

MASTERARBEIT

MODELLBASIERTE WOCHENPLANUNG IN KOMBINATION MIT BIM ANHAND EINES WOHNBAUPROJEKTES

Muja Gjin

Vorgelegt
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Mitbetreuender
Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Klaus Kummer

Graz am 27. August 2018

Gjin Muja, BSc

MODELLBASIERTE WOCHENPLANUNG IN KOMBINATION MIT BIM ANHAND EINES WOHNBAUPROJEKTES

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen – Bauingenieurwissenschaften

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Klaus Kummer

Graz, August 2018

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,
.....
date (signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen. Für die Betreuung, ihr Engagement und ihre Unterstützung bedanke ich mich bei Herrn Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler und Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Klaus Kummer. Ihre Bürotüren waren immer offen für mich. Ein weiterer Dank gilt der Firma STRABAG allgemein und besonders Herrn Dipl. Ing. Johannes Kals, der mir die Möglichkeit geboten hat mich mit so einem spannenden Thema zu befassen. Außerdem danke ich Herrn Dipl. Ing. Michael Schütz für seine laufende Unterstützung. Ich möchte mich bei meinen Freunden aus dem Wasserbauzeichensaal für die unvergesslichen Momente, die wir gemeinsam erlebt haben bedanken. Diese Zeiten werden mir immer in Erinnerung bleiben. Den größten Dank verdient meine Mutter Lumturije und mein Vater Enver für Ihre Liebe, Geduld und Fürsorge und, dass Sie immer die Bedürfnisse Ihrer Kinder über Ihre eigenen gestellt haben. Abschließend möchte ich meinem Bruder Gramos und meiner Verlobten Jeta danken, ohne die das alles nicht möglich gewesen wäre. Danke für die ständige Ermutigung im Laufe der Jahre und für eure Liebe, Freundschaft und Hilfe. Ich kann mir keine anderen Menschen vorstellen, mit denen ich diese Zeit lieber geteilt hätte.

Gjin Muja

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studierenden)

Kurzfassung

Das Akronym *BIM* steht für „Building Information Modeling“ und umfasst den modernen Planungsprozess, welcher die gemeinsame Gestaltung eines Gebäudes unter Verwendung eines kohärenten Systems von Computermodellen ermöglicht.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine systematische Betrachtung der BIM Technologie. Von der Genese bis zur Progression in den Status Quo wird diese Technologie samt ihren Möglichkeiten beschrieben.

Die „Modellbasierte Wochenplanung“ stellt eine Form der Arbeitsplanung dar, die ein 3D BIM-Modell nutzt, um die notwendigen Bauzeitpläne für eine Baustelle in der Rohbauphase zu generieren. Ziel dieser Arbeit ist die Beschreibung der Implementierung der „Modellbasierten Wochenplanung“. Eine Situationsanalyse der Arbeitsweise der Firma „STRABAG“ während eines Hochbauprojektes in der Rohbauphase wurde durchgeführt, um das Zusammenspiel zwischen Kalkulation, Terminplanung, BIM-Modellierung, Controlling und Wissensarbeit darzustellen. Ein besonderes Merkmal wurde auf das Einbinden der modellbasierten Wochenplanung im täglichen Baubetrieb gelegt.

Abschließend wurden Möglichkeiten untersucht, wie der Nutzen von BIM erweitert werden kann. Dabei wurden neue Produkte, Systeme und Technologien untersucht wie z.B.: die Integration von digitalen Bautagesberichten, der Einsatz von Schalungssystemen die die Ausschalzeiten automatisch Bekanntgeben bis hin zur Anwendung von künstlicher Intelligenz und maschinelles Lernen.

Abstract

The acronym BIM stands for „Building Information Modeling“ which consists of the modern planning process, that allows the building to be designed using a coherent system of computer modeling.

This thesis includes a holistic view of BIM technology. From the genesis to the progression into the status quo, this technology and its possibilities are described.

The „Model-Based Weekly Planning“ is a form of work planning that uses a 3D BIM model to generate the necessary construction timetables for a construction site during the shell construction phase. The aim of this work is to describe the implementation of the „Model-Based Weekly Planning“. A situation analysis of the

operation that the company „STRABAG“ was implementing during a construction project in the shell construction phase was carried out to illustrate the interaction between calculation, scheduling, BIM modeling, controlling and knowledge work. A special feature was laid on the incorporation of the model-based weekly planning in daily construction drives.

Finally, ways in which the benefits of BIM can be extended were explored. New products, systems and technologies were investigated such as: the incorporation of digital construction daily reports, the use of formwork systems that automatically announce the stripping times as well as application that implements artificial intelligence and machine learning.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Situationsanalyse	1
1.2	Zielformulierung.....	2
1.3	Methodische Vorgehensweise	3
1.4	Gliederung der Arbeit.....	4
2	Systems Engineering	6
2.1	SE-Philosophie.....	6
2.1.1	Systemdenken	7
2.1.2	Vorgehensmodell	7
2.2	Problemlösungsprozess	9
2.2.1	Systemgestaltung.....	9
2.2.2	Projektmanagement	9
3	Digitalisierung der Bauwirtschaft – Definition, Entwicklung und Anwendung	10
3.1	Digitalisierung.....	10
3.1.1	Einstellung österreichischer Unternehmer zur Bedeutung der Digitalisierung	17
3.1.2	Substituierbarkeit von Berufen im Bauwesen	20
3.1.3	Vision digitale Bauwirtschaft.....	22
3.1.4	Chancen und Risiken der Digitalisierung	25
3.2	Entwicklung von BIM	28
3.3	Anwendung von BIM.....	28
3.4	Normung.....	30
3.4.1	Österreichische Normungsgrundlage für BIM	30
3.4.2	BIM Normung – EU und International	31
3.5	Dimensionen von BIM.....	32
3.5.1	3D-BIM.....	32
3.5.2	4D-BIM.....	32
3.5.3	5D-BIM.....	32
3.5.4	6D-BIM.....	32
3.5.5	7D-BIM.....	33
3.5.6	8D-BIM.....	33
3.5.7	9D-BIM.....	33
3.6	Strategien von BIM	34
3.6.1	Closed BIM	34
3.6.2	Open BIM.....	34
3.6.3	Little BIM.....	35
3.6.4	Big BIM	35
3.7	Ergänzende Technologien zum BIM	35
3.7.1	Augmented Reality – AR (erweiterte Realität).....	35
3.7.2	Virtual Reality – VR (virtuelle Realität).....	36
3.7.3	Merged Reality – MR (überlagerten Realität).....	36
3.8	Nutzen von BIM.....	37
3.9	Die digitale Bauindustrie – Roadmap	39
3.9.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen zufolge der Digitalisierung im Bauwesen	40
3.9.2	Kompatibilität von Softwareprogrammen	42
3.9.3	AVVA – Ausschreibung, Vergabe, Vertrag und Abrechnung.....	43
3.9.4	Veränderungen im Unternehmen zufolge der Digitalisierung	44

3.9.5	Digitalisierung – Forschung und Entwicklung	44
3.9.6	Digitalisierung des Baubetriebs – Digitale Baustelle	47
3.9.7	Zeitschiene Richtung digitale Bauindustrie	49
4	Bauvorhaben „Winkler Park“	53
4.1	Kennzahlen und ihre Bedeutung für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft	56
4.1.1	Kennzahlen des Bauvorhabens „Winkler Park“	56
4.1.2	Ermittlung der prozentuellen Vorhaltemenge in Bezug auf die Bauzeit	59
4.2	Projektorganisation	60
4.2.1	Leitung	60
4.2.2	Baustelleneinrichtung	61
4.2.3	Bauablaufplanung	63
5	Derzeitige Arbeitsweise	67
5.1	Informationsfluss	69
5.1.1	Kalkulation	69
5.1.2	Terminplanung	70
5.1.3	Erstellung des BIM-Modells	71
5.1.4	Modellbasierte Wochenplanung	74
5.1.5	Controlling im Baubetrieb	82
5.1.6	Wissensmanagement	84
6	Handlungsempfehlung	86
6.1	Kurzfristig	86
6.1.1	Digitaler Bautagesbericht	86
6.1.2	Automatische Bekanntgabe der Ausschalzeiten	91
6.2	Mittelfristig	92
6.2.1	Semiautomatische bis automatische Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation	92
6.2.2	Integration von BIM mit Simulationen der Ausführungsprozesse für die Unterstützung der Terminplanung	95
6.3	Langfristig – Mögliche zukünftige Einsatzmöglichkeiten von BIM	100
6.3.1	Chancen- und Risikoanalyse	100
6.3.2	Trendanalyse	102
6.3.3	Künstliche Intelligenz – Bauprojektmanagement, Terminplanung, algorithmische Optimierungen und maschinelles Lernen	103
7	Zusammenfassung	115
7.1	Resümee	115
7.2	Ausblick & Forschungsbedarf	121
A.1	Anhang	123
	Literaturverzeichnis	130

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Kombination der Produktionsfaktoren zur Erzielung der Gesamtproduktivität – Produktionswürfel.....	2
Bild 2: Muss-, Soll-, Kann- und Nicht-Ziele der Arbeit.....	3
Bild 3: Gliederung der Arbeit.....	5
Bild 4: Funktionsweise von Systems Engineering.....	6
Bild 5: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten des SE- Vorgehensmodells.....	8
Bild 6: Digital Economy and Society Index der EU.....	11
Bild 7: DESI 2017 – Betrachtungsfeld Österreich.....	12
Bild 8: Abhängigkeit zwischen Digitalisierungsindizes und BIP in der EU.....	13
Bild 9: Digital Roadmap Austria.....	16
Bild 10: Chancen des digitalen Wandels.....	19
Bild 11: Risiken des digitalen Wandels.....	19
Bild 12: Tätigkeitsbasierte Automatisierungsrisikogruppen (hoch, mittel, gering) und Ø Automatisierungswahrscheinlichkeit (AW) in Österreich.....	21
Bild 13: Lebenszyklus eines Bauvorhabens.....	23
Bild 14: VR, AR und MR.....	36
Bild 15: Schnitt aus einem BIM-Modell.....	37
Bild 16: Strömungsanalyse im BIM.....	38
Bild 17: Kollisionsüberprüfung zwischen Architektur- und Lüftungsmodell.....	39
Bild 18: Aufwandsverlagerung und Einfluss auf die Kostenentwicklung.....	39
Bild 19: Zeitschiene der Digitalisierung in der Bauindustrie.....	52
Bild 20: BIM Modell Winkler Park – STRABAG.....	53
Bild 21: Baustelleneinrichtungsplan – STRABAG.....	54
Bild 22: Arbeitskräfteverteilung (geplant – Soll) – STRABAG.....	54
Bild 23: Anlauf-, Haupt- und Auslaufphase (geplant – Soll) – STRABAG.....	55
Bild 24: Ermittlung der Vorhaltemenge (M-Schätzer).....	59
Bild 25: Demonstrative Aufgliederung der Projektorganisation.....	60
Bild 26: Organigramm.....	61
Bild 27: Verbesserungen durch Optimierung.....	64
Bild 28: Zeitlicher Kapazitätsverlauf einer Baustelle.....	65
Bild 29: Bauablaufplanung.....	66
Bild 30: Informationsfluss.....	68
Bild 31: Kalkulation.....	69
Bild 32: Terminplanung.....	70
Bild 33: Informationsfluss Kalkulation, Terminplanung und BIM.....	71
Bild 34: Erstellung eines BIM-Modells aus einem 2D Plan.....	72
Bild 35: STRABAG Elementkatalog – Wände.....	72
Bild 36: STRABAG Elementkatalog gesamt – Draufsicht.....	73

Bild 37: BIM Modellierung.....	74
Bild 38: Bauablauf.....	75
Bild 39: Schematische Darstellung der Modellbasierten Wochenplanung.....	76
Bild 40: Verknüpfung der ausgewählten Bauteile mit der neuen KW – RIB iTWO 5D.....	77
Bild 41: Liste der ausgewählten Bauteile mit deren LE- und VA-Mengen.....	78
Bild 42: Eingabe des Fertigstellungsgrades.....	79
Bild 43: RIB iTWO 5D – Legende.....	80
Bild 44: Ein fertiggestellter Wochenplan – Auszug aus der Software pro-CON.....	81
Bild 45: Aufgliederung der Controlling Tätigkeit.....	82
Bild 46: Controlling.....	83
Bild 47: Wissensarbeit.....	84
Bild 48: Schematische Darstellung der Inhalte des digitalen Bautagesberichtes....	90
Bild49: Schematische Darstellung – Automatische Bekanntgabe der Ausschalzeiten.....	92
Bild 50: Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation.....	93
Bild 51: Schematische Darstellung des Ablaufes des Automatisierten Soll-Ist- Vergleiches.....	94
Bild 52: Ausführungssimulation (Stroboscope).....	96
Bild 53: Dauerabschätzungsmodul (duration estimation interface (DEI)).....	98
Bild 54: Regelkreis für die Chancen- und Risikobewertung.....	101
Bild 55: Anatomie eines Trends.....	103
Bild 56: Matrix der geometrischen Komplexität, veränderbaren Parameternummern, Laufzeit, Leistung und Ergebnisse.....	106
Bild 57: SCMPS Module.....	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteile der tätigkeitsbasierten Automatisierungsrisikogruppen und durch durchschnittliche tätigkeitsbasierte Automatisierungswahrscheinlichkeit nach Wirtschaftszweigen (ISIC rev. 4) in Österreich 2012.....	21
Tabelle 2: Flächen und Rauminhalte.....	57
Tabelle 3: Kennzahlen für die Mengenermittlung.....	58

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AK	Arbeitskräfte
AN	Auftragnehmer
ASI	Austrian Standards Institute
ATMS	Assumption Based Truth Maintenance Systems
AW	Aufwandswerte
BIM	Siehe Building Information Model
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMVIT	Bauministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
BZ	Berichtszeitraum
DEI	Duration Estimation Interface
FIM	Facility-Management
GUID	Global Unit Identification
IFC	Siehe Industry Foundation Classes
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IoT	Internet der Dinge
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und Mittelständische Unternehmen
KW	Kalenderwoche
LE-Menge	Leistungsmenge
LV	Leistungsverzeichnis
NFC	Nahfeldkommunikation
PEB	Projekt Ergebnisbericht
PPH	Projektphase
RFID	radio-frequency identification
SaaS	Software as a Service
SCPMS	Smart Critical Path Method System-Software
SE	Systems Engineering
S _{F,D}	Schalungsfläche Decke
S _{F,WD}	Schalungsfläche Wände
Std-LV	Stundenleistungsverzeichnis, Stunden Leistungsverzeichnis
TMS	Truth Maintenance Systems
VA-Menge	Voraussichtliche Ausführungsmenge
V _{S,D}	Vorhaltemenge Deckenschalung
V _{S,WD}	Vorhaltemenge Wandschalung

1 Einleitung

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird in Zusammenarbeit mit der Firma STRABAG die Thematik der „Modellbasierten Wochenplanung“ behandelt. Dabei wurde das Bauvorhaben „Winkler Park“ mit dem Standort in Linz während der Rohbauphase analysiert. „Winkler Park“ stellt eines der ersten Hochbauprojekte der STRABAG dar, dass mit der intern entwickelten BIM-Methode ausgeführt wurde. Dabei wird im Allgemeinen das Bauvorhaben während der Rohbauphase und im Detail die Erzeugung des vom BIM abgeleiteten Wochenplans analysiert. Des Weiteren werden Verbesserungsmöglichkeiten erarbeitet und beschrieben werden.

1.1 Situationsanalyse

Die Erfassung der Daten wurde in Zusammenarbeit mit den Projektleitern/den Bauleitern und Technikern des Bauvorhabens „Winkler Park“ durchgeführt. Dabei kamen die Prinzipien von Systems Engineering zum Einsatz. Für eine detaillierte Beschreibung von Systems Engineering siehe Kapitel 2. Die Gliederung der Situationsanalyse wurde unter Berücksichtigung der elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren durchgeführt (siehe Bild 1). Mit Hilfe der elementaren und dispositiven Produktionsfaktoren wurden die im Verlauf aufgezählten Punkte erarbeitet, die im Kapitel 4 und 5 ausführlich behandelt werden.

- Leitung
- Baustelleneinrichtung
- Bauablaufplanung
- Terminplanung
- BIM-Building Integrated Modelling
- RIB iTWO 5D
- Wissensarbeit



Bild 1: Kombination der Produktionsfaktoren zur Erzielung der Gesamtproduktivität – Produktionswürfel¹

1.2 Zielformulierung

In der vorliegenden Masterarbeit wird die „Modellbasierte Wochenplanung“ behandelt. Dabei wird die Funktionsweise der „Modellbasierten Wochenplanung“ sowie die Implementierung beim Bauvorhaben „Winkler Park“ untersucht. Dabei wurden die wichtigsten rohbaurelevanten Kennzahlen erarbeitet.

Als Abschluss der Masterarbeit wurden Ansätze erarbeitet wie die „Modellbasierte Wochenplanung“ kurzfristig, mittelfristig und langfristig verbessert werden könnte.

¹ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 3

In Bild 2 sind die Ziele abgebildet, die mit dieser Masterarbeit verfolgt werden.

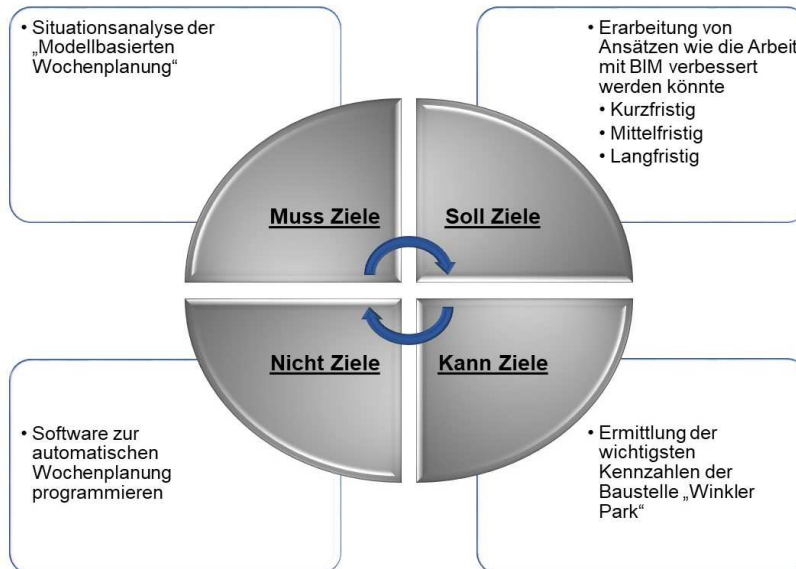


Bild 2: Muss-, Soll-, Kann- und Nicht-Ziele der Arbeit

1.3 Methodische Vorgehensweise

Um die nötigen Informationen zur Erstellung dieser Masterarbeit zu erhalten, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Diese bildet, indem sie den aktuellen Stand der Technik erfasst, die Grundlage, auf die der Autor seine Aussagen und Argumente aufbaut, Neues erarbeitet und von bereits vorhandenen Informationen unterscheidet. Ziele der Literaturrecherche sind:

- Einarbeiten in das Thema
- Abbilden des eigenen Wissensstandes
- Belege und Begründungen zu finden²

Zusätzlich ist die Systems Engineering Methode zum Einsatz gekommen. Unter Systems Engineering wird die Anwendung systemischen Denkens auf technische Problemstellungen verstanden.³ Eine genaue Beschreibung was Systems Engineering ist und wie es eingesetzt werden kann, ist im Kapitel 2 zu finden.

² Vgl. KACHE, M. et al.: Leitfaden Literaturrecherche. Leitfaden. S. 4-5

³ Vgl. IGENBERGS, E.: System Engineering: Interview mit Eduard Igenbergs . In: WINGbusiness, 03.2008. S. 9

1.4 Gliederung der Arbeit

Bild 3 dient der Veranschaulichung der Gliederung der Masterarbeit mit einer kurzen Beschreibung der jeweiligen Kapitel.

Nr.	Inhalt	Ziel
1	<p style="text-align: center;">Einleitung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Situationsanalyse <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Zielformulierung <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Methodische Vorgehensweise <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Gliederung der Arbeit 	Ziel und inhaltlicher Rahmen der Arbeit
2	<p style="text-align: center;">Systems Engineering</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">SE-Philosophie <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Problemlösungsprozess 	Beschreibung und Gliederung von Systems Engineering
3	<p style="text-align: center;">Digitalisierung der Bauwirtschaft – Definition, Entwicklung und Anwendung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Digitalisierung <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Entwicklung von BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Anwendung von BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Österreichische Normungsgrundlage für BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Dimensionen von BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Strategien von BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Ergänzende Technologien zum BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Nutzen von BIM <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Die digitale Bauindustrie – Roadmap 	Erläuterung der Thematik, der Fachbegriffe, der Regelungen und des Nutzens
4	<p style="text-align: center;">„Bauvorhaben Winkler Park“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Kennzahlen <li style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Projektorganisation 	Die wichtigsten Daten, Kennzahlen und Projektorganisationsinformationen des „Bauvorhabens Winkler Park“

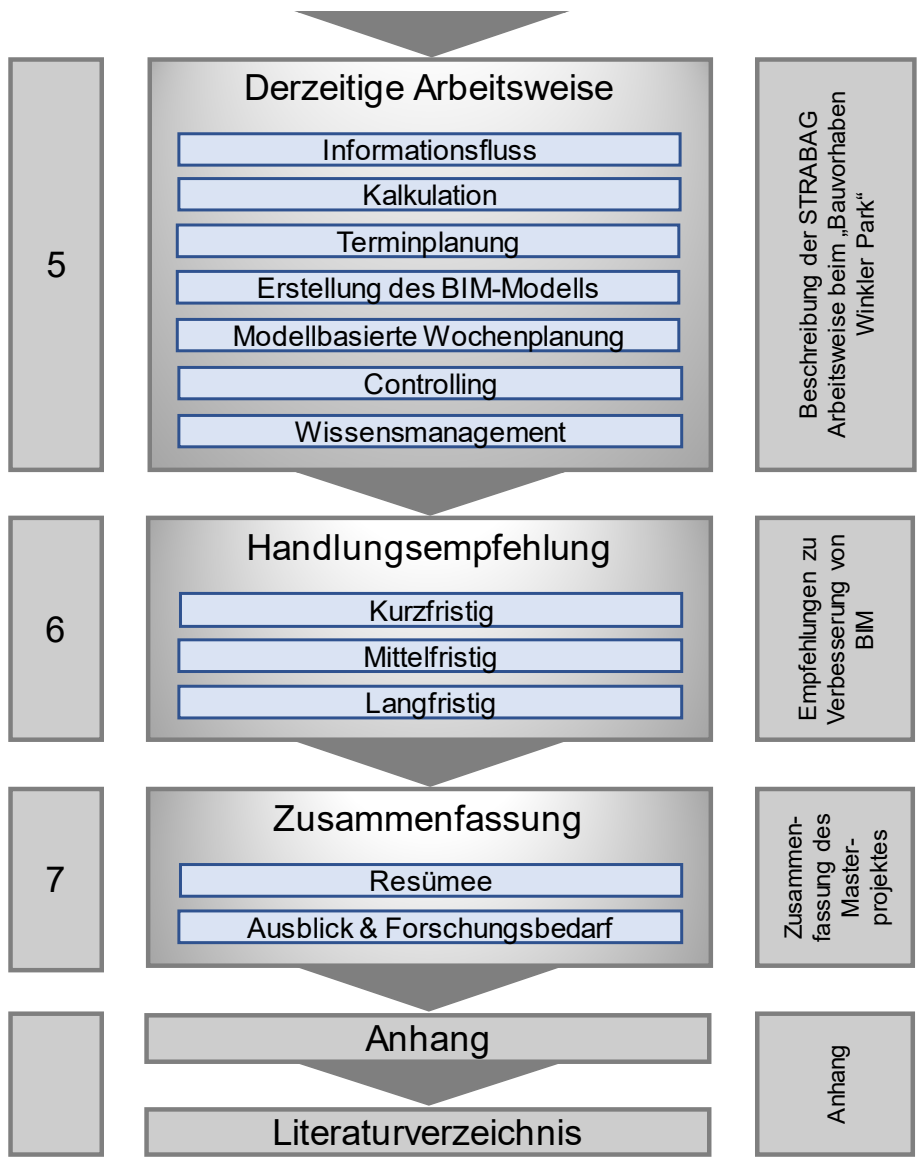


Bild 3: Gliederung der Arbeit

2 Systems Engineering

Diese Masterarbeit wird durch den Einsatz der Systems Engineering Methode strukturiert und aufgebaut. Systems Engineering (SE) ist eine methodische Vorgehensweise, die bei der Analyse und Lösungserarbeitung von komplexen Problemen herangezogen werden kann. Das Systemdenken und ein Vorgehensmodell, das auf ein Baukastensystem mit vielen miteinander austauschbaren Bausteinen basiert, stellt die Basis der SE-Philosophie dar. Diese sogenannten Bausteine der Vorgehensweise von SE sind: vom Groben ins Detail, Prinzip der Variantenbildung, Phasengliederung und Problemlösungszyklus. Techniken des Projektmanagements und der Systemgestaltung werden von SE in Form von Bausteinen, die je nach Situation angewendet werden können eingesetzt. Diese transparente, systematische und flexible Vorgehensweise zeichnet Systems Engineering aus.⁴

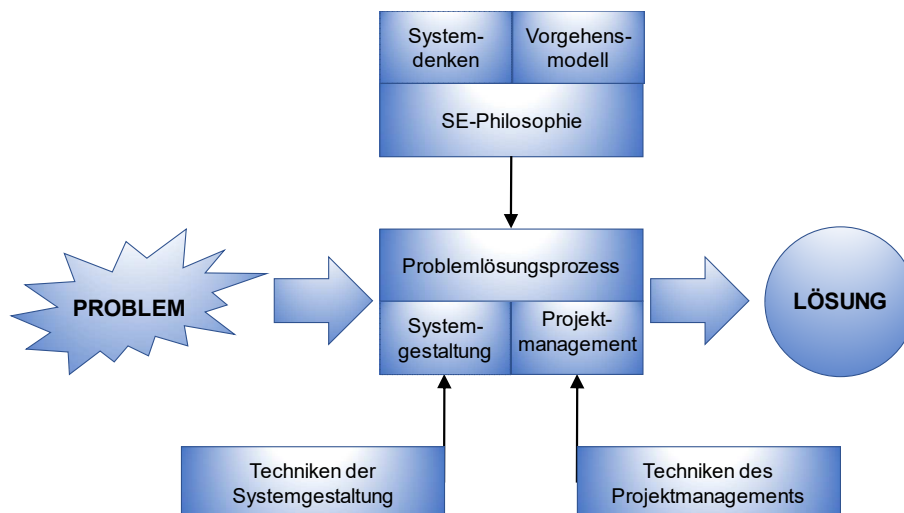


Bild 4: Funktionsweise von Systems Engineering⁵

2.1 SE-Philosophie

Die SE-Philosophie repräsentiert den intellektuellen Überbau der SE-Methodik und basiert auf systemischem Denken und dem Vorgehensmodell.

⁴ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 1

⁵ SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 39

2.1.1 Systemdenken

Das Systemdenken stellt die Basis von SE dar. Ziel dabei ist es eine realistische, aussagekräftige und möglichst vereinfachte Darstellung der komplexen Zusammenhänge der Realität darzustellen. Das Systemdenken wird in allen Bereichen des SE angewendet, von der Systemgestaltung, Abgrenzung und Strukturierung des betrachteten Problems, bis hin zu der Lösungssuche.⁶

2.1.2 Vorgehensmodell

Den zweiten Punkt der SE-Philosophie stellt das Vorgehensmodell dar und setzt sich aus den folgenden Punkten zusammen:

- Vorgehensprinzip „Vom Groben ins Detail“
- Prinzip der Variantenbildung
- Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik
- Problemlösungszyklus als Mikro-Logik

Auf Grund der modularen Funktionsweise von SE können diese oben genannten Punkte frei miteinander kombiniert werden, um somit eine zusammenhängende Einheit zu bilden.⁷

2.1.2.1 Vorgehensprinzip „Vom Groben ins Detail“

Hierbei sollte man darauf achten immer das gesamte System bzw. die Problemstellung zu betrachten und danach sukzessiv weiterzuarbeiten. Somit möchte man erreichen, dass nichts übersehen und dementsprechend die optimale Lösung der Problemstellung im Allgemeinen und im Detail gefunden wird.⁸

⁶ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 39

⁷ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 41

⁸ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 42

2.1.2.2 Prinzip der Variantenbildung

Das Prinzip der Variantenbildung besagt, dass der erste Lösungsvorschlag nicht gleich implementiert werden soll, sondern mehrere Lösungsvarianten erarbeitet werden sollten, um die effizienteste und kostengünstigste Lösung zu finden.⁹

2.1.2.3 Prinzip der Phasengliederung als Makro-Logik

Die Makro-Logik stellt in Projektphasen die zeitliche Unterteilung der Entwicklung und Realisierung einer Lösung dar. Durch diese Unterteilung in Abschnitte wird ein stufenweiser Planungs-, Entscheidungs- und Realisierungsprozess mit steigender Präzisierung ermöglicht.¹⁰

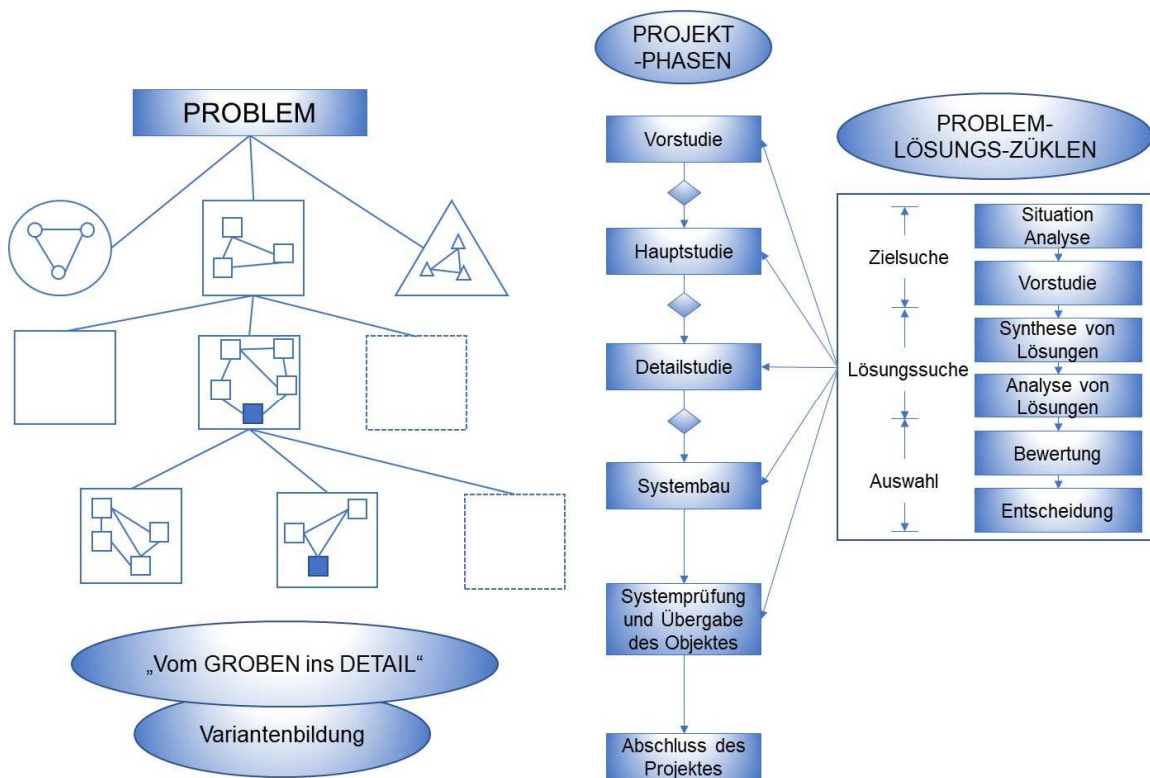


Bild 5: Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Komponenten des SE-Vorgehensmodells¹¹

⁹ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 43

¹⁰ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 44

¹¹ SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 41

2.1.2.4 Problemlösungszyklus als Mikro-Logik

Die Mikro-Logik baut auf der Dewey'schen Problemlösungslogik auf. Jede Projektphase des Phasenablaufes wird separat im Detail untersucht. Dabei wird jede Art von Problemen durch diese Aufgliederung im Detail gelöst. Die Ziel-suche, Zielkonkretisierung und Zielauswahl stellen die Eckpfeiler der Mikro-Logik dar.¹²

2.2 Problemlösungsprozess

Die Basis der SE-Methodik wird durch den Problemlösungsprozess dargestellt. Wesentliche Bestandteile des Problemlösungsprozesses sind die Systemgestaltung auf der inhaltlichen Seite und Projektmanagement auf der organisatorischen Seite.¹³

2.2.1 Systemgestaltung

Die Analyse und Strukturierung des Problems, zufolge des Systemdenkens und die Entwicklung einer Lösung im Rahmen des Lösungsfeldes wird als Systemgestaltung verstanden.¹⁴

2.2.2 Projektmanagement

Das Management von Problemlösungsprozessen ist Gegenstand des Projektmanagements. Wesentliche Bestandteile des Projektmanagements sind: die Planung, Disposition, Steuerung sowie die Überwachung von finanziellen, zeitlichen, personellen und materiellen Ressourcen.

Zwischen den beiden Bestandteilen des Problemlösungsprozesses, der Systemgestaltung auf der inhaltlichen Seite und des Projektmanagements auf der organisatorischen Seite besteht zwar eine theoretische, aber keinesfalls eine strikte Trennung. Beide werden von den gleichen Mitarbeitern bearbeitet und sind als Einheit zu betrachten.

Die modulare Funktionsweise der SE-Methode ermöglicht es beim Problemlösungsprozesses die Techniken des Projektmanagements und der Systemgestaltung je nach Bedürfnis heranzuziehen.¹⁵

¹² Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 46

¹³ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 52

¹⁴ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 52

¹⁵ Vgl. SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. S. 53-54

3 Digitalisierung der Bauwirtschaft – Definition, Entwicklung und Anwendung

„Die Digitalisierung wird – nach der neolithischen und industriellen – als die nächste große Revolution der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse gesehen. Ein Blick auf andere Branchen zeigt, dass die Digitalisierung bewährte Traditionen auf den Kopf stellen kann. Damit einhergehend hat sie tiefgreifende Auswirkungen auf unsere Arbeitsbedingungen, unsere Lebensumstände und infiltriert unser gesellschaftliches Umfeld.“¹⁶

3.1 Digitalisierung

Die Digitalisierung bietet enorme Chancen für Wachstum, Arbeitsplätze und Wohlstand. Zur gleichen Zeit müssen die anstehenden Herausforderungen angegangen werden. Diese Herausforderungen sind unter anderem z.B. Angst vor steigender Arbeitslosigkeit, Angst vor umfassender Überwachung und gleichzeitige Begrenzung der persönlichen Freiheit, Zunahme von Cyberkriminalität und ethische Probleme im Zusammenhang mit künstlicher Intelligenz. Um die Chancen nutzen zu können, bedarf es politischer Innovation und Realisierungskraft.¹⁷

Natürlich betrifft die Digitalisierung nicht nur die Bauindustrie, sondern alle Tätigkeitsbereiche von Österreich. Aus diesem Grund wird ein innereuropäischer Vergleich zwischen Österreich und den anderen Mitgliedstaaten durchgeführt.

Im europäischen Vergleich, wird der Digitalisierungsgrad eines Landes durch den Index DESI (Digital Economy and Society Index) bestimmt. Dieser Index zeigt wie fortgeschritten die Digitalisierung in einem Land der Europäischen Union ist. Zu diesem Zweck werden fünf Faktoren bewertet:

- Konnektivität: Erweiterung der Festnetz- und mobilen Breitbandinfrastruktur, Geschwindigkeit und Erschwinglichkeit
- Humanressourcen: Beurteilung der digitalen Kultur der Bevölkerung, Grundfertigkeiten bis hin zu Informations- und Kommunikationstechnologie -Spezialisten (IKT-Spezialisten)
- Nutzung des Internets: Verwendung von Inhalten, beispielsweise zur Kommunikation oder zur Durchführung von Transaktionen
- Integration von digitalen Technologien: Zeigt den Prozentsatz der Verwendung von digitalen Technologien und die Nutzung des elektronischen Handels durch Unternehmen im europäischen Vergleich

¹⁶ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 14

¹⁷ Vgl. : Digital Roadmap Austria. Roadmap. S. 6-7

- Digitale öffentliche Dienste: spiegelt die Förderung und Nutzung von elektronischen, staatlichen Dienstleistungen wieder

Durch die Betrachtung des aktuellen Standes der Digitalisierung wird ersichtlich, dass Österreich im Bereich der Konnektivität im europäischen Durchschnitt liegt (siehe Bild 6 und Bild 7). Die Verfügbarkeit von Breitbandverbindungen ist im europäischen Vergleich durchschnittlich. Über dem europäischen Durchschnitt liegt Österreich bei den Humanressourcen.

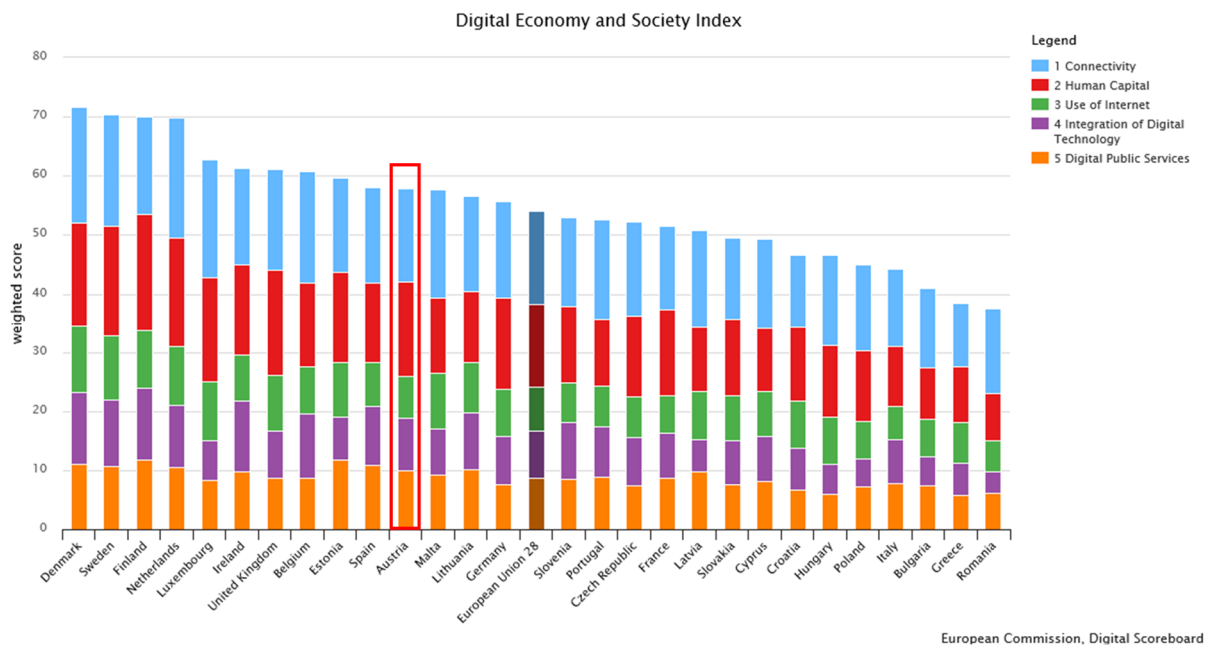


Bild 6: Digital Economy and Society Index der EU¹⁸

Im Bereich der Internetnutzung befindet sich Österreich unter dem europäischen Durchschnitt. Was die Integration digitaler Technologien angeht liegt Österreich knapp über den EU-Durchschnitt. Vor allem bei der Nutzung digitaler öffentlicher Dienste ist Österreich weit darüber anzutreffen. Dies ist auf das gute Angebot der digitalen öffentlichen Dienste zurückzuführen¹⁹

¹⁸ <http://digital-agenda-data.eu/charts>. Datum des Zugriffs: 28.07.2018

¹⁹ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 15-16

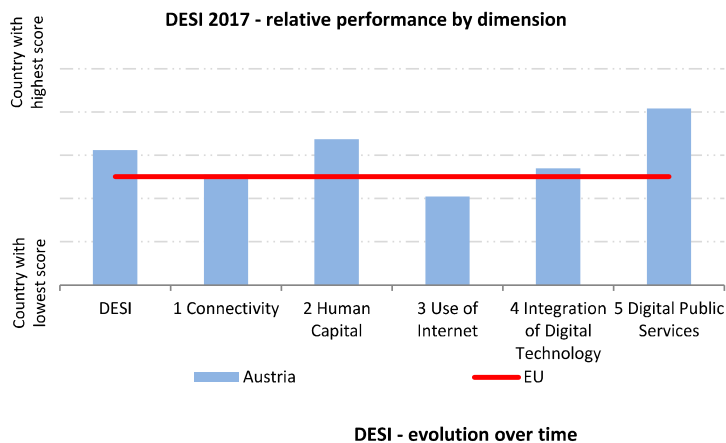


Bild 7: DESI 2017 – Betrachtungsfeld Österreich²⁰

Betrachtet man die Abhängigkeit des Digitalisierungsindex und des Pro-Kopf-Einkommens zueinander, zeigt sich, dass Österreich Verbesserungspotenzial hat. So weisen beispielsweise die Niederlande und Finnland bei vergleichbarem BIP eine wesentlich höhere Digitalisierung auf als Österreich (siehe Bild 8). Diese allgemeine Beobachtung kann auf die Bauindustrie übertragen werden. Die skandinavischen Länder und der angelsächsische Raum sind bei der konsistenten Implementierung digitaler Planungswerkzeuge z.B. BIM weit fortgeschrittener.²¹

²⁰ <http://digital-agenda-data.eu/charts>. Datum des Zugriffs: 28.07.2018

²¹ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 17

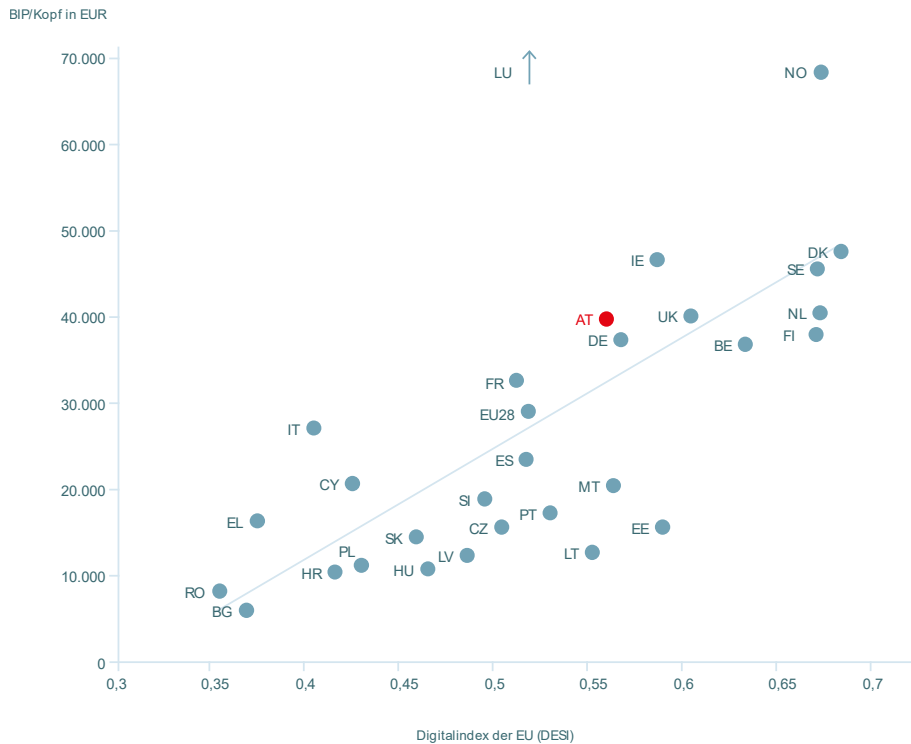


Bild 8: Abhängigkeit zwischen Digitalisierungsindizes und BIP in der EU²²

In der Studie „Digital Roadmap Austria“ werden Anregungen bezüglich der Aus- und Weiterbildung der Beteiligten in der Bauindustrie, als auch spezifische Forschungsfragen in der Bauwirtschaft aufgezeigt. Diese Studie identifiziert bis 2025 Gebiete mit großem Entwicklungspotential. Diese Gebiete und ihre Bedeutung in der Bauwirtschaft werden nachfolgend beschrieben:

- **5G:** Der neue Mobilfunkstandard legt den Grundstein für neue Geschäftsmodelle, Anwendungen und IoT (Internet of Things). Der Ausbau von 5G hat den Ausbau des Glasfasernetzes zur Folge. Optische und photonische Systeme sind für die digitale Kommunikation von morgen von größter Bedeutung. In Zukunft wird es immer mehr Systeme geben, die rein optisch funktionieren. Optische Systeme existieren bereits für den industriellen Einsatz. Mehr drahtlose Kommunikation, die nicht Teil der traditionellen mobilen Kommunikation ist, wird künftig in Verwendung kommen. Nahfeldkommunikation (NFC) oder Sensoren sind unter anderem Beispiele für drahtlose, nicht mobile Kommunikation.²³
- **Internet der Dinge (IoT):** Bezieht sich auf die Verbindung von Geräten mit dem Internet und der Kommunikation zwischen Geräten. IoT ist eng mit der mobilen Kommunikation verbunden. Um Interoperabilität zu erreichen,

²² : Digital Roadmap Austria. Roadmap. S. 17

²³ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 19

werden häufig offene Standards verwendet, wie es im Internet der Fall ist. Der Hauptvorteil von IoT besteht darin, dass die generierten Daten weltweit zugänglich sind. Nach Gartner's Prognose werden bis 2020 weltweit 20,8 Mrd IoT-kompatible Geräte im Einsatz sein.²⁴Für die Bauindustrie ist IoT ein Werkzeug, um zukünftig Menschen, Materialien und Maschinen zu vernetzen.

- **Big Data:** Bezeichnet Datenmenge, die zu groß, komplex, zu schnelllebig oder zu unstrukturiert sind, um sie mit konventionellen Strategien und Methoden der Datenverarbeitung auszuwerten.²⁵ Wegen der immer mehr werdenden Erfassung und Speicherung von digitalen Daten wird Big Data immer wichtiger. Der Begriff beschreibt Techniken und Algorithmen, die für die Speicherung und Verarbeitung von Daten über eine bestimmte Größe notwendig sind. Für kleine Datenbanken, die mit herkömmlichen Techniken manipuliert werden können, bietet Big Data aus heutiger Sicht keinen zusätzlichen Nutzen. In der Bauindustrie sind derzeit die meisten Anwendungen noch weit von Big Data entfernt. Mit der wachsenden Vernetzung von Menschen, Materialien und Maschinen wird das Thema in Zukunft jedoch viel interessanter, insbesondere für die Bauindustrie.
- **Künstliche Intelligenz (KI):** Die riesigen Datenmengen sind die Basis für neue Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens. Hier eröffnen sich vielfältige Anwendungsgebiete, angefangen von der Bild- und Spracherkennung bis hin zur Diagnose von Krankheiten.
- **Offenes Wissen:** *„Wissen ist in unterschiedlichen Formen frei verfügbar. Als Stichworte seien hier Crowdsourcing und Open Government genannt.“*²⁶
- **3D-Drucker:** Nach den Schätzungen von „Digital Roadmap Austria“ könnte der 3D-Drucker die konventionelle Produktion ersetzen. Dies kann für ausgewählte Bereiche im Bauwesen gelten. Aus der Sicht der Autoren wird die konventionelle Produktion jedoch nicht durch den 3D-Drucker ersetzt werden. Aber auch hier gibt es für spezielle Anwendungen einige revolutionäre Entwicklungen z.B. den Betondrucker. Die große Herausforderung besteht darin, sicherzustellen, dass Materialien gedruckt werden können, während dessen Eigenschaften erhalten bleiben. Der 3D-Druck ist derzeit eine Alternative in der Herstellung von Spezialprodukten

²⁴ Vgl. GEORGAKOPOULOS, D.; JAYARAMAN, P.: Internet of things: from internet scale sensing to smart services. In: Computing, 2016. S. 4

²⁵ Vgl. CHRISTL, W.: Kommerzielle digitale Überwachung im Alltag. Studie. S. 12

²⁶ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 19

- **Intelligente Materialien (4D):** „Sind Materialien, die selbstständig und gewollter Weise auf veränderte Umweltbedingungen reagieren.“²⁷
- **Intelligente Energienetze – Smart Grids:** „Ist eine Vernetzung von Energieerzeugern, Energiespeichern, Netzbetreibern und Energieverbrauchern, mit dem Ziel einer Erhöhung der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Effizienz des Energiesystems zu erreichen.“²⁸
- **Blockchain:** Stellt eine Datenstruktur dar, die gegen nachträgliche Änderungen geschützt ist. Laut „Digital Roadmap Austria“ könnte Blockchain, die Art wie Verträge abgeschlossen werden, den Aktienhandel und die Bankgeschäfte revolutionären.²⁹

²⁷ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 20

²⁸ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 20

²⁹ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 20

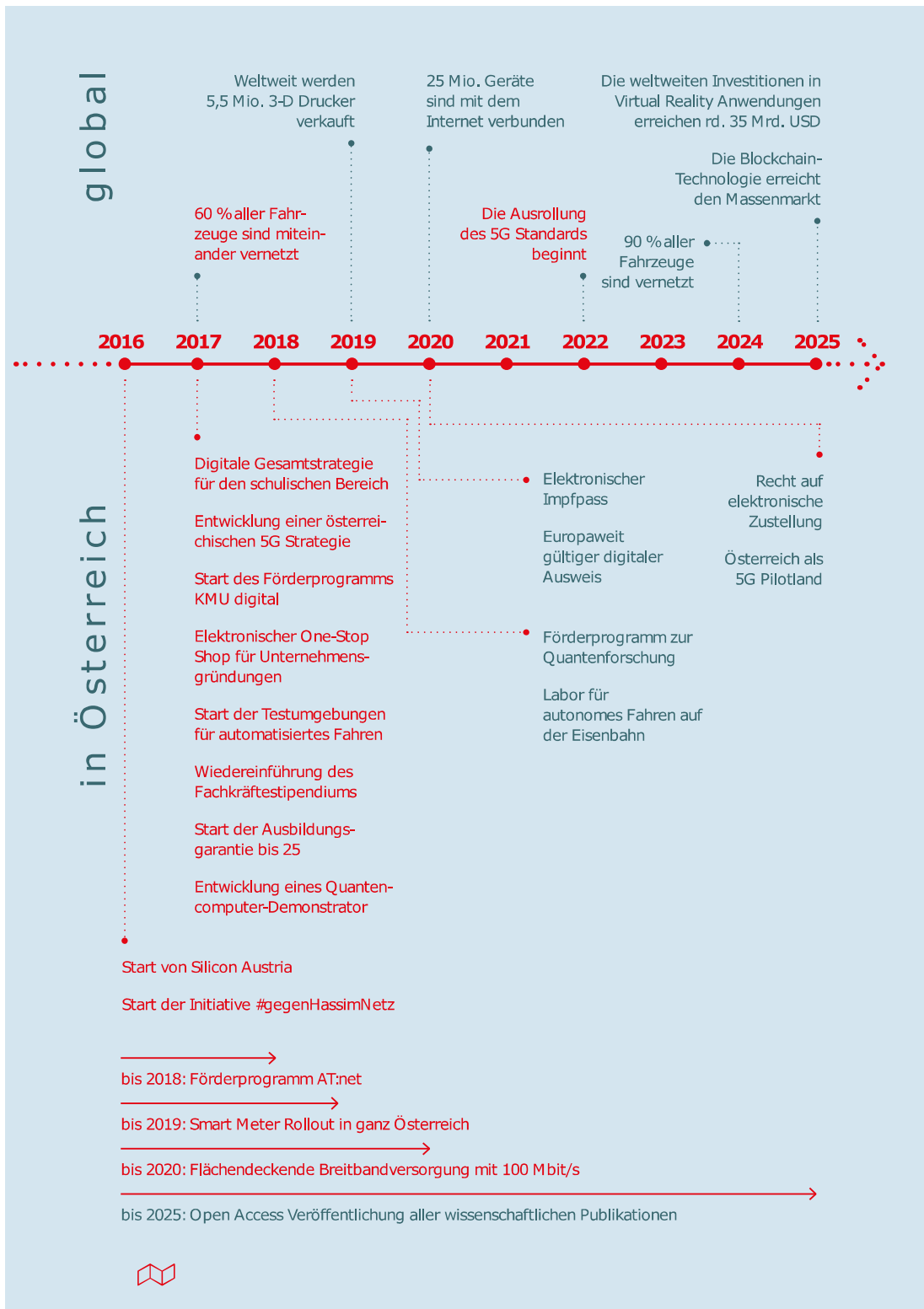


Bild 9: Digital Roadmap Austria³⁰

³⁰ : Digital Roadmap Austria. Roadmap. S. 42

Standardisierung ist ein Schlüsselproblem im Zusammenhang mit der Digitalisierung. Die vernetzte digitale Zusammenarbeit ist immer mit dem Austausch von Daten verbunden. Um einen verlustfreien Datenaustausch zu gewährleisten, sind Standards erforderlich. Die Standardisierung hat durch einheitliche Protokolle bereits zum Erfolg vom Internet und dem Mobilfunk beigetragen. In der Bauindustrie wird versucht mittels dem IFC-Standard, einen befriedigenden Datenaustausch zu gewährleisten. Der nationale Merkmalsserver, der gemeinsam mit ASI (Austrian Standards Institute) entwickelt wurde, steht damit in engem Zusammenhang.³¹ Es ist ein zentrales Element der BIM-Praxis und muss sich an die europäische und nationale Normung anpassen.

3.1.1 Einstellung österreichischer Unternehmer zur Bedeutung der Digitalisierung

Um Einblicke in die Einstellung der österreichischen Unternehmer zum Thema Digitalisierung zu erhalten, wurde eine Studie von der „Julius Raab Stiftung“ durchgeführt.

Es wurden fünf Kategorien definiert, um die verschiedenen Denkweisen der Unternehmen darzustellen:

- **Digitale Innovatoren** glauben, dass Innovation und der digitale Wandel für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens sehr wichtig sind. Sie beschäftigen sich intensiv mit diesen beiden Themen und verleihen Innovationen im Unternehmen eine sehr hohe Priorität. Innovationsprozesse werden aktiv gefördert und Ressourcen werden für diesen Zweck bereitgestellt.
- **Adaptive Übernehmer** betrachten Innovationen und den digitalen Wandel als grundsätzlich positiv für den wirtschaftlichen Erfolg des eigenen Unternehmens. Sie beschäftigen sich intensiv mit diesem Thema und geben Innovationen eine hohe Priorität im Unternehmen. Aktuelle Entwicklungen werden ständig verfolgt und schnell in die Prozesse des Unternehmens integriert. Für Innovationsprozesse werden Ressourcen bereitgestellt.
- **Defensive Anwender** zeigen Skepsis gegenüber der Bedeutung von Innovationen und des digitalen Wandels für den wirtschaftlichen Erfolg des eigenen Unternehmens. Neue Innovationen kommen erst zum Einsatz, wenn sich diese am Markt bewährt haben. Innovationsprozesse werden nicht aktiv betrieben und werden kaum durch finanzielle Mittel und Personal unterstützt³²
- **Passiv Ausharrende** bringen kaum Interesse den Innovationen und Digitalisierungen im Unternehmen entgegen. Von den positiven Auswirkungen

³¹ Vgl. AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-1 "Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM" S. 8-10

³² Vgl. JULIUS RAAB STIFTUNG: Innovation und digitaler Wandel – Das Meinungsbild der österreichischen Unternehmer S. 6

auf den Unternehmenserfolg ist der passiv Ausharrende unbeeindruckt. Innovationen werden erst nach gesetzlichen Vorlagen oder Marktrahmenbedingungen implementiert. Ressourcen für Innovationsprozesse werden nicht zur Verfügung gestellt.

- **Digitale Asketen** verlassen sich auf Altbewährtes und weisen weder den Innovationen noch dem digitalen Wandel eine Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens zu.³³

Laut der Studie fällt ein Großteil der österreichischen Unternehmer unter adaptive Übernehmer mit 36 % und defensive Anwender mit 40 %. Als digitale Innovatoren gelten nur 7 %, passiv Ausharrende sind insgesamt 15 % und die digitalen Asketen stellen eine Minderheit mit rund 1 % dar.

Die Studie zeigt, dass die IT- und Consultingbranche, der Banken- und Versicherungssektor, sowie der Handel digitale Innovatoren und anpassungsfähige Nutzer sind. Defensive Nutzer sind die Mehrheit der Unternehmen im Transport- und Verkehrssektor.

Die Studie hebt hervor, dass eine verstärkte Digitalisierung der österreichischen Unternehmen stattfindet, die Unternehmer selber jedoch stehen der Digitalisierung mit einer großen Skepsis gegenüber. Dementsprechend wird die Digitalisierung als eine Notwendigkeit gesehen.

Bild 10 und Bild 11 zeigen die Chancen und Risiken des digitalen Wandels. Unternehmer erwarten in erster Linie eine bessere Kundenzugänglichkeit, die Entstehung neuer Geschäftsfelder und Effizienz im Arbeitsprozess. Es zeigt auch, dass die Digitalisierung als ein allgemein unvermeidbares Phänomen wahrgenommen wird.

Zu den Risiken gehören verstärkter Wettbewerb und Konkurrenz, mangelnder persönlicher Kontakt zu Kunden und erhöhte Transparenz bei geringer Datensicherheit. Eines der Hauptrisiken ist die Auswirkung auf KMU (Kleine und Mittelständische Unternehmen). Insbesondere zeigt sich, dass es für KMU schwierig ist wettbewerbsfähig zu sein.³⁴

³³ Vgl. JULIUS RAAB STIFTUNG: Innovation und digitaler Wandel – Das Meinungsbild der österreichischen Unternehmer S. 7

³⁴ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 27

GRÜNDE FÜR CHANCEN durch Digitalen Wandel



Bild 10: Chancen des digitalen Wandels³⁵

GRÜNDE FÜR RISIKEN durch Digitalen Wandel

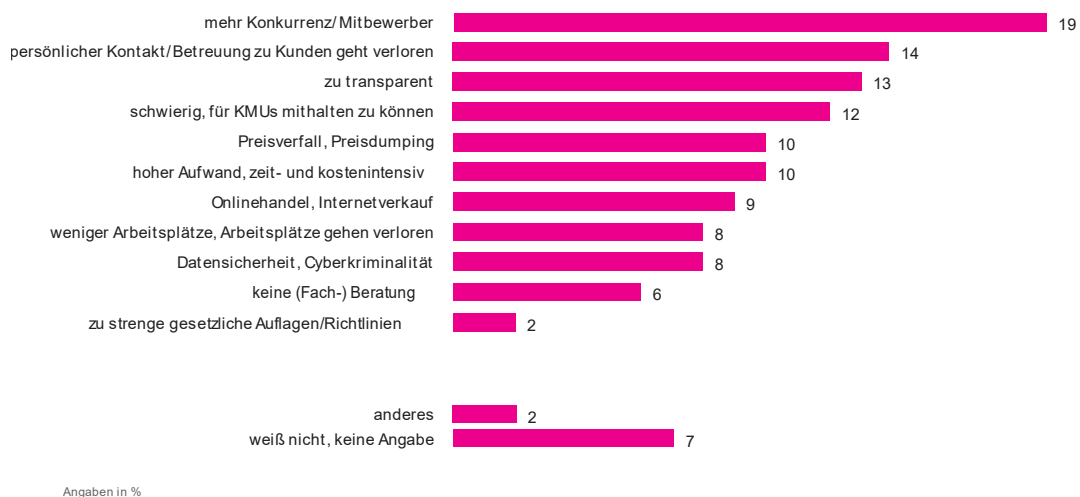


Bild 11: Risiken des digitalen Wandels³⁶

³⁵ JULIUS RAAB STIFTUNG: Innovation und digitaler Wandel – Das Meinungsbild der österreichischen Unternehmer S. 59

³⁶ JULIUS RAAB STIFTUNG: Innovation und digitaler Wandel – Das Meinungsbild der österreichischen Unternehmer S. 61

Zusammenfassend kann die digitale Transformation den Wettbewerb verschärfen, gleichzeitig aber durch größere Chancen neue Möglichkeiten eröffnen.³⁷

3.1.2 Substituierbarkeit von Berufen im Bauwesen

Der Bericht "Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0" zeigt, dass die Bauindustrie eine durchschnittliche Automatisierungswahrscheinlichkeit von 59% hat. Dies bedeutet, dass der potenzielle destruktive Effekt von 59% der Prozess-/Tätigkeitsstrukturen in der Bauindustrie automatisiert werden kann.³⁸ Ob die Kompensation dieser automatisierten Prozess-/Tätigkeitsstrukturen durch die Schaffung neuer Geschäftsfelder erreicht werden kann bleibt eine offene Frage. Darüber hinaus bedeutet die hohe Wahrscheinlichkeit der Automatisierung nicht unbedingt, dass das gesamte Personal einer Berufsgruppe nichts mehr zu arbeiten hat, sondern dass die Automatisierung Zeit für andere Aktivitäten eröffnet.³⁹ Zum Beispiel kann ein Bauleiter durch den Einsatz von Datenmanagementsoftwarelösungen die Anzahl der Dokumentationsaktivitäten reduzieren und somit bleibt mehr Zeit, um den vernachlässigten Tätigkeiten nachzugehen. Ein genauerer Blick auf die verschiedenen Berufsgruppen zeigt, dass z.B. Ingenieure nur eine durchschnittliche Wahrscheinlichkeit einer Tätigkeitsautomatisierung von 35% haben, verglichen mit 66% der Hilfsarbeiter im Bausektor.⁴⁰ In Bild 12 sind unter der Spalte „F“ prozentuell die Automatisierungsgruppen im Baugewerbe zu sehen. Bild 12 zeigt Daten aus dem Projektbericht Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0 (siehe Tabelle 1)

³⁷ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 24

³⁸ Vgl. NAGL, W.; TITELBACH, G.; VALKOVA, K.: Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0. Projektbericht. S. 22

³⁹ Vgl. NAGL, W.; TITELBACH, G.; VALKOVA, K.: Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0. Projektbericht. S. 5

⁴⁰ Vgl. NAGL, W.; TITELBACH, G.; VALKOVA, K.: Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0. Projektbericht. S. 19

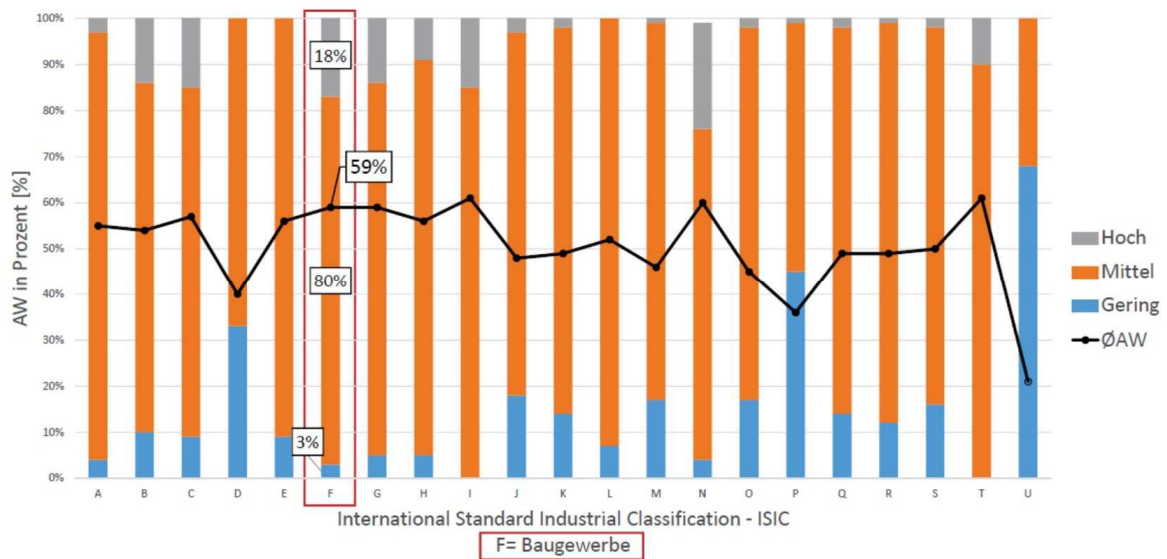


Bild 12: Tätigkeitsbasierte Automatisierungsrisikogruppen (hoch, mittel, gering) und Ø Automatisierungswahrscheinlichkeit (AW) in Österreich⁴¹

	ISIC rev.4	Wirtschaftszweige	Risikogruppe			ØAW
			Gering	Mittel	Hoch	
Anteile der Beschäftigten	A	Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei	4%	93%	3%	55%
	B	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	10%	76%	14%	54%
	C	Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren	9%	76%	16%	57%
	D	Energieversorgung	33%	67%	0%	40%
	E	Wasserversorgung, Abfallwirtschaft	9%	91%	0%	56%
	F	Baugewerbe	3%	80%	18%	59%
	G	Groß- und Einzelhandel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen	5%	81%	14%	59%
	H	Verkehr und Lagerhaltung	5%	86%	9%	56%
	I	Beherbergung und Gastronomie	0%	85%	15%	61%
	J	Information und Kommunikation	18%	79%	3%	48%
	K	Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	14%	84%	2%	49%
	L	Immobilienwirtschaft	7%	93%	0%	52%
	M	Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen	17%	82%	2%	46%
	N	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	4%	72%	23%	60%
	O	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherungswesen	17%	81%	2%	45%
	P	Erziehung und Unterricht	45%	54%	1%	36%
	Q	Gesundheits- und Sozialwesen	14%	84%	3%	49%
	R	Kunst, Unterhaltung und Erholung	12%	87%	1%	49%
	S	Sonstige Dienstleistungen	16%	82%	2%	50%
	T	Private Haushalte und Hauspersonal	0%	90%	10%	61%
	U	Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	68%	32%	0%	21%

Tabelle 1: Anteile der tätigkeitsbasierten Automatisierungsrisikogruppen und durchschnittliche tätigkeitsbasierte Automatisierungswahrscheinlichkeit nach Wirtschaftszweigen (ISIC rev. 4) in Österreich 2012⁴²

⁴¹ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 25

⁴² NAGL, W.; TITELBACH, G.; VALKOVA, K.: Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0. Projektbericht. S. 22

3.1.3 Vision digitale Bauwirtschaft

Basierend auf der Wertschöpfungskette Planung - Bauen - Betrieben eines Bauobjektes können diese digitalen Entwicklungspotentiale beispielhaft dargestellt werden. Bild 13 stellt die Projektphasen eines Bauvorhabens dar, von der Strategie über die Planung und den Bau bis hin zu Nutzung und Abriss.

Visionäre Ansätze können in den einzelnen Projektphasen des Projekts folgende Potenziale erzeugen:

In den Phasen I. Strategie und Phase II. Projektinitiierung ermöglicht die Visualisierung durch Augmented, Merged oder Virtual Reality, die Prozessvarianten besser zu studieren, was die Entscheidungsfindung positiv beeinflusst. Stakeholder sowie Bürgerinitiativen können leichter miteinbezogen werden. Darüber hinaus kann der Informationsaustausch durch Digitalisierung in frühen Projektphasen deutlich transparenter gestaltet werden. Mittels der Digitalisierung kann der Informationsaustausch wesentlich transparenter gestaltet werden z.B. durch Plattformen, in denen die wesentlichen Informationen für die Beteiligten verständlich aufbereitet werden können.⁴³

⁴³ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 25



Bild 13: Lebenszyklus eines Bauvorhabens⁴⁴

Die Projektphase III. zeigt auf, dass die Planung als das größte Digitalisierungspotenzial von gewerksübergreifendem BIM gesehen wird. Durch eine umfassende Planung und Koordination vor Baubeginn werden Planungsfehler

⁴⁴ IG LEBENSZYKLUS BAU: Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau – Die 3 Säulen erfolgreicher Bauprojekte in einer digitalen Wirtschaft, Leitfaden für Bauherren und Projektbeteiligte von Hochbauten. Leitfaden. S. 10

minimiert und Folgekollisionen können im Vorfeld behoben werden. Die Einhaltung der Baunormen kann anhand des vorhandenen BIM-Modells (automatische Abfrage von Fluchtweglängen, Beschattung etc.) überprüft werden. Durch die Integration vieler Projektbeteiligter können zahlreiche Optimierungspotenziale bereits in einer frühen Planungsphase berücksichtigt werden.

Mittels des gewerksübergreifenden Einsatzes von BIM kann die Ausschreibung basierend auf einem digitalen Modell erstellt werden. Grundsätzlich ist es nicht mehr notwendig, das geplante Bauvorhaben in Gewerke und Positionen aufzuteilen. Dies erleichtert die Bearbeitung der Ausschreibung für den Auftraggeber und den Auftragnehmer. Die Massen werden nicht mehr durch manuelle oder teilweise digitale Berechnungen auf Basis der Planunterlagen ermittelt, sondern automatisch aus dem BIM-Modell. Eingehende Angebote sind für den Auftraggeber einfacher auszuwerten und zu bewerten.

Während der Phase IV. Ausführung wird die Ausführungsplanung nach und nach in das bestehende BIM-Modell integriert. Die Tagesleistung auf der Baustelle und die Bautagesberichte werden digital erfasst und bearbeitet. Der Transport von Materialien, sowie Bauteile sind mit RFID -Tracking-Systemen ausgestattet, die eine genaue Zuordnung der Position ermöglichen. Die lückenlose Dokumentation wird durch die digitale Erfassung der Lieferscheine und Materialparameter ermöglicht, die zentral gespeichert werden und eine Zuordnung in den jeweiligen Bauteilen finden. Aus der Leistungsdokumentation und dem BIM-Modell kann die Abrechnung direkt generiert werden. Drohnen können z.B. im Erdbau für Vermessungszwecke eingesetzt werden. Der Produktionsprozess wird beschleunigt und die Logistikanforderungen werden zukünftig durch den vermehrten Einsatz von Fertigteilen, von modularen Systemen und aus 3D gedruckten Bauteilen erhöht.

Ein „As-Built-Modell“ mit allen für den Betrieb notwendigen Bauwerksinformationen wird nach dem Abschluss des Bauvorhabens dem Betreiber zu Verfügung gestellt.

Die Phase V. Nutzung wird sich durch die Implementierung von IoT und Big Data auszeichnen. Die Geräte informieren automatisch den Betreiber, wann und wie sie gewartet oder ersetzt werden sollen. Eine automatische Abschaltung der Beleuchtung beim Verlassen des Raumes spart Energie. Die Belüftung wird automatisch nach den anwesenden Personen und dem gewünschten Umgebungsklima geregelt. Durch die laufende Generierung und Erfassung von Gebäudedaten kann der Betrieb weiter optimiert und angepasst werden.⁴⁵

Im Falle des Abrisses können die Rohstoffe mittels der Informationen BIM-/As-Built-Modell rückgewonnen werden (Urban Mining).⁴⁶

⁴⁵ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 26-27

⁴⁶ : Plattform 4.0, Planen.Bauen.Betreiben, Arbeit.Wirtschaft.Export: Visionen auf längere Sicht, Schrift 02S. 5

3.1.4 Chancen und Risiken der Digitalisierung

Die Digitalisierung im Bauwesen weist ein großes Potenzial auf. Das Potenzial erstreckt sich von der Planung, der Erstellung, der Nutzung, bis hin zum Rückbau des Bauwerks. Obwohl die Möglichkeiten, die mit der Digitalisierung einhergehen sehr vielversprechend sind, sind die Risiken, die zufolge der Digitalisierung auftreten können unter anderem die Gründe wieso BIM so zögerlich von der Bauindustrie aufgenommen wird.

Die Chancen der Digitalisierung sind unter anderem:

- Neues Wissen kann während des gesamten Lebenszyklus aus der kohärenten Datenkette gewonnen werden. Durch Feedback von früheren Phasen oder Projektabschnitten, können die Prozesse allgemein verbessert werden. Die Konsistenz der Daten ist auch eine Voraussetzung für zukünftige technologische Entwicklungen wie maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz. Mit den verfügbaren Daten können Bauwerke in übergeordnete Systeme integriert werden.
- Mit der Digitalisierung wird eine Datentransparenz geschaffen, die zu einer größeren Partnerschaft bei der Durchführung des Projekts führt (kooperatives Projektmanagement).
- Folglich kommt es zu einer signifikanten Verbesserung der Dokumentation. Dies sollte insbesondere in der Bauphase zu einer Entlastung führen. Außerdem ist eine solide Dokumentation ein Mehrwert für den Betrieb von Bauwerken z.B. kann man bei auftretenden Schäden die Ursachen und die Folgen besser nachvollziehen.
- Die Digitalisierung zielt darauf ab, den Zeitaufwand für die Suche nach Dokumenten oder Informationen zu minimieren. Zukünftig wird es möglich sein objektbasiert zu suchen und das wird eine Veränderung der derzeitigen Speichersysteme mit sich bringen.
- Gleichzeitig wird die Digitalisierung das gemeinsame Wissen im Projekt stärken und die Zeit für die Einarbeitung in neue Projekte verkürzen.⁴⁷
- Zur Entscheidungsfindung, entweder während der Vorbereitungsphase des Projektes, während der Ausführung oder beim Bauen im Bestand, besteht die Möglichkeit Visualisierungen heran zu ziehen.
- Die Vermeidung von Fehlern durch die Beseitigung von redundanten Eingaben wird als vorteilhaft gesehen. Daten die bereits eingegeben oder im Idealfall digital erfasst wurden, können für alle folgenden Prozessschritte verwendet werden.

⁴⁷ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 86

- Probleme die auftreten können, werden im BIM-Modell gelöst. Der mühsame E-Mailverkehr mit einer ausführlichen Problembeschreibung wird wegfallen.
- Kleine- und mittelständisches Unternehmen, die sich auf die Digitalisierung spezialisiert haben werden sich in der digitalen Bauwirtschaft durchsetzen können. Darüber hinaus wird die Digitalisierung neue Nischenmärkte erschließen, in denen besonders kleine Unternehmen mit großem Fachwissen gute Marktchancen haben.
- Ein verstärkter Fokus auf die Lebenszykluskosten wird durch Szenarienbildung möglich sein. Dies wird eine wirtschaftlichere Nutzung von Hochbau- und Infrastrukturbauwerken zur Folge haben.
- BIM und die Digitalisierung können zufolge der neuen erforderlichen Datenqualität zu einem Mehraufwand in der Planung führen. Dadurch kommt es in der Planung, aber auch in allen anderen Phasen der Projektumsetzung zur Standardisierung und zu einem ganzheitlichen Verständnis von Prozessen.
- Die Digitalisierung wird neue qualitativ hochwertige Arbeitsplätze schaffen, jedoch muss die Ausbildung noch entsprechend überarbeitet werden.
- Die Digitalisierung wird das papierlose Büro und die papierlose Baustelle ermöglichen.
- BIM kann multidimensionale Sprünge in Planung und Konstruktion vermeiden.
- Aufgrund der besseren Planung von Bauvorhaben und eines konsistenten Datenmodells kann z. B. die E-Mail-Flut gestoppt werden.
- Die Abwicklung des Mängelmanagements und der Baubesprechungen wird sich viel effizienter gestalten.⁴⁸

Als Risiken werden unter anderem folgende Punkte angesehen:

- Die große Menge an möglicherweise nicht handhabbaren Daten kann zumindest kurzfristig für „Chaos“ sorgen. Die Datenmenge ist nur sinnvoll, wenn sie gefiltert, ausgewertet und entsprechend wiederverwendet werden kann. Ansonsten hat man es mit einem von Menschen nicht erfassbaren oder nutzbaren Datenvolumen zu tun.
- Ein weiteres Risiko der Digitalisierung ist die Datensicherheit. Es gibt immer noch Probleme mit den Schutz- und Zugriffsrechten der Datenbanken.

⁴⁸ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 87

In Bezug auf die mangelnde Datensicherheit wird auf die bestehende Gefahr von Cyberangriffen hingewiesen.

- Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Verfügbarkeit von Daten. Die Daten müssen langfristig zugänglich, nutzbar und kompatibel mit verschiedenen Programmversionen und Datenformate bleiben.
- Die Digitalisierung könnte sich auf die menschlichen Beziehungen und die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten auswirken.
- Die Schulungen für das Personal, sowie die erforderlichen Softwareprogramme stellen besonders für die KMU ein Risiko dar. Wenn ein KMU die falsche Software auswählt, entstehen hohe Investitions- und Schulungskosten, die eventuell untragbar werden.
- Die Entwicklung zur Digitalisierung und insbesondere BIM in der Bauindustrie wird derzeit von Großunternehmen unterstützt. Dies könnte Wettbewerbsnachteile für die KMU bedeuten.
- In einigen Fällen wissen die Benutzer und die Auftraggeber noch nicht, wie sie das Thema Digitalisierung und BIM handhaben sollen.
- Die Normung und Standardisierung ist bei weitem nicht beendet und es gibt keine gültigen universellen, konsistenten Standards.
- Die fragmentierte Baulandschaft hat die Verlangsamung der Digitalisierung zur Folge.
- Im Bereich Digitalisierung und BIM ist die Ausbildung derzeit nicht konsistent. Es besteht ein großer Mangel an zertifizierten Aus- und Weiterbildungsprogrammen.
- Die Softwarekompatibilität ist noch nicht gegeben. Derzeit ist die Marktsituation so, dass Programmmanager immer mehr Programme als SaaS-Modelle anbieten.
- Wer technologische Entwicklungen ablehnt, schafft einen Retentionseffekt bei der Digitalisierung. Gleichzeitig fehlt es manchmal an Kreativität, um bestehende technische Probleme zu lösen.
- Offene Fragen bezüglich der Haftung müssen noch geklärt werden.⁴⁹

⁴⁹ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 87-88

3.2 Entwicklung von BIM

“Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition.”⁵⁰

Seit der Entstehung der Idee von Building Information Modeling (BIM) bis hin zur Ausführung des BIM mussten einige Jahre vergehen. 1992 wurde zum ersten Mal der Begriff BIM von Professoren, wie Nederveen und Tolman der TU Delft in den Niederlanden geprägt. Es ist kaum möglich eine definierte Linie in der gedanklichen Entwicklung des BIM zu finden, da schon viel früher in unterschiedlichen Publikationen (z.B.: Douglas C. Englebart, 1962) Gedankenzüge von BIM erschienen sind. Auch Begriffe wie „Building Product Models“ und „Product Information Models“ kamen zusätzlich zum BIM auf.

Aufgrund fehlender BIM-fähiger Software fand die Umsetzung der Idee nur zögerlich statt. In den 1970er und 1980er Jahren erfolgte die Entwicklung erster dreidimensionaler Visualisierungsprogramme wie „Constructive solid geometry“ (CSG) und „boundary representation“ (brep). Leonid Raiz und Gábor Bojár brachten im Jahr 2000 „Revit“, eine BIM-Software, auf den Markt. Autodesk fing mit der Bewerbung des Produktes an, nachdem es 2002 die Firma von Raiz und Bojár aufkaufte. 2003 war die Popularität des BIMs durch Autodesk enorm gestiegen. BIM steht heute noch mit der Firma Autodesk in Zusammenhang. Dadurch, dass das Thema BIM auch für andere Softwareanbieter von Bedeutung ist, hat Autodesk keine Monopolstellung mehr auf diesem Gebiet.⁵¹

3.3 Anwendung von BIM

Im deutschsprachigen Raum ist die Anwendung von BIM noch begrenzt. Diese Situation wird verstärkt, durch den Mangel an Richtlinien und Auftraggeber (AG), die BIM in ihren Projekten fordern. Große Firmen wie z.B. STRABAG bemühen sich durch Pilotprojekte BIM in der Praxis anzuwenden und Verfahren zu entwickeln, wie man wirtschaftlich damit arbeiten kann. Eine weitere Problematik stellt der Softwaremarkt dar. Die angebotenen Software-Programme haben begrenzte Funktionen und werden auch meistens für spezielle Anwendergruppen hergestellt. Des Weiteren fehlen auch leistungsfähige Schnittstellen die es ermöglichen, dass unterschiedliche Planer mit deren jeweiligen Softwarelösungen zusammen am selben Modell arbeiten können.

⁵⁰ <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>. Datum des Zugriffs: 06.05.2018

⁵¹ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 3–5

BuildingSMART leistet einen großen Beitrag zur Lösung der Schnittstellenproblematik, mit der Einführung von IFC (Industry Foundation Classes). IFC stellt ein Datenschema für die gemeinsame Nutzung von Bau- und Facilitymanagementdaten über verschiedene Anwendungen dar. Dabei handelt es sich um ein objektorientiertes Datenschema, das auf Klassendefinitionen basiert. IFC repräsentiert Objekte wie Gebäudeelemente, Räume, Eigenschaften, Formen usw., die von verschiedenen BIM-Softwares verwendet werden, die im Bau- oder Facilitymanagement Verwendung finden.⁵² 2013 wurde der Standard IFC4 als ISO-Standard festgesetzt. IFC ist mittlerweile kompatibel mit den meisten BIM-fähigen Softwares und ermöglicht die Abwicklung von Projekten mittels Open BIM. Ein großes Defizit von IFC stellt die Abstinenz von Kosten und Zeitfaktoren dar. Momentan beinhaltet IFC nur geometrische Daten. Um dieses Defizit von IFC zu überwinden, hat buildingSMART eine neue Technologie auf den Markt gebracht, das den Namen bSDD (Building SMART Data Dictionary) trägt.

Das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) ist eine Bibliothek von Objekten und deren Attributen. Es wird verwendet, um Objekte in der gebauten Umgebung und ihre spezifischen Eigenschaften unabhängig von der Sprache des Benutzers zu identifizieren. Das Data Dictionary ist offen, international und ermöglicht es einerseits Architekten, Ingenieuren, Beratern, Eigentümern und Betreibern und andererseits Produktherstellern und Lieferanten Produktinformationen auszutauschen. Diese Datenbank erweitert IFC des Weiteren um Begriffe, Definitionen und Abhängigkeiten.

Das Ganze lässt sich über eine sogenannte GUID (Global Unit Identification) implementieren, die einen 36-stelligen alphanumerischen Code darstellt. Mit Hilfe des 36-stelligen Codes sollen elementspezifische Daten definiert werden.

Eine weitere Problematik von BIM stellt die beachtliche Datenmenge dar. Um mit derartigen Datenmengen Arbeiten zu können, bedarf es einer schnellen und leistungsfähigen Hardware. Diese Anforderungen sind für den heutigen Markt realisierbar, allerdings weisen die Datensicherung und der Datenaustausch Problemzonen auf.

Ein ausschlaggebender Grund wieso BIM so gescheut wird, ist der Datenschutz. Viele Unternehmen haben Angst, dass die erarbeiteten Marktvorteile mittels interner Informationen wie z.B.: Preise, Leistungs- und Aufwandswerte (AW), in einem Modell, wo verschiedene Fachkräfte aus unterschiedlichen Firmen zusammenarbeiten, an die Konkurrenz verloren gehen können.

Weiteres stellt sich das Problem der Akzeptanz von BIM seitens der im Bauwesen agierenden Fachkräfte. Altbewährtes wird neuen Techniken und Innovationen vorgezogen. Dazu kommt noch, dass BIM mit einem hohen Kosten und Zeitaufwand verbunden ist z.B. von der Softwarebeschaffung, bis hin

⁵² Vgl. <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/faq/faq-general-questions#Q3>

zu Mitarbeiterschulungen und der Einbettung der BIM-Methode in die vorhandenen Arbeitsprozesse des Unternehmens. Dies sind Hürden, die es zu bewältigen gilt. Deswegen wird es eine gewisse Zeit brauchen bis ein Paradigmenwechsel in der Bauindustrie stattfinden und die BIM-Methode ganzheitlich und nutzbringend eingesetzt wird.

Mittlerweile haben sich verschiedenste Verfahren und Regelwerke entwickelt, die versuchen Struktur in das Arbeiten mit BIM zu bringen. Eine grobe Aufgliederung wird in den folgenden Abschnitten dargestellt.⁵³

3.4 Normung

In diesem Abschnitt geht es um die aktuelle österreichische Norm zur Digitalisierung im Bauwesen. Des Weiteren wird auf die Normungsbestrebungen der EU zum Thema BIM eingegangen. Für genauere Informationen von ausgewählten Länder wird auf die jeweiligen Normen verwiesen.

3.4.1 Österreichische Normungsgrundlage für BIM

Austrian Standards beschäftigt sich derzeit mit der Entwicklung der neuen BIM Norm. Diese Norm wird auf die bereits bestehenden Standards IFC und bSDD aufgebaut und soll eine Basis für die zukünftige BIM-Planung darstellen. Diese Normen tragen den Titel:

ÖN A 6241-1 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 1: CAD-Datenstrukturen und Building Information Modeling (BIM) – Level 2: 2015-07-01“

ÖN A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM: 2015-07-01“

Die ÖNORM A 6241-1 regelt den Datenaustausch und die Datenhaltung von Bauwerksinformationen des Hochbaus und verwandter Tiefbaukonstruktionen. Unter den Bauwerksinformationen sind die Informationen gemeint, die während der Planung sowie nachfolgend für das Facilitymanagement von Bedeutung sind. Es wurden auch die alphanumerischen Daten des Gebäudemodells berücksichtigt. Hier kommt es auch zur Festlegung der wichtigsten Begriffe, Strukturen und Darstellungsgrundlagen, die für den Datentransfer von 2D CAD Dateien und BIM von Bedeutung sind.

Die ÖNORM A 6241-2 regelt wie ein einheitliches, mehrdimensionales Datenmodell für Hochbau- und verwandte Tiefbaukonstruktionen technisch umgesetzt werden soll. Des Weiteren wird hier der Austausch von grafischen Daten und deren Sachdaten basierend auf bSDD und IFC geregelt.⁵⁴

⁵³ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 5-9

⁵⁴ Vgl. <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 22.02.2018

3.4.2 BIM Normung – EU und International

„Am 15.1.2014 empfahl das Europäische Parlament, das Vergaberecht der Europäischen Union zu modernisieren, indem der Einsatz von computergestützten Methoden wie Building Information Modeling (BIM) zur Vergabe von öffentlichen Bauaufträgen und Ausschreibungen empfohlen wird.“⁵⁵

Das Normungsgremium CEN/TC 442 „BIM“ wurde auf europäischer Ebene im Jahr 2015 gegründet. Ziel des Komitees ist es eine strukturierte Reihe von Standards und Berichten zu entwickeln. Darin sollen die Systeme zur Definition, Beschreibung, zum Austausch, zur Überwachung und Aufzeichnung von Bestandsdaten, sowie der Umgang mit derartigen Daten festgelegt werden.⁵⁶

Das Komitee besteht aus vier Gruppen:

- „Strategy and planning“
- „Exchange Information“
- „Information delivery specification“
- „Data dictionary“

Die Gruppe „Information delivery specification“ wird von Österreich geleitet und befasst sich mit der Frage „Wer liefert was, wann, in welcher Qualität und wer hat es zu prüfen?“⁵⁷

- Deutschland: ab 2020 soll laut dem Stufenplan des BMVI der verpflichtende Einsatz von BIM für alle neuen öffentlichen Infrastrukturprojekte erfolgen.⁵⁸
- Norwegen: bei öffentlichen Bauprojekten verlangt die Baubehörde die Anwendung von BIM basierend auf dem IFC-Format.⁵⁹
- Vereinigtes Königreich: Seit 2016 verlangt die britische Regierung, dass öffentliche Bauvorhaben mittels BIM ausgeschrieben und ausgeführt werden (Norm: British BIM Standard BS 1192:X).⁶⁰

⁵⁵ <https://www.baulinks.de/bausoftware/2014/0024.php4>. Datum des Zugriffs: 29.07.2018

⁵⁶ Vgl. <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/europaeische-gremien/wdc-grem:din21:234153021>. Datum des Zugriffs: 29.07.2018

⁵⁷ Vgl. <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 22.02.2018

⁵⁸ Vgl. BMVI: Stufenplan Digitales Planen und Bauen, Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien, bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken S. 5

⁵⁹ Vgl. STATSBYGG: Statsbygg BIM Manual 1.2.1 Statsbygg Building Information Modelling Manual. Manual. S. 11

⁶⁰ Vgl. HM GOVERNMENT: Industrial strategy: government and industry in partnership, Building Information Modelling S. 6

3.5 Dimensionen von BIM

BIM-Modelle werden als multidimensionale Informationsmodelle konstruiert, die über geometrische Dimensionen hinaus zusätzliche Informationsebenen enthalten können.⁶¹ Ein Überblick über die jeweiligen Dimensionen findet sich im Abschnitt 3.5.1 bis 3.5.7

3.5.1 3D-BIM

Unter einem 3D-BIM versteht man, eine CAD Zeichnung mit den Koordinaten (x,y,z) von einem auszuführenden oder ausgeführten Projekt. Im Gegensatz zu den klassischen 2D-Plänen, bietet das 3D-Modell klare Vorteile. Wie z.B. die schnelle und exakte Berechnung der Flächen [m²], Volumina [m³] und Massen [t], vorausgesetzt man hat fehlerfrei gezeichnet. In Hinblick auf das Planzeichnen wird hier die Problematik der nichtübereinstimmenden Schnitte mit dem Grundriss eliminiert.

3.5.2 4D-BIM

Neben den Koordinaten (x, y, z) beinhaltet das 4D-BIM auch die Komponente „Zeit“. Die Verknüpfung des 3D-Modells mit dem Terminplan bzw. der Bauteile mit deren Vorgangsdauern sollte in der Form erfolgen, dass alle bauwerkspezifischen, technologischen, baubetrieblichen und fertigungstechnischen Abhängigkeiten berücksichtigt werden. Das Ziel hierbei ist einen möglichst realitätsnahen Bauablauf abbilden zu können.

3.5.3 5D-BIM

Das 5D-BIM stellt die Verknüpfung des 4D-BIM's mit den Kosten dar. Da die Flächen [m²], Volumina [m³], Massen [t] der einzelnen Bauteile und die Dauer [d] der einzelnen Prozesse bereits in einer Datenbank vorhanden sind, kann man in einer sehr frühen Projektphase einen Kostenüberblick erlangen und darauf Einfluss nehmen.⁶²

3.5.4 6D-BIM

Unter 6D-BIM versteht man die Nachhaltigkeitsbewertung des Bauwerks. Dabei wird versucht den Energiebedarf eines Bauwerks von der Erstellung, Betrieb, Instandhaltung bis hin zur Wiederverwendung, des Abrisses und der

⁶¹ Vgl. <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/modelle/welche-dimensionen-hat-ein-bim-modell-5269413>. Datum des Zugriffs: 07.05.2018

⁶² Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 9

Entsorgung akkurat in einem frühen Planungsprozess zu ermitteln. Die Vorteile von der Implementierung eines 6D-BIM wären eine allgemeine Verringerung des Energiebedarfs eines Bauwerks.⁶³

3.5.5 7D-BIM

Beim 7D-BIM werden wesentliche Aspekte des Facilitymanagements (FM) berücksichtigt. Unter FM wird die Bewirtschaftung und Verwaltung von Einrichtungen, Gebäuden, Grundstücken und Anlagen verstanden. Das Verwalten von Bauwerken bringt sehr komplexe Planungs-, Organisations-, Koordinations-, Kontroll- und Steuerungsanforderungen mit sich. Der Einsatz von 7D-BIM soll zu einem schnelleren und einfacheren Austausch von Ersatzteilen, einer besseren Akzeptanz von neuen Geräten und Systemen sowie einem optimierten Anlagemanagementsystem führen.⁶⁴

3.5.6 8D-BIM

Unter 8D-BIM wird angedacht die Chancen- und Risikoanalyse zu berücksichtigen. Es sollen die Chancen- und Risikoverhältnisse automatisch berechnet werden und den jeweiligen Parametern zugeordnet werden. Dadurch soll die Erfassung und Bewertung von kritischen Vorgängen verbessert werden. Falls es im Zuge der Chancen- und Risikosimulationen zu unterschiedlichen Bauzeiten kommen sollte, sollen für alle möglichen Ergebnisse auch Chancen- und Risikoanalysen durchgeführt werden.⁶⁵

3.5.7 9D-BIM

Das 9D-BIM beabsichtigt die in der Realität auftretenden Nichtlinearitäten zu berücksichtigen. Bei der Realisierungsphase beispielsweise gilt es Grenzgrößen für die Produktivitätsfaktoren zu definieren. Diese Grenzgrößen stellen Werte dar, mit welchen die Normalproduktivität berechnet werden kann. Bei Über- oder Unterschreitung der Grenzgrößen werden Produktivitätsverluste auftreten. Die entstandenen Nichtlinearitäten sind mittels Straffunktionen zu berücksichtigen. Diese Straffunktionen sollen zu Aufwandswerterhöhungen im BIM führen, falls in der Realität Produktivitätsverluste auftreten. Durch Berücksichtigung nichtlinearer Beziehungen können Produktivitätsverluste in die Berechnungen einbezogen werden. So soll eine realitätsnahe Darstellung der

⁶³ Vgl. <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d--5d--6d--7d.html>. Datum des Zugriffs: 21.05.2018

⁶⁴ Vgl. <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d--5d--6d--7d.html>. Datum des Zugriffs: 21.05.2018

⁶⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 103

zukünftigen Produktionsfaktoren und deren Kostenauswirkung gezeigt werden.⁶⁶

3.6 Strategien von BIM

Die in diesem Abschnitt angeführten Unterpunkte stellen verschiedenen Strategien dar, wie BIM in einem Planungsbüro bzw. in einer Baufirma implementiert werden kann. Die Entscheidung, welche von den Strategien ausgewählt wird, ist von Faktoren abhängig wie z.B.: Art der Projekte, Datenschutz, langfristige Ziele des Planungsbüros bzw. Bauunternehmens etc.

3.6.1 Closed BIM

Beim Closed BIM handelt es sich um ein geschlossenes System. Das bedeutet man kann nur mit bestimmten Softwarepaketen und Elementkatalogen arbeiten. Diese Softwarepakete sind aufeinander abgestimmt und sollten keine Schnittstellenprobleme aufweisen. Solche Systeme sind bei Baufirmen und Bauherren anzutreffen, die regelmäßig Projekte mit BIM abwickeln und sich nicht bei jedem Projekt auf eine neue Software einstellen möchten. Der Nachteil dieser Verfahren wird ersichtlich, wenn man mit anderen Planungsbüros in Verbindung steht, die nicht mit dem gleichen System arbeiten. Diese Planungsbüros benutzen andere Softwarepakete, die ihren professionellen Bedürfnissen entsprechen. In diesen Fällen, wo jeder der Beteiligten andere Systeme und Softwarepakete benutzt, die nicht miteinander kompatibel sind, kommt es zu Performanceproblemen innerhalb der Projektplanung und Ausführung. Ein weiteres Problem vom Closed BIM stellt sich dann heraus, wenn alle auf der gleichen Plattform arbeiten. In so einem Fall ist man von der Effizienz und Qualität der Software eines Dritten abhängig und was der Softwareanbieter für wichtig ansieht, muss nicht notwendigerweise das sein, was von den Nutzern gebraucht wird.⁶⁷

3.6.2 Open BIM

Open BIM stellt einen neuen Ansatz dar, der sich mit der Problematik der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Planungsbeeteiligten befasst. Die Basis von Open BIM stellt eine Arbeitsweise dar, die softwareunabhängig ist. Alle, die an einem Bauprojekt beteiligt sind, können mit ihrer fachspezifischen Software am gleichen Modell arbeiten, ohne auf Kompatibilitätsprobleme zu stoßen. Um Open BIM zu ermöglichen, wurde das

⁶⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 103

⁶⁷ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau. Mit BIM und Lean Management. S. 128

Datenformat „IFC“ entwickelt, dass einen reibungslosen Datenaustausch zwischen verschiedenen Softwares ermöglichen soll. Open BIM ist die Alternative, wenn projektbedingt immer neue Planungsteams miteinbezogen werden müssen.⁶⁸

3.6.3 Little BIM

Little BIM stellt die Nutzung von BIM in einer sehr begrenzten Art und Weise dar. Hierbei benutzt der AG oder AN das erzeugte Modell nur für interne Zwecke. Es wird mit der internen Software und dem internen Elementkatalog gearbeitet. Die Vorteile vom Little BIM sind die Datensicherheit und die Routine der eigenen Planer. Dass man nicht das volle Potenzial von BIM ausschöpfen kann wie z.B. mit anderen externen Planern am gleichen Modell arbeiten, stellt einen Nachteil von Little BIM dar.⁶⁹

3.6.4 Big BIM

Unter Big BIM wird die firmen- und fachübergreifende Zusammenarbeit am Modell verstanden. Diese soll mit der Software von verschiedenen Herstellern möglich sein. Die Nutzung des Modells beschränkt sich nicht nur auf die Planungs- und Ausführungsphase, sondern auch auf die Betriebsphase durch das Facilitymanagement.⁷⁰

3.7 Ergänzende Technologien zum BIM

Augmented Reality, Virtual Reality und Merged Reality sind Technologien, die ein immersives Erlebnis von BIM ermöglichen.

3.7.1 Augmented Reality – AR (erweiterte Realität)

Augmented Reality (erweiterte Realität) stellt eine Technologie dar, welche es ermöglicht in einem realen Umfeld, virtuelle Elemente mithilfe von einem Computer einzufügen.⁷¹ Augmented Reality erweitert die Wahrnehmbarkeit der Realität. So könnte man es in Zusammenhang mit BIM verwenden, um während der Bauarbeiten z.B. die Wände in 3D vor sich auf der Baustelle zu sehen oder während des Betriebs um z.B. Leitungen oder Stromkabel innerhalb der Wände zu sehen.

⁶⁸ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau. Mit BIM und Lean Management. S. 129

⁶⁹ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 11

⁷⁰ Vgl. <https://www.xing.com/communities/posts/was-ist-little-bim-und-big-bim-1011494595>. Datum des Zugriffs: 06.05.2018

⁷¹ Vgl. SCHUEFFEL, P.: The Concise FINTECH COMPENDIUM. S. 2

3.7.2 Virtual Reality – VR (virtuelle Realität)

Im Gegensatz zur Augmented Reality erzeugt Virtual Reality eine virtuelle Welt. Eintritt in diese wird durch Bildschirme oder elektronischer Brillen erreicht. In Zusammenhang mit BIM könnte man in dieser virtuellen Welt potenziellen Kunden virtuelle Führungen durch die noch nicht gebauten Räume ermöglichen.

3.7.3 Merged Reality – MR (überlagerten Realität)

In der überlagerten Realität (manchmal hybride Realität genannt) wird virtueller Inhalt nicht nur mit der realen Umgebung überlagert (wie in der erweiterten Reality), sondern ist mit dieser Umgebung verankert und interagiert mit dieser. Vereinfacht gesagt, können in der überlagerten Realität virtuelle Objekte genau so gesehen werden wie in der erweiterten Realität, jedoch können diese Objekte auch mit der realen Welt interagieren. In gewissem Sinne ist die überlagerte Realität eine immersive und interaktive Art der erweiterten Realität.⁷² Bild 14 zeigt eine schematische Darstellung von VR, AR und MR zu sehen.

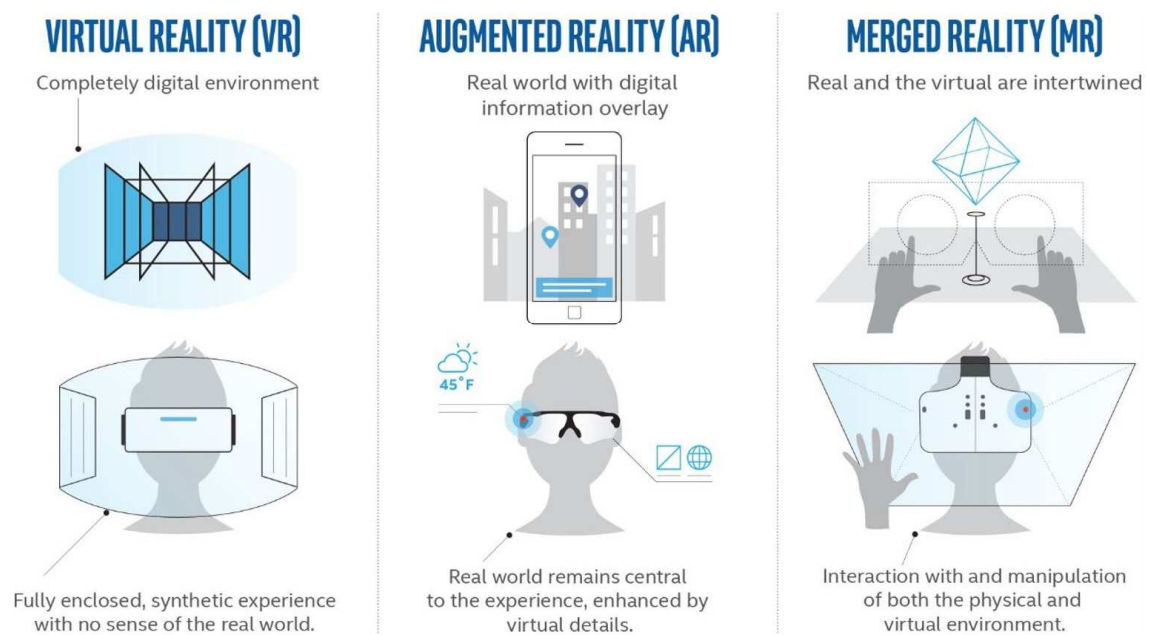


Bild 14: VR, AR und MR⁷³

⁷² Vgl. <https://www.upwork.com/hiring/for-clients/vr-vs-ar-vs-mr-differences-real-life-applications/>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018

⁷³ <https://www.upwork.com/hiring/for-clients/vr-vs-ar-vs-mr-differences-real-life-applications/>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018

3.8 Nutzen von BIM

In diesem Abschnitt wird auf die Implementierung und den Mehrwert von BIM sowie die Grundlagen wie in einem Unternehmen BIM eingeführt und angewendet werden kann eingegangen. Der wesentliche Nutzen von BIM ist:

- Transparenz und Qualität der Projektdaten
- Höhere Planungssicherheit
- Automatische Prüfung und Auswertung von Projektdaten
- Nutzung der Projektdaten über die geplante Nutzungsdauer des Bauwerks

Bei der herkömmlichen Vorgehensweise wird während der Planung von Bauprojekten eine enorme Anzahl an Dokumenten generiert. Dies führt zu Unstimmigkeiten, Unklarheit und, demzufolge, auch zu Fehleranfälligkeit.

Durch den Einsatz von BIM gestaltet sich der Informationsaustausch sowie die Integration von AG, Nutzer und Nichtfachleuten in den ersten Phasen des Planungsprozesses als erfolgreicher. So können bereits in der Anfangsphase des Bauvorhabens die Informationen anschaulicher dargestellt werden. Es können bereits in einer sehr frühen Planungsphase Aussagen bezüglich ungefähren Kosten und Energiebilanzen getroffen werden.

Widerspruchsfreie Planungsunterlagen werden durch den Einsatz von BIM grundsätzlich greifbar. Da alle notwendigen Pläne und Bauteillisten in korrespondierenden Fachmodellen abgelegt sind, fällt die Notwendigkeit der Erstellung von 2D Plänen und zahllosen Dokumenten (Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Details, Tür- und Fensterlisten etc.) aus. So kann z.B. die Änderung einer Tür im Modell, die automatische Änderung von der Türliste bis hin zu den Plänen haben. Es erfolgt auch eine wesentlich bessere Unterstützung der gewerkübergreifenden Änderungen.⁷⁴

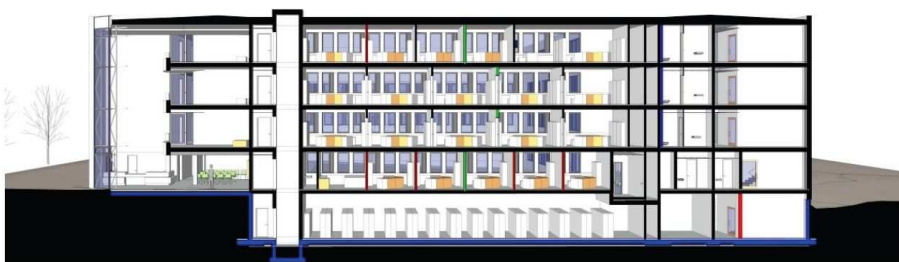


Bild 15: Schnitt aus einem BIM-Modell⁷⁵

Die systematische Auswertung von Daten wie z.B. Energieeffizienz, Flächenachweise, Schallschutz, Barrierefreiheit, Brandschutz. kann durch die Auf-

⁷⁴ Vgl. EGGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.S. 76-78

⁷⁵ EGGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.S. 78

nahme von numerischen Informationen im BIM unterstützt und in einem Auswertungsmodell dargestellt werden. Mengen- und Massenermittlung, Kalkulation, Bauteillisten und Terminplanungen werden durch das Hinzufügen von alphanumerischen Daten wie z.B. Kosten, Material, Herstellerinformationen vom BIM unterstützt und automatisch ausgewertet. Folglich führt das zu einer Erhöhung der Transparenz für alle Beteiligten und zur Minimierung der Fehleranfälligkeit.⁷⁶

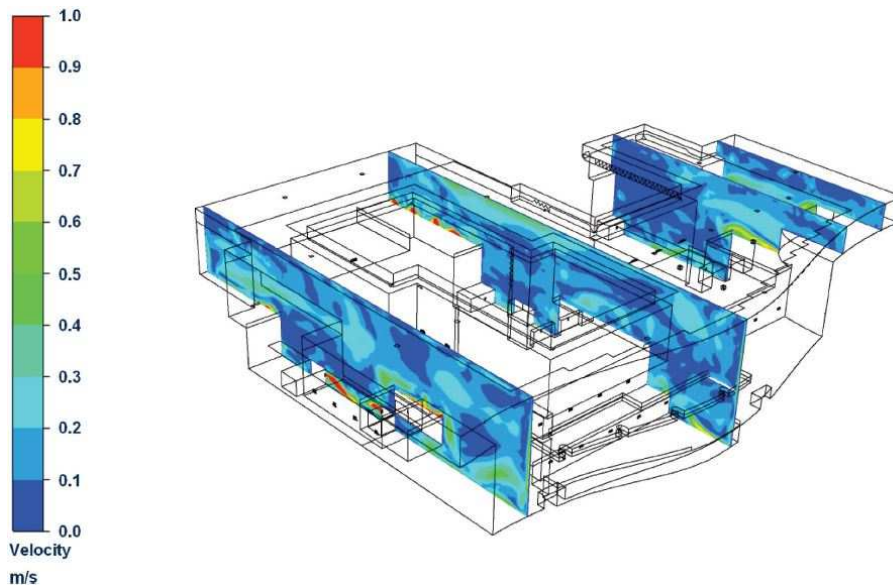


Bild 16: Strömungsanalyse im BIM⁷⁷

BIM stellt eine Methode dar die eine widerspruchsfreie Planung ermöglicht. Diese Widerspruchsfreiheit wird durch die Zusammenführung von 3D Fachmodellen in einem zentralen Gesamtmodell erreicht. Planungsfehler und andere Unstimmigkeiten können in einem wesentlich früheren Stadium erkannt und behoben werden. Folglich führt das zu weniger Problemen während der Ausführung, die gelöst werden müssen und Mehrkosten werden reduziert.

Einen wichtigen Bestandteil der BIM-Methode stellt die Kollisionsprüfung dar. Die Kollisionsprüfung gewährleistet, dass an jener Stelle, wo sich bereits ein Körper befindet, kein weiterer eingefügt werden kann. Damit kann sichergestellt werden, dass sich z.B. keine Elemente des TGA-Fachmodells mit Elementen des Architekturmodells überschneiden.

⁷⁶ Vgl. EGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.S. 78

⁷⁷ EGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.S. 78

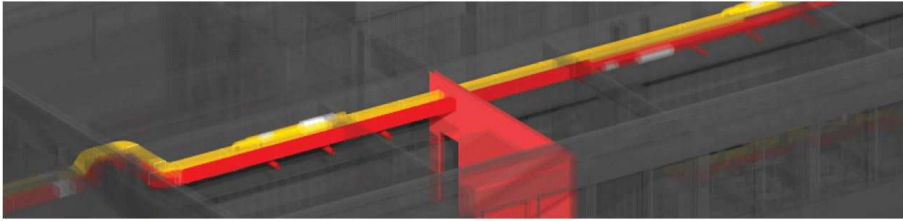


Bild 17: Kollisionsüberprüfung zwischen Architektur- und Lüftungsmodell⁷⁸

Planungsfehler können mittels der Kollisionsprüfung in einem sehr frühen Stadium der Planung eruiert werden. Solche Planungsfehler können viel leichter behoben werden und verursachen weitaus weniger Kosten, wenn sie nicht erst während der Ausführung entdeckt werden siehe Bild 18.

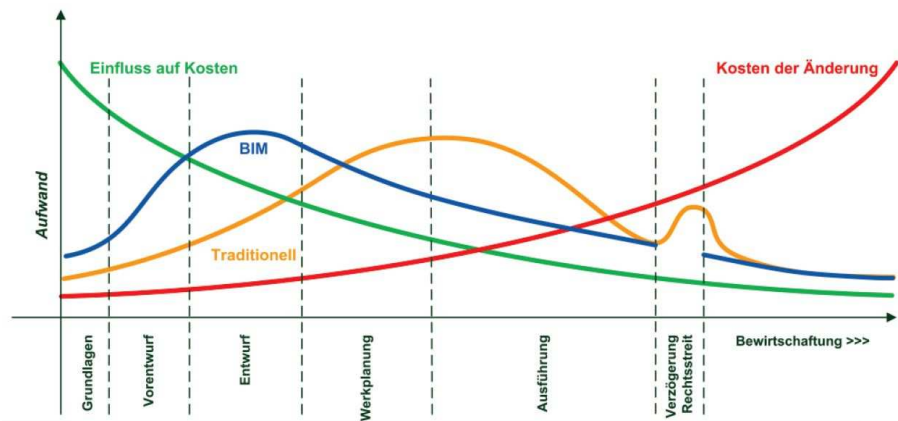


Bild 18: Aufwandsverlagerung und Einfluss auf die Kostenentwicklung⁷⁹

Auch über die Planungsphasen hinaus bietet BIM eine sinnvolle Unterstützung für das Facilitymanagement. Auf diese Weise werden nutzungsrelevante Daten, wie die Nutzung der Räume und andere mieterbezogene Daten integriert. Dies bedeutet, dass BIM während des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks effizient genutzt werden kann.⁸⁰

3.9 Die digitale Bauindustrie – Roadmap

Um die Digitalisierung in der Österreichischen Bauindustrie voranzutreiben, sowie die Akzeptanz von BIM unter den heimischen Baufirmen, Planungsbüros und Auftraggebern zu erhöhen wurde eine Studie „Potenziale der Digitali-

⁷⁸ EGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.S. 80

⁷⁹ LIEBICH, T.; SCHWEER, C. S.; WERNIK, S.: Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung. Schlussbericht. S. 7

⁸⁰ Vgl. EGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.S. 79-80

sierung im Bauwesen“ vom Bauministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der WKO in Auftrag gegeben. Ziel der von Prof. Gerald Goger, von der Technischen Universität Wien, durchgeführten Studie war es, den Status quo der Digitalisierung in der Bauindustrie und die dadurch entstandenen Chancen und Risiken aufzuzeigen. Zusätzlich stand auch die Entwicklung einer Zeitschiene (siehe Bild 19) mit zielgerichteten Maßnahmen im Fokus, um die Beteiligten der Bauindustrie Richtung Digitalisierung zu lenken.⁸¹

3.9.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen zufolge der Digitalisierung im Bauwesen

Im Allgemeinen bedarf es eine Unterscheidung zwischen den Ansätzen für die Digitalisierung des Baugewerbes in Hoch- und Tiefbau Sektoren. Darüber hinaus sollte eine wichtige Unterscheidung zwischen öffentlichen und privaten Auftraggebern getroffen werden. Öffentliche Auftraggeber sind im Gegensatz zu privaten Auftraggebern in weit höherer Form an das öffentliche Vergaberecht gebunden. Im privaten Sektor der Vergabe überwiegen ökonomische Kosten-Nutzen-Betrachtungen. Dies führt dazu, dass private Auftraggeber bei der Auswahl des Vertragspartners wesentlich flexibler sind. Die Anforderungen an das Bauvorhaben können schnell formuliert und umgesetzt werden. Alternative Vertragsmodelle können auch in der Praxis umgesetzt werden - ohne die Auflagen des Bundesvergabegesetzes. Vorteile im öffentlichen Sektor liegen in der Infrastruktur. Hier besteht die Chance einer standardisierten Digitalisierung von Bauprozessen.

Die Funktionsweise der internationalen Normierung bezüglich Digitalisierung und BIM erfolgt durch buildingSMART, die einen Standard festsetzen. Dieser Standard wird von der ISO und CEN aufgenommen, überarbeitet und schließlich auf die nationale Normung implementiert. Wichtig ist jedoch eine nationale Koordination in Österreich. Außerdem scheint ein standardisierter Ansatz auf nationaler Ebene von Vorteil zu sein. Derzeit gibt es noch keine datengetriebenen Systeme und Modelle. Weiters muss noch eine standardisierte EU-Richtlinie bezüglich Digitalisierung in der Bauwirtschaft und BIM erarbeitet werden.

Es wird Zeit brauchen, bis die Normung und Gesetzeslage abgeschlossen ist. Deswegen muss das Endziel, dass als „Big Open BIM“ definiert ist klar erkennbar sein. Es ist anzumerken, dass der derzeitige Stand der Entwicklung nicht praktikabel ist, aber die Bemühungen der internationalen Normungsgremien müssen weiterhin durch den politischen Willen unterstützt und gefördert werden. Es bedarf größerer Investitionen in die Grundlagenforschung, um das

⁸¹ Vgl. MESSNER, S.: Roadmap zur digitalen Baubranche. S. 8-9

langfristige Endziel von Big Open BIM in einer organisierten Form zu erreichen. Die Entwicklung und Implementierung von Übergangslösungen wie z.B. Little BIM widerspricht nicht dem Hauptziel, sondern dient der Gewinnung von wichtigen Erkenntnissen.⁸² Um Open Big BIM zu implementieren, sollten folgenden Themen berücksichtigt werden:

- Formulierung einer Strategie
- Initiierung von Pilotprojekten
- Definition von Standards und Prozesse
- Daten und Informationen erfassen
- Aufbau einer IT-Infrastruktur
- Qualifizierung und Förderung der Menschen

Eine einzigartige Möglichkeit, um die Arbeitsverträge, Ausschreibungsbedingungen und Verträge im Allgemeinen zu überdenken und zu vereinfachen legt die Digitalisierung vor.

Die Datensicherheit stellt einen maßgeblichen Faktor für die Akzeptanz von digitalen Bauvorhaben dar. Voraussetzung um effizientes Bauen zu ermöglichen, stellt die kontinuierliche Datenkette dar. Dennoch sind Themen wie Datensystematik, Datenqualität, ständige Verfügbarkeit sowie die langfristige Nutzbarkeit von Daten noch nicht bewältigte Herausforderung für die Digitalisierung.

Zur Sicherstellung der Datenverfügbarkeit über Generationen ist eine ständige Aktualisierung von Datenbanken und Softwareprogrammen unabdingbar. Zuzufolge der exponentiellen Entwicklung der Technologie muss gewährleistet werden, dass die gewonnenen Daten ständig verfügbar und modifizierbar sein sollten.

Problematisch ist es momentan für die neuen Berufsrollen, wie z.B. „BIM-Koordinator“ oder „BIM-Manager“. Es herrscht ein erheblicher Mangel an Universitätslehrgängen. Intermediäre Lösungen für dieses Problem wären Geschäftspartnerschaften sowie Ausbildung am Arbeitsplatz und digitale Praktika. Folglich müssen allgemein anerkannte Ausbildungsstandards gebildet werden. Dieses Problem könnte durch ein national koordiniertes Ausbildungssystem gelöst werden, dass auf allen erforderlichen Ausbildungs- und Lehr-ebenen integriert wird.⁸³

⁸² Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 98

⁸³ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 99

3.9.2 Kompatibilität von Softwareprogrammen

Durch die Kompatibilität von Softwareprogrammen wird eine kontinuierliche Datenkette durch die Planungs-, Bau- und Betriebsphasen eines Bauvorhabens verstanden. Darunter fällt die Schnittstellenproblematik, die Entwicklung eines Merkmalservers sowie die bessere Integration von Facility Management in einem früheren Projektstadium.

Der Aufbau eines Merkmalservers ist ein zentrales Thema für Big Open BIM, besonders im Zuge der Angebot-Vergabe-Vertrag-Abrechnung. Dieses Thema muss auf mehreren Ebenen koordiniert angegangen werden:

- Internationaler Property Server bei bSI⁸⁴
- Nationaler Property Server – abgestimmt auf nationale Normung und Gesetze
- Industrie Server für Auftragnehmer, Lieferanten, Konsulenten

Ein derartiger Merkmalserver soll als eine neutrale Datenbank gesehen werden. Die Zusammenarbeit in einem fachübergreifenden Bauwerksmodell ist ohne einen standardisierten Merkmalserver nicht möglich. Der Merkmalserver sollte benutzerfreundlich sein. Außerdem muss er entsprechend einer Standard-Leistungsbeschreibung funktionieren und soll neutrale Vergabeverfahren möglich machen. Andere Länder wie Deutschland und die Schweiz entwickeln zurzeit ihre eigenen Merkmalserver. Insofern wäre eine einheitliche Linie in Österreich anzustreben. Laut der Studie „Potentiale der Digitalisierung im Bauwesen“ wird empfohlen, den österreichischen Merkmalserver als Teil von Austrian Standards zu definieren, da diese eine anerkannte und unbestrittene nationale Stelle ist, die eine neutrale Wartung sicherstellt. Der Merkmalserver muss sowohl national sein, um konform mit den nationalen Standards und Gesetzen zu sein, sowie international, um Projekte auf internationaler Ebene abwickeln zu können.

Ausschlaggebend für den Digitalisierungsprozess ist der Beginn in der Betriebsphase (Betrieb - Planung - Bau). Durch den Betrieb erhält man Benchmarks und Parameter, die in den frühen Phasen des Bauvorhabens benötigt werden, um dessen gesamten Lebenszyklus zu optimieren. Die ausschließliche Konzentration von BIM und Digitalisierung auf die Planungsphase ist eine Fehlentwicklung. Um die Vision einer vernetzten Baustelle zu verwirklichen, muss auch die Bauausführung und der Betrieb vermehrt digitalisiert werden.

Viele Prozesse verlaufen bereits digital in Bauprojekten. Die Problematik dahinter ist, dass all diese digitalen Prozesse kaum untereinander kommunizieren können. Des Weiteren sind nicht nur die Schnittstellen zwischen den Planungsprogrammen sicher zu stellen, sondern es bedarf auch Schnittstellen für alle Programme die bereits tag täglich bei Bauprojekten zum Einsatz kommen.

⁸⁴ buildingSMART International

Wesentliche Punkte der Digitalisierung sind die As-Built-Dokumentation in Zusammenhang mit den Schnittstellen zwischen Planen/Bauen und Nutzen/Betreiben, sowie die Verknüpfung von der Nutzen-/Betriebsphase mit der frühen Planungsphase. Der jetzige Stand mit den Punktwolken erfüllt bei weitem nicht die Bedürfnisse der Betreiber, die aussagekräftige Informationen bis hin zu klar definierten TAG-Materialien benötigen.⁸⁵

Das Facility Management erfordert jedoch nicht, dass alle Daten aus den früheren Projektphasen für den Betrieb zu Verfügung stehen, sondern nur rechtliche, wirtschaftliche und wartungsrelevante Daten. Um sicherzustellen, dass die erstellte Datenbank nicht als Datenfriedhof endet, müssen die für den Betrieb notwendigen Daten identifiziert, gesammelt, aufbereitet und dem Facility Management zur Verfügung gestellt werden. Ansonsten ist mit einer Überlastung der Nutzer zu rechnen und die Vorteile der Digitalisierung gehen verloren.

3.9.3 AVVA – Ausschreibung, Vergabe, Vertrag und Abrechnung

Die AVVA-Leistungskette gilt als Schlüsselement der Digitalisierung des Wertschöpfungsprozesses im Bauwesen und ist von grundlegender Bedeutung für den Erfolg der öffentlichen Auftraggeber, als auch der privaten Auftraggeber, wenn auch mit anderen Merkmalen. Faktoren wie Transparenz und Unanfechtbarkeit sind wichtige Kernpunkte bei öffentlichen Vergaben. Bei den privaten Vergaben stehen exklusiv wirtschaftliche Interessen im Mittelpunkt. Wichtige Punkte die geklärt werden müssen, sind unter anderem wann das BIM-Modell generiert werden soll und in welcher Form soll das generierte BIM-Modell in die AVVA-Leistungskette zwischen den Vertragspartnern übergeben werden, mit allen Folgen und Implikationen wie z.B. Schnittstellen, vollständiger Übertragung der Informationen, Lesbarkeit sowie Haltbarkeit der Daten, Datensicherheitsaspekte, rechtliche Aspekte und wirtschaftliche Aspekte.

Ein weiteres Potenzial der Digitalisierung in der Bauindustrie wird unter der Betrachtung der Baubegleitenden Planung ersichtlich. Die baubegleitende Planung stellt derzeit ein großes Hindernis im Projektmanagement dar und verursacht viele Probleme. BIM forciert ein fertiges Modell bevor mit der Ausführung begonnen wird, was zu signifikanten Effizienzgewinnen führt. Die Digitalisierung wird zu Veränderungen in den Projektentwicklungsmodellen führen, sowie in der AVVA- Leistungskette. International geht der Trend Richtung Planen und danach Bauen. Es wird ersichtlich, dass in der absehbaren Zukunft Ausschreibung- und Vergabeverfahren als ein Austausch von BIM-Modellen betrachtet werden. Die Angebote werden auf Basis der vom Auftraggeber zu Verfügung gestellten BIM-Modelle kalkuliert. Die Bieter werden in dem zur Verfügung gestellten BIM-Modell technisch-wirtschaftlichen Optimierungsvorschläge einarbeiten. Abschließend werden diese BIM-Modelle der

⁸⁵ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 100-101

Bieter auf dem Auftraggeber-Server hochgeladen (Angeboten) und auf dieser Basis wird der Bestbieter ermittelt werden. Wenn die Ausschreibung, die Vergabe, die Verträge, die Ausführung und die Abrechnung über BIM-Modelle geführt werden, kommt es nicht zu mengenbasierten Mehrkostenforderungen. Zukünftig sind zufolge der Anpassung der AVVA-Leistungskette an die digitale Bauwirtschaft neue Vertragsmodelle zu erwarten.⁸⁶

3.9.4 Veränderungen im Unternehmen zufolge der Digitalisierung

Die Digitalisierung bringt Transparenz mit sich. Die Frage die sich jetzt stellt ist, ob der Schutz von digitalem Wissen Wettbewerbsvorteile generieren kann? Mit dem Vorschreiten der Digitalisierung in der Bauindustrie wird der Datenaustausch und die damit verbundene Transparenz zum Status quo. Transparenz durch offene und systematische Daten ist einerseits eines der zentralen Ziele der Digitalisierung. Auf der anderen Seite erlaubt genau diese Datentransparenz unternehmensinterne Einblicke, die im Wettbewerb zu Nachteilen führen können. Die Verantwortung der Führungskräfte wird sein ein Gleichgewicht zwischen Transparenz und Datensicherheit herzustellen und zu bewahren, andernfalls wird der langfristige Erfolg gefährdet.

Die Digitalisierung fördert durch maßgefertigte Prozesse die Kreativität und steigert die Effizienz im Unternehmen. Prozesse stehen im Mittelpunkt der Digitalisierung. In Zukunft werden sie eher prozessorientiert und nicht mehr auf Projekte ausgerichtet sein. Klare und verständliche Prozesse sind entscheidend für den Erfolg.

Unternehmen sollten auf die folgenden Punkte besonderes Augenmerk legen:

- Datamanagementsysteme implementieren, um Datenfriedhöfe zu vermeiden.
- Unvollständige oder gar falsch Daten, Prozesse, Bestände etc. dürfen nicht digitalisiert werden.

In jedem Fall wird die Digitalisierung für viele Unternehmen eine Gelegenheit sein, Prozesse zu prüfen und zu optimieren.⁸⁷

3.9.5 Digitalisierung – Forschung und Entwicklung

In der österreichischen Bauwirtschaft gibt es derzeit einen großen Mangel an wissenschaftlich untersuchten Implementierungen von integrierten Digitalisierungsprozessen in Bauvorhaben. Die Punkte, die im Laufe dieses Abschnittes behandelt werden, sollten mittels Pilotprojekten entwickelt und auf ihre Implementierbarkeit geprüft werden. Nur Pilotprojekte, die in Zusammenarbeit mit

⁸⁶ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 100-102

⁸⁷ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 103

Universitäten wissenschaftlich begleitet werden, ermöglichen eine fundierte Erforschung der Prozesse der Digitalisierung in der Bauindustrie und fördern damit die rasche Umsetzung in Österreich.

Mit diesen Pilotprojekten können die wichtigsten Fragen zur Digitalisierung beantwortet werden:

- Welche Abläufe würden am meisten von der Digitalisierung profitieren?
- Was führt zu mehr Produktivität und Nutzen für die Beteiligten eines Bauvorhabens?
- Wie können Datenfriedhöfe vermieden werden?
- Was sind die konkreten Ziele der Digitalisierung?

Derartige Fragen können nur mittels einer engen multidisziplinären Zusammenarbeit von Forschung, Bauindustrie und öffentlichen Einrichtungen beantwortet werden. Für kleine und mittlere Unternehmen sind diese Erkenntnisse aus Kooperationsprojekten äußerst wichtig, da KMU's alleine nicht über hinreichende Ressourcen verfügen.

Die Bewertung des Mehraufwandes und des Mehrwertes der Digitalisierung in wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Sicht, in Bezug auf Planung, Ausführung und Betrieb sollte das Hauptziel von derartigen Pilotprojekten sein. Außerdem empfiehlt sich eine aussagekräftige und wissenschaftliche Risikobewertung.

3.9.5.1 Leitfaden zur digitalen Planung – BIM-Leitfaden

Damit die BIM-Modellierung in allen Phasen ihrer Entwicklung erfolgreich umgesetzt werden kann, müssen alle Planer nach den gleichen Regeln planen. Die gemeinsamen Planungsregeln ergeben ein standardisiertes BIM-Modell, das unabhängig von Herstellerformaten in anderen Softwareprogrammen importiert werden kann. Ein allgemein anerkannter Leitfaden, der die Planung mit BIM regelt, ist Voraussetzung für eine erfolgreiche branchenweite Implementierung von BIM. Die standardisierte Planung ermöglicht auch den Vergleich und die Prüfung von BIM-Modellen. Welche Regelungen, Datenformate und Planungsgrundsätze umsetzbar und wirtschaftlich sind, muss durch Pilotprojekte untersucht werden. Die „ÖNORM A 6241“ enthält bereits einige grundsätzliche Planungsregeln für ein gewerkeübergreifendes BIM-Modell.

3.9.5.2 Qualitätssicherung des BIM-Modells

Um die wirtschaftlichen Vorteile von BIM über die herkömmliche Planung nutzen zu können, müssen die Daten des BIM-Modells eine gewisse Qualität zum Zeitpunkt der Weitergabe an Bauunternehmen und Facility Manager aufweisen. Es gibt derzeit keine anerkannten Standards zur qualitativen und

quantitativen Bewertung von BIM-Modellen, um die Leistung eines Planers für den Kunden objektiv abschätzen zu können. Darüber hinaus ist es für Auftragnehmer schwierig, die mit dem Modell verbundenen Kosten zu berechnen. Um Qualitätsvergleiche zwischen BIM-Modellen von unterschiedlichen Bauprojekten bewerten und vergleichen zu können, müssen durch Pilotprojekte Standards und Methoden entwickelt werden, die mit den Bedürfnissen der Bauunternehmen und der Facility Manager übereinstimmen. Darüber hinaus sollten Vorschläge für eine qualitätsbasierte Vergütung für digitale Planungsleistungen erarbeitet werden.

3.9.5.3 Digitaler Gebäudeausweis

Ähnlich eines „Energieausweises“, der Informationen über die bauphysikalischen Aspekte eines Bauwerkes gibt, ist die Erarbeitung eines „Digitalen Gebäudeausweises“ von großer Bedeutung. Mit dem „Digitalen Gebäudeausweis“ soll der Grad der Digitalisierung des BIM-Modells und des Bauwerks an sich klassifiziert werden. Der Bauherr, die Makleragenturen und der Endnutzer haben dadurch vergleichbare Informationen über den digitalen Standard des Gebäudes. So bestünde die Möglichkeit den Kauf- bzw. Verkaufspreis unter anderem auch von der Qualität des digitalen Modells und der digitalen Ausstattung eines Gebäudes abhängig zu machen.

3.9.5.4 Digitale Einreichung

Ein BIM-Modell, das Ausführungsrelevante Informationen enthält, ermöglicht den Einsatz von Überprüfungssoftware. Durch den Einsatz von derartigen Softwareprogrammen können die BIM-Modelle mittels einem neu zu erstellenden Einreichverfahren auf die Einhaltung aller Bauvorschriften überprüft werden. Die Entwicklung eines digitalen Einreichungsverfahrens erfordert die Zusammenstellung aller relevanten Richtlinien, Vorschriften und Gesetze. Diese Einreichungsverfahren müssen auf ihre Software-Implementierbarkeit und auf ihre Praktikabilität getestet werden. Aus wirtschaftlicher Sicht muss ein österreichweites digitales Einreichverfahren erarbeitet werden, was zu einer Abgleichung des Baurechts führen würde. Die Einreichung des digitalen Einreichverfahrens fördert auch die Entwicklung von klaren Gesetzen und eine einheitliche Gerichtsbarkeit, da ungenaue Gesetze und Vorschriften nicht in Softwareprogramme umgesetzt werden können. Um eine bessere Prüfbarkeit mittels der digitalen Einreichung zu erreichen, sollte die Entwicklung eines BIM-Bebauungsplanes in Betracht gezogen werden.

Die Vorteile der digitalen Einreichung sind:

- Abgleichung des Baurechts
- Klare und unmissverständliche Gesetze
- Einheitliche und Transparente Gerichtsbarkeit

- Zeitnahe Bewilligungsverfahren
- Förderung von Open BIM (Einreichungsformat basierend auf Open BIM)
- Mehr Rechtssicherheit⁸⁸

Die Herausforderungen sind:

- Umsetzung der Richtlinien, Verordnungen und Gesetze in einem Softwareprogramm
- Anpassung der Gesetze für ein digitales Bewilligungsverfahren
- Qualitätsstandards für das Einreichmodell definieren
- Bestreben einer Österreichweiten Lösung
- Implementierung in allen Sektoren der Baubranche (nicht nur Hochbau)
- Standardisierung der digitalen Planung

3.9.5.5 Open-BIM – verpflichtend bei öffentliche Ausschreibungen

Laut der Studie „Digitalisierung im Bauwesen“ wird die Entwicklung eines Stufenplans für die Einführung von Open-BIM als Voraussetzung bei öffentliche Ausschreibungen angesehen. So ein Studienplan fördert und beschleunigt deutlich die Verbreitung und Entwicklung von BIM in Österreich.⁸⁹

3.9.6 Digitalisierung des Baubetriebs – Digitale Baustelle

Die Digitalisierung des Baubetriebs wird zu einer effizienteren und wirtschaftlicheren Abwicklung von Bauprojekten führen. Im weiteren Verlauf dieses Abschnittes werden neue Technologien vorgestellt, die im Laufe der Digitalisierung der Bauindustrie immer mehr Einsatz finden werden.

3.9.6.1 Automatisierte Abrechnung

Die Abrechnung von Bauleistungen ist eine Tätigkeit die sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, sei es auf der Auftragnehmer- oder Auftraggeberseite. Zukünftig besteht ein erhebliches Potenzial zur Vereinfachung und in einigen Fällen zur Automatisierung dieses Prozesses.

Durch die Implementierung von neuen Technologien (z.B. Drohnen, RFID-Tracking, elektronische Lieferscheine, Apps etc.) wird die digitale Baustelle in Zukunft in Echtzeit die erbrachten Leistungen erfassen können. Wie kann

⁸⁸ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 146-147

⁸⁹ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 147-148

diese Erfassung in der Praxis durchgeführt werden? Wie kann es in einen effizienten Abrechnungsprozess integriert werden? Das sind baubetriebliche, bauwirtschaftliche und baurechtliche Fragestellungen, die beantwortet werden müssen.⁹⁰

3.9.6.2 Big Data

Der Einsatz von „Big Data“ wird vom Weltwirtschaftsforum als Technik zur Transformation der Bauindustrie gesehen. Ein wesentliches Problem dabei ist, dass das schnelle Wachstum der Datenmengen erhöhte Anforderungen an die Strukturierung dieser notwendig macht und den Bedarf nach einer nahezu Echtzeit-Datenverarbeitung erhöht. Leider ist es mit herkömmlichen Methoden nicht möglich solche Datenmengen wirtschaftlich handzuhaben. Als mögliche Quelle solcher Datenmengen können BIM-orientierte Ansätze und Modelle genannt werden. Andere Faktoren für die wachsenden Datenmengen sind die Nutzung elektronischer Geräte, wie Mobiltelefone und die zunehmende Konnektivität. Die zukünftig zum Einsatz kommenden Geräte und Sensoren werden im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge (IOT) eine zunehmend größer werdende Menge an Daten bereitstellen. Diese Datenmengen können künftig mittels des Einsatzes von künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen analysiert werden. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse können Prozesse effizienter und wirtschaftlicher gestaltet werden.

Je nach Art der Datenstrukturen, sollen Forschungsprojekte darauf abzielen, effiziente Methoden für die Datenerhebung, -speicherung und -verarbeitung bereitzustellen. Darüber hinaus müssen maschinelle Lernmethoden entwickelt werden, um die Daten nutzungsbringend zu analysieren und zu optimieren.⁹¹

3.9.6.3 System- und Datenintegration

Bei der Verwaltung von Bauprojektdateien treten häufig Unterbrechungen des kontinuierlichen Datenflusses an mehreren Schnittstellen auf. Zu weiteren Inkonsistenzen in den Daten führen die während des Baubetriebes auftretenden manuellen Doppelseingaben, die zeitaufwendig und fehleranfällig sind.

Die zeitliche Verzögerung zwischen der Erzeugung und der Verfügbarkeit von Daten, verhindert eine schnelle Reaktion auf etwaige eintretende Probleme. Des Weiteren sind die erzeugten Daten über viele Projektbeteiligte, Gewerke, Systeme etc. verstreut und in einer strukturierten oder unstrukturierten Form abgespeichert. Dieses Datenchaos führt zu einer erschwerten Analyse der Daten. Die Verwendung von BIM-basierten Ansätzen entspannt diese Situation nur für einen bestimmten Datenbereich.

⁹⁰ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 15

⁹¹ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 150

In Forschungsprojekten sollte ein kontinuierlicher Datenfluss zwischen der Bauindustrie über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg betrachtet werden. Dabei muss die vertikale und horizontale Datenintegration ermöglicht werden um eine Struktur der Daten zu erschaffen.⁹²

3.9.6.4 IoT und Sensorik

Derzeit wird ein Großteil der Daten in der Baubranche immer noch manuell erfasst. Der damit verbundene Aufwand führt zu der Tatsache, dass nur die durch das Gesetz, den Vertrag oder den Baubetrieb erforderlichen Messungen durchgeführt werden. Oft sind manuelle Messungen beschränkt auf subjektive oder qualitative Beobachtungen und daher unbrauchbar für eine Analyse. Durch den Einsatz von Sensoren kann eine automatisierte Erfassung von Messgrößen erfolgen, was zu einer großen Zeit- und Kostenersparnis führt. So lassen sich Messungen in kürzeren Zeitabständen wiederholen, die sonst unberücksichtigt bleiben würden. Diese zusätzlichen Informationen sind in der Dokumentation, in der Qualitätssicherung und in der nachfolgenden Prozessoptimierung von Bedeutung. Das Internet der Dinge (IoT), ist eine neue Generation des Internets, dass außer den Menschen auch die Objekte um sie herum vernetzt. Das wird zu der Entstehung von Netzwerken von Objekten führen, die miteinander kommunizieren können.⁹³

3.9.7 Zeitschiene Richtung digitale Bauindustrie

Die Digitalisierung der Bauindustrie wird weitreichende Folgen auf die Art und Weise haben, wie Bauprojekte in Zukunft abgewickelt werden. Elemente der Wertschöpfungskette werden großen Effizienzsteigerungen im Hinblick auf die Datenverfügbarkeit und die Datenerfassung unterliegen.

Die Autoren der Studie „Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen“ haben eine Zeitschiene erarbeitet, die die Entwicklung der Digitalisierung in der österreichischen Bauindustrie bis zum Jahr 2022 darstellt (siehe Bild 19). Als Abschluss dieses Abschnitts erfolgt eine kurze Zusammenfassung von möglichen Förderungsmaßnahmen der Entwicklung der digitalen Bauindustrie in Österreich.

3.9.7.1 Zeitschiene der digitalen Entwicklung

Die in Bild 19 dargestellte Zeitschiene soll ein Überblick über die potenzielle Abfolge und Entwicklung von Digitalisierungsetappen der Bauindustrie zeigen. Die Zeitschiene setzt sich aus zwei großen Gruppen (Entwicklung & Innovation und Recht & Normung) zusammen. Mit dieser Darstellung sollen alle

⁹² Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 151

⁹³ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 151

Interessensvertreter aus der Politik, der Wirtschaft und der Wissenschaft einen Einblick in die voraussichtliche Entwicklung der Bauindustrie erhalten.

Anfang 2018 wurde der österreichische Zweig von buildingSMART gegründet. Dessen Ziel, in enger Zusammenarbeit mit den deutschen und schweizerischen Zweigen sowie buildingSMART-International, ist die Repräsentierung der globalen Initiative Open BIM in Österreich. Die Entwicklung digitaler Lösungen in allen Bereichen der Bauindustrie ist ihr vorrangiges Anliegen. Zu diesem Zweck werden Datenaustauschformate entwickelt und optimiert, welche international und gewerkeübergreifend eingesetzt werden können.⁹⁴

Einen wesentlichen Punkt der Zeitschiene stellt die Einführung von BIM bei öffentlichen Ausschreibungen dar. Dies soll zufolge der digitalen Bewegung „Planen-Bauen-Betreiben“ bis 2020-2021 stattfinden.

Die Entwicklung der „digitalen Baueinrichtung“ ist ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung des großflächigen Einsatzes von BIM und wird vermehrt zur Erarbeitung von Open BIM Lösungen führen.

Die AR-, VR-, und MR-Technologien werden einen wesentlichen Einfluss auf unterschiedliche Arbeitsabläufe haben. Hardware und Software sollten bis 2020 ausgereift genug sein, um diese Technologie im Bauwesen wirtschaftlich zu nutzen.

Die in Geräten, Komponenten und Systemen integrierten Sensoren liefern zukünftig automatisch Echtzeitdaten für die Bau- und Betriebsphase und ermöglichen somit die Vernetzung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen (Stichwort IoT). Diese gewonnenen Datensätze können nicht mit herkömmlichen Datenverarbeitungsverfahren ausgewertet werden. Es besteht ein großer Bedarf zur Entwicklung von neuen Technologien, um mit den großen Datensätzen (Stichwort Big-Data) wirtschaftlich arbeiten zu können.⁹⁵

Bild 19 zeigt die zeitliche Entwicklung der nächsten fünf Jahren:

- 2017: Veröffentlichung der Studie „Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen“
- 2018: Gründung des BuildingSMART Zweiges in Österreich
- 2018: Plattform 4.0 Planen-Bauen-Betreiben – Roadmap
- 2018: Entwicklung der ÖBV-Richtlinie „BIM in der Praxis“
- 2019: Beginn der wirtschaftlichen Nutzung von Big Data und maschinellem Lernen im Bausektor
- 2020: Einführung von zertifizierten FIM-Manager und BIM-Bauleiter/Manager

⁹⁴ Vgl. https://www.buildingsmart.co.at/?page_id=360. Datum des Zugriffs: 06.08.2018

⁹⁵ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 155-156

- 2020: Der Einsatz von Sensoren und Geolocation-Technologie ermöglicht die Echtzeitortung von Mensch und Maschine auf der Baustelle
- 2021: BIM als Auflage für öffentlichen Bauausschreibungen, Grundvoraussetzung ist ein funktionaler Merkmalsserver und ein standardisierter Modellierungsleitfaden.
- 2021: Der „digitale Gebäudeausweis“ für Neubauten und die „digitale Baueinreichung“ werden eingeführt
- 2022: Infrastrukturprojekte werden durch den Einsatz „autonomer Baumaschinen“ realisiert.⁹⁶

⁹⁶ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 156

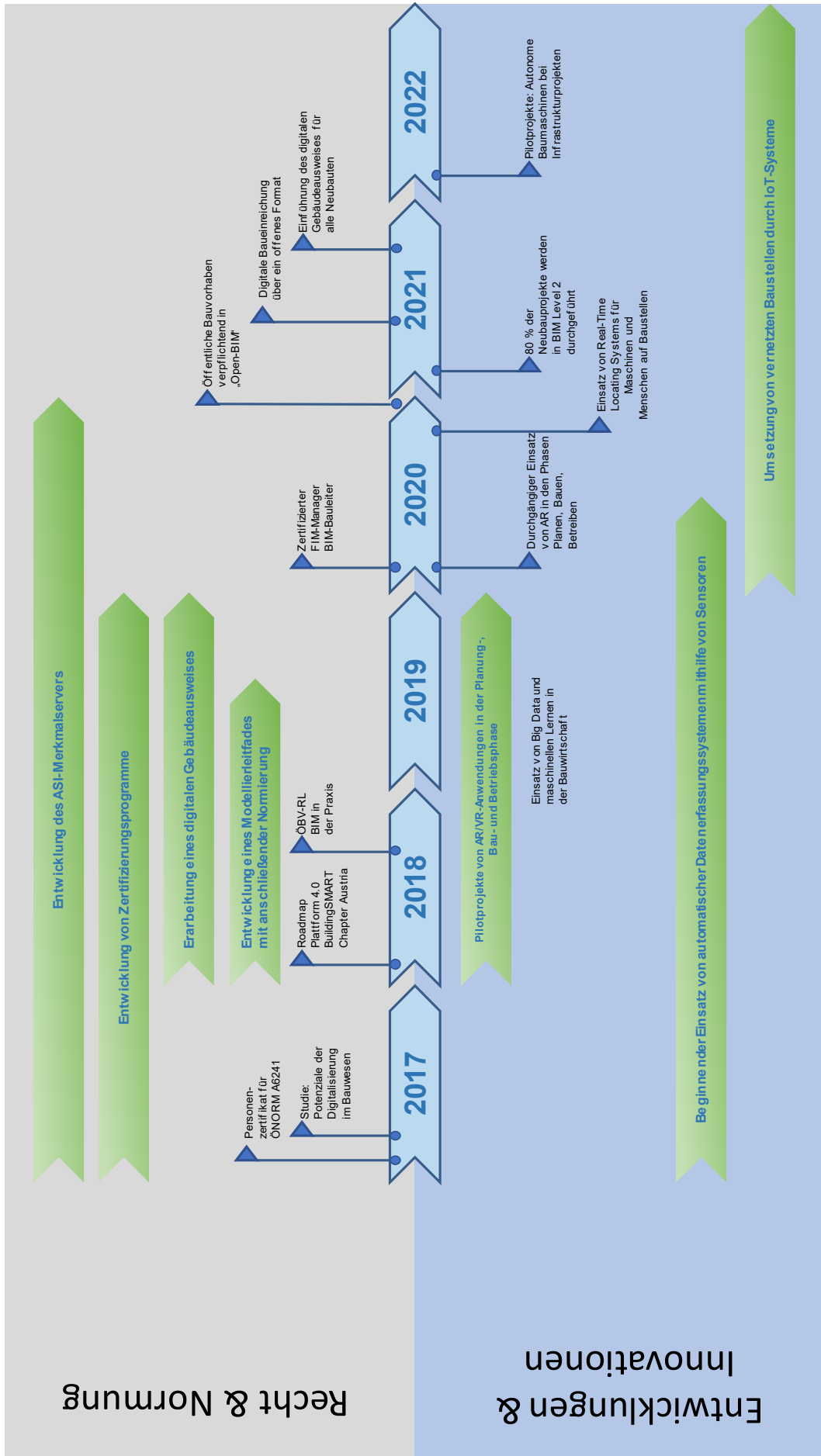


Bild 19: Zeitschiene der Digitalisierung in der Bauindustrie⁹⁷

⁹⁷ GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 157

4 Bauvorhaben „Winkler Park“

Das Bauvorhaben Winkler Park besteht aus insgesamt sechs Wohnbauten, fünf Punktbauwerken mit jeweils einem Stiegenhaus und einem Lift sowie aus einem Regelbauwerk mit drei Stiegenhäusern und drei Liften. Alle Bauwerke haben sieben Geschosse (KG, EG, 1-5 OG). Nahezu das gesamte Baufeld wurde unterkellert und eine Tiefgarage für alle Häuser gebaut. Insgesamt werden 228 geförderte Mietwohnungen samt dazugehöriger Tiefgarage für 228 Kfz-Stellplätze sowie Außenanlagen mit 30 Kfz-Stellplätzen vor dem Regelbauwerk gebaut. Im Zuge des Bauvorhabens werden ca. 37.000 m³ Aushubmaterial ausgehoben, weiteres werden bis zum Bauende 1.415 t Bewehrungsseisen und 15.807 m³ Beton verbaut. Die Bauzeit erstreckt sich über einen Zeitraum zwischen Dezember 2016 – Oktober 2018. Der Auftraggeber des Bauvorhabens ist „GWG-Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft der Stadt Linz GmbH“. Die Firma STRABAG hat den Auftrag für das Baulos mit einem Auftragsvolumen von insgesamt 20,2 Mio. EUR, als Generalunternehmer erhalten. Bei diesem Bauvorhaben betragen alleine die Rohbaukosten 7,3 Mio. Euro. Die Kostengliederung erfolgte auf Basis der ÖNORM B 1801-1: „Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objektterrichtung“-2015-12-01.⁹⁸ Das fertige BIM-Modell und der Grundriss der Baustelle sind jeweils im Bild 20 und Bild 21 zu sehen.



Bild 20: BIM Modell Winkler Park – STRABAG

⁹⁸ Vgl. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/554411/OENORM_B_1801-1_2015_12_01. Datum des Zugriffs: 22.08.2018



Bild 21: Baustelleneinrichtungsplan – STRABAG

Beim Bauvorhaben „Winkler Park“ handelt es sich um ein sehr großes Bauvorhaben mit vielen Prozessen, die gleichzeitig ablaufen müssen. Dies erschwert die Überlegungen und die Wahl der Kennzahlen. Besonders die Wahl der Vorhaltemenge für die Schalung stellt eine große Herausforderung dar. Es sind drei Krane zum Einsatz gekommen, die die Baustelle vollständig abdecken. Insgesamt sind ca. 50 Arbeitskräfte auf der Baustelle im Einsatz, was in etwa 16 Arbeitskräfte pro Kran bedeutet. Die geplante Arbeitskräfteverteilung ist in Bild 22 dargestellt. Grundsätzlich werden alle Bauteile (bis auf die Decken und Bodenplatten) mit Kranen und Krankübeln betoniert. Für die Decken und Bodenplatten sind Betonpumpen zum Einsatz gekommen. In Bild 22 und Bild 23 ist die geplante Arbeitskräfteverteilung unterteilt in Anlauf-, Haupt- und Auslaufphase dargestellt.

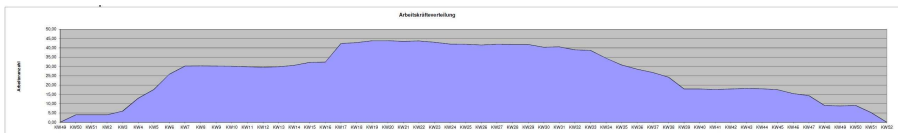


Bild 22: Arbeitskräfteverteilung (geplant – Soll) – STRABAG

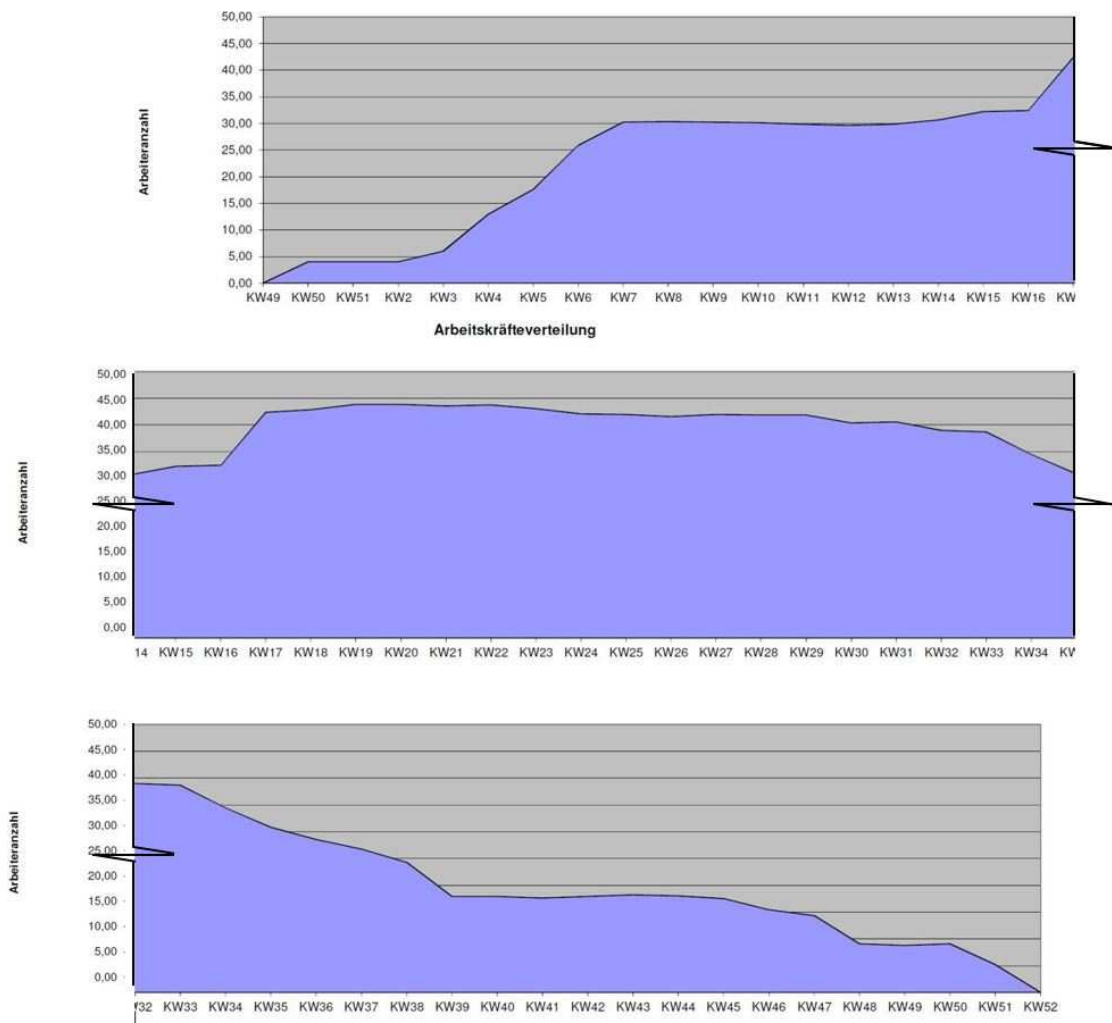


Bild 23: Anlauf-, Haupt- und Auslaufphase (geplant – Soll) – STRABAG

Die Lagerflächensituation hat sich mit dem Fortschreiten des Projektes laufend geändert. Da nicht von Anfang an allen sechs Bauwerken gleichzeitig gebaut wurde, gab es ausreichend Lagerfläche. Mit dem Fortschreiten der Erdarbeiten haben sich die Lagerflächen in die Randbereiche der Baustelle und auf den fertig gestellten Decken der Bauwerke, die sich in einem fortgeschrittenem Rohbaustadium befinden, verlagert.

4.1 Kennzahlen und ihre Bedeutung für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft

Kennzahlen spielen eine sehr wichtige Rolle für den Baubetrieb und die Bauwirtschaft. Sie bilden die Grundlage für die Grob- und Feinplanung, Kalkulation, Terminplanung, Bauablaufplanung sowie für die Logistik. Der Einsatz von Kennzahlen dient zur Beurteilung der Betonintensität, der Bewehrungsintensität, der Schalungsintensität, der Logistikintensität und der Anzahl der Arbeitskräfte und Krane in einer wissenschaftlichen und nachprüfbaren Art.⁹⁹

Kennzahlen haben in jeder Phase eines Bauvorhabens ihre Bedeutung, jedoch steigt die Aussagekraft und die Genauigkeit der Kennzahlen mit dem Fortschreiten des Projektes. Der Vorteil einer kennzahlenbasierten Planung, im Gegensatz zu intuitiven Entscheidungen („Bauchgefühl“) liegt darin, dass während der Ausführung ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt werden kann und somit die Zielerreichung nachgeprüft werden kann.¹⁰⁰

Die Durchführung der Wissensarbeit während eines Bauvorhabens und die Nachkalkulation am Ende stellt eine sehr wichtige Aufgabe der Beteiligten dar. Es ergibt sich eine gewisse Bandbreite von Kennzahlen, die für die Planung von Projekten der gleichen Kategorie (z.B. Wohnbauten, Bürobauten, Schulen, Industriehallen) herangezogen werden kann. So lassen sich zukünftige ähnliche Projekte besser planen und kalkulieren. Durch qualitativ hochwertige Kennzahlen, die auf jahrelange Wissensarbeit und Nachkalkulation basieren, kann sich ein Bauunternehmen Marktvorteile gegenüber der Konkurrenz verschaffen.

4.1.1 Kennzahlen des Bauvorhabens „Winkler Park“

In diesem Abschnitt werden die Kennzahlen des Bauvorhabens „Winkler Park“ behandelt. Dieses Bauvorhaben ist zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch in der Rohbauphase. Dem zufolge handelt es sich hierbei nicht um Kennzahlen, die durch die Nachkalkulation errechnet worden sind, sondern um Kennzahlen, die während der Planung angenommen wurden und durch den laufenden Soll-Ist-Vergleich im Zuge des Controllings festgestellt worden sind.

Die erforderlichen Daten des Projektes wurden mithilfe eines vom Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der Technischen Universität Graz entwickelten Projektdatenblattes für Stahlbetonarbeiten erhoben. Dieses Projektdatenblatt beinhaltet allgemeine Projektdaten, Daten zum Zeitmanagement, Baustelleneinrichtungsdaten, personalbezogene Daten sowie Daten der Transportmengen. Die behandelten Bauteilgruppen sind unter anderem: Fundamente, Bodenplatten, Wände, Stützen, Decken und sonstige Bauteile.

⁹⁹ Vgl. Es ist eine ungültige Quelle angegeben.443

¹⁰⁰ Vgl. Es ist eine ungültige Quelle angegeben.443

Aufgrund des großen Zeitaufwandes für den Bauleiter war es nicht möglich alle erforderlichen Daten direkt zu erhalten, deswegen kommen nur die zur Verfügung stehenden Werte zum Einsatz. Bei bestimmten Kennzahlen wurden mithilfe von üblichen Literaturkennzahlen für Wohnbauten die Soll-Werte hergeleitet.

In der Tabelle 2 und Tabelle 3 sind die wichtigsten Planungskennzahlen für das Projekt „Winkler Park“ aufgelistet. Da es, zum Zeitpunkt als diese Arbeit verfasst wurde, nicht möglich war aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen die Vorhaltemenge der Schalung zu ermitteln, wurde eine grobe Ermittlung mithilfe des in Bild 24 dargestellten Diagrammes durchgeführt. Wie die genaue Berechnung der in Tabelle 3 vorhandenen Werte der Vorhaltemenge durchgeführt wurde, ist im Abschnitt 4.1.2 beschrieben. Das vom Bauleiter, Herrn Dipl.-Ing. Michael Schütz, ausgefüllte Projektdatenblatt befindet sich im Anhang.

Nr.	Kennzahlen		
1	Grundstücksfläche	13.143,00	m ²
2	Bebaute Fläche (BBF)	9.501,00	m ²
3	Brutto-Grundfläche (BGF)	31.776,00	m ²
4	Netto-Grundfläche (NGF)	27.261,00	m ²
5	Konstruktions-Grundfläche (KGF)	4.515,00	m ²
6	Brutto-Rauminhalt (BRI)	96.943,00	m ³
7	Netto-Rauminhalt (NRI)	83.146,00	m ³
8	Baustelleneinrichtungsfläche	163,00	m ²
9	Baustelleneinrichtungsfaktor	0,02	-

Tabelle 2: Flächen und Rauminhalte

Nr.	Kennzahlen		
1	Schalfläche		75.815,15 m ²
2		Stützen	2.894,00 m ²
3		Wände (doppelhäufig)	30.161,50 m ²
4		Wände (einhäufig)	/ m ²
5		Decken	34.565,69 m ²
6		Fundamente	2.297,08 m ²
7		Einzelfundamente	4.671,88 m ²
8		UZ, Träger, Riegel	1.225,00 m ²
9	Schalflächen der horizontalen Bauteile		35.790,69 m ²
10	Schalflächen der vertikalen Bauteile		40.024,46 m ²
11	Schalungsgrad		4,80 m ² /m ³
12	Vorhaltemenge für vertikale Bauteile		4.403,00 m ²
13	Vorhaltemenge für horizontale Bauteile		4.903,00 m ²
14	Betonmenge		15.807,00 m ³
15		Betonmenge der horizontalen Bauteile	9.621,00 m ³
16		Betonmenge der vertikale Bauteile	6.186,00 m ³
17	Ortbetongrad		6,13 -
18	Bewehrungsmenge		1.415,00 t
19		Bewehrungsmengen der horizontalen Bauteile	1.013,00 t
20		Bewehrungsmengen der vertikalen Bauteile	402,00 t
21	Bewehrungsgrad		0,09 t/m ³
22	Mauerwerk		19.079,00 m ²

Tabelle 3: Kennzahlen für die Mengenermittlung

4.1.2 Ermittlung der prozentuellen Vorhaltemenge in Bezug auf die Bauzeit

Wie bereits am Anfang von Abschnitt 4.1 erwähnt, wird die grobe prozentuelle Vorhaltemenge in Bezug auf die Bauzeit ermittelt, da die Vorhaltemenge der Schalung eine der wichtigsten Kennzahlen für Stahlbetonarbeiten darstellt.

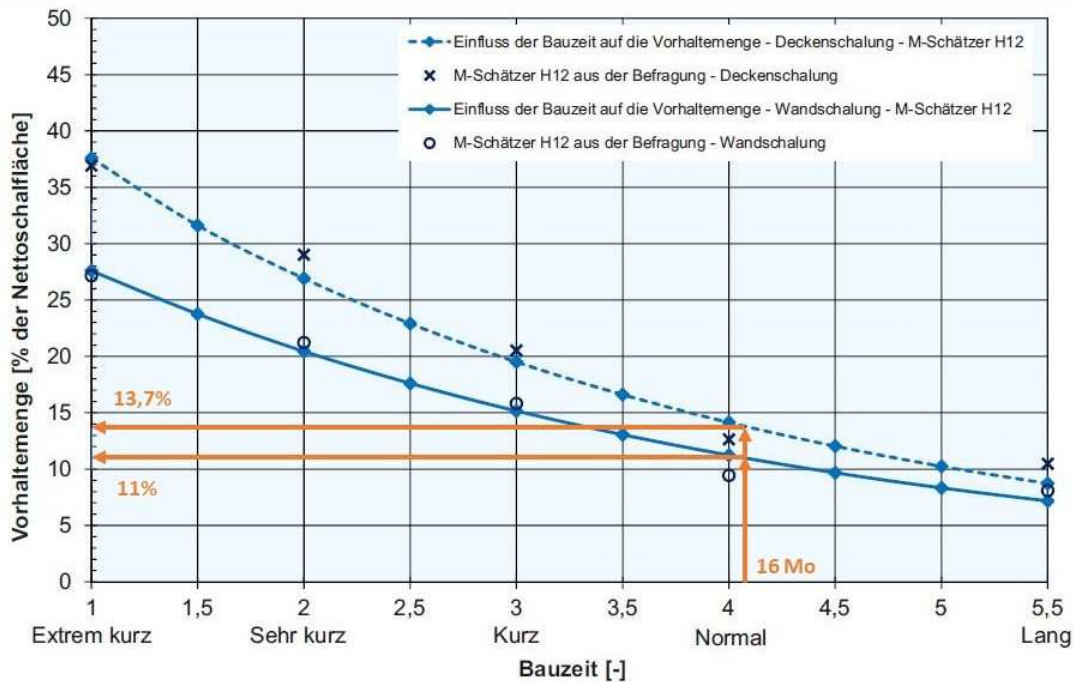


Bild 24: Ermittlung der Vorhaltemenge (M-Schätzer)¹⁰¹

$$V_{S,WD} = S_{F,WD} * [\%] = 40.024,46 * 11 \% = 4.403 \text{ m}^2 \quad [1]$$

$$V_{S,D} = S_{F,D} * [\%] = 35.790,69 * 13,7 \% = 4.903 \text{ m}^2 \quad [2]$$

Bei der vorgegebenen Bauzeit für den Rohbau von knapp 16 Mo, handelt es sich für das gegenständliche Bauvorhaben etwa um eine „normale Bauzeit“. Entsprechend der in Bild 24 eingezeichneten Kurve ist für die Wandschalung eine Vorhaltemenge von ca. 11 % der Nettoschalfläche und für die Deckenschalung eine Vorhaltemenge von ca. 13,7 % der Nettoschalfläche erforderlich. Die Berechnung der erforderlichen Vorhaltemengen für die vertikalen und horizontalen Bauteile erfolgt in den Gleichungen [1] und [2].

¹⁰¹ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 516

4.2 Projektorganisation

Die sorgfältige und fehlerfreie Projektorganisation ist eine der wichtigsten Aufgaben des Projektmanagements.¹⁰² In Bild 25 ist die Organisation des Bauvorhabens „Winkler Park“ dargestellt. Die Punkte Leitung, Bauablauf und Baustelleneinrichtung werden im weiteren Verlauf des Abschnittes 4.2 behandelt. Kapitel 5 erläutert die restlichen Punkte genauer.

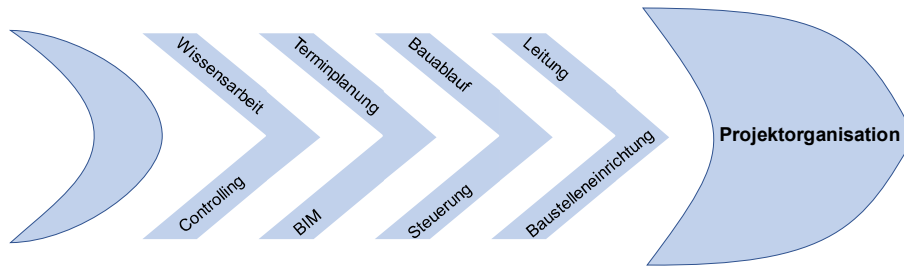


Bild 25: Demonstrative Aufgliederung der Projektorganisation

4.2.1 Leitung

Die Leitung der Baustelle in der Rohbauphase wird vom Projektleiter/Bauleiter Herrn Dipl.-Ing. Michael Schütz in Zusammenarbeit mit zwei Technikern, einem Hauptpolier und Vizepolier getätigt. Herr Schütz übernimmt die Leitung des Rohbaus und des Controllings. Das Organigramm der Baustelle „Winkler Park“ ist in Bild 26 dargestellt.

Die Hauptaufgaben in der Rohbauphase sind die Ausführungsplanung, Überwachung der Subunternehmer und allgemeine Rohbauarbeiten, wie z.B. Qualitätssicherung, Führung, Material bestellen etc. Bei der Dokumentationssoftware, die zur Anwendung kommt handelt es sich um „Docu-Tools“. Während des Controllings wird laufend ein Soll-Ist-Vergleich von den in der Rohbauphase erwähnten Hauptaufgaben durchgeführt. Die verwendeten Softwareprogramme beim Controlling sind „Docu-Tools“, „Revit“ und „RIB iTWO 5d“

¹⁰² Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 53

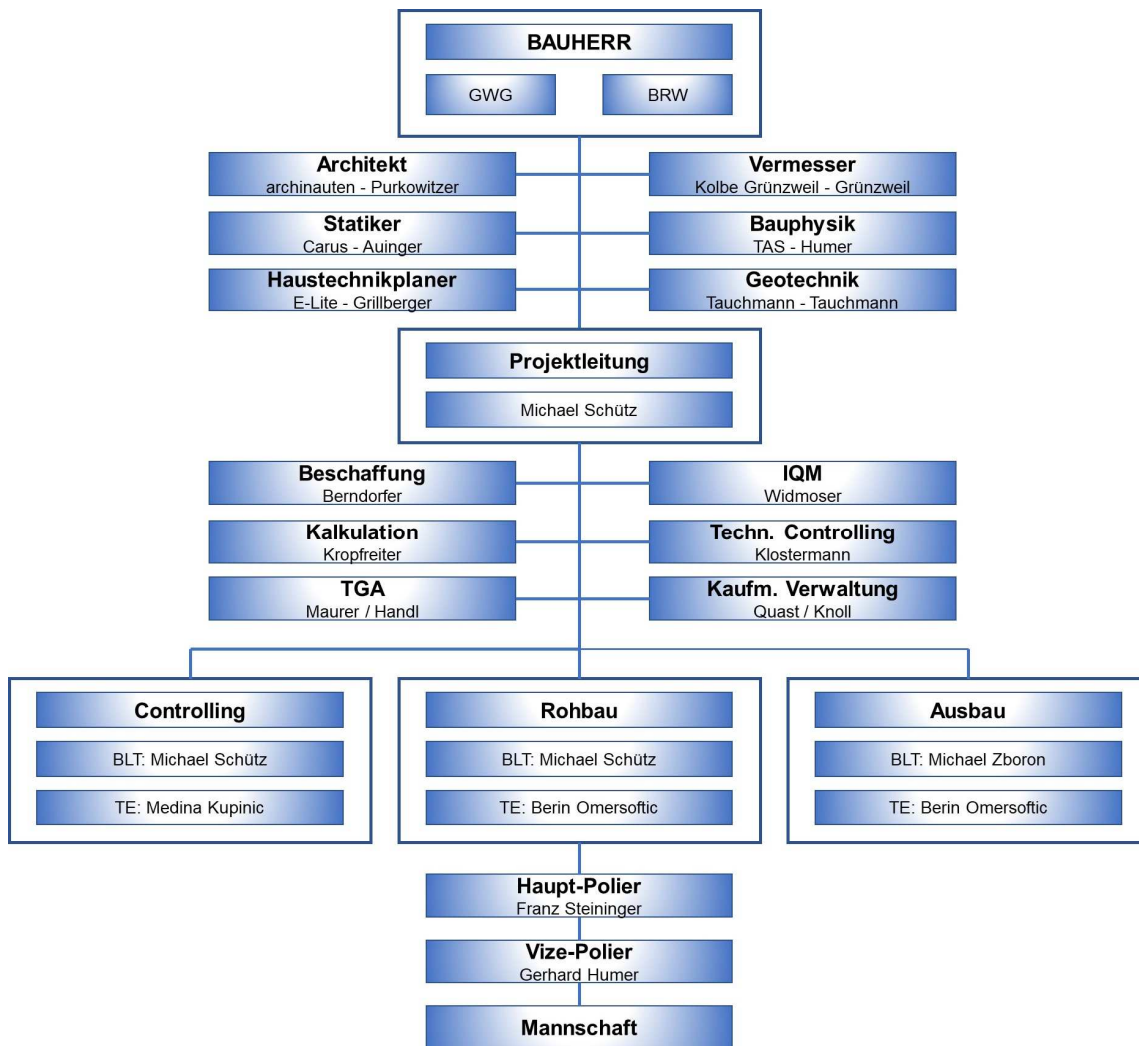


Bild 26: Organigramm

4.2.2 Baustelleneinrichtung

Die Haupttätigkeiten bei der Baustelleneinrichtungsplanung sind die Planung, Dimensionierung und Auswahl aller für den täglichen Baubetrieb relevanten Faktoren z.B. Produktions-, Lager-, Transport- und Arbeitsstätten sowie die zugehörigen Ausrüstungen.

Bei der Baustelleneinrichtungsplanung ist sicherzustellen, dass alle Probleme, die auftreten können auch berücksichtigt werden, damit das Bauvorhaben möglichst innerhalb der vereinbarten Zeit, mit der geplanten Qualität und den vereinbarten Kosten fertig gestellt wird. Dabei sollen gleichzeitig die Sicherheit der Arbeitskräfte und die Umweltschutzauflagen gewährleistet werden.

Als eine der Grundvoraussetzungen für die Realisierung eines Bauvorhabens ist die richtige Wahl der einzelnen Produktionsfaktoren der Baustelleneinrichtung in der erforderlichen Art und Anzahl. Hierbei sind die Abhängigkeiten der ausgewählten Baustelleneinrichtungsfaktoren untereinander, aber auch zu den gewählten Bauverfahren sowie zu dem Bauwerk selbst zu beachten. So kann eine sichere und effiziente Bewegung der Baustoffe und Arbeitskräfte auf der Baustelle sowie die bestmögliche Ausstattung der Arbeitsplätze sichergestellt werden. Die Hauptfaktoren der Baustelleneinrichtung sind:

- Verkehrsflächen und Transportwege
- Versorgung und Entsorgung
- Unterkünfte und sonstige Bauten der Baustelle
- Lager- und Bearbeitungsflächen
- Baustellensicherung/Sicherheits- und Schutzeinrichtungen
- Dimensionierung von Großgeräten (Krane, Autobetonpumpen usw.)

Eine Auflistung mit einer kurzen Beschreibung der Baustelleneinrichtungsfaktoren des Bauvorhabens „Winkler Park“ ist unter den Abschnitten 4.2.2.1 – 4.2.2.8 zu finden.¹⁰³

4.2.2.1 Baustellenzaun

Die Baustelle wird gegen das Betreten von unbefugten Personen mit einem Bauzaun (ca. 459 m) geschützt. Der Bauzaun verläuft entlang der Grundgrenze. Die Ein- und Ausfahrten werden ebenfalls mit einem Bauzaun geschlossen.

4.2.2.2 Baustraße/Bauweg

Die Baustraße ist in Form einer Umfahrt im Eingangsbereich der Baustelle vorhanden. Die Baustraße bietet ausreichend Platz für Wendemanöver für PKW und LKW. Es sind im Bereich der Baustelle und in der Baustellenumgebung auch ausreichend Parkplätze vorhanden.

4.2.2.3 Stromversorgung

Der benötigte elektrische Strom für Krane, Container, Kleinmaschinen und Beleuchtung wird von der Linz AG bezogen. Zum Einsatz kommt ein Trafo und fünf Baustromverteiler. Drei von den Baustromverteilern sind den einzelnen Kranen zugeteilt. Für die weitere Verteilung werden kleinere Verteiler für Kleinmaschinen in den Stockwerken eingesetzt.

¹⁰³Vgl. HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master), Skriptum. S. 83 - 84

4.2.2.4 Wasserversorgung

Die Versorgung der Baustelle mit Trink- und Brauchwasser erfolgt durch die Linz AG über einen Anschluss an das öffentliche Wassernetz.

4.2.2.5 Entsorgung

Es wird zwischen der Entsorgung von Reststoffen und der Abwasserentsorgung unterschieden. Die Abwasserentsorgung wird durch einen Anschluss in das öffentliche Kanalnetz geregelt. Bei der Entsorgung von Reststoffen wird zwischen Inertmaterial, Abbruchmaterial, Gleisschotter, Baurestmasse und Betonabbruchmaterial unterschieden.

4.2.2.6 Baustellenräumlichkeiten

Zum Einsatz kommen insgesamt 25 Container. Vier Büroräume und zwei Besprechungsräume, drei Magazine und zwei Sanitäreinrichtungen. Die restlichen elf Container stehen der Baumannschaft zur Verfügung.

4.2.2.7 Lager- und Bearbeitungsflächen

Wie schon im Kapitel 4 kurz erwähnt hat sich die Lagerflächensituation mit dem Fortschreiten des Projektes laufend geändert. Es waren reichlich Lagerflächen vorhanden, da nicht von Beginn an, gleichzeitig an allen sechs Bauwerken gebaut wurde. Mit fortschreitendem Verlauf der Erdarbeiten erfolgte eine Verlagerung der Lagerflächen in die Randbereiche der Baustelle und auf den bebauten Flächen. Da auch die bebauten Flächen benutzt werden, gibt es insgesamt 3.642 m² Lagerfläche.

4.2.2.8 Sicherheits- und Schutzeinrichtungen

Um die Sicherheit der Menschen gewährleisten zu können, wurden von der Firma STRABAG Sicherheits- und Schutzvorrichtungen wie Warnleuchten, Sicherheitskennzeichnungen, Warnkleidung, Absturzsicherungen, Sicherheitsbeleuchtung, Konsolbühne etc. eingesetzt.

4.2.3 Bauablaufplanung

Die Erarbeitung, Planung, Implementierung und Kontrolle der Prozessabläufe auf der Baustelle stellen die Grundlage eines rationellen, termingerechten und störungsfreien Bauablaufes dar. Die Hauptaufgabe der Bauablaufplanung liegt in der kontinuierlichen Kapazitätsoptimierung (Ressourcen und AK) unter Beachtung der Baukosten und Bauzeit.

Um eingesetzte Kapazitäten gleichmäßig ausnutzen zu können und Stehzeiten soweit es geht zu vermeiden, besteht die absolute Notwendigkeit Bauvorgänge kontinuierlich zu optimieren. Überlegungen zu eingesetzten Bauverfahren, zu den Fertigungsabschnitten, zur Anzahl an AK, Fließ- oder Taktfertigung etc. können zu Kapazitätsoptimierung führen.¹⁰⁴ Eine schematische Darstellung der Kapazitätsoptimierungstheorie ist in Bild 27 dargestellt.

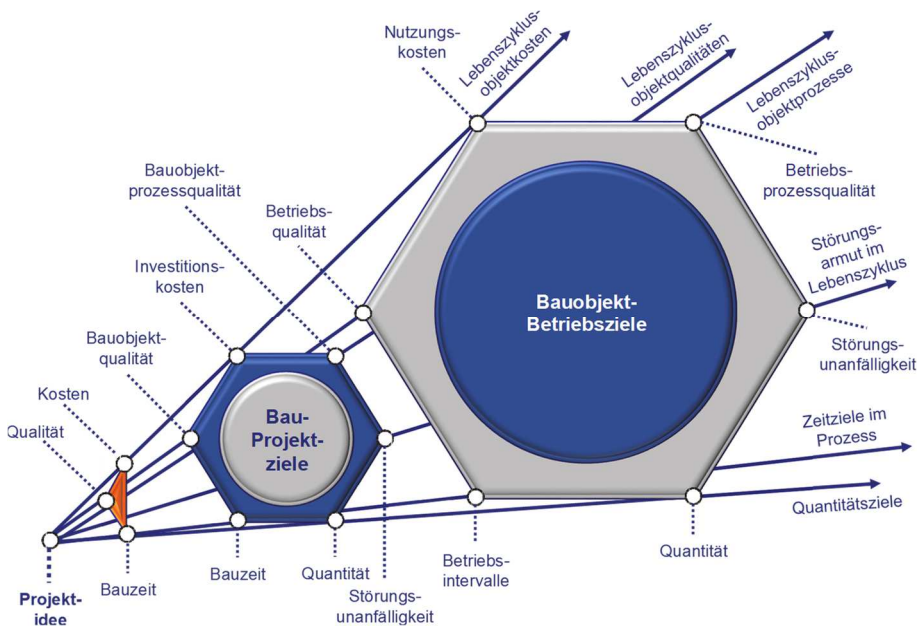


Bild 27: Verbesserungen durch Optimierung¹⁰⁵

Eine optimale Vorbereitung was Einflussfaktoren und Kapazitäten angeht, die von Anfang bis Ende des Bauvorhabens eine volle Kapazitätsauslastung ermöglichen, ist im Gegensatz zur industriellen Herstellung in der Bauindustrie nur in außergewöhnlich seltenen Fällen möglich. In der Anfangsphase kann der volle Einsatz der Kapazitäten nicht erreicht werden, da sich die Baustelle noch entwickelt und noch nicht alle Einsatzmöglichkeiten bzw. Arbeitsplätze bereitgestellt sind. Danach erfolgt die Hauptbauzeit, wo die angenommenen maximalen Kapazitäten voll ausgenutzt werden können. Gegen Ende des Bauvorhabens erfolgt gleich wie in der Anfangsphase eine Abnahme der Einsatzmöglichkeiten der Kapazitäten, da die zu bauenden Bauelemente nacheinander fertiggestellt werden (siehe Bild 28).¹⁰⁶

¹⁰⁴Vgl. HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. S. 37

¹⁰⁵Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 317

¹⁰⁶Vgl. HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. S. 38

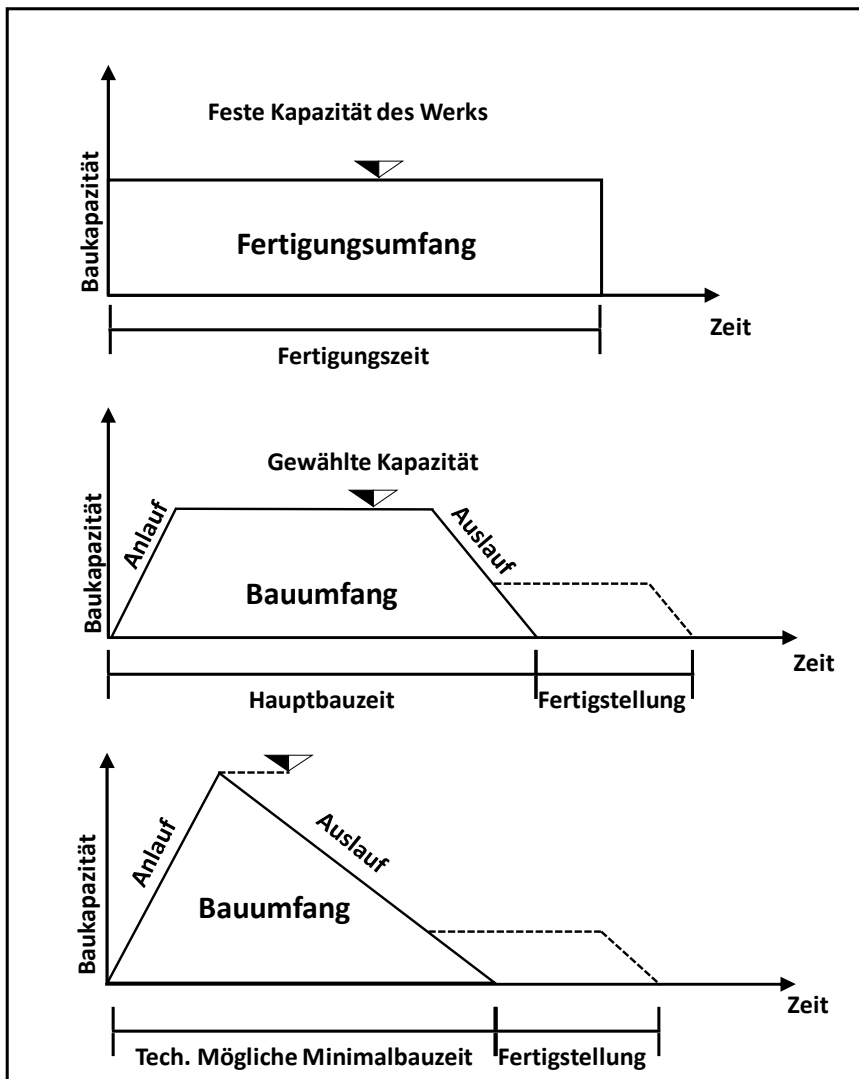


Bild 28: Zeitlicher Kapazitätsverlauf einer Baustelle¹⁰⁷

Die Bauablaufplanung beim Bauvorhaben „Winkler Park“ wurde vom Groben ins Detail durchgeführt und gliedert sich wie folgt auf: Gesamtablauf, Teilablauf, Ablaufstufe, Vorgang und Ressourcenplanung (siehe Bild 29). Alle folgenden Angaben zu den einzelnen Punkten der Bauablaufplanung wurden in Zusammenarbeit mit dem Bauleiter (Herr Dipl.-Ing. Michael Schütz) zusammengefasst.

¹⁰⁷ HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. S. 38

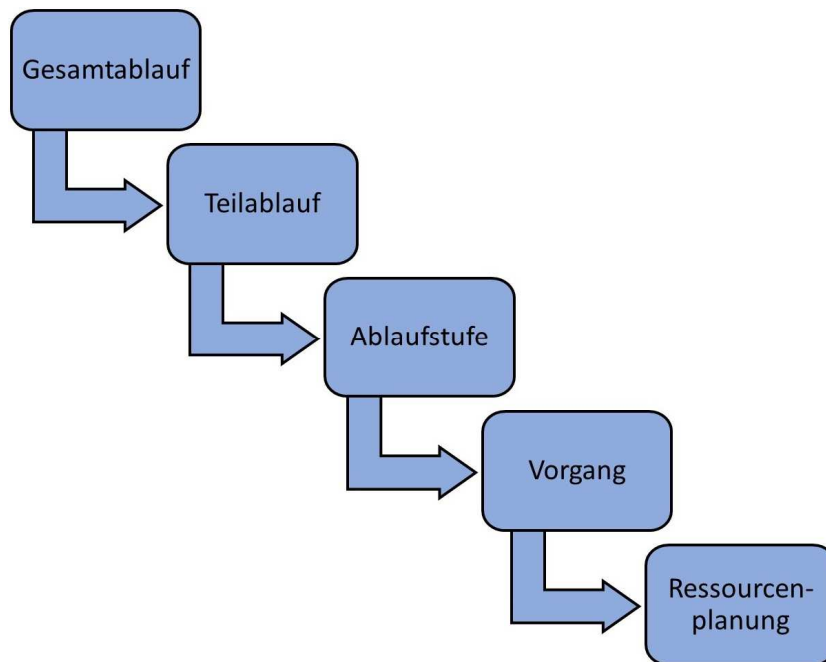


Bild 29: Bauablaufplanung

Im Gesamttablauf werden die wesentlichen Punkte des Bauvorhabens betrachtet. Diese entsprechen beim Bauvorhaben „Winkler Park“ der Errichtung der Wohnanlagen, der Tiefgarage und der Außenanlagen. Nachdem ein grober Überblick des Bauvorhabens erzielt wurde und die Kernpunkte erarbeitet wurden, folgt die Planung der Teilabläufe.

Bei den Teilabläufen steigt der Detaillierungsgrad, das bedeutet, dass konkrete Prozessgruppen betrachtet und durchgeplant werden. Die Teilablaufplanung beim betrachteten Bauvorgaben gliedert sich in: Baustelleneinrichtung, Erdarbeiten, Baugrubensicherung, Stahlbetonarbeiten, Maurerarbeiten, Versatzarbeiten und Kanalisationsarbeiten.

Wie bei den Teilabläufen steigt der Detaillierungsgrad bei der Ablaufstufe noch weiter. Es folgt die Planung der Herstellung von Bauelementen. Darunter fällt die Herstellung von Fundamenten, Wände, Unterzüge, Stützen, Decken, Treppen und Kellerböden.

Als Vorgang werden die Arbeitsschritte zur Erstellung der bei der Ablaufstufe geplanten Bauelemente verstanden. Darunter fällt die Planung von Ausführungsaufgaben wie Einschalen, Bewehren, Betonieren, Ausschalen und Schalung reinigen.

Als letzten Punkt der Bauablaufplanung wird die Ressourcenplanung, wie es beim Bauvorhaben „Winkler Park“ der Fall ist betrachtet. Die Ressourcenplanung erfolgt geschossweise. Die errechneten Stunden vom Std-LV werden auf die einzelnen Bauteile verteilt und es wird die erforderliche Krananzahl ermittelt mit einer Obergrenze von 16 AK pro Kran.

5 Derzeitige Arbeitsweise

Im Zuge des Bauvorhabens „Winkler Park“ hat die Firma STRABAG zum ersten Mal die „Modellbasierte Wochenplanung“ eingesetzt. Unter „Modellbasierte Wochenplanung“ ist die Generierung eines Wochenplanes für den Rohbau aus einem BIM-Modell zu verstehen.

Der Informationsfluss von der Kalkulation, Terminplanung, Modellierung bis hin zum Bauablauf, Controlling, Wissensarbeit und deren Verbindungen untereinander sowie die Projektphase in der sich alle befinden, bezogen auf das Bauvorhaben „Winkler Park“ ist in Bild 30 dargestellt.

Wie in Bild 30 illustriert ist, stimmt die Reihenfolge der einzelnen Spalten (Kalkulation, Terminplanung und Modellierung) nicht. Das BIM-Modell wurde erst in der Projektphase 4 (PPH 4) nach der Kalkulation und der Terminplanung, wo eigentlich die Realisierung des Bauvorhabens stattfinden sollte erzeugt. Ein BIM-Modell sollte in der PPH 2 nach dem Planungsbeschluss bzw. während der Planung vom Planer und nicht von der ausführenden Firma erzeugt werden.

Die STRABAG hat aus eigener Initiative das BIM-Modell erstellt, um dessen potenzielle Vorteile auf einer realen Baustelle im Zuge eines Pilotprojektes zu untersuchen. Außerdem wollte die STRABAG testen, ob sich dieses Verfahren in die STRABAG Arbeitsweise integrieren lässt. Deswegen wurde als erstes die Kalkulation sowie die Terminplanung durchgeführt und erst als die STRABAG den Auftrag erhalten hatte, wurde mit der Erzeugung des BIM-Modells begonnen. Um mit dem BIM-Modell arbeiten zu können, mussten der Bauleiter (Dipl.-Ing. Michael Schütz) und die Technikerin (Medina Kupinic) eine spezielle Schulung absolvieren. Für die Erzeugung des BIM-Modells wurde die Unterstützung der Zentralen Technik der STRABAG Wien in Anspruch genommen.

Ziel dabei war es zu testen, ob die vom BIM-Modell automatisch berechneten Massen auch realitätsgetreu sind. Zusätzlich galt es zu untersuchen, wie sich so ein Modell auf die Wochenplanung auswirkt. Des Weiteren wurde folgendes untersucht: die Wirtschaftlichkeit eines solchen Verfahrens, welche Bauvorhaben sich besonders eignen für dieses Verfahren, welche Softwareprogramme zum Einsatz kommen und wie aufwendig es ist die Ingenieure und die Techniker auf das neue Verfahren umzuschulen.

Für diese Masterarbeit wurde im Zuge einer Situationsanalyse untersucht, wie die „Modellbasierte Wochenplanung“ funktioniert und wo die Stärken dieses Verfahrens liegen. Schließlich wurden Konzepte erarbeitet wie dieses Verfahren kurzfristig, mittelfristig und langfristig verbessert werden könnte.

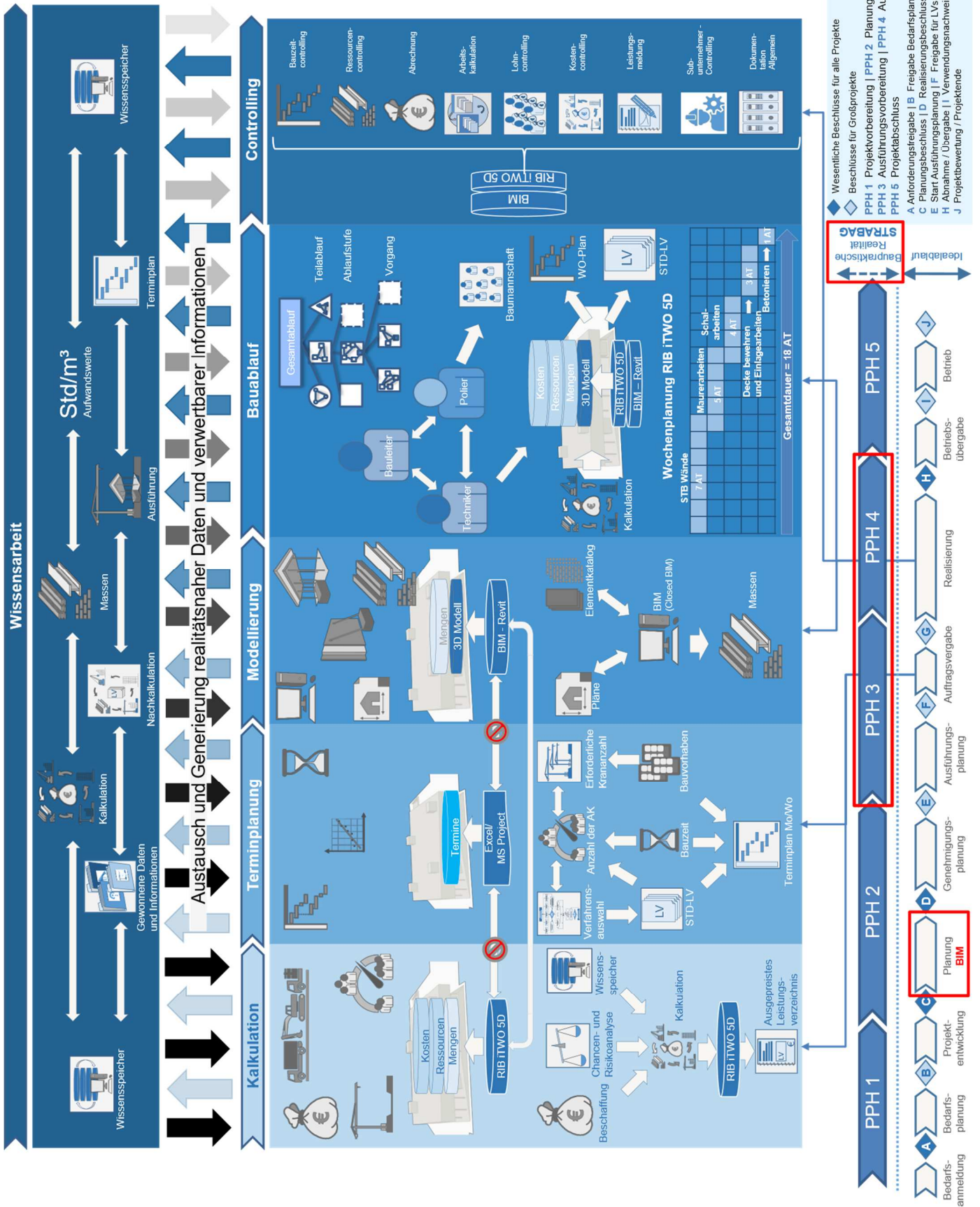


Bild 30: Informationsfluss¹⁰⁸

¹⁰⁸ Angelehnt an: Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 99

5.1 Informationsfluss

Die genaue Beschreibung des Datenaustausches sowie die Zusammenhänge der Kalkulation, der Terminplanung, des BIM-Modells und der Wochenplanung im engeren Sinn, als auch der Bauablauf, das Controlling und die Wissensarbeit im weiteren Sinn sind anschaulich in Bild 30 dargestellt. Die einzelnen Prozesse werden im weitere Folge dieses Abschnittes näher erläutert.

5.1.1 Kalkulation



Bild 31: Kalkulation

Wie in Bild 30 zu sehen ist, wurde die Kalkulation als erstes durchgeführt. Die Kalkulation wurde mit der Software RIB iTWO 5D durchgeführt. Informationen aus dem Einkauf, die Ergebnisse der Chancen- und Risikoanalyse sowie Kennzahlen (wie z.B. Aufwandswerte, Leistungswerte etc.) aus dem Wissensspeicher sind in die Kalkulation eingeflossen. Mit der Software RIB iTWO 5D wurden die erwarteten Mengen, die erforderlichen Ressourcen und die Kosten berechnet. Das Ergebnis war ein Leistungsverzeichnis, kurz auch LV genannt.

In dieser Phase wurde auch die Anzahl und Art der Krane, die erforderliche Anzahl der Arbeitskräfte sowie die erforderlichen Baumaschinen die zum Einsatz kommen werden festgelegt.

Mit dem erarbeiteten LV wurde ein Preis festgelegt, der im Zuge des Vergabeverfahrens auch angeboten wurde. Den Zuschlag hat die STRABAG in Form einer Pauschale mit funktionaler Beschreibung bekommen.

Wie genau der Informationsfluss während der Kalkulation funktioniert, ist in Bild 31 ersichtlich. Der

Datenaustausch zwischen der Kalkulation, Terminplanung und dem BIM-Modell ist in Bild 33 anschaulich dargestellt.

5.1.2 Terminplanung

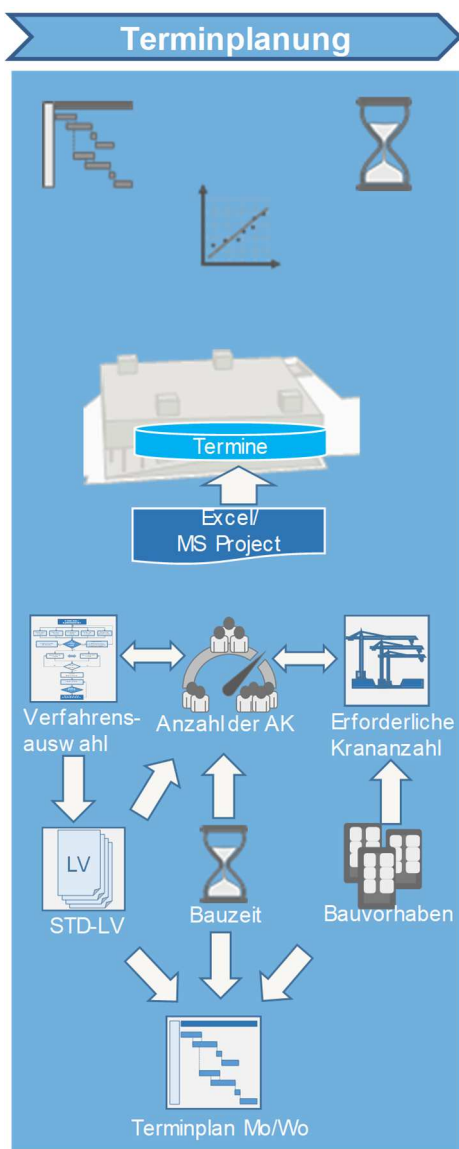


Bild 32: Terminplanung

Das ausgewählte Bauverfahren hat einen direkten Einfluss auf das Stundenleistungsverzeichnis, kurz auch Std-LV genannt. Die zu Verfügung stehende Bauzeit in Zusammenhang mit dem Stundenleistungsverzeichnis sowie das Bauvorhaben an sich (Lage usw.) hat einen direkten Einfluss auf die erforderliche Anzahl der Arbeitskräfte und Krane.

Die Terminplanung wurde anschließend durch den Einsatz von Software wie „MS Excel“ sowie „MS Project“ berechnet und visualisiert. Zunächst wurden Monatsterminpläne und in weiterer Folge auch Wochenterminpläne erstellt.

Die Terminplanung erfolgt gleich wie die Kalkulation klassisch (ohne den Einsatz von BIM). Hier ist der Effekt von BIM noch nicht zu spüren. Kernthema bei der Terminplanung stellt die Verfahrensauswahl dar. Die Verfahrenswahl hat weitreichende Auswirkungen auf die Realisierung des Bauvorhabens.

Es besteht ein direktes Verhältnis zwischen der Verfahrensauswahl, der Anzahl der Arbeitskräfte und der Anzahl der Krane (siehe Bild 32). Diese drei Faktoren beeinflussen einander und deswegen muss eine Lösung aus der zur Verfügung stehenden Anzahl an Arbeitskräften, der erforderlichen bzw. möglichen Art und Anzahl an Kranen (die stark von den Baustellenbedingungen abhängig sind) und der Verfahrenswahl, die auf das Bauvorhaben und dessen Randbedingungen bestmöglichst abgestimmt ist, gefunden werden.

Das ausgewählte Bauverfahren hat einen direkten Einfluss auf das Stundenleistungsverzeichnis, kurz auch Std-LV genannt. Die zu Verfügung stehende Bauzeit in Zusammenhang

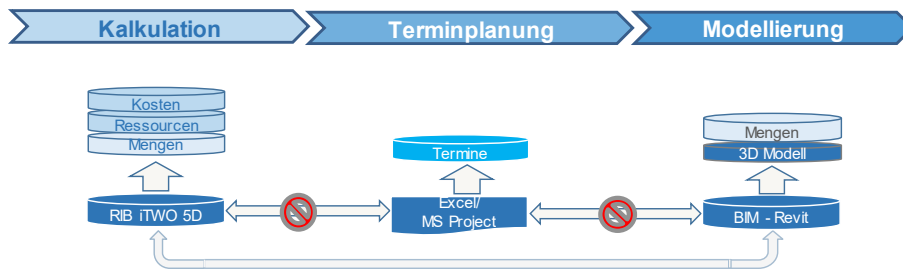


Bild 33: Informationsfluss Kalkulation, Terminplanung und BIM

Wie in Bild 30 und im Detail in Bild 33 zu sehen ist, besteht keine Verknüpfung zwischen der Terminplanung und der Kalkulation sowie zwischen Terminplanung und BIM-Modell. Das bedeutet, wenn Änderungen im BIM-Modell oder in der Kalkulation auftreten, ändert sich nichts automatisch bei der Terminplanung z.B. der kritische Weg würde sich nicht verändern, sondern die Änderungen müssten händisch eingetragen werden. Es wäre von großem Vorteil, wenn sich der Terminplan automatisch an die Änderungen im BIM-Modell anpassen würde. So könnten die Folgen von Änderungen im Bauablauf im Modell überprüft werden, (z.B. wie ändert sich der kritische Weg, kann der Endtermin gehalten werden) um am Ende die bestmögliche Entscheidung treffen zu können.

5.1.3 Erstellung des BIM-Modells

Die Erstellung des BIM-Modells erfolgt mit der Software Revit. Es gibt zwei wesentliche Aspekte, um ein BIM-Modell nach der STRABAG Arbeitsweise erstellen zu können. Als Erstes werden qualitativ hochwertige Pläne benötigt, auf denen „sauber“ gearbeitet wurde und an denen es keine Unstimmigkeiten zwischen den einzelnen Grundrissen und Schnitten gibt. Der zweite und weit-aus wichtigere Aspekt der STRABAG Arbeitsweise ist der intern programmierte Elementkatalog (siehe Bild 35 und Bild 36). Der Elementkatalog ist mit den Informationen aus der Kalkulation verknüpft (siehe Bild 33). Im Elementkatalog sind die Eigenschaften der einzelnen Baustoffe programmiert z.B. die verschiedenen Betongüten, Ziegelarten usw. Die Draufsicht des Elementkataloges und eine vergrößerte Darstellung der Wandelemente ist in Bild 36 und Bild 35 zu finden.

Bei der Erstellung des BIM-Modells werden die DWG Dateien der Bauwerkspläne in Revit importiert. Als nächsten Schritt müssen die Höhen der Ober- und Unterkanten der verschiedenen horizontalen Bauteile eingegeben werden. Danach werden die benötigten Baustoffe mit deren erforderlichen Güten/Klassen ausgewählt. Es wird z.B. die Breite der Wand angegeben und diese mit 3D Elementen über den 2D Plänen eingezeichnet (siehe Bild 34). Jedes gezeichnete Element muss zwischen dessen im Vorhinein festgelegten Ober- und Unterkante gezeichnet werden. Durch die Eingabe der Breite und durch das Zeichnen in den am Anfang festgelegten Höhenpunkten, wird ein 3D Element erzeugt und so werden die Informationen über die Schallflächen

und Volumen generiert. Diese Arbeitsweise wurde auch schematisch in Bild 37 dargestellt.

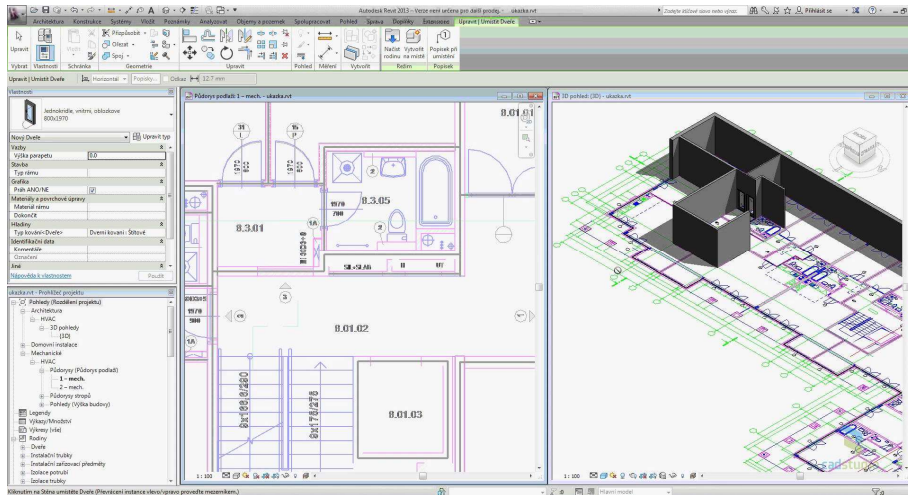


Bild 34: Erstellung eines BIM-Modells aus einem 2D Plan¹⁰⁹

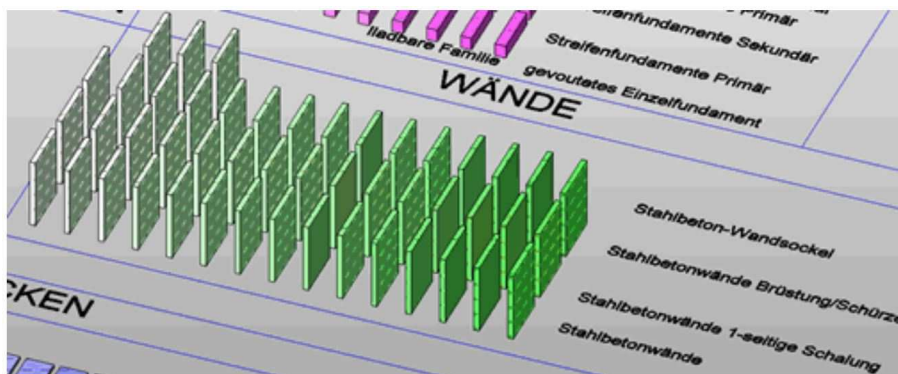


Bild 35: STRABAG Elementkatalog – Wände

¹⁰⁹ <https://i.ytimg.com/vi/5bATV0Cuwss/maxresdefault.jpg>, Datum des Zugriffs: 26.04.2018

LG03 - ERDBAU - TIEFBAU	SCHÜTTUNG		AUSHUB		SPEZIAL-TIEFBAU			
	LG06-Aufschließung LG13-Außenanlagen LG58-Gartengest.	LG08 Ausbildung		LG10 Ausbildung	LG11 Ausbildung	LG12 Ausbildung		
LG01-BAUSTELLEN-EINRICHTUNG	BAU-MASCHINEN		CONTAINERFLÄCHEN/ VERKEHRSSCHLEISEN					
	LG22 - Dachdeckerarbeiten LG23-Bauspengler LG36-Zimmermeister							
LG31 - Metallbau LG42 - Glaser	LG33 - Metallbauelemente (Schlosserarbeiten)		LG42 - Glasarbeiten					
ROHBAU	BETON- UND STAHLBETONARBEITEN	ORTBETON				FERTIGTEIL		
		FUNDIERUNG	FUNDAMENTE	SONSTIGES	PROFILSCHÖRZE			
		STÜTZEN	WÄNDE	KORBWÄNDE	PT-WÄNDE	PT-STÜTZEN		
		OBERTEN	DÄCHER	TRÄGER	SONSTIGES	PT-OBERTEN	PT-TRÄGER	
		TREPPEN	ORTBETON-TREPPEN			PT-TREPPEN		
		MAUERWERK						
		SONSTIGES	STÄNDBAU	TSA	Wände / Decken für Stützen	Plattenscheibe	Abkantung	Wandöffnung
AUSBAU	TROCKENBAU	ELEMENTE WAND	Einseitig einseitig	Doppelseitig einseitig	Vollständig einseitig	Innen Positionen	Wandverkleidungen	
		ELEMENTE DECKE	Abgehängte Decke	Deckenschicht	Schwächen			
		AUSBAU ELEMENTE	BODENKONSTRUKTIONEN	WAND-OBERFLÄCHEN	DACH-UND DACHKORBEN	PASSAGE	FÜGEN	WAND-ÖFFNUNGEN

Bild 36: STRABAG Elementkatalog gesamt – Draufsicht

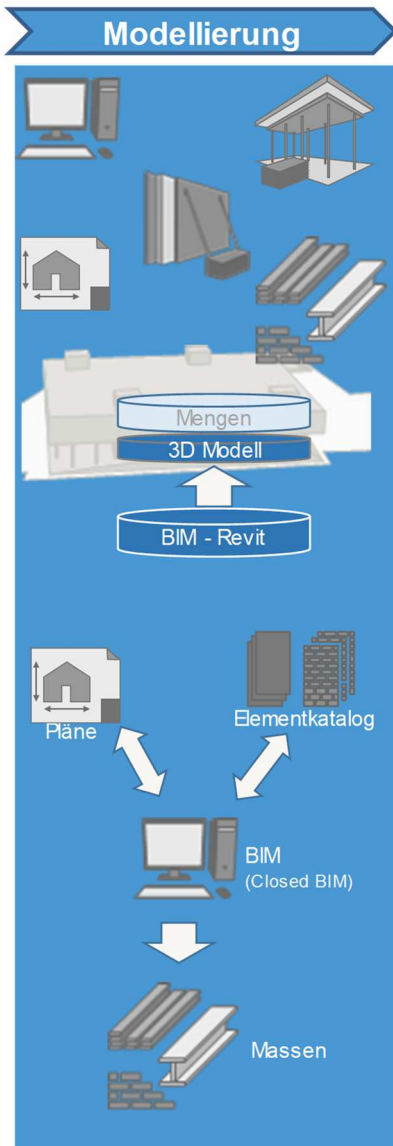


Bild 37: BIM Modellierung

Das BIM-Modell kann auch mit weiteren Informationen versehen werden z.B. die Bewehrung [t] kann bei den einzelnen Elementen eingegeben werden, in Form von Stabstahl und Stahlmatten. Zusätzlich kann eingegeben werden, ob die Wände verputzt sind oder nicht. Die Expositions-klassen der Betonelemente können auch in das Modell einfließen.

Da das fertige BIM-Modell über die Flächen- und Volumeninformationen der einzelnen Elemente verfügt und durch das RIB iTWO 5D mit den Kalkulationsinformationen verknüpft ist, kann automatisch ein ausgepreistes LV und ein Std-LV erstellt werden. Die Bewehrung wurde im Fall des Bauvorhabens „Winkler Park“ nicht im BIM-Modell inkludiert, jedoch sieht die STRAGAB Arbeitsweise auch die Bewehrungsinformationen für alle zukünftigen Projekte vor.

5.1.4 Modellbasierte Wochenplanung

Die „Modellbasierte Wochenplanung“ stellt beim Bauvorhaben „Winkler Park“ einen wesentlichen Teil des Bauablaufes dar. Auf den Bauablauf an sich wurde im Detail im Abschnitt 4.2.3 eingegangen. Beim täglichen Betrieb auf der Baustelle erfolgt eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Bauleiter, dem Hauptpolier und der Technikerin. Zusammen mit dem Hauptpolier plant der Bauleiter die kommenden Wochen im Detail, z.B. welche Bauteile gebaut werden, welche noch anstehen, wie die Situation mit den Arbeitskräften ist, ob die Prozesse, die am kritischen Weg sind noch rechtzeitig fertiggestellt werden können usw. Die Entscheidungen, die der Bauleiter in Zusammenarbeit mit dem Hauptpolier trifft, werden an die Technikerin vermittelt. Die Aufgabe der Technikerin besteht darin aus dem BIM-Modell mittels RIB iTWO 5D

(in dem die Mengen, Kosten und Ressourcen bereits vorhanden sind) ein Std-

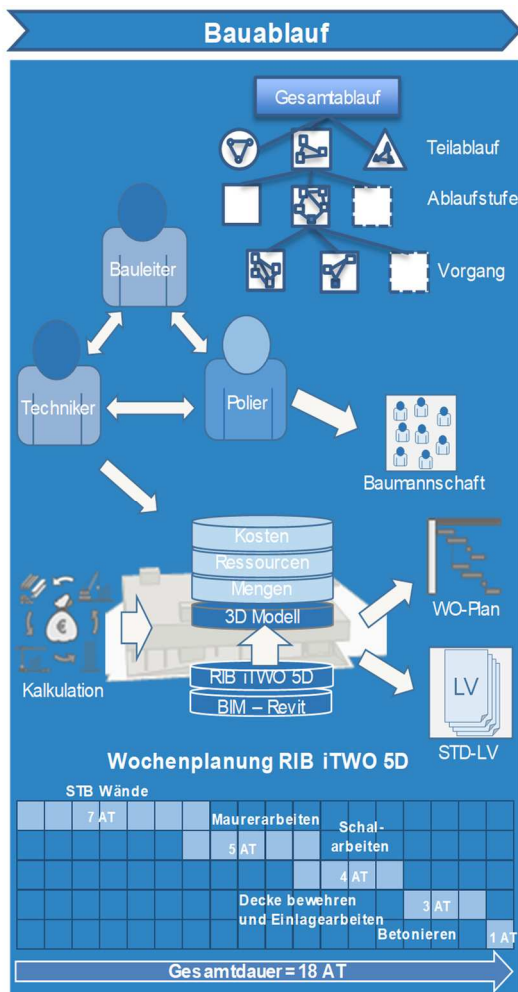


Bild 38: Bauablauf

LV und einen Wochenplan zu erstellen. Der Zeitraum um ein Stockwerk fertig zu stellen, lag beim Bauvorhaben „Winkler Park“ bei achtzehn Arbeitstagen; entspricht ca. vier Wochen. Der Informationsfluss zwischen Bauleiter, Hauptpolier und Technikerin ist in Bild 38 dargestellt.

Einen Teil der Modellbasierten Wochenplanung stellt auch das Controlling dar. Dieses ist die Haupttätigkeit der Technikerin. An zwei Tagen der Arbeitswoche (meistens Donnerstag und Freitag) kontrolliert die Technikerin, ob die in der Woche davor eingeplanten Tätigkeiten alle erledigt worden sind. Sie führt eine Ist-Aufnahme der erbrachten Leistung durch und vergleicht diese mit dem geplanten Sollzustand. Danach erzeugt sie einen Wochenplan entsprechend der Planung des Bauleiters. Falls die Elemente der Woche davor nicht alle fertiggestellt wurden, besteht die Möglichkeit die Elemente in den neuen Wochenplan für die nächste Woche einzufügen. Dieser erzeugte Wochenplan wird dem Hauptpolier übermittelt, der zusammen mit dem Vizepolier die Baumannschaft einweist. Danach fängt das Prozedere von vorne an wie in Bild 39 dargestellt.

LV und einen Wochenplan zu erstellen. Der Zeitraum um ein Stockwerk fertig zu stellen, lag beim Bauvorhaben „Winkler Park“ bei achtzehn Arbeitstagen; entspricht ca. vier Wochen. Der Informationsfluss zwischen Bauleiter, Hauptpolier und Technikerin ist in Bild 38 dargestellt.

Einen Teil der Modellbasierten Wochenplanung stellt auch das Controlling dar. Dieses ist die Haupttätigkeit der Technikerin. An zwei Tagen der Arbeitswoche (meistens Donnerstag und Freitag) kontrolliert die Technikerin, ob die in der Woche davor eingeplanten Tätigkeiten alle erledigt worden sind. Sie führt eine Ist-Aufnahme der erbrachten Leistung durch und vergleicht diese mit dem geplanten Sollzustand. Danach erzeugt sie einen Wochenplan entsprechend der Planung des Bauleiters. Falls die Elemente der Woche davor nicht alle fertig-

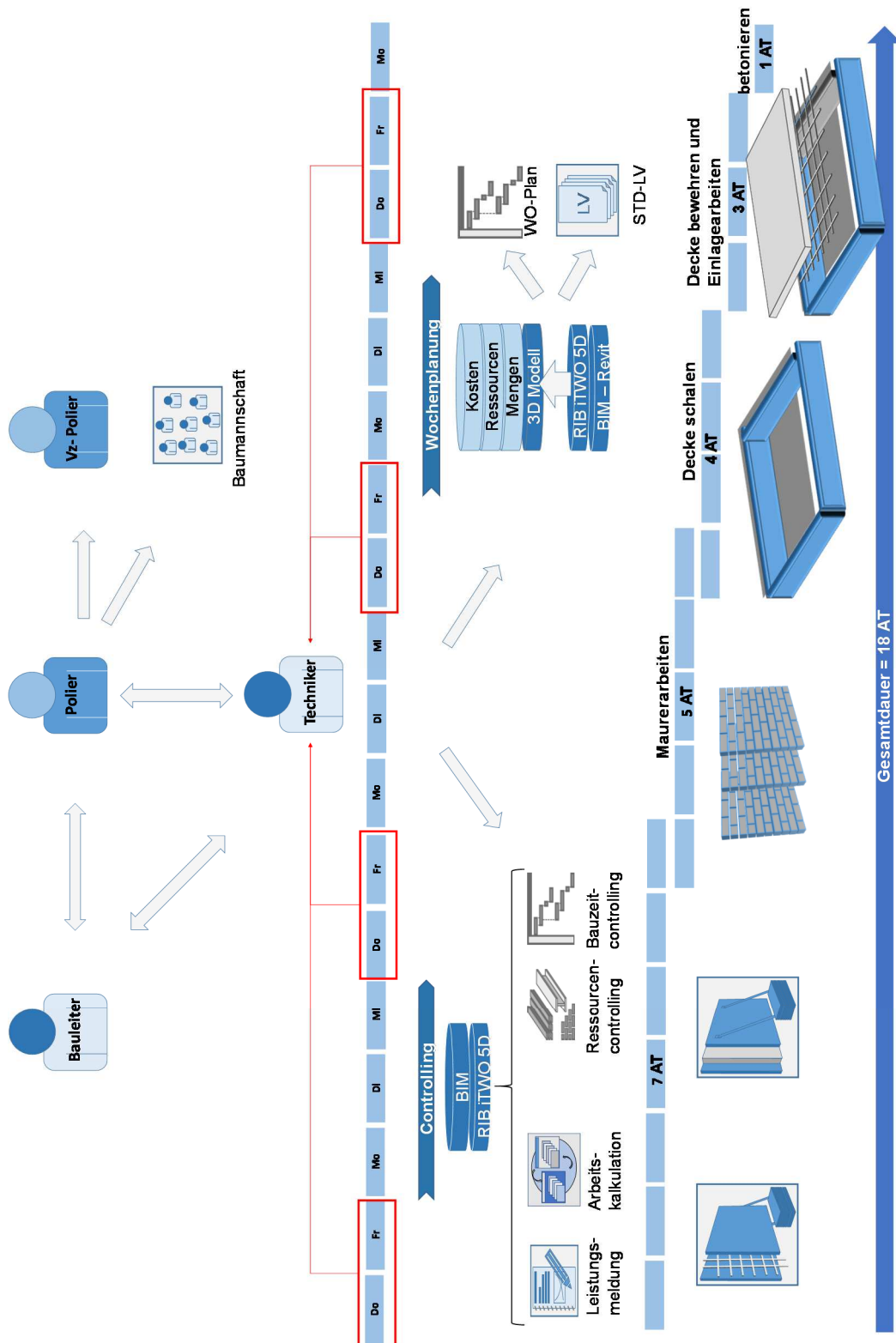


Bild 39: Schematische Darstellung der Modellbasierten Wochenplanung

Die Erstellung von einem Wochenplan erfolgt durch die Erzeugung einer Kalenderwoche kurz auch KW genannt in RIB iTWO 5D. Danach werden die für

Durch die Verknüpfung der Arbeitskalkulation mit dem BIM-Modell im Vorfeld, werden die Leistungsmengen (LE-Menge) und die voraussichtlichen Ausführungsmengen (VA-Menge) automatisch mitgerechnet.

The screenshot displays a software interface with several key components:

- Top Panel:** Includes a toolbar with icons for selection, zoom, and other functions. Below it, a 'Modus' (Mode) section with options like 'Körper', 'Drahtmodell', and 'Raster'.
- Left Panel:** A 'Vorgänge' (Processes) list showing various construction tasks such as 'Schalung', 'Betonarbeiten', and 'Mauerwerk' with associated dates and durations.
- Center Panel:** A 3D visualization of a building model. A red circle highlights a specific part of the model, with a red arrow pointing to a callout box. The text 'Leistungsstand bis KW 21' (Performance status up to week 21) is written in red next to the circle.
- Right Panel:** A table titled 'Zugeordnete Teilleistungen' (Assigned sub-works) showing a list of construction items with their respective quantities and units. The table includes columns for 'OZ', 'Kurztext', 'ME', 'Teilmenge', and 'Restmenge'.
- Bottom Panel:** A callout box with the text: 'Durch Verknüpfen des Modells mit der AK (im Vorfeld) werden die LE- und VA-Mengen automatisch mitgerechnet' (By linking the model to the AK (in advance), the LE and VA quantities are automatically calculated).

OZ	Kurztext	ME	Teilmenge	Restmenge
07.01.02A	Saupecksteinsicht C12/15	21.350 m ²	0.000	0.000
07.01.02B1	Ummantelung C20/25 10cm dick	732.010 m ²	83.580	648.430
07.01.05A	Mischbetonverfüllung C12/15	50.000 m ³	0.000	50.000
07.01.05B	Beton Fundament C20/25, Lichte 0,5m3	0.000 m ³	0.000	0.000
07.01.05H	Beton Fundament C25/30 u. 0,5m3	1.546.700 m ³	196.620	1.350.080
07.01.05S	Schalung Fundament	4.088.860 m ²	3.153.490	935.370
07.01.07E	Beton Fundamentplatte C25/30 b. 30cm	23.099 m ²	0.000	23.099
07.01.07S	Seltsche Schalung 5th Fundamentplatte	8.950 m ²	0.000	8.950
07.02.01L	Beton Wand H3,2m C25/30 15-20cm dick	400.240 m ²	42.200	358.040
07.02.01A	Beton Wand H3,2m C25/30 1,20-30cm	2.907.899 m ²	1.012.770	1.895.129

Bild 41: Liste der ausgewählten Bauteile mit deren LE- und VA-Mengen

Nach dem Controlling wird im RIB iTWO 5D in der betrachteten KW der Fertigstellungsgrad [%] der ausgewählten Bauteile eingegeben. Die Bestimmung des Fertigstellungsgrades erfolgt subjektiv. Das bedeutet, dass die Technikerin, nachdem sie die fertigmachenden Bauteile kontrolliert hat, ihres Erachtens nach entscheiden kann, welchen prozentuellen Fertigungsgrad die Bauteile aufweisen (siehe Bild 42).

Fertigstellungsgrad frei wählbar (=teilweise gemeldet)

Fertiggestellte Bauteile hier melden, dann werden sie „grün“ (=vollständig gemeldet) und automatisch in dem Aufmaß gerechnet

Legende

- 100% für vollst. BZ (vollständige BZ)
- 75% für BZ (teilweise BZ in aktueller BZ (teilweise gemeldet))
- 50% für BZ (teilweise BZ im vorherigen BZ (teilweise gemeldet))
- 25% für BZ (teilweise BZ im vorvergangenen BZ (teilweise gemeldet))
- 0% für BZ (keine BZ gemeldet und keine Messung in BZ erfolgt)
- 0% für BZ (keine BZ gemeldet)
- 0% für BZ (keine BZ gemeldet)

Wurde verknüpft für 5. Berichtszeitraum, aber noch nicht „gemeldet“ = nicht erledigt!

Zu selektierten Objekten erzeugen Mengenspitze

Erzeugen von RE-Mengen

Erzeugen von LE-Mengen

Fertigstellungsgrad [%] [10000]

Mengenspitze erzeugen

Objekt - Visualisierung

Objekt - Visualisierung

Objekt	Kategorie	Objekt	Kategorie	Objekt	Kategorie
01	Bauarbeiten	01	Bauarbeiten	01	Bauarbeiten
02	Bauarbeiten	02	Bauarbeiten	02	Bauarbeiten
03	Bauarbeiten	03	Bauarbeiten	03	Bauarbeiten
04	Bauarbeiten	04	Bauarbeiten	04	Bauarbeiten
05	Bauarbeiten	05	Bauarbeiten	05	Bauarbeiten
06	Bauarbeiten	06	Bauarbeiten	06	Bauarbeiten
07	Bauarbeiten	07	Bauarbeiten	07	Bauarbeiten
08	Bauarbeiten	08	Bauarbeiten	08	Bauarbeiten
09	Bauarbeiten	09	Bauarbeiten	09	Bauarbeiten
10	Bauarbeiten	10	Bauarbeiten	10	Bauarbeiten
11	Bauarbeiten	11	Bauarbeiten	11	Bauarbeiten
12	Bauarbeiten	12	Bauarbeiten	12	Bauarbeiten
13	Bauarbeiten	13	Bauarbeiten	13	Bauarbeiten
14	Bauarbeiten	14	Bauarbeiten	14	Bauarbeiten
15	Bauarbeiten	15	Bauarbeiten	15	Bauarbeiten
16	Bauarbeiten	16	Bauarbeiten	16	Bauarbeiten
17	Bauarbeiten	17	Bauarbeiten	17	Bauarbeiten
18	Bauarbeiten	18	Bauarbeiten	18	Bauarbeiten
19	Bauarbeiten	19	Bauarbeiten	19	Bauarbeiten
20	Bauarbeiten	20	Bauarbeiten	20	Bauarbeiten
21	Bauarbeiten	21	Bauarbeiten	21	Bauarbeiten
22	Bauarbeiten	22	Bauarbeiten	22	Bauarbeiten
23	Bauarbeiten	23	Bauarbeiten	23	Bauarbeiten
24	Bauarbeiten	24	Bauarbeiten	24	Bauarbeiten
25	Bauarbeiten	25	Bauarbeiten	25	Bauarbeiten
26	Bauarbeiten	26	Bauarbeiten	26	Bauarbeiten
27	Bauarbeiten	27	Bauarbeiten	27	Bauarbeiten
28	Bauarbeiten	28	Bauarbeiten	28	Bauarbeiten
29	Bauarbeiten	29	Bauarbeiten	29	Bauarbeiten
30	Bauarbeiten	30	Bauarbeiten	30	Bauarbeiten
31	Bauarbeiten	31	Bauarbeiten	31	Bauarbeiten
32	Bauarbeiten	32	Bauarbeiten	32	Bauarbeiten
33	Bauarbeiten	33	Bauarbeiten	33	Bauarbeiten
34	Bauarbeiten	34	Bauarbeiten	34	Bauarbeiten
35	Bauarbeiten	35	Bauarbeiten	35	Bauarbeiten
36	Bauarbeiten	36	Bauarbeiten	36	Bauarbeiten
37	Bauarbeiten	37	Bauarbeiten	37	Bauarbeiten
38	Bauarbeiten	38	Bauarbeiten	38	Bauarbeiten
39	Bauarbeiten	39	Bauarbeiten	39	Bauarbeiten
40	Bauarbeiten	40	Bauarbeiten	40	Bauarbeiten
41	Bauarbeiten	41	Bauarbeiten	41	Bauarbeiten
42	Bauarbeiten	42	Bauarbeiten	42	Bauarbeiten
43	Bauarbeiten	43	Bauarbeiten	43	Bauarbeiten
44	Bauarbeiten	44	Bauarbeiten	44	Bauarbeiten
45	Bauarbeiten	45	Bauarbeiten	45	Bauarbeiten
46	Bauarbeiten	46	Bauarbeiten	46	Bauarbeiten
47	Bauarbeiten	47	Bauarbeiten	47	Bauarbeiten
48	Bauarbeiten	48	Bauarbeiten	48	Bauarbeiten
49	Bauarbeiten	49	Bauarbeiten	49	Bauarbeiten
50	Bauarbeiten	50	Bauarbeiten	50	Bauarbeiten
51	Bauarbeiten	51	Bauarbeiten	51	Bauarbeiten
52	Bauarbeiten	52	Bauarbeiten	52	Bauarbeiten
53	Bauarbeiten	53	Bauarbeiten	53	Bauarbeiten
54	Bauarbeiten	54	Bauarbeiten	54	Bauarbeiten
55	Bauarbeiten	55	Bauarbeiten	55	Bauarbeiten
56	Bauarbeiten	56	Bauarbeiten	56	Bauarbeiten
57	Bauarbeiten	57	Bauarbeiten	57	Bauarbeiten
58	Bauarbeiten	58	Bauarbeiten	58	Bauarbeiten
59	Bauarbeiten	59	Bauarbeiten	59	Bauarbeiten
60	Bauarbeiten	60	Bauarbeiten	60	Bauarbeiten

Bild 42: Eingabe des Fertigstellungsgrades

Die verschiedenen Farben der Legende in Bild 42 beschreiben den Ist-Zustand der einzelnen Bauteile:

- Dunkelgrün – vollständig fertiggestellt in dem aktuellen Berichtszeitraum (BZ)
- Hellgrün – teilweise fertiggestellt in dem aktuellen BZ
- Mattgrün – war bereits in einem früheren BZ fertiggestellt
- Orange – war bereits in einem früheren BZ gemeldet, wurde aber nur teilweise fertiggestellt
- Rot – ist im aktuellen BZ noch nicht fertiggestellt



Bild 43: RIB iTWO 5D – Legende

Nachdem alle Bauteile gemeldet wurden, kann mit der Software pro-CON der Wochenplan erstellt werden (siehe Bild 44). Der Wochenplan zeigt die Arbeitsstunden, die Lohnkosten, die Gerätekosten und die Artikelkosten an. Die großen Vorteile des Modellbasierten Wochenplans sind:

- Durch das Verknüpfen des BIM-Modells mit der Arbeitskalkulation ist kein händisches Rechnen mehr notwendig
- Kommunikationsbasis sowie grafische Visualisierung des Wochenplans für den Polier
- Durch Veranschaulichung – schnelleres Erkennen von Fehlern

Wochenplan Vorgabeliste

026_1 V2 (Ausführung) WOPL modellorientiert_Winklerpark Linz

WOPL - KW 23 - Wochenplan bitte nur im WP-Tool verwenden
alle Angaben in EUR

Aufgestellt: 01.06.2017.KupinicMedj

Stundenvorgabe gem. BAS				VA-Menge				KW 23 -2017				
BAS-Nr.	BAS-Bezeichnung	ME	Menge	Std/ME	gem. BML	Summe Std	Lohn-Kosten	Menge	Std/ME	gem. BML	Summe Std	Wahr
174	Eigenleistung Bewehrung	h	0,00	0,00	33,99	2.989,21	101.652,42	0,00	0,00	34,10	38,18	1.302,04
310	Schalung Fundamente	m²	4.219,76	0,46	33,99	1.949,91	66.542,42	0,49	34,10	83,58	2.850,21	15.808,00
320	Schalung Wände beidseitig	m²	28.777,58	0,49	33,99	14.049,03	477.532,04	0,49	34,10	483,58	15.808,00	15.808,00
330	Schalung Säulen	m²	2.125,95	0,71	33,99	1.498,50	50.934,69	0,72	34,10	31,84	1.075,41	1.075,41
340	Schalung Decken	m²	34.214,67	0,34	33,99	11.524,25	391.193,56	0,34	34,10	361,59	4.480,50	4.480,50
410	Beton Fundamente	m³	2.050,97	0,40	33,99	822,39	27.953,45	0,40	34,10	26,36	898,81	898,81
420	Beton Wände	m³	3.307,36	0,51	33,99	1.684,07	57.242,08	0,51	34,10	54,46	1.856,58	1.856,58
430	Beton Säulen	m³	187,86	1,20	33,99	225,43	7.662,52	1,20	34,10	5,11	174,32	174,32
440	Beton Decken	m³	7.873,38	0,34	33,99	2.704,79	91.036,91	0,34	34,10	25,22	859,83	859,83
SUMME						57.978,44	1.970.709,28				859,42	29.306,23

Lohnstunden

Lohnkosten

Stundenvorgabe gem. kalk. Stunden				VA-Menge				KW 23 -2017												
	ME	Menge	BML	Summe Std	Lohn-Kosten	Menge	BML	Summe Std	Lohn-Kosten											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13								
GESAMTSTUNDEN												h	58.544,65	33,99	59.544,65	1.989.954,97	859,42	34,10	859,42	29.306,23
Differenz BAS Auswertung - Stundenvorgabe Kalk.												m³			-666,21	-19.245,69				

Einsatzplanung				KW 23 -2017			
KOLONNE	Produktivität	Anzahl Pers.	Std / Woche	Summe Std			
				0,00			
				0%			

Gerätevorgabe				VA-Menge				KW 23 -2017				WAHR
Schlüssel	Geräte-Bezeichnung	ME	Menge	Kosten/ME	Kosten	Menge	Kosten/ME	Kosten	Summe Std	Lohn-Kosten		
P222-0235.V.1	LKW DREIACHSKIPPER 235 kW-Varia	h	498,47	50,09	24.988,22	7,84	50,09	39.512,22	382,51	382,51		
P444-0240.V.1	TIEFLADER 24,0 t NE -Variable Kd	h	498,47	2,99	1.489,43	7,84	2,99	2.990,43	22,82	22,82		
W030-0032.V.1	HÄNDLSCHRAMMASCHINE E -Variable Kd	h	272,84	3,38	923,90	8,75	0,38	1.307,90	3,34	3,34		
W406-1350.V.1	SCHALUNGSREINIGUNGSMASCHINE	h	913,74	1,77	1.616,10	20,14	1,77	3.127,77	35,62	35,62		
W412-0500.V.1	KETTENSEGEBE B -Variable Kosten	h	8.178,69	1,27	10.422,11	17,25	1,27	21.798,27	21,98	21,98		
SUMME						423.269,16			466,27	466,27		

Gerätekosten

Artikelvorgabe				VA-Menge				KW 23 -2017				WAHR
Schlüssel	Geräte-Bezeichnung	ME	Menge	Kosten/ME	Kosten	Menge	Kosten/ME	Kosten	Summe Std	Lohn-Kosten		
302HB050	C 25-30 XC2 GK32 F45	m³	12.525,31	46,00	576.164,13	272,48	46,00	12.534,28	12.534,28	12.534,28		
431110	Alu Framax Element	ST	157,10	339,13	53.278,68	5,60	339,13	1.900,59	1.900,59	1.900,59		
431054	Schalungslatte 22mm 200/50cm	m²	3.613,48	14,98	54.129,87	41,59	14,98	622,97	622,97	622,97		
432020	Kantstreif. Platten	m³	291,49	152,62	44.487,21	3,94	152,62	601,69	601,69	601,69		
302HB455	Az Pumpe je m³ Beton (38 m Mastlänge)	m³	7.720,65	7,00	54.044,52	81,61	7,00	571,29	571,29	571,29		
431102	Framax-Betonierbühne 1,25x2,70m	m	51,59	185,57	9.574,07	1,89	185,57	350,41	350,41	350,41		
431060	Kunststoffrohr 22 mm 5,50m Doka	m	16.770,06	0,45	7.550,13	554,37	0,45	249,47	249,47	249,47		
302HB450	Betorpumpe inkl. 20m³ Förd. (38 m Ma	PA	56,34	290,00	16.339,54	0,81	290,00	233,33	233,33	233,33		
332940	Verdunstungsschutz 25kg Gebinde (0,1f	kg	7.058,67	2,80	19.764,28	65,25	2,80	182,69	182,69	182,69		
432800	Superplatte 15,0	ST	839,22	6,48	5.438,16	24,14	6,48	156,43	156,43	156,43		
431214	Framax-Scharnerecke 1,2,70m	m	25,80	148,31	3.825,86	0,94	148,31	140,03	140,03	140,03		
431000	Scharfz 27l Gebinde	l	3.395,53	1,80	6.111,96	77,46	1,80	139,42	139,42	139,42		
431218	Framax-Schnellspanner RU	ST	157,10	24,28	3.814,48	5,60	24,28	136,07	136,07	136,07		
345600	Nägel, Drahtstifte	kg	4.329,55	1,46	6.321,15	86,00	1,46	125,57	125,57	125,57		
431050	Schalungsträger H 20 P	m	1.348,25	7,14	9.626,51	15,40	7,14	109,93	109,93	109,93		
232010	Elektr. Strom OT	HWh	89.112,82	0,24	21.387,08	264,55	0,24	63,49	63,49	63,49		
432106	Stützbo	ST	96,69	49,26	4.772,89	3,11	49,26	51,40	51,40	51,40		
431172	Framax Außencke	ST	25,80	50,48	1.302,20	0,94	50,48	47,66	47,66	47,66		
431999VE	Schalung Holz allgemein	VE	999,27	1,00	999,27	35,96	1,00	35,96	35,96	35,96		
432086	Deckensitze Eures 30 350	ST	51,21	50,80	2.601,32	0,56	50,80	28,22	28,22	28,22		
432010	Stahlkandrigel WS10 To. kl. 3,00m	m	45,88	44,84	2.057,13	0,57	44,84	25,43	25,43	25,43		
432102	Absenkkopf H 20	ST	111,00	22,57	2.505,28	1,11	22,57	25,08	25,08	25,08		
432814	Verschlußkopfen 22mm	ST	35.933,62	0,02	718,67	1.120,86	0,02	22,42	22,42	22,42		
432016	Verbindungsplatte Top 50 Z	ST	47,25	29,13	1.376,48	0,74	29,13	21,80	21,80	21,80		
432024	Kranbo	ST	25,80	22,50	580,42	0,94	22,50	21,24	21,24	21,24		
431090	Elementeätze 340	ST	4,63	154,87	717,25	0,09	154,87	13,51	13,51	13,51		
432740	Ankerstab 15,0mm unbehandelt 1m	m	182,95	2,69	492,15	3,86	2,69	10,39	10,39	10,39		
432018	Verbindungsbolzen 10cm	ST	186,70	1,64	306,18	2,92	1,64	4,79	4,79	4,79		
432020	Federverstecker 6mm	ST	96,69	0,52	50,28	1,11	0,52	0,58	0,58	0,58		
302HB320	Az Pumpbeton bei C25/30	m³	10.000,10	0,00	0,00	150,72	0,00	18.425,94	18.425,94	18.425,94		
SUMME						1.341.972,64			18.425,94	18.425,94		

Artikelkosten

Bild 44: Ein fertiggestellter Wochenplan – Auszug aus der Software pro-CON

5.1.5 Controlling im Baubetrieb

Controlling stellt einen sehr wichtigen Teil des täglichen Baubetriebs dar und wird über die ganze Dauer des Bauvorhabens durchgeführt. Durch das Controlling hat der Bauleiter die Möglichkeit zu kontrollieren, ob alles so ausgeführt wird, wie es geplant wurde. Angefangen von der Terminplanung, den eingebauten Massen bis hin zu den Annahmen, die bei der Kalkulation getroffen wurden, bietet sich die Möglichkeit während der wöchentlichen Kontrolle frühzeitig Probleme zu erkennen und rechtzeitig einzugreifen, um Mehraufwand und Mehrkosten zu vermeiden. Das Controlling ist beim Bauvorhaben „Winkler Park“ in vier Kategorien unterteilt: Controlling der Bauablaufplanung, Controlling der Arbeitskalkulation, Subunternehmercontrolling und Controlling Allgemein (siehe Bild 45).

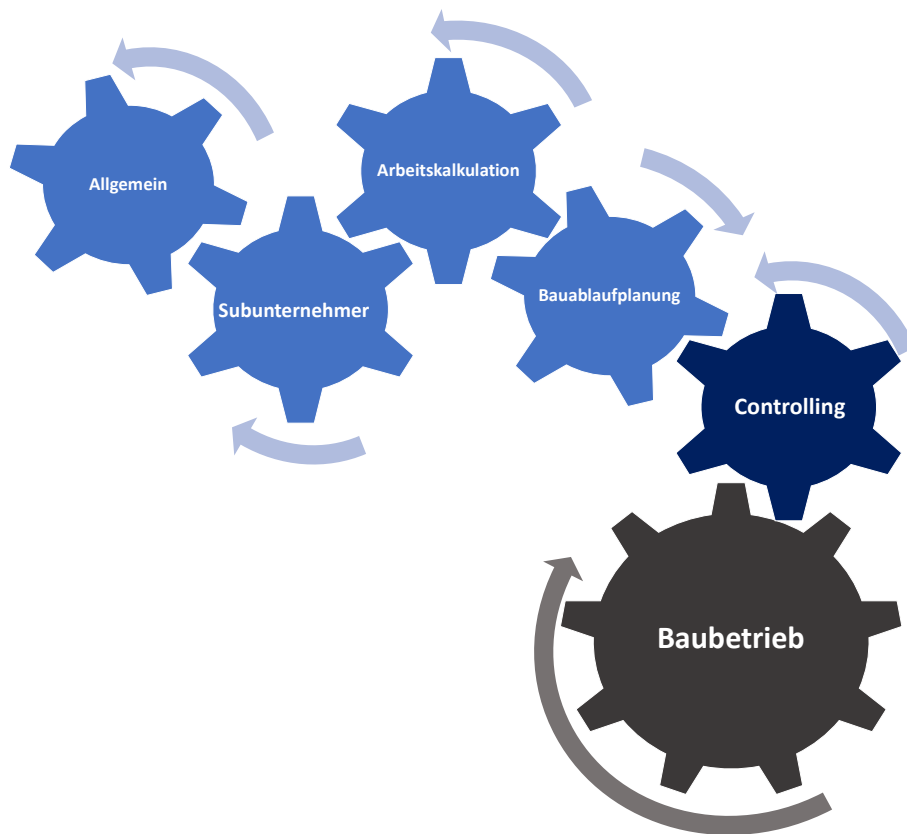


Bild 45: Aufgliederung der Controlling Tätigkeit

Beim Controlling der Bauablaufplanung werden die zwei wichtigsten Faktoren einer Baustelle kontrolliert: Bauzeitplanung und Ressourcen Planung. So lange diese zwei Faktoren nicht vom Soll abweichen, sollte dem Einhalten der Meilensteine, des Endtermins und der geplanten Kosten im Regelfall, nichts im Wege stehen.

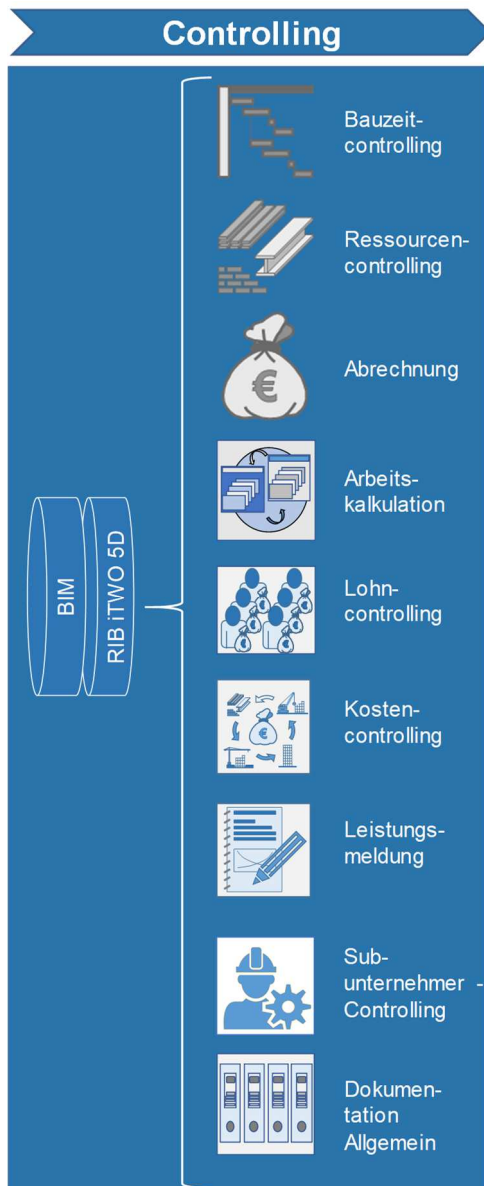


Bild 46: Controlling

Unter Controlling der Arbeitskalkulation wird die laufende Wartung der Arbeitskalkulation, die Abrechnung im RIB iTWO 5D, das Lohncontrolling (Soll-Ist-Vergleich, Wochenplan), das Kostencontrolling (PEB – Projekt Ergebnisbericht), sowie die Leistungsmeldung monatlich verstanden. Besonders bei der Arbeitskalkulation ist eine laufende Wartung sehr wichtig. Es muss überprüft werden, ob die eingesetzten Kennzahlen in der Realität auch zutreffen. Zum Beispiel könnte während der Ausführung festgestellt werden, dass der eingesetzte Aufwandswert für die Deckenbetonage zu optimistisch war und Maßnahmen implementiert werden, mit denen die verlorene Zeit wieder eingeholt werden kann.

Beim Subunternehmercontrolling wird eine laufende Wartung der Informationen der Subunternehmer sowie der Firmenliste durchgeführt. Des Weiteren wird auch der Vergabeterminplan gewartet. Die ausländischen Arbeitnehmer werden mittels I-Shap kontrolliert. Dabei handelt es sich um eine Dienstleistung für Personaldokumentation.

Der Allgemeine Teil der Controlling-Unterteilung befasst sich mit der Planverwaltung, der ISO Zertifizierung des internen QM, dem Nachtragsmanagement, der Rechnungslegung für den Bauherrn und der Dokumentation bzw. Protokollierung.

Die verwendeten Softwarelösungen, die die Bauleitung bei den Controllingtätigkeiten unterstützen sind: Revit, RIB iTWO 5D und Docu-Tools.

5.1.6 Wissensmanagement

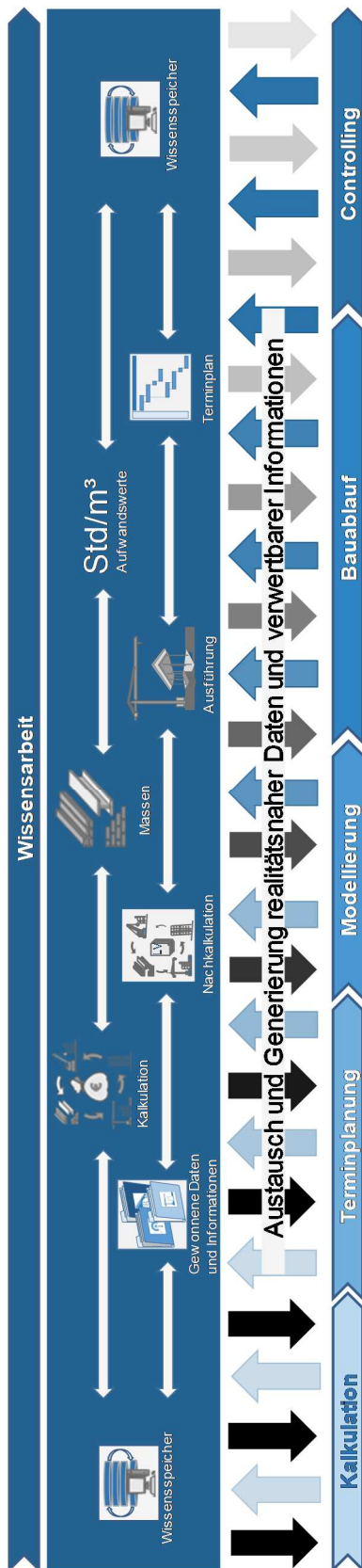


Bild 47: Wissensarbeit

Das Wissensmanagement stellt ein sehr wichtiges Tool für das wirtschaftliche Überleben einer Baufirma dar. Ziel des Wissensmanagements ist es das gewonnene Wissen aufzuarbeiten, zu kategorisieren und systematisch zu speichern, sodass es bei zukünftigen Projekten wiedergefunden, aufgerufen und benutzt werden kann.

Für die meisten Baufirmen stellt sich das Wissensmanagement als eine sehr große Herausforderung dar. Es gibt zwei Hauptgründe wieso die Baufirmen beim Wissensmanagement Schwierigkeiten haben. Die erste Problematik ist die Aufbereitung und Speicherung der Informationen. Es ist außerordentlich schwer das Wissen eines erfahrenen Mitarbeiters so zu erfassen, aufzubereiten und zu speichern, dass das Wissen nicht verloren geht und für die nächste Generation der Mitarbeiter auffindbar und einsetzbar ist. Der zweite Grund ist die fehlende Zeit der Beteiligten. Meistens starten schon die nächsten Projekte, bevor das aktuelle abgeschlossen ist. Es erweist sich als sehr schwierig, die notwendige Zeit für wichtige Tätigkeiten, wie die der Nachkalkulation usw. zu finden.

Beim Bauvorhaben „Winkler Park“ wurde Wissensmanagement über die ganze Dauer des Projektes durchgeführt. Wie in Bild 47 zu sehen ist, erfolgt das Wissensmanagement vom Wissensspeicher zum Wissensspeicher. Das beschreibt den Informationsfluss während eines Bauvorhabens. Am Anfang des Bauvorhabens werden Informationen aus dem internen Wissensspeicher vom Unternehmen benötigt, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Am Ende des Projektes werden gewonnene Informationen im Wissensspeicher wieder eingespeist, um für zukünftige Projekte nutzbar zu sein. Die Pfeile in Bild 47 verdeutlichen diesen Prozess. So soll die Anordnung der Pfeile über die ganze

Länge der Wissensarbeit verdeutlichen, dass Wissensmanagement über die gesamte Dauer des Bauvorhabens betrieben wird. Die Transparenz der Pfeile (siehe Bild 30) soll die Menge der erforderlichen Informationen darstellen. So sind die schwarzen Pfeile am Anfang mit einer kräftigen Farbe versehen, weil am Anfang mehr Informationen gebraucht werden als zum Schluss des Projektes. Genau die gegenteilige Bedeutung haben die blauen Pfeile. Am Anfang sind diese ganz blass, weil kaum Informationen zum Wissensspeicher zurückkommen und gegen Ende des Bauvorhabens wird die Farbe kräftiger, da kaum mehr Informationen gebraucht werden. Dafür werden neue Informationen dem Wissensspeicher wieder zugefügt.

Bei der STRABAG wird die Kalkulation vom Bauleiter zusammen mit einem Kalkulanten durchgeführt. Mit dem Fortschreiten der Baustelle und dem laufend durchgeführten Soll-Ist-Vergleich erfolgt ein Rückfluss von Informationen, wie Aufwandswerte etc. an die Kalkulation.

6 Handlungsempfehlung

Im Laufe dieses Abschnittes werden erarbeitete Handlungsempfehlungen beschrieben. Diese sollen das Verfahren der modellbasierten Wochenplanung, die im Kapitel 5 im Detail beschrieben wurde ergänzen, mit dem Ziel in Zukunft einen größeren Nutzen aus einem Building Integrated Model herausholen zu können. Die Handlungsempfehlungen wurden in drei Gruppen unterteilt:

- Kurzfristige Handlungsempfehlungen
- Mittelfristige Handlungsempfehlungen
- Langfristige Handlungsempfehlungen

Bei den kurzfristigen Handlungsempfehlungen handelt es sich um Maßnahmen, die unmittelbar implementiert werden können z.B. durch das Umstrukturieren der aktuellen Arbeitsweise und den Zukauf von neuen Softwarelösungen. Als mittelfristige Handlungsempfehlungen werden Lösungen verstanden, bei denen noch Forschungsbedarf besteht bzw. wo es noch keine marktreifen Lösungen zu erwerben gibt. Langfristige Handlungsempfehlungen sind Vorschläge wie sich BIM in der Zukunft weiterentwickeln könnte und die neuen Eigenschaften, die sich daraus herauskristallisieren könnten.

6.1 Kurzfristig

In diesem Abschnitt werden Möglichkeiten behandelt wie der Nutzen eines BIM-Modells mit bereits verfügbaren Softwareprogrammen und Technologien erhöht werden kann.

6.1.1 Digitaler Bautagesbericht

Die Informationen, die in diesem Abschnitt behandelt werden, berufen sich auf die Masterarbeit „BIM in der Bauausführung – Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM“, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung.¹¹⁰

6.1.1.1 Benötigte Software

Um den digitalen Bautagesbericht effektiv in der Phase der Bauausführung einsetzen zu können, bedarf es einer Software, bei der eine intuitive Bedienung und eine einfache Handhabung Grundvoraussetzungen sind. Des Wei-

¹¹⁰ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit.

teren müssen die in Frage kommenden Softwarelösungen eine leistungsfähige Schnittstelle zu Revit aufweisen. Diese Voraussetzungen werden von den Softwareprogrammen „Ceapoint Viewer“ und „BIM-BauDoku“ erfüllt.

„Ceapoint Viewer“¹¹¹ dient hauptsächlich der Visualisierung des BIM-Modells. Durch den Einsatz dieser Software soll es ermöglicht werden, alle für die Bauausführung relevanten Informationen auf der Baustelle vor Ort abrufen zu können. Der Grund weshalb Ceapoint, im Gegensatz zu allen anderen im Markt zur Verfügung stehenden Revit Visualisierungsprogrammen ausgewählt wurde, liegt an der Möglichkeit Informationen nicht nur aus Revit darstellen zu können, sondern auch Informationen wieder in das ursprüngliche Modell zu importieren. So können Informationen durch den Einsatz des Ceapoint Viewers auf der Baustelle nicht nur erfasst und dokumentiert werden, sondern durch die Schnittstelle auch wieder in das Gesamtmodell eingefügt werden.

Der Ceapoint Viewer ermöglicht es auch neue bauteilspezifische Parameter zu generieren und dadurch zusätzliche Details anzugeben. Zusätzlich bietet Ceapoint nicht nur eine breite Auswahl an Bearbeitungstools, sondern auch die Möglichkeit eigens verfasste Programmierungen zu implementieren. Neben Revit lassen sich auch DWG-Formate, Laser-Scan-Daten sowie MS Project Daten und MS Access-Datenbanken einlesen.

Da der Ceapoint Viewer in erster Linie eine Visualisierungssoftware darstellt, sind Funktionen wie „Walk-Through“, Zoom und Orbit sowie das Ein- und Ausblenden von Bauteilen selbstverständlich. Darüber hinaus ermöglicht die Software Abmessungen direkt am Modell durchzuführen, sowie auf jeden definierten Parameter mittels der Filterfunktionen zugreifen zu können. Es besteht sogar die Möglichkeit genau zu definieren welche Parameter und in welcher Darstellungsform diese angezeigt werden sollen. Da ein BIM-Modell eine große Anzahl an Parameter aufweist, ist eine unkomplizierte Darstellung eine große Erleichterung.

Ceapoint erlaubt den Import von Terminplänen und die Verknüpfung mit dem BIM-Modell. Die Ablaufbalken können einzeln abgebildet werden oder durch bestimmte Regeln den einzelnen Elementen im Modell zugewiesen werden.¹¹²

6.1.1.2 Erzeugung des Digitalen Bautagesberichtes – „BIM-BauDoku“

Die von der „b.i.m.m GmbH“¹¹³ erzeugte Applikation „BIM-BauDoku“, die für das Softwareprogramm „Ceapoint“ entwickelt wurde, beinhaltet Filteroptionen, wodurch das BIM-Modell nach Gewerken und Geschossen getrennt dargestellt werden kann. Dies ermöglicht ein vereinfachtes Navigieren im Modell.

¹¹¹ Vgl. <https://www.ceapoint.com/>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018

¹¹² Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 24-26

¹¹³ Vgl. <https://bimm.eu/>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018

Zudem wurde die Bautagesberichtvorlage der ÖNORM B 2110 als Vorlage genommen, um unter anderem die Bedienung zu erleichtern. Der Bautagesbericht beinhaltet folgende Informationen:

- Allgemeine Informationen
 - Bauvorhaben
 - Bautagesberichtsnummer
 - Datum
- Wetter
- Temperatur
- Arbeiterstand
- Gerätestand
- Leistungsfortschritt
- Ausführungsunterlagen
- Besucher

Die Gesamtheit der Informationen ist in Kategorien „bauteilbezogen“ und „datumbezogen“ unterteilt. Diese Unterteilung wird auch von der grafischen Oberfläche der Software unterstützt.

6.1.1.3 Datumbezogene Informationen

Unter datumsbezogene Informationen fallen die allgemeinen Informationen. Für die fortlaufende Nummerierung wird das Datum als sogenannter Primärschlüssel eingesetzt. So lassen sich die Tabelleneinträge eindeutig identifizieren. Die Software benutzt den Computer, um das aktuelle Datum auszulesen. Diese Information findet sich in der Kopfzeile des Bautagesberichtes wieder. Die fortlaufende Nummerierung fängt beim ersten Tag mit der Nummer „1“ an und steigt mit jedem weiteren Tag an dem die Software benutzt wird, um „1“ an. In der Form wird sichergestellt, dass jeder Arbeitstag eine fortlaufende Nummerierung erhält. Wochenenden, Schlechtwettertage und Feiertage werden nicht mitgezählt.

Um die Bedienung zu erleichtern, wurden bei bestimmten Feldern Dropdown-Menüs implementiert. Zusätzlich bietet die Software die Möglichkeit Kommentare für „Baubesuch“, „Ausführungsunterlagen“ sowie „Güte- und Funktions-

prüfung“ zu schreiben. Da nicht alle möglichen Vorkommnisse in einer Vorlage erfasst werden können, beinhaltet die Software ein weiteres Eingabefeld für ergänzende Informationen.¹¹⁴

6.1.1.4 Elementbezogene Informationen

Diese Informationen liegen in einer bauteilbezogenen Datenbank. So werden alle bauteilbezogenen Informationen den jeweiligen Bauteilen zugeordnet. Demzufolge können die Informationen nur wiedergegeben werden, wenn das korrespondierende Bauteil bekannt ist.

Für jedes Bauteil werden die Informationen zu Herstellungsbeginn und Herstellungsende in den Bautagesbericht eingegeben. Demnach beinhaltet nicht nur der Bautagesbericht, sondern auch jedes Bauteil die Informationen für dessen Herstellungszeitraum. Dabei wird nur der Hauptvorgang (z.B. die Betonage oder das Mauern) berücksichtigt. Alle unterstützenden Vorgänge sollen außer Acht gelassen werden.

Um eine möglichst intuitive Handhabung der Software zu gewährleisten, wurde die Benutzeroberfläche so entworfen, dass sich der Polier nur auf das Ausfüllen des Bautagesberichtes zu konzentrieren hat. Die Sicherung der Daten zu den jeweiligen Bauteilen findet im Hintergrund automatisch statt.

In den elementbezogenen Informationen soll der Polier die Bauteile an denen gearbeitet wird im digitalen Bautagesbericht hinzufügen. Abhängig vom Baufortschritt besteht die Möglichkeit Objekte zum Bautagesbericht hinzuzufügen, Objekte vom Bautagesbericht zu entfernen und Objekte als fertiggestellt zu markieren. Die benötigten Objekte, an denen gearbeitet wird, können mittels der Filterfunktionen, die in den Abschnitten 6.1.1.1 und 6.1.1.2 behandelt wurden, gefunden werden. Um dem Polier die Arbeit zur Objektfindung zu erleichtern, kann der Bauleiter oder der BIM-Manager die Ansichten der einzelnen Objekte an denen gerade gearbeitet wird, im Vorhinein im Feld „Notizen“ der elementbezogenen Informationen einfügen.

Zusätzliche bauteilbezogene Informationen können im Feld „Besondere Vorkommnisse je selektiertes Bauteil“ eingetragen werden. Informationen die in diesem Feld eingetragen werden, werden im markierten Bauteil abgespeichert. Im Gegensatz zu den datumsbezogenen Informationen, können diese Notizen nur unter dem korrespondierenden Bauteil gefunden werden.

BIM-BauDoku beinhaltet zusätzlich auch die Möglichkeit Fotos im digitalen Bautagesbericht anzuhängen. Anschließend kann der digitale Bautagesbericht als PDF-Datei gespeichert, mit einer digitalen Signatur versehen und sofort an die Projektbeteiligten verschickt werden, ohne den Bautagesbericht

¹¹⁴Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 98-101

einmal ausdrucken zu müssen. Diese digitale Signatur ist rechtsgültig und somit kann der digitale Bautagesbericht bei Auseinandersetzungen als Beweismittel dienen.¹¹⁵

In Bild 48 ist die schematische Darstellung der Funktionsweise des Bautagesberichtes dargestellt.

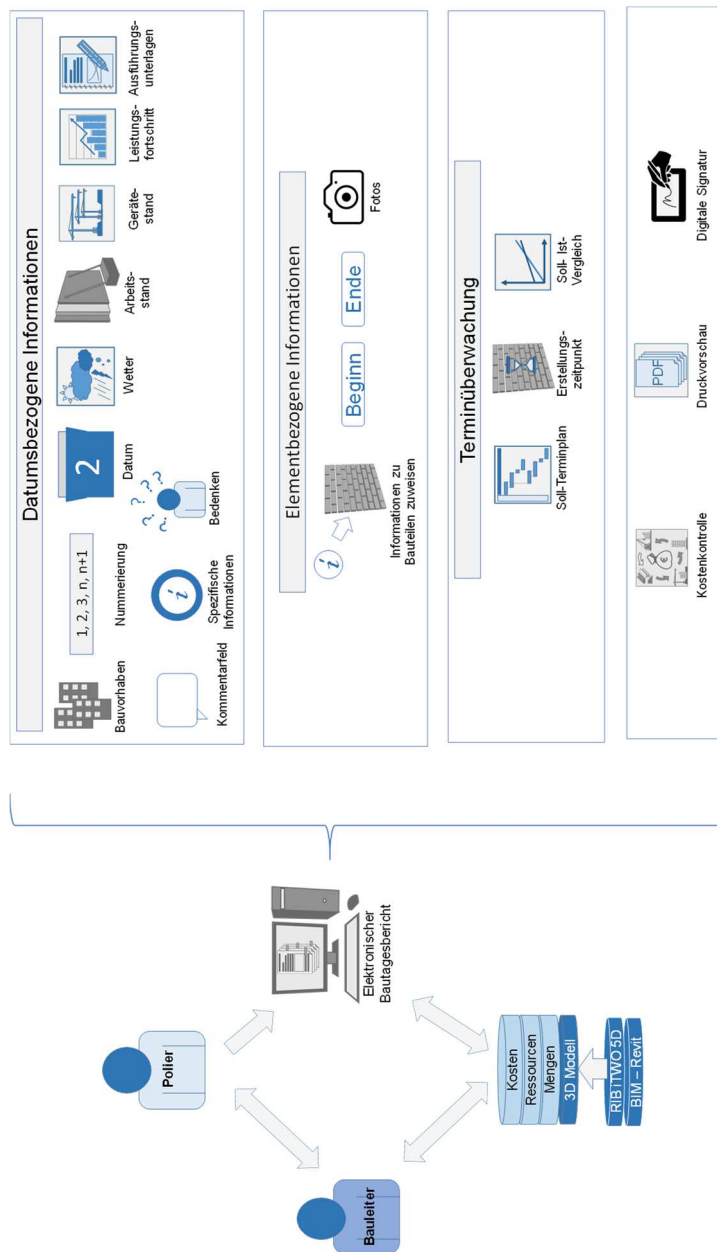


Bild 48: Schematische Darstellung der Inhalte des digitalen Bautagesberichtes

¹¹⁵ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 101-105

6.1.2 Automatische Bekanntgabe der Ausschalzeiten

Die Realisierung eines Bauvorhabens ist ein komplexes Unterfangen, wo viele unterschiedliche Arbeiten auszuführen, viele Mitwirkende beteiligt und die einzelnen Arbeiten an sich miteinander verknüpft bzw. voneinander abhängig sind. Dazu kommen noch die verschiedenen eingesetzten Werkstoffe, die die Bauablaufplanung wesentlich beeinflussen.

Die Dauer eines jeden Vorganges auf der Baustelle muss genau geplant werden. Beispielhaft müssen bei Stahlbetonarbeiten viele unterschiedliche Faktoren bzw. Fragen berücksichtigt werden: wie ist die Betonrezeptur, welche Oberflächenqualität muss erreicht werden, wie sieht es mit der Farbgleichheit aus (muss eine Sichtbetonqualität erreicht werden oder nicht), wie viel Vorhaltemenge wird gebraucht, wann kann ausgeschalt werden, wie wirkt sich das Wetter auf die Ausschalzeiten aus etc. Um bei der Entscheidung zu helfen, werden entsprechende Interaktionsdiagramme herangezogen.

Die Firma „DOKA“ hat ein Beton-Monitoringsystem mit der Bezeichnung „CONCREMOTE“¹¹⁶ auf dem Markt gebracht. Dieses Messsystem misst mithilfe eines „Betonreifecomputers“ die Betonfestigkeit und gibt Auskunft über den idealen Ausschalzeitpunkt. Die Umsetzung der automatischen Bekanntgabe der Ausschalzeiten erfolgt durch den Einbau von Sensoren in die Schalung, sowie in den Betonkörper. Diese Sensoren messen die Temperaturentwicklung im Beton. Die aus den Sensoren erhaltenen Informationen, zusammen mit den Informationen einer Wettermessstation, die auf der Baustelle aufgebaut ist, werden in eine Software überführt. So bekommt die Bauleitung eine Meldung wann voraussichtlich der ideale Zeitpunkt zum Ausschalen ist. Diese Informationen sind sehr hilfreich für die Bauleitung, um den Bauablauf bestmöglich planen zu können. Informationen über den Reifegrad des Betons sind entscheidend, wenn Sichtbeton gefordert ist.

Der nächste Schritt ist die Verknüpfung der Ausschalzeitinformationen mit dem BIM-Modell. So wären alle für den Bauablauf wichtigen Informationen in einem Modell vorhanden. Durch das Anklicken der für z.B. die Wochenplanung erwünschten Bauteile wären die Ausschalinformationen sofort sichtbar. Dies würde zu einer besseren Wochenplanung führen und die vereinbarte Qualität der Bauteile wäre auch gewährleistet. Durch die Verknüpfung des Systems mit einer Wetterstation ist es auch möglich bei Wetteränderungen Warnungsmeldungen z.B. per „E-Mail“ oder „SMS“ rechtzeitig an die Bauleitung zu verschicken. Diese Informationen sind besonders für Baustellen wichtig, wo Sichtbetonbauteile herzustellen sind. So hätte die Bauleitung Zeit Maßnahmen zu treffen, die die empfindlichen Bauteile schützen können. In Bild 49 ist eine schematische Darstellung der Funktionsweise dieses Systems dargestellt.

¹¹⁶ Vgl. <https://www.doka.com/at/system-groups/doka-system-components/concreMOTE-hardware/index>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018

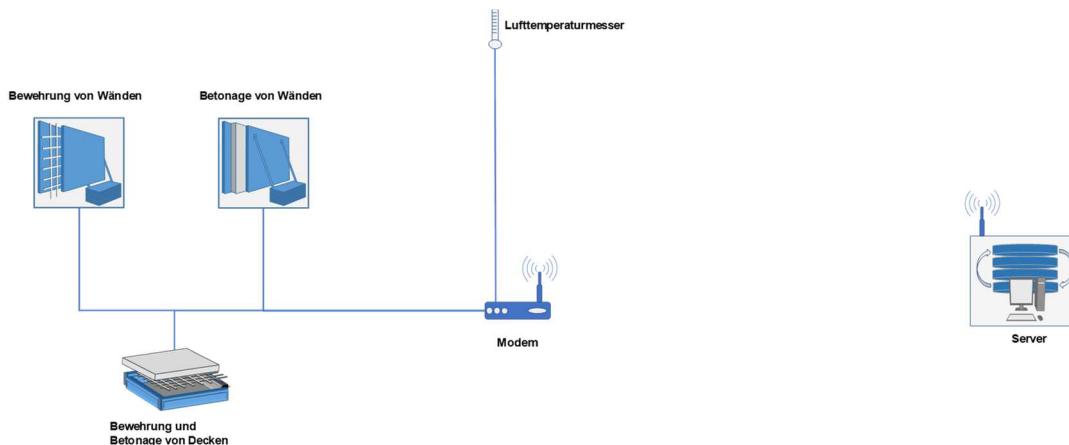


Bild 49: Schematische Darstellung – Automatische Bekanntgabe der Ausschaltzeiten

Die Entscheidung wann tatsächlich ausgeschalt wird, obliegt letztendlich der Bauleitung.

6.2 Mittelfristig

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Masterarbeit nutzen die Baufirmen BIM hauptsächlich zur Massenberechnung. Die Massenberechnung stellt aber nur einen Bruchteil des Potenzials von BIM dar. Um den Nutzen und die Attraktivität von BIM zur erhöhen, muss ein BIM-Modell mehr bieten können. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist die Verknüpfung des BIM-Modells mit dem Bauzeitplan.

6.2.1 Semiautomatische bis automatische Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation

Wie bereits in Kapitel 5 beschrieben ist es mit dem jetzigen Stand der Technik möglich eine funktionierende Kommunikation zwischen der Kalkulation und dem BIM-Modell zu erzeugen (siehe Bild 50). Es besteht noch ein großer Forschungsbedarf, um eine marktreife Lösung für die Kommunikation zwischen dem BIM-Modell und der Terminplanung zu entwickeln. Eine semiautomatische bis automatische Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation wäre ein großer Vorteil für die Bauindustrie, da die Terminplanerzeugung sowie Änderungen im Terminplan, die während des täglichen Baubetriebes stattfinden, nicht nur auf der Erfahrung und Einschätzung des Bauleiters basieren müssen, sondern auch auf Wahrscheinlichkeitsberechnungen und fundierte Kennzahlen beruhen sollen.

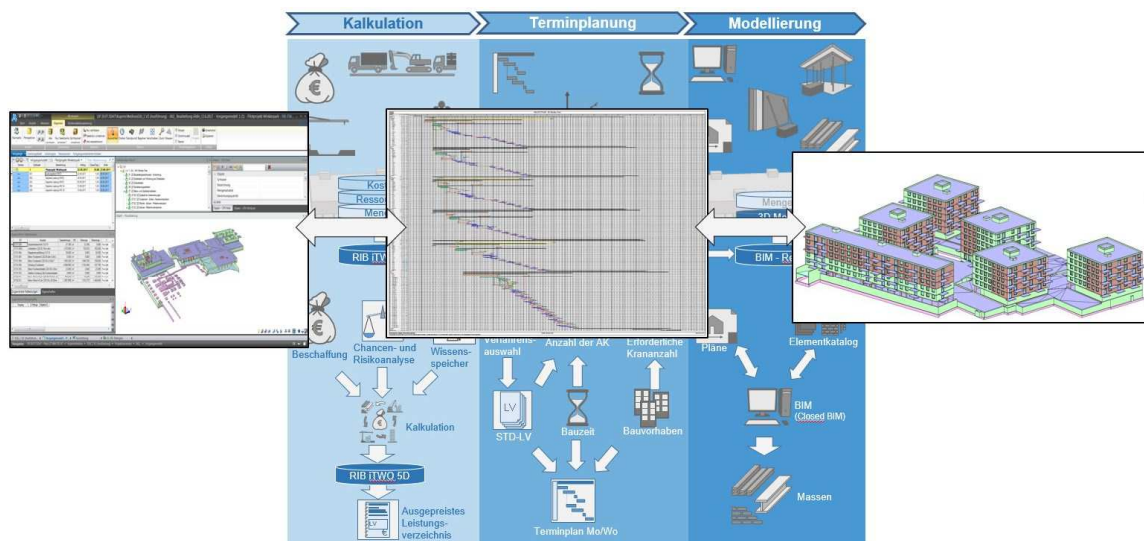


Bild 50: Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation

Unter einer semiautomatischen Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation wird die automatische Änderung des Terminplanes verstanden. Der Terminplan an sich würde aber immer noch vom Bauleiter selber erstellt werden. Ein großer Vorteil dabei wäre der Soll-Ist-Vergleich zwischen dem Soll-Gesamtterminplan und dem aktuellen Ist-Gesamtterminplan, der auf einem Mausklick stattfinden würde. So wäre ein direkter Vergleich der zwei Terminpläne möglich, anhand dessen sich die am Bauvorhaben Beteiligten sofort ein Bild machen könnten, ob die Meilensteine oder der Fertigstellungstermin eingehalten werden können. Die Überlegungen über Forcierungsmaßnahmen und deren Auswirkungen auf den Gesamtterminplan könnten im BIM-Modell getestet und die Auswirkungen analysiert werden, um die für den entsprechenden Fall bestmögliche Lösung zu finden (siehe Bild 51).

Bei der automatischen Kommunikation zwischen BIM, Terminplan und Kalkulation wird die automatische Erzeugung des Terminplanes vom BIM-Modell verstanden. In diesem Fall würde der Bauleiter einen fertig generierten Gesamtterminplan erhalten, den er nach Bedarf ändern bzw. anpassen könnte.

Im Abschnitt 6.2.2 wird eine wissenschaftliche Arbeit behandelt, die von der „Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University, 1001, University Road, Hsin-Chu, Taiwan“¹¹⁷ in Zusammenarbeit mit der „Department of Civil Engineering, R.O.C Military Academy, Taiwan“¹¹⁸ erfasst wurde, um zu veranschaulichen wie „4D-BIM“ funktionieren könnte.

¹¹⁷ Vgl. http://www.cv.nctu.edu.tw/English_New/index.html. Datum des Zugriffs: 05.07.2018

¹¹⁸ Vgl. https://www.cma.edu.tw/en/en_university_c.php. Datum des Zugriffs: 05.07.2018

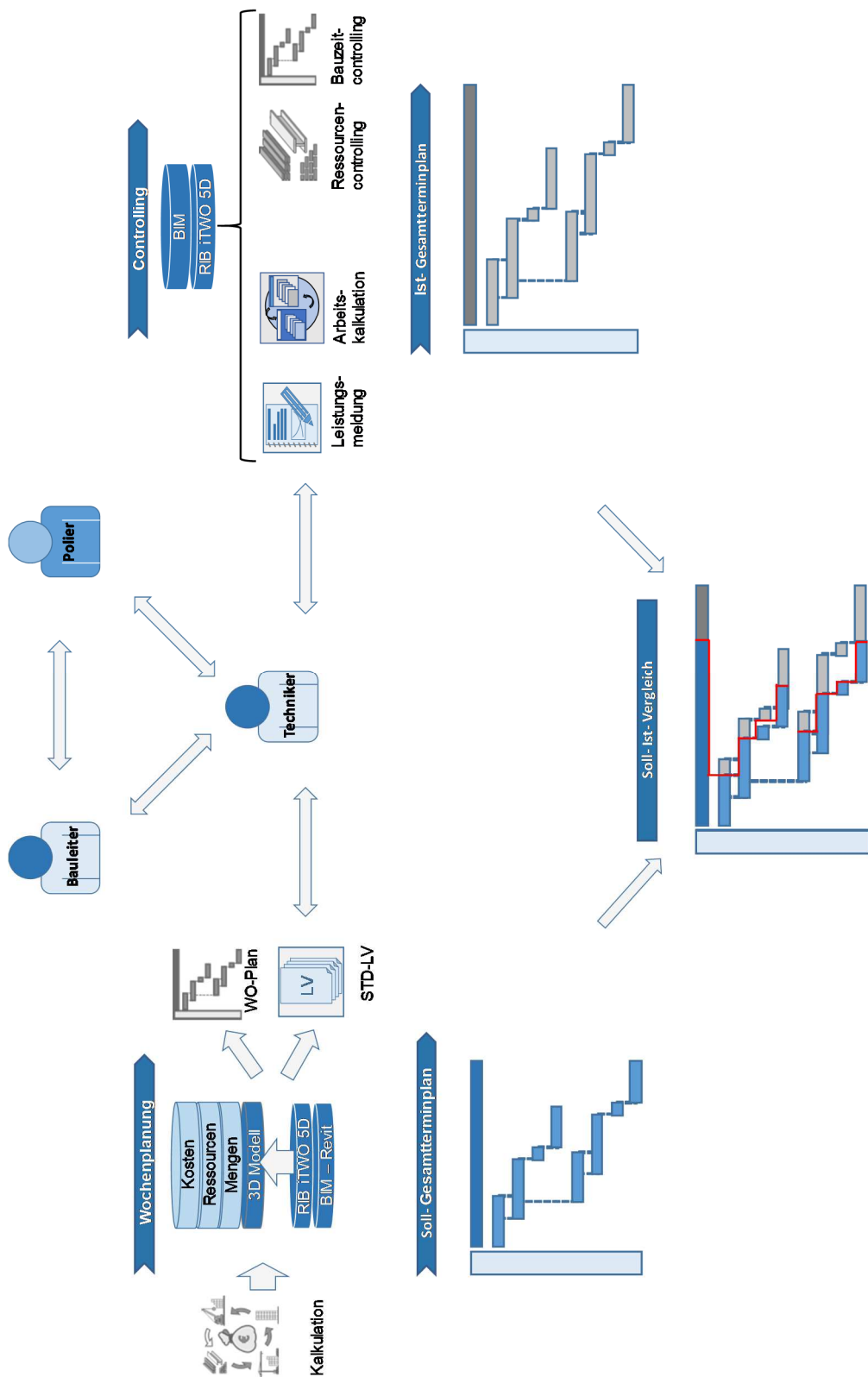


Bild 51: Schematische Darstellung des Ablaufes des Automatisierten Soll-Ist-Vergleiches

6.2.2 Integration von BIM mit Simulationen der Ausführungsprozesse für die Unterstützung der Terminplanung

BIM-basierte 4D-Modelle, die die Ausführungsplanung unterstützen, gelten als eine der beliebtesten Anwendungen von BIM. Trotz deren Popularität haben mehrere Studien die Schwächen der aktuellen 4D-Modelle hervorgehoben. Zur Verbesserung der Effekte von 4D-BIM Anwendungen, werden die vom BIM-Modell zur Verfügung gestellten Mengeninformatoren, zur Simulation probabilistischer Berechnungen der Dauern der Baustellenprozesse verwendet, um letztlich einen Terminplan generieren zu können.

Der Schlüssel zur Entwicklung des vorgeschlagenen Systems besteht darin, Mechanismen zu entwickeln, die Daten (Materialmengen, Prozessdauern und Simulation Input/ Output) zwischen verschiedenen Softwarepaketen sammeln, speichern und übertragen können. In Bild 52 ist die Struktur des vorgeschlagenen Systems dargestellt, das fünf wesentliche Bestandteile beinhaltet:¹¹⁹

- Erzeugung des BIM-Modells
- Dauerabschätzungsmodul (duration estimation interface (DEI))
- Simulation der Prozesse
- Generierung von Terminplänen
- 4D Animation

¹¹⁹ Vgl. WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013. S. 68-80

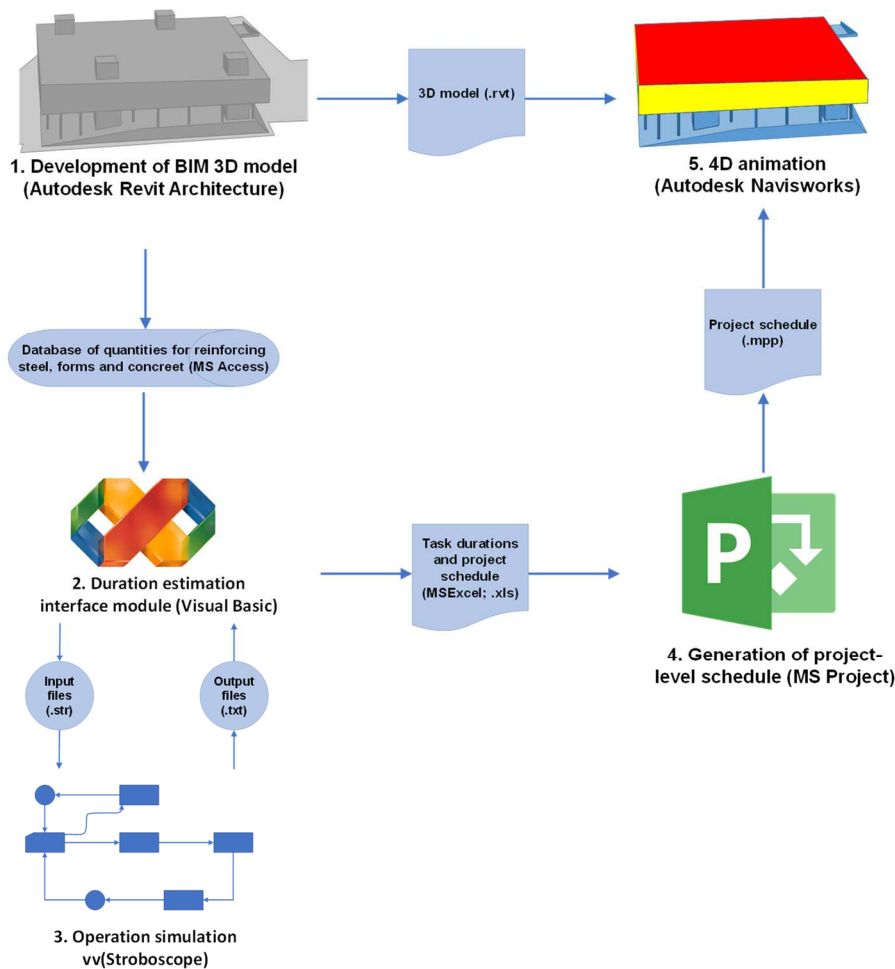


Bild 52: Ausführungssimulation (Stroboscope)¹²⁰

6.2.2.1 Erzeugung des BIM-Modells

Das BIM-Modell wird durch den Einsatz der Software Autodesk Revit Architecture erstellt. Dieses BIM-Modell liefert geometrische Daten (Länge, Breite und Höhe) von jeder Komponente des Bauvorhabens (z.B. Säulen, Balken, Wände und Platten), um die Menge zu ermitteln. Die meisten aktuellen BIM-Softwareprogramme können jedoch nicht automatisch die Menge an Bewehrung, die im Beton verbaut wurde ermitteln, ohne Zugriff auf zusätzliche Konstruktionsdaten. Darüber hinaus können die Anzahl der Stützenschalungen, die sich potenziell mit den Wänden und Decken überschneiden werden und die Anzahl der Wandschalung, die entweder Ein- oder Doppelhäuptige sein können, nicht automatisch abgeleitet werden. Somit sind zusätzliche Planungsdetails notwendig. Diese Methode fügt mengenbezogene Attribute oder mathematische Gleichungen (basierend auf Planungsunterlagen des auszuführenden Bauvorhabens) zu jedem Bauteil hinzu, um die Bewehrungs- und

¹²⁰ WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013. S. 73

Schalmengen, sowie die Anzahl der Stützen- und Wandschalungen zu extrahieren. Als Ergebnis speichert das entwickelte BIM-Modell die Materialmengen (einschließlich Bewehrung, Schalung und Beton) die für die Errichtung von Stützen, Unterzügen, Wänden und Decken erforderlich sind ab. Diese Daten können in Form von „.txt Dateien“ (nach jedem Arbeitsabschnitt und jedem Geschoss) exportiert werden und in weiterer Folge mit MS Access abgerufen werden.¹²¹

6.2.2.2 Dauerabschätzungsmodul (duration estimation interface (DEI))

Das vorgeschlagene DEI-Modul (Duration Estimation Interface) ist der Kern des gesamten Systems und wurde mit der Programmiersprache Visual Basic entwickelt. Das DEI-Modul integriert das BIM-Modell, die MS Access-Datenbank, die Stroboscope Simulationssprache, MS Excel und MS Project. Das DEI-Modul besteht aus zwei Komponenten: einer „log-in“-Komponente und einer „main functions“-Komponente. Die „log-in“-Komponente erfasst die Materialmengen des BIM-Modells von MS Access. Die in MS Access gespeicherten Materialmengen werden verwendet, um die Dauer der Arbeitsaufgaben abzuschätzen. Bild 53 zeigt die Hauptfunktionskomponente an, die drei Funktionen ausführt: Eingabe von Konstruktionsbedingungen, Aktivierung der Ausführungsprozesssimulation und Ausgabe von Simulationsergebnissen, um einen Terminplan zu generieren. Diese drei Funktionen werden wie folgt beschrieben:

- *Eingabe der Ausführungsbedingungen:* Die erforderlichen Eingaben für das vorgeschlagene System umfassen die Produktivitätswerte (z.B. kg/Std für Bewehrungsarbeiten und m²/Std für Schalungen), Anzahl der Schalungssätze, Anzahl der Arbeiter, Anzahl der Krane und ob Überstunden geleistet werden sollen oder nicht. Für jede Ausführungsaufgabe werden drei verschiedene Produktivitätswerte eingegeben: ein optimistischer, ein höchstwahrscheinlicher und ein pessimistischer Produktivitätswerte (siehe Bild 53).
- *Aktivierung der Ausführungssimulation:* Dieses DEI-Modul kann dann die bereitgestellten Ausführungsbedingungen in einer vordefinierten Vorlage, die aus einer „.str-Datei“ und eine „input-Datei“ bestehen übertragen, um die Stroboscope-Simulation ausführen zu können (siehe Schritt 6 in Bild 53). Während der Simulation werden die Soll-Produktivitätswerte (Soll-optimistisch, Soll-wahrscheinlich und Soll-pessimistisch) jeder Aufgabe durch die Multiplikation der eingegebenen drei Produktivitätswerte mit der erforderlichen Materialmenge, die für die Errichtung der Bauteile aufge-

¹²¹ Vgl. WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013. S. 68-80

stellt ist, berechnet. Diese Drei-Punkt-Produktivitätswerte von jeder Aufgabe erfassen die Unsicherheiten, die bei den Bauvorgängen auftreten können.

- *Ausgabe von Simulationsergebnissen zur Generierung eines Gesamtterminplans:* Nach 1.000 Simulationsläufen kann dieses Modul die Simulationsergebnisse in eine MS Excel-Datei übertragen. Diese Excel-Datei ist ebenfalls vorformatiert, sodass sie von MS Project für weitere Terminplanungsanalysen abgerufen werden kann (siehe Schritte 7 und 8 in Bild 53.)¹²²

Duration Estimation Interface Module

Main menu | Quantity Tables

Step 1: Input productivity data

Productivity of steel workers (kg/hour)

	optimistic	most likely	pessimistic
column	345.01	219.26	93.50
wall	53.90	38.01	22.13
beam	283.83	272.82	261.82
slab	57.81	44.33	30.85

Productivity of formwork workers (M²/hour)

	optimistic	most likely	pessimistic
column	13.24	12.61	11.90
wall	15.75	15.00	14.25
beam bottom	6.30	6.00	5.70
beam side	5.25	5.00	4.75
beam side	16.8	16.00	15.20

Productivity of cranes (kg/hour)

	optimistic	most likely	pessimistic
Cranes	27500	21250	18750

Step 2: Input sets of forms

Quantity (sets)

column	1
wall-front	1
wall-back	1
beam bottom	1
beam side	1
slab	2

Step 3: Input no. of workers

Quantity (persons)

column	30
wall (front and back)	30
beam (bottom)	30
beam (side)	30
slab	60
rebar	55

Step 4: Input no. of cranes

Quantity

Cranes: 2

Step 5: Overtime

No overtime
 Overtime for 2hrs
 Overtime for 4hrs

Step 6: Input simulation input filename

TPS_A

Step 7: Run stroboscope

1. Run Simulation
 2. Users must manually save the simulation results

Step 8: Input simulation output filename

TPS_A

Bild 53: Dauerabschätzungsmodul (duration estimation interface (DEI))

6.2.2.3 Ausführungssimulation

Das vorgeschlagene System verwendet Stroboscope, um die Simulation von Bauarbeiten durchzuführen. Stroboscope ist eine universelle Simulationssprache, die dynamisch auf den Zustand der Simulation und die Eigenschaften der Ressourcen zugreifen kann, die an den Bauvorgängen beteiligt sind. Diese Art von Simulation kann zur Bewertung von Problemen in Bezug auf Unsicherheiten und Konkurrenz zwischen Ressourcen verwendet werden.

¹²² Vgl. WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013. S. 68-80

Wie bereits erwähnt, wird auch der Einfluss der Unsicherheiten auf die Produktivität der Bauaufgaben berücksichtigt und ist somit in der Lage, probabilistische Dauern von Aufgaben zu generieren.

Darüber hinaus gibt es einen Wettbewerb zwischen den Ressourcen; z.B. werden Krane für die Aufgaben des Hebens von Bewehrungsstahl für Stützen, Wände und Unterzüge geteilt, und Mannschaften von Bewehrern werden für dieselben Aufgaben als wettbewerbsfähig angesehen. Diese Art von Wettbewerb wird so geregelt, dass der, der den ersten Bedarf hat, die höchste Priorität erhält, um bedient zu werden. Das System konzentriert sich auf den Strukturteil der Stahlbetonkonstruktion. Eine Stroboscope-Eingabedatei (in einer „str-Datei“ formatiert), die Stahlbetonkonstruktionsoperationen widerspiegelt, wurde bereits vordefiniert und in das vorgeschlagene System integriert. Diese vorgefertigte Datei fungiert als Vorlage. Das vorgeschlagene System ermöglicht auch die Aufnahme zusätzlicher Vorlagen, die verschiedene Arten von Bauarbeiten widerspiegeln (z.B. Fertigteile). Ein weiterer Vorteil von Stroboscope besteht darin, dass eine Simulation für mehrere Iterationen ausgeführt werden kann und die entsprechenden Zeiten für die Dauer eines Projektabschlusses generiert werden. Die sich daraus ergebende Projektdauer und die Wahrscheinlichkeit, dass das Projekt bis zum Vertragsende fertiggestellt wird, können so gefunden werden und bieten hilfreiche Unterstützung bei der Terminsteuerung.¹²³

6.2.2.4 Erstellung des Gesamtterminplans und 4D-Animation

Nachdem Stroboscope eine Simulation abgeschlossen hat, werden die generierten Ergebnisse der Ausführungssimulation in einer MS Excel-Datei (.xls) gespeichert, wo diese in MS Project importiert werden können. Der Systembenutzer kann dann mittels MS Project einen Terminplan auf Projektebene (in Form von Balkendiagrammen und Netzwerkzeitplänen) erstellen. Die in der Stroboscope-Simulation definierten Ausführungsaufgaben sind die gleichen Aktivitäten, die im Terminplan in MS Project definiert sind. Der Benutzer kann einen übergeordneten Terminplan (z.B. einen Meilensteinterminplan) erstellen, indem verwandte Aktivitäten in einer Meilensteinaktivität gruppiert werden (z.B. die Fertigstellung des Abschnitts A im ersten Stock). Schließlich kann eine 4D-Animation des Bauvorhabens präsentiert werden, indem die Zeitplanaktivitäten mit den entsprechenden BIM-3D-Komponenten verknüpft werden.¹²⁴

¹²³ Vgl. WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013. S. 68-80

¹²⁴ Vgl. WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013. S. 68-80

6.3 Langfristig – Mögliche zukünftige Einsatzmöglichkeiten von BIM

Durch die exponentielle Entwicklung der Rechenleistung und den kommerziellen Einsatz von „Machine Learning“ und „Artificial Intelligence (AI)“ bietet die Zukunft eine große Möglichkeit an potenziellen Technologien, die in der Baubranche Einsatz finden können. Vielversprechende Forschungsvorhaben zeichnen ein Zukunftsbild, in dem BIM in allen Bereichen der Bauindustrie vom Entwurf, bis zum Abriss Einsatz finden wird. Mögliche zukünftige Erweiterungen von BIM sind:

- Chancen- und Risikomanagement
- Trendanalyse
- Künstliche Intelligenz

6.3.1 Chancen- und Risikomanagement

Der methodische bzw. planmäßige Einsatz der Konzepte und Instrumente des Chancen- und Risikomanagements dient dazu Chancen zu erkennen und deren Nutzung zu optimieren, sowie Risiken frühzeitig zu erkennen und bestmöglich zu bewältigen.

Um Chancen- und Risikomanagementprozesse ergebnisorientiert und methodisch einsetzen zu können dient der in Bild 54 dargestellte Regelkreis. Der Regelkreis besteht aus:

- dem Führungsglied
- dem Steuerungsglied
- der Regelstrecke
- dem Messglied

Die Ziele werden vom Führungsglied vorgegeben und in weiterer Folge vom Steuerungsglied präzisiert. Zuzufolge der mehrfachen Iteration des Regelkreises verringert sich die Wahrscheinlichkeit, dass Chancen und Risiken nicht auffallen bzw. falsch beurteilt werden. Der zentrale Bestandteil des Regelkreises ist der Wissensspeicher, in dem die Daten für alle Bearbeitungsphasen gespeichert sind.¹²⁵

Wie in Abschnitt 3.5.6 beschrieben, wird unter der Berücksichtigung des Chancen- und Risikomanagements im BIM-Modell 8D-BIM verstanden. Es sollen die Chancen- und Risikoverhältnisse automatisch berechnet und den jeweiligen Parametern zugeordnet werden. Ein Beispiel, wie das Chancen-

¹²⁵ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 152-153

und Risikomanagement im BIM-Modell berücksichtigt werden kann, wurde in Abschnitt 6.2.2.2 beschrieben. Die automatische Analyse der für das Bauvorhaben ausgewählten Kennwerte soll die Erfassung und Bewertung der kritischen Vorgänge verbessern. Besonders in Zusammenhang mit der Trendanalyse die in Abschnitt 6.3.2 behandelt wird, könnten Chancen- und Risikoanalysen durchgeführt werden. Somit würden die Unsicherheiten, die die meisten Bauvorhaben prägen wesentlich verringert werden. Dies würde einen sehr großen Nutzen für die Bauindustrie allgemein beinhalten, da die angebotenen Preise viel leichter vergleichbar wären, die angenommenen Aufwandswerte sowie die getroffenen Entscheidungen während der Bauausführung transparenter und leichter begründbar wären und Simulationen im BIM-Modell durchgeführt werden könnten. Folglich führt das zu einer erleichterten Entscheidungsfindung.

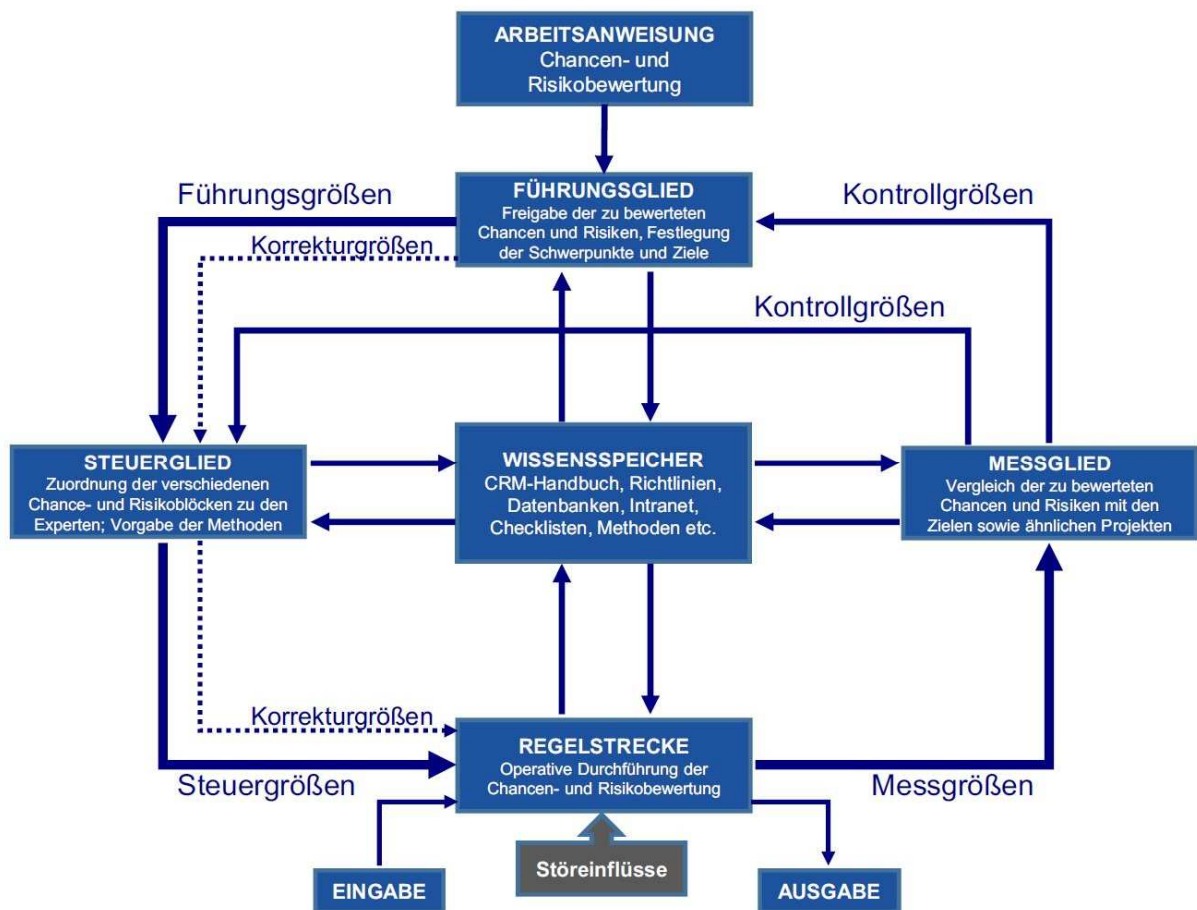


Bild 54: Regelkreis für die Chancen- und Risikobewertung¹²⁶

¹²⁶ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 141

6.3.2 Trendanalyse

Die Trendanalyse analysiert Ereignisse bzw. Informationen aus der Vergangenheit durch den Einsatz von einem mathematischen Modell. Dieses Modell umfasst folgende Komponenten:

- Eine Trendkomponente
- Eine Saisonkomponente
- Eine Rauschkomponente

Die Ergebnisse einer Trendanalyse werden häufig als eine grafische Funktion der Zeit dargestellt. Diese Zeitfunktion beschreibt die Grundrichtung des Verlaufs einer Zeitreihe und wird üblicherweise als deterministischer Trend bezeichnet. Durch die Analyse der in grafischer Form dargestellten Ergebnisse können Zukunftsprognosen getroffen werden.¹²⁷

„Baubetriebliche bzw. bauwirtschaftliche Trendanalysen basieren auf Soll-Ist-Vergleichen, bei denen durch Fortschreibung der Ist-Werte der weitere Ablauf des Bauprojekts abgeschätzt werden kann.“¹²⁸

Eine effektive Projektsteuerung, die sich nur auf die Gegenwart beschränkt, ohne Berücksichtigung von prognostizierenden Trendanalysen bzw. Ist-Werten, ist nicht möglich. Die Basis einer effektiven Projektsteuerung setzt sich aus der Erfassung der Ist-Werte, der kritischen Analyse des Soll-Ist-Vergleiches und der Aufnahme dieser zwei Kontrollkomponenten über einen längeren Zeitraum zusammen, die dazu dienen sollen Trends zu erkennen und richtig zu interpretieren.

Jede Veränderung während der Bauausführung, z.B. der angenommenen Kennzahlen, ist auf bestimmte Auslöser zurückzuführen. Solche Veränderungen können sich in einem Trend ausbilden. Je besser die Ursache, die Zusammensetzung und die treibende Kraft hinter dem Trend verstanden werden, desto besser können Vorhersagen über die weitere Entwicklung des Trends getroffen werden (siehe Bild 55).¹²⁹

¹²⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 442-443

¹²⁸ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 443

¹²⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 443

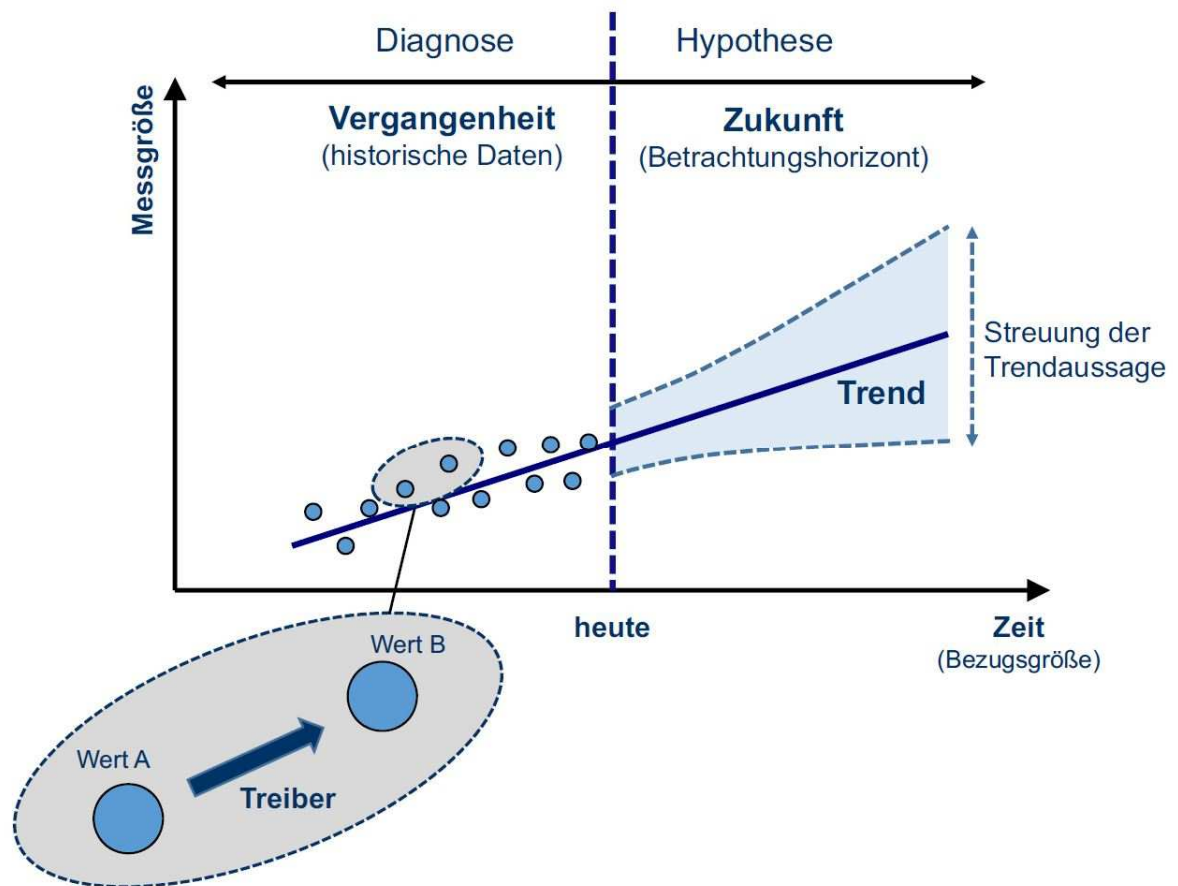


Bild 55: Anatomie eines Trends¹³⁰

Die Trendanalyse, verknüpft mit dem BIM-Modell wäre eine außerordentliche Bereicherung in baubetrieblicher bzw. bauwirtschaftlicher Sicht. So könnten die Entwicklung der Trends laufend beobachtet werden und Maßnahmen, die getroffen werden müssen, im BIM-Modell simuliert werden, um mögliche Konsequenzen bestmöglich abschätzen zu können. Ein weiterer Vorteil wäre, dass getroffenen Entscheidungen auf fundierte Datenbanken und mathematische Modelle gestützt werden würden. Somit könnte eine höhere Transparenz erreicht werden, weshalb bestimmte Entscheidungen getroffen wurden.

6.3.3 Künstliche Intelligenz – Bauprojektmanagement, Terminplanung, algorithmische Optimierungen und maschinelles Lernen

Künstliche Intelligenz (KI) zu nutzen, um maschinelles Lernen auf die Planung von Bauvorhaben anzuwenden, ist für viele Baufirmen immer noch ein theoretischer Vorschlag. Da die Datenspeicherkapazität und die Rechenleistung in den letzten Jahren jedoch zugenommen haben, sind immer mehr Firmen

¹³⁰ HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 443

bereit, KI als praktisches Analysewerkzeug zu nutzen. Ihr Ziel für den Einsatz dieser Plattform scheint klar zu sein: Prognosen zu generieren, die frühe Hinweise auf künftige Trends und Verhaltensweisen von der Raumgestaltung bis zur Baustellensicherheit liefern.¹³¹

Künstliche Intelligenz wird in der Lage sein Kostenmodelle zu entwerfen und zu bewerten und Terminpläne für alltägliche Projekte zu generieren. Für gängige Bauvorhaben wie z.B. Hallenbauten, Kraftwerke, Fabriken, Schulen, Wohnbauten und Gefängnisse können sich Planer an standardisierte Daten aus Datenbanken von gleichen oder ähnlichen Bauvorhaben von der „Cloud“ bedienen und diese zur Planung nutzen. Der generative Prozess der künstlichen Intelligenz beinhaltet folgende Punkte:

- KI lädt Entwurfsparameter, Materialien etc. in eine generative Designplattform wie z.B. „Dreamcatcher“ oder „Grasshopper“ hoch.
- KI, in Zusammenhang mit BIM, verwendet Algorithmen, um Entwurfsoptionen sowie Leistungsanalysen für jedes der zur planenden Bauvorhaben zu erstellen
- KI modifiziert Ziele und beschränkt sich selbst, um relevante Lösungen zu finden
- KI lernt Algorithmen und erstellt Optionen für die Immersion von MR (Merged Reality), um den Entwurfsprozess zu vervollständigen¹³²

6.3.3.1 Künstliche Intelligenz und BIM–Automation

Die zaghafte Anwendung von BIM im Mainstream wirft die Frage auf, ob man den Fehler bei dem Nutzer, den Plattformen oder bei beiden suchen soll. Eine zukunftsweisende Lösung stellen halbautomatisierte bis automatisierte Plattformen mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz dar, die die aktuellen BIM-Plattformen überholen werden. Künstliche Intelligenz, 4D- und 5D-BIM unterscheiden sich deutlich von dem, was derzeit verfügbar ist und mit einer Genauigkeit, die bisher unerreichbar war.

Der Grad der erreichbaren Automatisierung ist abhängig von mehreren Kriterien, mit der Halbautomatisierung als Alternative:

- Grad der Planungsstandardisierung: viele alltägliche Bauten können mittels künstlicher Intelligenz teilweise oder vollständig geplant und gebaut werden. 4D-BIM Terminplanung erfordert die 5D-Kostenplanung, um variable Kosten und Aufwandswerte zu berechnen.
- Verfügbare Ressourcen: optimierte Algorithmen für bestimmte Programme müssen, sobald sie verfügbar sind, in der Lage sein, ihre Datenbanken mit künstlicher Intelligenz zu füllen.

¹³¹ Vgl. <https://www.bdcnetwork.com/tech-report-50-ai-arrives>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

¹³² Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

- Grad der Anpassungen: aus Gründen der Effizienz und Wirtschaftlichkeit müssen unnötige Anpassungen an alltägliche Strukturen standardisiert werden oder auf einer begrenzten Anzahl von Planungs- und Konstruktionsmodellen basieren, die die künstliche Intelligenz liefern kann.
- Fähigkeit der Bauindustrie, die für die KI optimierten Algorithmen in Ausführungsmodelle zu integrieren.

Optimierte Algorithmen für die KI erleichtern maschinelles Lernen, um somit selbstständig zu entwerfen. Kosten- und Terminplanungen können automatisiert durchgeführt werden, basierend auf den Benutzerparametern, die aus einer universellen Datenbank stammen.

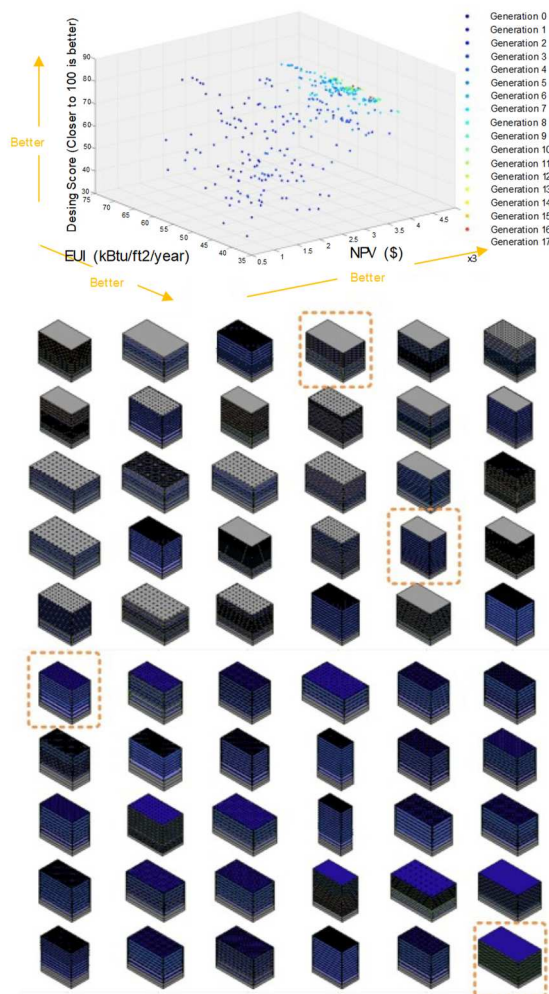
Im Gegensatz zur herkömmlichen Entwurfsplanung werden optimierte Entwürfe vom Planer auf parametrisierter Basis erstellt und algorithmisch ausgewertet. Die unterschiedlichen Planungsalternativen werden durch eine mehrdimensionale Darstellung von Lösungen angezeigt. Die angezeigten Lösungen sind mit gerenderten Entwürfen gekoppelt, die als eine Matrix von Miniaturbildern gespeichert sind (siehe Bild 56).

6.3.3.2 Optimierung von Risikopositionen

Die Punktwolkenkarte aus Bild 56 zeigt eine Chancen- und Risikoanalyse. Eine solche Chancen- und Risikoanalyse erfolgt mittels Monte-Carlo-Simulationen, unter Verwendung von Bauzeitplänen und Risikoregistern. Die Chancen- und Risikoanalyse stellt ein zentrales Werkzeug bei der Planung von komplexen Bauvorhaben dar. Herkömmliche Zeitpläne ohne eine detaillierte Chancen- und Risikoanalyse sind immer fehlerhaft, da sie nicht auf eingeschränkte Ressourcen und Produktivitätsraten basieren.

Dennoch bleiben Chancen- und Risikoanalysen in der Bauindustrie selbst für die größten Kapitalprojekte weitestgehend ungenutzt. Somit wird das Risiko für die überwiegende Mehrheit der Bauprojekte ausschließlich aus Bauzeitplänen gewichtet. Dies ersetzt jedoch keine ausführliche Chancen- und Risikoanalyse.¹³³

¹³³ Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018



Eine systematische Chancen- und Risikoanalyse kann niemals von einem Bauzeitplan in Zusammenhang mit vielen Vermutungen ersetzt werden. Das bedeutet, dass die Personen, die sich mit der Chancen- und Risikoanalyse beschäftigen, diejenigen sein müssen, die die Angaben bereitstellen. Daraus ergibt sich, dass der Bauzeitplan Hand in Hand mit der Chancen- und Risikoanalyse erstellt werden muss. Die Chancen- und Risikoanalyse wurde aus einem BIM-Modell abgeleitet, basierend auf verfügbaren Ressourcen und realen Produktivitätsraten.

Bild 56: Matrix der geometrischen Komplexität, veränderbaren Parameternummern, Laufzeit, Leistung und Ergebnisse¹³⁴

Die Einführung eines chancen- und risikooptimierten Bauzeitplans im BIM-Modell ist ein notwendiger Schritt zur Risikominimierung. Die Daten, die heutzutage von einem BIM-Modell generiert werden, sind grundsätzlich für 4D-BIM ungeeignet, da kritische Informationen der Chancen- und Risikoanalyse und des kritischen Weges fehlen. Stattdessen kann die chancen- und risikooptimierte Baseline entweder zusammen mit den Entwurfsoptimierungen erstellt werden, oder sie kann in das BIM-Modell nach Abschluss der Modellierung integriert werden. Letzteres widerspricht jedoch dem Zweck in der Planungsphase ein chancen- und risikooptimiertes Vorwissen zu haben.¹³⁵

¹³⁴ Vgl. GERBER, D. J. et al.: Design Optioneering: Multi-disciplinary Design Optimization through Parameterization, Domain Integration and Automation of a Genetic Algorithm. In: Society for Computer Simulation International, 11/2012. S. 7

¹³⁵ Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

6.3.3.3 Basis zur Erzeugung eines 4D-BIM-Modells

Bevor ein 4D-BIM-Modell durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz erstellt wird, muss vorerst ein 3D-BIM-Modell generiert werden. Dieses 3D-BIM-Modell dient zur Ermittlung der notwendigen Parameter für die Erstellung des Bauzeitplans und der Kostenermittlung.

Ohne diese Parameter gibt es für die künstliche Intelligenz keine Daten, auf die man zurückgreifen könnte. Diese Modelle werden meistens von Architekten erstellt, die kaum 4D- oder 5D-BIM integrieren und selten mit der Projektsteuerung in dem notwendigen Ausmaß zusammenarbeiten.

In Cloud-Datenbanken gibt es umfangreiche Datensätze für Baupläne, die nach Projekttyp kategorisiert und nach Leistung und Logikintegrität bewertet werden. Plattformen wie „Acumen Fuse“ vergleichen jeden hochgeladenen Bauzeitplan mit allen ähnlichen Projekten in der Datenbank und liefern einen Bericht mit Metrischen- sowie Branchenbenchmarks über die Wahrscheinlichkeit den Endtermin einhalten zu können. Diese Daten könnten Teile der Wissensbasis sein, die BIM für künstliche Intelligenz verwendet und wiederverwendet wird, um ähnliche Projekte zu planen.

Ähnlich wie ein Genom einen Genotyp kodiert, kodiert ein parametrisches Modell und dessen zugehörige Simulationen den Ausdruck von Form und Leistung über einen gegebenen Satz von Parametern. Die Parameter erzählen die Entwurfsgeschichte.¹³⁶ Aus diesen Daten leitet die KI die erforderlichen Variablen in Form von Teiltätigkeiten für den jeweiligen Bauschritt, basierend auf der Art, dem Volumen und dem Aufwandswert der Tätigkeit ab.¹³⁷

Projektleiter und Kalkulanten werden benötigt, um die künstliche Intelligenz zu unterstützen und ihre Wissensbasis mithilfe von Annahmen basierten Wartungssystemen (Assumption Based Truth Maintenance Systems – ATMS)¹³⁸ zu warten. ATMS stellt eine KI-Technik dar, die einem erfahrenen Projektleiter mehr Aufschluss über die Implikationen seiner Entscheidungen in der Phase der Zielfestlegung eines Projektes gibt. Darüber hinaus ermöglichen ATMS-Techniken eine Analyse der Auswirkungen wechselnder Annahmen in mehreren Szenarien, indem sie Wissen vermitteln, welche Implikationen von welchen Annahmen abhängen. Somit wird dem Projektteam ermöglicht, eine Vielzahl von interagierenden Annahmen über ein Projekt zu untersuchen, zu modifizieren und die Folgen jeder Reihe von Annahmen schnell zu erschließen.¹³⁹

Eine auf „Annahmen basierendes TMS“ (Truth Maintenance Systems) in Verbindung mit einem auf „Rechtfertigung basierendes TMS“ (justification based

¹³⁶ Vgl. BRADNER, E.; IORIO, F.; DAVIS, M.: Parameters Tell the Design Story: Ideation and Abstraction in Design Optimization. In: Autodesk Research, 2014. S. 8

¹³⁷ Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

¹³⁸ DE KLEER, J.: An Assumption-Based TMS, Artificial Intelligence, 28/1986. S. 86

¹³⁹ Vgl. LEVITT, R.; KUNZ, J.; KARTAM, N.: Using Artificial Intelligence Techniques for Automated Planning and Scheduling. In: IAARC, 4/1987. S. 32

TMS) bietet den Nutzern die besten Voraussetzungen, um ihre wirtschaftlichsten Optionen weitaus effizienter zu erkunden.

Im Gegensatz zu früheren TMS, die auf der Beeinflussung von Begründungen beruhten, basiert dieses TMS zusätzlich auf der Beeinflussung von Annahmesätzen. Dadurch ist es möglich, effektiv und effizient mit inkonsistenten Informationen zu arbeiten. Für Aufgaben, bei denen mehrere mögliche Lösungen untersucht werden müssen, stellt diese Problemlösungsarchitektur eine sehr gute Option dar.

Nachdem Parameter und Optimierungen festgelegt wurden, kann die KI im BIM mehrere Entwürfe gleichzeitig vergleichen. Dieses Potenzial repräsentiert exponentiell höhere Zeiten zur Erstellung des BIM-Modells, die Entwurfs- und Entwicklungszeiten jedoch erheblich reduziert und gleichzeitig wird eine maximale Auswahl an optimierten Möglichkeiten geboten. Anstelle von langwierigen und kostspieligen manuellen Planänderungen, die das Planungsbudget belasten, können Entwurfs- und Planungsänderungen wesentlich schneller durchgeführt werden.¹⁴⁰

6.3.3.4 Optimierte Designalgorithmen

Die vom Architekten eingegebenen Entwurfsparameter sollten in Rücksprache mit der Projektsteuerung bezüglich Bauzeitplanung festgelegt werden. Dies ist eine Abweichung von der traditionellen Entwurfspraxis, die ohne Berücksichtigung von Kosten und Zeit erfolgt. „Designoptimierungstools“ sind Werkzeuge, die parametrische Modellierung, Performancesimulation und mathematische Optimierung nutzen, um Entwurfsalternativen systematisch zu generieren und zu bewerten. Architekten, die ohne Berücksichtigung von Kosten- und Zeitparametern entwerfen, liefern kein vollständiges Entwurfspaket. Dies liegt daran, dass Projektsteuerungsfachleute nicht in den Prozess einbezogen wurden. Aus diesem Grund ist das 4D- und 5D-BIM-Produkt von Architekten unvollständig. Teil des Problems ist die klassische Trennung und das fehlende Vertrauen zwischen Architekten und Bauingenieuren.

Die Entwurfsparameter werden vom Architekten festgelegt. Außerdem besitzen sie das BIM-Modell. Das Dilemma künstliche Intelligenz einzusetzen, um Entwurfsoptionen zu generieren, die den kreativen Prozess sozusagen unpersönlich machen, ist falsch, weil Architekten die Parameter festlegen werden.¹⁴¹

Genome und Masterdateien sind die symbolische Beschreibung des Entwurfsproblems. Diese Dateien sind die Entwurfsgeschichte, wie sie von den Parametern beschrieben werden. Diese Art der Dokumentation ist eine grundlegende Abkehr von der Reihe von Ansichten und Grundrissen in der traditionellen Entwurfsplanung. Eine Analogie dazu wäre, dass die

¹⁴⁰ Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

¹⁴¹ Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

Masterdatei ein Genotyp ist und die Menge der CAD-Zeichnungen ein Phänotyp. Es gibt keine perfekte Umwandlung von einem Genotyp zu einem Phänotyp, was impliziert, dass die Designoptimierung nicht die Expertise der Architekten ersetzt.¹⁴²

Design- und Kostenalgorithmen müssen robust genug sein, damit die künstliche Intelligenz so viele Lösungen wie möglich für Kosten und Zeitpläne, sowie für Qualität anbieten kann. Je standardisierter und gefüllter die Wissensbasis wird, desto eher steht das Potenzial für eine disruptive Übernahme der Bauindustrie bevor. Dies wird nicht ohne kontinuierlichen Input von erfahrenen Kalkulanten, Planern und Projektleitern passieren. Entwurfsoptimierung ist lediglich ein Mittel, um eine Abstraktion in ein 3D-Modell zu übertragen.¹⁴³

6.3.3.5 Erstellung des Bauzeitplans mittels künstlicher Intelligenz und BIM

Unter Betrachtung der Bauzeitplanstrukturen springen ein paar grundlegende Prinzipien ins Auge, die viele Bauzeitpläne gemeinsam haben und sich für Standardisierung eignen:

- Für die meisten Roh- und Ausbauten gibt es während der Arbeitsvorbereitung eine beträchtliche Anzahl von wiederholten Vorbereitungs-, Überprüfungs-, Genehmigungs-, Herstellungs- und Lieferaktivitäten. Diese erfordern wenig Intuition von der KI und sind am einfachsten zu standardisieren.
- Die Arbeitsstunden setzen sich aus dem Produkt der Mengen und der Aufwandswerte zusammen. Diese werden von den Schätzungen abgeleitet, die von den Projektplänen entnommen werden. Die Datenbank für jegliche Art von Bauten erfordert jahrelanges Anlegen von korrekten Daten über Kosten und Vorhaltungsmengen, sowie eine häufige Aktualisierung der Daten.
- Zwischen vielen Ausführungsschritten besteht eine konsequente und starre Rangfolge, die sich gut für standardisierte Arbeitsabläufe eignet. Die Reihenfolge, z. B. bei „Wohnbauten“ in der Rohbauphase wäre folgende: Erdarbeiten-Fundament-Wände-Decke. Diese kann nicht verändert werden.
- Die Bauzeitpläne werden häufig als einzige Grundlage für das Chancen- und Risikomanagement verwendet. Künstliche Intelligenz würde regelmäßig Risikofaktoren überprüfen und eine mehrfache Analyse des kritischen Wegs beinhalten, was die Art und Weise der Risikoüberwachung verän-

¹⁴² Vgl. BRADNER, E.; IORIO, F.; DAVIS, M.: Parameters Tell the Design Story: Ideation and Abstraction in Design Optimization. In: Autodesk Research, 2014. S. 7

¹⁴³ Vgl. <http://reponet.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018

dern würde. Die Chancen- und Risikoanalyse muss einem halbautomatischen Prozess entsprechen, bei dem Chancen- und Risikoanalyseexperten Risikoprofile erzeugen, die ebenfalls standardisiert werden können.

Das Versprechen künstlicher Intelligenz in der 4D-BIM Bauzeitplanimplementierung scheint durch die Anzahl der variablen Produktionsraten für dieselbe oder ähnliche Aktivitäten eingeschränkt zu sein, wie es bei den meisten Bauzeitplanungsplattformen der Fall ist. Dies wird in den Diskussionen von Aziz, Hafez, Ragab und Abdul-Magd über ihre „Smart Critical Path Method System-Software“ SCPMS und die von ihnen verwendeten Multizielalgorithmen behandelt. Die Software wurde entwickelt, um ein Gleichgewicht zwischen Zeit, Ressourcen und Qualität zu erzielen. SCPMS wird in vier Hauptmodule unterteilt (siehe Bild 57):

- Datenbankmodul zum Speichern der Projektdatendetails, Projektaktivitätsdetails, Aktivitätsbeziehungen, Aktivitätsressourcenverwendungsoptionen und genetischen Algorithmusparametern
- Um alle Berechnungen durchzuführen wurde ein Verarbeitungsmodul konzipiert, das auch die Integration des Datenbankmoduls mit einem intelligenten Optimierungsmodell ermöglicht
- Benutzerschnittstellenmodul, um die Eingabe von Projektdaten und genetischen Algorithmusparametern, sowie die Visualisierung und das Ranking der erhaltenen optimalen Lösungen zu erleichtern
- Laufendes Modul, um Berechnungen bereitzustellen. Die Berechnungen erfolgen mittels einer nahtlosen Integration des Datenbankmoduls, mit dem Benutzerschnittstellenmodul und dem Verarbeitungsmodul, sowie dem intelligenten Optimierungsmodell¹⁴⁴

¹⁴⁴ Vgl. AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M.; ABUEL-MAGD, Y. R.: Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence. In: Alexandria Engineering Journal, 3/2014. S. 16

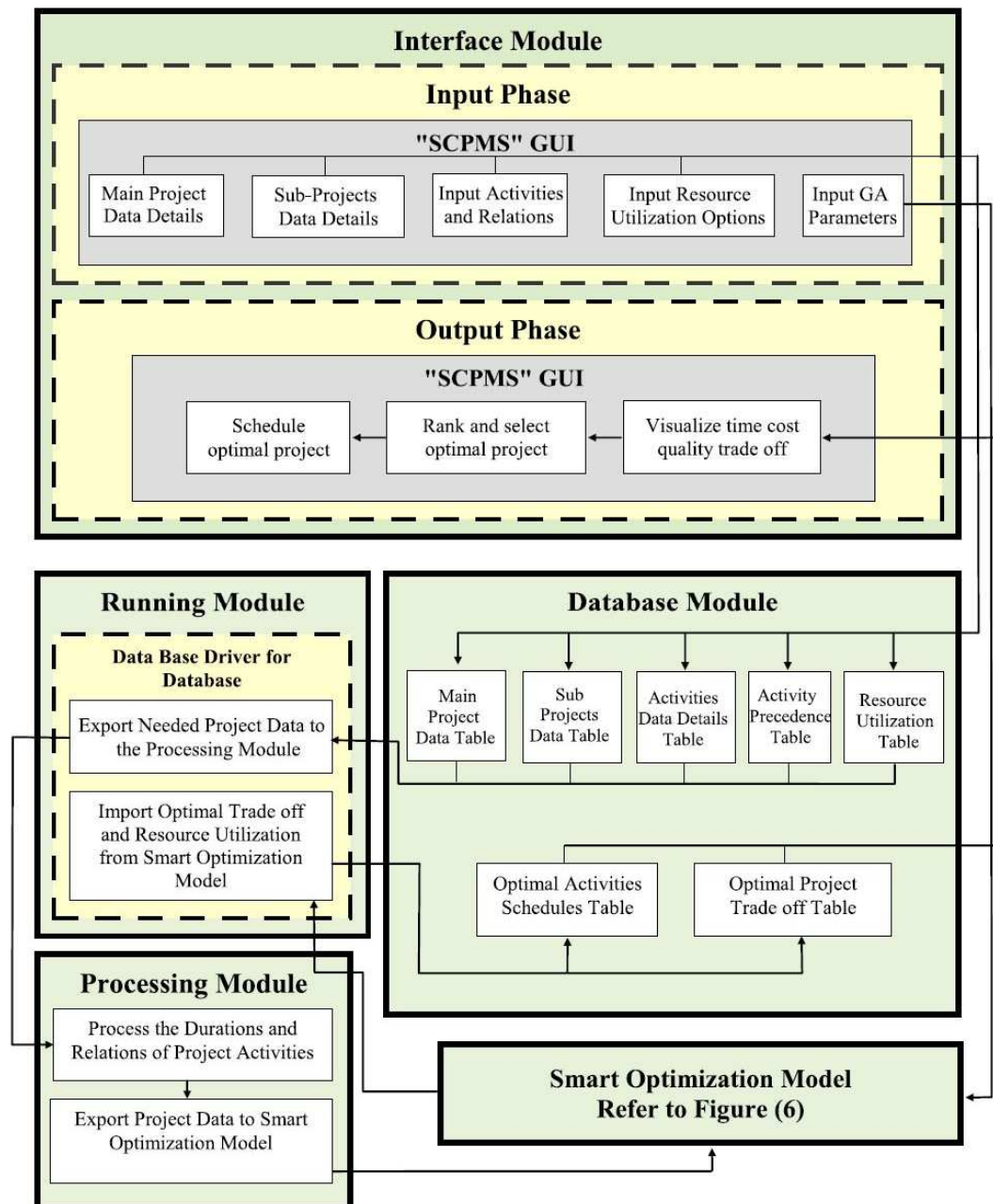


Bild 57: SCMPS Module¹⁴⁵

Der notwendige Datenaustausch zur Generierung eines intelligenten Optimierungsmodells für SCMPS-Modelle wird gewährleistet durch:

- Eine Eingabestufe, die die Eingabe von Projektdatendetails, Projektaktivitäten, Aktivitätsbeziehungen, Wichtungsfaktoren der Aktivitäten, verfügbaren Vorhaltemengen und Algorithmusparametern erleichtert

¹⁴⁵ AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M.; ABUEL-MAGD, Y. R.: Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence. In: Alexandria Engineering Journal, 3/2014. S. 10

- Eine Ausgabestufe, die es dem Benutzer ermöglicht, die optimalen Projektplanungslösungen und die durch das intelligente Optimierungsmodell erhaltenen optimalen Aktivitätsressourcenausnutzungsoptionen, zu ordnen und zu visualisieren¹⁴⁶

Das SCMPS wurde entwickelt, um eine Datenbank mit Lösungen und Ergebnissen zu entwickeln und zu pflegen. Die neun Eingänge für die SCMPS-Tabelle sind:

- Projektdatendetailtabelle
- Projektfeiertagsdatentabelle
- Projektausnahmedatentabelle
- Tabelle der Projektaktivitäten
- Nachfolgerbeziehungen zwischen Aktivitätstabelle
- verfügbare Ressourcenverwendungsoptionen für jede Aktivitätstabelle
- Wichtigkeit der Qualität für jede Aktivitätstabelle
- Optimale Bauzeitpläne und optimale Ressourcennutzungsoption für jede Aktivitätstabelle
- Optimaler Kompromiss zwischen Projektlaufzeit, Kosten und Qualität¹⁴⁷

Die Bauzeitplanung für die künstliche Intelligenz ist ohne richtige Integration robuster, initialer und kontinuierlich optimierter Risikobewertungen nicht plausibel. Dies erfordert eine kritische Interaktion und gemeinsame Nutzung von BIM-Modellen zwischen Architekten, Planern, Kalkulanten, Bauleitern und Auftraggebern. Natürlich ist das ohne der Entwicklung von Hardware- und Software-Plattformen für künstliche Intelligenz nicht möglich.

6.3.3.6 Einsatz von künstlicher Intelligenz – Erfahrungsberichte

„WeWork“, der Immobiliengigant benutzt KI-gesteuertes maschinelles Lernen, zur Erstellung von Prognosen, wie potenzielle Wohnbereiche, Arbeitsbereiche und Shared Spaces genutzt werden können, um ihren Designpartnern dabei zu helfen, optimalere Entscheidungen zu treffen. Diese Analysen beziehen Daten von den mehr als 200 Standorten des Unternehmens weltweit. „Wir versuchen, die richtigen Räume für Büros zu finden, also verschwenden wir keinen Raum“, sagt Daniel Davis, PhD von „WeWork“. Er fügt hinzu, dass

¹⁴⁶ Vgl. AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M.; ABUEL-MAGD, Y. R.: Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence. In: Alexandria Engineering Journal, 3/2014. S. 14

¹⁴⁷ Vgl. AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M.; ABUEL-MAGD, Y. R.: Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence. In: Alexandria Engineering Journal, 3/2014. S. 9

maschinelles Lernen „mehrere Szenarien“ und eine Vielzahl von Optionen bietet.

„Wir haben viele Simulationsarten in dieser Branche, die die Anwendung dieses neuen Ansatzes weniger deterministisch machen könnte. Das könnte der größte potenzielle Einfluss der KI auf die Bauindustrie sein“, sagt Alvise Simondetti, Global Leader Virtual Design bei Arup in London.¹⁴⁸

„Arup“ befindet sich in einer „explorativen Phase“ mit KI, sagt Simondetti, und hatte Erfolge bei der Anwendung von maschineller Lerntechnologie. Dazu gehört ein im Jahr 2016 abgeschlossenes Projekt in Neuseeland, in dem eine Unternehmenskooperation zwischen „Arup“ und „Jacobs“ beauftragt wurde, den Vorentwurf für eine vorgeschlagene 29 km lange Straßenbahn mit 24 Stationen zu erstellen. Normalerweise ist die Kollisionsprüfung bei solchen Projekten eine langwierige und kostspielige manuelle Arbeit. Um den Prozess zu automatisieren, entwickelte das Designteam ein „neural network“, das die Daten der Versorgungsunternehmen mit Informationen über die Funktionen der Straßenbahn konsolidierte. Ein maschineller Lernalgorithmus wurde angewendet, um die Notwendigkeit weiterer manueller Eingriffe zu minimieren.

Das Ergebnis des Designteam reduzierte die Zahl der potenziellen Kollisionen auf insgesamt 443 von 5.183 und sparte schätzungsweise 790 Ingenieurarbeitsstunden, so Josh Symonds, Arups Australasia Regional Leader für Raum- und Datentechnik.

Simondetti weist darauf hin, dass die analytischen Fähigkeiten der Menschen behindert werden, danach ihre Tendenz, eine Lösungsvariante herauszusuchen und im Weiteren daran zu streben, diese zu validieren. Die Attraktivität der KI und des maschinellen Lernens für Architekturbüros und Baufirmen liegt klar in der Fähigkeit der Technologie, unzählige Möglichkeiten für eine bestimmte Aufgabe oder ein Design zu erzeugen und diese Entscheidungen ohne Vorurteile und unter Parametern wie Effizienz, Kosten, Qualität und Zeit zu optimieren.

Rene Morkos, Gründer und CEO von „ALICE Technologies, Inc.“, dessen Softwareplattform KI auf die Ausführung und Planung anwendet sagt: „Mit dieser Technologie können Sie den besten Punkt in Bezug auf Arbeitskräfte, Ausrüstung und Materialien finden, sodass Sie die Auswirkungen von Entscheidungen besser verstehen können.“¹⁴⁹

Morkos schätzt, dass sein Unternehmen mit 70 % der 25 größten Planungsbüros und Bauunternehmen zusammengearbeitet hat, darunter „Mortenson Construction“, das als erstes Pilotprojekt die ALICE KI-Plattform für die Planung eines Krankenhauses in Denver einsetzte.

Ricardo Khan, Senior Director für Innovation in „Mortenson“ Minneapolis-St. Paul Büro, sagt, dass seine Firma dieses Projekt zuerst auf herkömmliche

¹⁴⁸ <https://www.bdcnetwork.com/tech-report-50-ai-arrives>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018

¹⁴⁹ <https://www.bdcnetwork.com/tech-report-50-ai-arrives>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018

Weise plante und dann erneut mittels ALICE, um eine Planungssequenz zu entwickeln. ALICE erstellte 66 Millionen 4D Optionen und 22 verschiedene parametrische Sets und Konstruktionsstrategien, basierend auf Zeit und Kosten. Außerdem erzeugte ALICE einen Bauzeitplan mit 84 Tage weniger, als die geplanten ursprünglichen 540-Tage des Projekts.

„Mortenson“ lehnte den kürzeren Zeitplan ab, weil so Khan, dieser „erheblich“ zu den Projektkosten beigetragen hätte. (Morkos elaboriert, dass die Kosten zum Teil auf beschleunigte Stahllieferungen und die Verwendung von mehr Baukränen zur Erreichung des Zieltermins zurückzuführen sind).

Aber zumindest hat dieses Pilotprojekt „bestätigt, dass ALICE imstande ist das zu liefern, was es behauptet“, sagt Khan. Mortenson testet nun ALICE bei Projekten in Chicago und Seattle, in denen die Plattform Zeitpläne erstellen soll.

„Wir konzentrieren uns auf Umstrukturierungen, um einen Weg zur vollständigen Implementierung von KI zu schaffen und ALICE ist eine der Brücken“, sagt Khan.¹⁵⁰

¹⁵⁰ Vgl. <https://www.bdcnetwork.com/tech-report-50-ai-arrives>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018

7 Zusammenfassung

Im folgenden Abschnitt wird ein kurzes Resümee über die in der Masterarbeit behandelten Themen gezogen. Des Weiteren erfolgt ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen, sowie eine kurze Beschreibung des Forschungsbedarfs.

7.1 Resümee

Im Zuge dieser Masterarbeit wurde die Funktionsweise der „Modellbasierten Wochenplanung“ und ihre Implementierung während der Rohbauarbeiten des Bauvorhabens „Winkler Park“ untersucht.

Das Bauvorhaben „Winkler Park“ (siehe Kapitel 4) ist eine Wohnungsanlage in Linz (Oberösterreich), die von der Firma STRABAG errichtet wurde. Der „Winkler Park“ setzt sich aus fünf Punktbauwerken und einem Riegelbauwerk mit insgesamt 228 Wohnungen zusammen. Jedes der einzelnen Bauwerke hat insgesamt sieben Geschosse (KG, EG, 1-5 OG) und einen Zugang zu der Tiefgarage mit 228 Kfz-Stellplätze.

Die Firma STRABAG hat die einfache und gleichbleibende Geometrie der zu errichteten Bauwerke als Chance gesehen, die Implementierung der intern entwickelten „Modellbasierten Wochenplanung“ in einem Pilotprojekt auszuwerten. In Kapitel 5 wurde die Arbeitsweise für die Errichtung des Rohbaus des Bauvorhabens „Winkler Park“ beschrieben.

In Bild 30 ist der Informationsfluss zwischen Kalkulation, Terminplanung, Modellierung, Bauablauf, bis hin zum Controlling dargestellt. Ebenfalls wird die den eben genannten Projektschritten zugehörige Wissensarbeit abgebildet und die Reihenfolge und Verbindungen dieser sichtbar gemacht. Desweiteren erfolgt in Bild 30 eine schematische Abbildung der einzelnen Projektphasen während der Rohbauphase. Unter genauer Betrachtung des Informationsflusses wird ersichtlich, dass die Reihenfolge der einzelnen Prozesse nicht mit der Reihenfolge der Projektphasen übereinstimmt. Beispielhaft sollte die Erstellung des BIM-Modells schon in der Projektphase 2 erfolgen und nicht, wie in Bild 30 gezeigt, erst in der Projektphase 4. Der Grund dafür liegt darin, dass seitens der Ausschreibung kein BIM-Modell verlangt wurde, sondern die Firma STRABAG sich intern dazu entschied, ein BIM-Modell zu erstellen, um die „Modellbasierte Wochenplanung“ in Form eines Pilotprojekts zu testen.

Die „Modellbasierte Wochenplanung“ ist eine Methode, um einen Wochenplan aus einem BIM-Modell zu generieren. Dafür bedarf es einer engen Zusammenarbeit zwischen Bauleiter, Polier und Technikern. Die bevorstehende Woche wird vom Bauleiter zusammen mit dem Hauptpolier geplant. Alle Informationen des Wochenablaufes werden den Technikern vermittelt. Anhand dieser Informationen wählen die Techniker alle für die bevorstehende Woche herzustellenden Bauteile aus dem BIM-Modell in RIB iTWO 5D (wo alle Ressourcen, Mengen und Kosten vorhanden sind) aus, um einen neuen Wochenplan und ein Std-LV zu erstellen. Am Ende der Arbeitswoche kontrolliert der

Techniker, ob die für diese Woche geplanten Bauteile fertiggestellt wurden. Nicht fertiggestellte Bauelemente werden in der Terminplanung für die nächste Woche berücksichtigt. Die schematische Darstellung der „Modellbasierten Wochenplanung“ ist in Bild 39 (siehe Abschnitt 5.1.5) zu sehen. Die Abbildungen in Bild 40 bis Bild 43 zeigen die einzelnen Schritte der Wochenplangenerierung aus einem BIM-Modell in RIP iTWO 5D. In Bild 44 ist ein fertiggestellter Wochenplan dargestellt. Im Wochenplan sind die Arbeitsstunden, die Lohnkosten, die Gerätekosten und die Artikelkosten inkludiert.

Die Zukunft der Bauindustrie geht mit vielen Versprechungen und Chancen einher, birgt aber auch viele Risiken. Die Idee einer digitalen Bauindustrie ist zwar sehr verlockend, aber derzeit noch nicht wirtschaftlich umsetzbar.

Building Integrated Modelling stellt nur ein Teil der digitalen Bauindustrie dar. Der Begriff an sich wurde im Jahr 1992 geprägt. Erst in den 70er- und 80er-Jahren entwickelten sich die ersten dreidimensionalen Visualisierungsprogramme. Das erste BIM-fähige Softwareprogramm ist im Jahr 2000 unter den Namen „Revit“ auf dem Markt gekommen (siehe Abschnitt 3.2).

Der Einsatz von BIM in der Bauindustrie hält sich zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Masterarbeit noch in Grenzen, das Interesse dafür ist jedoch stark gestiegen. Die Mehrheit der großen Planungsbüros und Baufirmen haben eine Abteilung oder zumindest eine Gruppe, die sich mit BIM beschäftigen. Große Firmen wie die STRABAG bemühen sich mittels Pilotprojekten, BIM in der Praxis anzuwenden und Lösungen zu entwickeln, um wirtschaftlich damit arbeiten zu können. Die BIM-fähigen Softwareprogramme haben begrenzte Funktionen und sind auf eine spezielle Anwendergruppe zugeschnitten. Des Weiteren gibt es derzeit keine leistungsfähigen Schnittstellen, die eine gewerkeübergreifende Planung am selben BIM-Modell unterstützen.

Einen großen Beitrag zur Lösung der Schnittstellenproblematik leistet „buildingSMART“ (siehe Abschnitt 3.3) mit der Einführung der Industry Foundation Classes (kurz IFC genannt). Hierbei handelt es sich um eine plattformneutrale, offene Dateiformatspezifikation, die nicht von einem einzelnen Anbieter oder einer Gruppe von Anbietern gesteuert wird. Es ist ein objektbasiertes Dateiformat mit einem Datenmodell, welches von buildingSMART entwickelt wurde, um die Interoperabilität in einem gewerkeübergreifenden Projekt zu gewährleisten. Die IFC-Modellspezifikation ist offen und verfügbar. Es ist von ISO registriert und als eine offizielle internationale Norm (ISO 16739: 2013) angesehen. Die Aktuelle Version IFC4 ist mit den meisten BIM-Softwareprogramme kompatibel und bietet die Möglichkeit, Projekte in Open BIM abzuwickeln. Das jetzige Problem von IFC ist die Abwesenheit von Zeit- und Kosteninformationen. Zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Masterarbeit beinhaltet IFC nur geometrische Daten. Um die Problematik der fehlenden Daten zu überwinden, hat buildingSMART eine neue Technologie namens „buildingSMART Data Dictionary“ auf dem Markt gebracht.

Das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) ist eine Bibliothek von Objekten und deren Attributen. Es wird verwendet, um Objekte in der gebauten Umgebung und ihre spezifischen Eigenschaften, unabhängig von der Sprache, zu identifizieren, so dass „Fenster“ weltweit das gleiche bedeutet. Das Data Dictionary ist offen und international und ermöglicht es Architekten, Planern, Ausführenden, Eigentümern und Facility Managern auf der einen Seite und Herstellern und Lieferanten von Produkten auf der anderen Seite Produktinformationen zu teilen und auszutauschen. Die bSDD ist nicht für bestimmte Instanzen von Objekten gedacht, sondern allgemein. Softwareentwickler können sich auf diese Definitionen verlassen, um bestimmte Objekte zu erstellen.¹⁵¹

Eine Problematik, die die Digitalisierung in der Baubranche allgemein und BIM in Detail noch behindert, ist der Mangel an Gesetzen, Normen und Richtlinien. Es ist schwer ein multidisziplinäres Bauprojekt mit BIM abzuwickeln, wenn die Beteiligten nicht mit den gleichen Regeln, Standards, Vorschriften, Formaten und Prozessen planen. Um diese Problematik zu lösen, beschäftigt sich Austrian Standards mit der Entwicklung der neuen BIM Norm, die sich auf die von buildingSMART entwickelten Standards wie IFC und bSDD stützt. Die aktuellen österreichischen BIM Normen sind (Siehe Abschnitt 3.4.1):

- ÖN A 6241-1 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 1: CAD-Datenstrukturen und Building Information Modeling (BIM) – Level 2: 2015-07-01“
- ÖN A 6241-2 „Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM: 2015-07-01“¹⁵²

Der Vorteil von BIM, im Gegensatz zu konventionellen Planungsmethoden, liegt in der fehlerunanfälligen Planung und in dem Daten- und Informationsmehrwert. Die fehlerunanfällige Planung, im Gegensatz zur konventionellen Planung, wird dadurch gewährleistet, dass in einem 3D-Modell gearbeitet wird. Änderungen werden im 3D-Modell getätigt, so dass die nachträgliche Überarbeitung der jeweiligen Schnitte und Grundrisse wegfällt. Die Kollisionprüfung trägt auch zur Fehlerunanfälligkeit bei, da das BIM-Modell mittels eines Softwareprogramms automatisch auf Überlappungen der einzelnen Elemente geprüft wird. Dieser große Vorteil macht sich bei gewerkeübergreifenden Bauprojekten, die mit BIM geplant werden bemerkbar. So sind alle Beteiligten auf dem neuesten Stand und nutzen aktuelle Pläne. Der Vorteil des Informationsmehrwertes liegt in der Natur von BIM. Ein BIM-Modell kann als multidimensionales Informationsmodell gesehen werden. Abhängig von der Dimension von BIM steigen auch die Mengen an zur Verfügung stehenden Informationen, die bei herkömmlichen 2D-Plänen nicht vorhanden sind. Die Dimensionen von BIM (siehe Abschnitt 3.5) sind folgende:

¹⁵¹ Vgl. <https://www.buildingsmart.org/standards/standards-tools-services/data-dictionary/>. Datum des Zugriffs: 2018.08.07

¹⁵² <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 22.02.2018

- **3D-Bim:** ist eine CAD-Zeichnung mit drei Koordinaten. Die Vorteile im Gegensatz zu herkömmlichen 2D-Plänen liegt unter anderem in der zuvor erwähnten, verhältnismäßig größeren Fehlerunanfälligkeit, sowie in der automatischen Berechnung der Flächen [m²], Volumina [m³], und Massen [t].
- **4D-BIM:** Außer den Koordinaten x, y, z, beinhaltet das 4D-BIM auch Informationen über die Vorgangsdauern, sowie die Anordnungsbeziehungen der jeweiligen Vorgänge zueinander. So können auch Terminpläne aus einem BIM-Modell generiert werden. Weiters kann der Einfluss von Änderungen im BIM-Modell auf die Terminplanung (Meilensteine, kritischer Weg, Endtermin etc.) im Modell überprüft werden.
- **5D-BIM:** Verknüpft das 4D-BIM-Modell mit den Kosten. So wird schon in einer sehr frühen Planungsphase ein Kostenüberblick ermöglicht.¹⁵³
- **6D-BIM:** Betrachtet auch die Nachhaltigkeit eines Bauwerks. Darunter wird der Energiebedarf von der Erstellung bis zum Rückbau verstanden.¹⁵⁴
- **7D-BIM:** Hierbei werden Aspekte der betrieblichen Nutzung des Bauwerkes (Facilitymanagements) betrachtet.¹⁵⁵
- **8D-BIM:** Integriert das Chancen- und Risikomanagement.¹⁵⁶
- **9D-BIM:** Berücksichtigt alle zuvor erwähnten Punkte und betrachtet die sich bildenden Nichtlinearitäten.¹⁵⁷

Die möglichen Dimensionen zeigen nur einen Teil des BIM Potenziales. Der andere Teil ist von der angewandten BIM Strategie (siehe Abschnitt 3.6) abhängig. Die unterschiedlichen Strategien von BIM sind die Folgenden:

- **Closed BIM:** Hierbei handelt es sich um ein geschlossenes System. Das bedeutet es wird mit einem intern entwickelten Elementkatalog und bestimmten Softwarepaketen gearbeitet. Die Softwareprogramme sind alle aufeinander abgestimmt und sollten keine Schnittstellenproblematik aufweisen. Probleme ergeben sich allerdings bei der Zusammenarbeit mit an-

¹⁵³ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 9

¹⁵⁴ Vgl. <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d.html>. Datum des Zugriffs: 21.05.2018

¹⁵⁵ Vgl. <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d.html>. Datum des Zugriffs: 21.05.2018

¹⁵⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 103

¹⁵⁷ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. S. 103

deren Planungsbüros, Baufirmen und Gewerken. Hierbei kann es zu Inkompatibilitäten im Hinblick auf die eingesetzten Softwarepakete und Elementkataloge kommen.¹⁵⁸

- **Little BIM:** Ist von der Funktionsweise gleich wie Closed BIM eine Insellösung. Die Funktionsweise ist im Gegensatz zur Closed BIM noch restriktiver, da hiermit nur fachspezifische BIM-Modelle generiert werden können. Meistens erfolgt der Einsatz von Little BIM nur für den internen Gebrauch. Bei Closed BIM hingegen könnte ein gewerkeübergreifendes BIM-Modell gebildet werden. Voraussetzung dafür ist, dass alle Projektpartner mit dem gleichen Elementkatalog und mit den gleichen Softwarepaketen ausgestattet sind.¹⁵⁹
- **Open BIM:** Befasst sich mit der Schnittstellenproblematik. Ziel dabei ist es, eine softwareunabhängige, interdisziplinäre Zusammenarbeit in einem BIM-Modell zu ermöglichen. Dies soll durch das entwickelte Datenformat IFC ermöglicht werden.¹⁶⁰
- **Big BIM:** Beschreibt die offene, softwareunabhängige, interdisziplinäre Arbeit in einem BIM-Modell, das über die Planung und die Ausführung hinaus geht und den Betrieb miteinbezieht.¹⁶¹

Zum jetzigen Zeitpunkt tendiert der Trend mehr zu Closed- und Little-BIM. Der Großteil der generierten BIM-Modelle ist für interne Zwecke gedacht, meistens in Form von Pilotprojekten mit internen Elementkatalogen und Softwarelösungen, die auf die Arbeitsweisen der jeweiligen Planungsbüros und Baufirmen abgestimmt sind.

Die Ausbeute der erzeugten BIM-Modelle hält sich momentan noch in Grenzen. Bei den Planungsbüros dienen die BIM-Modelle hauptsächlich dem Vorföhreffekt und der Vermeidung der Unstimmigkeiten zwischen den einzelnen Grundrissen und Schnitten. Baufirmen nutzen BIM hauptsächlich zur Masenermittlung. Aus diesen BIM-Modellen werden von den Baufirmen in weiterer Folge auch Bauzeitpläne manuell abgeleitet. BIM findet auch immer mehr Anwendung im Facility Management.

Durch die exponentielle Entwicklung der Rechenleistung und der Speicherkapazitäten, sowie der Modellierungssoftware mit leistungsfähigen Schnittstellen, bieten sich Möglichkeiten an, die bis vor ein paar Jahren undenkbar waren. Hilfsmittel wie z.B. Tablets mit benutzerfreundlichen Softwarepaketen

¹⁵⁸ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau. Mit BIM und Lean Management. S. 128

¹⁵⁹ Vgl. GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. S. 11

¹⁶⁰ Vgl. SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau. Mit BIM und Lean Management. S. 129

¹⁶¹ Vgl. <https://www.xing.com/communities/posts/was-ist-little-bim-und-big-bim-1011494595>. Datum des Zugriffs: 06.05.2018

sind auch für technisch nichtversierte Nutzer verständlich und erleichtern die Arbeit auf der Baustelle ungemein.

Neue Technologien können den Nutzen von BIM erhöhen. Augmented Reality (AR) (siehe Abschnitt 3.7.1) ermöglicht dem Nutzer virtuelle Elemente in einer realen Umgebung mittels eines Computers anzuzeigen.

Virtual Reality (VR) (siehe Abschnitt 3.7.2) ermöglicht die Erzeugung einer virtuellen Welt, in der sich der Nutzer frei bewegen und mit der Welt interagieren kann.

Merged Reality (MR) (siehe Abschnitt 3.7.3) ist eine Kombination aus AR und VR, bei der die virtuellen Inhalte mit der Realität überlagert werden, in ihrer Position verankert sind und mit dem Nutzer interagieren können.¹⁶²

Das Internet der Dinge (IoT) und die Sensorik (siehe Abschnitt 3.9.6.4) sind neue Technologien, die erst durch die Verbreitung des neuen Mobilfunkstandards 5G (siehe Abschnitt 3.1) ihr Potenzial entfalten können. Durch den Einsatz von Sensoren in Baugeräten und Bauteilen können automatisch Messungen durchgeführt und erfasst werden. Eine genauere Messung sowie Zeit- und Kostenersparnisse sind die Folge.¹⁶³

Ein Beispiel für die IoT wäre der Einsatz von Schalungen, die automatisch bekanntgeben, wann die ideale Ausschalzeit ist (siehe Abschnitt 6.1.2) und mittels mobiler Daten mit den portablen Endgeräten kommunizieren können. Damit eröffnen sich neue Dimensionen der Rohbauarbeiten. So kann zum Beispiel in Fällen, bei denen Sichtbeton gefordert ist, die Temperaturentwicklung in Zusammenhang mit dem Reifegrad durch die Schalungselemente gemessen und die Ausschalzeiten festgelegt werden, welche einen wesentlichen Faktor zur Erreichung der geforderten Oberflächenqualität darstellen. Diese Informationen werden automatisch im BIM-Modell angezeigt z.B. durch farbliche Unterschiede der auszuschalenden Wände.¹⁶⁴

Eine Möglichkeit um den jetzigen Nutzen von BIM zu erhöhen ist die Implementierung eines „Digitalen Bautagesberichtes“ (siehe Abschnitt 6.1.1). Der „Digitale Bautagesbericht“ bietet die Möglichkeit, die im Bautagesbericht erwähnten Elemente und die eventuell auftretenden Probleme mit den korrespondierenden Elementen im BIM-Modell zu verknüpfen. So lässt sich der Herstellungsweg eines Bauteils durch einen Klick des Elements im BIM-Modell nachvollziehen.

¹⁶² Vgl. <https://www.upwork.com/hiring/for-clients/vr-vs-ar-vs-mr-differences-real-life-applications/>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018

¹⁶³ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 151

¹⁶⁴ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 151

7.2 Ausblick & Forschungsbedarf

BIM ist eine Technologie, die wegweisend für die Zukunft der Bauwirtschaft sein wird. Der benötigte Anreiz, damit sich die Planungsbüros und die Baufirmen ernsthaft BIM widmen, wird erst kommen, wenn die öffentlichen Auftraggeber den Mangel eines BIM-Modells als Ausscheidungskriterium bei Ausschreibungen festlegen.

Einer der Schritte, um das volle Potenzial von BIM nutzen zu können ist die Abweichung vom jetzigen Trend Closed- und Little-BIM ins Open- und BIG-BIM. Der Grund dafür ist, dass das BIM-Modell eines Architekten mit dem Modell eines Statikers, einer Baufirma und den jeweiligen Gewerken kommunizieren können muss.

Weiteres muss ein Umdenken in der Bauindustrie stattfinden. Schon in der Entwurfsphase sollte eine intensive Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen dem Auftraggeber, den Architekten und der Baufirma stattfinden. Nur so können alle erforderlichen Informationen rechtzeitig in das BIM-Modell einfließen. So könnten eventuelle Probleme in einem sehr frühen Stadium erkannt und behoben werden, bevor mit dem Bauen angefangen wird. Informationen aus dem Chancen- und Risikomanagement und aus der Kalkulation (siehe Abschnitt 6.3.3.2) müssen rechtzeitig in das BIM-Modell einfließen, um realitätsnahe Entwurfs-, Ausführungs- und Bauzeitpläne, sowie Kostenschätzungen generieren zu können.

Um die Zukunftsvision der digitalen Baustelle wahr werden zu lassen, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Ein BIM-Leitfaden zur digitalen Planung (siehe Abschnitt 3.9.5.1) ist ein wesentlicher Punkt für die österreichweite Akzeptanz von BIM. Um BIM erfolgreich in die Planung einsetzen zu können, bedarf es normierter Planungsregeln, die von allen Planern eingehalten werden müssen.

Die Qualitätssicherung der Daten des BIM-Modells (siehe Abschnitt 3.9.5.2) ist ein weiterer wichtiger Punkt, bei dem noch Forschungsbedarf besteht. Es muss eine einheitliche und allgemein anerkannte Methode entwickelt werden, wie ein BIM-Modell qualitativ und quantitativ zu bewerten ist.

Durch die Erarbeitung eines digitalen Gebäudeausweises (siehe Abschnitt 3.9.5.3) wäre es möglich, den Digitalisierungsgrad eines BIM-Modells sowie eines Gebäudes bestimmen und darstellen zu können.

Das Einführen der digitalen Einreichung (siehe Abschnitt 3.9.5.4) hätte weitreichende Folgen für die gesamte österreichische Bauindustrie. Mehr Transparenz, ein BIM-Leitfaden zur digitalen Planung, normierte Qualitätsstandards

eines BIM-Modells und eine Überarbeitung und Abgleichung der Vergabege-
setze wäre die Folge.¹⁶⁵

Damit die digitale Einreichung überhaupt funktionieren kann, muss Open-BIM
als Voraussetzung bei öffentlichen Ausschreibungen eingeführt werden
(siehe Abschnitt 3.9.5.5).¹⁶⁶

Der effiziente Umgang mit Big Data (siehe Abschnitt 3.9.6.2) ist ein weiterer
wichtiger Punkt, um das volle Potenzial der digitalen Bauwirtschaft ausnutzen
zu können. Die Aufbereitung der Daten in einer Form, sodass sie über Jahre
hinweg, unabhängig von Software- und Datenformatentwicklungen, nutzbar
bleiben, sowie die Vermeidung von Datenfriedhöfen ist ein Kernthema der di-
gitalen Bauwirtschaft. Big Data spielt unter anderem in der Entwicklung von
neuen Technologien wie z.B. künstlicher Intelligenz und maschinellem Ler-
nen, eine zentrale Rolle.¹⁶⁷

Forschungsbedarf besteht auch bei der automatischen Erzeugung eines Bau-
zeitplanes aus einem BIM-Modell. So könnten die Folgen der Änderungen in
einem BIM-Modell sofort im Bauzeitplan sichtbar gemacht werden. Des Wei-
teren muss die nahtlose Integration des Chancen- und Risikomanagements
und der Trendanalyse in das BIM-Modell erfolgen (siehe Abschnitt 6.3). Nur
so können alle erforderlichen Informationen in einem BIM-Modell miteinbezo-
gen werden und alle möglichen Lösungen aus dem Modell abgeleitet werden.
Eine große Abhilfe in dem Bereich und eine Revolution der Bauindustrie ver-
spricht der Einsatz von künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen
(siehe Abschnitt 6.3.3), wobei diese Technologien zumindest in der Bauwirt-
schaft noch in der Anfangsphase stecken.

¹⁶⁵ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 146-147

¹⁶⁶ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 147-148

¹⁶⁷ Vgl. GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. S. 150

A.1 Anhang

→ Stunden Soll/ist
→ Bauzeitplan

→ OTTI DEKONSTR. TG/RA
→ Bau.pläne
→ Polier.pläne

PROJEKTDATENBLATT - HOCHBAU

TU Graz - Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

ausgefüllt von: _____

Datum: _____

ALLGEMEINE PROJEKTDATEN

Projekt: Winkler Park
 Bauherr: GWG - Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft der Stadt Linz Baureform
 Auftragnehmer: STRABAG Wohnstätte
 Ausschreibungsart: Generalunternehmerarbeiten
 Vertragsart: Bauschale mit funktionaler Beschreibung
 Beschreibung des Bauwerks: Wohnhausanlage mit 5-Punkthäusern und 1-Riegelbauwerk
(Art des Bauwerks, Verwendungszweck, Bausituation, Erschwernisse, ...)

Standort: Linz Seehöhe [m.ü.A.]: _____ m.ü.A.









Bauweise: Ortbeton Fertigteil Mischbauw. _____

Grundstücksfläche: 10.500 m²
 Bauwerksgrundsfläche: 8.493,33 m²
 Baustelleneinrichtungsfaktor: 0,902
(BE-Fläche / Bauwerksgrundsfläche)

Baustelleneinrichtungsfaktor: 0,902
 → 8.493,33 oder ~ 7.500 m²
 Gebäudeabmessungen: L= _____ m
 B= _____ m
 H= _____ m
 Geschoßanzahl: _____
 Geschoßhöhe 1: _____ m
 Geschoßhöhe (2-n): _____ m

Bruttorauminhalt: 96.943,00 m³

Klassifizierung nach der Art des Gebäudes:
 Büro Gewerbe und Industrie Lehre und Forschung
 Wohnbauten Schulen und Kindergärten Gesundheitswesen
 Geschäft Gasthaus/ Hotel _____

Klassifizierung nach dem Grundriss des Gebäudes:
    
    

Gleichbleibender Bauwerksgrundriss: JA NEIN

Pläne (Bitte beilegen oder als PDF mailen!):
 Bauzeitplan Baustelleneinrichtungsplan Ansichten
 Grundriss(e) Schnitt(e)
 Schalungsplan Bewehrungsplan

KOSTEN

Gesamtkosten: 20.2 Mio €
 Kosten Bauwerk-Rohbau: 7.300.040,00 €

ZEITMANAGEMENT

Planvorlaufzeit V-Pläne:	- d	- Wo	
Planvorlaufzeit F-Pläne:	<u>10</u> d	<u>2</u> Wo	
Bauzeit - gesamt (D _{GES}):	d	<u>18</u> Mo	
Pufferzeit - gesamt:	d	<u>3</u> Mo	% der Gesamtbauzeit
Pufferzeit - Stb.arbeiten:	d	<u>3</u> Mo	
Baustelleneinrichtung:	d	<u>1</u> Mo	
Erdarbeiten: <i>(abschnittsweise)</i>	d	<u>5</u> Mo	
Gründung:	d	<u>6</u> Mo	
Rohbau (Stb.arbeiten):	d	<u>17</u> Mo	(Beginn Fundamentplatte bis Ende DG Decke)
Baustellenräumung:	d	<u>1</u> Mo	

BAUSTELLENEINRICHTUNG

Baustraße: Umfahrt Durchfahrt Stichstraße

Container:	Anzahl	Fläche
- Mannschaft:	<u>16</u> Stk.	<u>15 x</u> m ²
- Magazin:	<u>3</u> Stk.	m ²
- Sanitär:	<u>2</u> Stk.	m ²
- Bauleitung	<u>4</u> Stk.	m ²
- AN:	<u>1</u> Stk.	m ²
- AG:	<u>2</u> Stk.	m ²

Krane:	Liobherr	Anzahl	Lastmoment
- Krantypen:	<u>202 EC-B10/185-256 HC</u>	<u>2</u> Stk.	tm
	<u>90 EC-B6</u>	<u>1</u> Stk.	tm
		Stk.	tm

- Ermittlung der Krananzahl in der Arbeitsvorbereitung:
- Krananzahl über Arbeitskräfte: 45⁻⁵⁰ Stk. → 3
 - Krananzahl über Kranbelegungswerte: _____ Stk.
 - Krananzahl über Bruttonauminhalt: _____ Stk.
 - _____: _____ Stk.

Sonstige Baugeräte/ Baumaschinen:	Anzahl
- _____	Stk.
- _____	Stk.
- _____	Stk.
- _____	Stk.

PERSONAL

Anzahl der AK für die Arbeitsvorbereitung:

58 AK
45

Zeit für die Arbeitsvorbereitung:

40 d
% der Bauzeit

Arbeitszeitmodell:

- Regalarbeit Schichtarbeit Dekadenarbeit
 lange/ kurze Woche

Arbeitszeit:

39 Std/Wo

Angestellte:

	Anzahl	eigen	Sub.
- Bauleiter:	1 AK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Techniker:	2 AK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Polier:	1 AK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- _____:	AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Arbeiter: 21 Anzahl

	Anzahl	eigen	Sub.
- Schafer:	21 <u>7</u> AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Bewehrter:	<u>7</u> AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Betonierer:	<u>10</u> AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Maurer:	<u>6</u> AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- HA/LE:	<u>6</u> AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- MAGARIN:	<u>1</u> AK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Stamppersonal: 50 %
 Ausländeranteil: 50 %
 Frauenanteil: - %

Ø - Arbeitskräfteanzahl (AK_{MW}): ~35 AK/d
 Maximale Arbeitskräfteanzahl (AK_{MAX}): 50 AK/d

Ø - Arbeitsfläche je AK: 85 m²/AK
 Minimale Arbeitsfläche je AK: 50 m²/AK

Arbeitskräfteverlauf über die Bauzeit:

- Anlaufphase (D_{AN}): 70 d
% der Bauzeit
- Hauptbauzeit (D_{HP}): 240 d
% der Bauzeit
- Auslaufphase (D_{AUS}): 50 d
% der Bauzeit

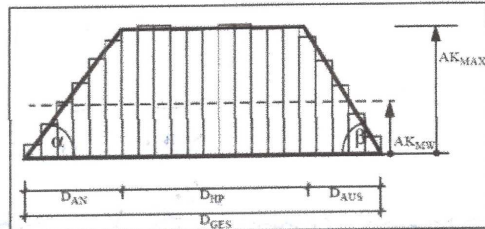


Abb. Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit

MENGENÜBERSICHT

Bodenklasse:		Anzahl der Transporte		
		Antransporte	Abtransporte	Gesamt
Erdarbeiten:	<u>6000</u> m ³	<u>3000</u>	<u>300</u>	<u>3300</u>
Gründung:	<u>2000</u> m ³	<u>18</u>	-	<u>250</u>
Rohbau:				
- Schalung:	<u>72.822,00</u> m ²	<u>8</u>	-	<u>8</u>
- Bewehrung:	<u>1.415,00</u> to	<u>80</u>	-	<u>80</u>
- Beton:	<u>15.207,00</u> m ³	<u>2000</u>	-	<u>2000</u>

Wendeschleif
 Deckenschleif
 Fund.

3 Geschosse
 3 Geschosse
 1 Keller → Fund.

BAUTEILSPEZIFISCHE PROJEKTDATEN

BODENPLATTE

Gesamtfläche: 8.493,33 m²
 Dicke der Bodenplatte: 0,15 m
 Betonmenge Bodenplatte - gesamt: 1.247,00 m³
 Schalungsfläche Bodenplatte - gesamt: 232,29 m²
 Bewehrung Bodenplatte - gesamt: _____ to *→ TRONNEN*
 Anzahl der Fertigungsabschnitte: 20 -
 Fläche je Fertigungsabschnitt: ~500 m²
 Dauer der Arbeiten - gesamt: _____ d *→ DEPL*
 Aufwandswert Schalung: 0,5 Std/m² *→ STUNDEN Schal/IST*
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Bewehrung: ~14 Std/to *(→ 0,8 to/dAK)*
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Betonieren: 0,3 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 5 AK
 Betonförderung : Krankübel Inhalt: _____ m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad: 0,19 m²/m³
 Bewehrungsgrad: _____ kg/m³

FUNDAMENTE

Fertigung: Ortbeton Fertigteile
 Anzahl der Fundamente: _____ Stk.
 Fläche eines Fundamentes: _____ m²
 Fundamenthöhe: 0,80-1,20 m
 Betonmenge Fundamente- gesamt: 2.239,19 m³
 Schalungsfläche Fundamente - gesamt: 4.549,72 m²
 Bewehrung Fundamente - gesamt: 112.587,82 kg
 Dauer der Arbeiten - gesamt: _____ d
 Aufwandswert Schalung: 0,5 Std/m²
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Bewehrung: 14 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Betonieren: 0,5 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 3 AK
 Betonförderung : Krankübel Inhalt: 1-2 m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad: 2,03 m²/m³
 Bewehrungsgrad: 52,51 kg/m³

DECKEN

Fertigung: Ortbetondecken Elementdecken Fertigteildecken
 Deckenfläche - gesamtes Bauwerk: _____ m²
 Deckenstärke: 0,23 - 0,35 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: PERI SKYDECK
 Schalungsfläche Decken - gesamtes Bauwerk: 28.609,20 m²
 Vorhaltemenge - Deckenschalung: _____ m² → 3 Gesch.
 Vorhaltemengenfaktor - Decke: _____
 Fertigungsrhythmus: 2/3 -
 Schalflächen: 3 - 3 - 1 = 7 d
 - Regelfläche: _____ m² → PLAN
 - Passfläche: _____ m²
 - Aussparungen und Einbauten: _____ m²
 Geschoßanzahl: _____ -
 Anzahl der Abschnitte je Geschoß: 1 -
 Abschnittsfläche: _____ m²
 Ausschallfrist: 3 d
 Aufwandswerte Schalung - Decke:
 - Einschalen: 0,38 Std/m² 60%
 - Ausschalen: 0,19 Std/m² 30%
 - Umsetzen: 0,06 Std/m² 10%
 Tägliche Schalungsleistung: ~170 m²/d
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: 6 AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Decke - gesamt: 732.425,45 kg
 Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: _____ to → New. Plan
 Bewehrungsleistung: ~9 to/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: 3 d
 Aufwandswert Bewehrung: ~8 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 8 AK

Betonieren:

Betonmenge Decke - gesamt: 2.872,97 m³
 Betonmenge je Fertigungsabschnitt: _____ m³ (Geschoßstärke)
 Betonierleistung: _____ m³/d -11-
 Dauer je Fertigungsabschnitt: 1 d
 Aufwandswert Betonieren: 0,36 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 5 AK
 Betonförderung : Krankübel Inhalt: _____ m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad - gesamt: 3,63 m²/m³
 Bewehrungsgrad - gesamt: 93,04 kg/m³

WÄNDE

Fertigung: Ortbetonwände Hohlwände Fertigteilwände
 Wandstärke: aussen: 0,25 m innen: 0,25 m

Schalung:

Verwendetes Schalungssystem: Peri Maximo
 Schalungsfläche Wände - gesamtes Bauwerk: 30.161,50 m²
 Vorhaltemenge - Wandschalung: _____ m² ← 3 Gesch.
 Vorhaltemengenfaktor - Wände: _____
 Fertigungsrhythmus: 1 Wand
 Schalflächen: ein 0,7 - 0,5 - 0,3 - 0,2 = 2d
 - Regelfläche: _____ m²
 - Passfläche: _____ m²
 - Aussparungen und Einbauten: _____ m² (Belkantung/Fenster)
 Anzahl der Wände - gesamt: _____ lfm
 Anzahl der Wände je Geschöß:
 - UG: _____ lfm - 1. G: _____ lfm - 3. G: _____ lfm - 5. G: _____ lfm
 - EG: _____ lfm - 2. G: _____ lfm - 4. G: _____ lfm - 6. G: _____ lfm
 Anzahl der Wände je Fertigungsabschnitt: _____ lfm
 Ausschallfrist: 0,5 d
 Aufwandswerte Schalung - Wände:
 - Einschalen: 0,38 Std/m² 60%
 - Ausschalen: 0,19 Std/m² 70%
 - Umsetzen: 0,06 Std/m² 70%
 Tägliche Schalungsleistung: ~30 m²/d
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: 6 AK

Bewehrung:

Bewehrungsmenge Wände - gesamt: 391,906 to/kg
 Bewehrungsmenge je Fertigungsabschnitt: _____ to
 Bewehrungsleistung: _____ to/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: 0,5 d
 Aufwandswert Bewehrung: ~20 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 4 AK

Betonieren:

Betonmenge Wände - gesamt: 3.826,24 m³
 Betonmenge je Fertigungsabschnitt: _____ m³
 Betonierleistung: _____ m³/d
 Dauer je Fertigungsabschnitt: 0,2 d
 Aufwandswert Betonieren: 0,56 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 3 AK

Betonförderung : Krankübel 50% Inhalt: 1-2 m³
 Betonpumpe 50% (mit anderer Decke mit)

Schalungsgrad - gesamt: 7,88 m²/m³
 Bewehrungsgrad - gesamt: 10243 kg/m³

SONSTIGE BAUTEILE (Stiegen, Träger, etc.)

Bauteil: Balken

*Deka Dekametic
Tische*

Anzahl der sonstigen Bauteile: 200 Stk.
 Dimension des Bauteils: L= _____ m
 B= _____ m
 H= _____ m

Plan

Betonmenge sonstige Bauteile - gesamt: _____ m³
 Schalungsfläche sonst. Bauteile - gesamt: 1.797,00 m²
 Bewehrung sonstige Bauteile - gesamt: _____ to

Dauer der Arbeiten - gesamt: 400 d
 Aufwandswert Schalung: 1,1 Std/m²
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Bewehrung: -14 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Betonieren: 0,36 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 5 AK

(200 x 2d) → 6 Balken/Geleise

*(-1-)
(mit Deck mit L)*

Betonförderung : Krankübel Inhalt: _____ m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad: _____ m²/m³
 Bewehrungsgrad: _____ kg/m³

Bauteil: Träger

Anzahl der sonstigen Bauteile: _____ Stk.
 Dimension des Bauteils: L= _____ m
 B= _____ m
 H= _____ m

Betonmenge sonstige Bauteile - gesamt: 274,000 m³
 Schalungsfläche sonst. Bauteile - gesamt: 1.225,000 m²
 Bewehrung sonstige Bauteile - gesamt: _____ to

Dauer der Arbeiten - gesamt: _____ d
 Aufwandswert Schalung: 1,23 Std/m²
 Anzahl der AK für Schalarbeiten: 4 AK
 Aufwandswert Bewehrung: 10 Std/to
 Anzahl der AK für Bewehrungsarbeiten: 6 AK
 Aufwandswert Betonieren: 0,77 Std/m³
 Anzahl der AK für Betonierarbeiten: 3 AK

→ BRP

Betonförderung : Krankübel Inhalt: 1-2 m³
 Betonpumpe

Schalungsgrad: 4,47 m²/m³
 Bewehrungsgrad: _____ kg/m³

Literaturverzeichnis

- <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/infopedia-artikel/building-information-modeling-bim/>. Datum des Zugriffs: 22.02.2018.
- <https://i.ytimg.com/vi/5bATV0Cuwss/maxresdefault.jpg>. Datum des Zugriffs: 26.04.2018.
- <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>. Datum des Zugriffs: 06.05.2018.
- <https://www.xing.com/communities/posts/was-ist-little-bim-und-big-bim-1011494595>. Datum des Zugriffs: 06.05.2018.
- <https://www.baunetzwissen.de/bim/fachwissen/modelle/welche-dimensionen-hat-ein-bim-modell-5269413>. Datum des Zugriffs: 07.05.2018.
- <https://www.bdcnetwork.com/tech-report-50-ai-arrives>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018.
- <http://repone.net/artificial-intelligence-2/>. Datum des Zugriffs: 11.06.2018.
- <https://www.upwork.com/hiring/for-clients/vr-vs-ar-vs-mr-differences-real-life-applications/>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018.
- <https://www.bdcnetwork.com/tech-report-50-ai-arrives>. Datum des Zugriffs: 12.06.2018.
- <https://bimm.eu/>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018.
- <https://www.ceapoint.com/>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018.
- <https://www.doka.com/at/system-groups/doka-system-components/concremote-hardware/index>. Datum des Zugriffs: 05.07.2018.
- http://www.cv.nctu.edu.tw/English_New/index.html. Datum des Zugriffs: 05.07.2018.
- https://www.cma.edu.tw/en/en_university_c.php. Datum des Zugriffs: 05.07.2018.
- : Digital Roadmap Austria. Roadmap. Wien. Bundeskanzleramt und Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, 2016.
- <http://digital-agenda-data.eu/charts>. Datum des Zugriffs: 28.07.2018.
- : Plattform 4.0, Planen.Bauen.Betreiben, Arbeit.Wirtschaft.Export: Visionen auf längere Sicht, Schrift 02. Wien. Technische Universität Wien, 2017.
- <https://www.baulinks.de/bausoftware/2014/0024.php4>. Datum des Zugriffs: 29.07.2018.
- <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/europaeische-gremien/wdc-grem:din21:234153021>. Datum des Zugriffs: 29.07.2018.
- https://www.buildingsmart.co.at/?page_id=360. Datum des Zugriffs: 06.08.2018.

<http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d--5d--6d---7d.html>. Datum des Zugriffs: 21.05.2018.

AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE: ÖNORM A 6241-1 "Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM". 2015.

AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M.; ABUEL-MAGD, Y. R.: Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence. In: Alexandria Engineering Journal, 3/2014.

BMVI: Stufenplan Digitales Planen und Bauen, Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien, bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken.

BRADNER, E.; IORIO, F.; DAVIS, M.: Parameters Tell the Design Story: Ideation and Abstraction in Design Optimization. In: Autodesk Research, 2014.

CHRISTL, W.: Kommerzielle digitale Überwachung im Alltag. Studie. Wien. crackedlabs.org, 2014.

DE KLEER, J.: An Assumption-Based TMS, Artificial Intelligence. In: Artificial Intelligence, 28/1986.

EGGER, M. et al.: BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber.. Forschungsprogramm ZukunftBAU, 2013.

GASTEIGER, A.: BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung. Diplomarbeit. Innsbruck. Innsbruck Univ., 2014.

GEORGAKOPOULOS, D.; JAYARAMAN, P.: Internet of things: from internet scale sensing to smart services. In: Computing, 2016.

GERBER, D. J. et al.: Design Optioneering: Multi-disciplinary Design Optimization through Parameterization, Domain Integration and Automation of a Genetic Algorithm. In: Society for Computer Simulation International, 11/2012.

GÖGER, G.; PISKERNIK, M.; URBAN, H.: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen. Studie. Wien. 2018.

HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master). Skriptum. Graz. Technische Universität Graz, 2012.

HM GOVERNMENT: Industrial strategy: government and industry in partnership, Building Information Modelling. Department for Business, Innovation & Skills, 2012.

HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin. Springer, 2007.

HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. Berlin. Springer , 2017.

IG LEBENSZYKLUS BAU: Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau – Die 3 Säulen erfolgreicher Bauprojekte in einer digitalen Wirtschaft, Leitfaden für Bauherren und Projektbeteiligte von Hochbauten. Leitfaden. Wien. IG LEBENSZYKLUS BAU, 2016.

IGENBERGS, E.: System Engineering: Interview mit Eduard Igenbergs . In: WINGbusiness, 03.2008.

JULIUS RAAB STIFTUNG: Innovation und digitaler Wandel – Das Meinungsbild der österreichischen Unternehmer . Wien . Julius Raab Stiftung , 2015 .

KACHE, M. et al.: Leitfaden Literaturrecherche. Leitfaden. Dresten. Technische Universität Fresten, 2015.

LEVITT, R.; KUNZ, J.; KARTAM, N.: Using Artificial Intelligence Techniques for Automated Planning and Scheduling.. In: IAARC, 4/1987.

LIEBICH, T.; SCHWEER, C. S.; WERNIK, S.: Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung. Schlussbericht. Bonn. Hsg.Forschungsinitiative Zukunft Bau., 2011.

MESSNER, S.: Roadmap zur digitalen Baubranche. 2018.

NAGL, W.; TITELBACH, G.; VALKOVA, K.: Digitalisierung der Arbeit: Substituierbarkeit von Berufen im Zuge der Automatisierung durch Industrie 4.0. Projektbericht. Wien. Institut für Höhere Studien (IHS), 2017.

SCHUEFFEL, P.: The Concise FINTECH COMPENDIUM. Fribourg. School of Management Fribourg, 2017.

SCHÜTZ, M.: ANWENDUNG DES SYSTEMS ENGINEERING AUF DIE ARBEITSVORBEREITUNG VON BAUPROJEKTEN. Diplomarbeit. Graz. Technische universität Graz, 2011.

SOMMER, H.: Projektmanagement im Hochbau. Mit BIM und Lean Management. Berlin, Heidelberg. Springer , 2016.

STATSBYGG: Statsbygg BIM Manual 1.2.1Statsbygg Building Information Modelling Manual. Manual. Oslo. Statsbygg, 2013.

WANG, W.-C. et al.: Integrating building information models with construction process. In: ELSEVIER, Automation in Construction, 37/2013.

