Revit und 419€ für Enscape. Als Architekt ist es möglich über Revit LT einzusteigen, was nur 620€ pro Jahr kostet. Software zu kaufen ist bei Autodesk nicht mehr möglich, was jedoch wegen der aufgesetzten Cloud-Services mit mobilen Anwendungen und der stetigen Weiterentwicklung der Software auch nachvollziehbar ist. Normgerechte Berechnungssoftware für die Haustechnik kostet im Komplettpaket etwa 20.000€, diese ist jedoch zum Einstieg nicht zwingend notwendig.

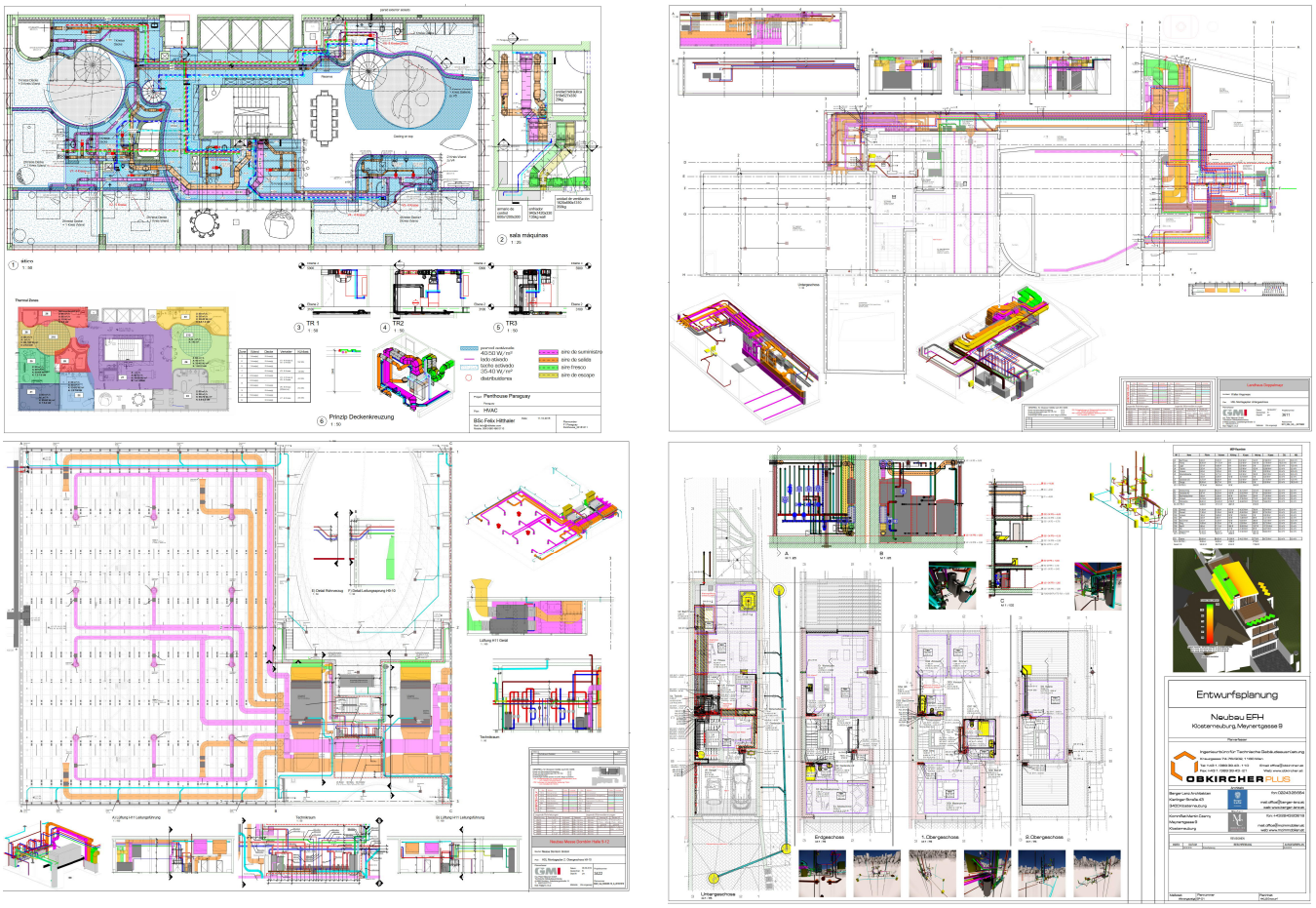


Abbildung 70 - Ausführungsprojekte mit Revit (eigene Darstellungen)

5.4 Aufbruch – BIG BIM

Empfohlene Software:

- Planung: **Autodesk AEC Collection** mit AutoCad, Revit, Navisworks u.a.
- Visualisierung: **Enscape**
- Projektplattform: **BIM360**
- Haustechnik-Berechnungen: **SolarComputer**
- LV Erstellung & Datenbankanbindung: **OneTools BuildingOne**

Branchenabhängige Werkzeuge und Alternativen

- *Alternativen HT-Berechnungssoftware: **Linear** oder **MagiCad***
- *Alternativen LV-Erstellung: **DBD BIM** oder **RIB iTwo***
- *Alternativen Visualisierung: **Unity** oder **Unreal Engine***
- *Variantenuntersuchung & Energiebedarfsprognose: **Sefaira***
- *Holzbau & 3D Druck: **hsbCAD***
- *Statik: **Sofistik***
- *Virtueller Projektraum: **BIMspot, Archicad BIMcloud, iTWO CX** oder **ceapoint DesiteMD***
- *Virtueller Immobilienverkauf: **Gbuilder***

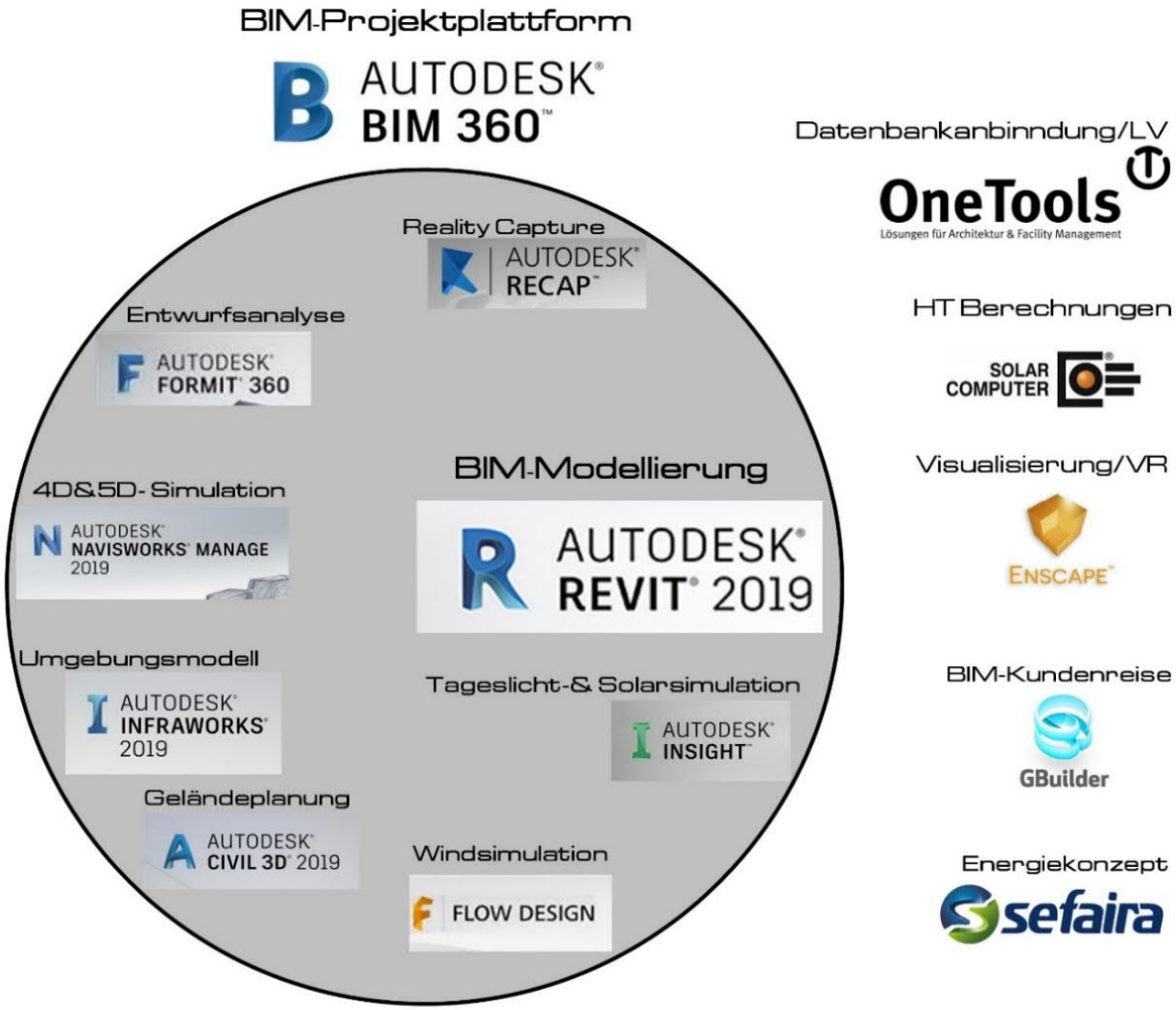


Abbildung 71 - Übersicht Programme für closedBIM-Prozess [103]

[103] eigene Darstellung

Um die Vorteile der BIM-Arbeitsweise auszuschöpfen und eine nachhaltige Datennutzung über den Gebäudelebenszyklus zu gewährleisten ist es unabhängig von der Planungssoftware notwendig, dass alle Daten in einem zentralen virtuellen Projektraum abgelegt werden und die Kommunikation über selbigen zu führen, um einen "Single Spot of Truth" für das gesamte Projektteam zu erhalten.

Der nächste Schritt bei der Implementierung von BIM ist die Planung eines interdisziplinären Projekts mittlerer Größe, da bei zunehmender Größe das Projektrisiko beim Erlernen der Software zunimmt, sollten die Prozesse bei berechenbaren Projekten eingespielt werden. Dazu sollte das gesamte Planungsteam an einem Workshop in einem realen Projektraum mehrere Tage zusammenarbeiten, um so die Ziele für den Prozess und entsprechende Anforderungen an die Planung festzulegen und dann das erste Entwurfsmodell für die Architektur als weitere Planungsgrundlage gemeinsam zu entwickeln.

BIM360 oder eine andere Projektplattform bildet den zentralen Koordinationsraum für das Projekt und alle Planer und Bauausführenden werden darauf eingeschult, die wichtigsten Dinge, wie Pläne abrufen und Daten ablegen selbstständig zu erledigen.

Probleme in der Planung können an einem zentral gespeicherten Koordinationsmodell ermittelt und behoben werden. Die Übersicht der Aufgaben wird in einer Benutzeroberfläche dargestellt und erst wenn Meilensteine in der Planung abgeschlossen sind, werden die entsprechen Pläne für das gesamte Team freigegeben. Der Fortschritt der Planung kann visuell dargestellt und regelmäßige Termine zum Datenabgleich festgelegt werden. Bei BIM360 ist es möglich mehrstufige Freigabeprozesse für Pläne zu erstellen, wodurch Planmarkierungen auf vorhandene Probleme hingewiesen werden kann, was eine übersichtliche und rechtssichere Planungsfreigabe ermöglicht.

Durch Verknüpfung des Gebäudemodells mit der Datenbank zur Erstellung des LVs kann technisch gesehen bei entsprechender Standardisierung und Programmierung ein Großteil des Leistungsverzeichnisses in Echtzeit aus dem aktuellen Planungsstand abgeleitet werden. Bei einigen Positionen, welche nicht als Objekt im Modell vorhanden sind, müssen die Mengen manuell ergänzt werden. Das Tool DBD-BIM ermöglicht das Erstellen eines ÖNORM gerechten Gebäudemodells und daraus können Kostenschätzungen und Leistungsverzeichnisse für den Hochbau, die aus dem STLB-Bau abgeleitet werden, erstellt werden. BuildingOne ist ein mächtiges Datenbankprogramm, jedoch ist es aufwändig zum Aufsetzen und deshalb lohnt sich der Aufwand nur bei großen Projekten bzw. wenn eine ähnliche Bauaufgabe öfters wiederholt wird, was in der Haustechnik nur selten vorkommt. Der Schritt der manuellen Übertragung in das Programm für das LV kann als Qualitätscheck der Planung verwendet werden, deshalb ist eine vollständige Automatisierung des Prozesses nur bei definierter Qualitätsprüfung des Modells sinnvoll.

Mit entsprechender Erfahrung ist es möglich qualitativ hochwertige Ausführungspläne mit Autodesk Revit zu erstellen, diese könnten teilweise leicht von der nationalen Norm abweichen, aber bei entsprechender Kommunikation und zur Hilfenahme verschiedener Ansichten, sind die Pläne sehr gut lesbar. Gibt es Problemstellen, können diese mit Detailplänen für den entsprechenden Teilbereich gelöst werden. Wenn auch das Bautagebuch in der Projektplattform erstellt wird, können fertiggestellte Bauteile im Modell markiert und Informationen zur Bauausführung, wie Betonqualität, ergänzt werden. Das ermöglicht eine grafische Darstellung des Baufortschritts und eine vollständige Dokumentation der Baustelle. Bei Planänderungen durch den Bauherren oder bedingt durch die Bauausführung oder unterwarteten Ereignissen kann der Einfluss auf den Planungs- und Bauablauf in Bezug auf Kosten und Zeit dargestellt werden, was eine Entscheidungsfindung erleichtert. Wird die Planung mit der Baustelle abgeglichen, kann das Modell zur Abrechnung von Bauleistungen verwendet werden und bauliche Änderungen oder Einsparungen in der Ausführung können einfach berücksichtigt werden.

Durch zur Hilfenahme von RealityCapture Technologien ist es möglich ein digitales Abbild der Baustelle zu erstellen, welche mit dem Planungsmodell abgeglichen, ein As-Build-Modell oder Digitalen Zwilling eines Gebäudes bildet. Eine digitales Gebäudeabbild hat in einer digitalisierten Welt viele Nutzen und ist deshalb ein wertvolles digitales Gut und dessen Erstellung wird in Zukunft auch diesen Stellenwert erhalten.

Nur wenn es gelingt das Gebäudemodell in standardisierten Prozessen in ein Lebenszyklusmodell zu überführen, können die Informationen von Planung, Bau und Betrieb zentral gesammelt und weiterverwertet werden. Gebäudeinformationstechnologien sind die Grundlage für umfassende computergestützte Lebenszyklusbetrachtungen für die Optimierung des Gebäudebestandes. Wichtig ist es auch, das Gebäude nach der Bauphase in einer sauberen Inbetriebnahme an den Nutzer zu übergeben. Leider wird dieser Schritt nach Fertigstellung oft nur oberflächlich durchgeführt, obwohl darin hohes energetisches Einsparungspotential liegt.

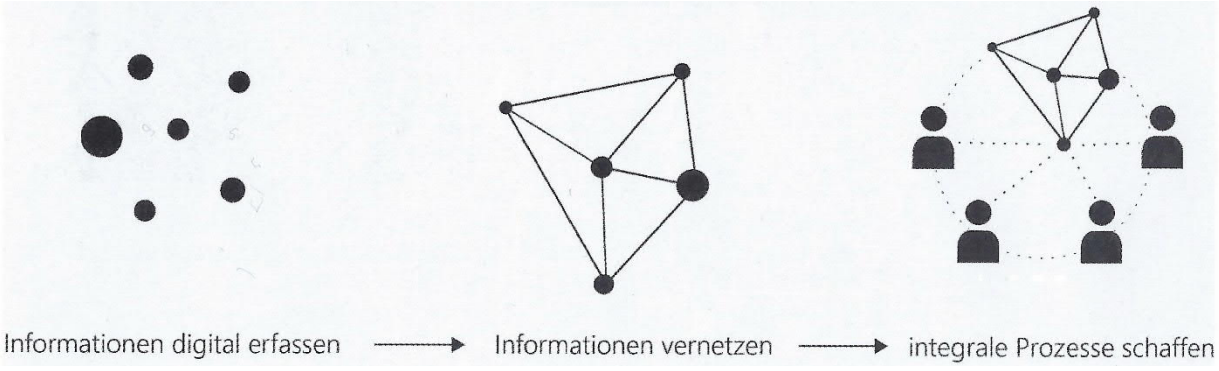


Abbildung 72 - Die drei Grundregeln zur Erstellung eines SPOT -"Single Point of Truth" nach SIDE Studio

6 Zitate zu BIM

Anhand einer Literaturrecherche wurde eine Zusammenstellung von Voraussetzungen, Vorteilen, Nachteilen, Aufwänden zur digitalen Planung bzw. Chancen und Risiken der Digitalisierung des Bauwesens erstellt. Dabei kam folgende Literatur zum Einsatz, welche den Stand der Technik im deutschsprachigen Raum, im Frühjahr 2019, wiedergibt:

- Achammer, & Kovacic. (Hg.) (2018). Construction Goes Digital - Chancen, Risiken, Nutzen - Praxisreport 2017. Wien: Klein Publishing GmbH.
- BdCH - BIM Roadmap. (2018). 3. Schweizer BIM Kongress - BIM Roadmap. Zürich: Bauen digital Schweiz.
- BdCH - Stufenplan. (2018). Stufenplan Schweiz - Digital Planen, Bauen und Betreiben. Zürich: Bauen digital Schweiz.
- BdCH - Workbook. (2018). BIM Workbook - Verständigung. Zürich: Bauen digital Schweiz.
- BIM4Infra. (17. September 2018). Umsetzung des Stufenplans "Digitales Planen und Bauen". Berlin: BIM4Infra.
- Both, W. (2017). BIM Tools Overview – Zielgruppen- und prozessorientierte Untersuchung freier BIM Werkzeuge. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- EUBIMtaskgroup . (2018). Handbuch für die Einführung von Building Information Modelling (BIM) durch den europäischen öffentlichen Sektor. Europa: EUBIMtaskgroup
- Goger, P. U. (2018). Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Wien: WKO Österreich-Geschäftstelle Bau.
- Roland Berger. (2016). Think Act - Digitalisierung der Bauwirtschaft. München: Roland Berger.
- SIA. (2017). Building Information Modelling (BIM) - Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.
- Tautschnig, F. G. (2017). BIM in der Wertschöpfungskette Bau: Die Digitalisierung des Bauprozesses und der damit verbundene Wandel. Innsbruck: STUDIA Universitätsverlag.

6.1 Voraussetzungen für Einstieg in digitale Planung

„Geeignete BIM-Pilot- oder Einstiegsprojekte sind Projekte, die für die jeweilige Beschaffungsstelle als durchschnittlich eingestuft werden können. Sie sollten also mittelgroß, mittelkomplex und gut vergleichbar sein. Die Projektleitung sollte außerdem über solide Erfahrungen mit vergleichbaren, konventionell geplanten und ausgeführten Projekten verfügen." (KBOB, 2018, S. 11)

„Fachpersonal mit Wissen und fundierten Fähigkeiten im Umgang mit Digitalisierungsprozessen – vor allem Building Information Modeling – sind zukünftige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung von Bauprojekten." (Goger, 2018, S. 51)

„Trifft die digitale Transformation auf ein starres Unternehmen, dann kann die Veränderung in der Struktur des Unternehmens nicht stattfinden. Das Schlagwort lautet Agilität. Diese muss man im Inneren herstellen" (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 28)

„Für die Digitalisierung des Bauwesens muss die Branche das Miteinander in den Vordergrund rücken: „Digitalisierung bedeutet Vernetzung sowohl von Menschen wie von Organisationen." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 31)

„Die Aufgaben, Ziele und Möglichkeiten der eigenen Organisationseinheit müssen dabei realistisch eingeschätzt werden: Ressourcen, Kompetenzen, Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten spielen dabei ebenso eine Rolle wie die Motivation und das Interesse der involvierten Stellen und Personen." (KBOB, 2018, S. 8)

„Für einen möglichst nutzbringenden und zukunftsorientierten Einsatz von BIM ist eine organisationsübergreifende Klärung und Abstimmung von BIM-Zielen und den damit verbundenen Informationsbedürfnissen und Schnittstellen ausschlaggebend." (KBOB, 2018, S. 8)

„Damit Projektziele systematisch in digitale Bauwerksmodelle umgesetzt werden können, ist eine frühzeitige enge Zusammenarbeit zwischen möglichst vielen Projektbeteiligten erforderlich." (SIA, 2017, S. 24)

„Nicht auf Veränderungen warten, sondern sie aktiv gestalten. Nicht blind digitalisieren, denn das macht heute jeder. In Ökosystemen denken, gerade hier hat die Baubranche großen Nachholbedarf." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 28)

„Wenn rund 20% aller Großprojekte nicht im Zeitplan und 80% über Budget sind und die Branche dennoch deutlich unter 1% ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung investieren, ist klar, dass Handlungsbedarf besteht." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018)

„Wir (Anm.: Bosch) brauchen eine durchgängige IT-Landschaft, das Rückgrat für diese IT-Landschaft sehen wir im BIM." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 108)

„Dennoch gewinnt man den Eindruck, dass in vielen Baufirmen weiterhin vor allem Papier, Telefone und Faxgeräte in Gebrauch sind. Das muss sich ändern. Nicht aus Selbstzweck, sondern weil elektronische Ausschreibungen auf dem Vormarsch sind." (Roland Berger, 2016, S. 8)

„Bereitschaft der Bauherren die Mehrkosten in der Planung durch BIM zu bezahlen." (Goger, 2018, S. 120)

6.2 Vorteile digitaler Planung

„BIM als Kommunikationsmittel ist einfach nur perfekt." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 210)

„2D Planableitungen funktionieren, man muss nur ausnahmslos konsequent sein." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 210)

„Die Flexibilität in der Modellierung war gegeben, mit Tools wie Dynamo waren auch komplexe Aufgaben lösbar." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 210)

„Die Mengenermittlung aus dem Modell war aufgrund der disziplinierten Modellierung sehr genau" (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 210)

„Anstelle von isolierten, voneinander unabhängigen Plandateien (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Konzepte, etc.) wird ein zusammenhängendes virtuelles Gebäude erstellt. Fehler aufgrund von nicht kongruenten Planunterlagen werden früh erkennbar und können behoben werden." (KBOB, 2018, S. 5)

„Der Aufbau eines 3-dimensionalen Gebäudemodells führt dazu, dass jedes gezeichnete Element einmalig und eindeutig identifizierbar ist und mit Daten verknüpft werden kann." (KBOB, 2018, S. 5)

„Ein informationsangereichertes dreidimensionales Gebäudemodell ermöglicht den vielseitigen Einsatz von automatischer Prüf- und Analysesoftware." (Goger, 2018, S. 124)

„Die BIM -Methode kann mit in allen Projektphasen angewendet werden. Der Nutzen wird umso größer, je durchgängiger die Daten und Strukturen angewendet werden." (SIA, 2017, S. 31)

„Mit einer für die Planungsbranche ausreichenden Marktreife (Verbreitung, Software, Erfahrung) ist die Methode BIM zurzeit der Treiber für die Digitalisierung im Planungs- und Bauwesen." (KBOB, 2018, S. 6)

„Mit dem heutigen Stand der Technik lässt sich kollaborativen Arbeiten einen Qualitätsstempel zu verpassen, der es uns (Anm.: Strabag) ermöglicht, in einer sehr frühen Phase der Planung sämtliche Risiken und Chancen durch Testen des digitalen Gebäudezwillings zu erkennen und Entscheidungen zu treffen, bevor sie unvorhergesehene Kosten verursachen." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 63)

„Durch die Digitalisierung soll der Zeitaufwand für das Suchen von Unterlagen bzw. Informationen minimiert werden. Objektbasiertes Suchen wird in Zukunft möglich sein und so Ablagesysteme verändern." (Goger, 2018, S. 87)

„Zur Entscheidungsfindung, egal ob während der Projektvorbereitungsphase, in der Bauausführung oder der Sanierung von Bestand, können Visualisierungen herangezogen werden." (Goger, 2018, S. 87)

„Durch die Anwendung dieser gemeinsamen Zusammenarbeitsform werden Beweggründe, Handlungen und Entscheidungen der einzelnen Bedürfnisträger transparent, was zu Abstimmungsbedarf und Klärung führen kann. Herausforderungen und Entscheidungen werden dadurch früher im Projekt diskutiert, was den Projektverlauf positiv beeinflusst." (SIA, 2017, S. 31)

„Als großer Vorteil wird die Fehlervermeidung durch die Beseitigung von redundanten Eingaben gesehen. Die bereits eingegebenen oder im Idealfall digital erfassten Daten können für alle darauf aufbauenden Prozessschritte weiterverwendet werden" (Goger, S. 87)

„Digitalisierung liefert wesentlich bessere Argumente für längerfristige Planungen. Derzeit sind Entscheidungs- und Planungshorizonte bisweilen zu kurzfristig, von unterschiedlichen subjektiven Motivationen und Erwartungen getrieben." (Goger, 2018, S. 97)

„Der Computer wird uns Fleißarbeit abnehmen, aber nicht das kreative Denken." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 45)

„Durch die bessere Organisation von Bauprojekten und ein durchgängiges Datenmodell kann z. B. die E-Mail-Flut gestoppt werden." (Goger, 2018, S. 87)

„Erwartet wird allerdings, dass mithilfe von BIM die Verfolgung der Zielvorgaben vereinfacht und standardisiert wird." (KBOB, 2018, S. 8)

„Solange die Anwendungstiefe isoliert (little bim) oder auf die Zusammenarbeit fokussiert ist, wird vor allem die Effektivität und Effizient der eigenen Arbeit respektive der Zusammenarbeit gefördert. Erst mit dem Schritt der Integration alles Beteiligten kann die Wirtschaftlichkeit und das Lebenszyklusverhalten beeinflusst werden." (SIA, S. 34)

6.3 Nachteile von digitaler Planung

„BIM Hype, der die Erwartungshaltung vieler Stakeholder enttäuscht hat." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 66)

„Die Performance aller BIM-Tools hat sich in letzter Zeit zwar verbessert, aber es ist immer noch nicht zufriedenstellend. Dateien sollten wegen Performanceproblemen aufgrund der Dateigröße nicht getrennt werden müssen." (Achammer; Kovacic (Hg.), S. 210)

„Die Anwender und insbesondere die Bauherren wissen derzeit teilweise noch nicht, wie sie mit BIM und der Digitalisierung umgehen sollen." *(Goger, 2018, S. 89)*

„Die Normung und Standardisierung ist nicht zufriedenstellend abgeschlossen und es gibt keine anwendbaren durchgängigen Standards." *(Goger, 2018, S. 89)*

„Mehr Digitalisierung, mehr Daten zu einem früheren Zeitpunkt, erfordert mehr Kommunikation und mehr Detailtiefe." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 65)

„Das Arbeiten mit Fachmodellen erfordert ein neues Verständnis für das Entwerfen und den Umgang mit virtuellen Bauteilen. Das Zusammenspiel zwischen den unterschiedlichen Fachgewerken ist dabei von zentraler Bedeutung." (BdCH - BIM Roadmap, S. 30)

„Die Realität sieht jedoch anders aus. Es gibt kaum Projekte, wo wirklich jeder Planungsbeteiligte in derselben Softwarelandschaft arbeitet, geschweige denn Baufirmen, Facilitymanager und Immobilienverwalter." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 206)

„Wir haben zu wenige gute Fachkräfte für die Digitalisierung." *(BdCH - Workbook, 2018, S. 30)*

„Unsere mitteleuropäische Baukultur hat zudem lokal sehr unterschiedliche Normierungen, welche die für die Automatisierung notwendige Umsetzung mit Standards und skalierbarer Software schwierig macht." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 116)

„Die Digitalisierung verändert grundsätzlich die Anforderungen an die Fähigkeiten, die wir in der Zukunft mitbringen müssen." *(BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 45)*

„Die Auftragslage der Branche ist so gut, dass keiner Ressourcen frei hat für Innovation." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 42)

„Interoperabilität von Softwareprogrammen." (Goger, 2018, S. 51)

„Das Änderungsmanagement in Revit ist eine Katastrophe, man muss sich hier selbst Gedanken und Workarounds überlegen wie man die Qualität des Modells und der Änderungen überwachen kann." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 210)

„Der IFC Export ist sehr komplex in Revit und bei weitem nicht selbsterklärend." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 210)

In Revit integrierte Berechnungstools sind unzureichend für Nachweise nach nationalen Normen bzw. müssen manuell programmiert werden. (Hypothese)

Gebäudetechniksoftware teilweise unausgereift und nicht sehr benutzerfreundlich. (Hypothese)

Um das volle Potential von BIM auszuschöpfen sind Programmierkenntnisse notwendig. (Hypothese)

„Schummeln funktioniert nicht gut(ist aber eigentlich positiv)." (Achammer; Kovacic (Hg.), S. 210)

„Auf Forschungsseite wie auch auf (halb-)kommerzieller Seite wurden mittlerweile verschiedene frei verfügbare oder Open Source basierte BIM-Werkzeuge entwickelt, welche durchaus Potentiale für einen Breiteneinsatz zu bieten scheinen. Der Zugang zu solchen kostenlosen und kostengünstigen BIM-Werkzeugen – kann auch im internationalen Wettbewerb – einen entsprechenden Wettbewerbsvorteil bewirken. Allerdings sind diese Werkzeuge den Akteuren des Bauwesens, da oft in anderen Kontexten entwickelt, zumeist nicht bekannt und ihre Nutzbarkeit bisher noch kaum evaluiert worden. Es existiert derzeit noch keine aussagekräftige Marktübersicht mit einer Zusammenstellung solcher Tools, die den genannten Akteuren den Einstieg in die „BIM-Welt" erleichtern könnte." (Both, 2017)

6.4 Nutzen von digitaler Planung

„Mit der Digitalisierung stellt sich eine Datentransparenz ein, welche nach Einschätzung der Diskussionsteilnehmerinnen und -teilnehmer zu mehr Partnerschaftlichkeit in der Projektabwicklung führt. Als Schlagwort in diesem Zusammenhang wurde kooperative Projektabwicklung genannt." (Goger, 2018, S. 87)

„Der digitale Zwilling, der durch die BIM-Methode geschaffen wird, erlaubt es, «ein geplantes Bausoll vorweg zu nehmen und die Ausführung digital zu steuern." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 34)

„Building Information Modeling ermöglicht neben der dreidimensionalen Visualisierung des Gebäudes auch die Simulation verschiedener Projektvarianten hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und sozialer Faktoren." (Goger, 2018, S. 103)

„Digitale Simulationen erleichtern die Entscheidungsfindung in der Frühphase von Projekten (als Stichwort werden hier Variantenstudien genannt), während der Arbeitsvorbereitung und der Bauphase sind sie ebenfalls eine wertvolle Unterstützung." (Goger, 2018, S. 96)

„Der frühzeitige planungsbegleitende Einsatz von (energetischen) Simulations- und Ökobilanzierungswerkzeugen stellt dabei eine wichtige Basis dar, um Planungsentscheidungen auf ihre Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes beurteilen zu können." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 190)

„Aktuelle Diskussionen im Bereich der Energieeffizienzsteigerung und Nachhaltigkeit zeigen deutlich, dass eine Breitenwirkung der bisherigen Ansätze nur durch verstärkte Aktivitäten im Bereich der Standardisierung – sowohl in inhaltlicher Ebene wie auf technischer bzw. informationstechnischer Ebene – realisiert werden kann." (Achammer; Kovacic (Hg.), S. 190)

„Zukünftig wird durch die Digitalisierung der Abrechnungsprozess auf Baustellen deutlich vereinfacht werden. Basierend auf der Ausschreibung von Bauleistungen mit belastbaren Massenangaben und einer deutlichen Darstellung ihrer Zuordnung, ergeben sich auch in der Bauausführung Vorteile aus einem digital vorliegenden Bauwerksmodell." (Goger, 2018, S. 136)

„Durch die durchgängige Datenkette und die Verknüpfung der Bauzeit und Kosten mit den einzelnen Bauteilen im Gebäudemodell ist eine dynamische Anpassung von Kosten und Terminen möglich. Diese bieten Vorteile für das Baustellencontrolling. Der Bauherr kann durch die dynamische Kosten- und Terminverfolgung die Auswirkungen seiner Entscheidungen schnell und klar erkennen, die Folgen von Abänderungsaufträgen werden ersichtlich." (Goger, 2018, S. 135)

„Durch die Digitalisierung werden das papierlose Büro und die papierlose Baustelle möglich." (Goger, 2018, S. 87)

„Durch die derzeit häufig praktizierte baubegleitende Planung ergeben sich zwischen den unterschiedlichen Gewerken ständige Kollisionen, welche vorwiegend in der Bauphase behoben werden. Durch den Einsatz von BIM und den Abschluss der Planung vor Baubeginn, hat man die Möglichkeit einer durchgängigen Kollisionsprüfung. So können mögliche Konfliktpunkte bereits während der Planung erkannt und beseitigt werden." (Goger, 2018, S. 96)

„Durch transparentere Einsatzplanung wird die Digitalisierung zu einem effizienteren Einsatz von Personal und Baumaschinen beitragen. Die Materiallogistik steht in engem Zusammenhang mit Selbststeuerungsprozessen auf Baustellen. Durch diese können zukünftig Just-In-Time-Lieferungen von Materialien oder Bauteilen realisiert werden. Das kostenintensive und teilweise platzintensive Vorhalten auf Baustellen entfällt dadurch." (Goger, 2018, S. 137)

„BIM fördert die frühere Zusammenarbeit der Planer mit dem Facility-Management. Diese Einbindung des FM erhöht das Nutzungs-Know-how in der Planungsphase und ermöglicht dadurch das bessere Erkennen von Betriebsproblemen schon in der Planungsphase. Durch dieses Early Stakeholder Involvement können realistische Gebäudesimulationen und Optimierungstätigkeiten für den Betrieb bereits in der Planung durchgeführt werden. Die frühere Zusammenarbeit stellt aber auch ein großes Umdenken im Planungsprozess dar und wird nicht von heute auf morgen realisierbar sein, sondern einige Zeit in Anspruch nehmen." (Goger, 2018, S. 117)

6.5 Aufwände beim Umstieg auf digitale Planung

„BIM und die Digitalisierung erfordern eine neue Datenqualität in der Planung und können zu Mehraufwänden in der Planung führen." *(Goger, 2018, S. 87)*

„Notwendigen Investitionen in Mitarbeiterschulungen und in erforderliche Programme bzw. Softwarelösungen, speziell für KMUs." (Goger, 2018, S. 89)

„Basierend auf den Zielvorgaben aus der eigenen Organisation werden Projektziele definiert, die mit Unterstützung der Methode BIM erreicht werden sollen. Entlang den Planungs- und Bauphasen werden die zur Zielerreichung notwendigen Leistungen und Anwendungen abgeleitet. Abgrenzung von Grund- und Zusatzleistungen sowie die Definition der Schnittstellen werden auf Basis der bisher üblichen Ordnungen vorgenommen." (KBOB, 2018, S. 11)

„Der Spezifikation des benötigten Datenoutputs ist große Aufmerksamkeit zu schenken: je präziser die Schnittstelle zu den nachfolgenden Anwendungen definiert und beschrieben werden kann, umso weniger Aufwand und Reibungsverlust wird die entsprechende Implementierung verursachen." (KBOB, 2018, S. 10)

„Präzisierungsbedarf im Umgang mit Daten: In der Vertragsurkunde zu regelnde Themen sind nach momentaner Einschätzung Eigentum, Nutzung, Haftung, Datenplattform." (KBOB, 2018, S. 15)

„Beschreibung der BIM-bezogenen Veränderungen bezüglich Rollen, Organisation, Prozesse, Phasen und Leistungen in der bisherigen Logik: sie werden in den Vertragsbeilagen projektbezogen, widerspruchsfrei, eindeutig und umfassend abgebildet." *(KBOB, 2018, S. 15)*

„Um das Entwurfsziel und den Lösungsweg effektiv zu unterstützen, ist es wichtig, die Verhaltenssimulationen in den Entwurfsprozess zu integrieren und zusätzlich in einen strukturierten Entwurftssteuerungsprozess einzubinden, damit sie gezielt kontinuierlich und vor allem automatisch und nicht nur sporadisch manuell eingesetzt werden." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 181)

„Voraussetzung hierfür (Anm.: Entwicklung von automatisierten entwurfsunterstützenden Systemen) *sind interoperable Datenstrukturen und Softwarewerkzeuge so wie vollständige Datenmodelle. Die Vollständigkeit bedeutet eine ebenso große Mammutaufgabe wie die Interoperabilität, wenn man sie als Aufgabe einer Gruppe oder einer Firma betrachtet."* (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 184)

6.6 Chancen der Digitalisierung

„Die neue Normalität wird digital, vernetzt und interdisziplinär sein. Hierfür braucht es Offenheit und den Willen, Dinge neu zu denken und andere Blickwinkel einzunehmen." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 64)

„Lediglich rund 30% seiner Arbeitszeit wendet ein Bauarbeiter tatsächlich für seine Haupttätigkeit auf. Die anderen 70% verbringt er auf Wegen und mit Transportarbeiten, mit Auf- und Umräumarbeiten sowie auf der Suche nach Materialien oder Geräten. Es ist damit nachvollziehbar, dass viele Unternehmen hier Optimierungsbedarf feststellen." (Roland Berger, 2016, S. 10)

„Die Energiequelle der Zukunft ist die Effizienz. Jedoch ist die Effizienz ohne Daten nicht bewertbar, Effizienzsteigerungen sind nicht verfolgbar und verborgene Optimierungen nicht sichtbar." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 101)

Europaweit jährlich 130 Milliarden Euro an Einsparungen durch Digitalisierung des Bauwesens möglich. *Vgl.* (EUBIMtaskgroup , 2018, S. 10)

„Das "Bauunternehmen der Zukunft" lässt sich mit digitalen Tools punktgenau mit Material beliefern, sodass die Kosten für Lagerung und Transport sinken und die Effizienz steigt. Es beschafft sich die Materialien auf elektronischen Portalen und optimiert damit nicht nur die Preise, sondern auch die Zusammenarbeit mit den Lieferanten. Bauzulieferer setzen in der Produktion auf intelligente Maschinen und Applikationen, die ein Netzwerk entstehen lassen, in dem alle Produktionsprozesse im Voraus geplant und mit höchster Effizienz durchgeführt werden können. Im Marketing und Vertrieb nutzen sie digitale Verkaufs-Applikationen, um Händler und Kunden zu überzeugen; im After Sales-Bereich bieten sie den Kunden neue Service- und Supportleistungen an, welche die Kundenbindung erhöhen. Baustoffhändler bieten effiziente Plattformen an und fördern nicht nur Transparenz, sondern erhöhen auch die Prozesseffizienz für ihre Kunden. Gleichsam nutzen sie die generierten Daten, um ihre Kunden besser zu verstehen und Kundenprofile zu erstellen." (Roland Berger, 2016, S. 14)

Produktivitätssteigerung durch effizienteren Einsatz von Ressourcen. *Vgl.* (EUBIMtaskgroup , 2018, S. 18)

„Bei den Klein- und Mittelbetrieben werden Chancen für jene Betriebe gesehen, die sich im Zuge der Digitalisierung spezialisieren. Die Diskussionsteilnehmerinnen und -teilnehmer sind der Meinung, dass sich durch die Digitalisierung neue Nischenmärkte auftun, in welchen besonders kleine Unternehmen mit großem Fachwissen gute Marktchancen haben." (Goger, 2018, S. 87)

„Aus der durchgängigen Datenkette über den Lebenszyklus können neue Erkenntnisse gewonnen werden. Durch Rückkopplungen in vorhergehende Phasen oder Projektabschnitte können die Prozesse generell verbessert werden. Die Durchgängigkeit der Daten ist außerdem Voraussetzung für weitere technologische Entwicklungen, wie etwa maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz. Durch die zur Verfügung stehenden Daten können Bauwerke in höhere Systeme integriert werden." (Goger, 2018, S. 86)

„Immer wichtiger für die Baubranche werden mobile Cloud-Lösungen. Erhebungen zeigen, dass Bau-Projektmanager bis zu 90% ihrer Arbeitszeit mit Kommunikation verbringen. Gibt es hier Probleme, zum Beispiel weil Akteure nicht auf dem gleichen Stand sind oder Dateneinsicht fehlt, gerät der gesamte Prozess ins Stocken." (Roland Berger, 2016, S. 10)

Durch die Digitalisierung wird das Baugewerbe, vor allem das Handwerk, wieder interessant für junge und talentierte Menschen. *Vgl.(EUBIMtaskgroup , 2018, S. 18)*

„Die Förderung der Weiterbildung wird zu einer der Hauptaufgaben unserer Gesellschaft, die die Industrie, Bildungseinrichtungen und Arbeitnehmer gleichermaßen tragen müssen." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 45)

Durch die Digitalisierung ist ein Wandel zu einer nachhaltigen Umwelt, welche auf einer Kreislaufwirtschaft basiert, möglich. Vgl. (EUBIMtaskgroup , 2018, S. 18)

„Es entstehen hochwertige Arbeitsplätze, welche zu hoher Beschäftigung beitragen. Ortunabhängiges Arbeiten wird aufgrund der stark ausgebauten Breitbandinfrastruktur ermöglicht." (Goger, 2018, S. 9)

„Die Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen hält stetig Einzug auf der Baustelle, laufende Verbesserungen im Bauablauf sind dadurch möglich." (Goger, 2018, S. 97)

„Life Cycle Engineering wird durch die durchgängige Datenkette über alle Phasen eines Bauwerks möglich. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten im Sinne von Nachhaltigkeit und Materialwirtschaft (Stichwort: Urban Mining)." (Goger, 2018, S. 98)

„Mit der höheren Marktreife von Software und Schnittstellen werden technische Aspekte der Digitalisierung in den Hintergrund rücken. Damit entsteht das Potential, bewährte und oft liebgewonnene Prozesse unseres täglichen Berufsalltags neu zu denken und damit das Versprechen einer schrittweisen Erhöhung der Effizienz einzulösen." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 65)

„Das Interesse eines Konzerns wie der Strabag ist es, nicht die Struktur des solitären Projektes digital abzubilden, sondern das Wissen von tausend Projekten im Jahr zu erfassen, aus Fehlern zu lernen und Potentiale zu erkennen." (Achammer; Kovacic (Hg.), S. 64)

„Die Digitalisierung ermöglicht auch Innovationen im Materialisieren von Planungen: die robotische Fabrikation von Bauten.[…] Die zweite These ist, dass man durch neuartige Prozesse auch bislang als nicht veränderbar angesehene Prozessketten ändern kann" (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 120-121)

„Eine vom Facility-Management oft unterschätzte Ressource sind die aus dem Gebäudebetrieb gewonnen Daten. In Zukunft werden diese Daten eine große Bedeutung haben und einen monetären Wert besitzen. Die Digitalisierung ermöglicht dem Facility-Management neue Geschäftsfelder, da es riesige Datenmengen erhalten und weiterverarbeiten. Bei der Veräußerung von Bauwerken wird nicht nur das physische Objekt, sondern auch die vorhandenen Daten in Zukunft den Verkaufspreis bestimmen." (Goger, 2018, S. 140)

6.7 Risiken der Digitalisierung

„Vermutlich spaltet weniger das Thema BIM die Gemüter, sondern vielmehr die Erkenntnis, dass sich hinter BIM ein kompletter Change-Prozess verbirgt." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 69)

„Aktuelle Umfragen ergeben [Both 2013], dass das deutsche Bauwesen in Bezug auf die Umsetzung. dieser BIM-Methodik allerdings weit hinter den nordeuropäischen Ländern zurücksteht. Auch im globalen Vergleich zeigen sich hier offensichtliche Defizite." (Both, 2017, S. 7)

„Sich gar nicht um die Digitalisierung zu kümmern, ist dabei keine gute Option." (Roland Berger, 2016, S. 14)

„Die Entwicklung in Richtung Digitalisierung und vor allem BIM im Bauwesen wird derzeit insbesondre von großen Konzernen vorangetrieben. KMUs könnten hier Wettbewerbsnachteile erfahren." (Goger, 2018, S. 89)

„Die größte Bedrohung für KMUs geht nach Einschätzung derzeit von der Softwareindustrie aus. Entscheidet sich ein KMU für die falsche Software, laufen hohe verlorene Investitions- und Schulungskosten an, denen keine entsprechenden Erlöse entgegenstehen." (Goger, 2018, S. 89)

„BIM bedeutet eine große Umstellung für uns alle. Viele Architekten im Amt befürchten, dass "unsere Kultur verloren geht". Die Begleitung der Umstellung ist deshalb aufwendig, wir müssen Überzeugungsarbeit leisten und Ängste nehmen." (Goger, 2018, S. 138)

„Für die Anwendung von BIM gibt es im Sinne von Plug & Play keine fertigen Lösungen." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 63)

„Der geforderte Entwicklungsstand (LOIN = Level of Information Need) des Auftraggebers wird durch den Stand der geometrischen Detailierung (LOG) und dem Gehalt an nichtgeometrischer Information (LoI) durch den Auftragnehmer beschrieben. Zu viel und zu wenig detaillierte Information ist ebenso schädlich wie fehlende Information." (SIA, 2017, S. 26)

„Die kleinteilige Baulandschaft verlangsamt den Prozess der Digitalisierung, BIM stellt speziell für KMUs einen großen zusätzlichen Aufwand dar." (Goger, 2018, S. 89)

„Fehlendes BIM-Know-how könnte damit in naher Zukunft zu einem signifikanten Wettbewerbsnachteil werden." (Roland Berger, 2016, S. 13)

„Die Akzeptanz von neu implementierten Abläufen stößt zumal besonders beim Bauausführenden Personal auf Skepsis. Dieser muss über entsprechende Aufklärung entgegengewirkt werden." (Goger, 2018, S. 138)

„Durch die große, eventuell unüberblickbare Datenmenge kann zumindest kurzfristig „Chaos" entstehen. (Goger, 2018, S. 89)

Datensicherheit und Gefahr von Hackerangriffen. *Vgl.* (Goger, 2018, S. 89)

„Offenen Rechtsfragen sowie die Haftung sind noch zu klären." (Goger, 2018, S. 90)

„Die Konkurrenz wird auch in sehr hochwertigen Arbeitsfeldern global." (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018)

„Der Bericht zur „Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0" zeigt auf, dass der Wirtschaftszweig „Baugewerbe" im Durchschnitt mit einer Automatisierungswahrscheinlichkeit von 59 % zu rechnen hat. Dies bedeutet, dass durch den potentiellen Destruktionseffekt 59 % der Tätigkeitsstrukturen innerhalb des Baugewerbes automatisiert werden können. Wie sehr durch die Schaffung neuer Betätigungsfelder diese automatisierten Tätigkeiten kompensiert werden können, bleibt offen. Die hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit führt außerdem nicht zwingend dazu, dass jede menschliche Arbeitskraft in einer Berufsgruppe hinfällig wird, sondern dass durch Automatisierung, Zeit verfügbar wird, die für andere Tätigkeiten aufgewandt werden kann." (Goger, 2018, S. 24)

„Spezialisten müssen die Probleme zusammen lösen, auch die Standardisierung und Normierung muss gemeinsam an die Hand genommen werden. Da tut sich diese Branche immer noch recht schwer." (BdCH - BIM Roadmap, 2018, S. 43)

„Jene, die sich den technologischen Entwicklungen verschließen, erzeugen Rückhalteeffekt in Punkto Digitalisierung. Damit einhergehend fehlt Kreativität, um noch vorhandene technische Probleme zu lösen." (Goger, 2018, S. 90)

7 Ausblick

In einer Zeit des global stagnierenden Wirtschaftswachstums ist es notwendig alte Gewohnheiten zu vergessen und durch neue Technologien, Prozesse effizienter zu gestalten. Die Digitalisierung bietet unzählige Möglichkeiten die veralteten Prozesse auf der Baustelle zu verbessern und so werden viele der schweren, gefährlichen und meistens schlecht bezahlten Arbeiten von Robotern geleistet. Andere Arbeiten werden sich von der Baustelle in die Fabrik verschieben, wie es im Stahl- und Holzbau bereits der Fall ist. In der kontrollierten Umgebung können viele Arbeitsschritte automatisiert werden und die handwerklichen Arbeiten können in einer klimatisierten und sicheren Arbeitsumgebung verrichtet werden. Das Gebäude wird nach einer Qualitätsprüfung in großen Elementen mit Lastwagen auf die Baustelle transportiert und dort in kurzer Zeit montiert.

Die Baubranche ist deswegen einer der größten Wachstumsmärkte der nächsten Jahre und BIM in Kombination mit den in den folgenden Kapiteln beschrieben Technologien wird dieses Wachstum ermöglichen.

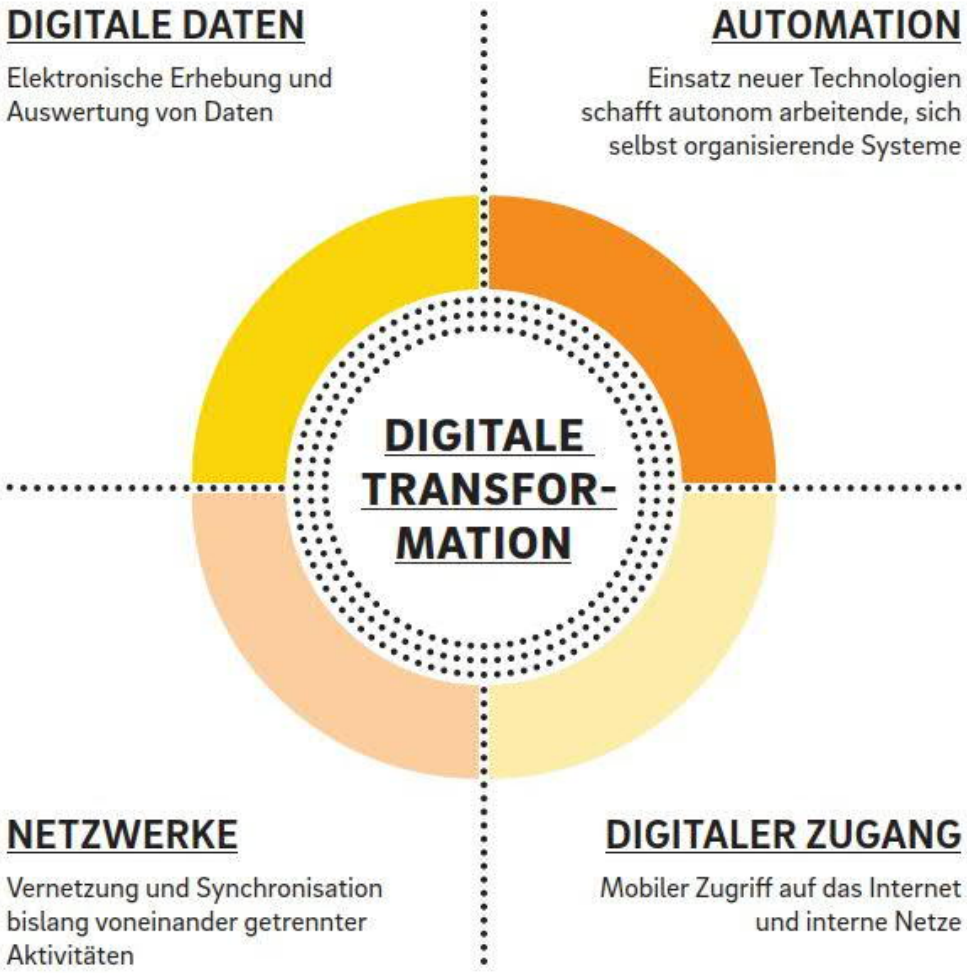


Abbildung 73 - Vier Hebel der digitalen Transformation[104]

[104] (Roland Berger, 2016, S. 5)

7.1 BIMspot – Österreichische BIM-Plattform

Keep IT Local - Es ist wichtig die erforderlichen Ressourcen lokal bereitzustellen, besonders, wenn es um Gebäude- und Nutzerdaten geht. Deswegen ist BIMspot von Christoph Degendorfer ein wichtiges Zeichen in Richtung Softwareunabhängigkeit und Datenhoheit. Die Daten über Gebäude müssen in Zukunft in zentralen öffentlichen Registern geführt werden. Diese Daten sollten verteilt auf vielen Standorten, aber lokal und nicht auf einen Server in der USA oder einem anderen Land gespeichert werden.

Abbildung 74 - BIMspot - Single Point of View[105]

Blockchain-Technologie bietet die Möglichkeit Zugriffsrechte in verteilten Registern, sogenannten Shared Ledger, zu regeln und Zugriffe aufzuzeichnen. Diese Entwicklung wird noch einige Jahre dauern bis die Shareholder die Wichtigkeit dieser Aufgabe verstehen.

BIMspot, als BIM-Plattform, die in Österreich entwickelt wird und dort hoffentlich die Serverinfrastruktur aufbaut, ist ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung. Die Ansätze der ersten Alpha Version, die auf der Future:PropTech zu sehen war, sind interessant.

SPOT steht dabei für "Single Point of Truth" und das Ziel ist es eine herstellerunabhängige Datenplattform in der Cloud für den gesamten Lebenszyklus zu entwickeln. Dabei wird das BIM-Model auf Basis von IFC, mit den Technologien AI und Machine Learing unterstützt, geprüft und ausgewertet und dabei werden die wichtigen Kennzahlen wie Kosten, Termine und Ressourcenbedarf anschaulich visuell dargestellt.

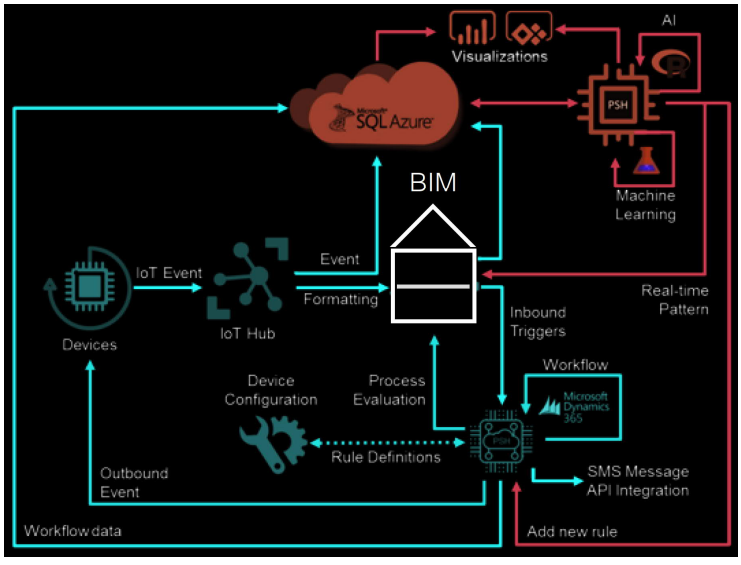


Abbildung 75 - Informations Fluss mit BIM-Modell als Datenplattform[106]

Die Funktionen werden dabei ähnlich sein wie bei BIM360, wie in den Kapiteln zu den BIM-AwFs beschrieben. Man darf gespannt sein, wie die fertige Software ausschaut, das Projekt sieht prinzipiell vielversprechend aus und das Team hat bereits in der Etablierung des ersten eigenständigen BIM-Design-Studios in Österreich erfolgreiche Pionierarbeit geleistet.

[105] (Degendorfer, 2019)
[106] Vortrag aptiMeetup Handout

7.2 Industrielle Vorfertigung

BIM–Better in Module **-** Das größte wirtschaftliche Potential, was schnell erschlossen werden kann, um die ökonomische Produktivität und ökologische Qualität im Bausektor zu erhöhen, liegt in der industriellen Vorproduktion von Gebäudeelementen und -modulen. Durch den Umstieg von der konventionellen Bauweise mit Stahlbeton in einer Wärmedämmverbundfassade, kann mit einer vorproduzierten Holzbauweise der CO^2-Ausstoß der Baubrache um einen zweistelligen Betrag reduzieren werden.

Abbildung 76 - Kleusberg ModuLine[107]

[107] (Kleusberger, 2019, S. 29)

Die Firma Kleusberg aus Deutschland arbeitet bereits in der Modulbauweise mit Revit als Planungsumgebung dabei gilt: "BIM – Besser im Modulbau". Das Unternehmen hat erkannt, dass es durch die Vorproduktion von Gebäuden in einer industriellen Umgebung möglich ist, das wirtschaftliche Output zu erhöhen, bei einer gleichzeitigen

Reduktion des ökologischen Fußabdruckes. Das Zusammenspiel mit der BIM-Planung ermöglicht die Planung in einer durchgängigen Prozesskette für die Produktion zu verwenden und dadurch ist es nicht mehr notwendig Daten doppelt einzugeben. Außerdem können Kosten genau prognostiziert und die Bauzeiten genau definiert werden, da es durch die vollständig abgeschlossene Planung keine Unklarheiten im Bauverlauf gibt. Auch bei Kleusberg wurde festgestellt, dass es zur bekannten Verschiebung des Planungsaufwandes in die frühe Planungsphase kommt, was aber den Vorteil hat, dass frühzeitig verbindliche Entscheidungen eingefordert werden können und die Planungsgespräche durch das anschauliche 3D-Modell produktiver geworden sind. Ein weiterer Punkt sind die Erkenntnisse zum Lebenszyklus, die aus dem Gebäudemodell relativ einfach gewonnen werden können und deswegen ist es möglich günstiger, bessere Gebäude zu bauen. Kleusberger arbeitet mit einer Stahlrahmenkonstruktion, deswegen ist es sogar möglich, ein Gebäude abzubauen und auf einem anderen Standort wiederaufzubauen.[108]

Das folgende Beispiel, das als Forschungsprojekt der ETH Zürich in der Zusammenarbeit von 6 Professuren vom Institut für Technologien in der Architektur entwickelt und ausgeführt wurde, soll als anschauliches Beispiel dienen, dass es bei kreativer Verwendung der modernen Software-Werkzeuge möglich ist, anspruchsvolle Architektur zu erstellen und dabei den Aufwand für die Produktion und Montage bei der richtigen Logistik zu reduzieren. Das Dach besteht aus rund 50.000 einzelnen Elementen die von einem Roboter in der benötigten Länge abgeschnitten, positioniert und vernagelt wurden. Der speziell für die Aufgabe entwickelte Roboter von Erne Holzbau kann Werkstücke mit einer Größe von 48m Länge und 5,6m Breite bearbeiten und ist technisch mit einem riesigen 3D-Drucker zu Vergleichen. Für die Erstellung eines einzelnen Trägers wäre bei manueller Erstellung eine Arbeitszeit von 60 Stunden erforderlich, der Roboter kann die Arbeit in einem Bruchteil dieser Zeit bei besserer Qualität erledigen.

[108] (Kleusberger, 2019)

„Das Arch_Tec_Lab ist die Verkörperung für interdisziplinäre Zusammenarbeit und neue Technologien im Bauwesen. Es zeigt auf, wie Digitalisierung zu einer ressourcenschonenden, emissionsfreien und verdichteten Bauweise beitragen kann.“[109]

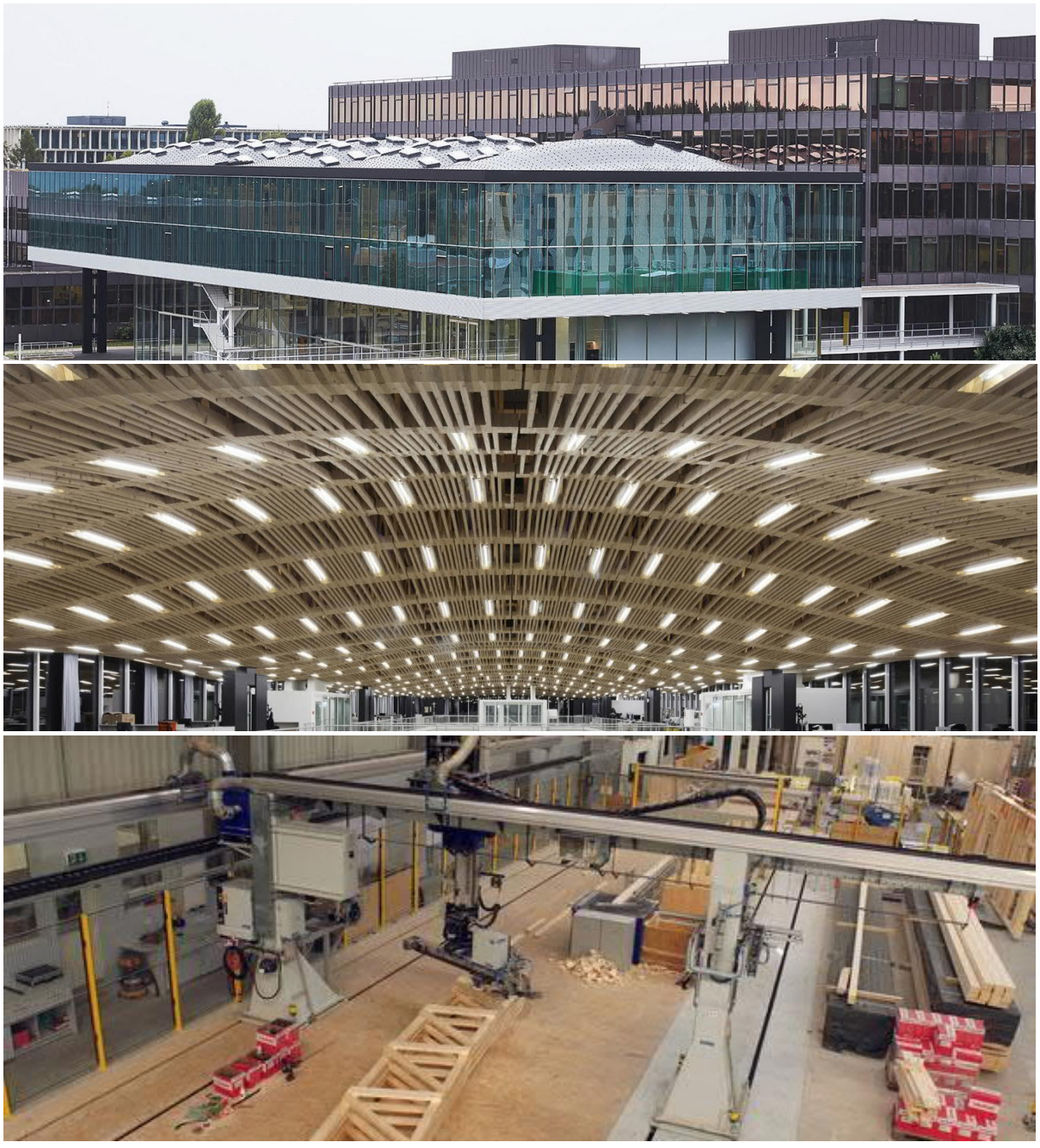


Abbildung 77 - ETH Zürich:Arch_Tec_Lab Vorproduziertes Dach mit geschwungenen Holzfachwerk

[109] (ETH Zürich, 2016)

7.3 Baustellen Roboter

Build Robot Helpers **-** Eine weitere Technologie, die in Zukunft auf der Baustelle zu finden sein wird und auf lange Sicht den Arbeiter auf der Baustelle ersetzt oder zumindest die schweren Arbeiten abnimmt, werden autonom arbeitende Roboter sein, die anhand der Planungsdaten das Gebäude errichten. Die folgende Galerie soll als exemplarische Übersicht, über die bereits als Prototypen vorhandenen Technologien dienen, die bereits in der Lage sind, komplexe Aufgaben selbstständig durchzuführen. Besonders löblich ist dabei das Beispiel der US Marine Corps mit dem Bau der ersten armierten Brücke in der westlichen Hemisphäre mit einem großen 3D Drucker: [110,111,112,113,114,115]

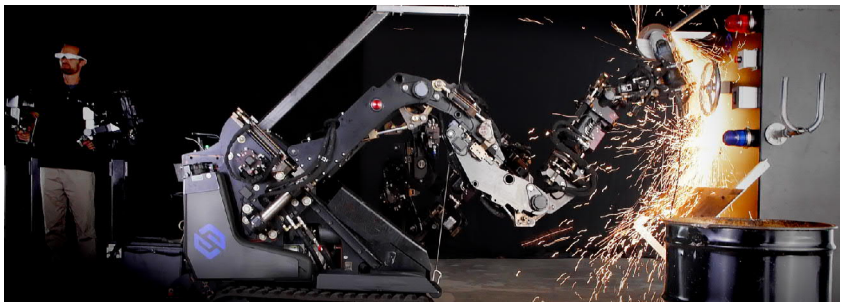
Boston Dynamics SpotMini
Dynamischer Roboter

US Marine Corps
Betondrucker

Sarcos Guardiuan S -
Inspektionsroboter

FBR Hadrian X
Ziegelroboter

ConstructionRobotnics TyBot
Armierungsroboter



Sacros Guardian GT
Dynamischer Roboter mit Exoskelettsteuerung

Kawada HRP-5 Prototyp
Dynamischer humanoider Roboter

[110] (BostonDynamics, 2019)
[111] (Command Marine Corps Systems, 2019)
[112] (Sacros, 2019)
[113] (FBR´s Technology, 2019)
[114] (Construction Robotics Advancing Construction, 2019)
[115] (AIST, 2018)

Dieser Wandel ist wegen der abnehmenden Geburtenraten in den mitteleuropäischen Ländern und dem daraus resultierenden Engpass an Arbeitskräften und dem gleichzeitigen Bedarf an Wohnfläche in Ballungszentren notwendig. Ein Vorteil ist, dass die Attraktivität der Baustellenjobs durch die Reduktion der physischen Arbeit und durch die Arbeit mit den neuen Technologien wieder zunimmt.

Die Schwierigkeit dabei ist es, die Roboter zusammen mit Menschen, im dynamischen und gefährlichen Umfeld einer Baustelle gemeinsam arbeiten zu lassen. Aktuelle technologische Entwicklungen in der Umgebungserkennung machen diesen Ansatz möglich.

Wenn man die Entwicklung des japanischen Forschungsprojektes verfolgt, ist klar zu erkennen, wie die Funktionalität der Roboter in den letzten 10 Jahren zugenommen hat. Bei gleichbleibender Geschwindigkeit oder sogar Beschleunigung in Forschung und Entwicklung, werden in wenigen Jahrzehnten, Roboter die wiederkehrenden und physikalisch anstrengenden Arbeiten auf der Baustelle erledigen.

7.4 Blockchain der Kreislauf-Gebäudeinformations-Dinge für ein globales Ressourcenmanagement

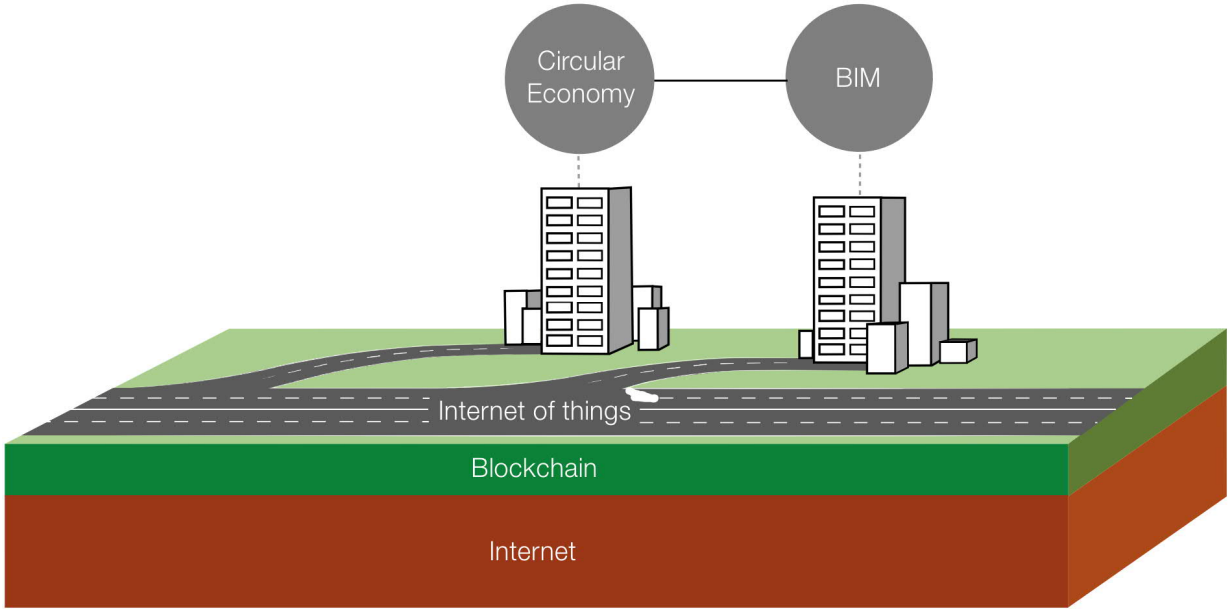


Abbildung 78 - Blockchain der Kreislauf-Gebäudeinformations-Dinge[116]

Create Trust Networks – Blockchain ist eine andere Technologie, die es uns ermöglicht, durch gemeinsames Sichern von Daten einen technischen sicheren sozialen Rahmen für kooperatives Arbeiten zu schaffen.

Dazu sind mehrere Anwendungen dieser Technologie kombiniert notwendig, um ein öffentliches Netzwerksicherheit- und Gebäudeinformationsnetzwerk für eine ressourcenbasierte Kreislaufwirtschaft zu schaffen.

Digitale Währungen, wie Bitcoin, sind die größte Innovation in der Finanzbranche seit 500 Jahren und mit digitalem Gold zu vergleichen, da es sich um ein nicht vervielfältigbares begrenztes digitales Gut handelt. Der Wert in ist in einem globalen Sicherheitsnetzwerk über nationale Grenzen hinweg und über viele verschiedenen unabhängigen Serverzentren verteilt gespeichert. Aus diesem Grund kann es neben physischem Gold als eine der sichersten Wertanlagen der heutigen Zeit gesehenen werden. Das Bitcoin Netzwerk, ist seit 2009 online und kann als Beweis für die Funktionsweise der Blockchain-Technologie gesehen werden, da es in der Zeit noch nie gelungen ist das Protokoll anzugreifen und das Netzwerk immer online war. Die Netzwerksicherheit in einem Blockchain-Netzwerk nimmt mit der Anzahl der Teilnehmer zu, und da es sich beim Bitcoin Netzwerk, um das leistungsstärkste Netzwerk auf der Welt handelt, ist auch in Zukunft nicht mit einem Hack zu rechnen.

[116] (Arup, 2017, S. 46)

Smart Contracts sind auf Blockchain programmierte Verträge, die bei Erfüllung der Zielsetzung automatisch ausgeführt werden. Dabei kann auf einen Zwischenmann, wie heute üblicherweise teuren Notar, verzichtet werden, da die Verträge in einem verteilten öffentlichen Verzeichnis geführt werden. Bei der Blockchain Ethereum, der wichtigsten digitalen Währung nach Bitcoin, ist dies technisch bereits möglich. Eine abgeänderte

Form der Smart Contracts, kann dabei für ein CDE zum Rechtemanagement benutzt werden, sodass die Benutzerdaten nur dann freigeben werden, wenn die benötigen Berechtigungen über das Blockchain Protokoll freigeben werden. Weitere Anwendungen sind: Urheberrechte von digitalen Gütern können verfolgt werden, Grundbücher können sicher digitalisiert und nachvollziehbar archiviert werden, ein privater Verkauf von Energie in lokalen Netzen wird ermöglicht oder die Zulieferkette zu einem Produkt kann überwacht werden.

So wäre es durch sogenannte DAO(Digital Autonomous Organizations), wobei es sich um intelligente Computerprogramme handelt, möglich, die wichtigen Verwaltungs- und Überwachungsarbeiten für unsere Gesellschaft autonom durch Computeralgorithmen, anhand der von Menschen eingegebenen Regeln, verrichten werden.

Eine weitere wichtige Anwendung ist die Möglichkeit der Verknüpfung des gebauten Gebäudes mit dem BIM-Model, was ein As-Is Modell oder Live-Modell ermöglicht, da die Betriebsdaten aus dem Internet of Things im Gebäudemodell erfasst werden und die Blockchain Technologie das dafür benötigte Sicherheitsnetzwerk stellen kann.

Es wäre in Zukunft denkbar, dass die Daten für ein CDE zur Planung auf einer Serverstruktur verteilt auf bestehende Gebäude in der Cloud sicher gespeichert wird. Das Speichern sensibler Daten, wie Gebäudeplanung auf einem zentralisierten Netzwerk, ist relativ unsicher in Bezug auf Hacker Attacken und die Chancen von Datenmissbrauch ist gegeben.

Wenn es gelingt die 4 Schlüsseltechnologien Blockchain, Kreislaufökonomie, Gebäudeinformationstechnologien und das Internet der Dinge für eine nachhaltige technische Entwicklung zu kombinieren, ist ein globales Ressourcenmanagement durch künstliche Intelligenz nach den Bedürfnissen der Menschen verwaltet möglich.[117]

[117] Vgl. (Arup, 2017)

7.5 Future by Design – Gaming Technologien für Gebäude

Use Creativity enabled by Technology - Im Bausektor ist zu beobachten, dass es für die Handwerksfirmen immer schwieriger wird das benötigte ausgebildete Fachpersonal für die Baustelle zu finden und deswegen arbeiten oft unausgebildete Personen in schlecht bezahlten Jobs auf der Baustelle. Viele moderne Baustellen haben eine schlechte Ausführungsqualität und wenige Jahre nach der Fertigstellung sind bereits teure Umbauten und Renovierungen notwendig. Gebäude sind sehr komplex, deswegen ist es notwendig, dass die Personen, die an der Planung und dem Bau beteiligt sind, das nötige umfassende Grundlagenwissen für die Arbeit besitzen.

Durch die Digitalisierung ist es möglich das Handwerk wieder attraktiver für junge Leute zu gestalten. Die Entwicklung der aufkommenden Technologien wird sich durch die Menschen, die bereits von Kind auf mit Computern aufgewachsen sind, den Digital Natives, um ein Vielfaches beschleunigen. Der Einzug von Technologien aus der Computerspielindustrie eröffnet Anwendungsmöglichkeiten, die eine Revolution in der Baubranche und andere Industrien bringen werden. Wenn man MineCraft als eines der erfolgreichsten Computerspiele der letzten Jahre als Beispiel nimmt - In dem Spiel geht es darum Ressourcen in einer virtuellen Welt, die eine Lego Optik besitzt, zu sammeln und daraus die Welt nach seiner Vorstellung zu gestalten. Dabei wenden Spieler freiwillig tausende Stunden unbezahlte Spielzeit auf, um ihre digitale Traumwelt zu erschaffen.

Abbildung 79 - In MineCraft kreierter Minas Tirith bekannt aus Herr der Ringe[118]

[118] (Cornbass, Reddit, 2019)

Wenn es gelingt, dieses Potential in die Baubranche zu übertragen, ist es möglich vom Nutzer entworfene und in der Bauausführung von Experten und Behörden überwachte Gebäude zu bauen und dabei ungeahnte wirtschaftliche Potentiale zu erschließen.

Die heutige Praxis, bei der die Gebäude mehr als wirtschaftliches Gut statt Lebensraum für Menschen betrachtet werden, ist es notwendig den Fokus von Erwirtschaftung von Gewinn auf Schaffung von lebenswertem Raum zu legen. Durch spielerische und partizipativ gestaltete Planungsprozesse, kann so eine diverse und lebenswerte Gesellschaft entstehen. Es wird heute bereits in vielen Bewegungen über ein soziales und nachhaltigeres Zusammenleben nachgedacht, besonders erwähnenswert ist in Österreich die Arbeit der IG Lebenszyklus Bau mit den Leitfäden zur kooperativen Zusammenarbeit im Team und Überlegungen zum Lebenszyklus von Gebäuden.

Wie im Resümee beschrieben, ist es notwendig eine universelle Planungsplattform zu entwickeln und diese schrittweise zu einer partizipativen Planungsumgebung für den gemeinsamen Lebensraum weiterzuentwickeln.

Dazu folgende 12 Hypothesen zu den benötigten Schritten in der technischen Entwicklung:

I. Gebäudeinformationsmanagement als Standardwerkzeug für Planung und Baumanagement

II. Anpassung von Normen zur Vereinfachung auf Basis neuer Erkenntnisse und Technologien

III. Standardisierte Schnittstellen zu Maschinen für die Vorfertigung von Gebäudeteilen

IV. Automatische Berechnung der Lebenszykluskosten und anderer Kennzahlen

V. Universelles Open Source Planungswerkzeug für Gebäude

VI. Vorproduktion von Gebäudeteilen in industriellen Umgebungen nach der Methode des Lean-Managements

VII. Weiterentwicklung des Datenformats IFC zu einem Container-Format für den gesamten Gebäudelebenszyklus basierend auf Block Chain Technologie

VIII. Verwendung des Gebäudeinformationsmodells für umfangreiche Simulationen vor Baubeginn

IX. Arbeitsintensive und repetitive Prozesse auf der Baustelle werden durch Roboter ersetzt

X. Aktive Einbindung von Nutzern in die Planung

XI. Schaffung einer neuen Gesellschaftsform mit mehr Raum für kreatives Schaffen

XII. Automatisierte parametrische Planung durch AI anhand von Nutzerwünschen

Gebäudeinformationsmanagement, als Grundlage für Technologien wie Roboter, Machine Learning und Künstliche Intelligenz, kann als disruptive Technologie gesehen werden, die mit der Digitalisierung der Baubranche viele neue Möglichkeiten eröffnet.

7.6 The Venus Project - Jaques Fresco und seine Utopie der ressourcen-basierten Wirtschaft

Abbildung 80 – Kreislaufstadt nach dem Venus Projekt

"Patchwork did not work, it was not sufficient, so they told I am a communist, you know, as I want to re-design society, what else."

Jaques Fresco (1916-2017)

Re-think All Processes – Jaques Fresco war ein amerikanischer Erfinder und Gesellschaftsingenieur und sein Wirken, kann mit dem von Leonardo Da Vinci zur Zeit der Renaissance verglichen werden. Doch da seine Ideen nicht in das moderne Weltbild passen, blieb seine Arbeit relativ unbeachtet. Fresco hatte ein sehr technisch geprägtes Weltbild und war der Meinung, dass die Entwicklung der Gesellschaft durch die Unterdrückung der verfügbaren Technologien aufgehalten und einen sozialen Wandel durch das auf Schulden basierende Wirtschaftssystem verhindert wird.

Nach dem 2. Weltkrieg hat Fresco ein Fertigteilhaus aus Aluminium entwickelt, das Trend Home, welches durch die überschüssigen Produktionskapazitäten vom Krieg produziert werden konnte. Er beschäftigte sich mit vielen technischen Disziplinen wie unter anderem Medizin und Luftfahrt und war ein wahres Allzwecktalent in Bezug auf Wissenschaft. Sein Ziel war es die Gesellschaft komplett neu von Null auf zu entwickeln, weil es seiner Meinung nach einfacher ist, eine neue Gesellschaft ohne Altlasten zu entwickeln, als die vielen zusammenhängenden Probleme zu lösen. Seine Idee war dabei die Ressourcen basierte Wirtschaft, wo eine lebenswerte Gesellschaft im Einklang mit der Natur entstehen soll, durch intelligente Verteilung der Ressourcen unter allen Menschen. Die Grundlage dafür sollen die Methoden und Sprache des Ingenieurs sein, wo es darum geht Informationen durch beschreibende Systeme wie Physik und

Mathematik zu kommunizieren und komplexe Probleme in einem kooperativen Prozess zu lösen.

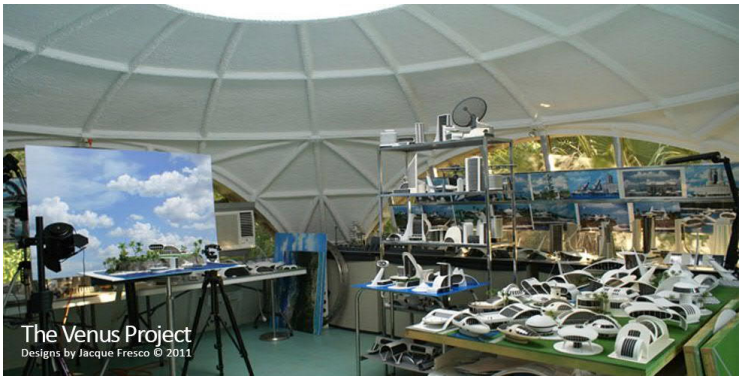
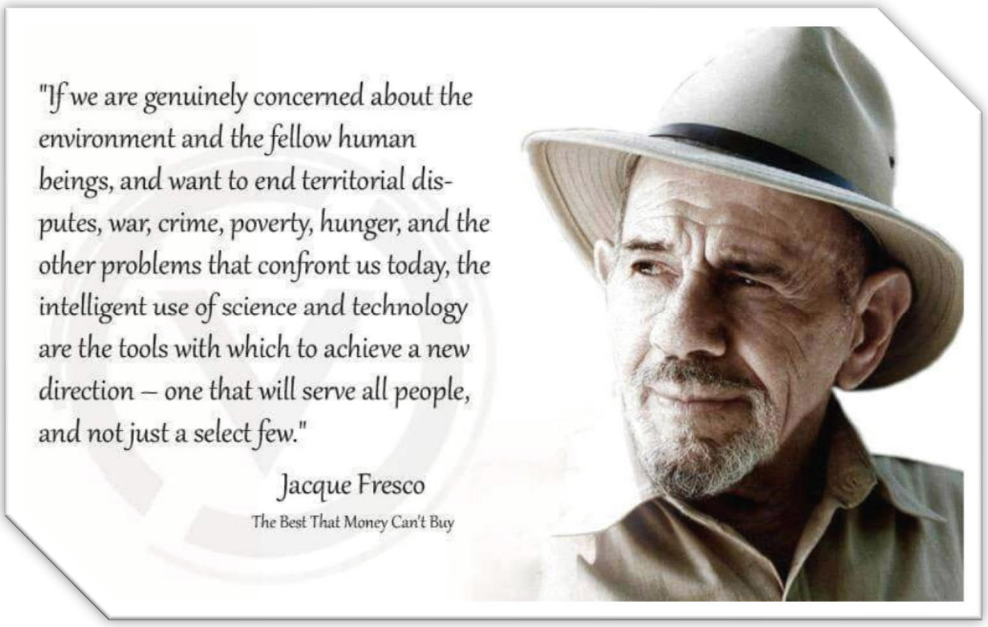


Abbildung 81 - Atelier von Jaques Fresco

Hätte Fresco dabei die technischen Möglichkeiten gehabt, die jetzt zur Verfügung stehen, hätte er sein System mit seinem individuellen Wissen in einer Computerspiel-umgebung simulieren können. Die Konzepte für das Venus Projekt, wo es in Kalifornien ein Versuchs-gelände gibt, wurden mit Video-kameras erstellt, was mit einem erheblichen handwerklichen Aufwand verbunden war, der für produktivere Arbeit hätte genutzt werden können. Bereits 2006 hat er über das Konzept von Smart Homes gesprochen und viele seiner Designideen sind in zeitgenössischen Hochhäusern wiederzufinden. Ein weiteres Konzept von Fresco sind selbstwachsende Gebäude, die mit Hilfe von Robotern und anderen Technologien ohne menschliche Arbeitskraft errichtet werden. Viele seiner Überlegungen zu Mobilität und Energie waren zukunftsweisend und auch Konzepte von autonom fahrenden Fahrzeugen waren in seinem Venus Projekt bereits 2006 integriert. Bis zu seinem Tod 2017, im Alter von 101 Jahren, ist es Fresco gelungen ein umfassendes Gesellschaftskonzept für eine ressourcenbasierte Wirtschaft zu erstellen. Heute haben wir die Technologien, um den Traum von Fresco über eine lebenswerte Zukunft für uns und nachfolgende Generationen Wirklichkeit werden zu lassen. Dazu ist es notwendig alte Denkmuster zu vergessen und Dinge in Frage zu stellen, um ein neues Wertesystem für die Gesellschaft zu entwickeln, was losgelöst von Geld und bekannten Mustern in einem gleichberechtigten Umfeld entstehen kann. [119]



[119] Vgl. (The Venus Project, 2019)

7.7 Höchstleistung –FUTURE_bIm_lvl4.eXe

Nutzer werden über den virtuellen Projektraum direkt in den Planungsprozess eingebunden. Der Architekt initiiert und steuert nach einem architektonischen Entwurf den Planungsprozess und entwickelt mit Hilfe von anderen spezialisierten Planern und Computer Algorithmen eine Vielzahl von Designalternativen, um so die beste Variante für den späteren Nutzer zu finden. Jede Variante durchläuft während der Planung eine Vielzahl von Simulationen und Prüfungen und es werden jene nachverfolgt, welche am effizientesten mit den lokal verfügbaren Ressourcen erstellt werden können. Dabei sind nicht die Kosten und der Verkaufspreis der zentrale Kennwert des Bauwerks, sondern der effiziente Umgang mit lokalen Ressourcen, mit dem Ziel eine lebenswerte Umwelt zu schaffen. Es ist notwendig für verschiedene Standorte, verschiedene architektonische Ansätze zu entwickeln, so wie es in der traditionellen Architektur geschehen ist, wo sich in den Alpen eine andere Bauweise als in mediterranen Regionen ergeben hat, was mit den klimatischen, gesellschaftlichen und kulturellen Bedingungen zu tun hatte.

Architektur muss mit anderen Wissenschaften wieder eine zentrale Rolle in der Gesellschaftspolitik einnehmen und unabhängig von Staat und Konzernen arbeiten, um so die Gesellschaft weiterzuentwickeln. Es braucht innovative Ansätze, losgelöst vom globalen Finanzsystem mit Fokus auf lokal verfügbare Ressourcen und lokale Wertschöpfung. Ein beispielhafter Ansatz für Mitteleuropa, welcher aus mehreren Gründen Sinn macht, ist mehr Gebäude aus Holz anstatt aus Stahlbeton zu bauen - Durch die Digitalisierung wird es möglich die Planungsdaten mit entsprechendem Maschinenpark selbst zu produzieren und so individuelle Gebäude aus Holzelementen in einer Stadtfabrik zu relativ niedrigen Kosten zu fertigen. Besonders wenn solche

Fabriken in kooperativen Zusammenschlüssen entwickelt und betrieben werden, kann ein großer Synergieeffekt für die lokale Wirtschaft entstehen.

Auch beim Stahlbetonbau kann durch Vorfertigung von Elementen ein großer Anteil an Arbeit auf der Baustelle eingespart werden und die Technologie wird heute bereits Global eingesetzt. Eine Weiterentwicklung wäre es, wenn wir aufhören würden, Gebäude abzureißen, sondern diese nach Ablauf der Lebenszeit zu demontieren und dabei langlebige Bauteile wie Beton, Stahl und Glas in neuen Gebäuden nach dem Cradle to Cradle Prinzip wiederzuverwenden. Erst wenn wir aufhören so viel Müll zu produzieren ist eine nachhaltige Gesellschaft möglich und Gebäudeinformationstechnologien sind ein wichtiges Werkzeug dieses Ziel zu erreichen, da sie ein umfassendes Monitoring der Ressourcen im Gebäude ermöglichen.

Für große Bauaufgaben macht es, wie im Tunnelbau, Sinn spezialisierte Maschinen zu entwickeln, sodass zumindest der Rohbau durch Roboter erstellt werden kann, da es schwierig und gefährlich wird schwere automatisierte Maschinen und Menschen nebeneinander auf der Baustelle arbeiten zu lassen. Die Produktion des Innenausbaus kann wegen der vollständigen Planung und Datenabgleich mit dem Rohbau rechtzeitig von Handwerksbetrieben gefertigt werden und wird dann termingerecht an die Baustelle geliefert und dort montiert.

Eine weitere Technologie, die eine zentrale Rolle im Bauprozess einnehmen wird, sind Blockchain-Anwendungen. Diese können zur Kommunikation zwischen den Computersystemen verwendet werden und gleichzeitig ein Sicherheitsnetzwerk für die Baustelle aufbauen. Auch die automatische Abrechnung von erbrachten Bauleistungen kann so kleinteilig mit Smart Contracts erfolgen, was das wirtschaftliche Risiko für KMUs reduzieren würde.

Durch die Planung in einer Computerspielumgebung können sich alle Nutzer in einer frühen Phase am Planungsprozess aktiv beteiligen und so können einzigartige kreative Lösungen für Planungsaufgaben gefunden werden, was mehr Individualität im Bau ermöglicht.

In Zukunft geht es darum alte Werte zu erneuern und Ressourcenkreisläufe zu schließen und so effizienter damit umzugehen, nur so ist eine nachhaltige Entwicklung für zukünftige Generationen möglich.

Dazu sollten folgende utopischen Grundsätze gelten:

- **Keep IT Local**
- **BIM–Better in Module**
- **Build Robot Helpers**
- **Create Trust Networks**
- **Use Creativity enabled by Technology**
- **Re-Think All Processes**

Folgendes sollten die vier Grundpfeiler der Digitalisierung sein und verstärken sich gegenseitig, dabei ist es wichtig für eine resiliente Entwicklung, dass sie im Gleichgewicht bleiben und einen Kreislauf bilden:

(Anm.: Abgeleitet aus den Buchstaben der Überschrift des Kapitels, wobei das X für die Dynamik der technologischen Entwicklung steht.)

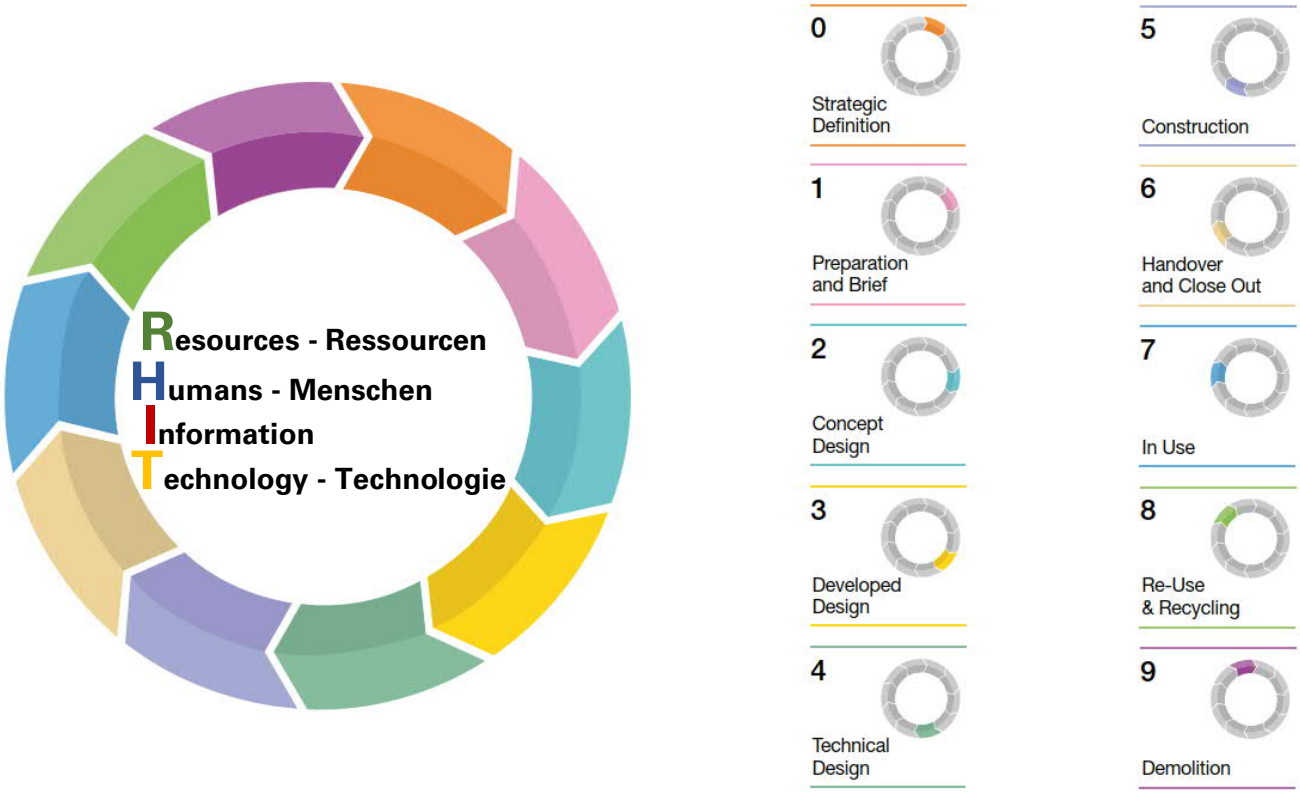


Abbildung 82 – RHIT-Gebäudekreislauf (Abgeleitet aus (Arup, 2017, S. 47)[120]

[120] Eigene Darstellung

Als Abschluss der Arbeit soll dieses passende Vorwort zum kürzlich erschienen Buch *„Construction Goes Digital"* von Univ. Prof. Dipl.-Ing. Christoph M. Achammer dem Vorstandsvorsitzenden von ATP, dem größten Gebäudeplanungsbüro in Österreich, dienen:

„Construction Goes Digital?

Die Bauindustrie (Architektur und Bauwesen) zählt zu den Industrien mit dem größten Einfluss auf unsere Gesellschaft und Umwelt. Ihr Anteil am Bruttoinlandsprodukt ist weltweit signifikant. – ebenso jedoch auch ihr Anteil an der Verschwendung von Ressourcen und Energie sowie hinsichtlich Kosten und Zeitaufwand.

Laut einer aktuellen Umfrage des Beratungsunternehmens Roland Berger ist die Bauindustrie Schlusslicht in der Rezeption digitaler Veränderung. Dabei ist gerade diese Industrie prädestiniert dafür, die technischen Möglichkeiten der Digitalisierung zu nutzen, um traditionelle, im „Silo-Denken" gefangene Prozesse grundlegend zu revolutionieren.

Besonders in der Planung von Gebäuden ist das Optimierungspotenzial bemerkenswert: Welches andere Produkt einer Industrie lebt 80 über 80 Jahre, verursacht 40% des weltweiten Energieverbrauchs und produziert 30% der globalen CO_2-Emmisionen? Welches andere Produkt kann mit 2% seiner Lebenszykluskosten, die für die Ideenfindung und Planung ausgegeben werden, fast 50% derselben beeinflussen?

In beeindruckender Dichte zeigen die Vortragenden des 23. Industriebauseminars an der TU Wien die enormen Chancen in der Digitalisierung im Bauwesen auf. Die Risiken sehen die Experten dabei vor allem in der Unbeweglichkeit der Baubranche und in den zum Teil der Zukunft nicht gewachsenen Unternehmensstrukturen. Die Ergebnisse der Speerspitzen der Forschung ermutigen dennoch, die Chancen der Digitalisierung für die gesamte Branche zu nutzen."[121]

[121] (Achammer; Kovacic (Hg.), 2018, S. 7)

8 Abkürzungsverzeichnis

AEC	Architecture, engineering and construction
AIA	Auftraggeber-Information-Anforderungen
AwF	Anwendungsfall
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BIM-BVB	BIM Vertragsbedingungen
CAD	Computer Aided Design
CDP	Common Data Platform
FM	Facility Management
RFID	radio-frequency identification
GML	Geography Markup Language
HKLS	Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik
IFC	Industry Foundation Classes
KI	Künstliche Intelligenz
IoT	Internet of Things
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
VGM	virtuelles Gebäudemodell

9 Literaturverzeichnis

Achammer, & Kovacic. (2018). Construction Goes Digital - Chancen, Risiken, Nutzen - Praxisreport 2017. Wien: Klein Publishing GmbH.

Arup. (2017). Blockchain Technology - How the Inventions Behind Bitcoin are Enabling a Network . London: Arup.

Autodesk. (2017). How Reality Capture is Changing the Design and Construction Industry. Autodesk.

Autodesk. (2018). A Beginner's Guide to Connecting Construction Data and Documents-Drive construction site success using a common data platform. Autodesk.

Autodesk. (2018). BIM 360 Coordination. USA: Autodesk.

BdCH - BIM Roadmap. (2018). 3. Schweizer BIM Kongress - BIM Roadmap. Zürich: Bauen digital Schweiz.

BdCH - Stufenplan. (2018). Stufenplan Schweiz - Digital Planen, Bauen und Betreiben. Zürich: Bauen digital Schweiz.

BdCH - Workbook. (2018). BIM Workbook - Verständigung. Zürich: Bauen digital Schweiz.

BIM4Infra. (17. September 2018). Umsetzung des Stufenplans "Digitales Planen und Bauen". Berlin: BIM4Infra.

Borrmann, K. K. (2015). Building Information Modeling - Technologische Grundlagen und industrielle Praxis. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Both, W. (2017). BIM Tools Overview – Zielgruppen- und prozessorientierte Untersuchung freier BIM Werkzeuge. Stuttgart: Fraunholfer Verlag.

CAFM, G.-A. (2017). Building Information Modeling im Facility Management. Bonn: GEFMA.

Degendorfer, C. (2019). BIMspot Handout Apri Meetup 21.01.2019. Wien: Apti- Austian Prop Tech Initiative.

Eastman, T. S. (2011). BIM Handbook - A Guilde to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors - Second Edition. New Jersey: Jahn Wiley& Sons.

Eschenbruch, K. &. (2016). BIM und Recht. Köln: Werner Verlag.

ETH Zürich. (2016). Forschen am Bau. Zürich: ETH.

EUBIMtaskgroup . (2018). Handbuch für die Einführung von Building Information Modelling (BIM) durch den europäischen öffentlichen Sektor. Europa: EUBIMtaskgroup

Gasteiger, A. (2015). BIM in der Bauausführung. Innsbruck: Universität Insbruck.

Geosystems, L. (2017). Leica BLK360 Datenblatt. Heerbrugg, CH: Leica Geosystems.

Giefing, L. (2018). Einsatz von BIM für Bestandsgebäude sowie für. Wien: FH Campus Wien.

Goger, P. U. (2018). Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Wien: WKO Österreich-Geschäftstelle Bau.

Hardin, H. &. (2015). BIM and Construction Management -Proven Tools, Methods, and Workflows - Second Edition. Indianapolis: John Willey & Sons.

Honorarordnung, A. d. (2019). Nr.11- Leistungen Building Information Modeling- Die BIM-Methode im Planungsprozess der HOAI. Berlin: Reguvis Bundesanzeiger Verlag.

IG Lebenszyklus. (2016). *Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau - Die 3 Säulen erfolgreicher Bauprojekte.* Wien: IG Lebenszyklus.

IG Lebenszyklus Bau. (Oktober 2016). *Lebenszykluskostenrechnung in der Vergabe.* Wien: IG Lebenszyklus.

IG Metall. (2017). Das große Ding: Handwerk 4.0 - Wie Betriebe und Beschäftigte erfolgreich den digitalen Wandel meistern. Frankfurt am Main: IG Metall.

Kleusberg. (2019). Modulares Bauen ModuLine. Wissen: Kleusberg.

Roland Berger. (2016). Think Act - Digitalisierung der Bauwirtschaft. München: Roland Berger.

SIA. (2017). Building Information Modelling (BIM) - Grundlagen zur Anwendung der BIM-Methode. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.

Tautschnig, F. G. (2017). BIM in der Wertschöpfungskette Bau: Die Digitalisierung des Bauprozesses und der damit verbundene Wandel. Innsbruck: STUDIA Universitätsverlag.

Treeck, E. R. (2016). Gebäude. Technik. Digital. Buildinginformationmodelling. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

tri-Syposium. (2016). Tagungsband - Dann mach ich es selbst! Bregenz: Tri-Gnbr.

10 Webquellenverzeichnis

AIST. (16. November 2018). Development of a Humanoid Robot Prototype, HRP-5P, Capable of Heavy Labor. Von AIST: https://www.aist.go.jp/aist_e/list/latest_research/2018/20181116/en20181116.html abgerufen

Architectual BIM services. (12. Februar 2019). Von Architectual BIM services: https://www.architecturalbimservices.com/wp-content/uploads/2015/07/pointcloud-saample-6a.jpg abgerufen

Autodesk. (12. Februar 2019). Autodesk Hilfe. Von https://help.autodesk.com/cloudhelp/2017/DEU/Revit-Model/images/GUID-A5F7FAD6-A45F-4C57-8B5F-14B8A253336F.png abgerufen

Autodesk. (12. Februar 2019). BIM360 Hilfe. Von BIM360 Hilfe: http://help.autodesk.com/view/BIM360D/DEU/?guid=GUID-2CC9A86E-2F4F-48EB-8EFA-FAA5FBECC20E abgerufen

Autodesk. (09. 01 2019). Autodesk Forum. Von Autodesk Forum: https://forums.autodesk.com/t5/image/serverpage/image-id/486846i092DC54822A6A505/image-size/large?v=1.0&px=999 abgerufen

BostonDynamics. (27. Februar 2019). BostonDynamics. Von BostonDynamics: https://www.bostondynamics.com/spot-mini abgerufen

Carlson, T. (15. Februar 2019). Why Are These Professional War Peddlers Still Around? Von The American Conservative: https://www.theamericanconservative.com/articles/why-are-these-professional-war-peddlers-still-around-tucker-carlson-max-boot-bill-kristol/ abgerufen

Cheney, J. (20. Juli 2018). BIM360 Blog. Von https://connect.bim360.autodesk.com/smartvidio-ai-and-machine-learning abgerufen

Command Marine Corps Systems. (27. Februar 2019). US Defense Logistic Agency. Von US Defense Logistic Agency: https://www.dla.mil/AboutDLA/News/NewsArticleView/Article/1742758/bringing-innovation-to-fruition-marines-3d-print-1st-reinforced-concrete-bridge/ abgerufen

Construction Robotics Advancing Construction. (27. Februar 2019). Construction Robotics . Von Construction Robo was mit einem tics : https://www.construction-robotics.com/ abgerufen

Cornbass. (26. 02 2019). Reddit. Von Reddit: https://www.reddit.com/r/Minecraft/comments/16i4rc/render_minas_tirith_from_the_lord_of_the_rings/ abgerufen

Der Standard. (27. September 2016). Der Standard- Das 100-Milliarden-Geschäft Videospiele: Die Gaming-Revolution in Zahlen. Von https://derstandard.at/2000044379153/Das-100-Milliarden-Geschaeft-Videospiele-Die-Gaming-Revolution-in-Zahlen abgerufen

Eva Software. (12. Februar 2019). Eva Website. Von www.rapidlayouting.com abgerufen

FBR´s Technology. (27. Februar 2019). FBR´s Technology. Von FBR´s Technology: https://www.fbr.com.au/ abgerufen

Gbuilder. (12. Februar 2019). Gbuilder. Von https://gbuilder.com/de/blog-de/warum-wir-immobilienkaeufer-auf-eine-digitale-kundenreise-mitnehmen/ abgerufen

Google. (15. Januear 2019). Google Analytics. Von https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=Revit,ArchiCAD,Vectorworks,Allplan Stand 15.01.2019 abgerufen

Kleusberger. (27. 02 2019). Kleusberger BIM - Besser im Modulbau. Von Kleusberger BIM - Besser im Modulbau: https://www.zukunft-raum.info/artikel/bim-besser-im-modulbau/ abgerufen

Leica Geosystems. (12. Februar 2019). Leica. Von Leica: https://leica-geosystems.com/-/media/Images/LeicaGeosystems/Products/Laser-Scanners/More/Leica-BLK360-Carousel-Images-1600x856-3.ashx abgerufen

Martin. (1. October 2015). dynamobim.org. Von The Space Planning Data Cycle with Dynamo: http://dynamobim.org/space-planning-data-cycle/ abgerufen

Microsoft. (12. Februar 2019). Microsoft HoloLens. Von Microsoft HoloLens: https://store-images.s-microsoft.com/image/apps.10849.13629852158019004.9c9dd057-a8c5-4fa0-8a3b-a27660461e51.2aece839-507c-47b1-a742-ddab71cf3025?w=1398&h=933&q=60 abgerufen

Mullin, L. (24. Mai 2016). Von Beyond Design Blog: https://beyonddesign.typepad.com/posts/2016/05/happy-5th-birthday-beyond-design.html abgerufen

OneTools. (02. Februar 2019). OneTools - BuildingOne. Von http://www.onetools.de/de/buildingone/buildingone-win abgerufen

Prospect. (12. Februar 2019). Prospect. Von https://i.ytimg.com/vi/MwmVrX2l3ds/maxresdefault.jpg abgerufen

Sacros. (27. Februar 2019). Sacros. Von Sacros: https://www.sarcos.com/ abgerufen

The Venus Project. (28. Februar 2019). The Venus Project. Von The Venus Project: https://www.thevenusproject.com abgerufen

Virtual Projects. (12. Februar 2019). Virtual Projects. Von https://www.virtualprojects.build/showcase abgerufen

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Digitales Bauprojekt in den Phasen Planen, Bauen, Betreiben _____ 10
Abbildung 2 - Nutzen für öffentliche Akteure laus EUBIMtaskgroup _____ 12
Abbildung 3 – Zielformulierung und BIM-Projekt_____ 14
Abbildung 4 - Teilprozesse zu Spezifikation von BIM Datenanforderungen im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe _____ 14
Abbildung 5 - BIM-Abwicklungsplan, Abhängigkeiten und Bestandteile _____ 15
Abbildung 6 - Derzeit verwendete CAD-Software in Österreich_____ 16
Abbildung 7 - Google Trend Suchverlauf seit 2004 für Allplan, ArchiCad, Revit & Vectorworks _____ 17
Abbildung 8 - Screenshot Benutzeroberfläche Revit 2019_____ 17
Abbildung 9 - BIM360 Übersicht Produktübersicht _____ 18
Abbildung 10 - Heutige Baustelle mit fehlender Kommunikation zwischen Projektbeteiligten _____ 19
Abbildung 11 - Vernetzte Baustelle mit virtuellen Projektraum _____ 21
Abbildung 12 - AwF nach Projektphase _____ 22
Abbildung 13 - Prognostizierter Verlauf des Zeitaufwandes für den Einsatz der BIM-Methode _____ 23
Abbildung 14 - Übersicht Bewertung (Aufwand:1=gering-3=hoch/Nutzen:1=gering-3=hoch) _____ 23
Abbildung 15 - Abbildung Gebäude mit Holztragwerk _____ 24
Abbildung 17-BLK360 _____ 25
Abbildung 18 - Prozess Drohnen-photometrie _____ 26
Abbildung 19 -Beispiel für Scan to BIM _____ 27
Abbildung 20 -Infraworks Screenshot mit verknüpften Revit Modell_____ 28
Abbildung 21 - Lageplan mit Höhenlinien aus Infraworks_____ 29
Abbildung 22 - Automatisierungsinseln im Bauwesen aus dem Jahr 1998 _____ 30
Abbildung 23 Körpermodellstudie Beispiel_____ 31
Abbildung 24 -Formlt Solareinstrahlung über das Jahr, Schattenwurf Sommer/Winter _____ 32
Abbildung 25 - Eva Raumprogramm zur Einordnung der vorgegeben Räume in Kategorien _____ 32
Abbildung 26 - Variantenvergleich Eva_____ 33
Abbildung 27 - Prozessdarstellung Dynamo & Revit_____ 33
Abbildung 28 - Sefaira Tageslichtsimulation_____ 34

Abbildung 29 - Variantenoptimierung mit Sefaira 35
Abbildung 30 - Beispielplan Architektur 36
Abbildung 31 - Beispielplan Haustechnik 37
Abbildung 32 - Verfahren der BIm-Modellkoordination beispielhaft anhand eines Hochbaus 39
Abbildung 33 - BIM360 Projektübersicht 40
Abbildung 34 - BIM360 Design Collaboration Webviewer 40
Abbildung 35 - Planfreigabe in BIM360 Document Management 41
Abbildung 36 - Freigabeprozess 41
Abbildung 37 - Planmarkierungen in BIM360 42
Abbildung 38- Planänderungsprozess mit BIM360 in der Bauphase 42
Abbildung 39 - Sammlung von Enscape Visualisierungen 44
Abbildung 40 - Enscape Benutzeroberfläche 44
Abbildung 41 - Virtuelle Modellbesprechung mit Prospect 45
Abbildung 42 - IkeaPlace 45
Abbildung 43 - Augmented Reality Aufnahmen mit iPad 46
Abbildung 44 - HoloLens Helm Version von Trimble 46
Abbildung 45 - Grad der Beeinflussung der Erst- und Folgekosten über den Lebenszyklus von Gebäuden 47
Abbildung 46 - Energiebedarfsberechnung mit Heiz- und Kühllast nach VDI 2078 48
Abbildung 47 - Simulation der Solareinstrahlung und Tageslicht mit Revit und Insight360 49
Abbildung 48 - CFD Wind Simulation mit Autodesk FlowDesign 49
Abbildung 49 – Unity AR Applikation 50
Abbildung 50 - Vergleich Gesamtkosten zwischen konventioneller & BIM-basierter Planung 51
Abbildung 51 - BuildingOne Prozess 52
Abbildung 52 - BuildingOne Benutzeroberfläche 53
Abbildung 53 - Baustelle der Zukunft 54
Abbildung 54 -Vorteile digitaler Anwendungen für das Handwerk 4.0 55
Abbildung 55 - automatische Erkennung von Gefahrenstellen mit Smartvid.io 56
Abbildung 56 - Projektablaufplan aus Navisworks 57

Abbildung 57 - 4D-Bauablaufsimulation mit Navisworks _____ 58
Abbildung 58 - Workflow BIM-BauDoku _____ 59
Abbildung 59 - Gbuilder Plattform _____ 60
Abbildung 60 -Benutzeroberfläche und Materialänderung von Fußboden und Wand mit Gbuilder _____ 61
Abbildung 61 - Integrierte Funktionen _____ 62
Abbildung 62 - Daten Lifecycle _____ 63
Abbildung 63 - Gebäudedaten, die während des Lebenszyklus verfügbar sind und übertragen werden _____ 64
Abbildung 64 - BIM2FM Prozess _____ 65
Abbildung 65 - Tiefe der BIM-Technologie _____ 67
Abbildung 16 - BIM Stufen nach Schweizer Stufenplan _____ 68
Abbildung 66- Umsetzung durch die Prozessbeteiligten _____ 69
Abbildung 67 - Stufen der BIM-Anwendung _____ 70
Abbildung 68 - Digitale Durchgängigkeit der Wertschöpfungskette _____ 71
Abbildung 69 - little bim & BIG BIM aus Schweizer SIA Norm _____ 72
Abbildung 70 - Ausführungsprojekte mit Revit _____ 74
Abbildung 71 - Übersicht Programme für closedBIM-Prozess _____ 75
Abbildung 72 - Die drei Grundregeln zur Erstellung eines SPOT -"Single Point of Truth" nach SIDE S _____ 77
Abbildung 73 - Vier Hebel der digitalen Transformation _____ 91
Abbildung 74 - BIMspot - Single Point of View _____ 92
Abbildung 75 - Informations Fluss mit BIM-Modell als Datenplattform _____ 92
Abbildung 76 - Kleusberg ModuLine _____ 93
Abbildung 77 - ETH Zürich:Arch_Tec_Lab Vorproduziertes Dach mit geschwungenen Holzfachwerk _____ 95
Abbildung 78 - Blockchain der Kreislauf-Gebäudeinformations-Dinge _____ 98
Abbildung 79 - In MineCraft kreierter Minas Tirith bekannt aus Herr der Ringe _____ 100
Abbildung 80 – Kreislaufstadt nach dem Venus Projekt _____ 103
Abbildung 81 - Atelier von Jaques Fresco _____ 104
Abbildung 82 - Gebäudekreislauf _____ 107

12 Anhang

Anhang A – Begriffserklärungen

Übernommen und überarbeitet aus (Giefing, 2018)

3D-Modell

Räumliche Darstellung (X, Y und Z-Achse) eines Modells

4D-Modell

Erweiterung des 3D-Modells um die Zeitkomponente. Der zeitliche Bauablauf der gesamten Baustelle wird mit dem 3D-Modell verknüpft. So lassen sich Prozesse optimieren und werden transparenter dargestellt.

5D-Modell

Erweiterung des 4D-Modells um die Komponente Kosten. Über das virtuelle Gebäudemodell erfolgt die Mengenermittlung. Den einzelnen Modellelementen werden Kosten zugewiesen. Durch diese Methode kann in einem frühen Planungsstadium eine hohe Kostensicherheit erreicht werden und zusätzlich kann das 5D-Modell als Entscheidungsgrundlage bei verschiedenen Varianten dienen BIM-Datenbanken.

As-Build-Modelll

Darunter versteht man ein BIM-Modell das dem in der Realität erstellten Bauwerk entspricht und wird auch als Digital Twin oder Digitaler Zwilling bezeichnet.

Attribut

Ein Attribut definiert die Merkmale und Eigenschaften eines Objekts oder Modellelements.

BCF

BIM Collaboration Format ist ein kein Datenaustauschformat an sich, sondern eher ein offenes Dateiformat. Diesees Dateiformat wird für die Übermittlung von Nachrichten zwischen BIM-Viewern und BIM-Software bei der Kollisionsprüfung verwendet.

BIM

Building Information Modelling (BIM) beruht auf der durchgängigen Nutzung eines digitalen Gebäudemodells über den gesamten Gebäudelebenszyklus – von der Planung bis zum Rückbau.

BIM-Strategie

Durch die BIM Strategie werden die Ziele und die Methode für die Implementierung von BIM in das Projekt definiert. Diese Definition gilt auch als Grundlage für den BIM Execution Plan

BIM Execution Plan

Mit Hilfe des BIM Execution Plans (BIM-Abwicklungsplan bzw. BAP) wird die Grundlage für eine Zusammenarbeit mit der BIM-Methode festgelegt. Dieser Plan beinhaltet unter anderem eine Festlegung von Zielen und Rahmenbedingungen und er organisiert Strukturen und Verantwortlichkeiten. Weiters beinhaltet er die Festlegung des Level of Developments (LOD), welcher noch genauer erläutert werden wird. Dieser Plan mit den angeführten Festlegungen wird als Vertragsgrundlage zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer herangezogen.

BIM-Richtlinie

Die BIM Richtlinie legt die logische büro- und projektübergreifende Struktur der Dokumentation fest. Sie definiert die Modelle in Bezug auf Strukturen, Elemente und Informationen sowie die Informationsbedürfnisse und deren Qualitäten.

BIM-Beteiligte

Um die BIM-Methodik implementieren zu können, ist es erforderlich, dass die übliche Aufgabenverteilung den unterschiedlichen Planungsbeteiligten und Fachdisziplinen angepasst wird. Managementaufgaben sind sowohl von Auftraggeber als auch von Planungsbeteiligten zu definieren und zu übernehmen, Zum Beispiel die Modellentwicklung, Datenmanagement, Kollisionskontrolle und Überprüfung der festgelegten LoD-Qualität der Detailtiefe.

BIM-Management:

Für eine Steuerung und in weiterer Folge eine Erfüllung der BIM-Prozesse ist das BIM-management die Basis. Sowohl strategisch wie auch projektbezogen. Dies erfolgt in Form der büro- oder projektspezifischen BIM-Richtlinie sowie mit der Koordination der unterschiedlichen Disziplinen in unterschiedlichen Unternehmen im BIM Execution Plan.

BIM-Manager

Die Aufgaben des BIM-Managers sind unter anderem die Erarbeitung einer Strategie für die Qualitätssicherung im Projekt, sowie die Festlegung von Arbeitsprozessen und die regelmäßige Zusammenführung der einzelnen Fachmodelle im Koordinationsmodell. Nachdem die Prüfung und die drauffolgende Kollisionsbereinigung durchgeführt wurde gibt der BIM-Manager die einzelnen Fachmodelle der Fachplaner bzw. das Gesamtmodell frei. Die Modelle werden von ihm zur Dokumentation archiviert.

BIM-Koordinator

Der BIM Koordinator arbeitet eng mit dem BIM-Manager zusammen. Jede Fachdisziplin stellt einen eigenen BIM-Koordinator und dieser hat die Aufgabe, die Einhaltung der BIM-Standards und der mittels BAP festgelegten Richtlinien zu kontrollieren. Außerdem ist er dafür zuständig, dass das entsprechende Fachmodell seiner Disziplin zum vereinbarten Zeitpunkt den erforderlichen Ausarbeitungsgrad besitzt.

BIM Consultant

Der BIM-Consultant ist ein externer Berater zur Implementierung der BIM-Methode und Technologie in Planungsbüros. Er kann aber auch in weiterer Folge und als externer Auftragnehmer die Qualitätskontrolle des BIM-Modells durchführen.

BIM-Modellplan

Der BIM-Modellplan definiert projektbezogen den Informationsgehalt und auch die Detailqualität des virtuellen Gebäudemodells. Im BIM-Modellplan werden die erforderlichen LoD beschrieben.

BIM-Datenbank

Die BIM-Datenbank enthält die zur Verfügung stehenden BIM-Objekte. Diese werden entweder über eine Cloud zur Verfügung gestellt oder sind auf einer serverbasierten Datenbank gespeichert.

BIM-Objekt

Ein BIM-Objekt setzt sich aus mehreren Dingen zusammen: dem Inhalt der Information, die das (Bau)-Produkt definieren, die Geometrie des Modells, das die physischen Eigenschaften des (Bau)-Produkts darstellt, Verhaltensdaten, die es ermöglichen, dass das BIM-Objekt auf die gleiche Art und Weise positioniert werden bzw. funktionieren kann wie das (Bau)-Produkt selber, Daten zur Darstellung liefert, die dem BIM-Objekt eine wiederzuerkennende Erscheinung geben.

BIM-Objekte ersetzen die klassischen CAD-Symbole. Die Objekte bzw. Symbole werden wie in der konventionellen Planung in 2D und 3D abgebildet, enthalten über die Daten der Geometrie und Produktbeschreibung noch weitere Informationen, zum Beispiel Herstellerangaben zu Mengen, Preise, Montage, Wartung, Handbüchern, EAN-Codes, U-Werte etc.

BIM-Viewer

Der BIM-Viewer ist eine Software zur Betrachtung des virtuellen Bauwerkmodells. Mit dieser Software kann das Modell jedoch nicht bearbeitet werden.

BIM-Checker

BIM-Checker sind Hilfsprogramme bzw. Werkzeuge, um das Datenmodell auf notwendige Integrität, Daten-Qualität oder Normenkonformität zu prüfen.

BIM-Editor

Software zur Betrachtung von Bauwerksmodellen, versehen mit der Funktionalität deren Eigenschaften bzw. Attribute anzupassen.

Computer Aided Facility Management

Das Computer Aided Facility Management unterstützt als Werkzeug die Arbeit des Facility Managements sowohl im Betrieb der Immobilie, als auch in der Planung von Dienstleistungen und Personaleinsatz. Der effiziente Einsatz von Ressourcen zur Optimierung der gebäude- und servicebedingten Kosten wird durch die computergestützte Verwaltung gestützt. Die Qualität der Informationen und deren Zugänglichkeit ist hierbei der wichtigste Faktor.

Computerspiel Engine oder Game Engine

Darunter versteht man eine für die Computerspiele entwickelte Umgebung, welche den Spielverlauf steuert und die visuelle Darstellung übernimmt. Dabei sind fortschrittliche Werkzeuge verfügbar, wie eine realistische Physikberechnung oder bereits auf menschliches Verhalten programmierte NPCs.

Elementtyp und Elementgruppen

Der Elementtyp ist ein Bauelement mit speziellen bautypischen Eigenschaften wie zum Beispiel Wand, Decke, Fassadenelement. Die (Modell)Elemente eines definierten Bauteils und damit einer IFC-Klasse (*.ifc) können in Elementgruppen zusammengefasst werden.

Fachmodell/Teilmodell

Das Teilmodell ist ein disziplin- bzw. Gewerke spezifisches Bauwerksmodell, zum Beispiel des Architekten, Tragwerksplaners und der Gebäudetechnik oder der Aufsplittung des Gesamtmodells in verschiedene Bauteile. Jedes Modell wird über den Projektverlauf mit relevanten Informationen in verschiedenen Detailierungsstufen (Level of Detail) angereichert und kann entsprechend ausgewertet werden. Das Teilmodell enthält vor allem Modellelemente einer bestimmten Planungssicht oder für einen bestimmten Zweck. Das Gesamtmodell ist im Gegensatz dazu das Ergebnis der Zusammenführung der einzelnen Teilmodelle.

Gesamtmodell

Das Gesamtmodell (auch VGM – Virtuelles Gebäudemodell genannt) setzt sich aus den einzelnen Fachmodellen zusammen und beinhaltet alle relevanten Daten der beteiligten Gewerke. Weiters wird mit Hilfe des Gesamtmodells eine umfassende Dokumentation erreicht und es wird entweder nur zum Teil oder als Ganzes mit Hilfe der Verwendung von Filtern in den Betrieb des Gebäudes für das Facility Management überführt.

IFC

Industry Foundation Classes (IFC) sind ein objektorientiertes hersteller- und länderübergreifendes Austauschformat für den modellbasierten Daten- und Informationsaustausch in den Planungs-, Ausführungs- und Bewirtschaftungsphasen.

Interoperabilität

Interoperabilität ist die Fähigkeit verschiedener Systeme / Plattformen, Informationen auszutauschen und gleichzeitig in der Lage zu sein, diese Informationen ohne Verlust der erforderlichen Spezifikationen oder Datenwerte zu verarbeiten.

Koordinationsmodell

Das Koordinationsmodell wird aus den einzelnen Fachmodellen erstellt und dient zur Kommunikation für die Fachplaner untereinander. Es dient darüber hinaus der Koordinierung der beteiligten Gewerke und insbesondere der Kollisionsprüfung.

Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten betrachten den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes von den Erstellungskosten über den Betrieb, Wartung bis zum Abbruch- und Entsorgung, und zeigen mögliche Ansätze zu Optimierungen auf. Bei der ganzheitlichen Betrachtung von Lebenszyklen werden die direkten Abhängigkeiten zwischen technischer Lebensdauer – dem Zeitraum, in welchem das Gebäude und die Gebäudetechnik bis zum Abriss zur Verfügung stehen – und der wirtschaftlichen Nutzungsdauer deutlich.

LOD

Der Level of Development (LOD) gibt Auskunft über die planerische Reife eines BIM-Objekts oder Teilmodells. Er setzt sich aus LoC, LoD und LoI zusammen und ist ein abstrakter Kennwert, der projektweise im BIM Execution Plan definiert werden kann.

LoC

Level of Coordination

LoD

Level of Detail

LoI

Level of Information

Modellierer

Der Modellierer oder auch BIM Operator ist verantwortlich für die Entwicklung, Eingabe und laufende Bearbeitung eines Gebäudemodells oder auch nur von einem virtuellen Teilelement eines Bauwerks.

Modellnutzer

Das Modell wird durch den Modellnutzer oder auch BIM-Analyst genutzt, um Auswertungen zu erstellen, Berechnungen anzustellen oder zur Durchführung von Ablaufplanungen.

Modellelement

Unter Modellelement versteht man die einzelnen Bestandteile des 3D-Modelles. Also z.B. Wände, Stützen, Türen, Fenster, Unterzüge, etc. Diese Modelle sind einzigartig durch ihre individuelle ID und weitere parametrische Eigenschaften, sowie wegen ihrer geometrischen Form und Elementtyp und Elementgruppe.

NPC

Englische Bezeichnung für No Player Character, wobei es sich um menschliche Avatare mit künstlicher Intelligenz in Game Engines handelt.

RFID

Dabei handelt es sich um eine Technologie zur kontaktlosen Identifizierung von Bauteilen über elektromagnetische Signale. Dabei gibt es passive Sender Module, welche mit einem Scanner ausgelesen werden können und im Falle von BIM Anwendungen eine Zuordnung zwischen virtuellem und echtem Bauteil ermöglicht.

Simulation

Bei der Gebäudesimulation wird ein realitätsnahes Modell des zu untersuchenden Objekts abgebildet. Neben der Simulation des Bauablaufes und der Soll-/Ist-Kontrolle während der Bauausführung können die Eigenschaften und Bauteilkennwerte genutzt werden, um Analysen zu Energieverbrauch etc. zu simulieren und zu bewerten.

Tool/Softwaretool

Tool ist die englische Bezeichnung für Werkzeug. In der Arbeit bezieht sich der Begriff Tool auf verschiedene Softwareprodukte zum Lösen von komplexen Problemen in der Erstellung oder Bearbeitung eines BIM-Modells.

Virtuelles Gebäudemodel

Als virtuelles Gebäudemodell (VGM) wird das Bauwerksmodell bezeichnet, welches während des Planungsprozesses in BIM-fähigen dreidimensionalen, bauteilorientierten Softwaresystemen erstellt, und mit Attributen und Parametrisierungen versehen wird. Das VGM ist dabei nicht automatisch das Gesamtmodell, sondern die variable Summe der Fachmodelle / Teilmodelle der einzelnen beteiligten Fachplaner (Architektur-, Tragwerks-, Gebäudetechnikmodell, etc.)

Anhang B – Detaillierte Beschreibung der Anwendungsfälle aus Stufenplan BIM4Infra

Anhang A: Detaillierte Beschreibung der Anwendungsfälle

Die folgende detaillierte Beschreibung der Anwendungsfälle wurden den Experten als Basis für die Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses bereitgestellt.

AwF 1	Bestandserfassung
Kurzbeschreibung	Erfassung der wesentlichen Aspekte des Bestandes und Überführung in eine 3D-Ansicht durch ein geeignetes Aufmaß. Eingangsdaten können aus bestehenden Unterlagen, Vermessungen, Laserscanning, Photogrammmetrie, Geographischen Informationssystemen oder einer Kombination daraus entnommen werden.
Detaillierung	Entsprechend der Projektanforderung werden erforderliche Daten zur Bestandsaufnahme definiert und die geometrisch notwendige Information aufgenommen. Anhand der Eingangsdaten wird ein BIM-Modell unter Einsatz referenzierter Daten erstellt. Dieses BIM-Modell wird unter Beachtung technischer und wirtschaftlicher Aspekte idealisiert konstruiert und ggf. Bauteilverformungen sowie Bautoleranzen berücksichtigt. Hierdurch wird ein strukturiertes Modell mit semantischen Informationen aufgebaut, das eine hochwertige Informationsbasis für den weiteren Projektverlauf bildet. Die hierbei erstellten 3D-Modelle werden in der Regel zunächst eher vereinfacht modelliert. Im weiteren Projektverlauf kann sich in Teilbereichen ggf. eine Anforderung an eine höhere Genauigkeit stellen. Das Modell kann demzufolge noch weiter detailliert werden.
Nutzen	Der AwF wird in der Planungsphase verwendet, um in der Planung den Projektkontext nachvollziehbar zu referenzieren und Risiken der Bauausführung zu reduzieren. Das 3D-Bestandsmodell und die enthaltene Information können vom AG genutzt werden, um Entscheidungsprozesse im Projektverlauf zu unterstützen. Die strukturierte Aufnahme und Dokumentation vorhandener Bestandsobjekte ermöglicht auch die Wiederverwendung oder Fortschreibung von Daten. Die durchgängige Nutzung von BIM kann zukünftig die Kosten für eine erneute Bestandserfassung für bereits erfasste Bauwerke senken.
Status Quo	Die Modellerstellung auf Basis der o.g. Daten ist technisch bereits heute machbar und wird in vielen BIM-Projekten umgesetzt.
Implementierungs-aufwand	Für den AG ergibt sich die Notwendigkeit, eine Spezifikation zum erforderlichen Inhalt, der Struktur und dem Umfang der 3D-Bestandsmodelle zu erstellen. Hierbei sollten geltende Vorgaben zur Erfassung von Bestandsbauwerken und ggf. deren Umgebung, insbesondere in Hinblick auf zu erfassende Materialien oder weitere Eigenschaften berücksichtigt werden, um den anvisierten Nutzen erbringen zu können. Der Schulungsaufwand für die Anwendung von Werkzeugen zur Betrachtung und Prüfung der 3D-Bestandsmodelle wird als gering eingeschätzt. AN müssen sich Kenntnisse und Techniken zur Überführung von erfassten Daten und zur Erstellung des Bestandsmodells aneignen. Ggf. ist die Anschaffung von BIM-fähigen Softwareprodukten erforderlich.

AwF 1	Bestandserfassung
Mehr- und Minder-aufwände in der Projektbearbeitung	Für die Projektbeteiligten ändert sich die Darstellung des Bestandes und relevanter Bauteilinformation von einer 2D-Darstellung in ein strukturiertes 3D-Bestandsmodell. Die grundsätzliche Anforderung einer Aufnahme der bestehenden Baufeld- und Umgebungsinformationen ändert sich durch den Einsatz der BIM-Methode nicht. Die Erstellung von 3D-Bestandsmodellen bedeutet an sich ggf. einen höheren Aufwand, der projektspezifisch unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit bewertet werden muss.

AwF 2	Planungsvariantenuntersuchung
Kurzbeschreibung	Planungsvarianten werden als BIM-Modell erstellt und hinsichtlich Kosten, Terminen bzw. Qualität bewertet.
Detaillierung	Planungsvarianten können mit BIM in der Regel schneller erstellt und sogar mit groben Kostenschätzungen versehen werden. Variantenvergleiche werden in Lph2 der HOAI für Ingenieurbauwerke und Verkehrsanlagen gefordert. Entsprechend werden planungsphasengerecht detaillierte 3D-Modelle erstellt, die mit BIM-Methoden für den Vergleich der erstellten Varianten genutzt werden. Die zeichnerische Darstellung der Varianten auf Plänen erfolgt durch eine BIM-basierte Planerstellung. Die Nutzung der Modelle für einfache, nichtfotorealistische Visualisierungen ist möglich. Die erforderlichen Mengengerüste für die Kostenschätzungen werden transparent durch eine BIM-basierte Mengenermittlung extrahiert und können zur Plausibilisierung genutzt werden. Die Anforderungen an diese BIM-Modelle in Lph2 sollten gering ausfallen, gleichzeitig eine spätere Detaillierung im Entwurf ermöglichen.
Nutzen	Die einheitliche und transparente Erstellung und Bewertung der Planungsvarianten stellt eine gegenüber der konventionellen Arbeitsweise deutlich verbesserte Entscheidungsgrundlage für den AG dar. Vor allem in der durchgängigen Erstellung von Planungsunterlagen und der Ableitung von Mengen und Kosten aus einem BIM-Modell liegt ein entscheidender Qualitätsvorteil. Es ist davon auszugehen, dass auch das Raumordnungsverfahren durch die BIM-Variantenvergleiche sowie die Visualisierung (siehe AwF 3) erleichtert wird, wenn die dafür relevanten Attribute abgebildet werden.
Status Quo	Bereits heute gibt es bei Einsatz geeigneter Software die Möglichkeit der Variantenuntersuchung von Strecken und Ingenieurbauwerken. Dieser Anwendungsfall wird in den Pilotvorhaben bereits häufig durchgeführt.
Implementierungsaufwand	Der Implementierungsaufwand ist gering. Der AG-seitige Schulungsaufwand für die Nutzung von Werkzeugen zur Betrachtung der BIM-Modelle wird als gering eingeschätzt. AN müssen sich Kenntnisse und Techniken aneignen.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Unter der Maßgabe, dass die Detaillierung der geforderten Leistung identisch mit den aktuellen Anforderungen bleibt, ist davon auszugehen, dass Mehraufwände nicht entstehen. Die BIM-gestützte Planvariantenuntersuchung wird nur dann Mehraufwand für die Projektbeteiligten bedeuten, wenn sich hierbei die grundlegenden Anforderungen verändern. In diesem Fall ergibt sich aber auch ein erhöhter Nutzen durch vertiefte Variantenuntersuchungen. Für den AG ergeben sich keine Änderung.

AwF 3	Visualisierung
Kurzbeschreibung	Bedarfsgerechte Visualisierung auf Grundlage des BIM-Modells als Basis für Projektbesprechungen im Zuge der Planung und der Ausführung sowie für die Öffentlichkeitsarbeit.
Detaillierung	Auf Basis von BIM-Modellen werden mithilfe geeigneter Softwareprodukte Visualisierungen in Form von Bildern und/oder Filmen erstellt. Dies kann auch einfache Animationen und interaktive Visualisierungen beinhalten. BIM-Modelle aus dem Planungsprozess können direkt für einfache Visualisierungen übernommen werden. Voraussetzung für die Erstellung von fotorealistischen Visualisierungen sind spezielle Softwareprodukte und Fachwissen auf Auftragnehmerseite. In diesem Fall ist ein Zusatzaufwand für die Definition von Materialien und Beleuchtungsquellen erforderlich, die auch die Anpassung vorhandener Modelle einschließen können. Der Einsatz von Visualisierungen kann bei allen Bauwerkstypen und Komplexitätsgraden erfolgen.
Nutzen	Visualisierungen unterstützen die Entscheidungsfindung durch die verständliche Darstellung komplexer Zusammenhänge in geometrischer und visueller Form. Ein ganz wesentlicher Nutzen liegt im Einsatz von Visualisierungen im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit. Visualisierungen unterstützen die verständliche Kommunikation der Bauaufgabe und können die Akzeptanz von Vorhaben erhöhen.
Status Quo	Die BIM-gestützte Visualisierung ist bereits heute aus technischer und organisatorischer Sicht ohne Probleme realisierbar und wird bereits in vielen BIM-Projekten eingesetzt.
Implementierungsaufwand	Der Implementierungsaufwand für AN ist gering, sofern es sich um einfache Visualisierungen handelt, die sich direkt mit einem BIM-Werkzeug erstellen lassen. Für die Erstellung fotorealistischer Visualisierungen ist ggf. die Anschaffung von Spezialsoftware erforderlich. AG-seitig sind keine speziellen Kenntnisse oder Softwarepakete erforderlich.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Der Zusatzaufwand in der Projektbearbeitung ist als vernachlässigbar gering einzuschätzen. Im Gegenteil ist der Aufwand zur Erstellung von Visualisierungen geringer als bei der konventionellen Arbeitsweise, da hier meist gesonderte Modelle ohne Planungsrelevanz erstellt werden. Davon unbenommen bleibt, dass im Falle fotorealistischer Visualisierungen Zusatzaufwände zur Definition von Oberflächen und Beleuchtungsquellen erforderlich wären. Der AG muss an dieser Stelle sorgfältig zwischen Aufwand und Nutzen abwägen.

AwF 4	Bemessung und Nachweisführung
Kurzbeschreibung	Nutzung des Modells für Bemessung und Nachweisführung (insbesondere Baustatik), einschließlich etwaiger Simulationen wie z.B. Überflutung, Lärm- und Schadstoffausbreitung etc.
Detaillierung	Für die baustatische Bemessung wird entsprechend der gewählten Methodik ein Berechnungsmodell erstellt. Beim Berechnungsmodell handelt es sich in den meisten Fällen um idealisierte Modelle (Stäbe oder Scheiben), mitunter aber auch um ein 3D-Volumenmodell. Für eine durchgängige Nutzung der BIM-Methode werden diese Modelle direkt aus den Planungsmodellen abgeleitet. Diese Anforderung ist aber insbesondere für Stab- und Scheibentragwerke aufgrund der notwendigen Idealisierung zu einem sinnvollen statischen System zur Berechnung nur eingeschränkt automatisiert umzusetzen. Im Zuge der Modellerstellung müssen in der Software zusätzlich die statischen, materialspezifischen und ggf. die geometrischen Kennwerte der Querschnitte und die Lasten für die Berechnung definiert werden. Mit dem statischen Modell und den Definitionen werden dann Ergebnisse wie z.B. Querschnittsspannungen oder Verformungen errechnet, die für erforderliche Nachweise genutzt werden. Die Ergebnisse werden dann in den Prozess der BIM-gestützten Planung übernommen und die daraus resultierenden Planunterlagen mit den Ergebnissen der Berechnung zur Prüfung weitergeleitet. Für weitere Nachweise mit Bezug auf Emissionen/Immissionen wie Lärm/ Energiebedarf oder Analysen von Wirkungen oder Risiken durch Umwelteinflüsse wie Windeinflüsse oder Überschwemmungen ist die Geometrie des Bauwerks ebenso erforderlich. Abhängig vom gewählten Verfahren werden auch hier geometrisch exakte oder idealisierte Modelle für die Berechnung erstellt. Für eine durchgängige Nutzung der BIM-Methode werden diese Modelle direkt aus den Planungsmodellen abgeleitet. Die Planungsmodelle stellen neben geometrischen Informationen auch zusätzliche Parameter bereit, die für die Berechnung genutzt werden. Im Zuge der Erstellung des Berechnungsmodells müssen in der Software zusätzlich die nachweisrelevanten Parameter für die Berechnung definiert werden. Nach Definition der Modelle werden die Berechnungen durchgeführt und die Ergebnisse in die erforderlichen Dokumente übernommen und bewertet.
Nutzen	Die BIM-gestützte Bemessung und Nachweisführung erlaubt die weitere Erhöhung der Konsistenz und Qualität der Planungsunterlagen, da alle notwendigen Eingangsinformationen für Bemessungen und Nachweisführung direkt aus dem Modell abgeleitet werden. Bei durchgängiger Nutzung von BIM-Modellen können Aufwände bei der Eingabe geometrischer Randbedingungen vermindert werden. Ein weiterer Nutzen entsteht für den Ersteller von Nachweisen und für die Prüfer durch die strukturierte Aufbereitung von Informationen in einem BIM-Modell, die die Nachvollziehbarkeit erhöht.

AwF 4	Bemessung und Nachweisführung
Status Quo	Baustatische Berechnungen werden bislang nur selten BIM-gestützt durchgeführt. Hintergrund ist, dass nach den aktuell gültigen Normen eine Bemessung und Nachweisführung am Ersatzmodell notwendig ist. Bislang ist die konsistente und ingenieurgerechte Überführung der 3D-Geometrie in dimensionsreduzierte statische Berechnungsmodelle nur mit erheblichen Aufwand möglich. Ebenso stehen die traditionellen Prozesse der Kommunikation zwischen Statikern und Prüfstatikern, die auf dem Austausch von 2D-Zeichungen und Berechnung beruhen, der BIM-Nutzung entgegen. Weitere Simulationen wie Lärm- und Schadstoffausbreitung sowie Überflutungssimulationen können bereits heute BIM-gestützt durchgeführt werden, wie mehrere BIM-Pilotvorhaben belegen konnten.
Implementierungsaufwand	Es ergeben sich Aufwände bei der Weiterentwicklung von Softwareprodukten. Für die teilautomatisierte Erstellung von dimensionsreduzierten Ersatzmodellen aus BIM-Modellen müssen die bestehenden Softwarelösungen weiterentwickelt werden. Zudem muss der Datenaustausch zwischen Konstruktions- und Berechnungssoftware verbessert werden. Für prüfende und bewertende Beteiligte von Berechnungen und Nachweisen ist zu erwarten, dass die aktuellen Prozesse umgestellt werden müssen. Es ist zu klären, inwieweit auch bestehende Regularien betroffen sind, da die aktuellen Prozesse 2D-Planunterlagen und Dokumenten erfordern.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Die durchgängige Nutzung von BIM-Modellen kann eine Reduktion des Aufwands in der Projektbearbeitung ermöglichen. Voraussetzung dafür ist aber ein reibungsfreier Datenaustausch zwischen den beteiligten Softwaresystemen.

AwF 5	Koordination der Fachgewerke
Kurzbeschreibung	Regelmäßiges Zusammenführen der Fachmodelle in einem Koordinationsmodell, mit anschließender automatisierter Kollisionsprüfung und systematischer Konfliktbehebung.
Detaillierung	Die Koordination der Fachgewerke erfolgt auf Basis der Modelle der einzelnen Fachplaner. Der Datenaustausch der BIM-Modelle für die Koordination soll möglichst mithilfe einer gemeinsamen Datenumgebung realisiert werden, die eine formalisierte Zuweisung von Status und Statusübergängen umsetzt. Für die Beteiligten sind für den Datenaustausch vor allem Anforderungen in Bezug auf Modellinhalte, -einheiten und Koordinaten festzulegen, um die Konsolidierung aller 3D-Modelle zum Koordinationsmodell zu ermöglichen. Es ist unbedingt zu beachten, eine kontinuierliche Planungsdetaillierung und die phasengerechte Analyse und Bewertung der Konflikte zu vereinbaren.
Nutzen	Die Koordination der Fachgewerke und die Konfliktbehebung im Planungsprozess verbessert die Planungsqualität und verringert signifikant die Risiken in Bezug auf Kosten und Termine.
Status Quo	Dieser Anwendungsfall ist aus technischer Sicht bereits heute gut handhabbar und wird bereits in vielen BIM-Projekten umgesetzt.
Implementierungsaufwand	Der Implementierungsaufwand ist gering. AN müssen sich Kenntnisse und Techniken zur BIM-gestützten Koordination aneignen. Die notwendige Software ist zu geringen Kosten verfügbar. Der wesentliche Implementierungsaufwand liegt in der Definition von Prozessen zur formalen Behandlung von Konflikten. Auf AG-Seite entsteht nur dann Implementierungsaufwand, sofern er eigene Kollisionskontrollen durchführen will.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	BIM bietet deutlich bessere und mehr Möglichkeiten um die Koordination der Fachgewerke durchzuführen. Probleme, die heute bei der konventionellen Planung oft auch aufgrund der Planungsmethode in der Koordination auftreten, können durch BIM-gestützte Planung vermieden werden. Ein Beispiel ist die Kollision von Fundamenten (für Schutzeinrichtungen, Beschilderung) mit der Entwässerung. Durch die frühzeitige Identifizierung und Verhinderung von Kollisionen können vermeidbare Folgeaufwendungen und -kosten im Gesamtplanungsprozess vermieden werden. Insgesamt kann damit für das Gesamtbauvorhaben eine Reduktion des Aufwandes erreicht werden.

AwF 6	Fortschrittskontrolle der Planung
Kurzbeschreibung	Nutzung des Modells für die Planungsfortschrittskontrolle als Grundlage des Controllings.
Detaillierung	Mit BIM-Modellen lässt sich der Fortschritt der Planung visualisieren und damit besser überwachen. Durch die erhöhte Transparenz wird die Terminsicherheit des Gesamtbauvorhabens signifikant erhöht. In BIM-Projekten werden Modelle für verschiedene AwF in einem strukturierten Prozess auf Basis von gemeinsamen Projektanforderungen erstellt. Somit lassen die verschiedenen Informations-Anforderungen und Ergebnisse aus anderen Anwendungsfällen Rückschlüsse auf den Planungsfortschritt zu, z.B. können die Ergebnisse aus der „Koordination der Fachgewerke“ für eine Bewertung des Planungsfortschritts herangezogen werden. Weiter stehen die Informationen im Modell zur Prüfung auf Vollständigkeit in Bezug auf die Planungsphase zur Verfügung. Die Anforderung eines Modelllieferplans erleichtert die koordinierte Erstellung der verschiedenen Fachmodelle und unterstützt die terminliche Abwicklung des Planungsprozesses.
Nutzen	Die Erweiterung der Bewertungskriterien für die Fortschrittkontrolle über die Planlieferung hinaus erhöht die Transparenz des Planungsfortschritts in Bezug auf Terminsicherheit. Die Prüfung der Modellinformationen lassen auch einen Rückschluss auf Planungsinhalte und nicht nur Plandarstellungen zu.
Status Quo	Dieser Anwendungsfall wird zum jetzigen Zeitpunkt nur in einem sehr eingeschränkten Umfang umgesetzt. Aus technischer Perspektive ist dieser Anwendungsfall problemlos realisierbar.
Implementierungsaufwand	Die AG-seitigen Aufwände zur Einführung dieses AwF liegen in der Festlegung von Richtlinien hinsichtlich der Meldung von Status, der Einführung entsprechender Softwaresysteme und der Schulung der eigenen Mitarbeiter. Es müssen Systeme definiert werden, die für eine Zusammenführung und Darstellung der Informationen geeignet sind. Es wird für andere Projektbeteiligte nur ein geringer Schulungsaufwand erwartet, da ein Berichtswesen zum Planungsfortschritt auch aktuell abgefordert werden kann.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Die Projektbeteiligten müssen die Informationen, die zur Auswertung genutzt werden, entsprechend der Projektvorgaben strukturiert und modellbezogen dokumentieren, um ein Controlling zu ermöglichen. Für den AG ergibt sich keine Änderung, da die Lieferleistung nicht verändert wird. Ergebnisse werden in Berichtsform erstellt und übergeben.

AwF 7	Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen
Kurzbeschreibung	Ableitung der wesentlichen Teile der Entwurfs- und Genehmigungspläne bis zu einem festzulegenden Maßstab aus dem Modell.
Detaillierung	Für die Planerstellung werden im 3D-Modell Projektionen erstellt, die in einer 2D-Ansicht der Planungssoftware z.B. für einen Grundrissplan oder einen Schnitt genutzt werden. Diese Ansichten werden dann mit 2D-Informationen wie Maßketten oder Beschreibungen sowie Plankopf und Planrahmen ergänzt und als Zeichnung gespeichert. In diesem Prozess sollten ausreichend viele Planungsdetails im BIM-Modell hinterlegt werden, um auf diese bei der Planerstellung zurückgreifen zu können. Dies wird analog zur herkömmlichen 2D-Planung umgesetzt, bei der textuelle und symbolische Ergänzungen auf dem Plan manuell eingefügt werden. Details (insbesondere Standarddetails) können aus Effizienzgründen weiterhin als 2D-Zeichnung erstellt werden, sodass das BIM-Modell insgesamt in einem zweckmäßigen Detaillierungsgrad ausgearbeitet wird. Hintergrund ist, dass der Aufwand, ein Detail an allen Stellen in 3D zu modellieren, angesichts des überschaubaren Nutzens zu groß ist. Genaue Festlegungen, welche Bauteile wie detailliert modelliert werden, müssen im Projekt getroffen werden. Dies hängt besondere auch von der Bedeutung für die Korrektheit der Kostenschätzung ab. Die geometrische Kompatibilität von Detailzeichnungen und BIM-Modell ist in jedem Fall sicherzustellen.
Nutzen	Die Ableitung der Planunterlagen aus BIM-Modellen verringert den Koordinations- und Erstellungsaufwand für die Erstellung von Schnitten und Ansichten bei verbesserter Qualität, da die Konsistenz durch Nutzung einer einheitlichen Quelle gesichert ist.
Status Quo	Das Ableiten der Entwurfs- und Genehmigungspläne aus dem Modell ist bereits zum jetzigen Zeitpunkt i.d.R. gut möglich und wird in nahezu allen BIM-Projekten umgesetzt. Bei einer komplexeren Geometrie kommt es mitunter noch zu Problemen in der Zeichnungsgenerierung, die aber bis 2020 überwunden sein sollten.
Implementierungsaufwand	Die aus BIM-Modellen abgeleiteten Pläne entsprechen zum Teil nicht vollständig den heute geltenden Richtlinien zur Darstellung von Planunterlagen. Daher ist zu prüfen, ob eine Abweichungsbefugnis eingeräumt werden kann oder eine Anpassung der entsprechenden Richtlinien erforderlich ist. Für den AG ergeben sich insofern Änderungen, dass Vorgaben zur Übergabe elektronischer Zeichnungen (z.B. Layervorgaben) außer Kraft gesetzt werden können, da sie beim modellgestützten Arbeiten keine Bedeutung mehr haben.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Insgesamt ist ein reduzierter Aufwand durch den Einsatz einer einheitlichen Quelle zur Erstellung der Entwurfs- und Genehmigungspläne zu erwarten. Dies gilt insbesondere bei auftretenden Planungsänderungen, die bei der konventionellen Arbeitsweise ein aufwändiges und fehleranfälliges manuelles Nachführen aller betroffenen Zeichnungen notwendig machen. Für die Begrenzung des Aufwands auf ein adäquates Maß ist die Vereinbarung eines sinnvollen Detaillierungsgrades für Zeichnungen wichtig, die aus den Modellen generiert werden sollen. Die Erstellung von Detailplänen aus Modellen wäre mit einem erhöhten Aufwand verbunden. Da der Einsatz von Standarddetails übliche Praxis ist, sollte dies jedoch auch im Rahmen der Anwendung von BIM berücksichtigt werden.

AwF 8	Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung
Kurzbeschreibung	Darstellen sicherheitsrelevanter Aspekte (z.B. Sperrzonen, Zugangsbeschränkungen, Fluchtwege, Brandbekämpfung, Betriebsabläufe, usw.) im Modell, ggf. mit zeitlicher Auswirkung temporärer Bauzustände oder Einrichtungen. Überwachung der erforderlichen Maßnahmen während der Bauausführung und Dokumentation notwendiger Korrekturen mit automatisierten Benachrichtigungen betroffener Projektbeteiligter.
Detaillierung	Um die Sicherheit auf Baustellen zu gewährleisten gibt es im Projekt verschiedene Anforderungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz. Diese werden z.B. durch den Sicherheits- und Gesundheits- Koordinator (SiGeKo) vor Projektbeginn analysiert und erforderliche Maßnahmen dokumentiert. Um eine bessere Transparenz zu erhalten, werden wesentliche Aspekte (z.B. Sperrzonen, Fluchtwege...) im 4D-Modell ergänzt. Eine visuelle Kontrolle des vollständigen 4D-Modells unterstützt die abschließende Bewertung der SiGeKo Festlegungen. Die Daten werden dann weiter in den erforderlichen Einweisungen von Baustellenpersonal genutzt um das Verständnis für die Sicherheitsrelevanten Themen zu erhöhen. Der Anwendungsfall basiert auf der Nutzung Cloud- bzw. internetbasierte Softwareprogramme. Entsprechend der Anforderungen des SiGeKo werden Anforderungen in Aufgaben oder Prüfpunkte überführt, die während der Ausführung beachtet und kontrolliert werden müssen. Die Systeme erlauben es, entsprechende Aufgaben sofort während einer Sicherheitsbegehung an die Zuständigen zu verteilen und in einer Datenbank zu verwalten. Die Systeme stellen über diese Datenbank dann allen Beteiligten entsprechend angepasste Berichtslisten über offene, geänderte, geklärte und erledigte Aufgaben in Echtzeit bereit. Diese Automatismen beschleunigen und vereinfachen die Kommunikations- und Dokumentationsprozesse drastisch. Die Systeme erlauben auch über Online-Formulare eine bauteilbezogene Standardisierung der Qualitätsprüfung. Diese Formulare unterstützen proaktives Handeln im Gegensatz zur reinen Identifikation von Risiken und die Veranlassung der notwendigen Maßnahme mit herkömmlichen Werkzeugen.
Nutzen	Bessere Kommunikation sicherheitsrelevanter Aspekte. Zur Arbeits- und Gesundheitsschutzplanung werden relevante Informationen und Sichten aus dem Modell gewonnen. Der Nutzen liegt hier wiederum vor allem in der Steigerung der Qualität durch Sicherung der Konsistenz der Planunterlagen und visuell unterstützter Einweisung anstelle rein dokumentenbasierter Einweisung sowie der Senkung der Prozess- und Gesundheitsrisiken in der Bauausführung. Strukturierte Dokumentation von Begehungen und beschleunigte Weitergabe von Informationen in sicherheitsrelevanten Bereichen. Die Nutzung von Datenbanken verbessert Nachverfolgung und Berichtswesen für arbeitsschutz- und sicherheitsrelevante Themen. Dieser Anwendungsfall wird zu einer drastischen Vereinfachung der Dokumentations- und Kontrollprozesse führen.
Status Quo	Dieser Anwendungsfall wird zum jetzigen Zeitpunkt nicht bzw. nur in sehr eingeschränkten Umfang mit der BIM-Methode umgesetzt. Aus technischer Sicht gibt es keine signifikanten Hürden. Die Akzeptanz durch die Genehmigungsbehörden kann bis 2020 erreicht werden.

AwF 8	Arbeits- und Gesundheitsschutz: Planung und Prüfung
Implementierungs-aufwand	Die AG-seitigen Aufwände zur Einführung dieses AwF sind gering. Die Arbeits- und Gesundheitsschutzprüfung wird durch Nutzung mobiler Technologien auf der Baustelle unterstützt. Abweichungen werden unmittelbar im Modell verortet dokumentiert und Handlungsanweisungen adressiert. Auf der Seite der AN müssen für die Umsetzung Systeme konfiguriert und bereitgestellt werden, die eine Aufnahme und Übergabe der dokumentierten Aufgaben ermöglichen. Diese Systeme können ggf. von der Softwareindustrie bereitgestellt werden, so dass keine Entwicklungsaufwände, sondern nur Lizenzkosten entstehen. Es werden auch Schulungsaufwände für die projektspezifische Administration erwartet.
Mehr- und Minder-aufwände in der Projektbearbeitung	Die Integration der SiGeKo-Anforderungen in ein 4D-Modell bedeutet einen erhöhten Aufwand für den Ersteller. Auf Seite des Bauherrn würde die Erweiterung der SiGeKo Tätigkeit um ein 4D-Modell nicht zu Mehraufwänden führen, die Steuerung des Bauablaufes obliegt dem Bauausführenden. Der Schulungsaufwand für die Nutzung von Werkzeugen zur Betrachtung von 4D-Modellen wird als gering eingeschätzt. In der Projektausführung wird es für die Durchführung von Begehungen kaum Auswirkungen geben, aber im administrativen Bereich sind Aufwandsreduzierungen zu erwarten. Auf Seite des Bauherrn würde die Bereitstellung eines entsprechenden Systems zu Mehraufwänden führen um übergreifend zu steuern und zu überwachen. Die Aufgabe der Dokumentation obliegt aber den bauausführenden Projektbeteiligten, die somit auch optimierte Systeme liefern sollten. Der Schulungsaufwand für die Nutzung von Werkzeugen zur mobilen Kommunikation von Aufgaben wird als gering eingeschätzt.

AwF 9	Planungsfreigabe
Kurzbeschreibung	Durchführen der Prüfläufe zur Freigabe der Planung auf Basis von BIM-Modellen und der daraus abgeleiteten 2D-Pläne.
Detaillierung	Die BIM-gestützte Freigabe der Planung durch die Auftraggeber sorgt für eine Steigerung der Effizienz in den Arbeitsabläufen. Insbesondere können Mängel oder Änderungswünsche mittels digitaler Formate wie BIM Collaboration Format (BCF) kommuniziert und bei Einsatz entsprechender Serverlösungen ihre Abarbeitung nachverfolgt werden. Dies trägt signifikant zur Erhöhung der Terminsicherheit im Planungsprozess bei. 3D-Modelle werden entsprechend der AIA mit Informationen angereichert und zusätzlich zu den daraus extrahierten 2D-Planunterlagen in einen digitalen Prozess übergeben. Zu diesen Daten übergibt der Autor der Daten eine Übereinstimmungserklärung (2D/3D). Alle Prüfungsbeteiligten greifen entsprechend der Prozessdefinition auf die Planungsdaten zu und erzeugen digitale Kommentare entsprechend ihrer Verantwortung. Prüfungen von Planunterlagen entsprechen inhaltlich heutigen Anforderungen und können durch die Nutzung der BIM-Modelle unterstützt werden. Die Prüfungen von BIM-Modellen erfolgt unter Nutzung entsprechender Prüfsoftware (Model Checker) in Hinblick auf AIA-Konformität bzgl. Vollständigkeit, Detaillierungsgrad und vereinbarter Dateninhalte. Weiter werden die 3D-Modelle genutzt um die Einhaltung von allgemeinen Planungsvorgaben aus Normung oder Standardisierung (z.B. Fluchtwege, erforderliche Türbreiten) automatisiert zu prüfen. Eine vollinhaltliche Prüfung sämtlicher Planungsanforderungen an 3D-Modellen ist aktuell noch nicht möglich, da die Umsetzung in Prüfsoftware unter Nutzung entsprechender Prüfregeln erst über einen höheren Grad an Standardisierung sinnvoll erreichbar ist. Neben einer automatisierten Prüfung allgemeiner Planungsvorgaben werden Modelle also vorrangig als Referenz zur (vorrangig händischen) Prüfung herangezogen. Dieser Prozess erfolgt iterativ bis zu geplanten Freigabe für die nachfolgenden Aufgaben (z.B. Phasenabschluss oder Bauausführung).
Nutzen	Die Digitalisierung der Prozesse erhöht die Nachverfolgbarkeit von Anmerkungen, die auf den 2D-Planunterlagen oder im 3D-Modell gemacht werden. Durch die Ergänzung von Anmerkungen im 3D-Modell, die bspw. über das BCF-Format kommuniziert und verwaltet werden können, erhöht sich die Verständlichkeit von Informationen und damit die Effizienz des Prüf- und anschließenden Bearbeitungsvorgangs. Prüfern wird zudem die Möglichkeit eröffnet, stichprobenartig geometrische Aspekte zu prüfen. Die Übergabe der 3D-Modelle mit enthaltenen Informationen entsprechend der vereinbarten Inhalte kann automatisiert und somit mit geringem Aufwand erfolgen.
Status Quo	Die Planung wird heute im Regelfall noch nicht digital freigegeben, die Freigabe erfolgt stattdessen in Papierform und ausschließlich für 2D-Pläne. Dieses Vorgehen wird bei Auftragnehmern intern schon häufig durch digitale Kommentare auf 2D-Planunterlagen in Datenräumen in Verbindung mit zugewiesenen Aufgaben zu Vorabstimmung unterstützt. Eine Einbindung des AG in den digitalen Prozess ist nicht die Regel und die erforderliche Freigabe erfolgt mangels rechtssicherer Dokumentation konventionell. Technisch ist eine digitale Freigabe von Modell und abgeleiteten Plänen möglich. In BIM-Pilotvorhaben wurden bereits digitale Freigaben von Modellen erfolgreich praktiziert.

AwF 9	Planungsfreigabe
Implementierungs-aufwand	Die Ablösung der konventionellen Praxis der Planfreigabe durch eine BIM-gestützte Planungsfreigabe erfordert einen erheblichen Aufwand in der organisatorischen Umstellung und der Schulung der Mitarbeiter auf Seiten der Auftraggeber. Zusätzlich sind zur effizienten Prüfung der 3D-Modelle die Anforderungen an Inhalte nach Phasen und automatisierte Prüfmechanismen zu erstellen. Beim Auftragnehmer wird von keinem oder nur einem geringen Mehraufwand ausgegangen, da der Einsatz digitalisierter Prozesse in Datenräumen schon häufig erfolgt.
Mehr- und Minder-aufwände in der Projektbearbeitung	Eine Prüfung von 3D-Modellen neben den üblichen 2D-Planunterlagen ist eine zusätzliche Aufgabe in der Projektabwicklung. Es wird davon ausgegangen, dass AIA nach einer ersten Standardisierungsphase nur noch wenig Volatilität unterliegen. Mehraufwände für die Prüfung von 3D-Modellen sollten durch eine automatisierte Prüfung von Vorgaben sehr gering sein und nur bei Änderungen der Anforderungen relevant werden. Die digitalisierte Prüfung und Freigabe von Dokumenten und 2D-Planunterlagen bewirkt einen administrativen Minderaufwand im Prozessverlauf. Prüfkommentare anderer Beteiligter können im Rahmen von Berechtigungskonzepten eingesehen werden und somit zusätzliche Minderaufwände in der Erzeugung und Übernahme von Anmerkungen erzeugen.

AwF 10	Kostenschätzung und Kostenberechnung
Kurzbeschreibung	Ermittlung strukturierter und bauteilbezogener Mengen (Volumen, Flächen, Längen, Stückzahlen) anhand des Modells als Basis für Kostenschätzungen und Kostenberechnungen nach üblichen Kostengliederungen (DIN 276-4, VV-WSV 2107 etc.).
Detaillierung	Für die Kostenschätzung und Kostenberechnung bilden Mengen eine wesentliche Grundlage. BIM-Modelle der Planung enthalten gemäß der Anforderung für die Planerstellung wesentliche Informationen, die zur Gruppierung von Elementen und der Zuordnung zu Kostengruppen genutzt werden können. Weiterhin werden die genauen geometrischen Informationen der Modelle (z.B. Volumen, Fläche) aus dem BIM-Modell genutzt, um die Mengen dieser Elementgruppen entsprechend der Bezugseinheiten nachvollziehbar und effizient zu ermitteln.
Nutzen	Die Nutzung von BIM-Modellen als Grundlage für die Kostenschätzung und Kostenberechnung erhöht signifikant die Genauigkeit, Transparenz und Prüfbarkeit der Ergebnisse und dient damit unmittelbar dem Ziel einer erhöhten Kostensicherheit des Gesamtprojekts.
Status Quo	Eine Mengenermittlung anhand des Modells und eine darauf beruhende Kostenschätzung und Kostenberechnung ist technisch bereits zum jetzigen Zeitpunkt gut möglich und wird in vielen BIM-Projekten angewendet.
Implementierungsaufwand	Es ergibt sich für den AG die Notwendigkeit der Einführung von Software zur Prüfung der BIM-gestützten Mengenermittlung verbunden mit entsprechenden Schulungen. AN müssen sich Kenntnisse und Techniken zur BIM-gestützten Kostenschätzung und Kostenberechnung aneignen. Der Einsatz einer modellbasierten Mengenermittlung kann zum Teil mittels Standardfunktionalitäten von BIM-Modellierern realisiert werden, zum Teil ist aber auch die Nutzung spezieller Softwareprodukte erforderlich.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Die Verwendung des BIM-Modells für die Mengenermittlung reduziert den Aufwand für die Kostenschätzung und Kostenberechnung. Vor dem Hintergrund der Festlegung eines wirtschaftlichen Detaillierungsgrades in BIM-Modellen ist aber nicht zu erwarten, dass alle Mengenpositionen BIM-basiert extrahiert werden können. An dieser Stelle ergeben sich daher gleichbleibende Aufwände. Die Aktualisierung der Mengenermittlung im Fall von Planungsänderungen ist bei der BIM-basierten Methode aufwandsreduziert umsetzbar. Die Mengen können auch für die Terminplanung genutzt werden und Aufwände für mehrfache Mengenauszüge werden reduziert.

AwF 11	Erstellung des Leistungsverzeichnisses
Kurzbeschreibung	Modellgestütztes Erzeugen von mengenbezogenen Positionen des Leistungsverzeichnisses, modellbasierte Ausschreibung, Vergabe und Angebotsabgabe auf Basis der vorliegenden Planung. Das modellgestützte Erzeugen von mengenbezogenen Positionen des Leistungsverzeichnisses (LV) ist technisch bereits zum jetzigen Zeitpunkt möglich. Eine Entwicklungslücke existiert heute noch bei der gekoppelten Übermittlung von Modell und LV. Grundlage für die Erstellung von LV bleibt der Standardleistungskatalog für den Straßen- und Brückenbau des FGSV bzw. der Standardleistungskatalog der WSV für den Wasserbau, mit seinen hinterlegten Leistungsbereichen (LB).
Detaillierung	Im Anwendungsfall wird eine BIM-basierte Mengenermittlung mit einer Zuweisung von Leistungspositionen zu 3D-Modellelementen durchgeführt. Die Positionen des Leistungsverzeichnisses werden mit modellbasierten Mengen gefüllt. Die Detaillierung des Modells ist ein limitierender Faktor, der festlegt, bis zu welchem Umfang ein Leistungsverzeichnis BIM-basiert mit Mengen gefüllt werden kann. Besonders effizient ist der Anwendungsfall bei der Ermittlung von Raum-, Flächen- oder Längenmaß sowie Stückzahlen. Ein vollständiges Planungsmodell mit typisierten Bauteilen erlaubt zudem die Nutzung der Elementtypen bei der Definition der erforderlichen Leistungspositionen. Die Projekt- (auch Modell-), Vorgangs-/Terminplan- und LV-Struktur sollten aufeinander abgestimmt entwickelt und gegebenenfalls vorgegeben werden. Dies ist notwendig, um die Erstellung von 4D- und 5D-Modellen zu erleichtern, bei der zukünftig auch die Terminplanung berücksichtigt werden muss. Weitergehende Veränderungen bei Ausschreibung und Vergabe werden nicht erwartet. Der heute praktizierte Datenaustausch über die vorhandene GAEB -Schnittstelle ist weiterhin möglich. Sofern sinnvoll, ist die Erstellung eines bepreisten LV auf Basis der BIM-Mengen möglich.
Nutzen	Die Verwendung des BIM-Modells für die Mengenermittlung reduziert den Aufwand für die Erstellung des LV und hilft dabei, Fehler im LV und daraus resultierende kostenintensive Nachträge zu vermeiden. Der AwF dient damit unmittelbar dem übergeordneten Ziel der erhöhten Kostensicherheit des Gesamtprojekts. Aktualisierungen von Mengenermittlungen für das Leistungsverzeichnis sind bei der BIM-basierten Methode in der Regel als weniger aufwendig einzuschätzen. Aufwände für mehrfache Mengenauszüge werden reduziert und die Transparenz und Prüfbarkeit der Ergebnisse verbessert.
Status Quo	Dieser Anwendungsfall wird zwar bereits zum Teil durchgeführt, allerdings i.d.R. nicht als durchgängiger Prozess von LV-Erstellung über Ausschreibung bis hin zur Vergabe. Meist werden Haupt-Positionen eines LV mit modellgestützt erzeugten Mengen bestückt oder verifiziert, oder es werden separat hiervon Modelle – dann ohne Mengengerüst – auf informativer Basis mit Ausschreibungen zur Verfügung gestellt.

AwF 11	Erstellung des Leistungsverzeichnisses
Implementierungs-aufwand	Für den AG ergibt sich die Notwendigkeit der Einführung von Software zur Prüfung der BIM-gestützt erstellten LVs verbunden mit entsprechenden Schulungen. AN müssen sich Kenntnisse und Techniken zur BIM-gestützten LV-Erstellung aneignen. Zudem ist die Einführung geeigneter Softwareprodukte und die damit verbundene Schulung notwendig. Eine Effizienzsteigerung der Mengenermittlung kann durch die Anpassung der Normierung für Mengenberechnungen (z.B. VOB-C oder DIN4124) erreicht werden. Die Regularien, die einer Vereinfachung der 2D-basierten Mengenermittlung dienen, erhöhen bei der BIM-Methode den Aufwand.
Mehr- und Minder-aufwände in der Projektbearbeitung	Die Weiterverwendung von modellbasierten Informationen bei der Erstellung ggf. vollständiger Leistungsverzeichnisse reduziert zwar den Aufwand der Mengenermittlung bei den Projektbeteiligten. Die vorgesehene Detaillierung der BIM-Modelle muss aber die Anforderungen dieses Anwendungsfalls berücksichtigen und gleichzeitig wirtschaftlich bleiben. Eine vollständige Ermittlung aller Mengenpositionen direkt aus den Modellen ist insbesondere unter Betrachtung der Planung mit 2D-Standarddetails nicht zu erwarten. Somit ist in Einzelfällen die Verwendung von Platzhalterobjekten zu berücksichtigen, um die Konsistenz von Modell und extrahierten Informationen zu wahren. Hieraus kann ein geringer Mehraufwand entstehen.

AwF 12	Terminplanung der Ausführung
Kurzbeschreibung	Erstellung eines 4D-Modells zur Verknüpfung von Vorgängen der Terminplanung mit den zugehörigen Elementen des Modells zur Beschreibung des geplanten Bauablaufs.
Detaillierung	Die Verknüpfung der 3D-Modelle mit der Terminplanung zur Schaffung von 4D-Modellen erfolgt mithilfe von entsprechenden Softwareprodukten. Dabei ist eine teilautomatische Verknüpfung der einzelnen Modellelemente mit den entsprechenden Vorgängen möglich. Es ist zu beachten, dass im Lauf des Projekts Terminpläne mit bestimmter Konkretisierung erzeugt werden, reichend von Rahmenterminplänen über Grobterminpläne (Meilensteinterminpläne) bis hin zu Detailterminplänen. Je nach Anwendungsphase wird der Bauzeitenplan der Entwurfsphase oder der zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber vereinbarte Vertragsterminplan zu Grunde gelegt. Hinweise zu den verschiedenen Detaillierungsstufen gibt die VDI-Richtlinie 2552-3. Damit 3D-Modell und Bauzeitenplan sinnvoll verknüpft werden können, muss die jeweilige Struktur des Modells, des Vorgangs-/Terminplans und des LV aufeinander abgestimmt entwickelt und gegebenenfalls vorgegeben werden. Aufgrund der Vernetzung der Modelldaten mit Termindaten stellen Änderungen, zum Beispiel infolge von Bauablaufstörungen, eine zusätzliche Herausforderung dar. Als Beispiel lässt sich nennen, dass neu hinzugekommene Elemente in einem zusätzlichen Arbeitsschritt vernetzt werden müssen. Die Vorgehensweise dazu ist ggf. über die AIA anzufordern und im BAP zu beschreiben.
Nutzen	Der AwF trägt unmittelbar zum übergeordneten Ziel der Erhöhung der Terminsicherheit bei. Bei der Erstellung des 4D-Modells werden Terminpläne mit Modellelementen verknüpft. Bei diesem Prozess werden häufig Unregelmäßigkeiten zwischen 3D-Modell und Terminplan aufgedeckt, die z.B. durch fehlende Bauvorgänge begründet sein können. Durch die Zusammenführung der Terminplanung und der BIM-basierten Mengenermittlung können Modellmengen den Vorgängen zugewiesen werden. Somit kann der Terminplan unter Beachtung der geplanten Aufwandswerte in Bezug auf initial geplante Vorgangsdauern verifiziert werden. Weiter lässt sich die visuelle Komponente des 4D-Modells gut in der Abstimmung mit dem Auftraggeber und der Kommunikation mit der Öffentlichkeit einsetzen.
Status Quo	Die Verknüpfung des BIM-Modells mit dem Bauablauf ist zum jetzigen Zeitpunkt technisch auch für komplexere Bauvorhaben bereits möglich und wird praktiziert. Die Anwendung erfolgt derzeit vorrangig zur Visualisierung und Auswertung von existierenden Terminplänen, nicht zur eigentlichen Erstellung der Terminpläne. Eine Fortschreibung der 4D-Modellierung während der Ausführung wird häufig noch nicht umgesetzt.
Implementierungsaufwand	Für die AG ergibt sich die Notwendigkeit zur Einführung von Softwarewerkzeugen zur Visualisierung und Prüfung von 4D-Modellen. Der Schulungsaufwand für die Nutzung dieser Werkzeuge wird als gering eingeschätzt.

AwF 12	Terminplanung der Ausführung
Mehr- und Minder-aufwände in der Projektbearbeitung	Die Erstellung oder Aktualisierung von 4D-Modellen bedeutet im Regelfall einen zusätzlichen Aufwand im Projekt. Eine Einteilung von Modellelementen, etwa in Betonierabschnitte, muss gegebenenfalls vorgenommen werden, was den Planungsaufwand in einen früheren Zeitpunkt verlagert. Es kann aber auch eine Detaillierung im Rahmen der 4D-Modell-Erstellung erfolgen, was die Aufwände auf den Ersteller des 4D-Modells verlagert. Im Prozess der Erstellung des 4D-Modells erfolgt aber eine implizite Prüfung der zugrundliegenden Daten, da diese vollständig sein müssen. Im Bereich der gemeinsamen Koordination werden durch die Visualisierung effizientere Abstimmungen möglich, die aus Sicht des Gesamtvorhabens Aufwände einsparen.

AwF 13	Logistikplanung
Kurzbeschreibung	Unterstützung der Planung und Kommunikation von Logistikabläufen (Baustelleinrichtung, der Baustelleninfrastruktur, Verkehrsphasen und der Verkehrsführung) auf Basis von 4D-Modellen.
Detaillierung	Für die Logistikplanung werden CAD-Systeme genutzt, in welche das BIM-Modell importiert und mit Elementen der Baustelleneinrichtung, Schalung & Rüstung etc. angereichert wird. Diese Modellelemente müssen in den Unternehmen, bzw. als generische Elemente auf Seiten der Planer, in Wiederverwendungsbibliotheken angelegt werden, damit der Aufwand reduziert wird. Auch stellt der Import des Bauwerksmodells aus dem Autorensystem des Planers oft eine Herausforderung für Bauunternehmen dar. Die Logistikplanung baut zudem auf den Ergebnissen der 4D-Modellierung auf. Durch die Verfügbarkeit terminierter Mengen aus diesen Anwendungsfällen liegt ein wichtiger Bestandteil für die Logistikplanung vor, der geplante Ressourceneinsatz von Baumaterialien bezogen auf das gesamte Projekt. Es müssen weitere logistische Anforderungen aufgenommen werden, die sich aus den temporären Zwischenständen der Projektausführung ergeben (z.B. Baustelleneinrichtung, Verkehrsführung). Die Logistikplanung erfolgt mit Unterstützung von Datenbanksystemen, die bereits existieren. Die Erstellung eines 4D-Modells würde bei der Analyse unterstützen.
Nutzen	Eine BIM-basierte Logistikplanung unterstützt die Durchgängigkeit der Datennutzung und reduziert Aufwände bei der Grundlagenermittlung. Der mögliche Einsatz graphischer Komponenten analog zum 4D-Modell hilft, komplexe Situationen einfach erfassbar zu machen und Entscheidungen zu treffen. Die Möglichkeit der Datenanalyse unter Beachtung einer aktuellen Planung kann helfen, logistische Konflikte (z.B. Platzmangel, beschränkte Anfahrtswege) zu identifizieren und frühzeitig zu lösen.
Status Quo	Bei den heute eingesetzten Systemen für die Planung von Logistikabläufen handelt es sich häufig um isolierte Programme. Zur effizienten Durchführung der Logistikplanung fehlen bislang Möglichkeiten für die Übernahme von Modellinformationen.
Implementierungsaufwand	Es sind Softwarelösungen zu schaffen, die eine BIM-gestützte Logistikplanung ermöglichen. Diese Systeme müssen AN-seitig eingeführt werden, verbunden mit entsprechenden Schulungen. Für den AG ergibt sich kein Implementierungsaufwand.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Das bestehende Bauwerksmodell muss ergänzt werden. Der Aufwand für diese Ergänzungen lässt sich durch das Vorhandensein von Bibliothekselementen zur Baustelleneinrichtung etc. reduzieren. Durch die Wiederverwendung von strukturierten Informationen liegen Eingangsdaten für die Logistikplanung vor, wodurch Effizienzgewinne realisiert werden können.

AwF 14	Erstellung von Ausführungsplänen
Kurzbeschreibung	Ableitung der wesentlichen Teile der Ausführungspläne bis zu einem festzulegenden Maßstab aus dem Modell.
Detaillierung	Auf Basis des Planungsmodells wird ein Produktionsmodell entwickelt, das die Belange der technischen und wirtschaftlichen Ausführung des Bauvorhabens vollständig berücksichtigt. In diesem Modell werden die Ausführungsplanungen der Fachgewerke integriert. Die Ableitung der Ausführungspläne wird abhängig von der Vergabestrategie von den beteiligten Fachplanern oder von den bauausführenden Unternehmen verantwortet. Für die Planerstellung werden im 3D-Modell Projektionen bzw. Schnitte erstellt, die in einer 2D-Ansicht in der Software z.B. für einen Grundrissplan oder einen Schnitt genutzt werden. Diese Ansichten werden dann mit 2D-Informationen wie Maßketten oder Beschreibungen, sowie Plankopf und Planrahmen ergänzt und als Plan gespeichert. Für detailliertere Pläne, die größere Projektausschnitte darstellen, z.B. Schnittdarstellungen im Maßstab 1:20 werden zusätzlich 2D-Elemente für eine Detaillierung ergänzt, die im Modell nicht enthalten sind. Im BIM-Prozess werden die Informationen im Modell gespeichert, um auf diese bei der Planerstellung zurückzugreifen, im Gegensatz zur 2D-Planung, bei der die Informationen vom Planbearbeiter gepflegt werden müssen.
Nutzen	Der AwF dient unmittelbar dem übergeordneten Ziel der Erhöhung der Qualität der Planung und trägt damit zur Erhöhung der Termin- und Kostensicherheit bei. Die Ableitung der Planunterlagen aus BIM-Modellen verringert die Fehleranfälligkeit und den Koordinationsaufwand für die Erstellung von Schnitten und Ansichten, da eine einheitliche Quelle genutzt wird. Damit verringern sich Unstimmigkeiten, die bei Nichterkennen zu erheblichen Kosten und Terminverzögerungen in der Bauausführung führen können.
Status Quo	Das Ableiten der Ausführungspläne aus dem Modell ist bereits zum jetzigen Zeitpunkt im Regelfall gut möglich und wird in nahezu allen BIM-Projekten umgesetzt. Bei komplexeren Geometrien kommt es mitunter noch zu Problemen in der Zeichnungsgenerierung, die aber bis 2020 überwunden sein sollten.
Implementierungsaufwand	Die aus BIM-Modellen abgeleiteten Pläne entsprechen zum Teil nicht vollständig den heute geltenden Richtlinien zur Darstellung von Planunterlagen. Daher ist zu prüfen, ob eine Abweichungsbefugnis eingeräumt werden kann oder eine Anpassung der entsprechenden Richtlinien erforderlich ist. Für den AG ergeben sich insofern Änderungen, dass Vorgaben zur Übergabe elektronischer Zeichnungen (z.B. Layervorgaben) außer Kraft gesetzt werden können, da sie beim modellgestützten Arbeiten keine Bedeutung mehr haben.

AwF 14	Erstellung von Ausführungsplänen
Mehr- und Minder-aufwände in der Projektbearbeitung	Insgesamt ist ein reduzierter Aufwand durch den Einsatz einer einheitlichen Quelle zur Erstellung der Ausführungspläne zu erwarten. Dies gilt insbesondere bei auftretenden Planungsänderungen, die bei der konventionellen Arbeitsweise ein aufwändiges und fehleranfälliges manuelles Nachführen aller betroffenen Zeichnungen notwendig machen. Für die Aufwandsbetrachtung wichtig ist die Vereinbarung eines sinnvollen Detaillierungsgrades, die aus den Modellen generiert werden soll. Die Erstellung von Detailplänen aus Modellen wäre mit einem erhöhten Aufwand verbunden. Da der Einsatz von Standarddetails übliche Praxis ist, sollte dies jedoch auch im Rahmen der Anwendung von BIM berücksichtigt werden.

AwF 15	Baufortschrittskontrolle
Kurzbeschreibung	Nutzung des Modells für die terminliche Baufortschrittskontrolle als Grundlage des Projekt-Controllings.
Detaillierung	Auf Grundlage des terminlichen Soll-Zustands, welcher modellbasiert im 4D-Bauablaufmodell (vgl. AwF 12) abgebildet wird, werden in der Bauausführung die tatsächlichen Ist-Termine der Fertigstellung der Bauabschnitte bzw. Bauelemente eingetragen. Aus der Differenz der Termine können Abweichungen farblich im Modell dargestellt werden. Diese Differenzen müssen sich zwar nicht zwangsläufig auf den Endtermin auswirken, stellen aber dennoch einen Indikator für instabile Prozesse dar. Daher sollte ihnen im Rahmen des Termincontrollings entsprechende Aufmerksamkeit zuteil werden. Das Konzept der Soll-/Ist-Terminverfolgung lässt sich auch ohne zusätzlichen technischen Aufwand auf wichtige Liefervorgänge, wie z.B. Fertigteil- oder Stahlbauteile, ausweiten.
Nutzen	Ein wesentlicher Nutzen der Integration der Ist-Termine in das 4D-Modell zum Zwecke der Baufortschrittskontrolle ist die schnelle Analyse von Bereichen mit unzureichender Leistung. Diese frühe Identifikation befördert eine rechtzeitige Entscheidung für Gegenmaßnahmen und reduziert damit Terminüberschreitungen.
Status Quo	Die Nutzung des Modells für die terminliche Baufortschrittskontrolle stellt zwar technisch kein Problem dar. Sie wird dennoch heute nur zum Teil, etwa in Form von Visualisierungen der Soll- und Ist-Darstellungen der geleisteten Arbeiten auf Basis eines 4D-Modells, umgesetzt. Die Schwierigkeit besteht darin, den Baufortschritt im Modell (also objektorientiert) zufriedenstellend bewerten bzw. abbilden zu können. Teilleistungen müssten eindeutig am referenzierten Objekt verortet werden. Das wird bislang vertraglich oft nicht so vereinbart.
Implementierungsaufwand	Technisch erfordert dieser Anwendungsfall auf AN-Seite eine 4D-Software, die eine zusätzliche Erfassung der Ist-Termine sowie die Einfärbung von Bauteilen auf Basis von Rechenregeln ermöglicht. Solche Programme sind am Markt erhältlich. Es ist die Einführung von Softwareprodukten für die 4D-Modellierung und die Schulung der Mitarbeiter notwendig. Für den AG genügt auch hier ein entsprechender Viewer. Der organisatorische Aufwand ist jedoch im hohen Maße von der Detaillierung und Frequenz der Baufortschrittskontrolle abhängig. Daher sind AG-seitig Prozesse und Vorgehensweisen für die modellgestützte Baufortschrittskontrolle festzulegen. Dies betrifft die Frequenz der Fortschrittsmeldung ebenso wie das Vorgehen bei strittigen Fragen der Verzögerungsursachen.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Eine fortlaufende modellbasierte Baufortschrittskontrolle stellt für den AN und auch für den AG einen beherrschbaren Mehraufwand dar. Das Modell ist für den AwF gemäß der Terminplanstruktur durch Bildung von Bauabschnitten vorzubereiten und entsprechend dem tatsächlichen Baufortschritt zu aktualisieren (Soll-Ist-Abgleich). Auf der anderen Seite können bei entsprechender Detaillierung auf Seite des AN Abstreichpläne entfallen. Auf Seiten des AG kann der Aufwand zur Baufortschrittsbeschreibung deutlich vereinfacht und besser veranschaulicht werden. Bei entsprechender Strukturierung kann die Baufortschrittskontrolle auch als Grundlage für den AwF „Modellbasierte Abrechnung“ dienen.

AwF 16	Änderungsmanagement bei Planungsänderungen
Beschreibung	Nutzung des Modells zur Dokumentation, Nachverfolgung und Freigabe von Planungsänderungen während der Bauausführung.
Detaillierung	Im Zuge der Bauausführung können Planungsänderungen auftreten, die hinsichtlich Umfang und Veranlasser sowie erfolgter Umsetzung dokumentiert werden müssen. Im Anwendungsfall werden Kommunikationslösungen genutzt, die den Projektbeteiligten erlauben, mit modellbasierten Klärungs- bzw. Änderungsanfragen einen dokumentierten Lösungsprozess anzustoßen. Wird eine Änderung weiterverfolgt, werden auch die Ergebnisse der Bearbeitung mit der Änderungsanfrage verknüpft.
Nutzen	Das BIM-gestützte Änderungsmanagement erlaubt eine durchgängige Nachverfolgung und Dokumentation von Projektänderungen. Damit wird sichergestellt, dass Änderungen an alle Beteiligten kommuniziert und von diesen umgesetzt wurden. Auch wird die Ursache für die Notwendigkeit von Änderungen und deren (ggf. finanziellen) Auswirkungen festgehalten. Die doppelte Bearbeitung von einzelnen Themen wird vermieden – insbesondere bei großen Projekten.
Status Quo	Das BIM-gestützte Änderungsmanagement kann bereits heute bei Einsatz geeigneter technischer Lösungen technisch einwandfrei realisiert werden. Bislang wurde dieser AwF nur in wenigen BIM-Projekten konsequent umgesetzt.
Implementierungsaufwand	Es sind Prozesse und Vorgehensweisen festzulegen und geeignete Softwaresysteme (gemeinsame Datenumgebung) mit Unterstützung für die Nachverfolgung von Änderungen einzuführen. Zur effizienten Nutzung dieser Systeme sind Schulungen erforderlich.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Eine Digitalisierung des Änderungsprozesses wird Aufwände für die Beteiligten vermindern, da die Einbindung von 3D-Modellen eine strukturierte Dokumentationsgrundlage bildet. Der Inhalt der Anfragen wird sich im Wesentlichen nicht ändern.

AwF 17	Abrechnung von Bauleistungen
Beschreibung	Nutzung von BIM-Modellen für die regelmäßige Dokumentation und die Abrechnung von Bauleistungen, d.h. für das Stellen von Abschlagsrechnungen und der Schlussrechnung.
Detaillierung	Die Abrechnung von Bauleistungen mithilfe der Formate REB DA11 und GAEB erfolgt derzeit auf rein alphanumerischer Basis. Da Auftraggeber und Auftragnehmer dabei eine meist manuell erstellte Tabelle der Aufmaße austauschen, ist eine Nachvollziehbarkeit der Mengen nur bedingt gegeben. Daher ist eine abgestimmte Verwendung von BIM-Modellen mit entsprechenden Verknüpfungen zu GAEB- und REB-Positionen wünschenswert. Die DIN SPEC 91350 erlaubt die digitale Verknüpfung zwischen Leistungsaustausch (z.B. GAEB), Aufmaßen (z.B. REB) und Objektmodellen (z.B. ISO 16793). Die Norm ist offen für die Anwendung im Infrastrukturbau, z.B. in Verbindung mit dem jeweiligen Standardleistungskatalog für Straßen-, Brücken- bzw. Wasserbau und OKSTRA. Die VDI 2552-3 erläutert die BIM-Verfahren zur Kosten- und Terminplanung sowie zur Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung. Der Umgang mit Mehr- und Mindermengen erfolgt analog zur herkömmlichen Arbeitsweise. Die BIM-gestützte Baufortschrittskontrolle kann eine Grundlage für die Umsetzung dieses AwF bilden.
Nutzen	Der Nutzen der BIM-Methodik für die Abrechnung ergibt sich aus der erheblichen Vereinfachung der Prüfverfahren für den Auftraggeber sowie der Verwendung derselben Daten ohne Medienbrüche. Durch die schnellere Prüfung wird der Zahlungsfluss für den Auftragnehmer berechenbarer. Die Mengen des Planungsmodells VA-Mengen dienen dabei zur Prüfung der Ausschreibung und als Basis der Kalkulation. Bei Auftragsvergabe erstellt der AN im Rahmen der Arbeitsvorbereitung ein detaillierteres Modell unter Berücksichtigung der Bauablaufplanung und der Anforderungen an die Modelle für die Maschinensteuerung. Dieses Modell kann auch die Mengen für Abschlagsrechnungen liefern. Für Abschläge können teilweise fertiggestellte Objekte mit einem Faktor belegt werden. Im optimalen Fall werden Änderungen in der Realität während der Bauausführung in einem Wie-Gebaut-Modell abgebildet. Moderne Maschinensteuerungen und Baustellen-Systeme sind dazu in der Lage. Werden solche Verfahren eingesetzt, können die Zwischenstände des Wie-Gebaut-Modells auch zur Abrechnung (Abschlagszahlung) genutzt werden. Der Endzustand des Wie-Gebaut–Modells dient der Bestandsdokumentation und zur Aufstellung der Schlussrechnung. Nach Abschluss der Baumaßnahme besteht mit geeigneter Vermessungs-Software zusätzlich die Möglichkeit, das Modell mit der Wirklichkeit zu vergleichen. Für die elektronische Prüfung der Mengenermittlung sind die etablierten Verfahren der REB (VB 23.003 und VB 22.013) weiterhin gut geeignet. Mengenänderungen lassen sich durch Vergleich zwischen Planungs- und Wie-Gebaut-Modell leicht nachverfolgen, wenn die Objekte einen Schlüssel enthalten, der bei fachlich identischen Körpern in beiden Modellen gleich ist. Neue oder entfallene Körper lassen sich auf diese Weise ebenso leicht identifizieren.

AwF 17	Abrechnung von Bauleistungen
Status Quo	Bauleistungen werden bereits heute zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern digital abgeglichen und abgerechnet. Dabei werden mit den bestehenden Schnittstellen wie REB und GAEB jedoch rein alphanumerische Daten ausgetauscht. Um die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der abgerechneten Mengen zu erhöhen, muss eine Verknüpfung mit dem BIM-Modell geschaffen werden. Eine BIM-gestützte Abrechnung wird derzeit in verschiedenen BIM-Pilotvorhaben erprobt.
Implementierungsaufwand	Der AG muss in den AIA die für die Abrechnung benötigten Modelldaten definieren. Hierfür müssen allgemein gültige Richtlinien erarbeitet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Anforderung an den Grad der Informationstiefe nicht das notwendige Maß für eine angemessene und nachvollziehbare Leistungsermittlung bzw. Rechnungsprüfung überschreitet. Dabei sind die VOB Teil C und die zusätzlichen Vertragsbedingungen ZVB/E-StB 2014 zu berücksichtigen oder Ausnahmeklauseln zu definieren. Analog der DIN SPEC 91400 für die Verknüpfung von Leistungen und Modellen im Hochbau ist eine standardisierte Möglichkeit zur Verknüpfung eines Modells des Tiefbaus mit Positionen der Standardleistungskataloge im Straßen-, Brücken- und Wasserbau zu entwickeln. Es sind von Seiten der Auftraggeber Erweiterungen der vorhandenen Prüfprogramme in Auftrag zu geben, die neben der Richtigkeit der vorhandenen Teilformate auch die korrekte Verknüpfung zum Objektmodell darstellen können. Die bereits vorhandenen digitalen Verfahren bei den Auftragnehmern sind den erweiterten Vorgaben der Auftraggeber anzupassen.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Wenn Auftraggeber, Planer und Auftragnehmer mit denselben Datenmodellen im Planungsprozess bis zur Abrechnung arbeiten können, reduziert sich der Aufwand der Datenbearbeitung durch Vermeidung von wiederholten Eingaben erheblich. Langfristig ergeben sich weitere Ersparnisse durch die Verwendung von Daten aus den Baumaschinen und automatischen Aufmaß-Systemen. Koordinierungen zwischen den Beteiligten werden durch die bessere Visualisierung und automatische Konflikterkennung erheblich beschleunigt. Die Prüfung mit den angepassten Prüfprogrammen wird deutlich weniger Zeit in Anspruch nehmen.

AwF 18	Mängelmanagement
Beschreibung	Nutzung des Modells zur Verortung und Dokumentation von Ausführungsmängeln und deren Behebung sowie von Klärpunkten. Über den Orts- und Vorgangsbezug lassen sich auch Fotografien strukturierter speichern und abrufen.
Detaillierung	Für die Mängelerfassung dienen Bauwerksstruktur und Elemente aus dem BIM-Modell als Grundlage. Mängel werden entsprechend dieser Strukturierung erfasst und dokumentiert. Die technische Grundlage bildet eine geeignete Plattform mit Anbindung von Mobilgeräten. Dadurch lassen sich Mängel direkt vor Ort erfassen, dokumentieren, zur Beseitigung zuteilen und nachverfolgen.
Nutzen	Für den AN reduziert die workfloworientierte Form der Mängelerfassung im Vergleich zu dokumentenorientierten, manuellen Mängelverwaltungsprozessen den Verwaltungsaufwand der Daten signifikant. Durch Einbeziehen weiterer Bearbeitungsschritte wie den Versand der Information an beteiligte Unternehmen können Administrationsaufwände reduziert und Prozesse beschleunigt werden. Dasselbe gilt auch für die Qualitätssicherungsprozesse des AG. Die Erfassung der Daten in einem System vereinfacht die übergreifende Auswertung vorhandener Mängel, erlaubt die räumliche Verortung und die Analyse des Fortschritts der Abarbeitung.
Status Quo	Dieser Anwendungsfall lässt sich aus technischer Sicht bereits zum jetzigen Zeitpunkt umsetzen und wird in verschiedenen BIM-Pilotvorhaben praktiziert.
Implementierungsaufwand	Es sind Prozesse und Vorgehensweisen (wer darf welche Mängel erfassen, den Status ändern etc.) festzulegen und geeignete Softwaresysteme einzuführen. Zur effizienten Nutzung dieser Systeme sind Schulungen erforderlich. In der Übergangszeit ist es für Vor-Ort-Kontrollen sinnvoll, Tablet-Computer zur Mängelerfassung mit entsprechender Mobilfunkanbindung bereitzustellen.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Im Vergleich zur konventionellen Aufnahme von Mängeln wird keine Veränderung der Aufwände der Aufnahme erwartet, im nachgelagerten Datenmanagement ergeben sich aber signifikant reduzierte Aufwände. Für die Vorhabensträger ergeben sich keine zusätzlichen Aufwände im Prozess. Der Schulungsaufwand für die Nutzung von Werkzeugen zur Bewertung des Mängelmanagements wird als gering eingeschätzt.

AwF 19	Bauwerksdokumentation
Beschreibung	Im Zuge des Abschlusses der Baumaßnahme wird ein Wie-Gebaut-Modell erstellt. Es beinhaltet detaillierte Informationen zur Ausführung, zu den verwendeten Materialien und Produkten sowie ggf. Verweise auf Prüfprotokolle und weitere Dokumente. Man spricht in diesem Fall auch von der „Digitalen Bauwerksakte“.
Detaillierung	Die Erstellung einer Bauwerksdokumentation (z.B. verbaute Produkte, Beschreibungen und Prüfprotokolle) ist aktuell mit großem Aufwand verbunden. Informationen, die über den Projektverlauf entstehen, werden zu Projektende wieder zusammengeführt und üblicherweise in einer dateibasierten Form übergeben. Bei der BIM-gestützten Bauwerksdokumentation werden Wie-Gebaut-Modelle erstellt und die wesentlichen Dokumente mit Modellelementen verknüpft, um die Auffindbarkeit von Informationen zu verbessern. Dabei kann das Modell der Ausführungsplanung als Grundlage dienen, es wird aber bei größeren Abweichungen aktualisiert (geometrisch und attributiv) bzw. um zusätzliche Objekte (verlorene Schalung etc.) ergänzt.
Nutzen	Durch die Nutzung eines BIM-Modells als Grundlage der Dokumentation sowie die Integration von Bauwerksmodell und Dokumenten erhöhen sich die Zugreifbarkeit und Weiterverarbeitbarkeit der Daten eines Bauwerks. Dem AG wird eine an die Bauwerksstruktur angelehnte Dokumentation bereitgestellt, die im Weiteren als Datengrundlage für Systeme des Bauwerksbetriebs herangezogen werden kann.
Status Quo	Die Umsetzung dieses Anwendungsfalles ist technisch machbar, wird in der Praxis aber oft noch nicht realisiert, da der Aufwand als zu hoch angesehen wird und eine Weiterverwendbarkeit der Informationen noch nicht gegeben ist.
Implementierungsaufwand	Für eine tiefgreifende Weiterverwendbarkeit des Modells und der verknüpften Dokumente müssen Vorgaben und Richtlinien für die digitale Bauwerksakte festgelegt werden. Die Vorgaben sollten die Lieferung von Teilen der Dokumentation im Projektverlauf berücksichtigen, damit Daten kontinuierlich strukturiert von den Erstellern gesammelt werden. Zudem ist die Festlegung von geeigneten Container-Formaten für die gekoppelte Datenübergabe von Modellen und Dokumenten erforderlich. Wichtig sind auch Festlegungen in Bezug darauf, welche Anforderungen an das Wie-Gebaut-Modell im Vergleich mit dem Modell der Ausführungsplanung vorliegen und welche Daten nicht erforderlich sind. Es ist festzulegen, ab wann es bei geometrischen Abweichungen der Bauausführung nachzuführen ist (Toleranzen). Zusätzlich ist die Bereitstellung und Konfiguration eines Systems zur integrierten Darstellung von Modellen und Dokumenten notwendig. Der Schulungsaufwand für die Nutzung von Werkzeugen zur Betrachtung der Wie-Gebaut-Modelle wird als eher gering eingeschätzt.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Die Erstellung eines Wie-Gebaut-Modells ist mit einem zusätzlichen Aufwand für den AN verbunden, dessen Umfang abhängig von den vorgelagerten BIM-Prozessen ist. Durch kontinuierliche Fortschreibung des Modells während der Bauausführung können sich Synergieeffekte ergeben, die den Aufwand zur Modellerstellung entsprechend reduzieren. Der Aufwand des AN ergibt sich durch die Anforderung einer besonders strukturierten Ablage von Dokumenten, der Erzeugung bzw. dem Anpassen des Modells sowie der Verknüpfung von Dokumenten mit Bauteilen des Modells. Für den AG ergibt sich die Notwendigkeit der Prüfung des empfangenen Modells.

AwF 20	Nutzung für Betrieb und Erhaltung
Beschreibung	Übernahme von Daten aus dem Bestandsmodell in entsprechende Systeme für das Erhaltungsmanagement, Darstellung und ggf. Bewertung des Bauwerkszustandes im Modell durch verortete Bauwerksschäden, bzw. Angaben zu Details von durchgeführten Zustandserfassungen. Nachführen des Modells im Fall von Instandsetzungsmaßnahmen.
Detaillierung	Auf Basis der vorliegenden Struktur der Projektausführung wird das Erhaltungsmanagement aufgesetzt und erlaubt den Zugriff auf relevante, bereits vorhandene Daten. Der Anwendungsfall sieht vor, die im Zuge von Inspektionen erhaltenen Informationen zum Zustand eines Bauwerks einschließlich der ggf. identifizierten Schädigungen in einem BIM-Modell zu hinterlegen und auf dieser Basis den Bauwerkszustand zu bewerten und ggf. entsprechende Instandsetzungsmaßnahmen zu planen. Zur Unterstützung von Inspektionen ist die Visualisierung des Modells vor Ort sowie die Möglichkeit des Verknüpfens des Modells mit Fotografien und Notizen erforderlich.
Nutzen	Durch die Nutzung eines Modells wird die Zustandsbewertung objektiver, transparenter und nachvollziehbarer. Die Erfassung der Daten in der Struktur des Planungs- und Ausführungsprozesses erlaubt dem Nutzer auch den einfachen Zugang zu relevanten Daten der Bauwerksdokumentation. Weiter unterstützt eine übergreifend, strukturierte Darstellung der Informationen ein übergeordnetes Berichtswesen.
Status Quo	Ein Softwaresystem zur Nutzung von digitalen Bauwerksmodellen als Grundlage für das Erhaltungsmanagement existiert zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht. Es ist aber davon auszugehen, dass bis 2020 Lösungen entwickelt werden, die eine Umsetzung dieses Anwendungsfalles effizient ermöglichen.
Implementierungsaufwand	Der initiale Aufwand für die Erweiterung der vorhandenen Systeme bzw. Schaffung neuere Softwaresysteme für das BIM-gestützte Erhaltungsmanagement ist als hoch anzusetzen. Hier empfiehlt es sich, die Anstrengungen zu bündeln und eine deutschlandweit einsetzbare Lösung zu entwickeln. Zudem ergibt sich ein signifikanter Schulungs- und Betreuungsaufwand für den Kreis der Anwender auf Betreiberseite.
Mehr- und Minderaufwände in der Projektbearbeitung	Für die gesamte Lebensdauer wird durch die strukturierte Datenübernahme, Auffindbarkeit von Informationen und die digitalisierte Datenerfassung im Betrieb eine hohe Effizienzsteigerung erwartet.

Anhang B: Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AIA	Auftraggeber-Informations-Anforderungen
AN	Auftragnehmer
AP	Arbeitspaket im Rahmen der wissensch. Begleitung der BIM Pilotprojekte zur Umsetzung des BIM-Stufenplans
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
AwF	Anwendungsfall
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BCF	Engl. BIM-Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BIM-BVB	Besondere Vertragsbedingungen BIM
BL	Besondere Leistungen gemäß HOAI
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CAD	Engl. Computer-Aided Design – computergestütztes Konstruieren
CDE	Engl. Common Data Environment –
	Gemeinsame Datenumgebung
DA11	Datenart 11
DIN	Deutsches Institut für Normung
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FStrAbG	Gesetz über den Ausbau der Bundesfernstraßen
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen
GIS	Geoinformationssystem
GL	Grundleistungen gemäß HOAI
GML	Engl. Geographic Modeling Language – Auszeichnungssprache zum Austausch raumbezogener Objekte
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	Internationale Organisation für Normung
LB	Leistungsbereiche
LOD	Engl. Level of Development – Ausarbeitungsgrad
LOG	Engl. Level of Geometry, Definition des geometrischen Detaillierungsgrades
LOI	Engl. Level of Information, Definition des alphanumerischen Detaillierungsgrades
Lph	Leistungsphase nach HOAI
LV	Leistungsverzeichnis
MVD	Engl. Model View Definition
mvdXML	Eine formale, computerinterpretierbare Spezifikation und Datei, in der Prüfregeln zur Überprüfung der Vollständigkeit einer Datenübergabe festgelegt werden können
OKSTRA	Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen
RE (o. RI)	Richtlinie
REB	Regeln für die Elektronische Bauabrechnung
SiGeKo	Sicherheits- und Gesundheitskoordinator
SBV	Straßenbauverwaltung
VB	Etablierte Verfahren der REB für die elektronische Prüfung der Mengenermittlung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VT	Vorhabenträger
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
ZVB	Zusätzliche Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen im Straßen- und Brückenbau